



DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL DIAGNÓSTICO DE INYECTORES DE GASOLINA DE VEHÍCULOS TIPO LIVIANO

(Autor)
JUAN CARLOS RANGEL ROJAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA
E INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, MAYO DEL 2018

DQS is member of:



*Formando líderes para la construcción de un
nuevo país en paz*



DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL DIAGNÓSTICO DE INYECTORES DE GASOLINA DE VEHÍCULOS TIPO LIVIANO

Autor

JUAN CARLOS RANGEL ROJAS
1.094.242.022
juank.ing.mecanico@gmail.com
3133385906

Director

LUZ KARIME HERNANDEZ GEGEN
Doctora en Tecnologías Avanzadas de Producción, Ingeniera Mecánica

Co-Director

Efraín Rodríguez Gasca
Ingeniero Mecatrónico
Magister en sistemas mecatrónicos

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA, MECATRÓNICA E
INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURAS
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
Pamplona, MAYO DEL 2018

DQS is member of:



*Formando líderes para la construcción de un
nuevo país en paz*



DEDICATORIA

De mi parte con mucho cariño quiero dedicar este trabajo a mis hijos Galilea Rangel Ovalle, Juan Esteban Rangel Ovalle, Juan Felipe Rangel Ovalle, a mi amada esposa Yuriana Ovalle Bermúdez y a mis queridos padres Juan Evangelista Rangel Lizcano y Blanca Mirian Rojas Parada.

DQS is member of:





AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por ser mi guía, mi compañero fiel y mi consuelo en esos momentos difíciles en este proceso académico.

Le agradezco a mi esposa Yuriana Ovalle por ser esa persona que jamás me dejo desfallecer frente a las adversidades de la vida, por apoyarme siempre en todas las decisiones acertadas he incluso en las que no lo fueron, de nuevo te doy gracias amor mío porque sé que sin tu acompañamiento incondicional no lo hubiese logrado.

A mis padres Juan Rangel y Mirian Rojas quienes se tomaron muy en serio ese rol de abuelos, a quienes me atrevería a decirles más bien los súper abuelos, ya que sin esa ayuda tan grande, sobre todo con mis hijos no sería posible haber culminado mis estudios.

A mi familia quienes de una u otra forma me han acompañado en este proceso. También tengo infinitos agradecimientos a mi tío Héctor Julio Rojas quien desde principio a fin ha estado ahí cuando lo he necesitado, tanto económica como moralmente.

Agradezco a Dios nuevamente por permitir que pueda contar con una maravillosa mujer como suegra, Gloria Bermúdez, quien siempre ha estado para apoyarnos en muchas etapas importantes en mi vida y la de mi familia.

Quiero agradecer a una persona que más que mi amigo y compañero de clases, es mi hermano y quien en estos momentos fue mi codirector del trabajo de grado, Efraín Rodríguez, no me cansare de agradecerle todo lo que ha hecho por mí en esta etapa tan difícil en mi vida, gracias Efra como te digo de cariño por acompañarme tantos y tantos proyectos de aula durante toda mi carrera universitaria.



A mi gran amigo, mi primo del alma Elkin Leonardo Castañeda Rojas quien siempre ha creído en mis talentos. A Luis Ángel Ospina “Lucho” y Juan Pablo Rodríguez quienes me acompañaron siempre con este trabajo. A mis docentes, y en especial a Luz Karime Hernández Gegen quien es mi directora de trabajo de grado.

Finalmente le agradezco a mi universidad de pamplona por brindarme la oportunidad de prepararme y ser cada día mejor persona.

JUAN CARLOS RANGEL ROJAS

DQS is member of:



*Formando líderes para la construcción de un
nuevo país en paz*

TABLA DE CONTENIDO

1. LISTA DE FIGURAS.....	10
2. INTRODUCCION	11
3. JUSTIFICACION	12
4. OBJETIVOS	14
4.1 Objetivo general.....	14
4.2 Objetivos específicos	14
5. fundamentación teórica	15
5.1 unidad de control electrónico de los automoviles	15
5.2 los inyectores.....	15
5.2.1 Conformación y función de los inyectores	16
5.2.2 Modulación de ancho de pulso	17
5.2.3 Tipos de inyectores	18
5.2.3.1 Inyectores de orificios	18
5.2.3.2 Inyectores de tetón	19
5.2.4 Clasificación de los sistemas de inyección	19
5.2.4.1 Según el lugar de inyección	19
5.2.4.2 Según el número de inyectores.....	20
5.2.5 Sistema de inyección multipunto MPFI	23
5.2.6 Inyección continua.....	24
5.2.7 Inyección intermitente.....	24
5.2.7.1 Inyección intermitente simultánea	24
5.2.7.2 Inyección intermitente semisecuenciaal	25
5.2.7.3 Inyección intermitente secuencial	25
5.3 Principales componentes en el sistema de inyección electrónica....	25
5.3.1 Sensor MAP (Manifold Absolute Pressure).....	25
5.3.2 Sensor TPS (Throttle Position Sensor)	26



5.3.3	Sensor ECT (temperature Coolant Liquid)	26
5.3.4	Sensor CMP (CamShaft Position)	27
5.3.5	Bobina de ignición	27
5.3.6	Válvula IAC (Idle Air Control Valve)	28
5.3.7	Relevador	28
5.4	proceso de desarrollo del producto	29
5.4.1	Modelo de referencia genérico para PDP	30
5.4.2	Modelo de referencia específico para el desarrollo de productos mecatrónicos.	33
6.	ESTADO DEL ARTE	36
7.	diseño y desarrollo de un banco de diagnóstico de inyectores a gasolina 40	
7.1	Desarrollo de concepto	41
7.1.1	Paso 1: identificación de los usuarios del banco de prueba de inyectores	42
7.1.2	Paso 2: Requerimiento de los usuarios para el banco de prueba y diagnóstico de inyectores	42
7.1.3	Paso 3: priorización de los RUs	43
7.1.4	Paso 4: selección de los requisitos del proyecto	43
7.1.5	Paso 5: relación entre Rus y RPs	44
7.1.6	Paso 6: Correlación de los requisitos del proyecto	44
7.1.7	Paso 7: Análisis de competitividad	46
7.1.8	Paso 8: Definición de las especificidades meta	46
7.2	Diseño de sistemas	47
7.2.1	Diseño mecánico	48
7.2.2	Diseño electrónico	49
7.2.3	Diseño computacional	50
7.2.4	Proyecto del sistema de control	51
7.2.5	Carcasa estructural	52



7.2.6	Soporte de probetas y drenaje de fluidos.	53
7.2.7	Columnas fijas	53
7.2.8	Soporte superior de probetas	53
7.2.9	Riel de inyectores	53
7.2.10	Soporte superior de columnas fijas	54
7.2.11	Sistema hidráulico	54
7.3	CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO FUNCIONAL QUE SIRVE COMO REFERENTE PARA TRABAJOS FUTUROS.	54
7.3.1	Desarrollo de sistema de control	55
7.3.2	Construcción de la carcasa estructural	56
7.3.3	Construcción del soporte de probetas y drenaje de fluidos.....	57
7.3.4	Construcción la columnas fijas.	58
7.3.5	Construcción del soporte superior de probetas.....	58
7.3.6	Construcción del riel de inyectores	59
7.3.7	Construcción del soporte superior de columnas fijas	60
7.3.8	Construcción del sistema hidráulico	60
8.	fase experimental (pruebas y funciones específicas)	61
8.1	funciones ESPECÍFICAS del banco de diagnóstico de inyectores ..	61
8.1.1	Menú principal	63
8.1.2	Prueba estandar	63
8.1.3	Prueba de Goteo.	65
8.1.4	Prueba de cono de inyección.	66
8.1.5	Prueba de cambio de Marcha.....	67
8.1.6	Prueba de Bomba.....	67
9.	verificación de la funcionalidad del banco de pruebas de inyectores	68
9.1	prueba de inyectores desde el banco de referencia	68
9.1.1	Prueba estándar	68
9.1.2	Prueba de goteo	69
9.1.3	Prueba de cono de inyección	69



9.2	prueba de inyectores desde el banco de pruebas de inyectores a gasolina contruido.	70
9.2.1	Prueba estándar	70
9.2.2	Prueba de goteo	70
9.2.3	Prueba de cono de inyección	70
9.3	comparación de los resultados de ambos bancos	71
10.	análisis y discusión de resultados	72
11.	CONCLUSIONES	74
12.	RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	76
13.	referencias bibliográficas.....	77

1. LISTA DE FIGURAS

Figura 5.1. Inyector.....	16
Figura 5.2. Modulación por ancho de pulso. Recuperado de: (5).....	18
Figura 5.3. Representación del sistema de inyección directa. www.automecanico.com.....	20
Figura 5.4. Representación del esquema básico de un sistema de inyección. Recuperado de www.automecanico.com.....	20
Figura 5.5. Inyector monopunto recuperado de www.redtecnica.com.....	22
Figura 5.6. Esquema gráfico de inyectores multipunto. Recuperado de www.redtecnica.com.....	23
Figura 5.7. Localización de los inyectores multipunto. Recuperado de www.conevyt.org.mx.....	24
Figura 5.8. Fases del proceso de desarrollo del producto. Adaptado de (1).....	33
Figura 5.9. Modelo V para el desarrollo de productos mecatrónicos. Adaptado de (5).....	35
Figura 7.1 Visualización gráfica de la importancia relativa de los requerimientos del cliente.	43
Figura 7.2. Tipo de relacionamiento entre los QUÉS Y LOS CÓMOs.....	44
Figura 7.3. Relacionamiento de los QUÉS y los CÓMOs a través de la matriz de calidad.....	45
Figura 7.4. Diseño mecánico del banco de inyectores. Fuente: autor.....	48
Figura 7.5. Esquema del diseño electrónico del banco de inyectores. Fuente: autor.....	49
Figura 7.6. Segmento del diseño computacional utilizado. Fuente. Autor.....	50
Figura 7.7. Fotografía de tarjeta Arduino MEGA. Fuente: Autor.....	56
Figura 7.8. Proceso de termoformado para la carcasa estructural. Fuente: Autor.....	57
Figura 7.9. Proceso de pulimiento del soporte de probetas.	58
Figura 7.10. Soporte superior de probetas. Fuente: Autor.....	59
Figura 7.11: Prototipo riel de inyectores. Fuente: Autor.....	59
Figura 7.12: Riel de inyectores. Fuente: Autor.....	60
Figura 7.13: soporte superior de columnas fijas. Fuente: Autor.....	60
Figura 7.14. Sistema hidráulico. Fuente: Autor.....	61
Figura 8.1. Banco de inyectores y Mando de control inalámbrico. Fuente: Autor.....	62
Figura 8.2 Mando de control inalámbrico. Fuente: Autor.....	63
Figura 8.3 Visualización de la prueba estándar. Fuente: Autor.....	63
Figura 8.4 En la figura se muestran las opciones de prueba manual o automática. Fuente: Autor.....	64
Figura 8.5 Se visualizan las opciones de pausar o declinar la prueba. Fuente: Autor.....	64
Figura 8.6 selección de la prueba automática.....	65
Figura 8.7. Elección de la prueba de goteo, la cual puede ser estática o semiestática. Fuente: Autor.....	65
Figura 8.8 Prueba de cono de inyección. Fuente: Autor.....	66
Figura 8.9 Prueba de cono de inyección automática o manual. Fuente: Autor.....	66
Figura 8.10 Prueba de cambio de marcha. Fuente: Autor.....	67
Figura 8.11 Prueba de bomba. Fuente: Autor.....	67
Figura 9.1. Fuente: Autor.....	69
Figura 9.2. Pruebas de inyectores desde banco de referencia y banco construido. Fuente: Autor.....	71

2. INTRODUCCION

La industria automotriz es una de las más dinámicas y crecientes de la era moderna desde el punto de vista de desarrollo tecnológico. Cada vez son creados vehículos más sofisticados y con mayor número de funcionalidades como producto del avance y la evolución tecnológica. Tal avance puede tornarse un poco complejo, dicha complejidad puede evidenciarse en la evolución de los sistemas de inyección de combustible de los vehículos a gasolina. Consecuentemente, han tenido que ser diseñados nuevos equipos y herramientas para reparación y diagnóstico de fallas ajustados a la demanda tecnológica de los nuevos vehículos. En el caso de los sistemas de inyección de combustible han sido desarrollados bancos de prueba para diagnóstico de fallas en los inyectores. Un banco de prueba permite someter los inyectores a condiciones de trabajo similares a las condiciones que soportan en un vehículo. Estos bancos permiten tener control sobre parámetros como las Revoluciones Por Minuto (RPM), ciclo de trabajo (Duty Cycle) y presión de combustible. Al ser equipos con tecnologías electrónico-programables son de alto costo, representando un problema para los propietarios de talleres de mecánica automotriz de baja gama, pues poseen dificultades para adquirir un banco de prueba de inyectores comercial.

En la presente investigación se construyó una máquina que permite realizar el diagnóstico de los inyectores de forma eficiente el cual entrega un dato exacto del estado del inyector, para lo cual se requirió realizar una revisión de los antecedentes disponibles y adoptando una metodología, además de aplicar el método de Despliegue de la Función de Calidad – QFD y modelar en software CAD, la estructura mecánica y los circuitos electrónicos. De igual manera se valida el desarrollo del trabajo a través de la construcción de un prototipo funcional que sirve como referente para trabajos futuros.

3. JUSTIFICACION

Una falla en los inyectores puede conllevar a que se consuma más combustible de lo necesario, ya sea porque el inyector esté taponado o porque esté pasando mucho combustible, debido a que la unidad de control queriendo corregir la inyección, prolonga el tiempo de señal, lo que resulta en un consumo mayor de combustible.

Los motivos que llevaron a la construcción de un banco de pruebas de inyectores con tecnología que permita obtener un diagnóstico del estado de los inyectores, fue la inquietud propia de ir más allá de una prueba, que en ocasiones puede crear confusiones o llevar al técnico mecánico a tomar decisiones equivocadas en cuanto a la solución del supuesto problema, a la obtención de un diagnóstico certero del estado de los inyectores de combustible.

Otra de las razones fue el alto costo a los que se encuentran en el mercado, por lo que en Pamplona se logra encontrar pocos equipos de diagnóstico de inyectores a gasolina, pero que en la mayoría de los casos no son eficientes para tal fin. El desarrollo de la presente investigación se inició con una encuesta realizada a los propietarios de los talleres de mecánica automotriz de Pamplona, en la cual se pudo detectar que solo el 28% de los talleres que prestan el servicio de mantenimiento y reparación automotriz cuentan con un equipo de diagnóstico de inyectores de gasolina.

La falta de estos equipos en la mayoría de los talleres se debe principalmente al alto costo de éstos en el mercado, pues el valor de un banco de prueba de inyectores comercial oscila entre COP 3.500.000 y COP 5.000.000. Esto representa un problema que genera pérdidas de dinero tanto para los propietarios de los talleres al no poder prestar el servicio de mantenimiento, como para los propietarios de los vehículos que se ven obligados a desplazarse a otras ciudades en busca de talleres con los equipos técnicos necesarios para reparar el automóvil.



La propuesta de este trabajo encaja en este contexto, al contribuir con un sistema automatizado de bajo costo para prueba de inyectores de combustible-gasolina, innovando en el aspecto de utilizar herramientas de diseño conceptual que permiten incluir la voz del usuario/cliente dentro del proceso de desarrollo del producto.

DQS is member of:



Formando líderes para la construcción de un nuevo país en paz

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar y construir un sistema automatizado de bajo costo para el diagnóstico de inyectores de gasolina.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar el método de Despliegue de la Función de Calidad – QFD para definir los sistemas, subsistemas y componentes que constituyen la arquitectura mecánica, electro-electrónica y computacional del producto (banco de prueba de inyectores).
- Modelar en software CAD la estructura mecánica y los circuitos electro-electrónicos, desarrollando la programación computacional necesaria.
- Validar el desarrollo del trabajo a través de la construcción de un prototipo funcional que sirva como referente para trabajos futuros.

5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

5.1 UNIDAD DE CONTROL ELECTRÓNICO DE LOS AUTOMOVILES

La electrónica aplicada en los automóviles es controlada por la unidad de control electrónico ECU, conocida también como: ECC, ECM, ECCS, EPU, etc. La ECU es la encargada de procesar la información proveniente de los diferentes sensores instalados en diferentes puntos estratégicos de los sistemas del vehículo con el fin de entregar ordenes muy concretas a los diferentes actuadores, siempre en busca de generar en el motor una combustión completa, para de esta manera aprovechar al máximo la energía suministrada por el combustible.

Bajo el mando de la unidad de control, los inyectores controlan la cantidad necesaria de combustible para obtener una mezcla correcta con el aire, cuyo flujo también es controlado por la unidad de control, para de esta manera realizar una óptima combustión. (Villavicencio P. , 2012)

Si los inyectores se encuentran funcionando mal, ya sea por taponamiento o cualquier otro problema, como consecuencia habrá pérdida de la eficiencia y por ende mala combustión, lo que también genera mayor contaminación.

5.2 LOS INYECTORES

Los inyectores son válvulas que se encargan de suministrar el combustible al motor, éstos poseen un orificio de entrada de combustible en donde se encuentra un microfiltro de aproximadamente veinte micras. También poseen unos orificios de salida, éstas válvulas al abrir permiten que el combustible sea pulverizado o atomizado debido a que la abertura solo alcanza un espesor aproximado de una micra. Dependiendo de las condiciones de

trabajo del motor, solo se mantienen abiertos entre dos y quince milisegundos.

La unidad de control del motor es quien controla a los inyectores, esta envía un impulso electrónico para abrir el inyector, lo que permite que por el efecto de la presión del sistema de alimentación, el combustible pase a través de los orificios dosificadores.

Los inyectores funcionan con doce voltios, y el consumo de corriente depende de la resistencia interna de la bobina. Si la resistencia es mayor, hay menor consumo de corriente y viceversa. Esto se puede comprobar con la ley de Ohm, la cual establece que la corriente en un circuito cerrado es inversamente proporcional a la resistencia de la carga conectada al circuito. (Villavicencio P. , 2012)

5.2.1 Conformación y función de los inyectores

Estos están constituidos por un orificio de entrada del combustible, un o-ring superior, microfiltro, sello, sello del cuerpo, espaciador, o-ring inferior, terminal eléctrico, solenoide, resorte de retorno, cuerpo del inyector, válvula y asiento de la válvula. Todos los inyectores de gasolina sin importar la clasificación a la que pertenecen tienen la misma constitución que muestra la figura 5-1.



Figura 5.1. Inyector

Cuando ingresa combustible pasando por el microfiltro, inicialmente el inyector se encuentra cerrado por la acción del resorte de retorno de la válvula, el cual empuja a la misma sobre su asiento. Cuando la ECU envía la señal al inyector, la bobina interna genera un campo electromagnético que es lo suficientemente fuerte para levantar la válvula, este espacio que se

genera, permite la salida de combustible y la atomización del mismo, contribuyendo a una correcta combustión. Este proceso tarda entre 6 y 15 milisegundos.

Cuando la unidad de control deja de enviar la señal al inyector, desaparece el campo electromagnético, permitiendo que el muelle de retorno recupere su posición inicial, la válvula es empujada contra su asiento impidiendo el flujo y atomización del combustible.

5.2.2 Modulación de ancho de pulso

Dentro de la ECU se encuentra un microprocesador, el cual genera una señal que permite que el inyector funcione. Esta señal llega al transistor de potencia que es el que se encarga de la conexión y desconexión del inyector (como un interruptor).

El microprocesador es quien maneja el tiempo de la señal por medio de la modulación del ancho de pulso (PWM), el cual permite la variación del tiempo entre el estado alto y bajo de una señal digital.

El tiempo en que la señal está en alto se denomina ciclo útil de la señal (Duty Cycle), y esta se expresa como un porcentaje entre el periodo de la señal y el ancho de pulso. (Erazo, Félix, & Núñez, 2015)

En la figura 5-2 se encuentra representado el comportamiento de una señal PWM (modulación por ancho de pulso).

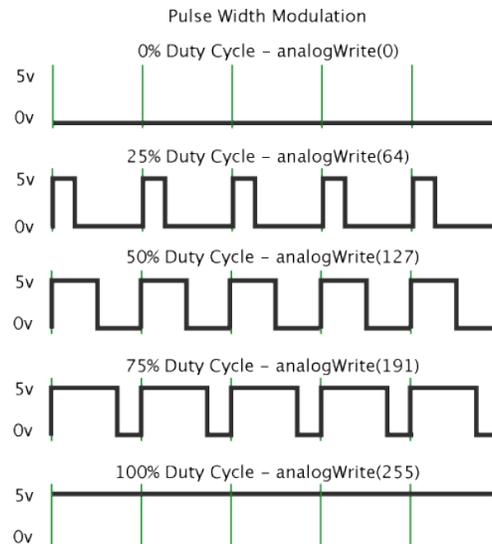


Figura 5.2. Modulación por ancho de pulso. Recuperado de: (5)

5.2.3 Tipos de inyectores

Se distinguen dos tipos de inyectores:

- Inyectores de orificios para motores de inyección directa.
- Inyectores de tetón para motores con precámara de combustión y cámara de turbulencia.

Dentro de estos dos tipos de inyectores existe, sin embargo, diversidad de variantes previstas para los diferentes tipos de motores.

5.2.3.1 Inyectores de orificios

Tienen un cono de estanqueidad, un asiento de inyector de forma muy particular en el cuerpo del inyector y un taladro ciego. Los inyectores de orificios se realizan predominantemente con perforaciones múltiples. Sin embargo, también los hay de un solo orificio. En función de las condiciones de la cámara de combustión, el orificio de inyección del inyector de orificio único puede estar dispuesto central o lateralmente. En el caso de inyectores de varios orificios de inyección, estos pueden estar dispuestos simétrica o asimétricamente. La presión de apertura del inyector se encuentra por lo general entre /50 y 250 bar. (Meganeboy, 2014)

5.2.3.2 Inyectores de tetón

En el caso de motores con precámara o cámara de turbulencia, la preparación de la mezcla de combustible se efectúa principalmente mediante turbulencia de aire asistida por un chorro de inyección con la forma apropiada. En el caso de inyectores de tetón, la presión de apertura del inyector se encuentra generalmente entre 0 y 35 bar. La aguja del inyector de tetón tiene en su extremo un tetón de inyección con una forma perfectamente estudiada, que posibilita la formación de una preinyección. (Meganeboy, 2014)

5.2.4 Clasificación de los sistemas de inyección

5.2.4.1 Según el lugar de inyección

- Inyección directa

Bosch hace más de 60 años ya había aplicado la inyección directa de gasolina en motores de avión. También el automóvil denominado Gutbrod estaba equipado en 1952 con un sistema similar, montado en un motor de 2 tiempos de 600 cc. Hasta el legendario Mercedes 300 SL “Alas de Gaviota” del año 54 llevaba un sistema de inyección directa de gasolina Bosch. El sistema no se preocupaba del consumo o las emisiones contaminantes sólo le interesaba un aumento de potencia. En la actualidad estos sistemas se han desarrollado con el fin de adecuarse a las exigencias de contaminación y la mejora en el consumo. Los motores de gasolina han reducido drásticamente su consumo y, directamente con ello, la cantidad de gases de escape emitidos (Granados, 2013). El sistema de inyección directa de gasolina permite reducir el consumo hasta en un 20%, e incluso llegar al 40% al ralentí. El inyector se encuentra ubicado en el múltiple de admisión, como este se encuentra separado de la cámara de combustión que es donde se produce la compresión, no es necesario ser inyectado el combustible a altas presiones. Ver figura 5-3.

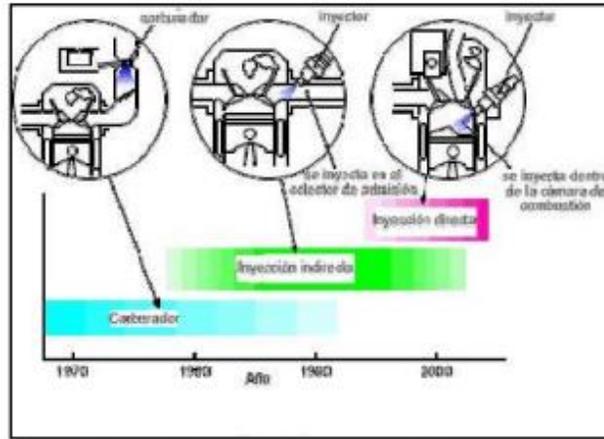


Figura 5.3. Representación del sistema de inyección directa. www.automecanico.com

5.2.4.2 Según el número de inyectores

- Inyección mono punto

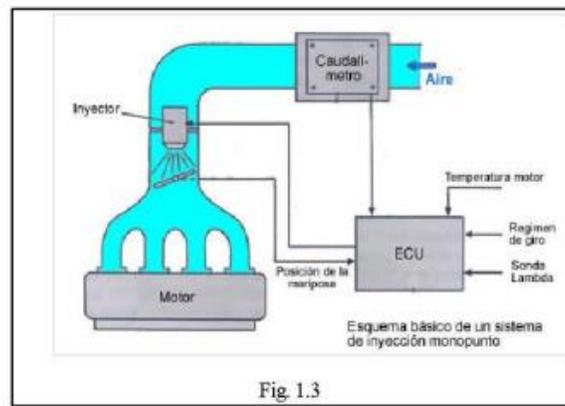


Figura 5.4. Representación del esquema básico de un sistema de inyección. Recuperado de www.automecanico.com

El sistema utiliza un único inyector, situado por delante de la mariposa de gases. Sincronizado con el sistema de encendido para establecer una inyección por vuelta, en fase de arranque en frío el inyector se activará dos veces por vuelta. Utiliza como parámetros fundamentales para el cálculo del tiempo de inyección (t_i), (Centeno, 2011).

- El número de revoluciones del motor (captador de régimen de giro).
- La presión absoluta del colector de admisión, carga del motor (captador MAP).
- Temperatura del aire de admisión (sonda independiente NTC I).

El sistema de encendido comparte la unidad de mando electrónica con la inyección, sistema combinado (equivalente al sistema Motronic de Bosch), su encendido Electrónico Integral DIS, con distribución estática de la chispa bobina de encendido compartida para cada dos cilindros, el ajuste del momento de carga de la bobina de encendido y de la adaptación del avance a las condiciones de carga y revoluciones del motor se realiza según cartografía memorizada en la UCE. Los sensores que determinan la carga, régimen, temperaturas de motor y aire son compartidos con el sistema de inyección; la información del posicionamiento de los cilindros 1 y 4 en PMS se obtiene de la rueda generadora de impulsos y su hueco maximizado y no lleva captador de combustión detonante, la corrección del avance se realiza mediante escáner de diagnóstico, (Centeno, 2011).

Es usado en motores multi-cilindros pero es un único inyector ubicado en el cuerpo de aceleración, a pesar de que el sistema es de inyección electrónica, es el más parecido al sistema de carburación.

- Sistema de inyección monopunto MULTEC de Opel

La denominación MULTEC sale de la abreviación triple-tecnología. Si bien es cierto que la mayoría de los sistemas MULTEC son monopunto, también

tenemos los MULTEC-M o los MULTEC-S, que son sistemas de inyección multipunto con tantos inyectores como cilindros. La válvula de inyección es del tipo electromagnético y los impulsos de inyección se producen con la misma frecuencia que los impulsos del circuito de encendido

El combustible se pulveriza encima de la mariposa en forma de haz. Para poder dosificar cantidades mínimas de combustible, tanto el inducido como el muelle, presentan masas reducidas que permiten tiempos de apertura del inyector inferiores a una milésima de segundo. En caso de avería el motor se para por falta de combustible.



Figura 5.5. Inyector monopunto recuperado de www.redtecnica.com

- Inyección multipunto

Con los sistemas de inyección al múltiple, el combustible se inyecta en el múltiple, similar a los sistemas del carburador. El inyector se localiza en una posición más fresca y no expuesto a las altas temperaturas y altas presiones. Como resultado de eso, hay más libertad para diseñar la culata del cilindro. Hay dos sistemas en el caso de los motores multi-cilíndricos. Uno, es equipar

cada cilindro con un inyector. Este sistema se llama inyección multipunto y se representa en la figura 5-6. (Alangasi & Carlos., 2014)

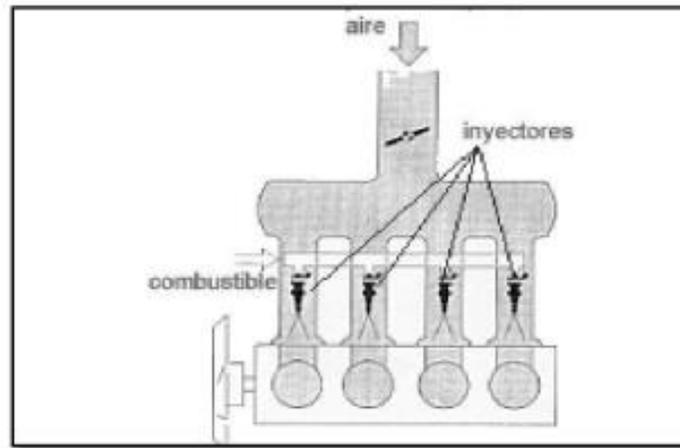


Figura 5.6. Esquema gráfico de inyectores multipunto. Recuperado de www.redtecnica.com

5.2.5 Sistema de inyección multipunto MPFI

El siguiente paso después de TBI1 (Throttle Body Injection), es el de inyección multipunto (MPFI). Los motores con inyección multipunto cuentan con un inyector independiente para cada cilindro montados en el múltiple de admisión o en la cabeza, encima de los puertos de admisión. Por lo tanto, un motor 4 cilindros tendrá 4 inyectores, un V6 tendrá 6 inyectores y un V8 ocho inyectores. (Sanchez, 2010)

Los sistemas MPFI son más caros debido a la cantidad de inyectores pero el tener inyectores independientes para cada cilindro representa una diferencia considerable en desempeño. El mismo motor con sistema MPFI producirá de 10 a 40 caballos de fuerza (HP) más que con el sistema TBI debido a su mejor distribución de combustible entre cilindros. La localización típica de los inyectores en el sistema MPFI localizados en el motor se observa en la siguiente figura 5-7. (Sanchez, 2010)



Figura 5.7. Localización de los inyectores multipunto. Recuperado de www.conevyt.org.mx

5.2.6 Inyección continua

Los inyectores trabajan de manera continua, inyectando combustible en el múltiple de admisión, la cual puede ser constante o variable.

5.2.7 Inyección intermitente

Con un sistema de inyección intermitente, el inyector abre y cierra cada ciclo y el combustible es inyectado en sincronización con las carreras del motor. Hay tres tipos para la sincronización. En un tipo, todos los inyectores inyectan al mismo tiempo. En otro tipo, los inyectores están divididos en dos o tres grupos, según la secuencia de la combustión e inyectan el combustible simultáneamente a cada grupo. En el último tipo, cada inyector inyecta el combustible independientemente según la secuencia de la combustión (Alangasi & Carlos., 2014).

5.2.7.1 Inyección intermitente simultánea

El combustible es inyectado al mismo tiempo en todos los inyectores, los cuales inician o detienen su funcionamiento al unísono si la unidad central lo requiere.

5.2.7.2 Inyección intermitente semisecuencial

La inyección se da por pares, es decir dos inyectores trabajan de forma simultánea, por ejemplo en motores de cuatro cilindros o líneas de carrera, se produce inyección a la vez en los cilindros 1 y 4 y posteriormente 2 y 3.

5.2.7.3 Inyección intermitente secuencial

Se inyecta el combustible con la válvula de admisión abierta, es decir los inyectores funcionan de uno en uno de forma sincronizada, una de las secuencias más comunes en motores de vehículos de cuatro cilindros tipo liviano es: 1, 3, 4, 2.

5.3 PRINCIPALES COMPONENTES EN EL SISTEMA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA.

5.3.1 Sensor MAP (Manifold Absolute Pressure)

El sensor MAP se encarga de controlar la entrega de combustible hacia el motor dependiendo del estado de carga y de la demanda de aceleración, es un sensor electrónico, que constantemente supervisa la succión o vacío en el múltiple de admisión, y dependiendo del valor de vacío presente entrega mayor o menor voltaje a la unidad de control electrónico del automóvil que se encarga de controlar la cantidad de combustible a través de los inyectores. Un sensor MAP está constituido por un sensor piezoeléctrico montado en un circuito integrado para medir las variaciones de presión/vacío y entrega al exterior una señal de voltaje, el vacío es suministrado al sensor MAP mediante una pequeña manguera de caucho cuando el sensor MAP se encuentra montado fuera del múltiple de admisión o directamente en su toma de vacío cuando se lo ubica en el cuerpo del múltiple de admisión. En cuanto al cableado del sensor MAP tenemos tres cables: un cable para tierra (GND), un cable para alimentación de 5V (+ 5VDC) y un cable de la señal (SIGNAL). (Herrera & Cbrera, 2016)

5.3.2 Sensor TPS (Throttle Position Sensor)

Es el encargado de monitorear la posición de la mariposa de la garganta de entrada de aire hacia el motor, entregando una señal hacia el módulo de control electrónico que es usado para controlar los tiempos de inyección de combustible hacia las cámaras de combustión. Cuando el motor se encuentra en ralentí, el sensor TPS envía una señal equivalente a cero grados hacia el módulo de control electrónico, de manera que es el módulo de control electrónico que controla las revoluciones del motor en función de la temperatura del refrigerante del motor, de la cantidad de aire que ingresa al motor y de la carga eléctrica que demande el automóvil en ese momento. El sensor TPS es simple potenciómetro acoplado al eje de la mariposa de aceleración y se desplaza cierto ángulo en función de la aceleración. El ángulo máximo que se mueve es alrededor de 100 grados y tiene sentido que sea así pues a 0 grados la mariposa de aceleración está cerrada- y se encuentra verticalmente con la garganta de acceso de aire hacia el múltiple de admisión, mientras que a máxima aceleración la mariposa de aceleración debe estar paralela a la garganta de admisión. En cuanto a la carga eléctrica puede ser: luces internas y externas, equipo de audio y video, aire acondicionado y ventilación, o cualquier equipo que se encuentre conectado al encendedor de cigarrillos. (Herrera & Cbrera, 2016).

5.3.3 Sensor ECT (temperature Coolant Liquid)

La señal de este sensor, informa a la ECU la temperatura del refrigerante del motor, para que la misma enriquezca automáticamente la mezcla aire-combustible cuando el motor esta frío, y la empobrezca paulatinamente con el incremento de la temperatura, hasta llegar a la temperatura ideal de trabajo. En este momento se inyectará la mezcla ideal, además la ECU utiliza la señal de este sensor para el control de la válvula EGR, y para comandar el funcionamiento del electro-ventilador de refrigeración. El dispositivo esta localizado generalmente cercano al termostato del motor, roscado en la culata y en contacto directo con el líquido refrigerante del motor. (Alós, 2016)

5.3.4 Sensor CMP (CamShaft Position)

El sensor CMP envía señales hacia el Módulo de Control Electrónico (ECM), y estas señales son usadas para sincronizar el instante de activación de los inyectores de combustible en la secuencia correcta. El módulo de control electrónico (ECM) usa la señal del sensor CMP para establecer la posición del pistón No. 1 durante su recorrido dentro del cilindro, de esta manera se puede establecer la secuencia correcta de inyección. Si el ECM detecta una señal incorrecta del sensor CMP mientras el motor está en funcionamiento, entonces se lo indicará con la alarma del Check Engine en el tablero del automóvil y se almacenará como un código de falla en el ECM, que será visible en un escaneo del automóvil, (Sanchez, 2010).

5.3.5 Bobina de ignición

Es un dispositivo de inducción electromagnética o inductor, que forma parte del encendido de un motor de combustión interna alternativo de ciclo Otto o Wankel, que cumple con la función de elevar el voltaje normal (6, 12 o 24 V, según los casos) en un valor unas 1000 veces mayor con objeto de lograr el arco eléctrico o chispa en la bujía. Para permitir la inflamación de la mezcla aire/combustible la cámara de combustión consta de dos arrollamientos, primario y secundario, con una relación de espiras de 1 a 1000 aproximadamente, con grosores inversamente proporcionales a dichas longitudes. De la misma manera, el núcleo ferromagnético, cuenta con dos conexiones para el primario: una de alimentación positiva desde el contacto de encendido del motor, y una de negativo al dispositivo de interrupción cíclica del primario. La secundaria cuenta con una conexión a masa, y otra de salida de alta tensión hacia la bujía o en su caso hacia el distribuidor. La interrupción cíclica del primario está sincronizada con el motor, una interrupción cada giro en el dos tiempos (2T) o una cada dos giros en el cuatro tiempos (4T); aunque existen sistemas de 4T en motores de más de un cilindro, con chispa en cada revolución (Sistema de chispa perdida o DIS). Dicha interrupción era antiguamente mecánica gracias al ruptor o platinos, y

hoy día se realiza mediante un circuito electrónico, siendo un transistor de potencia que depende de un controlador asociado al régimen del motor gracias a un sensor de régimen, (EcuRed, 2016).

5.3.6 Válvula IAC (Idle Air Control Valve)

El sensor o válvula IAC juega un papel fundamental en la regulación de las revoluciones del motor en ralentí. Al administrar y regular el ingreso de aire hacia las cámaras de combustión, este sensor ó válvula IAC es una válvula electromecánica controlada por el módulo de control electrónico. Los controles se hacen en función de las entradas a la ECM de: temperatura de aire de ingreso, temperatura del refrigerante del motor y presión de aire. Fundamentalmente, es un motor de pasos que controla el movimiento de un cono sobre el ingreso de aire hacia las cámaras de combustión dando mayor o menor cantidad de aire según indique el ECM. La válvula IAC/sensor IAC se encuentra sobre el cuerpo de aceleración, Al encender el automóvil en frío, el ECM abre está válvula permitiendo el ingreso de gran cantidad de aire por un par de minutos, hasta que el motor va tomando temperatura, y se va cerrando progresivamente hasta alcanzar la temperatura normal de operación del motor- unos 82 grados Celsius, (Encuentra24, 2018).

5.3.7 Relevador

Un relevador es un dispositivo electromagnético que permite que la corriente llegue en su totalidad a uno o más dispositivos utilizando cables más cortos para evitar caídas de tensión y separe las secciones de control y de potencia. Por norma internacional se considera el siguiente orden de conexión: en las terminales 85 y 86 es dirigida una corriente de mando a través de la bobina, actuando como imán y generando un campo magnético el cual atrae la armadura portadora del contacto (platino), cerrando o abriendo el circuito de servicio a través de las terminales 30 y 87. El relevador está formado por una

bobina de control y un contacto de platino, que al energizarse la bobina actúa como un imán abriendo o cerrando el contacto de platino. (Conevyt, 2013).

5.4 PROCESO DE DESARROLLO DEL PRODUCTO

Desde el concepto de marketing, un producto es todo aquello que una empresa ofrece al mercado con el objetivo de satisfacer las necesidades de un cliente. Mientras tanto, el proceso de desarrollo de producto (PDP) se refiere al conjunto de pasos y/o actividades que le permiten a una empresa, a partir de una percepción de oportunidad de mercado, concebir, diseñar, producir y comercializar un producto considerando incluso su posterior descarte. En el entendimiento de (Fujimoto, 1991), es a través del PDP que una organización reúne y transforma datos sobre oportunidades de mercado, en informaciones de valor para la producción comercial.

Todo PDP puede implicar tanto la modificación de un producto ya existente, como la formulación de un producto totalmente nuevo que satisface las necesidades de los clientes de un nicho de mercado definido.

De acuerdo con cualquier definición, el PDP posee una naturaleza compleja e interdisciplinaria. Compleja en la medida en que existe una constante toma de decisiones para fijar las características del producto a lo largo de su ciclo de vida; e interdisciplinaria, siendo que requiere la intervención de los distintos departamentos de la empresa (marketing, producción, ventas, dirección, etc). Por lo tanto, la literatura apunta a la necesidad de modelos de referencia formalizados y estructurados que sirvan como directrices para integrar y sistematizar las actividades del PDP. Es decir, definir y describir, lo más amplio posible, la organización, secuencia y relación de todas las etapas que deben realizarse durante el desarrollo para conseguir el producto deseado.

En este contexto, en el libro *Product Design and Development* (Eppinger, 2011) resaltan la importancia de emplear modelos de referencia durante el PDP por tres razones: 1) hacen el proceso de decisión explícito, permitiendo que todos en el equipo de desarrollo comprendan la racionalidad de una decisión y reduzcan la posibilidad de avanzar con decisiones no soportadas. 2) actúa como *checklist* de los pasos clave dentro del PDP, garantizando que

las cuestiones importantes no sean olvidadas. 3) son en gran parte auto-documentados; en el proceso de ejecución de las actividades de desarrollo, el equipo crea un registro del proceso de toma de decisión para referencia futura.

En el presente trabajo, el desarrollo del banco de pruebas de inyectores, es abordado en la visión de desarrollo de producto. Por lo tanto, un modelo de referencia genérico es adoptado con el propósito de estructurar el proceso de diseño y desarrollo del banco de pruebas de inyectores. Tal modelo será descrito en el siguiente apartado.

5.4.1 Modelo de referencia genérico para PDP

Eppinger et al (Eppinger, 2011) desarrollaron un modelo de referencia genérico, el cual contó con la participación de estudiantes de diversas áreas del MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) y fue aplicado por primera vez en el año 2000 sobre distintos ejemplos prácticos. Ellos proponen una metodología estructurada que puede ser usada por las empresas y sus profesionales como paso-a-paso o plantilla para sistematizar el PDP. El modelo presentado, se centra en las funciones de marketing, diseño y manufactura, y organiza el PDP en las fases de Planificación, Desarrollo del Concepto, Diseño de Sistemas, Diseño Detallado, Prueba y Refinamiento, y lanzamiento a la producción. Estas fases se caracterizan por ser secuenciales y jerárquicas. Cada una de ellas se describe a continuación:

- El proceso comienza con la fase de planificación o fase 0, donde la idea del nuevo producto es aprobada y lanzada al desarrollo después de la identificación de la oportunidad de mercado. En el proceso de planificación se consideran oportunidades para el desarrollo del nuevo producto desde diversas fuentes, incluyendo investigaciones de mercado, consumidores, equipos de desarrollo y evaluación comparativa de los competidores. La salida de esta fase incluye la cartera del producto, la estimación del tiempo de introducción al mercado y la asignación de los recursos necesarios.
- En la fase de desarrollo del concepto, el objetivo es definir un conjunto de especificaciones técnicas y/o atributos del producto siendo desarrollado. Es decir, las funcionalidades, características y nivel de

tecnología que estarán presentes en el producto final. Para ello es necesario conocer lo mínimo que el cliente espera y desea encontrar en el producto; o sea, identificar las necesidades del cliente. Conociendo esas informaciones, es posible formular alternativas de concepto-solución para el producto, y, finalmente, uno o más conceptos se seleccionan y se evalúan para definir las especificaciones-meta del producto final.

- La fase de diseño de sistemas trata con la definición funcional y física de la arquitectura del producto. En esta fase, se produce la formulación y selección de principios de solución que atiendan las especificidades-meta que se han fijado en la fase inmediatamente anterior, lo cual puede considerarse como una transición de lo abstracto para lo concreto. La búsqueda y selección de las soluciones es realizada a través de métodos de concepción tanto intuitivos (basados en la creatividad del diseñador) como sistemáticos (con el uso de herramientas estructuradas de diseño). El resultado final de esta fase es la definición de la arquitectura global del producto descompuesta a través de sistemas, subsistemas y componentes (SSCs).
- Siendo que la fase de diseño detallado prosigue a la fase de diseño de sistemas, la información de entrada en ella es la concepción de la arquitectura del producto desplegada en SSCs. El objetivo de esta fase es conseguir un amplio nivel de detalle de los SSCs y fijar todas las especificaciones del producto antes de ser encaminado a la manufactura. Las especificaciones de material, tolerancias y acabado final se fijan para todas y cada una de las partes incluidas en el producto. Se enumeran las partes que serán adquiridas comercialmente y las partes que deben fabricarse. Para estas últimas, se definen los procesos y recursos a ser utilizados. Cabe decir, que esta fase puede ser guiada a través de una metodología estructurada para el desarrollo de un tipo de producto específico; por ejemplo, un producto mecatrónico. Finalmente, la salida de esta fase es un plan de procesos del producto.
- La fase de prueba y refinamiento envuelve la elaboración de las versiones del prototipo del producto para la evaluación y la validación

de los conceptos de diseño generados. Prototipos de partes individuales son creados para verificar las especificaciones de tolerancia y/o ajustes. Tales versiones de prueba no necesariamente son fabricadas con los procesos que se utilizarán en la producción final. También se realizan pruebas de funcionamiento para evaluar el desempeño de operación del producto. El objetivo de estas pruebas es responder a los interrogantes relacionados con la necesidad de realizar cambios en el proyecto antes de pasar la fase de producción.

- La última fase, lanzamiento a la producción, tiene que ver con la fabricación del producto final a través de un determinado sistema de producción y su puesta en el mercado. Esta fase, contempla todas aquellas actividades de la cadena de suministros, tales como las estrategias de venta y distribución, formas de atención al cliente, asistencia técnica, y publicidad y marketing. Dentro de esta fase también existe un post-lanzamiento, el cual permite obtener una perspectiva tanto comercial como técnica del impacto generado por el producto en el mercado a fin de identificar posibles mejoras a futuro.

Aunque los modelos de referencia para el PDP intentan ser formalizados y unificados, no significa que se cierren a la adaptación, modificación y/o implantación de mejoras. Por lo tanto, un modelo de referencia solamente pretende constituir una base para la empresa, a partir de la cual pueden establecerse modelos para un proceso o producto específico. Con ello en mente, y considerando el banco de prueba de inyectores como un producto electromecánico, en este trabajo el modelo de referencia genérico es complementado con un modelo específico para el desarrollo de productos electromecánicos o mecatrónicos, dentro de la fase de diseño detallado descrita anteriormente. El modelo es tratado en la siguiente subsección.

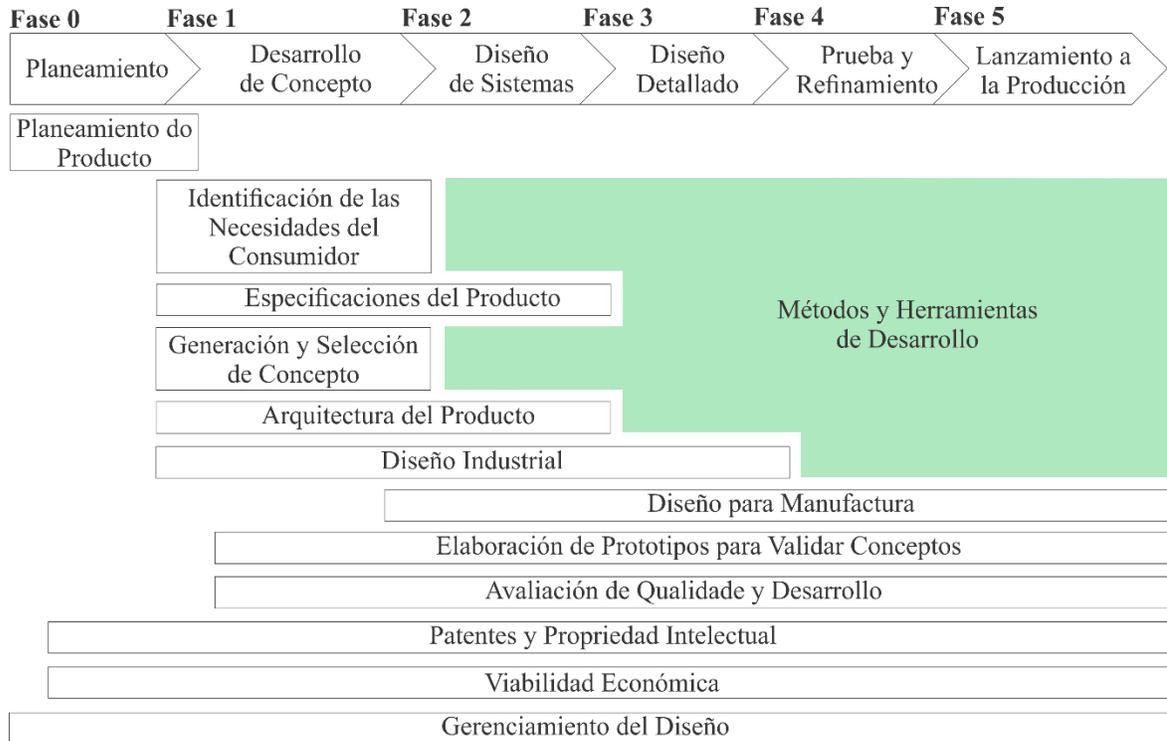


Figura 5.8. Fases del proceso de desarrollo del producto. Adaptado de (1)

5.4.2 Modelo de referencia específico para el desarrollo de productos mecatrónicos.

Desde septiembre del año 2000, la Asociación Alemana de Ingenieros, con el profesor Gausmeier como principal responsable, ha trabajado en el desarrollo de un nuevo modelo de referencia, denominado Modelo V, bajo la guía industrial VDI 2206 (Gausmeier & Moehringer, 2001). El modelo presentado en la Figura 5.9 tiene como objetivo proporcionar una metodología estructurada para soportar el diseño de sistemas mecatrónicos de manera sistemática. Esta metodología puede entenderse como un modelo de referencia específico para el desarrollo de productos mecatrónicos. Este modelo es un procedimiento flexible que puede adaptarse a un producto específico. En este sentido, no se pretende sustituir a los modelos existentes, sino que pretende complementar los modelos enfocados a un dominio

individual (mecánico, electrónico o computacional), así como los modelos de carácter genérico.

Desde una perspectiva macro, el punto de partida del modelo V es la definición de una tarea de diseño para un producto mecatrónico individual. Luego, un conjunto de requerimientos del producto son establecidos para la tarea de diseño siendo ejecutada, los cuales representarán un *target* de referencia para la validación del futuro producto.

Prosiguiendo lo anterior, se encuentra la función de diseño del sistema, la cual tiene como objetivo de describir de manera descendente (*top-down-approach*) las características lógicas y físicas del producto. Dicha función es dividida en subfunciones de acuerdo con la descomposición de SSCs. A continuación, principios y/o elementos de solución son atribuidos a cada subfunción, los cuales son evaluados a medida que el diseño avanza desde una subfunción a la otra.

Sobre la parte central del modelo es desarrollado el concepto de solución para cada uno de los dos dominios específicos envueltos. Aquí, la elaboración de cálculos y modelos de análisis son importantes para garantizar el desempeño funcional de las funciones críticas del producto. Dentro del dominio mecánico son realizados cálculos cinemáticos, modelamiento CAD, especificación de tolerancias, etc. En cuanto al dominio electro-electrónico se definen y elaboran los esquemas eléctricos, los circuitos electrónicos de potencia, las interfaces de comunicación, la fuente de alimentación, etc. Por último, en el dominio computacional ocurre la programación de interfaces de usuario, firmwares, algoritmos de optimización, etc.

Ya en el tramo final del modelo V (*bottom-up-approach*), ocurre la integración de los tres dominios que componen el producto mecatrónico. La función de integración se divide en subfunciones de acuerdo con el nivel de descomposición de los SSC. En cada subfunción es realizado un procedimiento de verificación y validación para constatar el cumplimiento de

los requerimientos establecidos a la entrada. El resultado de esta integración y la consolidación de un único sistema global-producto mecatrónico, el cual representa la salida del ciclo del modelo una vez que el producto ha sido manufacturado.

Gusemeier y Moehringer (Gausmeier & Moehringer, 2001) han expuesto que realmente vale la pena elegir y adaptar el enfoque del modelo V para el desarrollo de este tipo de productos. Además, ya viene siendo ampliamente usado por la industria en el contexto de la mecatrónica, lo que ayuda a que sea aceptado como modelo de referencia. En este trabajo, el modelo V es utilizado en el proceso de desarrollo del banco de prueba de inyectores, dentro de la fase de diseño detallado para describir cada uno de los dominios que lo componen en su calidad de producto mecatrónico.

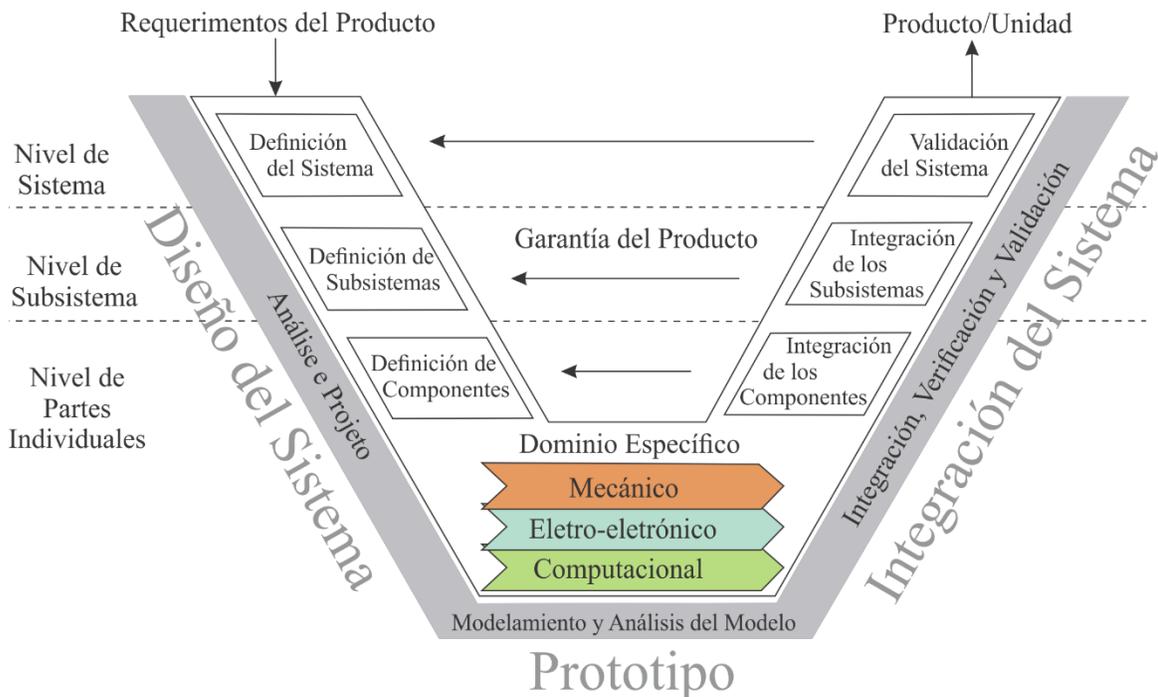


Figura 5.9. Modelo V para el desarrollo de productos mecatrónicos. Adaptado de (5)

6. ESTADO DEL ARTE

Teniendo en cuenta el campo en el que se desarrolla la presente investigación se toman como referentes los estudios que a continuación se mencionan.

En la investigación titulada “Diseño y construcción de un osciloscopio didáctico para diagnóstico automotriz” el autor orienta sus estudios al diseño e implementación de un osciloscopio y banco de pruebas de actuadores, aplicable en actividades de mantenimiento automotriz. El diseño electrónico del aparato puede dividirse en cinco módulos: fuente, circuito de interface para sensores, circuito para prueba de actuadores, módulo de adquisición de datos y una computadora. Las señales de los sensores se digitalizan utilizando el módulo de adquisición de datos. En la computadora se ejecuta un software desarrollado en labview 2010 que permite visualizar las señales y generar patrones para probar actuadores tales como: inyectores, boninas de encendido y válvulas i.a.c. Como resultado se obtuvo un osciloscopio – probador completamente funcional que se puede utilizar en labores de reparación automotriz, (Torres, 2011).

Para el año 2012 Laica Cunalata William Marcelo (Laica, 2012) con su investigación titulada “Implementación de un banco de pruebas para la unidad de control electrónico de vehículos con sistemas de inyección electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz”, construye un banco de pruebas para ECU.S basándose principalmente en componentes electrónicos, para la simulación de los principales sensores del vehículo automotor, con el fin de determinar si la ECU se encuentra recibiendo, procesando y entregando las señales de forma correcta.

Se desarrollaron manuales de funcionamiento y operación de la máquina para indicar paso a paso el cómo manipular de forma correcta el equipo, de igual forma realizó las guías de laboratorio para la realización de las

prácticas, ya que esta máquina fue diseñada y construida para la Escuela de Ingeniería automotriz de Riobamba-Ecuador.

Otro estudio realizado para este año es el desarrollado por Cabrera Montenegro & Nato Pilatuña, (Cabrera & Nato, 2012) trabajo de investigación que expone el proceso de diseño y construcción de un comprobador de inyectores de gasolina activado y controlado vía Wi-Fi, el cual la versatilidad de su diseño permite activar y controlar el funcionamiento de los inyectores gasolina en tiempo real sometidos a condiciones similares a las que están en el vehículo. Su control y monitoreo se desarrolla por medio de una interfaz de potencia electrónica de alto rendimiento la cual puede realizar el funcionamiento de cualquier tipo de marca de inyector de gasolina en sus principales pruebas como son: pulverización, caudal de llenado por probeta y la estanqueidad del inyector, complementando el monitoreo de conexión o desconexión del inyector (feedback). Igualmente desplegado en un menú gráfico la activación y control del comprobador de inyectores al usuario por medio de dos interfaces gráficas.

De esta forma cumple su propósito de realizar un diagnóstico efectivo de los inyectores de gasolina y una manera didáctica de enfocar los distintos tipos de inyección como son: inyección simultánea, inyección semisecuencial, inyección secuencial. Es una herramienta de gran versatilidad para la implementación en los talleres de servicio, concesionarios, escuelas de capacitación automotriz y aprovechando tecnología Wi-Fi para su comunicación, monitoreo de los voltajes reversos que son generados por los inyectores para dar su seguimiento de funcionamiento feedback.

En el mismo año, Pino Villavicencio, (Villavicencio P. , 2012) diseñó y construyó un banco electrónico de pruebas y limpieza de inyectores a gasolina, el cual podía generar pulsos a los inyectores, un caudal del fluido de prueba y finalmente la realización de limpieza con ultrasonido. También se desarrolló un manual de operación para garantizar el correcto funcionamiento de la máquina, el autor concluye que teniendo en cuenta las comparaciones realizadas en base al estudio de los equipos de

mantenimiento de inyectores de gasolina, establecen que el mantenimiento en un banco electrónico de pruebas y limpieza de inyectores de gasolina es la mejor opción para el rendimiento del motor.

Para el 2013 se desarrolla una investigación que parte de la necesidad de generar aprendizajes significativos en Sistemas de inyección de combustible Diésel para maquinaria y equipo pesado, que responda a la evolución del conocimiento acorde a los avances tecnológicos. El proyecto tiene como objetivo el diseño y construcción de un sistema de simulación, diagnóstico y comprobación de sistemas de alimentación de combustible para inyector diésel electrónicos H.E.U.I. a fin de determinar el funcionamiento, estado y condiciones de operación del inyector. De acuerdo a los objetivos, es una investigación de tipo experimental y descriptiva, que utiliza como técnica de investigación: la observación, como instrumento de aplicación y recolección de datos: la encuesta. Los informantes son estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz de Octavo Nivel de la E.S.P.E. extensión Latacunga y laboratorios diésel de la provincia de Pichincha. (Alanuca & Sangucholeines, 2013).

En la investigación: “DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO PARA DIAGNÓSTICO DE COMPONENTES DEL SISTEMA DE INYECCION DE GASOLINA” (Coello & Cordero, 2011), desarrollaro un banco de comprobación y diagnóstico denominado “Full Inyección System Tester I – FIST I –“. con este banco se emulan las condiciones de trabajo de estos componentes con el propósito de medir y diagnosticar sus parámetros de funcionamiento. El “FIST I” ha beneficiado ampliamente el entendimiento acerca de principios de funcionamiento mejorando el diagnóstico de problemas de los elementos del sistema de inyección.

Cajicasa et al, (Cajicasa & Pnos, 2016) consideran que para efectuar las diferentes pruebas de funcionamiento de las ECUS, es necesario conocer previamente lo concerniente a la Electrónica y saber interpretar los diagramas electrónicos automotrices; así como también, comprender la estructura de la ECU y sus procedimientos de verificación. Para evitar

intermitencias durante la comprobación, se recomienda utilizar en lo posible el conector original; de no tenerlo, se sugiere usar conectores adecuados al tamaño de los pines de la ECU. Además, recomiendan usar manecillas anti estáticas para evitar daños en los circuitos y micro controladores, cuando se vaya a o sustituir uno de estos componentes por encontrarse dañados.

En el equipo de investigación de Ecuador Jaya et al (Jaya, Tugumbango, & V, 2014) observaron el desarrollo de una guía rápida y de fácil entendimiento para los técnicos, estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz y afines, que trata sobre el “Diagnóstico del sistema Common Rail del vehículo Mitsubishi L200 Triton”. Los autores concluyen que las fallas más cotidianas en el sistema de combustible del vehículo son producto del combustible de mala calidad, presencia de agua en el mismo y por falta de un mantenimiento periódico, pudiéndose visualizar en la capa tenue de óxido presente en las partes desarmadas. La utilización de instrumentos automotrices como multímetro, escáner, y osciloscopio ayudan significativamente al técnico en la detección de fallas o averías en el sistema de combustible de un vehículo tales como presión en el riel de inyección deficiente o mal funcionamiento de electroválvulas, entre otros.

El estudio titulado “BANCO PARA PRUEBAS DEL SISTEMA DE INYECCIÓN Y ENCENDIDO ELECTRÓNICO DEL MOTOR GM-CHEVROLET TRAILBLAZER 4.2L” (Guevara & Yánez, 2014), tenía por objetivo la implementación de un banco de pruebas del motor CHEVROLET TRAILBLAZER 4,2 L para realizar tareas de diagnóstico de fallas, análisis de funcionamiento del sistema de inyección y encendido electrónico del motor VORTEC 4200 cm³. Estudio a partir del cual se concluye que la conexión de los diferentes módulos del automotor es de tipo estrella por lo que no es necesario conectar todos los módulos para lograr el funcionamiento del motor.

En el trabajo de investigación de Rosero (Rosero, 2014),, “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS AUTOMATIZADO PARA EL DIAGNÓSTICO DEL MOTOR OPTRA 1.8 DEL LABORATORIO

DE AUTOTRÓNICA” considera el estudio de contenidos relacionados con la electrónica aplicada al campo automotriz en lo referente al control de inyección y encendido electrónico, así como la utilización de herramientas modernas de diagnóstico. Por lo cual, implementaron un banco de pruebas del motor T18SED DOHC L-4 perteneciente al vehículo CHEVROLET OPTRA 1.8, generando una guía didáctica con información de funcionamiento de los sistemas que intervienen en el control de inyección y encendido electrónico y los procedimientos de diagnóstico de las averías más comunes de este motor. El proyecto es una herramienta de aprendizaje que beneficia a todos los involucrados en el campo automotriz, facilitando la comprensión del funcionamiento, diagnóstico y reparación de averías que involucran estos sistemas mediante la utilización de herramientas y procedimientos recomendados por el fabricante.

Para Díaz Torres y Hernández Lordui (Hernandez, 2013) la implementación de un banco de pruebas del motor de combustión interna a gasolina ha permitido avanzar hacia la obtención del modelo matemático de la máquina, porque se cuenta con una plataforma donde se pueden simular condiciones de operación que incluyen aceleración y perturbaciones de carga controlada; adicionalmente estas acciones producen una respuesta dinámica en el motor, la cual puede ser registrada y almacenada para posteriormente usarse en el cálculo de parámetros experimentales, diagnóstico, entre otros. Conclusión obtenida a partir del estudio realizado denominado “Banco de Pruebas Automatizado para Uso en Modelación y Control de un Motor de Combustión Interna”.

7. DISEÑO Y DESARROLLO DE UN BANCO DE DIAGNÓSTICO DE INYECTORES A GASOLINA

El diseño de investigación a utilizar es experimental e investigativo; lo cual consiste en someter un objeto a determinadas condiciones, estímulos o

tratamientos (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

Basado en los objetivos e interrogantes planteados, el presente proyecto se sustenta en el diseño experimental, donde el investigador no solo identifica las características que se estudian; sino que las controla, las altera o manipula con el fin de observar los resultados al tiempo que procura evitar que otros factores intervengan en la observación.

7.1 DESARROLLO DE CONCEPTO

De acuerdo con el modelo de referencia adoptado, esta fase es precedida por la planificación del proyecto, donde la idea del producto es realizada y posteriormente aprobada para su desarrollo. Sin embargo, dicha fase de planificación no se describe explícitamente en este capítulo en lugar de ello se orienta al lector a considerar las razones de este trabajo informadas en la fase de planificación.

Dicho esto, el procedimiento de la actual fase consiste en levantar los RUs y transformarlos en RPs pasivos de prueba para verificar su conformidad, que no se puedan traducir como especificaciones técnicas del producto, también a las llamadas especificidades meta. En otras palabras, el objetivo de esta fase, y, a partir de un conjunto de informaciones comprendidas como RUs, se especifica lo más completo posible las características y / o atributos del banco de prueba de inyectores.

El método QFD, descrito en la fundamentación teórica, y utilizado en esta fase con el fin de facilitar la tarea de la definición de Banco de prueba de inyectores, permite transformar sistemáticamente los Rus en RPs.

A continuación, se establecen las especificaciones del producto, el proceso del QFD aplicado al proyecto del Banco de prueba de inyectores.

7.1.1 Paso 1: identificación de los usuarios del banco de prueba de inyectores

En la ciudad de Pamplona, Colombia, existen aproximadamente 15 talleres de mecánica automotriz establecidos y reconocidos como tal, los cuales se definen en este estudio como los posibles consumidores directos y serán quienes especifiquen las necesidades para el diseño del sistema automático de prueba de inyectores.

7.1.2 Paso 2: Requerimiento de los usuarios para el banco de prueba y diagnóstico de inyectores

Los bancos de prueba de inyectores tienen como objetivo principal, facilitar al usuario el conocimiento del estado actual del inyector y así llegar a un diagnóstico certero. A partir de esta premisa se busca identificar los requerimientos del usuario mediante fuentes de información como la experiencia de los usuarios contactados, a través del instrumento aplicado, el apoyo en investigaciones bibliográficas realizadas por el autor y revisión de los proyectos ya existentes. La obtención de estas necesidades se hace a mediante la formulación de una encuesta, donde se pide a los usuarios (personal técnico) que establezcan las necesidades relacionadas a un equipo de prueba de inyectores, sugiriéndoles priorizar relativamente cada necesidad con un valor entre 0 y 5, donde 0 significa que no tiene importancia y 5 que es muy importante. Se consigue un total de 10 RCs establecidos por los encuestados, los cuales son listados a continuación:

1. Que sea económico.
2. Que permita realizar distintos tipos de pruebas en los inyectores.
3. Que permita el fácil montaje y desmontaje de los inyectores.
4. Robustez.
5. Que sea fácil de operar.
6. De fácil mantenimiento.
7. Que sea liviano y portable.
8. Que tenga una buena estética.
9. Que permita tener control de variables como las RPM y el PWM.
10. Que permita visualizar la información.

7.1.3 Paso 3: priorización de los RUs

En el proceso de diseño de un producto, se identifican y priorizan las necesidades del usuario, y se plantean las soluciones para solventarlas. En este caso se plantean Soluciones de Ingeniería (SIs) que permitirán atender la demanda del cliente en el desarrollo del sistema automático para prueba de inyectores. Ver figura 7-1

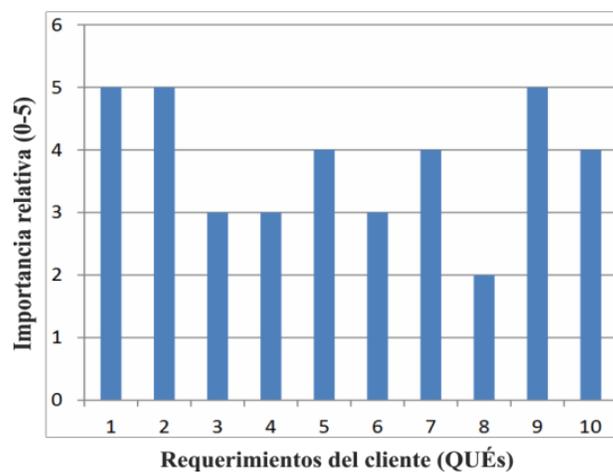


Figura 7.1 Visualización gráfica de la importancia relativa de los requerimientos del cliente.

El resultado del análisis a través de la gráfica de requerimientos vs importancia muestra la importancia relativa de cada requerimiento y representada por barras de mayor a menor importancia, donde los RUs más importantes para el proyecto del Banco de prueba de inyectores son:

1. Que sea económico
2. Que permita realizar distintos tipos de prueba
3. Que permita tener control de la variables, tales como RPM y PWM

7.1.4 Paso 4: selección de los requisitos del proyecto

Este paso consiste en desdoblar los RUs en RPs, los cuales representan conceptos más físicos del producto que puedan ser mejor comprendidos por el proyectista. Esta etapa constituye la primera toma de decisión sobre el

proyecto del producto, donde se definen los parámetros finales que permitirán alcanzar los requerimientos establecidos.

7.1.5 Paso 5: relación entre Rus y RPs

El proceso de identificar las relaciones entre los RUs y los RPs fue realizado de manera subjetiva, utilizando la experiencia del proyectista y las informaciones de revisión bibliográfica. Los niveles de relación entre los RUs y los RPs del Banco de inyectores fueron estipulados como: fuerte (puntuación=9), moderado (puntuación = 3) o débil (puntuación = 1). El proceso fue realizado sistemáticamente en el marco de matriz QFD representada en la figura 7.2. Como resultado de esta relación se tiene en la parte derecha de la matriz las puntuaciones para los RUs de acuerdo con la cantidad y grado de relaciones con los RP.

7.1.6 Paso 6: Correlación de los requisitos del proyecto

En la terminología del QFD los requerimientos del cliente son también llamados QUÉs y las soluciones o aspectos de funcionalidad son llamados CÓMOs, en tanto que estos términos serán utilizados durante el planteamiento de la matriz.

Lo primero es establecer el tipo de relación de manera sistemática, que pueden presentar los QUÉs y los CÓMOs dentro del contexto de solución de las necesidades, para lo cual se han definido tres niveles con valor y símbolo propio, que se explican de manera gráfica en la **Figura 7-1**. El tipo de relación se establece de acuerdo al criterio propio del grupo de desarrollo con base en el análisis de los requerimientos del cliente. La idea es identificar algún tipo de conexión o afección por parte de los CÓMOs sobre los QUÉs evaluando dicha conexión mediante un nivel de relación de Fuerte, Medio o Débil.

⊗	Relación Fuerte	9
○	Relación Media	6
▲	Relación Débil	3

Figura 7.2. Tipo de relacionamiento entre los QUÉs Y LOS CÓMOs.

En la Figura 7.3, se presenta el montaje de la matriz de calidad con los requerimientos del cliente (QUÉs) en la columna de la izquierda y las soluciones de ingeniería o aspectos funcionales (CÓMOs) en la parte

superior. Sobre la parte central de la matriz se efectúa el relacionamiento de los criterios con base en un riguroso análisis debatido por los diseñadores para señalar la afinidad entre los requerimientos y las soluciones. Una vez montados y relacionados los QUÉs y CÓMOs en la matriz de calidad, ésta proporciona automáticamente los pesos relativos de cada solución de ingeniería (CÓMOs) en función de las relaciones establecidas en la matriz. Estos pesos relativos son presentados en la Tabla 1 de manera respectiva para cada aspecto.

Aspectos de Funcionalidad (CÓMOs)	Requerimientos del Cliente (QUÉs)	Materiales de bajo costo	Procesos de manufactura convencionales	Sistema electrónico programable	Interfaz Hombre-Máquina (IHM)	Estructura compacta	Conectores de acople rápido de mangueras y cables	Acabado final de las partes	Diseño estandarizado	Impermeabilidad del sistema interno	Sistema eléctrico de alimentación versátil
Que permita realizar distintos tipos de prueba a los inyectores				⊗	○		▲				▲
Que permita un montaje y desmontaje sencillo de los inyectores	▲	▲				○	⊗		○	○	
Que permita tener control de parámetros como PPM y PWM				⊗	⊗						○
Que sea robusto	⊗	○	○			⊗	○	▲	○	⊗	○
Que sea fácil de operar				⊗	⊗	▲	⊗		○	▲	▲
De fácil mantenimiento	○					⊗	⊗		⊗	⊗	
Que sea liviano y portable	⊗	○				⊗	▲	○	▲	○	⊗
Que tenga buena estética	⊗	⊗	▲			⊗		⊗	⊗	○	
Económico	⊗	⊗	⊗	▲	○	○	○	○	⊗	○	○
Que permita visualizar la información				⊗	⊗						▲

Figura 7.3. Relacionamiento de los QUÉs y los CÓMOs a través de la matriz de calidad

Al analizar los datos de la Tabla 1 y observar el relacionamiento en la matriz de calidad de la figura inmediatamente anterior, se evidencia la relevancia del sistema electrónico programable con un peso relativo de 18.5, consolidándose como el aspecto principal en el desarrollo del producto, ya que está directamente asociado a la automatización general del sistema que representa en sí el objetivo y foco de esta propuesta de diseño.

<i>Soluciones de ingeniería o CÓMOs</i>	<i>Peso relativo</i>
<i>Materiales de bajo costo</i>	11.7
<i>Procesos de manufactura convencionales</i>	7.4
<i>Sistema electrónico programable Interfaz</i>	18.5
<i>Hombre –Máquina (IHM)</i>	11.6
<i>Estructura compacta</i>	10.0
<i>Conectores de acople rápido de mangueras y cables</i>	10.4
<i>Acabado final de las partes Diseño estandarizado</i>	4.1
<i>Impermeabilidad del sistema interno</i>	10.5
	8.5
<i>Sistema eléctrico de alimentación versátil</i>	7.5

Tabla 1: peso relativo de los CÓMOs

7.1.7 Paso 7: Análisis de competitividad

El análisis de competitividad permite identificar ventajas y desventajas del producto frente a los posibles competidores. Sin embargo, tal análisis no fue considerado tan relevante para el foco de este trabajo, pero fue realizada de acuerdo con el proceso del QFD en la visión de desarrollo del producto. Así mismo, los detalles del análisis de competitividad serán representados con los resultados.

7.1.8 Paso 8: Definición de las especificidades meta

Como resultado de esta fase, fueron obtenidas las especificaciones meta del Banco de inyectores, que son representadas en la parte inferior de la matriz QFD en la Figura 10. Cada uno de los RPs posee una especificación-meta asociada, las cuales representan las características físico-técnicas y/o atributos que deben estar presentes en el Banco de inyectores una vez fabricado y montado.

Un circuito programado contribuye de manera directa en la solvencia de los tres requerimientos más importantes establecidos por los usuarios encuestados en la etapa de caracterización del producto. La economía, diferentes tipos de prueba y control de RPM y PWM son algunos de ellos. La fuerte relación que posee con estos aspectos resulta en gran parte porque

ha sido considerada la amplia variedad de plataformas electrónicas de desarrollo programables, que pueden adquirirse en el mercado por un bajo costo y que permiten realizar casi cualquier tipo de aplicación que involucre actuadores, sensores, dispositivos de interfaz, comunicación, etc.

De acuerdo con el análisis realizado a las necesidades impartidas por los clientes encuestados, el grupo de diseño planteó bajo su criterio y experiencia en el tema, las SIs con que se busca contrarrestar las necesidades y estructurar el plan de desarrollo. A continuación, se listan las SIs establecidas:

1. Materiales de bajo costo.
2. Procesos de manufactura convencionales.
3. Sistema electrónico programable.
4. Interfaz Hombre-Máquina (IHM).
5. Estructura compacta.
6. Conectores de acople rápido de mangueras y cables.
7. Acabado final de las partes.
8. Diseño estandarizado.
9. Impermeabilidad del sistema interno.
10. Sistema eléctrico de alimentación versátil.

7.2 DISEÑO DE SISTEMAS

En ésta fase ocurre la formulación y selección de principios de soluciones para llegar a las especificaciones meta del banco de prueba y diagnóstico de inyectores, definidas en la fase inmediatamente anterior. En el procedimiento son consideradas las prioridades establecidas para los Rus y los RPs a través del análisis de la importancia relativa. Así mismo, en esta fase los esfuerzos han sido enfocados a satisfacer las cualidades de fabricación: que sea económico, que permita realizar distintos tipos de prueba, que permita tener control de las variables, tales como RPM y PWM.

7.2.1 Diseño mecánico

Se realizó un diseño CAD con el software Solid-Edge, versión 20, con las dimensiones proyectadas a cumplir los requerimientos del usuario tal como se aprecia en la figura 7-4. Se tuvo en cuenta para el diseño, las dimensiones de componentes que se encuentran en la industria, tales como: probetas, llaves de drenaje, tarjetas electrónicas, fuente de poder, inyectores automotrices, conectores y acoples.

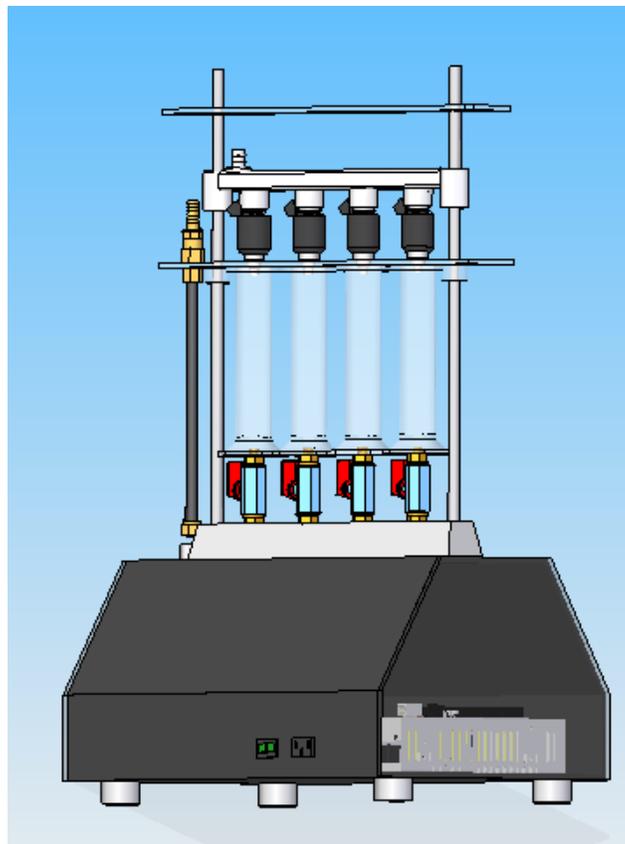


Figura 7.4. Diseño mecánico del banco de inyectores. Fuente: autor

El diseño en CAD permitió tener una visión más clara de lo que se quería conseguir con la construcción de la máquina.

7.2.2 Diseño electrónico.

La figura 7-5 muestra el esquema del diseño electrónico desarrollado para el banco de inyectores.

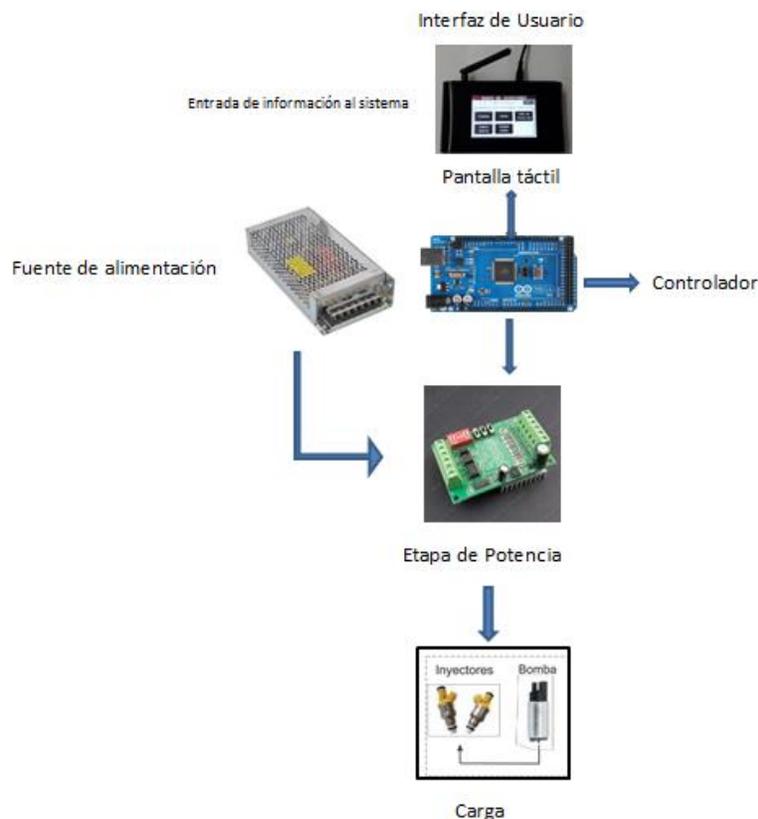


Figura 7.5. Esquema del diseño electrónico del banco de inyectores. Fuente: autor

Para el diseño electrónico se utilizó una Pantalla LCD TFT Táctil 3.95 Inch Para Arduino, dos Arduino Mega 2560 R3, un módulo relé de dos canales para Arduino, fuente conmutada 12V 20^a, un driver motores paso a paso TB6560 de 3A para Arduino, módulo de Radiofrecuencia nRF24L01 y un sensor de presión SKU237545.

7.2.3 Diseño computacional

Se realiza la programación en software de Arduino, ya que existen gran cantidad de funciones que facilitan la creación del listado de instrucciones que se requiere cumpla el diseño. La figura 7-6 muestra un ejemplo del tipo de programación que se puede realizar por medio de los comandos para Arduino.

```
void f_principal() {  
  
    Page = 1; //Pagina Principal Activa  
    teclado = 0;  
    tft.fillScreen(WHITE);  
    ////////////////////////////////////// 1 2 //////////////////////////////////////  
    tft.setTextSize(3);  
    tft.fillRect(0, 0, 480, 30, 0x8000);  
    tft.setCursor(75, 4);  
    tft.setTextColor(WHITE);  
    tft.println(utf8rus("BANCO DE INYECTORES"));  
    tft.setTextSize(2);  
    tft.setCursor(160, 45);  
    tft.setTextColor(0x8000);  
    tft.println(utf8rus("Menu Principal"));  
    //////////////////////////////////////Dibuja el boton  
    configuracion////////////////////////////////////  
    pb_x = 390, pb_y = 35;  
    tam_x = 83, tam_y = 30;  
    tft.setTextSize(2);  
    tft.fillRoundRect(pb_x + 2, pb_y + 2, tam_x, tam_y, 5, GRIS);  
    tft.fillRoundRect(pb_x + 1, pb_y + 1, tam_x, tam_y, 5, WHITE);  
    tft.fillRoundRect(pb_x, pb_y, tam_x, tam_y, 5, GRIS);  
    tft.setCursor(397, 42);  
    tft.setTextColor(WHITE);  
    tft.println(utf8rus("CONFIG"));  
}
```

Figura 7.6. Segmento del diseño computacional utilizado. Fuente. Autor.

7.2.4 Proyecto del sistema de control

En ésta fase se lleva a cabo la formulación y selección de los principios de solución para llegar a las especificaciones meta del banco de inyectores, definidas en la fase inmediatamente anterior. En el procedimiento son consideradas las prioridades establecidas para los RUs y los RPs, a través, del análisis de la importancia relativa.

Como ya se ha mencionado un inyector de combustible (gasolina) es un dispositivo electromecánico que funciona con la aplicación de una tensión en los terminales de su bobina. En el sistema de inyección del automóvil, esta tensión es aplicada en forma de pulsos secuenciales con cierta frecuencia y ancho de pulso. Estas condiciones son las que se deben simular en el equipo de prueba de manera controlada para evaluar la condición del dispositivo y generar un diagnóstico. De esta manera se hace importante entender cómo funciona ese pulso eléctrico. Entendiéndose que el período es el inverso de la frecuencia y el ancho de pulso (duty cycle) es el porcentaje de tiempo en que la señal permanece en alto, donde el período es el 100% de ese tiempo. Entonces, el PWM es una técnica en la que se modula el ancho o ciclo de trabajo de un pulso para variar la cantidad de energía aplicada a un dispositivo.

El tren de pulsos es generado por el controlador del equipo (Arduino) con un periodo y ancho de pulso establecido por el operario, el cual alcanza los inyectores a través de una etapa electrónica de potencia.

El sistema automático del equipo está compuesto de varias etapas, cada una de las cuales se encarga de una función específica. En el esquema 1 se presenta un esquema de representación general de las etapas que comprenden el sistema automático en su totalidad.

La entrada de información al sistema llega a través de la interfaz de usuario donde el personal técnico ingresa los parámetros referentes al procedimiento de la prueba a realizar. En esta etapa está una pantalla LCD TFT táctil 3.95 inch para Arduino, que permite digitar y seleccionar información, y donde se pueden visualizar los parámetros y variables del proceso.

La información ingresada es procesada por el controlador, quien realiza los respectivos cálculos y ejecuta el proceso de prueba sobre los inyectores. El controlador emite las señales de pulso en dirección a los inyectores con un máximo 5V que es amplificado mediante la etapa de potencia a 12V para de esa forma lograr energizar la bobina del inyector y poder accionarlo.

Tanto el controlador como la etapa de potencia están alimentados por una fuente de voltaje rectificadora de 12V conectada a la red con alternativa de funcionamiento por batería. La bomba se encarga de suministrar presión de combustible hacia los inyectores que es monitoreada a través del sensor de presión SKU237545.

En este punto el técnico procede con la inspección visual y observación del comportamiento de los inyectores tomando nota para diagnosticar posibles fallos con base en una información de referencia registrada del tipo y marca del inyector.

7.2.5 Carcasa estructural

Para el diseño de la carcasa se tuvo en cuenta principalmente los RUs con mayor peso relativo y que serían los de prioridad en el banco de inyectores. En el diseño se evitaron los ángulos de 90 grados con el fin de disminuir concentraciones de esfuerzos. Se requería que el peso de ésta estructura fuera ligero, por ende se estudiaron diferentes tipos de materiales tales como: lámina de acero, madera y acrílico. Siendo éste último el seleccionado por el equipo de trabajo, al cumplir con las necesidades tales como: poco peso, excelente acabado superficial, buen comportamiento a temperatura ambiente, fácil mecanizado, maleable mediante proceso de termoformado, no conductor eléctrico, resistente a ácidos y resistente a los combustibles tales como: gasolina y ACPM.

- Se definen los componentes y materiales según la etapa de potencia, etapa de control, interface hombre-máquina y la estructura física para el diseño del sistema automatizado como se describe en el esquema 1.
- Se diseña la estructura del tablero de control o interface hombre-máquina siendo ésta amigable con el usuario, para una operación y

funcionamiento accesible al público en general. Igualmente se definen las dimensiones de acuerdo a los componentes con más fácil acceso en el mercado utilizando el software CAD.

- Se modela el componente electro-electrónico y físico del sistema de potencia y sistema de control, del cual el sistema de potencia fue diseñado por completo, y para el sistema de control se implementó una tarjeta reprogramable Arduino-nano a la cual se le programó un código propio que cumple con las funciones requeridas por el usuario.

7.2.6 Soporte de probetas y drenaje de fluidos.

Para el soporte de probetas y drenaje de fluidos se usó como material aluminio, teniendo en cuenta que éste va a ser resistente a la composición del fluido, va a soportar la estructura superior del banco de inyectores conformada por: columnas fijas, llaves de drenaje, probetas, soportes de probetas y riel de inyectores, y, además el aluminio es un material maleable, por lo que permite ser mecanizado con facilidad.

7.2.7 Columnas fijas

Para el diseño de las columnas fijas se requería de un material maleable para la realización de roscas y que la vez fuera resistente y estético, por lo cual se escogió el acero inoxidable.

7.2.8 Soporte superior de probetas

Al momento de diseñar el soporte superior de probetas se llegó a la conclusión de usar lámina de acrílico, debido a que es un material que estéticamente se ve bien y que no requiere mucha resistencia para la función que va a ejercer, que es la de soportar la parte superior de las probetas y la entrada de la parte inferior en éstas. Este soporte va a su vez sostenido por las columnas fijas por sus laterales.

7.2.9 Riel de inyectores

Para el diseño del riel de los inyectores se realizaron los respectivos cálculos para decidir el material a utiliza, teniendo en cuenta que éste componente sí

va a someterse a las presiones de la bomba, que varían aproximadamente entre cuarenta y cincuenta y cinco PSI. En éste caso se decide tomar como material al aluminio fundido ya que es un material resistente y maleable, por lo que se hacía fácil realizar los mecanizados respectivos, como son los de sujeción a las columnas y roscas internas.

7.2.10 Soporte superior de columnas fijas

Para éste soporte también se utilizó lámina de acrílico, ya que la función de esta es la de guía de las columnas fijas en la parte superior, para que estas no pierdan posición, por lo tanto, la carga que este debe soportar es muy baja.

7.2.11 Sistema hidráulico

Para el sistema hidráulico se realizó inicialmente un modelamiento en software CAD, para que el posicionamiento dentro de la carcasa del banco y el mantenimiento se realicen con facilidad. El sistema hidráulico fue diseñado tomando como referencia el sistema utilizado para frenos de aire en automotores, el cual puede soportar hasta ciento cincuenta PSI, por lo cual el sistema hidráulico del banco de inyectores posee un factor de seguridad bastante elevado.

7.3 CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO FUNCIONAL QUE SIRVE COMO REFERENTE PARA TRABAJOS FUTUROS.

Una vez que se establecen los diseños y se seleccionan los posibles materiales, se procede a la construcción de un prototipo del banco de prueba de inyectores, para lo cual a continuación se muestran una lista de los materiales utilizados teniendo en cuenta la resistencia a la corrosión, accesibilidad y bajo costo. En el siguiente cuadro se muestran los distintos materiales utilizados, sus dimensiones y diferentes procesos realizados en ellos para la construcción del banco de inyectores.

COMPONENTE	MATERIAL	DIMENSIONES	PROCESO REALIZADO
Sistema de control	Arduino MEGA	No aplica	Programación en software arduino
Sistema de potencia		No aplica	
Carcasa estructural	Lámina de acrílico (polimetilmetacrilato)	3mm	Corte laser CNC, termoformado
Soporte de probetas y drenaje de fluidos	Aluminio fundido		Moldeado en arena y fundición
Columnas fijas	Acero inoxidable	8mm	Roscado
Soporte superior de probetas	Lamina de acrílico (polimetilmetacrilato)	3mm	Cortes laser CNC
Riel de inyectores	Aluminio fundido		Moldeado, fundición, roscado
Soporte superior de columnas fijas	Lamina de acrílico (polimetilmetacrilato)	3mm	Cortes laser CNC
Sistema hidráulico	Manguera, sensor de presión; codos, racores y acoples en bronce	Varias	Corte y ensamble

Tabla 2: materiales y procesos para la fabricación del banco de inyectores.

7.3.1 Desarrollo de sistema de control

Para la elaboración del sistema de control, se usó una tarjeta reprogramable Arduino Mega 2560 R13, la cual permite tener control del sistema por medio de sus entradas y salidas análogas y digitales. A su vez permite tener alimentaciones de 3.5 y 5 voltios. Esta tarjeta cuenta con un software libre que permite descargar funciones ya desarrolladas que facilitan el trabajo de la programación.

Para el sistema de potencia se usó una Drivers de motores paso a paso TB6560 de 3 Amp para Arduino, ya que se requiere controlar cuatro inyectores de 12 voltios, con un consumo de corriente de 1.2 amperios cada uno y una bomba eléctrica de hasta 8 Amp, por esa razón, la corriente consumida por los componentes debe ser suministrada por la fuente a través de dicho driver controlada por la Arduino.

Para la pantalla del control se utilizó una tarjeta gráfica LCD TFT táctil 3.95 inch para Arduino, la cual es controlada desde el software de Arduino por medio de un sistema matricial.

La comunicación entre el control de mando con el sistema de control del banco, se realiza a través de dos módulos de radiofrecuencia nRF24L01.

Todo el sistema es alimentado por una fuente conmutada de 12 voltios 20 Amp, la cual se alimenta de la red doméstica a 110 voltios AC, y entrega voltajes entre 5 y 12 voltios DC.



Figura 7.7. Fotografía de tarjeta Arduino MEGA. Fuente: Autor

7.3.2 Construcción de la carcasa estructural

Para la carcasa estructural se utilizó acrílico de 3 mm de espesor. Luego de tener el modelo hecho en software CAD, se procede a cortar con láser CNC realizando el corte de los orificios y tapas para el ensamble. Luego se

procede a la termoformación utilizando múltiples resistencias eléctricas ubicadas estratégicamente en los puntos que se requería elevar la temperatura del material para así obtener las curvaturas diseñadas en el software, este proceso se puede observar en la figura 7-9.

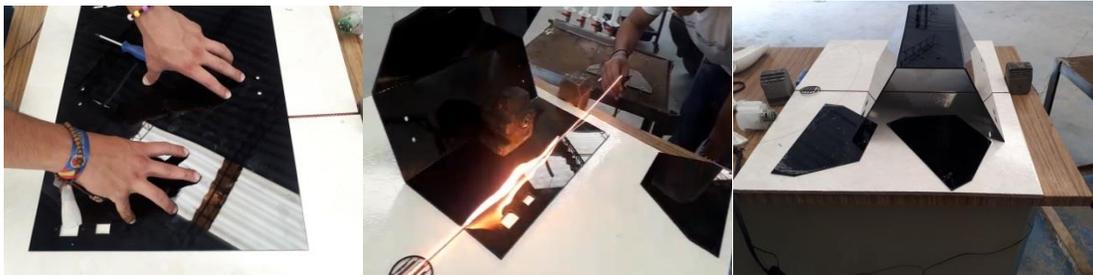


Figura 7.8. Proceso de termoformado para la carcasa estructural. Fuente: Autor

7.3.3 Construcción del soporte de probetas y drenaje de fluidos.

Luego de tener el diseño con sus medidas, se realiza un modelo en madera, para de ahí poder realizar el molde en arena para fundición y así seguir a la fundición en aluminio.

Se procede a realizar las perforaciones en el material fundido, para luego realizar los procesos de fabricación de roscas en donde se ensamblarán las columnas y los acoples de sujeción de mangueras de drenaje.

Luego se procede a mejorar la apariencia del soporte, puliendo inicialmente con una lija número ochenta para desbastar las imperfecciones más notorias del proceso de fundición. Posteriormente, se aplicó una capa de resina, cubriendo así las pequeñas porosidades que no pudieron ser corregidas con el pulimiento inicial.

Para el acabado superficial deseado se realiza pulimiento con lija número mil doscientos, y finalmente, se aplica pintura cromo brillante. Figura 7-10



Figura 7.9. Proceso de pulimiento del soporte de probetas.

7.3.4 Construcción la columnas fijas.

Para las columnas fijas se utilizó barras de acero inoxidable de 8mm de diámetro. Se cortaron con tronzadora a la longitud de 38 cm, de un extremo se fabricó una rosca con tarraja de 5/16 pulgadas, este extremo se ensambló al soporte de probetas y drenaje de fluidos; del otro extremo de la barra se torneó en una longitud de un cm para disminuir el diámetro y fabricar una rosca de 6 mm. Ver figura 7-1.



Figura 7-1. Fabricación de roscas a las columnas fijas. Fuente: Autor

7.3.5 Construcción del soporte superior de probetas

Para el soporte superior de probetas, luego del diseño en el software se procede a realizar el corte de la lámina de acrílico con láser CNC y a su posterior ensamble. Ver figura 7-12



Figura 7.10. Soporte superior de probetas. Fuente: Autor

7.3.6 Construcción del riel de inyectores

Posterior al diseño del riel de inyectores, se realiza un prototipo en impresión 3D con material PLA, que sirvió como modelo para la elaboración del riel definitivo, ver figura 7-13 El riel finalmente fue construido por medio de ensamblajes permanentes con el propósito de obtener una pieza que presente mayor resistencia a los efectos del combustible en y a la presión en el momento de la inyección.



Figura 7.11: Prototipo riel de inyectores. Fuente: Autor

A continuación se procede a mejorar la apariencia del riel de inyectores, puliendo inicialmente con una lija número ochenta para desbastar las imperfecciones más notorias del proceso de soldadura. Posteriormente, se aplica una capa de resina, cubriendo así las pequeñas porosidades que no pudieron ser corregidas con el pulimiento inicial.

Para el acabado superficial deseado se realiza pulimiento con lija número mil doscientos, y finalmente, se aplica pintura cromo brillante. Ver figura 7-14



Figura 7.12: Riel de inyectores. Fuente: Autor

7.3.7 Construcción del soporte superior de columnas fijas

Para el soporte superior de probetas, luego del diseño en el software se procede a realizar el corte de la lámina de acrílico con láser CNC y a su posterior ensamble. Este soporte permitirá mantener las probetas alineadas, figura 7-15.



Figura 7.13: soporte superior de columnas fijas. Fuente: Autor

7.3.8 Construcción del sistema hidráulico

Luego del diseño en el software, teniendo en cuenta las dimensiones, se procede al corte de la manguera de alta presión y al ensamble de los

racores, uniones y codos. Se instala el sensor de presión acoplado al sistema por medio de una reducción. Figura 7-16.

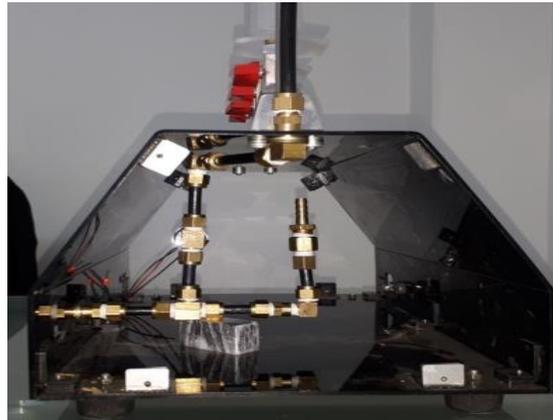


Figura 7.14. Sistema hidráulico. Fuente: Autor

8. FASE EXPERIMENTAL (PRUEBAS Y FUNCIONES ESPECÍFICAS)

En ésta fase se describe paso a paso cada prueba que puede realizar el banco de inyectores.

8.1 FUNCIONES ESPECÍFICAS DEL BANCO DE DIAGNÓSTICO DE INYECTORES

La figura 8-1 muestra el prototipo del sistema automatizado para el diagnóstico de inyectores de gasolina de vehiculos tipo liviano. Este equipo cuenta con un menu principal y un menu estandar. Cada uno de ellos se explica a continuación.



Figura 8.1. Banco de inyectores y Mando de control inalámbrico. Fuente: Autor

8.1.1 Menú principal



Figura 8.2 Mando de control inalámbrico. Fuente: Autor

La figura 8-2 nos muestra la pantalla de inicio del control del banco de inyectores, donde se encuentra el menú principal con los diferentes tipos de pruebas, como son la prueba estandar, goteo, cono de inyección, marcha variable y prueba de bomba.

8.1.2 Prueba estandar



Figura 8.3 Visualización de la prueba estándar. Fuente: Autor

Cuando se va a realizar una prueba estándar, se debe elegir si se quiere manual (ingresando los parámetros de la prueba, tales como RPM, ciclo de trabajo DUTY y tiempo de la prueba), o automática (se realiza la prueba con valores predeterminados desde la programación). Ver figuras 8-3 y 8-4.



Figura 8.4 En la figura se muestran las opciones de prueba manual o automática. Fuente: Autor

Si se elige la opción manual, se deben ingresar los parámetros mencionados anteriormente, se verifica que estén correctos y se pulsa aceptar para dar inicio a la prueba. Ver figura 8-5



Figura 8.5 Se visualizan las opciones de pausar o declinar la prueba. Fuente: Autor

Toda prueba que esté siendo ejecutada, va a contar con la opción de pausar, reiniciar y/o declinar.



Figura 8.6 selección de la prueba automática

Cuando se elige la prueba automática, inmediatamente aparecerán los valores predeterminados y se pulsa aceptar para iniciar la ejecución de la prueba.

8.1.3 Prueba de Goteo.



Figura 8.7. Elección de la prueba de goteo, la cual puede ser estática o semiestática. Fuente: Autor

Para la prueba de goteo existen dos tipos de pruebas que son la estática y la semiestática. Estas dos pruebas son automáticas, con la diferencia de que en la estática el inyector no tendrá PWM, sino sólo tendrá presión de combustible en la entrada.

Con ambas pruebas se verificará si existe goteo por la salida del combustible mientras el inyector se encuentra normalmente cerrado (sin flujo eléctrico en la bobina).

8.1.4 Prueba de cono de inyección.



Figura 8.8 Prueba de cono de inyección. Fuente: Autor

Esta prueba consiste en mantener abierto el orificio de salida de combustible del inyector, por medio del flujo eléctrico suministrado a la bobina durante cierto tiempo, permitiendo visualizar las condiciones de salida del flujo de combustible entregado por el inyector.

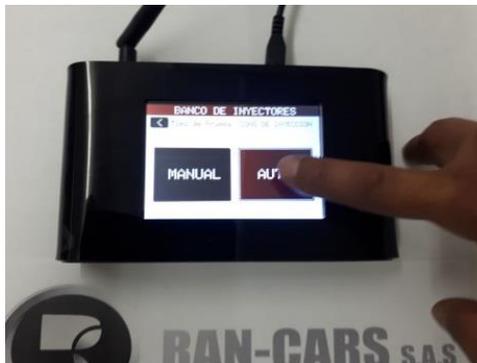


Figura 8.9 Prueba de cono de inyección automática o manual. Fuente: Autor

Al igual que la prueba estándar, la prueba de cono de inyección también puede ser realizada de manera manual (ingresando el tiempo de la prueba), o automática (se realiza la prueba con valores predeterminados desde la programación).

8.1.5 Prueba de cambio de Marcha.



Figura 8.10 Prueba de cambio de marcha. Fuente: Autor

Esta prueba es automática, y consiste en variar las RPM del inyector simulando el funcionamiento que tiene en el auto cuando éste se encuentra en movimiento.

Durante la prueba el inyector entregará combustible de manera pulsátil desde bajas frecuencias y se irá incrementando paulatinamente durante el tiempo de prueba.

8.1.6 Prueba de Bomba.



Figura 8.11 Prueba de bomba. Fuente: Autor

Esta prueba consiste en suministrar energía eléctrica a la bomba, previamente conectada al sistema hidráulico, el cual por medio del sensor de presión permitirá visualizar en pantalla la presión entregada por la bomba al sistema, dicha presión debe oscilar entre 60 a 120 PSI.
Esta prueba se puede realizar de manera manual (ingresando tiempo de prueba) o automática (con valores predeterminados por la programación).

9. VERIFICACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DEL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES

Con el fin de validar la viabilidad del proyecto del banco de pruebas de inyectores a gasolina, y teniendo en cuenta las especificaciones nombradas en el proceso de desarrollo del producto y los requisitos del usuario con más peso relativo, se construye un sistema automatizado para prueba de inyectores a gasolina, capaz de realizar pruebas como: prueba de inyección estándar, prueba de goteo, prueba de cono de inyección, prueba de cambio de marcha y prueba de bomba.

Se construye un mando de control inalámbrico con pantalla táctil, que permite tener control del sistema automatizado con una interfaz amigable con el usuario, por medio del cual el usuario puede tener acceso a las diferentes pruebas de inyectores.

9.1 PRUEBA DE INYECTORES DESDE EL BANCO DE REFERENCIA

Para la verificación de la funcionalidad del banco de inyectores construido, se elige realizar las diferentes pruebas a unos inyectores que previamente habían sido probados en un banco LAUNCH. Con el banco de inyectores LAUNCH de referencia se realiza la comparación de los resultados arrojados por ambos bancos.

9.1.1 Prueba estándar

Se realiza la prueba estándar de manera automática durante 60 segundos. La cual arroja un resultado de la prueba fue 20ml de llenado.

9.1.2 Prueba de goteo

Se realiza prueba de estanqueidad (goteo), ésta se realiza suministrando un flujo de combustible constante al inyector con una presión de 45 PSI, estando éste normalmente cerrado, permitiendo visualizar si existen o no fugas de combustible por la salida del inyector. Esta prueba arroja como resultado 0ml, lo que indica un buen sellamiento de la salida de los inyectores.

9.1.3 Prueba de cono de inyección

Esta prueba se realiza suministrando un flujo constante de combustible al inyector, y a la vez un flujo eléctrico constante al inyector de 12 voltios. Permitiendo visualizar la apertura del cono de inyección, este debe ser una especie de atomizador. Esta prueba arroja como resultado: 35 ml de llenado en 10 segundos.



Figura 9.1. Fuente: Autor

9.2 PRUEBA DE INYECTORES DESDE EL BANCO DE PRUEBAS DE INYECTORES A GASOLINA CONTRUIDO.

9.2.1 Prueba estándar

Se realiza la prueba estándar de manera automática durante 60 segundos. La prueba muestra como resultado para los cuatro inyectores un llenado de 19ml.

9.2.2 Prueba de goteo

Se realiza prueba goteo estática, ésta se lleva a cabo suministrando un flujo de combustible constante al inyector con una presión de 45 PSI, estando éste normalmente cerrado, permitiendo visualizar si existen o no fugas de combustible por la salida del inyector. También se realiza la prueba de goteo semiestática, donde el inyector recibe un PWM por un lapso de tiempo y es suspendido de manera repentina, permitiendo observar si el inyector realiza el corte de fluido de manera correcta. La prueba muestra como resultado que durante 30 segundos no hubo goteo, lo que equivale a 0ml.

9.2.3 Prueba de cono de inyección

Esta prueba se realiza suministrando un flujo constante de combustible al inyector, y a la vez un flujo eléctrico constante al inyector de 12 voltios. Permitiendo visualizar la apertura del cono de inyección, este debe ser una especie de atomizador. En esta prueba el resultado es 33 ml en 10 segundos.

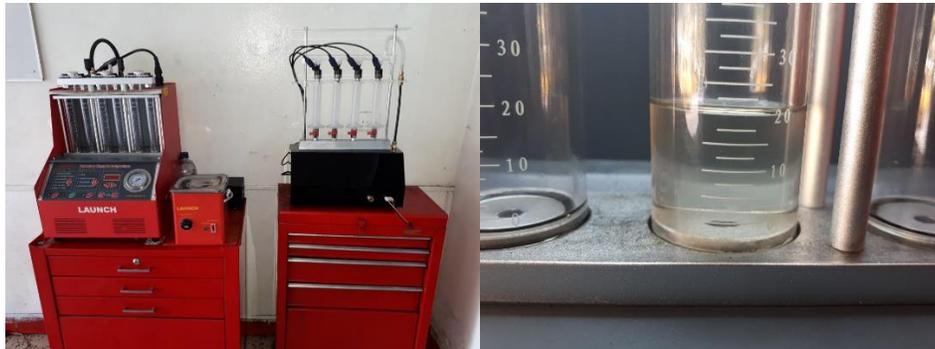


Figura 9.2. Pruebas de inyectores desde banco de referencia y banco construido. Fuente: Autor

9.3 COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE AMBOS BANCOS

Luego de realizadas las diferentes pruebas en el banco de inyectores que se tomó como referencia, y en el construido, se procede a hacer una comparación de los resultados, para así verificar la funcionalidad del equipo construido.

RESULTADOS DESDE EL BANCO DE REFERENCIA				
PRUEBA REALIZADA	Inyector 1	Inyector 2	Inyector 3	Inyector 4
ESTANDAR (1min)	20 ml	20 ml	20 ml	20 ml
GOTEO (30 seg)	0 ml	0 ml	0 ml	0 ml
CONO DE INYECCIÓN (10 seg)	35 ml	35 ml	35 ml	35 ml

Tabla 3. En la tabla se muestran los resultados de las diferentes pruebas realizadas a los inyectores en el banco que se tomó como referencia. Fuente: Autor

RESULTADOS DESDE EL BANCO CONSTRUIDO				
PRUEBA REALIZADA	Inyector 1	Inyector 2	Inyector 3	Inyector 4
ESTANDAR (1min)	19 ml	19 ml	19 ml	19 ml
GOTEO (30 seg)	0 ml	0 ml	0 ml	0 ml
CONO DE INYECCIÓN (10 seg)	33 ml	33 ml	33 ml	33 ml

Tabla 4. En la tabla se muestran los resultados de las diferentes pruebas realizadas a los inyectores en el banco construido. Fuente: Autor

10. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la puesta en marcha de éste proyecto, se siguió una metodología estructurada para el desarrollo de productos, la cual permitió sistematizar y organizar en fases el proceso de diseño y desarrollo del sistema automatizado para prueba de inyectores. En cada una de éstas fases se generaron conceptos y principios de solución para satisfacer un conjunto de requerimientos.

El levantamiento y análisis de los requerimientos de diseño se hizo a través del QFD, para mapear los requerimientos en parámetros de diseño en una matriz de relacionamiento. En ésta parte se tuvo en cuenta la importancia relativa de cada requerimiento, a fin de priorizar sobre los más importantes a la hora de generar principios de solución.

Los requerimientos se nombran a continuación, de acuerdo a su priorización y junto a ellos lo que se hizo al respecto para alcanzar la meta propuesta.

- Que sea económico:
- Que permita realizar distintos tipos de pruebas en los inyectores: Para llevar a cabo el cumplimiento de ésta meta, se agrega a la programación del banco de inyectores las pruebas que normalmente se realizan y dos pruebas más, que son la de cambio de marcha y prueba de bomba. A demás de eso, a la prueba de cono de inyección se le agrega la prueba semiestática. Todas estas pruebas serán facilitadores para que el técnico tenga un diagnóstico más acertado de la condición de los inyectores.
- Que permita tener control de variables como las RPM y el PWM: En los diferentes tipos de prueba que puede realizar el banco de inyectores diseñado y construido, es posible escoger entre prueba manual o automática, por lo cual se tiene la opción de introducir los parámetros tales como RPM y PWM, cuando se trata de prueba manual, permitiendo así al operario tener control de las variables. Si la

prueba es automática, el sistema ya tiene los parámetros establecidos para estas funciones.

- Que permita visualizar la información: Posee una pantalla LCD TFT táctil 3.95 Inch para Arduino full color, que permite al operario ver claramente los diferentes menús, sus ejecuciones y resultados de las pruebas.
- Que sea fácil de operar: Para la facilidad de operación, el banco de inyectores cuenta con una interfaz amigable con el usuario, contando con una pantalla LCD TFT táctil 3.95 Inch para Arduino, a su vez una programación pensada para indicar al usuario paso a paso y de manera consecutiva cada tipo de prueba a realizar. A pesar de que estos equipos están desarrollados para prestar servicio a personal con experiencia en el área automotriz, podría ser operado por aquellas personas principiantes en el área.
- Que sea liviano y portable: Posee un volumen y peso facilita el traslado, haciendo que la máquina sea portátil.
- Que permita el fácil montaje y desmontaje de los inyectores: Para el montaje y desmontaje de los inyectores se diseña un riel de inyectores con corredera sobre las columnas fijas, que permite a éste ser desplazado con gran facilidad para tal función.
- Robustez: Posee una carcasa fabricada con acrílico de 3 mm, la cual tiene la resistencia suficiente para sujetar el soporte de probetas y drenaje de fluidos por medio de cuatro tornillos roscados a éste.
- De fácil mantenimiento: El banco de inyectores se diseñó con múltiples piezas acopladas entre sí por turcas, tornillos y racores, lo que permite un fácil desmonte de las piezas que cubren los diferentes sistemas, realización de mantenimiento y su posterior ensamblaje.
- Que tenga una buena estética: El material con el que se ha fabricado, le da al banco de inyectores una apariencia estética muy agradable a la vista. También posee un mando de control que por su tecnología

llama la atención del usuario y hace que el banco de inyectores sea aún más interesante.

Como se puede observar, dentro del diseño y construcción del sistema automatizado de prueba y diagnóstico de inyectores a gasolina, todos los requerimientos del usuario identificados de mayor a menor peso relativo, fueron logrados con satisfacción.

Para la validación de la funcionalidad del equipo se decide realizar pruebas a inyectores de Chevrolet Corsa 1.400cc, tomando como referencia los datos obtenidos de la prueba realizada primeramente desde un banco de prueba de inyectores comercial marca LAUNCH, obteniéndose como resultado de las dos pruebas valores de caudal entregado por los inyectores, muy similares, con un margen de error de +/- 5%, lo cual indica que los resultados de las pruebas realizadas con el sistema automatizado para prueba de inyectores desarrollado, son confiables.

11. CONCLUSIONES

El uso de la metodología estructurada para el desarrollo de productos (QFD) permitió crear fases de diseño con conceptos y principios de solución, para así satisfacer los requerimientos del usuario y priorizar en ellos durante el desarrollo del producto.

Al seguir paso a paso las fases del proceso de desarrollo del producto, se puede abarcar con facilidad los parámetros de diseño y generar principios de solución desde el punto de vista ingenieril.

En éste trabajo fue desarrollado un sistema automatizado para el diagnóstico de inyectores a gasolina, que permite desarrollar pruebas donde se someten los inyectores a pruebas simulando las condiciones reales del motor, permitiendo así dar un diagnóstico efectivo del estado en el que se encuentran.



Éste sistema de diagnóstico de programación abierta, permite tener control de las variables, para de esta manera crear bases de datos guardadas en memoria, para así tener referencia exacta de los parámetros de cada tipo de inyector.

El sistema de control comunicado por radiofrecuencia permite al usuario tener control sobre la máquina de una manera intuitiva, cómoda y fácil de manipular. Éste control permite que el usuario encuentre opciones más diversas, como cambiar los parámetros de una prueba, pausar o declinar. También al ser comunicado por radiofrecuencia se evita que éste sea averiado por sustancias como el combustible u otras.

Por último, queda por decir, que es posible diseñar y construir un equipo con tecnología, estética, portable, con diversidad de funciones, amigable con el usuario y de bajo costo.

DQS is member of:





12. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Para trabajos futuros se pretende Instalar electroválvulas de drenaje, para que el usuario pueda drenar el fluido de las probetas desde el control inalámbrico, y de ésta manera realizar los diferentes tipos de prueba de una manera rápida, simultánea y con la mínima manipulación del equipo.

Se proyecta generar una base de datos de inyectores, teniendo en cuenta la marca, línea, cilindraje, y modelo del vehículo, permitiendo al usuario tener puntos de referencias a la hora entregar un diagnóstico del estado del inyector, para que éste sea aún más acertado.

Seguir añadiendo componentes electrónicos (sensores), que permitan visualizar en pantalla la resistencia de la bobina del inyector y el consumo de corriente de la bomba e inyectores.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alangasi, E., & Carlos., U. (2014). Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para el Mantenimiento Preventivo y Correctivo De Motores. *ESPE Universidad de las Fuerzas Armadas*, 1-133.
- Alanuca, W., & Sangucholeines, C. (Mayo de 2013). Diseño y Construcción de un Sistema de Simulación, Diagnóstico y Comprobación de Sistemas de Alimentación de Combustible para Inyector Diesel Electrónicos H.E.U.I. Latacunga, Ecuador.
- Alós, V. (26 de Noviembre de 2016). *Acerca de nosotros:High Motor.com*. Obtenido de High Motor: <https://www.highmotor.com/importancia-sensor-temperatura-refrigeracion-motor.html>
- Cabrera, P., & Nato, E. (Diciembre de 2012). Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Inyectores de Gasolina, Programado y Activado Vía Wi-Fi. Latacunga, Ecuador.
- Cajicasa, J., & Pnos, S. (2016). Diseño y Construcción de un Banco Comprobador de ECUS de Sistemas de Inyección de Gasolina Usando una Tarjeta de Adquisición Aduino Mega . Cuenca, Ecuador.
- Centeno, M. (10 de Octubre de 2011). *Sistema de Inyección de Gasolina Monopunto Magneti Marelli G5-S2*. Obtenido de ISSUU: https://issuu.com/joseluisp/docs/presentacion_inyeccion_monopunto_mm_g5
- Coello, B., & Cordero, G. (2011). Diseño y Construcción de un Banco para Diagnóstico de Componentes del Siatema de Inyección de Gasolina. Cuenca, Ecuador.
- Conevyt. (mayo de 2013). *acerca de nosotros: conevyt.org.mx*. Obtenido de www.conevyt.org.mx: http://www.conevyt.org.mx/educambamba/guias_emprendizaje/relevadores.pdf
- EcuRed. (16 de Noviembre de 2016). *Acerca de nosotros: EcuREd.cu*. Obtenido de www.ecured.cu: https://www.ecured.cu/Bobina_del_encendido
- Encuentra24. (27 de Abril de 2018). *acerca de nosotros:encuentra24.com*. Obtenido de [encuentra24.com](http://www.encuentra24.com): <https://www.encuentra24.com/panama-es/autos-accesorios-para-autos-partes-y-piezas-motor-y->

partes/sensor-o-valvula-de-control-de-ralenti-o-minimo-iac-tipo-50/10217155

- Eppinger, K. T. (2011). *Product Desing and Development, 5th ed.* New York: McGraw-Hill Education, 2011.
- Erazo, G., Félix, M., & Núñez, M. (2015). Diagnóstico y Mantenimiento de Inyectores de Sistemas de Inyección Directa de Gasolina GDI . *Infociencia*, 27-43.
- Fujimoto, K. B. (1991). *Product Development Performance: Strategy, Organization, an Management in the World Auto Industry.* Boston: Harvard Bushines Shool Press.
- Gausmeier, J., & Moehringer, S. (2001). VDI 1206 - a New Guidelinefor the Desing. *El sevier*, 785-790.
- Granados, C. (26 de Noviembre de 2013). *Inyecciìn FSI Bosch.* Obtenido de Historia del Sistema de Inyección: <http://inyeccionfsibosch.blogspot.com>
- Guevara, R., & Yáñez, P. (Marzo de 2014). Banco para Pruebas del Sistema de Inyección y Encendido Electrónico del Motor GM Chevrolet TrailBlazer 4.2L. Latacunga, Ecuador.
- H. Rozenfeld, A. F. (2006). Gestãao de Desenvolvimento de Produtos: uma Referencia para Melhoria do Processo. *Sao PauloSaraiva.*
- Hernandez, M. (14 de Marzo de 2013). Modelo Matemático de tipo Valor Medio de un Motor de Combustión Interna y Estimación de Estados Usando Técnicas Bayesianas. Medellín, Colombia.
- Herrera, D., & Cbrera, A. (Octubre de 2016). *Acerca de Nosotros: Repositorio UIDE.* Obtenido de Repositorio UIDE: <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1732/1/T-UIDE-1284.pdf>
- Jaya, E., Tugumbango, L., & V, Z. (2014). Diagnóstico del Sistema de Inyección "Common Rail" de la Camioneta Mitsubishi L200 Tritón. Guía del Proceso de DEtección y Fallas del Mantenimiento. Latacunga, Ecuador.
- Laica, W. (2012). Implementación de un Banco de Pruebas para la Unidad de Control Electrónico de Vehículos con Sistema de Inyección Electrónica para la Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobama, Ecuador.
- Meganeboy, D. (2014). *aficionados a la Mecánica.* Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net>
- Rosero, M. (2014). Implementación de un Banco de Pruebas Automatizado para el Diagnóstico del Motor Optra 1.8 del Laboratorio de Autotrónica. Latacunga, Ecuador.



- Sanchez, D. (Mayo de 2010). *Sistema MPFI*. Obtenido de Sistema de Inyección Multipuerto MPFI: <http://www.sistemampfidaniel.blogspot.com/p/introduccion.html>
- Torres, R. (2011). Diseño y Construcción de un Osciloscopio Didáctico para Diagnóstico Automotriz. *Repositorio Institucional*, 1-69.
- Villavicencio, P. (26 de Noviembre de 2012). Diseño y Construcción de un Banco de pruebas y Limpieza de Inyectores a Gasolina. Riobamba, Ecuador.
- Villavicencio, P. (2012). Diseño y Construcción de un Banco Electrónico de Prueba y Limpieza de Inyectores a Gasolina. *Facultad de Mecánica Escuela el Chimborazo*, 1-86.

DQS is member of:

