
**ESTUDIO DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN
DE UN PROTOTIPO DE BANCO DE
PRUEBAS PARA BOMBAS DE
INYECCIÓN ELECTRÓNICA EUI Y PLD**

ESTUDIO DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE BANCO DE PRUEBAS PARA BOMBAS DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA EUI Y PLD

Realizado por:

LUIS EFRÉN CARRIÓN RAMÓN.
Egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica
En la Facultad de Ingenierías
Universidad Politécnica Salesiana Sede - Cuenca

Dirigido por:

ING. ESTEBAN FERNANDO ORDOÑEZ MORALES.
Ingeniero Electrónico
Docente de la Universidad Politécnica Salesiana Sede - Cuenca
Facultad de Ingenierías
Carrera de Ingeniería Electrónica.



Datos de catalogación bibliográfica

CARRIÓN RAMÓN LUIS EFRÉN.

Estudio, diseño e implementación de un prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección electrónica EUI y PLD.

Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca – Ecuador, 2012
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
Formato 297 x 210 mm

Páginas: 170

Reseña del autor e información de contacto



Luis Efrén Carrión Ramón.

Nacido en Loja, Ecuador en septiembre 10 de 1985. Estudios primario y secundario en la Unidad Educativa José Antonio Eguiguren “LA SALLE” Loja – Ecuador.

Egresado en la carrera de INGENIERÍA ELECTRÓNICA, en la Facultad de Ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca – Ecuador, 2012.

Mail: luisito552@hotmail.com

Skype: luis_carrion1

Móvil: (593) 84380067

Reseña del director e información de contacto



Ing. Esteban Fernando Ordoñez Morales.

Ingeniero Electrónico, nacido en Cuenca, Ecuador en Agosto 30 de 1978. Cursó la primera enseñanza en la Escuela Julio María Matovelle. Estudios Intermedios los realizó en el Colegio Técnico Superior Salesiano. Estudios superiores en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Master en Desarrollo de Inteligencia por la Universidad Técnica Particular de Loja. Docente de la Universidad Politécnica Salesiana

Mail: eordonez@ups.edu.ec

Móvil: (593) 93040286

Derechos reservados:

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización del titular de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, previo a la debida notificación del autor.

DERECHOS RESERVADOS

©2012 Universidad Politécnica Salesiana.
CUENCA – ECUADOR – SUDAMERICA
CARRIÓN RAMÓN LUIS EFRÉN.

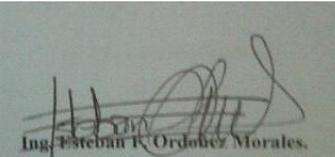
Estudio, diseño e implementación de un prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección electrónica EUI y PLD.

IMPRESO EN ECUADOR – PRINTED IN ECUADOR

CERTIFICACIÓN

En calidad de DIRECTOR DE LA TESIS *“Estudio, diseño e implementación de un prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección electrónica EUI y PLD.”*, elaborada por Luis E. Carrión Ramón, declaro y certifico la aprobación del presente trabajo de tesis basándose en la supervisión y revisión de su contenido.

Cuenca, Junio del 2012



Ing. Esteban F. Ordoñez Morales,
DIRECTOR DE TESIS

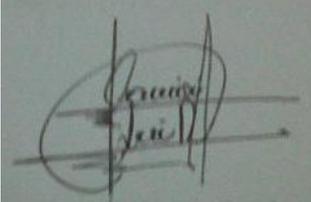
Ing. Esteban F. Ordoñez Morales.

DIRECTOR DE TESIS

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El autor es el único responsable por los contenidos, conceptos, ideas, análisis, resultados investigativos y manifestados en la presente tesis *“Estudio, diseño e implementación de un prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección electrónica EUI y PLD.”*,

Cuenca, Junio del 2012



Luis E. Carrión Ramón.
AUTOR

Luis E. Carrión Ramón.
AUTOR

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que forman parte del Laboratorio de Inyección Electrónica “Reina del Cisne”, en especial a su mentalizador el Sr. Gustavo Pérez, su esposa la Sra. Beatriz Contento N, sus hijos el Sr. Oscar Pérez C, y mi amigo de siempre Jorge Gustavo Pérez C, por brindarme su ayuda diaria y la oportunidad de desarrollar este proyecto en su empresa. Al Ing. Esteban Ordoñez, por su apoyo en el desarrollo del mismo; a mi hermana la Sra. Yusabeth Carrión R, por sus consejos y motivaciones diarias.

Sobre todo a DIOS.

DEDICATORIA

A las cuatro personas que alegran y motivan mi vida. Mi novia y compañera de siempre Pamela del Cisne Vega V, mis sobrinos Jorge Luis y Rafaella Saraí, sobre todo a mi gran amiga y madre la Sra. Martha Lilia Ramón Maldonado, por el apoyo que me ha dado durante toda mi vida.

Por ti y para ti, misión cumplida Mamita.

INDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| Índice De Figuras..... | XV |
| Índice De Tablas..... | XVIII |
| 1 ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA PLD Y EUI..... | 1 |
| 1.1 Introducción a sistemas de inyección electrónica..... | 1 |
| 1.1.1 Aporte electrónico al desarrollo de sistemas de inyección..... | 2 |
| 1.1.2 Aporte mecánico al desarrollo de sistemas de inyección..... | 4 |
| 1.1.3 Regulación electrónica de las bombas de inyección..... | 5 |
| 1.1.4 Funcionamiento del inyector bomba..... | 7 |
| 1.2 Estructura y funcionamiento de la bomba PLD..... | 9 |
| 1.2.1 Etapas de inyección en los sistemas PLD..... | 13 |
| 1.2.1.1 Etapa de acción de leva en el sistema PLD..... | 13 |
| 1.2.1.2 Etapa de aspiración en el sistema PLD..... | 15 |
| 1.2.1.3 Etapa de alimentación en el sistema PLD..... | 16 |
| 1.2.1.4 Etapa de inyección en el sistema PLD..... | 17 |
| 1.2.1.5 Etapa de retorno en el sistema PLD..... | 18 |
| 1.3 Estructura y funcionamiento de la bomba EUI. | 19 |
| 1.3.1 Etapas de inyección en los sistemas EUI..... | 23 |
| 1.3.1.1 Etapa de acción de leva en el sistema EUI..... | 23 |
| 1.3.1.2 Etapa de aspiración en el sistema EUI..... | 24 |
| 1.3.1.3 Etapa de alimentación en el sistema EUI..... | 25 |
| 1.3.1.4 Etapa de inyección en el sistema EUI..... | 26 |
| 1.3.1.5 Etapa de retorno en el sistema EUI..... | 27 |
| 1.4 Evaluación y comparación de los dos tipos de sistema..... | 28 |
| 1.4.1 Evaluación..... | 28 |
| 1.4.2 Comparación..... | 29 |

| | |
|---|------------|
| 2 EQUIPOS E INSTRUMENTACION NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA | |
| 2.1 Introducción | 31 |
| 2.2 Equipos electrónicos necesarios | 32 |
| 2.2.1 Software y dispositivos..... | 32 |
| 2.2.1.1 Introducción a software LabView V 10.0..... | 33 |
| 2.2.1.2 Introducción a software MikroBasic V 4.15..... | 44 |
| 2.2.1.3 Introducción a Microcontroladores..... | 49 |
| 2.2.1.4 Introducción software <u>TouchWin for TH</u> | 52 |
| 2.2.1.5 Pantalla Táctil TH-465..... | 63 |
| 2.2.1.6 Sensor inductivo..... | 68 |
| 2.2.1.7 Fuente de alimentación del sistema..... | 71 |
| 2.2.2 Diseño y construcción del circuito de control y potencia..... | 74 |
| 2.2.2.1 Descripción del sector de control en la tarjeta electrónica..... | 76 |
| 2.2.2.2 Descripción del sector de potencia en la tarjeta electrónica..... | 78 |
| 2.2.2.3 Diseño esquemático de la placa electrónica del sistema..... | 79 |
| 2.2.2.4 Diseño PCB de la placa electrónica del sistema..... | 81 |
| 2.2.3 Programación de circuito de control..... | 84 |
| 2.2.3.1 Programación del circuito de control en sistema portable..... | 84 |
| 2.2.3.2 Programación del circuito de control en sistema estable..... | 85 |
| 2.2.4 Diseño y programación de interfaz software-usuario para el manejo del sistema portable mediante pantalla táctil TH-465..... | 85 |
| 2.2.4.1 Pantalla de introducción en sistema portable..... | 86 |
| 2.2.4.2 Presentación de pantallas para el sistema portable EUI..... | 86 |
| 2.2.4.3 Presentación de pantallas para el sistema portable PLD..... | 92 |
| 2.2.5 Diseño y programación de interfaz software-usuario para el manejo del sistema estable mediante software LabView 2010..... | 95 |
| 2.2.5.1 Pantalla de introducción en sistema estable..... | 97 |
| 2.2.5.2 Presentación de pantallas para el sistema estable EUI..... | 98 |
| 2.2.5.3 Presentación de pantallas para el sistema estable PLD..... | 101 |
| 2.3 Equipos mecánicos necesarios | 104 |
| 2.3.1 Banco de movimiento 12PSB..... | 104 |
| 2.3.2 CanBox..... | 106 |

| | |
|--|------------|
| 3 COMPROBACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DISEÑADO..... | 107 |
| 3.1 Introducción..... | 107 |
| 3.2 Manual de usuario del sistema..... | 108 |
| 3.2.1 Montaje de la bomba en el Cambox. | 112 |
| 3.2.2 Montaje del Cambox en el banco de movimiento. | 114 |
| 3.2.3 Conexión de la electroválvula PLD o EUI al equipo. | 115 |
| 3.2.4 Encendido del equipo y selección del sistema a evaluar. | 116 |
| 3.2.5 Suministro, retorno y conducto de inyección de combustible a la bomba PLD o EUI..... | 117 |
| 3.2.6 Conexión del sensor inductivo del Cambox al equipo. | 119 |
| 3.2.7 Encendido del banco de movimiento. | 120 |
| 3.2.8 Selección de disparo en el equipo. | 120 |
| 3.2.8.1 Disparo con prototipo portable..... | 120 |
| 3.2.8.2 Disparo con prototipo estable..... | 121 |
| 3.2.9 Apagado del banco de movimiento. | 118 |
| 3.2.10 Apagado del equipo | 124 |
| | |
| 4 ANALISIS ECÓNOMICO PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA..... | 125 |
| 4.1 Introducción..... | 125 |
| 4.2 Plan de inversiones..... | 126 |
| 4.2.1 Plan de inversiones fijas..... | 126 |
| 4.2.2 Plan de Costos..... | 133 |
| 4.3 Análisis de factibilidad | 138 |
| 4.3.1 El valor actual neto (V.A.N) | 138 |
| 4.3.2 Tasa interna de retorno (TIR)..... | 140 |
| 4.3.3 Periodo de recuperación del capital (PRC)..... | 141 |
| | |
| RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 143 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA..... | 149 |
| | |
| ANEXOS..... | 150 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| 1 ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA PLD Y EUI..... | 1 |
| 1.1 Aporte electrónico al motor..... | 4 |
| 1.2 Aporte mecánico al motor..... | 5 |
| 1.3 Diagrama de ciclo de trabajo..... | 6 |
| 1.4a Diagrama de modelo general de inyector bomba (EUI)..... | 8 |
| 1.4b Diagrama de elementos del inyector bomba (PLD)..... | 21 |
| 1.5a Diagrama de modelo general de inyector bomba (PLD)..... | 9 |
| 1.5b Diagrama de elementos del inyector bomba (PLD)..... | 12 |
| 1.6 Diagrama de leva sin accionar..... | 13 |
| 1.7 Diagrama de leva accionada..... | 14 |
| 1.8 Diagrama de succión sistema PLD..... | 15 |
| 1.9 Diagrama de alimentación sistema PLD..... | 16 |
| 1.10 Diagrama de inyección sistema PLD..... | 17 |
| 1.11 Diagrama de retorno sistema PLD..... | 18 |
| 1.12 Diagrama de aspiración sistema EUI..... | 23 |
| 1.13 Diagrama de alimentación en un sistema EUI..... | 25 |
| 1.14 Diagrama de inyección en un sistema EUI..... | 26 |
| 1.15 Diagrama de retorno..... | 27 |
| | |
| 2 EQUIPOS E INSTRUMENTACION NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA..... | 31 |
| 2.1 Diagrama de Software LabViewV10.0..... | 33 |
| 2.2 Diagrama de Panel Frontal..... | 35 |
| 2.3 Diagrama de Barra de Herramientas del Panel Frontal..... | 36 |
| 2.4 Diagrama Paleta de Controles..... | 38 |
| 2.5 Diagrama de Bloques..... | 39 |
| 2.6 Barra de Herramientas del Diagrama de Bloques..... | 39 |
| 2.7 Diagrama Paleta de Funciones..... | 43 |
| 2.8 Diagrama Paleta de Herramientas..... | 44 |
| 2.9 Diagrama de software MikroBasic V 4.15..... | 45 |
| 2.10 Diagrama de librerías software MikroBasic V 4.15..... | 48 |
| 2.11 Diagrama de Pic 18F4550..... | 50 |
| 2.12 Diagrama de disposición de Pic 18F4550..... | 50 |
| 2.13 Diagrama Software TouchWin for TH..... | 52 |
| 2.14 Diagrama pantalla táctil TH-465..... | 53 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 2.15 | Diagrama de la barra de herramientas del software TouchWin..... | 54 |
| 2.16 | Diagrama de trama de solicitud de lectura..... | 62 |
| 2.17 | Diagrama de trama de respuesta de lectura..... | 62 |
| 2.18 | Diagrama de trama de solicitud de escritura..... | 63 |
| 2.19 | Diagrama de trama de respuesta a solicitud de escritura..... | 63 |
| 2.20 | Diagrama frontal de la pantalla TH-465..... | 64 |
| 2.21 | Diagrama posterior de la pantalla TH-465..... | 65 |
| 2.22a | Diagrama dimensiones de la pantalla TH-465..... | 65 |
| 2.22b | Diagrama de dimensiones de la pantalla TH-465..... | 66 |
| 2.22c | Diagrama dimensiones de la pantalla TH-465..... | 66 |
| 2.23 | Diagrama del sensor inductivo con salida digital..... | 69 |
| 2.24 | Diagrama de estructura del sensor inductivo con salida digital..... | 70 |
| 2.25a | Diagrama de fuente de alimentación del sistema..... | 71 |
| 2.25b | Diagrama de medidas de la fuente de alimentación del sistema..... | 73 |
| 2.26 | Diagrama de la tarjeta electrónica del sistema..... | 74 |
| 2.27 | Diagrama de la tarjeta electrónica sección control del sistema..... | 77 |
| 2.28 | Diagrama de la tarjeta electrónica sección potencia del sistema..... | 79 |
| 2.29 | Diagrama del esquemático de la tarjeta electrónica del sistema..... | 80 |
| 2.30 | Diagrama del PCB de la tarjeta electrónica del sistema..... | 81 |
| 2.31a | Diagrama de pantalla de introducción en sistema portable..... | 86 |
| 2.31b | Diagrama de control de electroválvula EUI en sistema portable..... | 87 |
| 2.32 | Diagrama de disparo al sistema EUI en sistema portable..... | 88 |
| 2.33 | Diagrama de ingreso de datos en sistema portable EUI..... | 90 |
| 2.34 | Diagrama de análisis de datos en sistema portable EUI..... | 91 |
| 2.35 | Diagrama de control de electroválvula PLD en sistema portable..... | 92 |
| 2.36 | Diagrama de disparo al sistema portable PLD..... | 93 |
| 2.37 | Diagrama de ingreso de datos PLD en sistema portable..... | 94 |
| 2.38 | Diagrama de ingreso de datos PLD en sistema portable..... | 94 |
| 2.39 | Diagrama de pantalla introducción PLD en sistema estable..... | 97 |
| 2.40 | Diagrama de control de electroválvula EUI en sistema estable..... | 99 |
| 2.41 | Diagrama de disparo e ingreso de datos EUI en sistema estable..... | 100 |
| 2.42 | Diagrama de análisis de datos en sistema estable EUI..... | 101 |
| 2.43 | Diagrama de control de electroválvula PLD en sistema estable..... | 102 |
| 2.44 | Diagrama de disparo e ingreso de datos PLD en sistema estable..... | 102 |
| 2.45 | Diagrama de análisis de datos en sistema estable PLD..... | 103 |
| 2.46 | Diagrama de banco de movimiento serie 12 PSB..... | 105 |
| 2.47 | Diagrama del CanBox en el sistema..... | 106 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3 | COMPROBACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DISEÑAD..... | 107 |
| 3.1 | Diagrama de prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección PLD y EUI..... | 109 |
| 3.2a | Diagrama de descripción del prototipo de banco de pruebas..... | 110 |
| 3.2b | Diagrama de medidas de carcasa del prototipo de banco de pruebas..... | 111 |
| 3.3 | Diagrama de orificio de accionamiento en el Cambox del sistema..... | 112 |
| 3.4 | Diagrama de ubicación de bomba en el Cambox..... | 112 |
| 3.5 | Diagrama de ajuste de tornillos de fijación en el Cambox del sistema..... | 113 |
| 3.6a | Diagrama de acoples de altura al Cambox del sistema..... | 114 |
| 3.6b | Diagrama de acoples de leva al Cambox del sistema..... | 114 |
| 3.7 | Diagrama de cables de conexión de la bomba al sistema..... | 115 |
| 3.8 | Diagrama de cable y conexión de electroválvula al simulador..... | 116 |
| 3.9 | Diagrama de parte posterior del equipo..... | 117 |
| 3.10 | Diagrama de conductos de suministro de combustible..... | 118 |
| 3.11 | Diagrama de conexión de conductos de suministro, retorno e inyección de combustible..... | 118 |
| 3.12 | Diagrama de cable de conexión del sensor..... | 119 |
| 3.12a | Diagrama de pantalla de disparo sistema portable..... | 121 |
| 3.12b | Diagrama de pantalla de disparo sistema estable..... | 122 |
| 3.13 | Diagrama de mueble del equipo..... | 124 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|------------|
| 1 ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA PLD Y EUI..... | 1 |
| 1.1 Descripción de componentes del inyector bomba PLD..... | 11 |
| 1.2 Descripción de componentes del inyector bomba EUI..... | 22 |
| | |
| 2 EQUIPOS E INSTRUMENTACION NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA..... | 31 |
| 2.1 Descripción de barra de herramientas en el panel frontal..... | 36 |
| 2.2 Descripción de barra de herramientas del diagrama de bloques..... | 40 |
| 2.3 Descripción de la organización de programa en MikroBasic..... | 47 |
| 2.4 Descripción del Pic 18F4550..... | 50 |
| 2.5 Descripción de interfaces de comunicación del software TouchWin..... | 54 |
| 2.6 Descripción de herramientas software TouchWin..... | 55 |
| 2.7 Descripción de trama de solicitud..... | 59 |
| 2.8 Descripción de trama de respuesta..... | 61 |
| 2.9 Descripción de la casilla de estado en la trama de respuesta..... | 62 |
| 2.10 Descripción técnica de pantalla TH-465..... | 67 |
| 2.11 Descripción técnica del sensor inductivo con salida digital..... | 69 |
| 2.12 Descripción de características del sensor inductivo con salida digital..... | 72 |
| 2.13 Descripción de tabla de valores a evaluar en el sistema EUI..... | 89 |
| | |
| 3 COMPROBACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DISEÑADO..... | 107 |
| 3.1 Descripción de hoja externa de registros valores para prototipo estable..... | 123 |
| | |
| 4 ANALISIS ECÓNOMICO PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA..... | 125 |
| 4.1 Descripción de costos en herramientas mecánicas para el desarrollo del proyecto.... | 128 |
| 4.2 Descripción de costos en material electrónico para el desarrollo del proyecto..... | 129 |
| 4.3 Descripción de costos en información del proyecto..... | 130 |
| 4.4 Descripción de costos en investigación del proyecto..... | 131 |
| 4.5 Descripción de costos en montaje del proyecto..... | 132 |
| 4.6 Descripción de la hoja de costos del PRIMER sistema prototipo..... | 134 |

| | | |
|------|---|------------|
| 4.7 | Descripción de la tasa predeterminada primer sistema..... | 135 |
| 4.8 | Descripción de cálculo de mano de obra primer sistema..... | 135 |
| 4.9 | Descripción de la hoja de costos del sistema a futuro..... | 136 |
| 4.10 | Descripción de la tasa predeterminada del sistema a futuro..... | 137 |
| 4.11 | Descripción de cálculo de mano del sistema a futuro..... | 137 |
| 4.12 | Descripción de ventas anuales pretendidas..... | 138 |
| 4.13 | Descripción de cálculo del VAN..... | 139 |
| 4.14 | Descripción de cálculo de la TIR..... | 140 |
| 4.15 | Descripción de cálculo de la PRC..... | 141 |

CAPÍTULO 1

ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE INYECCIÓN ELECTRÓNICA PLD Y EUI

1.1 Introducción a sistemas de inyección electrónica.

Las exigencias impuestas en los sistemas de inyección de motores diesel son cada día mayores en todo lo que está relacionado a:

- Economía en el consumo de combustible.
- Bajos niveles de contaminación atmosférica.
- Regularidad en el funcionamiento.
- Eficiencia en el desarrollo de trabajo.
- Bajos niveles de sonidos emitidos por el motor.
- Economía en el mantenimiento del motor.

Estas exigencias en la actualidad no pueden ser totalmente satisfechas por los sistemas diesel en bombas de inyección convencionales estrictamente mecánicas, debido a sus restricciones en velocidad, precisión y dosificación variable para la inyección de combustible.

Es por eso que se ha investigado y desarrollado los sistemas de inyección con gestión electrónica la cual permite un manejo mucho más eficiente, rápido y preciso en la regulación de cantidad de inyección de combustible necesario en un determinado momento de trabajo en el que se encuentre el motor, para obtener un mejor rendimiento de éste así como también para poder cumplir con las normas y leyes que controlan la contaminación ambiental actual.

1.1.1 Aporte electrónico al desarrollo de sistemas de inyección

El aporte electrónico que se ha dado en los últimos años en el desarrollo de sistemas de inyección diesel permite optimizar el trabajo de los motores en:

- Regulación exacta de cantidad de combustibles en los puntos máximos y mínimos de trabajo en el motor.
- Precisión en el inicio de la inyección.
- Corrección automática en el inicio de la inyección.
- Precisión en la dosificación de los caudales de inyección.
- Variación de inyección según los parámetros del motor.
- Control permanente, eficaz y rápido de la presión de sobrealimentación en el motor.
- Control adecuado en la emisión de contaminación.
- Control individual del inyector bomba.

Los sistemas de inyección electrónica diesel pueden dividirse en tres bloques fundamentales los cuales se presentan en la figura 1.1, donde tenemos presente, sensores, la unidad de control y los actuadores.

Sensores:

Los sensores son los encargados de registrar y monitorear las condiciones operativas en el ambiente y en el sistema del motor en general, transformando así los diferentes fenómenos físicos como mecánicos en señales eléctricas manipulables y manejables que luego son enviadas a la unidad de control, estas señales podrían ser:

- El que determina el inicio de inyección.

- La presión atmosférica.
- La temperatura del motor.
- La temperatura de combustible.
- La temperatura ambiente.
- Flujo de aire.
- La presión de inyección.
- El avance de la inyección.

La unidad de control:

Todas las señales medidas por los sensores son monitoreadas por la unidad de control, es aquí donde se procesa la información obtenida para poder calcular las magnitudes de las señales de salida.

Estas magnitudes obtenidas son enviadas directamente a los actuadores que se encuentran presentes en el motor, los cuales cumplirán con las funciones finales para el funcionamiento de sistema, esta unidad de control debe ser siempre protegida de influencias externas como perturbaciones de ruido, humedad, temperatura o de picos eléctricos para evitar daños o mal funcionamiento.

Los actuadores:

Las señales eléctricas de la salida que se presentan en la unidad de control son tomadas por los distintos actuadores para poder realizar sus trabajos mecánicos, entre otros actuadores tenemos:

- La válvula de reciclado de gases de escape.
- La válvula limitadora de la presión del turbo.
- La válvula que controla la cantidad de inyección y el caudal de inyección en la bomba unitaria.



Figura 1.1. Aporte electrónico al motor.

1.1.2 Aporte mecánico al desarrollo de sistemas de inyección

El aporte mecánico que se ha dado en los últimos años se orienta específicamente al desarrollo de sistemas de inyección diesel, los que permite optimizar el trabajo de los motores en:

- Aumento de presión en la inyección individual el cual produce un reducido tiempo de inyección.
- Incremento en la cantidad de orificios presentes en el inyector con diámetros reducidos con el fin de ayudar a pulverizar uniformemente el combustible.
- Factibilidad para mantenimiento o reparaciones debido a sus bajos costos por reparación o cambio.
- Inyector colocado verticalmente de tal forma, que el chorro de combustible inyectado es uniforme en toda la región de la cámara de combustión así lo podemos observar en la figura 1.2.
- Mayor durabilidad de sus elementos.

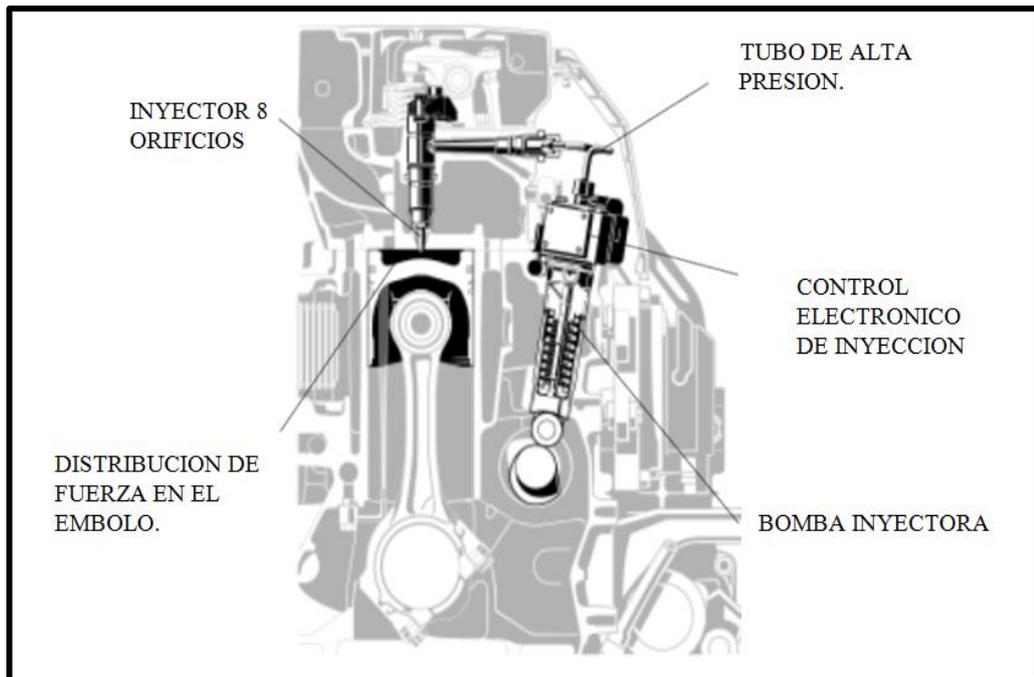


Figura 1.2. Aporte mecánico al motor³.

1.1.3 Regulación electrónica de las bombas de inyección

Las funciones de inyección presentes en los vehículos como son el caudal y avance en la actualidad son controlados en su mayoría por sistemas electrónicos como es el caso de los sistemas de inyección electrónico en bombas unitarias PLD (*Pumpe Leitung Düse Elemente*) Y EUI (*Electronic Unit Injector*), estos son los que permiten la optimización de una cantidad de combustible adecuada, exacta y precisa a inyectar adaptándola correctamente a la marcha del motor.

El caudal a inyectarse desde la bomba unitaria influye notablemente sobre el arranque del motor, la potencia; el comportamiento de la marcha, así como en la emisión de humos, esto es determinado por la unidad de control; de acuerdo con los valores reales que se estén dando lectura es ese preciso instante por medio de los sensores.

³ BOSCH, IsiTronic, *Diagnóstico e Información de Sistemas de Inyección Diesel*, 2011, despiece bomba PLD.

De la misma manera sucede con el punto de inicio de la inyección, el cual se determina por señales ubicadas en la propia bomba inyectora según la posición en la que se encuentre ese determinado momento.

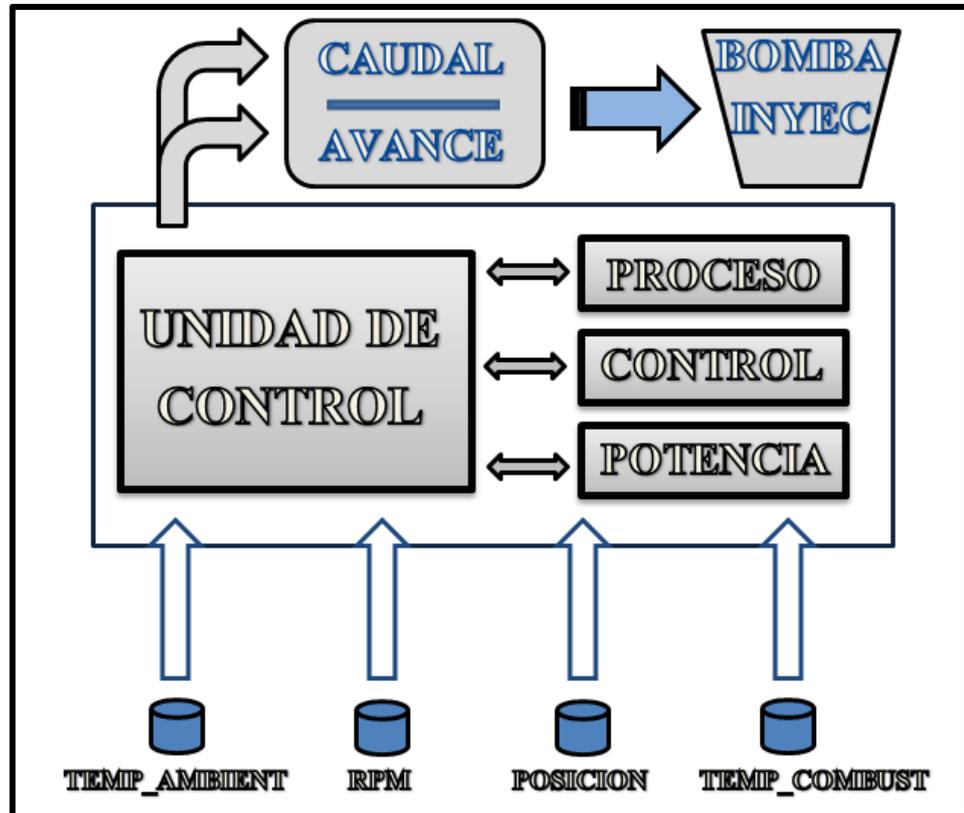


Figura 1.3. Diagrama de ciclo de trabajo.

En la figura 1.3 se muestra un diagrama de bloques donde se plantea de manera general el ciclo de trabajo que se realiza sobre el sistema de inyección con un control automatizado.

Se observa fácilmente que la unidad de control recibe la información de los distintos sensores presentes en el sistema del motor, con esta información presente se procesa y calcula los parámetros pertinentes para una inyección adecuada, luego estos parámetros son convertidos en pulsos eléctricos y enviados como señales de control a los sistemas que intervienen en el proceso de regulación de avance y de caudal ubicados en la bomba unitaria de inyección.

Así mismo y según el trabajo en el que se encuentre el motor con carga o sin carga, a distintas temperaturas se va regulando la cantidad correcta de caudal y

avance en la bomba unitaria para llegar a obtener un rendimiento ideal cuando se esté realizando el proceso de inyección.

1.1.4 Funcionamiento del inyector bomba

En la actualidad y en nuestro medio automotriz existen diferentes tipos de inyectores bomba que forman parte de los diversos y modernos sistemas vehiculares actuales, en la figura 1.4a y figura 1.5a se presenta un modelo general de estos tipos de bomba inyector.

Para el presente trabajo investigativo con fines de implementación analizaremos profundamente los sistemas de inyector bomba unitario PLD (*Pumpe Leitung Düse Elemente*) Y EUI (*Electronic Unit Injector*), estos dos tipos de sistemas así como la mayoría de ellos se encuentran divididos en tres partes funcionales muy importantes y fundamentales las cuales son:|

- El cuerpo de bombeo.
- La electroválvula de mando.
- La tobera.

Es de esa manera como se encuentran construido la mayoría de estos tipos de bombas de inyección unitaria las cuales se encuentran en una gran cantidad de vehículos alrededor del mundo realizando distintos trabajos para los que sean necesitados.

Debido a la funcionalidad de estas piezas en el desarrollo del trabajo de inyección, se convierten en las de mayor prioridad de atención en el proceso de mantenimiento; así como también en el proceso de control para futuros cambios o reparaciones que seguro con el pasar del tiempo debido al trabajo permanente que realizan, estos sufriran daños o fisuras.

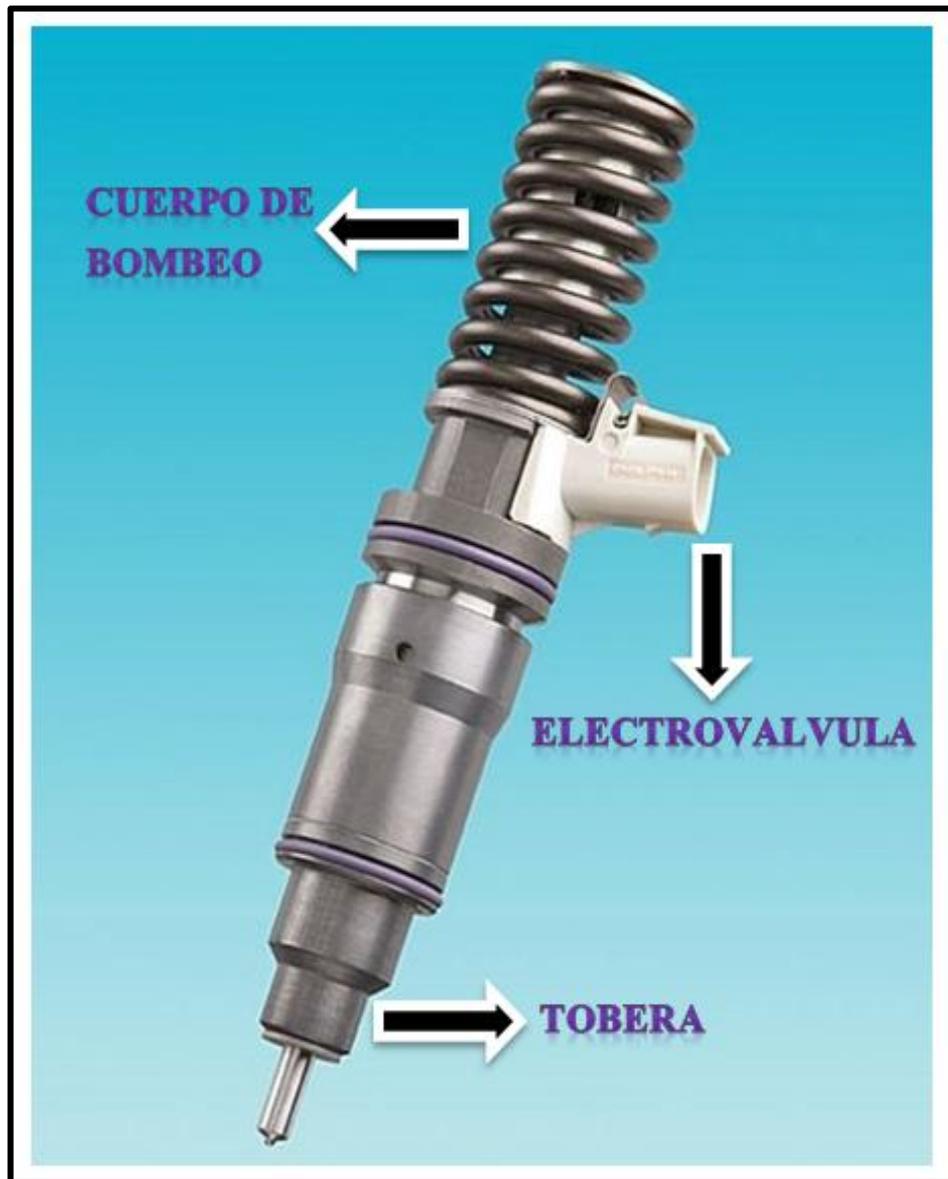


Figura 1.4a. Diagrama de modelo general de inyector bomba⁴ (EUI).

El mantenimiento del vehículo juega un papel de vital importancia para la conservación de estos elementos, donde se recomienda chequeos permanentes, cambios de filtros frecuentes (cada 3000 km aproximadamente), una buena fuente que suministre combustible y sobre todo un buen manejo por arte del operario en sus distintos estados de trabajo.

⁴ BOSH, IsiTronic, *Diagnóstico e Información de Sistemas de Inyección Diesel*, 2011, despiece bomba PLD.

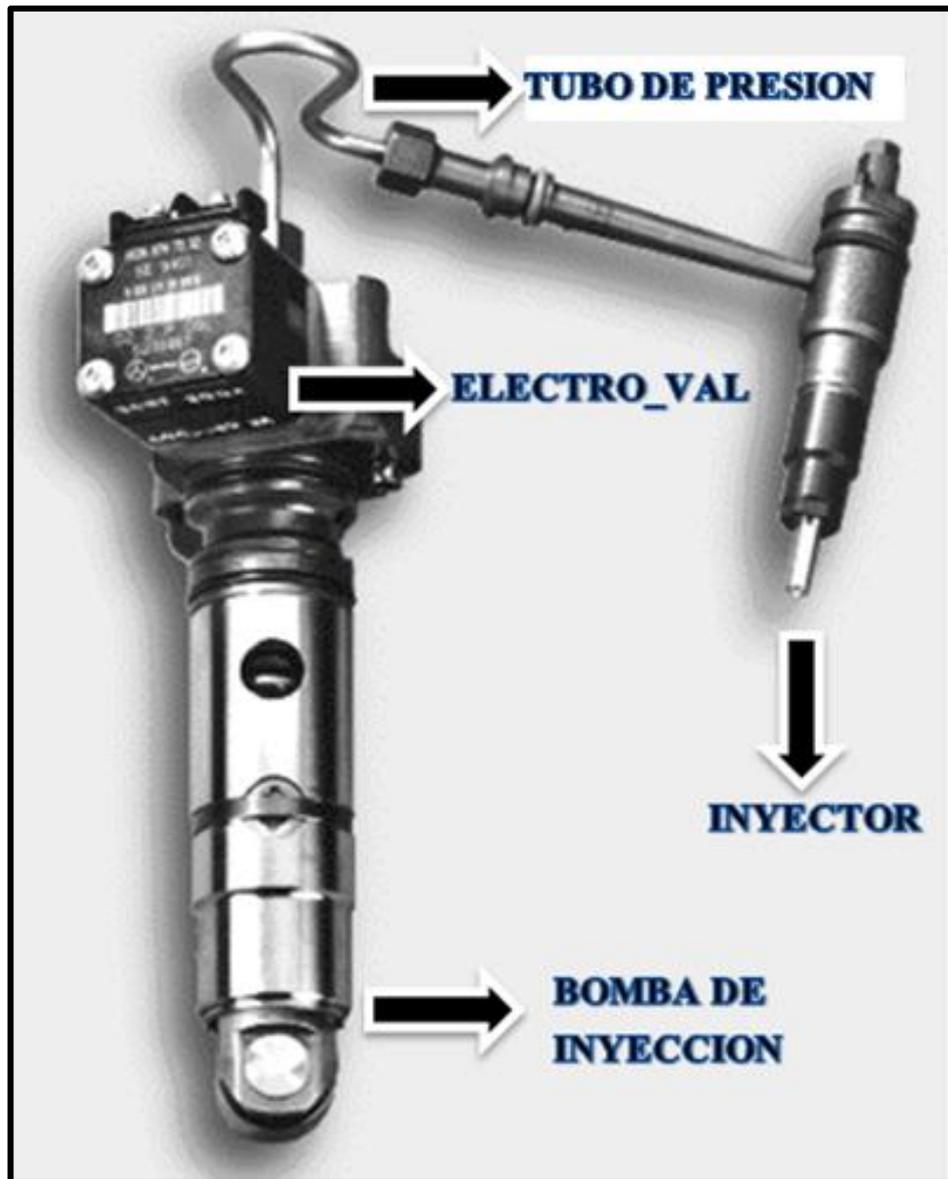


Figura 1.5a. Diagrama de modelo general de inyector bomba⁵ (PLD).

1.2 Estructura y funcionamiento de la bomba PLD.

Un sistema de inyector bomba PLD (*Pumpe Leitung Düse Elemente*) Bomba Conducto Inyectora o también conocida como bomba unitaria está compuesta por varias piezas o elementos, entre estos elementos destacan la electroválvula, el cuerpo de bombeo o bomba de inyección, el tubo de alta presión y el inyector mecánico como se indica en la figura 1.5a, funcionalmente depende de varios elementos los cuales le permiten el ajuste adecuado para poder realizar el proceso de inyección preciso.

⁵ BOSCH, IsiTronic, *Diagnóstico e Información de Sistemas de Inyección Diesel*, 2011, despiece bomba PLD.

En la figura 1.5b se presentan todos los elementos que forman el sistema Bomba Conducto Inyector PLD, la descripción de cada uno de estos elementos se presentan en la tabla 1.1 ⁶, en esta tabla podemos definir:

- ITEM: Numero de componente en la figura 1.5a.
- INFO: Encontramos dos posibilidades las cuales describen
 - ❖ A Pieza de desgaste
 - ❖ B Repuesto
- CANTI: Numero de elementos presentes en el inyector bomba.
- NOMBRE: Nombre de dicho componente.

El embolo presente en el inyector bomba como lo indica la figura 1.6, es el encargado de generar presión interna para poder realizar la inyección pertinente; esto se lo hace mediante el accionado frecuente que se logra con la ayuda de una leva presente en el, que según el tamaño, la forma y la frecuencia con la que esta leva esta trabajando se tiene distintos tipos de accionamiento de este embolo.

Para realizar el paso de combustible a la camara de alta presión se lo hace mediante el accionamiento de la electroválvula, luego y cuando el combustible ya este presente en la camara de alta presión; el embolo va comprimiendo el combustible hasta llegar a la apertura mecanica de la tobera por causa de la presión interna ya generada (despues de que circule el combustible por el tubo de alta presion), la cual libera y exparce uniformemente el combustible almacenado hasta los cilindros del motor.

⁶ BOSH, IsiTronic, *Diagnóstico e Información de Sistemas de Inyección Diesel*, 2011, despiece bomba PLD.

| ITEM | INFO | CANTI | NOMBRE |
|-------------|-------------|--------------|---------------------------------|
| 4 | A | 1 | ANILLO TOROIDAL |
| 6 | A | 2 | ANILLO DE JUNTA |
| 7 | | 1 | IMAN |
| 11 | A | 1 | TORNILLO TORX1 AVELLANADO |
| 12 | B | 1 | APOYO DE RESORTES |
| 13 | B | 1 | 1 RESORTE DE VALVULA |
| 14 | B | 1 | PLATILLO DE MUELLE |
| 15 | B | 1 | PLATILLO DE MUELLE |
| 15 | B | 1 | PLATILLO DE MUELLE |
| 16 | B | 1 | 1 IMPULSOR DE RODILLO |
| 17 | A | 1 | ANILLO TOROIDAL |
| 18 | A | 1 | ANILLO TOROIDAL |
| 19 | B | 1 | 1 MUELLE DE COMPRESION |
| 20 | B | 1 | ANILLO DE SEGURIDAD |
| 22 | B | 1 | 1 PIEZA GUIA |
| 800 | B | 1 | JUEGO DE PIEZAS ANILLO TOROIDAL |
| 801 | B | 1 | JUEGO DE PIEZAS |
| 4 | A | 1 | ANILLO TOROIDAL |
| 6 | A | 2 | 2 ANILLO DE JUNTA |
| 7 | B | 1 | 1 IMAN |

Tabla1.1. Descripción de componentes del inyector bomba PLD

1.2.1 Etapas de inyección en los sistemas PLD

1.2.1.1 Etapa de acción de leva en el sistema PLD

Esta es una etapa mecánica, la cual se produce por el movimiento del embolo único correspondiente a cada inyector bomba dentro del motor según la posición en la que se encuentre la leva, éste le permitirá al sistema por medio del embolo y del retorno que se da en el resorte recuperador succionar combustible del depósito del sistema o presionar hasta llegar a la inyección permisible en la tobera del inyector formando así el ciclo de trabajo que se necesita en el sistema.

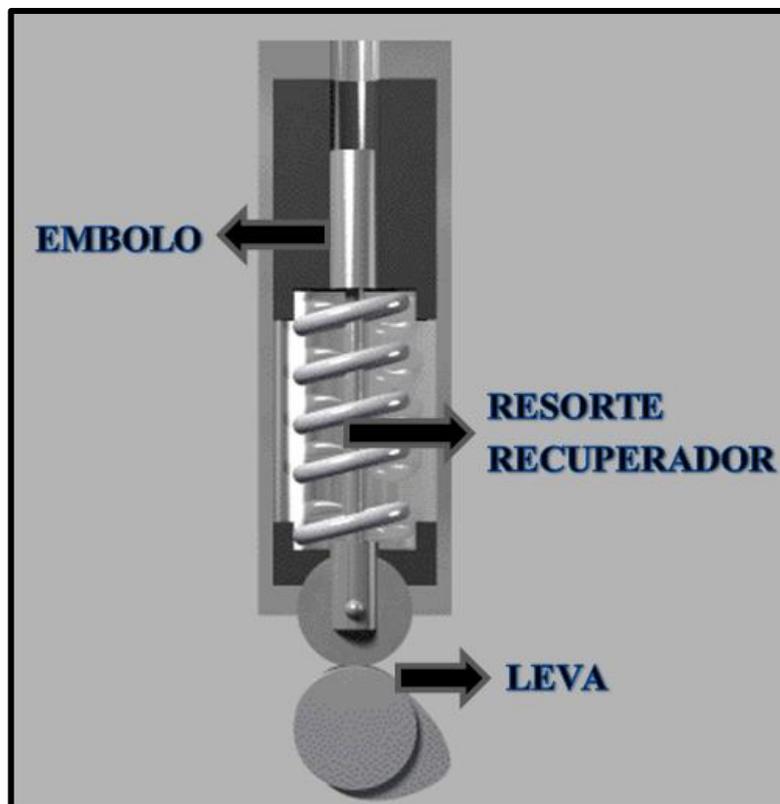


Figura 1.6. Diagrama de leva sin accionar.

En la figura 1.6 podemos observar el embolo en estado de reposo es decir, aún no ha sido accionado por la leva, de la misma manera el resorte recuperador se encuentra en su estado estable ya después de realizar el trabajo de succión de combustible a la cámara de alta presión en el sistema esto sucede frecuentemente y es dependiente de la velocidad en la que el árbol de levas este trabajando entonces es dependiente de la velocidad con la que el motor este trabajando en ese instante.

En la figura 1.7 podemos observar el desplazamiento del embolo debido a la acción de la leva es aquí donde se realiza la compresión del combustible hasta poder llegar a la presión necesaria antes de la inyección, así mismo el resorte recuperador es accionado; para en el momento del retorno realizar el trabajo de succión de combustible por medio del embolo del deposito en el inyector bomba; así como también dejarlo listo para su siguiente etapa de trabajo para que se pueda seguir cumpliendo con este ciclo dentro del sistema.

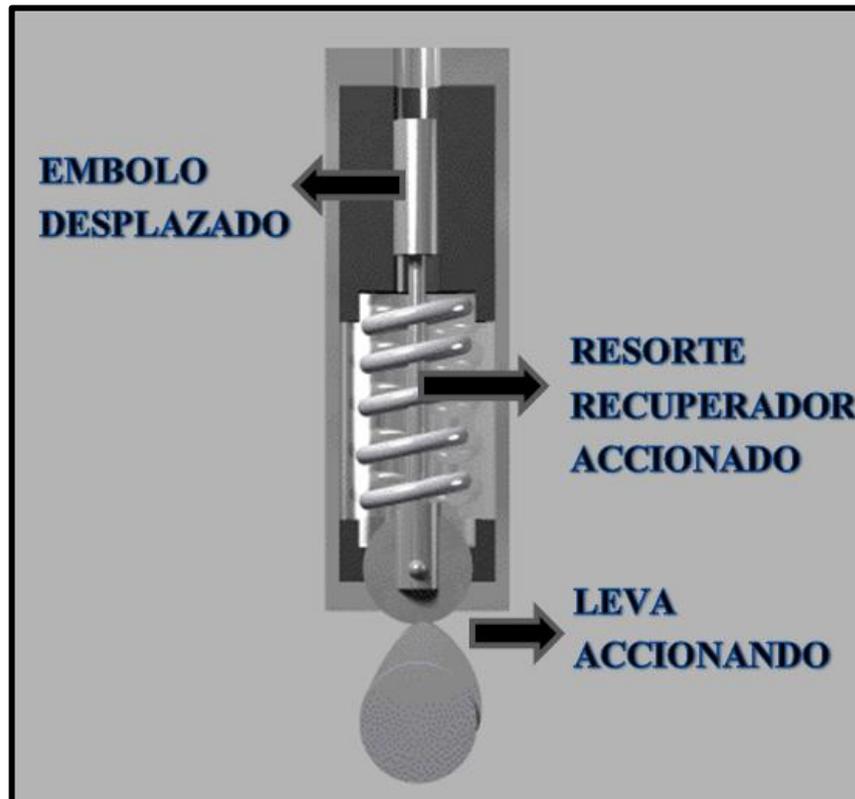


Figura 1.7. Diagrama de leva accionada.

De esa manera es que se realiza el proceso mecánico, que junto al gran desarrollo electrónico son la salida a la implementación del nuevo sistema de inyección dentro del mercado de automotores los cuales se rigen a las leyes de conservación ambiental; como también se rigen a la competencia entre industrias por tratar de proporcionar la mejor, las más económica y productiva herramienta de trabajo para los miles de usuarios que están pendientes de este tipo de sistemas.

1.2.1.2 Etapa de aspiración en el sistema PLD

Esta etapa es la de succión de combustible a la cámara de alta presión de la bomba inyectora, se da cuando no se ha hecho ningún tipo de accionamiento en la válvula electromagnética, es decir esta válvula permanece abierta de modo que se succiona combustible a la cámara del depósito por medio del retorno del embolo el cual está sujeto a un resorte recuperador, esto se da cuando la leva está en proceso de descenso como se indica en la figura 1.8.

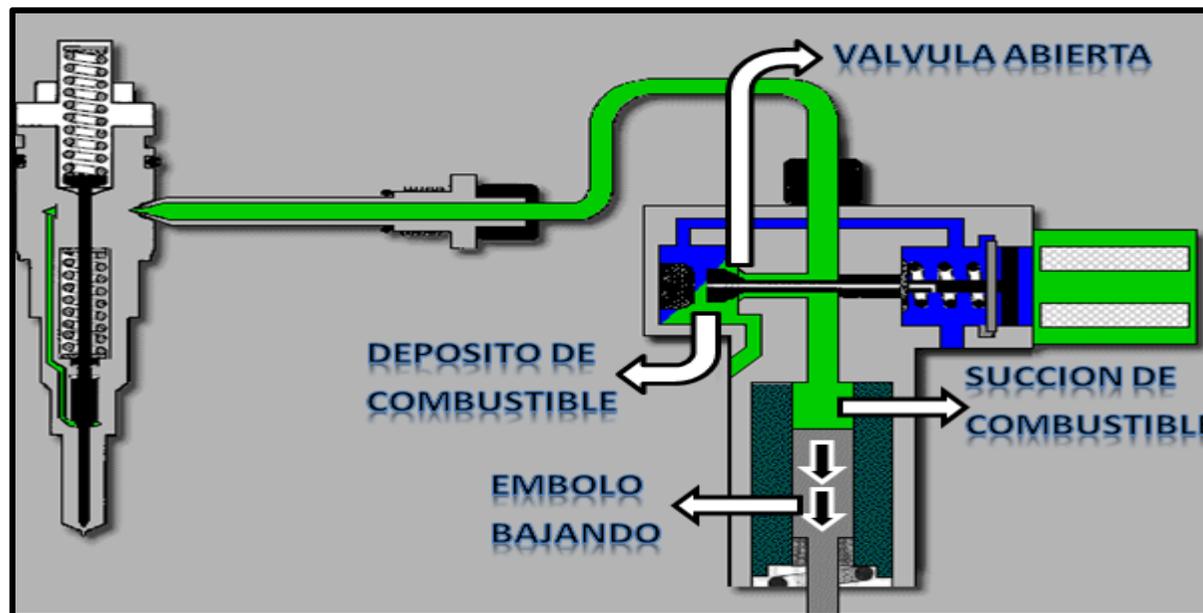


Figura 1.8. Diagrama de succión sistema ⁷PLD.

⁷ BOSH, IsiTronic, *Diagnóstico e Información de Sistemas de Inyección Diesel*, 2011, despiece bomba PLD.

1.2.1.3 Etapa de alimentación en el sistema PLD

Es en esta etapa donde se realiza el control electrónico, este control depende de que tanto se la magnetice a la electroválvula; es decir dependiendo del tiempo de activación se obtiene la cantidad de combustible que se inyectará mediante la presurización que el embolo ejerce al combustible presente en la cámara, cuando este ha sido accionado por su respectiva leva; esta presión que se ejerce sobre la cámara va en aumento alrededor del tubo que conecta a la bomba con el inyector como se observa en la figura 1.9.

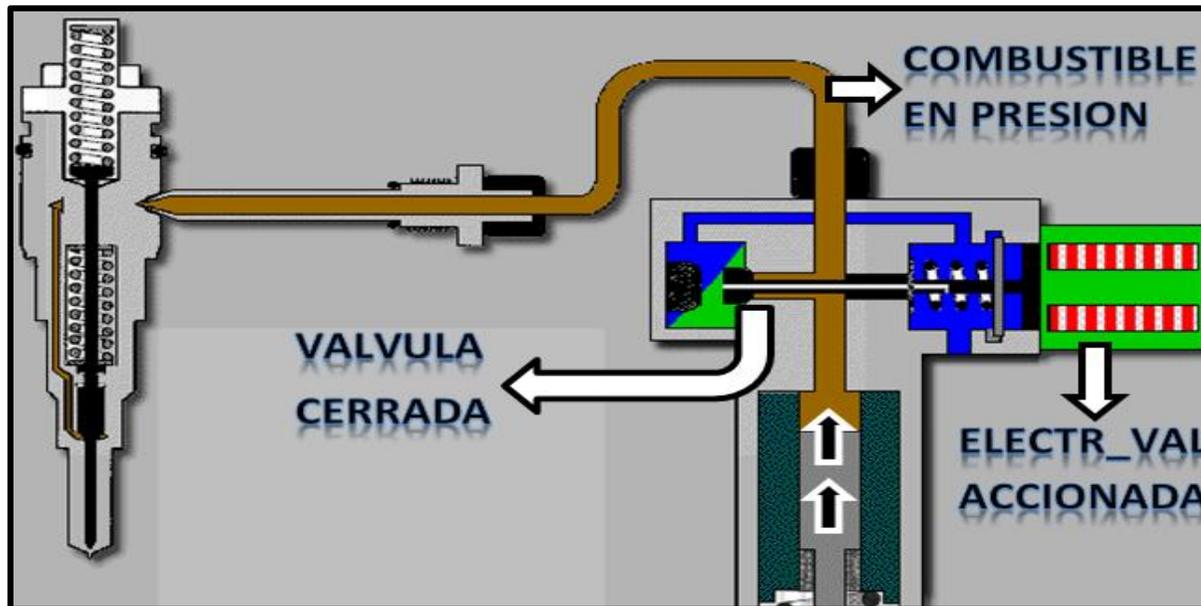


Figura 1.9. Diagrama de alimentación sistema PLD.

1.2.1.4 Etapa de inyección en el sistema PLD

Después del cierre de la válvula por medio de la acción de la electroválvula, la presión que el embolo ejerce al combustible en la cámara aumenta notablemente; y, circula por el conducto o tubo que enlaza al inyector con la bomba hasta llegar a romper por medio de alta presión el accionamiento mecánico del inyector presente en la bomba y se produce la inyección, esto se mantiene en funcionamiento hasta cuando la unidad control detenga el accionamiento de la electroválvula como lo indica la figura 1.10.

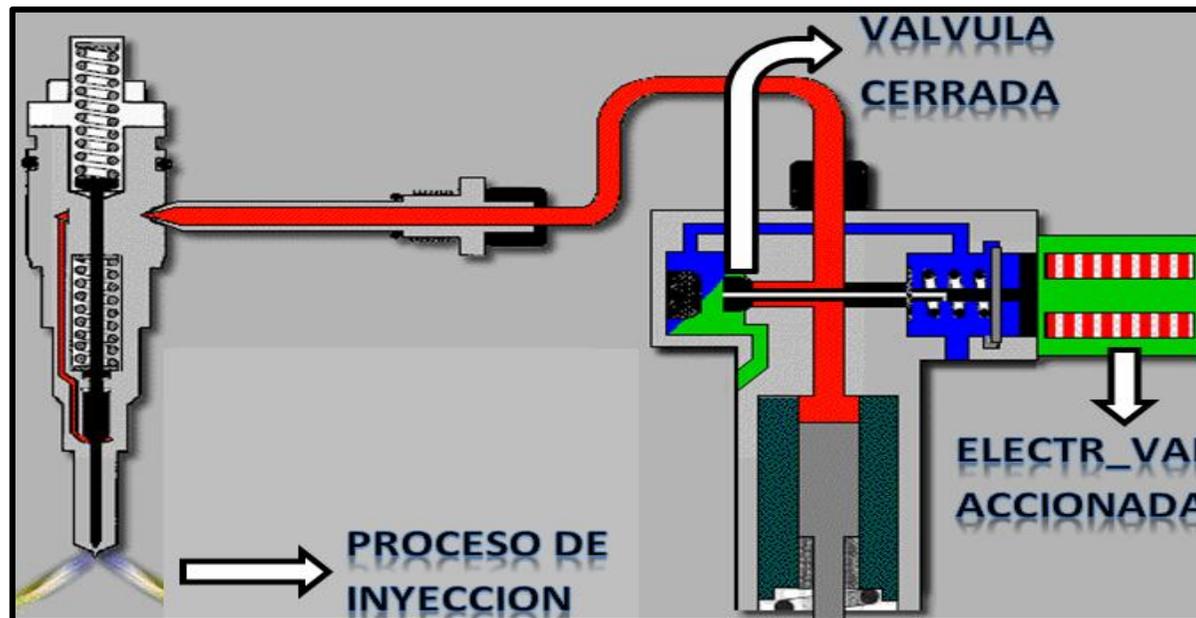


Figura 1.10. Diagrama de inyección sistema PLD.

1.2.1.5 Etapa de retorno en el sistema PLD

Esta etapa se presenta cuando se desactiva la electroválvula, es decir como el embolo hasta ese momento aún está en su etapa de presurización y se encuentra la inyección en proceso; entonces como la presión que llega al inyector baja notablemente debido a la apertura de la válvula se deja de inyectar combustible y se produce el retorno hasta el deposito como lo indica la figura 1.11

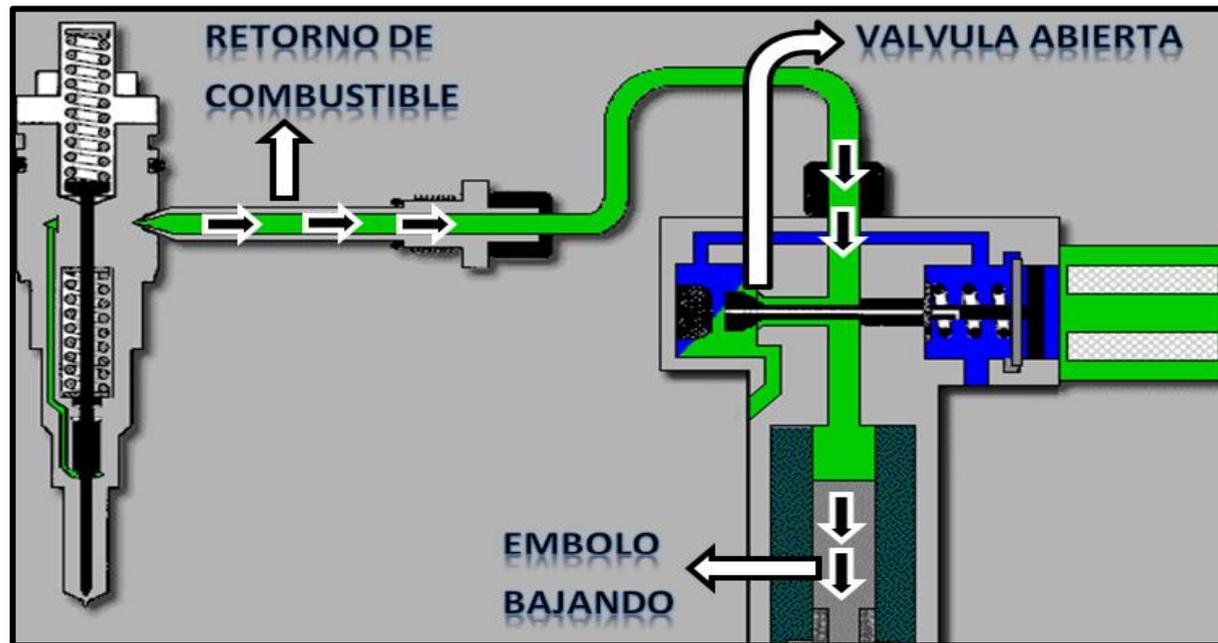


Figura 1.11. Diagrama de retorno sistema PLD.

Todas estas cinco etapas descritas se generan periódicamente por medio del árbol de levas presente el motor, es así como se realiza el proceso frecuente de inyección en el sistema de inyector bomba PLD.

1.3 Estructura y funcionamiento de la bomba EUI.

Un sistema de inyector bomba EUI (*Electronic Unit Injector*), también conocida como bomba inyectora unitaria está compuesta por varios elementos, entre los cuales destacan la electroválvula, el cuerpo de bombeo y la tobera de inyección todo esto encapsulado en un solo elemento como se indica en la figura 1.4a, pero funcionalmente depende de varios elementos los cuales le permiten el ajuste adecuado para poder realizar el proceso de inyección en el momento y la cantidad correcto como podemos ver en la figura 1.4b, y su descripción presente en la tabla 1.2.⁸

El embolo del inyector bomba en el sistema EUI (*Electronic Unit Injector*), es el encargado de generar presión al combustible situado en la cámara, esto se logra mediante el accionamiento del resorte recuperador (ubicado en la parte superior del inyector) por medio de la leva única para cada bomba presente en el sistema.

Cuando esta leva se encuentra accionando al resorte recuperador y mediante el control electrónico aplicado a la válvula electromagnética, se bloquea el conducto de retorno y la presión interna crece en la cámara mediante la presurización del combustible por medio del embolo, hasta lograr la apertura mecánica de la tobera presente en la misma bomba unitaria EUI, obteniendo de esa manera la cantidad de combustible deseado en el momento adecuado para su inyección. Es un proceso parecido al de los sistemas PLD la diferencia radica básicamente en que en estos tipos de sistemas todo el proceso se lo realiza en el mismo componente.

⁸ BOSCH, IsiTronic, *Diagnóstico e Información de Sistemas de Inyección Diesel*, 2011, despiece bomba EUI.

En la tabla 1.2 podemos definir:

- ITEM: Número de componente en el la figura 1.4b.
- INFO: Encontramos dos posibilidades las cuales describen, A pieza de desgaste; y B repuesto.
- CANTI: Número de elementos presentes en el inyector bomba.
- NOMBRE: Nombre de dicho componente.

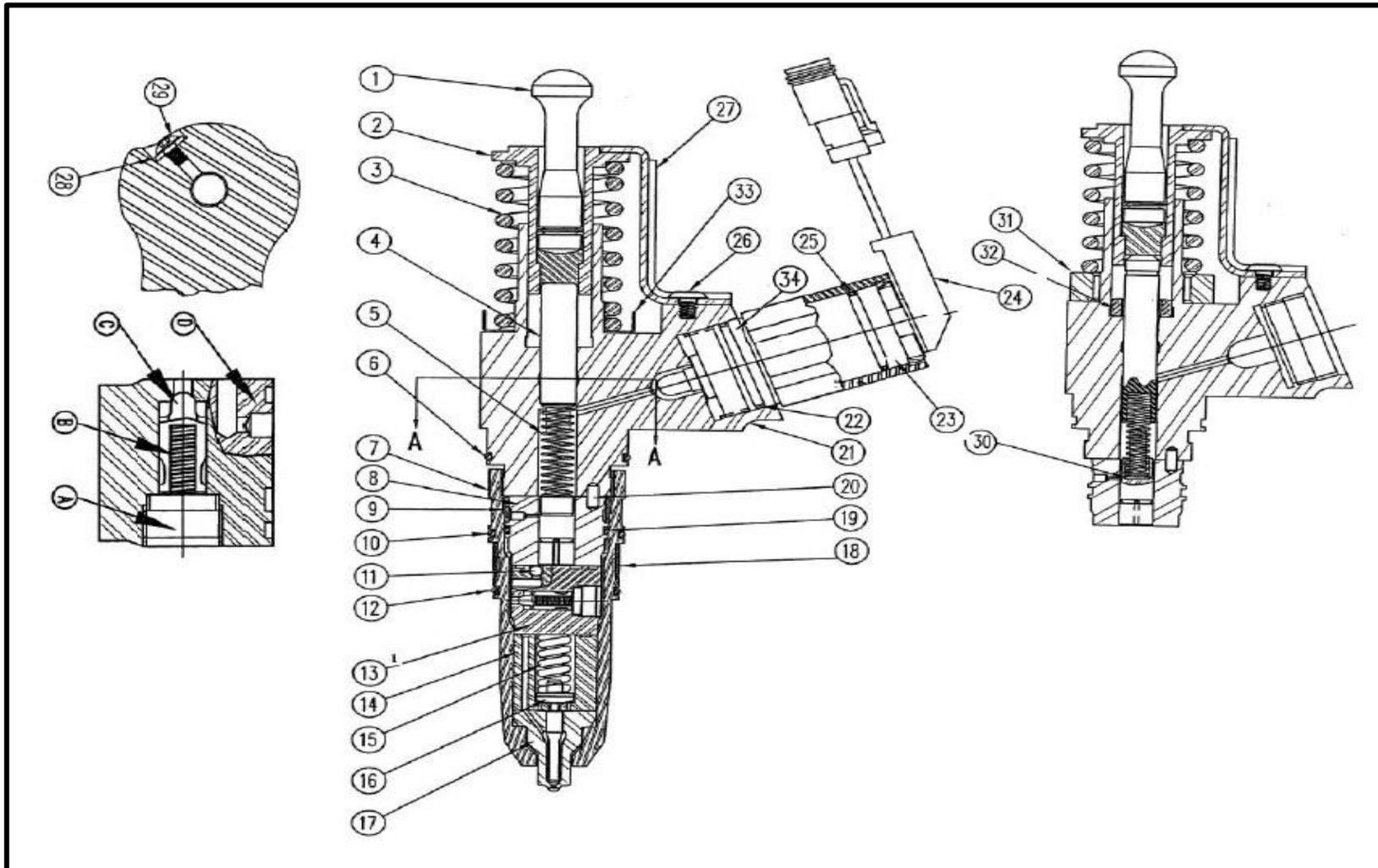


Figura 1.4b. Diagrama de elementos del inyector bomba (PLD).

| ITEM | INFO | CANTI | NOMBRE |
|------|------|-------|---------------------------------------|
| 1 | A | 1 | ENCUENTRO EMBOLO-LEVA |
| 2 | A | 2 | CONJUNTO DE ACOPLAMIENTO |
| 3 | | 1 | MUELLE O RESORTE |
| 4 | A | 1 | EMBOLO DE ACERO |
| 5 | B | 1 | MUELLE O RESORTE DE ACERO |
| 6 | B | 1 | COPA INYECTORA |
| 7 | B | 1 | RETENEDOR DE LA COMPA INYECTORA |
| 8 | B | 1 | MANGA INYECTORA |
| 9 | B | 1 | PLATILLO DE MUELLE |
| 10 | B | 1 | ANILLO INTERMEDIO |
| 11 | A | 1 | BOLA DE RETENCION |
| 12 | A | 1 | ANILLO DE FONDO |
| 13 | B | 1 | CONJUNTO ESPACIADOR |
| 14 | B | 1 | VALVULA DE RESORTE |
| 15 | B | 1 | ESPACIADO DE RESORTE |
| 16 | B | 1 | RETENEDOR DE RESORTE |
| 17 | B | 1 | VALVULA DE RESORTE B |
| 18 | A | 1 | FILTRO |
| 19 | A | 2 | ESPACIO DEPOSITO |
| 20 | B | 1 | ESPACIO DEL PERNO |
| 21 | B | 1 | CUERPO DEL INYECTOR |
| 22 | A | 1 | VALVULA CONTROLADORA |
| 23 | A | 1 | SELENOIDE |
| 24 | A | 1 | BORNERA |
| 25 | A | 2 | ANILLO DEL SELENOIDE |
| 26 | A | 2 | ZOCALO DE TORNILLO |
| 27 | A | 1 | RETENEDOR DE ACOPLAMIENTO DE INYECTOR |
| 28 | A | 1 | ARANDELA DE SELLADO |
| 29 | A | 1 | ZOCALO DE TORNILLO |
| 30 | A | 1 | GUIA DEL EMBOLO |
| 31 | A | 1 | ESPACIADOR |
| 32 | A | 1 | ESPACIADOR DEL EMBOLO |
| 33 | A | 1 | RETENEDOR DE RESORTE |
| 34 | A | 1 | CABEZAL CONTROLADOR DE VALVULA |

Tabla 1.2. Descripción de componentes del inyector bomba EUI

1.3.1 Etapas de inyección en los sistemas EUI

1.3.1.1 Etapa de acción de leva en el sistema EUI:

Como se indicó el funcionamiento de este tipo de sistema es similar en el proceso de trabajo a los sistemas PLD descrito anteriormente, así mismo esta es una etapa estrictamente mecánica la cual se produce por el movimiento del embolo único correspondiente a cada inyector bomba dentro del motor; mediante el resorte recuperador que es accionado por su respectiva leva, las dos funciones principales que esta acción brinda son las de succión y presurización del combustible en la cámara hasta lograr la inyección.

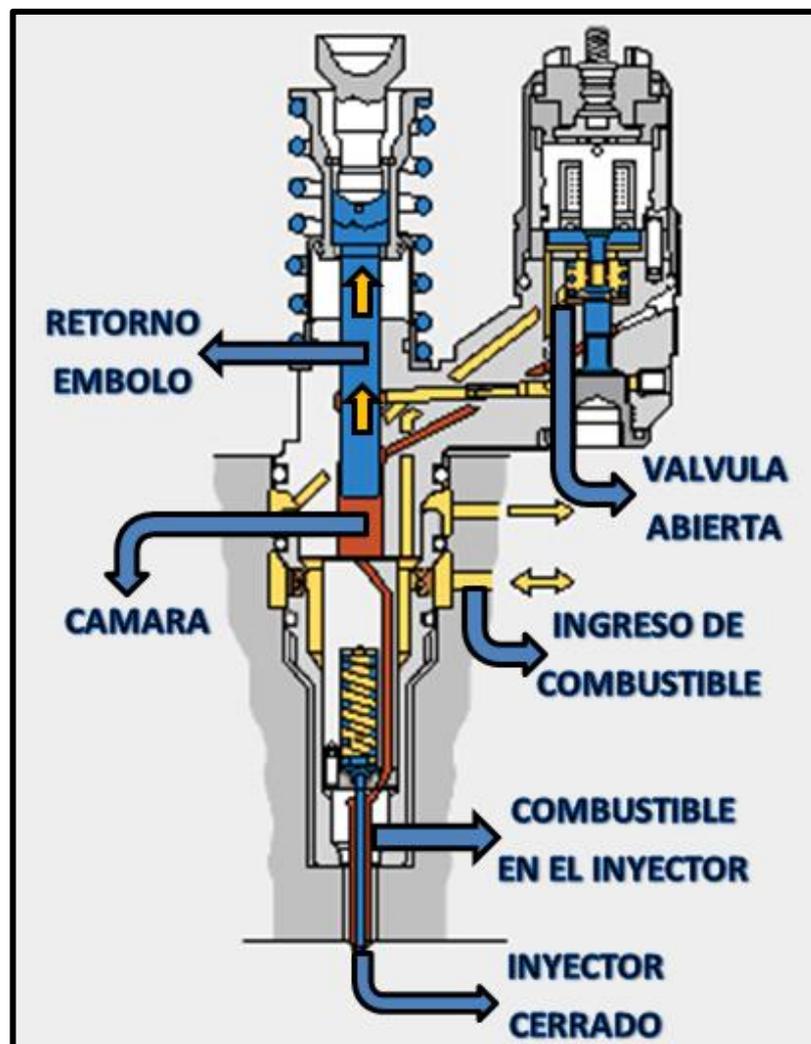


Figura 1.12. Diagrama de aspiración sistema⁹ EUI.

⁹ BOSCH, IsiTronic, *Diagnóstico e Información de Sistemas de Inyección Diesel*, 2011, despiece bomba PLD.

En la figura 1.6 se observa el embolo en estado de reposo es decir aun no ha sido accionado por la leva, de la misma manera el resorte recuperador se encuentra en su estado estable ya después de realizar el trabajo de succión de combustible a la cámara de alta presión en el sistema, esto sucede frecuentemente y es dependiente de la velocidad en la que el arbol de levas este trabajando.

En la figura 1.7 se observa el desplazamiento del embolo debido a la acción de la leva, es aquí donde se realiza la compresión del combustible presente en la cámara hasta poder llegar a la presión necesaria antes de la inyección, así mismo; el resorte recuperador es accionado para en el momento del retorno realizar el trabajo de succión de combustible presente en el deposito del inyector bomba, por medio del embolo; así como también dejarlo listo para su siguiente etapa de trabajo para que se pueda seguir cumpliendo con este ciclo dentro del sistema.

1.3.1.2 Etapa de aspiración en el sistema EUI

Esta etapa presenta la succión de combustible desde el depósito a la cámara de alta presión de la bomba inyectora, debido a la complejidad de construcción presente en este tipo de bombas la cantidad de combustible presente en esta cámara es mucho menor que en los sistemas PLD, esto indica que la cantidad de combustible a inyectarse en esto tipos de sistemas es mucho menor que en el sistema anterior.

Cuando no se ha hecho ningún tipo de accionamiento en la válvula electromagnética esta permanece abierta de modo que se succiona combustible a la cámara por medio del retorno del embolo.

Este embolo, al igual que el embolo presente en los sistemas PLD; está sujeto a un resorte recuperador el cual es accionado frecuentemente por su respectiva leva. De esa manera una vez que el combustible este presente dentro de la cámara este pasa directamente al inyector que viene integrado en el cómo se indica en la figura 1.12.

1.3.1.3 Etapa de alimentación en el sistema EUI

Es en esta etapa donde se realiza el control electrónico de la electroválvula y dependiendo del tiempo que se la tenga accionada, es decir; del tiempo de activación se obtiene la cantidad de combustible que se inyectará, mediante la presurización del embolo al combustibles presente en la cámara cuando ha sido accionado por su respectivo resorte recuperador, esta presión que se ejerce sobre la cámara va en aumento y se trasmite al inyector incorporado en la bomba unitaria el cual está sujeto a su aguja que se encuentra presionada contra su asiento e impide el paso de combustible al cilindro respectivo del motor donde se encuentre ubicado como se observa en la figura 1.13.

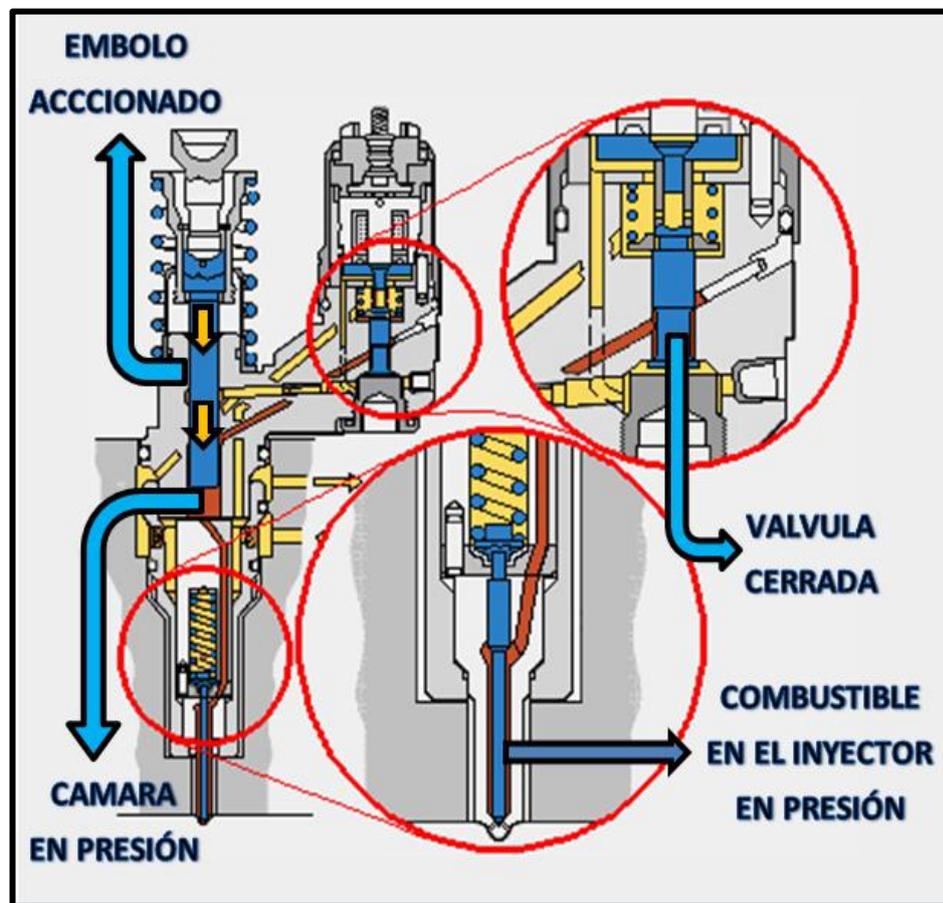


Figura 1.13. Diagrama de alimentación en un sistema EUI.

1.3.1.4 Etapa de inyección en el sistema EUI

Después del cierre de la válvula por medio de la acción de la electroválvula, la presión que el embolo ejerce al combustible en la cámara aumenta hasta romper por alta presión el accionamiento mecánico de la aguja del inyector que está presionando contra su asiento y se produce la inyección la que se da en la misma bomba, esto se mantiene en funcionamiento hasta cuando la unidad control detenga el accionamiento de la electroválvula como lo indica la figura 1.14.

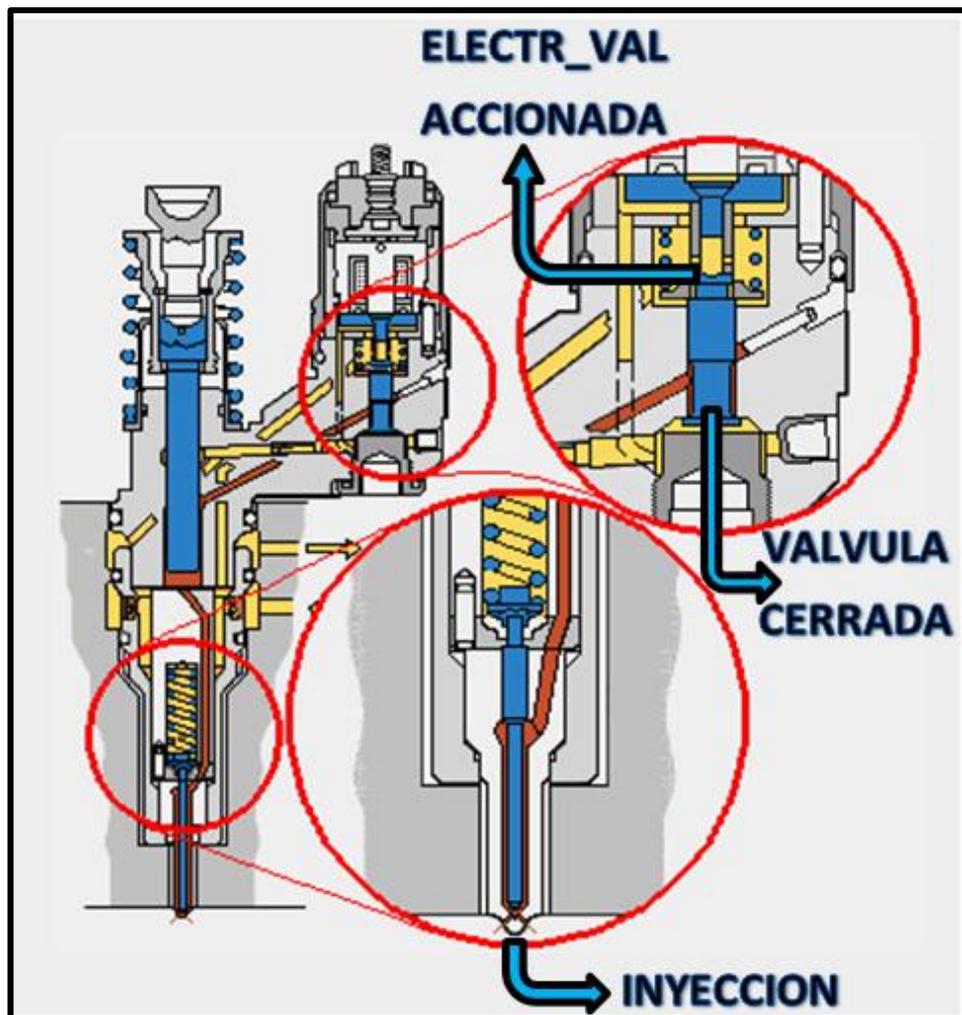


Figura 1.14. Diagrama de inyección en un sistema EUI.

1.3.1.5 Etapa de retorno en el sistema EUI

Esta etapa se presenta cuando se desactiva la electroválvula, entonces como el embolo en ese momento aún está en su etapa de presurización y se encuentra la inyección en proceso debido la alta presión generada en la tobera del inyector, ésta presión baja notablemente debido a la apertura de la válvula que comunica a la cámara del inyector bomba con el deposito del sistema, y así se deja de inyectar a los cilindros del moto, produciendo el retorno de combustible al sistema como lo indica la figura 1.15.

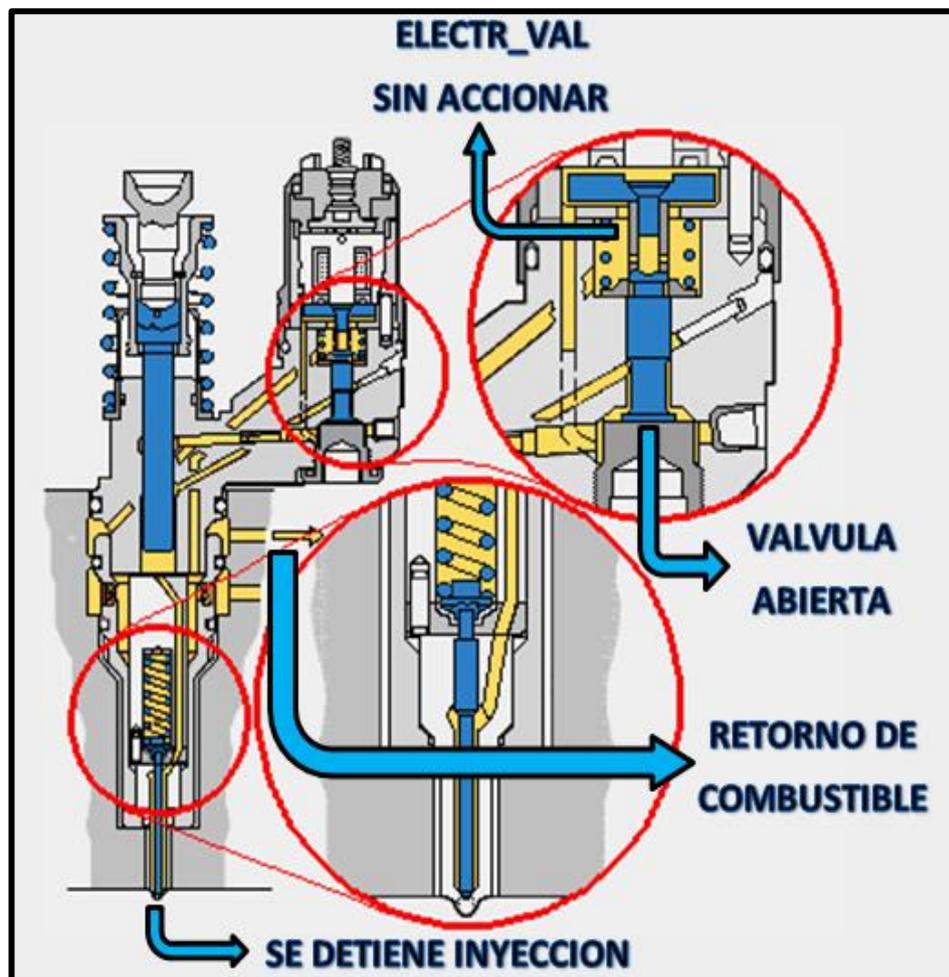


Figura 1.15. Diagrama de retorno sistema EUI.

Todas estas cinco etapas descritas se generan periódicamente por medio del árbol de levas presente en el motor es así como se produce el trabajo cíclico en el sistema de inyector bomba EUI.

1.4 Evaluación y comparación de los dos tipos de sistema.

1.4.1 Evaluación

La efectividad, la confianza y el ahorro que estos tipos de sistemas de inyección brindan a los usuarios en la actualidad los presentan como uno de los sistemas más necesitados y empleados en muchas marcas dedicadas al transporte de carga pesada, media y liviana; así como también de carga de pasajeros, esto se da por el aumento del valor del combustible que ya se ha convertido en una preocupación mundial constante ya que representa aproximadamente el 20% del costo total de egresos en las empresas para los cuales estos vehículos trabajan, es por esa razón que se busca mejorar diariamente estos tipos de sistema que son de mucha importancia para el desarrollo de los nuevos motores que enfrentarán el futuro de escasos combustibles.

Fundamentalmente la incorporación de motores diésel con control electrónico, en la mayoría de las marcas de camiones, ha influido notablemente en el rendimiento y economía de los vehículos de carga, generando además menos emisiones contaminantes. Actualmente, los motores diésel electrónicos presentes en los vehículos emplean distintos tipos de sistemas de inyección electrónicos entre los más usados tenemos los sistemas PLD y EUI los cuales principalmente están trabajando en grandes marcas de vehículos y que circulan en nuestro país como:

- Hyundai.
- Scania.
- Internacional.
- Mack.
- Hino.
- Man.
- Chevrolet.

1.4.2 Comparación

Como se indicó anteriormente el proceso de inyección que manejan estos dos importantes tipos de sistemas son muy parecidos la diferencia básicamente radica en:

- ❖ Los sistemas PLD manejan un conducto por donde circula el combustible hasta llegar a su inyector, mientras que en el sistema EUI se lo hace en la misma bomba unitaria, es decir tiene el inyector incorporado.
- ❖ Los sistema PLD asistencialmente ocupan una mayor cantidad de volumen dentro del espacio físico del motor, esto es; debido a sus distintas partes que lo forman, mientras que los sistema EUI son mucho más compactos debido al encapsulado en un solo elemento que realiza la inyección necesaria.
- ❖ Los sistemas PLD presentan mayor accesibilidad en el proceso de mantención o reparación debido a las divisiones y piezas que este tipo de sistema maneja, mientras que en el sistema EUI es mucho más complejo el proceso de reparación o mantenimiento, esto se da por la complejidad y lo compacto que es su encapsulado.
- ❖ Económicamente los sistemas PLD presentan más accesibilidad debido a sus bajos costos; mientras que los sistemas EUI se encuentran a costos más elevados.
- ❖ El control electrónico a la válvula electromagnética es muy similar en los dos sistemas este se lo hace aplicando un voltaje de 75V en CC, en los dos tipos de bombas inyectoras.
- ❖ Los tiempos de respuestas en trabajo hasta llegar a la inyección necesaria de ambas bombas varían, es el caso de los sistemas PLD que se encuentran trabajando en tiempos de 100 uS a 240 uS,

mientras que en los sistemas EUI los tiempos de trabajo hasta llegar al proceso de inyección varían desde los 80 μ S hasta los 160 μ S.

- ❖ La cantidad de inyección en ambos tipos de bombas depende directamente del tiempo de activación que se da en la electroválvula.
- ❖ El aviso de inicio de inyección es diferente en ambos sistemas de inyección; en los PLD esto se lo realiza mediante 7 señales mientras que en los sistemas EUI se lo hace únicamente con una señal.
- ❖ Los sistemas de bomba inyector EUI presentan una mayor estabilidad en el proceso de inyección debido a su encapsulado interno este no está sujeto a succiones de aire, mientras que en los sistemas PLD debido al conducto que presentan si lo están.
- ❖ Los sistemas EUI, trabajan en velocidades mayores que los sistemas PLD, por lo que los estos sistemas son muchos más eficientes y rápidos.

CAPÍTULO 2

EQUIPOS E INSTRUMENTACION NECESARIA PARA EL DESARROLLO DEL SISTEMA

2.1 Introducción.

Para desarrollar el prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI, el cual está orientado a la simulación, evaluación y diagnóstico de dichos tipos de bombas utilizadas ampliamente en el campo de la mecatrónica nacional así como también en el campo internacional, se han utilizado varias herramientas tanto de instrumentación como de equipamiento en lo relacionado a la electrónica como a la mecánica las cuales se irán describiendo con puntualidad posteriormente.

Las ventajas y aportes que brindan el equipamiento tanto electrónico como mecánico en este prototipo de banco de pruebas; son de vital importancia para poder realizar estas minuciosas pruebas y simulaciones que permitan evaluar el estado de trabajo y funcionamiento en el que se encuentran dichas bombas de inyección.

Estas ventajas se puntualizan directamente en la velocidad y exactitud con la que se analiza y procesa el trabajo realizado por los elementos que están formando la bomba inyectora a evaluarse, los que se estarían probando en el prototipo de banco de pruebas, como si lo estuvieran haciendo en el mismo vehículo del cual estas bombas forman parte.

Llegando así de esa manera a verificar el correcto o mal funcionamiento de la misma, mediante la comparación con datos y pruebas basadas en bombas de inyección PLD y EUI patrones realizadas como respaldo para el sistema evaluador, habilitando la posibilidad del correcto funcionamiento para el montaje

al vehículo, obteniendo su normal operación después de su reparación o mantenimiento para el cual estas bombas hayan sido desmontadas, proporcionando una mayor seguridad y fiabilidad del elemento reparado tanto como para el operador del sistema como para el usuario final.

2.2 Equipos electrónicos necesarios.

Las herramientas electrónicas a utilizar son de gran importancia para el desarrollo de este proyecto, estas nos facilitan obtener sistemas muy eficientes y de muy poco volumen, debido al problema de espacio físico que se presenta en el campo industrial de la mecatrónica, este prototipo de banco de pruebas se diseñó como una maquina portable y estable; así y según lo desee el operador o según se den las condiciones del lugar donde este prototipo de maquina se vaya a implementar, puede ser transportada con facilidad o empotrada en algún lugar estable, estas agilitan y facilitan el proceso de mando, control e interoperabilidad entre usuario y máquina para el desarrollo del trabajo.

2.2.1 Software y dispositivos.

Para un buen y fácil manejo del prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI, se ha planteado como maquina portable y estable en una misma herramienta para el operador, para esto se utilizara la ayuda de dos Software de interfaz humana conocidos en el campo de la instrumentación estos son:

- LabView 2010.
- TouchWin for TH edit tool.

Así mismo para el control electrónico de este prototipo se lo hará mediante el microcontrolador PIC18F4550, la programación del mismo se lo hará en el programa MikroBasic Pro V 4.15, este dispositivo se encarga de:

- Comunicación con el software.
- Lectura de señales provenientes de los sensores.
- Control de potencia.

Para el diseño de los PCB utilizaremos el Software Protel Altium Designer, de la misma manera para la simulación de circuitos se lo hará mediante el Software Isis 7 Professional V 7.7.

2.2.1.1 Introducción a software LabView V 10.0

El software LabView V10.0, como se indica en la figura 2.1; en los últimos años se ha considerado como una de las más grandes e importantes aplicaciones en el campo industrial, automotriz y en el campo científico, constituyendo un revolucionario sistema basado en código de programación gráfica denominado código G, para aplicaciones que involucren sistemas de control, sistemas de automatización y sistemas de adquisición de datos, donde se tenga una conexión directa entre el operario final y los fenómenos a controlar.

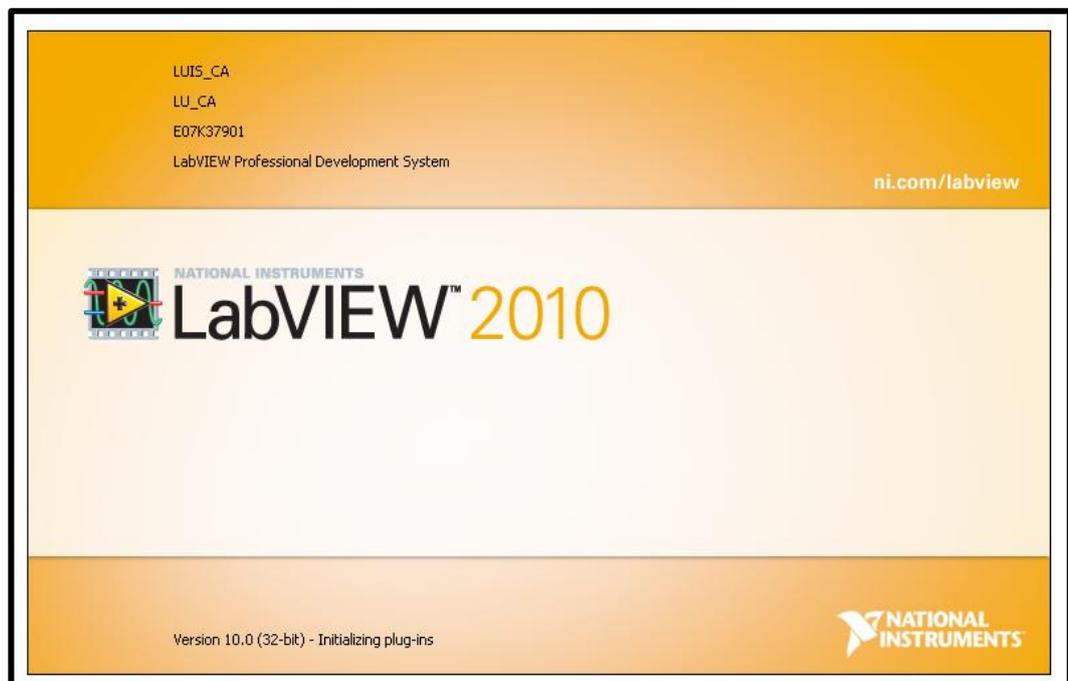


Figura 2.1. Diagrama de Software LabView¹⁰ V10.0.

¹⁰ www.ni.com

LabView así como muchos protocolos de programación entre ellos Basic o C, son básicamente orientados para aplicaciones ya sea estudiantil o comercial. La diferencia entre estos tipos convencionales de programación y la utilizada en LabView está situada en la forma de poder programar la aplicación deseada, es decir; en la mayoría de programas convencionales esto se lo hace programando línea a línea para poder crear el código fuente que respalde a su programa, mientras que en LabView este código fuente es creado internamente y presenta al programador una interfaz gráfica que facilita y mejora el tiempo de programación hasta llegar a la aplicación deseada, entre las principales ventajas de LabView tenemos:

- Se pueden realizar cambios de interfaz de usuario fácilmente.
- Se puede incluir líneas de código de otros programas.
- Permite actualizaciones rápidas.
- Maneja varios tipos de protocolos de comunicaciones como RS-232, RS-485, PXI, VXI, GPIB, CAN, MODBUS entre otros.
- Se mejora el tiempo de programación.
- Trabaja en tiempo real.
- Presenta herramientas propias del sistema.

Este software es el que aportará con la parte estática de la herramienta prototipo de este proyecto, por lo que siempre se tendrá en cuenta la mayor sencillez del mismo para así de esa manera ofrecer al operador una ágil, sencilla y bien útil herramienta que le de eficiencia a su trabajo. Cuando se realiza un programa o código en LabView, este es conocido como VI (Virtual Instrument) lo cual significa instrumento virtual, estos son básicamente los que contienen tres partes puntuales en el software:

- Panel frontal.
- Diagrama de bloques.
- Icono conector.

Panel frontal

Es la parte de interfaz con el usuario u operador de la herramienta, es decir es la presentación de cómo se va a controlar o monitorear el trabajo mediante un mando virtual para el cual ha sido diseñado.

Su presentación se da como en la figura 2.2, entonces es aquí donde se presentan controles e indicadores los cuales se toman como terminales de entradas y salidas en el VI diseñado respectivamente, como en una realidad mismo los controles son conmutadores, perillas o botones que informan de alguna acción o necesidad ante un determinado trabajo por el operador, esta información es enviada al diagrama de bloques en donde se analiza y procesa esta acción para atender la necesidad invocada, satisfaciendo y cumpliendo la acción asignada por el operador ante un determinado evento.

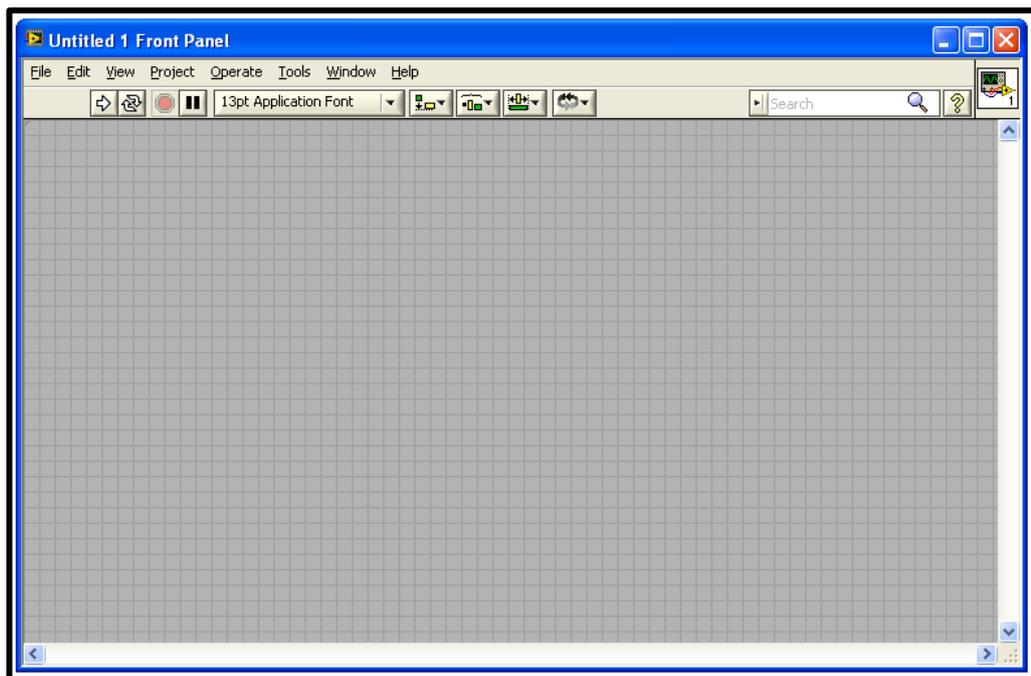


Figura 2.2. Diagrama de Panel Frontal¹¹.

El panel frontal maneja una barra de herramienta las cuales permite manipular, ejecutar y editar de diferentes maneras o formas la presentación final de un determinado proyecto fijado en un VI.

¹¹ www.ni.com

Esto se lo hace mediante la barra de herramientas que ahí se presenta como se indica en la figura 2.3 donde encontramos la presencia de un grupo de herramientas que se describen rápidamente en la tabla 2.1.



Figura 2.3. Diagrama de Barra de Herramientas del Panel Frontal.

| ICONO | NOMBRE | DESCRIPCION |
|---|-------------------------|--|
|  | RUN | Permite la ejecución de un VI o Vis anidados, cuando existe algún tipo de error en el cableado en el diagrama de bloques o algún error en la ejecución del programa este aparece como roto y de color gris. |
|  | RUN CONTINUOUSLY | Cuando solo se necesita ejecutar cierta parte del programa o hasta un cierto punto se utiliza este botón con la finalidad de ubicar el proceso hasta ese determinado momento. |
|  | ABORT EXECUTION | Este botón es para detener el proceso del VI inmediatamente, no es muy recomendable el uso de éste debido a que el VI no se ejecuta completamente perdiendo así información y localización de variables en el sistema. |
|  | PAUSE | Detiene la ejecución del VI dando la opción de seguir el proceso desde donde se llamó a la pausa, LabView indica el lugar exacto en donde se ha quedado el programa. |
|  | TEXT SETING | Modificaciones en tamaño, forma y color al texto escrito en el panel frontal o algún comentario que se desee tener en el diagrama de bloques. |

| | | |
|---|--|---|
|  | <p style="text-align: center;">ALIGN OBJECT</p> | <p>Para poder realizar alineación vertical u horizontal de controles, indicadores o texto expuestos en el panel frontal o diagramas de bloques según se desee.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">DISTRIBUTE OBJECTS</p> | <p>Para poder comprimir, distribuir y redistribuir controles, indicadores o textos expuestos en el panel frontal o en el diagrama de bloques.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">RESIZE OBJECTS</p> | <p>Esta herramienta sirve para modificar y estabilizar el tamaño de un objeto o de varios objetos a la vez en el panel frontal según la medida que se desee se lo puede hacer ingresando la cantidad deseada en largo y ancho del elemento.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">REORDER OBJECTS</p> | <p>Esta herramienta es para poder dar prioridad de presentación a un objeto en el panel frontal, es decir es el que permite manipular cual objeto va antepuesto al otro sin importar el orden con el que hayan sido seleccionados o llamados en el panel frontal.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">SEARCH</p> | <p>Sirve para poder ubicar cualquier VI herramienta o función que se desee y que este presente en el programa.</p> |

Tabla 2.1. Descripción de barra de herramientas en el panel frontal.

Paleta de controles

Para el manejo y disposición de controles e indicadores disponibles en el panel frontal se tiene esta paleta, se despliega haciendo únicamente clic con el botón derecho del mouse sobre el panel, la ventana de presentación es como se indica en la figura 2.4, es aquí donde se presentan los diferente tipos de controles, botones e indicadores; ya sean numéricos, gráficos, de texto o boléanos se pueden utilizar los patrones originales de cada uno de estos elementos pero también existe la posibilidad de editarlos y adaptarlos a la forma que el programador desee según la necesidad de presentación y trabajo que se pretende cumplir.

Cuando se quiere seleccionar uno de estos elementos simplemente arrastramos el elegido hasta la ventana del panel frontal y ya puede ser utilizado, para poder dejar a esta ventana como estable y a vista del programador simplemente seleccionamos el icono superior izquierdo damos clic izquierdo y lo tenemos disponible y estable, esto sucederá con todas las subventanas que se despliegan al momento de seleccionar cualquiera de los iconos ahí expuestos.



Figura 2.4. Diagrama Paleta de Controles.

Diagrama de Bloques

Como se indicó anteriormente es aquí donde se realiza las acciones y procesos de programación que se presentan o exponen en el panel frontal, éste diagrama es el que contiene el denominado código G o código gráfico, entonces lo que en el panel frontal se presenta como controles o indicadores en el diagrama de bloques aparecen como iconos o terminales los cuales tienen determinadas características de operación como de tipo de dato, rango de dato, dato de entrada o dato de salida según el elemento que sea, presenta una ventana muy cómoda en visualidad para él o los programadores como se indica en la figura 2.5.

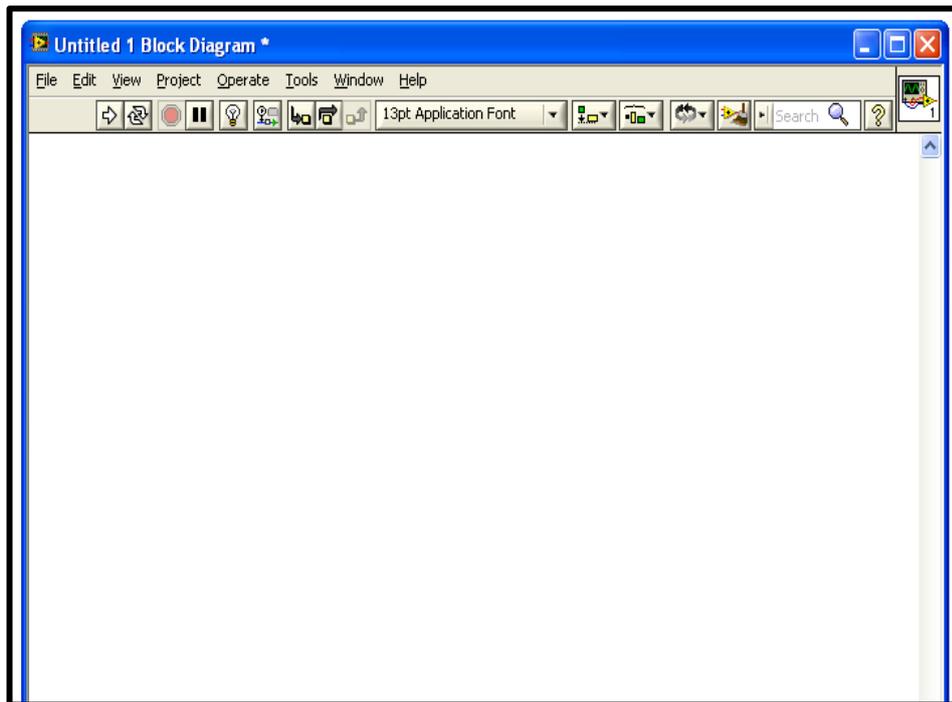


Figura 2.5. Diagrama de Bloques¹².

Este diagrama de bloques también presenta una barra de herramientas las cuales básicamente están orientadas a la depuración del programa, de la misma forma que el panel frontal existen varias herramientas similares de alineación, modificación de texto esta barra se presenta como el de la figura 2.6.

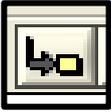


Figura 2.6. Barra de Herramientas del Diagrama de Bloques.

Como se puede ver de las herramientas presentes en esta barra son las mismas y realizan las mismas funciones ya descritas que se encuentran en el panel frontal en la tabla 2.2 se presenta una breve descripción de la funcionalidad de cada una de estas herramientas.

¹² www.ni.com

| ICONO | NOMBRE | DESCRIPCION |
|---|---|--|
|  | <p style="text-align: center;">RUN</p> | <p>Permite la ejecución de un VI o Vis anidados, cuando existe algún tipo de error en el cableado en el diagrama de bloques o algún error en la ejecución del programa este aparece como roto y de color gris (Cfr. Supra).</p> |
|  | <p style="text-align: center;">RUN CONTINUOUSLY</p> | <p>Cuando solo se necesita ejecutar cierta parte del programa o hasta un cierto punto se utiliza este botón con la finalidad de ubicar el proceso hasta ese determinado momento (Cfr. Supra).</p> |
|  | <p style="text-align: center;">ABORT EXECUTION</p> | <p>Este botón es para detener el proceso del VI inmediatamente, no es muy recomendable el uso de éste debido a que el VI no se ejecuta completamente perdiendo así información y localización de variables en el sistema (Cfr. Supra).</p> |
|  | <p style="text-align: center;">PAUSE</p> | <p>Detiene la ejecución del VI dando la opción de seguir el proceso desde donde se llamó a la pausa, LabView indica el lugar exacto en donde se ha quedado el programa (Cfr. Supra).</p> |
|  | <p style="text-align: center;">HIGHLIGHT EXECUTION</p> | <p>Esta herramienta se la utiliza cuando se desea ver el flujo de datos, o cuando se quiere determinar que proceso se está realizando primero en un determinado ciclo de trabajo, es de mucha importancia debido a esto se puede dar y asignar prioridades a un proceso.</p> |
|  | <p style="text-align: center;">RETAIN WIRE VALUES</p> | <p>Esta herramienta sirve para poder visualizar y retener valores que se estén dando en un determinado momento en un determinado enlace.</p> |

| | | |
|---|-------------------------------------|---|
|  | <p>START SINGLE STEPPING</p> | <p>Esta herramienta sirve para poder realizar iteracion de ejecucion en una determinada parte del proyecto paso a paso éste se ejecuta unicamente sino se accionó el boton Run.</p> |
|  | <p>START SINGLE STEPPING</p> | <p>Esta herramineta sirve para poder realizar la interacion de un bloque de programa o de un laso que se desee ejecutar en una determinada parte de proyecto bloque a bloque éste se ejecuta unicamente sino se accionó el boton Run.</p> |
|  | <p>STEP OUT</p> | <p>Finaliza la acción creada por las dos herraminetas de stepping y detiene las acciones dadas en este diagrama, despues de parar el sistema permite la ejecucion normal del programa como si se hubiera accionado en boton Run.</p> |
|  | <p>TEXT SETING</p> | <p>Modificaciones en tamaño, forma y color al texto escrito en el panel frontal o algun comentario que se desee tener en el diagrama de bloques (Cfr. Supra).</p> |
|  | <p>ALIGN OBJECT</p> | <p>Para poder realizar alineación vertical u horizontal de controles, indicaroes o texto expuestos en el panel frontal o diagramas de bloques según se desee (Cfr. Supra).</p> |
|  | <p>DISTRIBUTE OBJECTS</p> | <p>Para poder comprimir, distribuir y redistribuir controles, indicadores o textos expuestos en el panel frontal o en el diagrama de bloques (Cfr. Supra).</p> |
|  | <p>RESIZE OBJECTS</p> | <p>Esta herramienta sirve para modificar y estabilizar el tamaño de un objeto o de varios objetos a la vez en el panel frontal según la</p> |

| | | |
|--|-------------------------|--|
| | | medida que se desee se lo puede hacer ingresando la cantidad deseada en largo y ancho del elemento (Cfr. Supra). |
|  | REORDER OBJECTS | Esta herramienta es para poder dar prioridad de presentación a un objeto en el panel frontal, es decir es el que permite manipular cual objeto va antepuesto al otro sin importar el orden con el que hayan sido seleccionados o llamados en el panel frontal (Cfr. Supra). |
|  | CLEAN UP DIAGRAM | Este permite ubicar a los componentes del diagrama en una sola ventana o al menos ordenar la forma visual a partir del primer elemento presente en el. |
|  | SEARCH | Sirve para poder ubicar cualquier VI herramienta o función que se desee y que este presente en el programa (Cfr. Supra). |

Tabla 2.2. Descripción de barra de herramientas del diagrama de bloques.

Paleta de Funciones

Para el manejo y disposición de funciones que se deseen implementar para poder realizar el programa deseado se tiene presente esta paleta, se despliega haciendo únicamente clic con el botón derecho del mouse sobre el diagrama de bloques, la ventana de presentación es como se indica en la figura 2.7, es aquí donde se presentan las diferentes y varias funciones que respaldan a este software para poder llegar a construir un VI eficaz que permita solucionar las necesidades planteadas.

Cuando se quiere seleccionar uno de estos elementos funcionales que representan utilidad en nuestro programa, simplemente arrastramos el elegido hasta la ventana del diagrama de bloques y ya puede ser utilizado, para poder dejar a esta ventana como estable y a vista del programador simplemente seleccionamos el icono

superior izquierdo damos clic izquierdo y lo tenemos disponible y estable al igual que en el panel frontal. Esto sucederá con todas las subventanas que se despliegan al momento de seleccionar cualquiera de los iconos ahí expuestos.

Es de mucha importancia realizar una programación ordenada, esto ayudará al fácil entendimiento del programa para futuras modificaciones o actualizaciones que se podrían dar ante una nueva necesidad o ante alguna falla presente en el software, así mismo tratar de llevar Sub VI para que el programa sea más compacto y legible, cuando se ejecuta un programa realizado se debe tomar en cuenta que se está utilizando una buena cantidad en recursos de memoria en la computadora, es por eso que se debe tener en cuenta una adecuada programación para evitar algún mal funcionamiento del ordenador como del software.

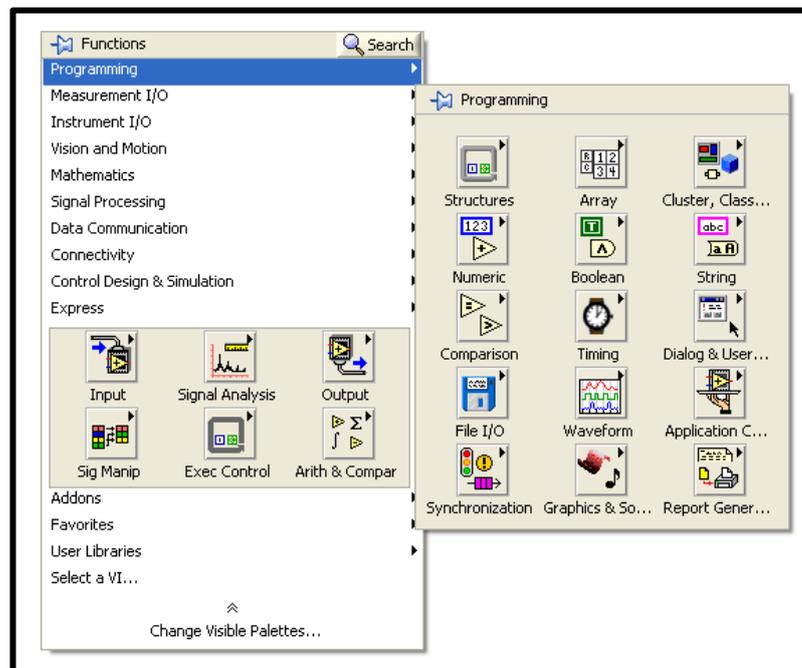


Figura 2.7. Diagrama Paleta de Funciones.

Paleta de Herramientas

Está disponible tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques, es utilizada para seleccionar, mover, marcar, cablear, colorear elementos según se desee esta se despliega haciendo únicamente Shift + clic derecho del mouse sobre el panel o el diagrama, la ventana que se presenta es como se indica en la figura 2.8.



Figura 2.8. Diagrama Paleta de Herramientas.

2.2.1.2 Introducción a software MikroBasic V 4.15

El software compilador *MikroBasic V 4.15* como lo indica la figura 2.9, es uno de los programas de mayor uso en la actualidad para la programación de microcontroladores, esto se da; porque este tipo de compilador presenta e incluye el sistema IDE (*Integrated Development Environment*) lo que significa entorno de desarrollo integrado, esto es un proceso propio de este compilador que facilita la programación de estos dispositivos adecuando de una mejor manera las sentencias de programación a lo largo del desarrollo de un proyecto, otra razón es debido a su amplia gama de Pic's, DsPic's, Avr's que contienen sus librerías y que se pueden programar fácilmente en este software.

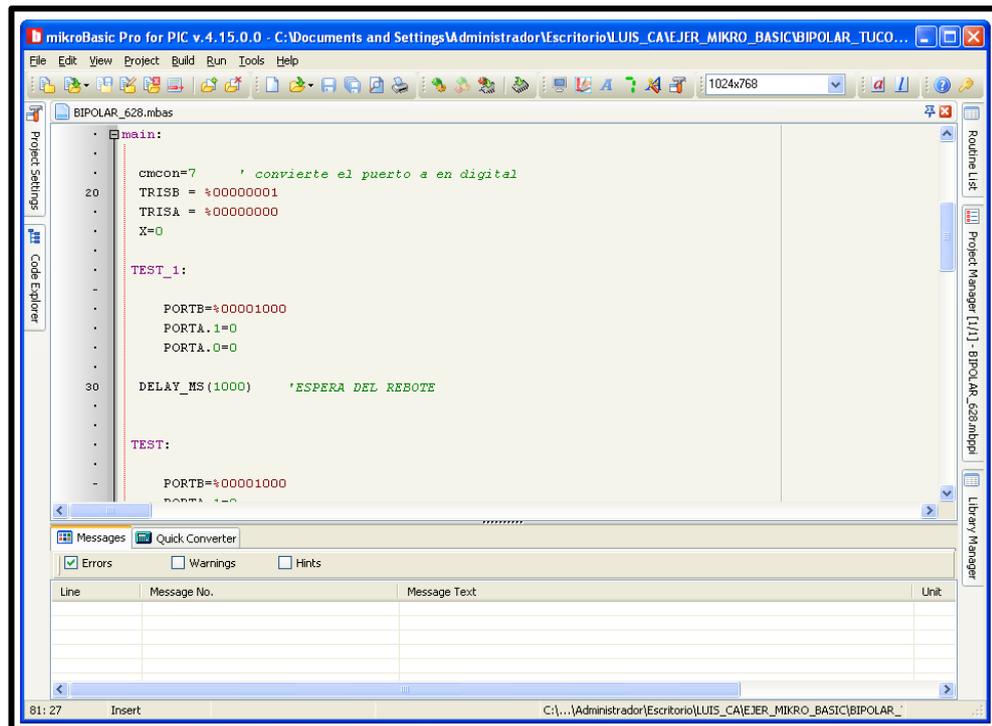


Figura 2.9. Diagrama de software MikroBasic V 4.15¹³.

Mediante estas características se ofrece así la accesibilidad a los programadores de realizar códigos de programación que permiten la fácil implementación, evaluación, control a un determinado trabajo a realizar, para este prototipo se utilizará los microcontroladores Pic's el 18F4550 específicamente.

La empresa que provee este software es MikroElectrónica, esta empresa presenta una versión que generalmente es empleada para aplicaciones estudiantiles o para personas que se quieran introducir al lenguaje, esta versión es gratis con la particularidad que solo se puede copilar hasta 2Kb en el programa, también presenta la versión full que permite realizar cualquier proyecto libremente la cual se la puede adquirir a un cómodo precio, este software presenta una gran número de librerías que se distribuyen en varios sectores funcionales como de comunicación I2C, RS-485, RS-232, USB, de control como PWM, TIMER, CCP, convertidores ADC, DAC manejo de instrumentos indicadores como LCD, GLCD y otros.

¹³ www.mikroe.com

La programación se lo realiza línea a línea con un código denominado Basic, cuando tenemos el panel de programación debemos tomar en cuenta que funciones o rutinas son las más necesarias para el desarrollo del programa; dos aspectos son fundamentales en este software:

- La sección que indica el nombre del módulo creado aparece como ***program*** este es el que presenta a nuestro programa con el nombre del proyecto dado, bajo esta sección se declara símbolos, constantes, variables, funciones o estructuras que se vayan a utilizar a lo largo del programa o incluso en llamadas desde otro proyecto cuando solo se ha creado un módulo en el código.
- La sección ***main*** que termina con ***end.*** es la sección del programa donde se realiza y se escriben las sentencias, llamadas a funciones y métodos que me llevarán a cumplir con las expectativas del código fuente esperado.

Para la operabilidad y correcto funcionamiento del programa se debe seguir el orden de programación que se indica en la tabla 2.3, este orden se da si solo se necesita de todas estas sentencias, sino se utilizara una de ellas solo se escribe la siguiente bajo el mismo orden ahí expuesto, no es una regla y generalmente ni siquiera presenta errores el sistema en el momento de copilar pero es la manera correcta de plantear las sentencias en el programa.

| MIKROBASIC | COMENTARIO |
|---------------------------------|---------------------------------|
| program ORGANI_PROGRAMA | <i>NOMBRE PROGRAMA</i> |
| | |
| SYMBOL BANDERA = PORTB.5 | <i>DECLARACION DE SIMBOLOS</i> |
| | |
| CONST VALOR AS BYTE = 5 | <i>DECLARACION DE CONSTAN.</i> |
| CONST DIA AS BYTE [4]= (1,...N) | <i>CONSTANTES VECTOR</i> |
| | |
| DIM ZA AS BYTE | <i>DECLARACION DE VARIABLES</i> |
| DIM SEMANA AS BYTE [7] | <i>ARREGLO VECTOR</i> |

| | |
|---|---------------------------------|
| DIM M AS BYTE [20][20] | <i>ARREGLO MATRIZ</i> |
| DIM M3D AS BYTE [2][2][2] | <i>ARREGLO 3D</i> |
| DIM MENSAJE1 AS STRING [20] | <i>VECTOR 20 CARACTERES</i> |
| | |
| SUB PROCEDURE DATOS () END SUB | <i>DECLARACION DE PROCESOS</i> |
| | |
| SUB FUNCTION DATOS (DIM QA, QS AS BYTE) AS BYTE RESULT = QA + QS END SUB | <i>DECLARACION DE FUNCIONES</i> |
| | |
| main: ' CODIGO A UTILIZAR end. | |

Tabla 2.3. Descripción de la organización de programa en MikroBasic.

Entre las principales librerías presentes en el software encontramos las que se indican en la figura 2.10, como parte la programación organizada no es recomendable tener activas todas estas librerías sino únicamente las necesarias en el código, es de importancia recalcar que cuando una función o sentencia es solicitada desde el main y esta se maneja con alguna librería del programa inmediatamente reporta un error indicando la librería que falta, esta debe ser seleccionada para que el programa pueda correr sin error alguno.

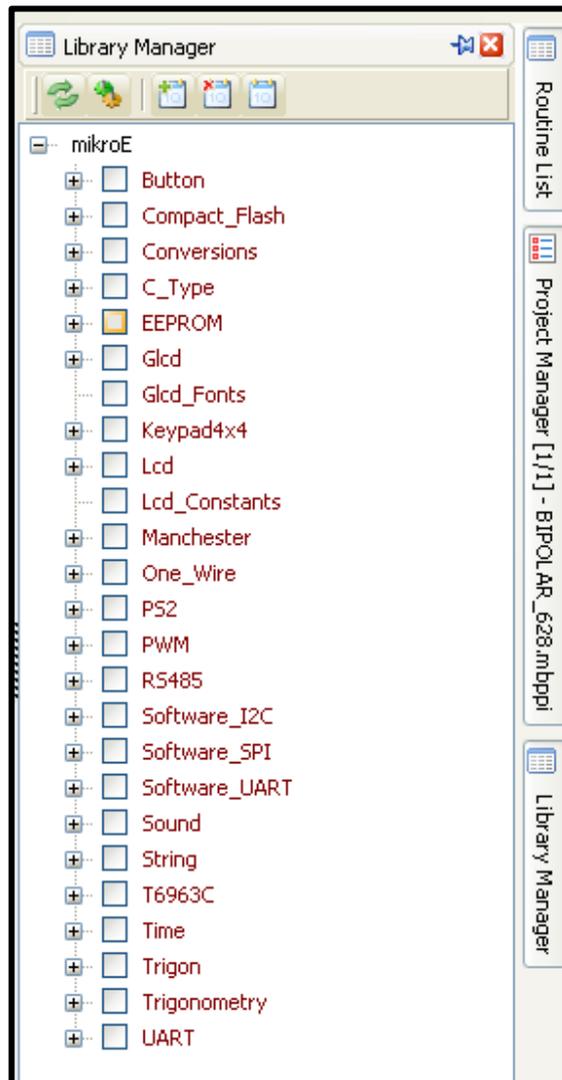


Figura 2.10. Diagrama de librerías software MikroBasic¹⁴ V 4.15

Las aplicaciones que comúnmente se le da a este software generalmente son estudiantiles, esto se da debido a la amplia gama de herramientas que están presentes en el mercado electrónico en la actualidad y que facilitan ciertos procesos, para el presente proyecto se le da un uso estudiantil apuntando a un proyecto comercial, es decir la aplicación que se creará se lo aplicará en el prototipo que se aspira una futura comercialización y se demostrará que las plataformas de comunicación así como la propias tarjetas de adquisición como de control se las puede implementar y desarrollar uno mismo, con el fin de tratar de

¹⁴ www.mikroe.com

obtener un producto final en base al desarrollo ordenado y correcto de estas herramientas.

2.2.1.3 Introducción a Microcontroladores

La demanda de rápidos, eficientes y económicos procesos de trabajo ya sea en control, automatización o procesos de señales en el mundo actual, ha sido la rampa para el revolucionario lanzamiento, evolución y aceptación de estos dispositivos, el pequeño encapsulamiento que posee lo hace mucho más aceptable debido al poco espacio volumétrico que presenta y ocupa ante una aplicación, existen diferentes definiciones para un microcontrolador como:

“Es un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, memorias RAM, EEPROM y circuitos de entrada y salida.”¹⁵

Como la definición lo indica este chip es un verdadero computador, la diferencia radica básicamente en que este dispositivo de fábrica no realiza ningún tipo de trabajo es decir estos dispositivos no vienen con programa alguno interiormente también son conocidos como chips en blanco, si se desea aplicarlo este debe ser programado con los diferentes software existentes en este caso se lo hará con el programa Micro Basic, para el presente proyecto se usara el Pic 18F4550 que provee la empresa microchip como lo indica la figura 2.11.

¹⁵ REYES, Carlos, *Microcontroladores Pic*, 2ª Edición, Editorial Rispergraf, Quito-Ecuador 2006, Pag 17

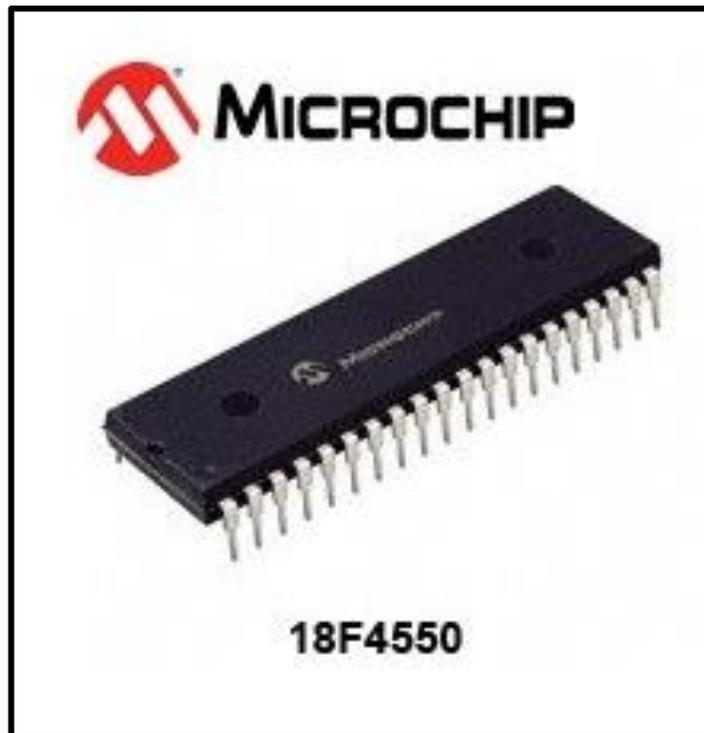


Figura 2.11. Diagrama de Pic 18F4550¹⁶.

Las principales características de este microcontrolador se describen en la tabla 2.4, la disposición de pines se presentan en la figura 2.12.

| CARACTERISTICAS | VALORES |
|-----------------------------|------------------------------|
| MEMORIA DE PROGRAMA | 32 (KB) |
| VELOCIDAD DE CPU | 12 (MIPS) |
| RAM | 2,048 (Bytes) |
| Data EEPROM | 256 (Bytes) |
| PERIFERICOS DE COMUNICACION | 1-A/E/USART, 1-MSSP(SPI/I2C) |
| PERIFERICOS DE CCP | 1 CCP, 1 ECCP |
| TIMER | 1x8-bit, 3x16-bit |
| ADC | 13 ch, 10-bit |
| COMPARADORES | 2 |
| USB | 1, Full Speed, USB 2.0 |
| RANGO DE TEMPERATURA | -40 to 85 (C) |
| SUMINISTRO DE VOLTAJE | 2 to 5.5 (V) |
| NUMERO DE PINES | 40 |

Tabla 2.4. Descripción del Pic 18F4550.

¹⁶ www.microchip.com

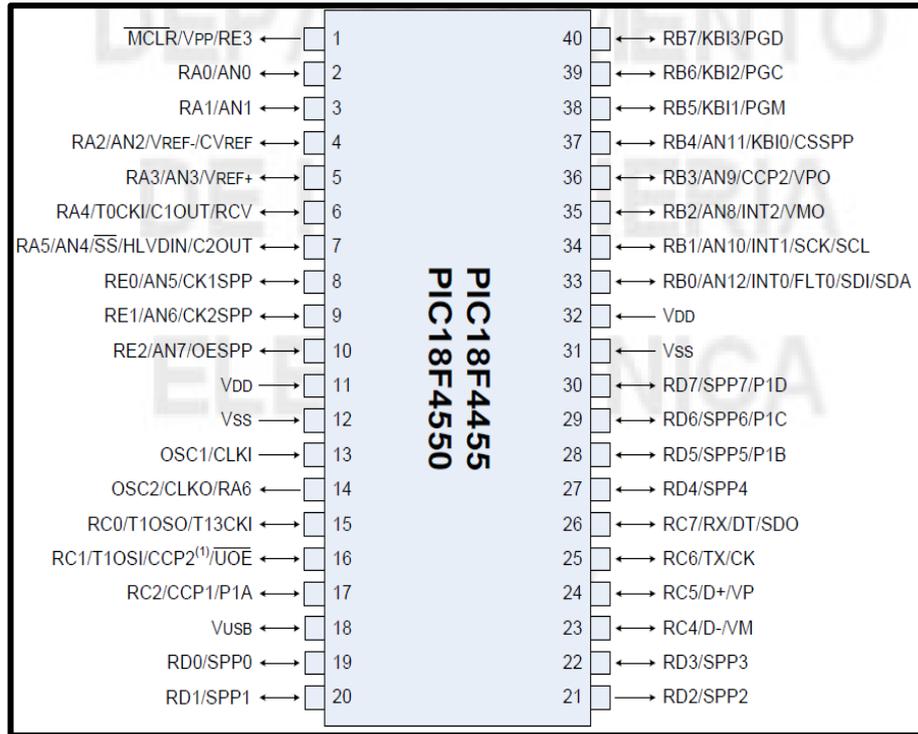


Figura 2.12. Diagrama de disposición de Pic 18F4550¹⁷.

¹⁷ www.microchip.com

2.2.1.4 Introducción software *TouchWin for TH*

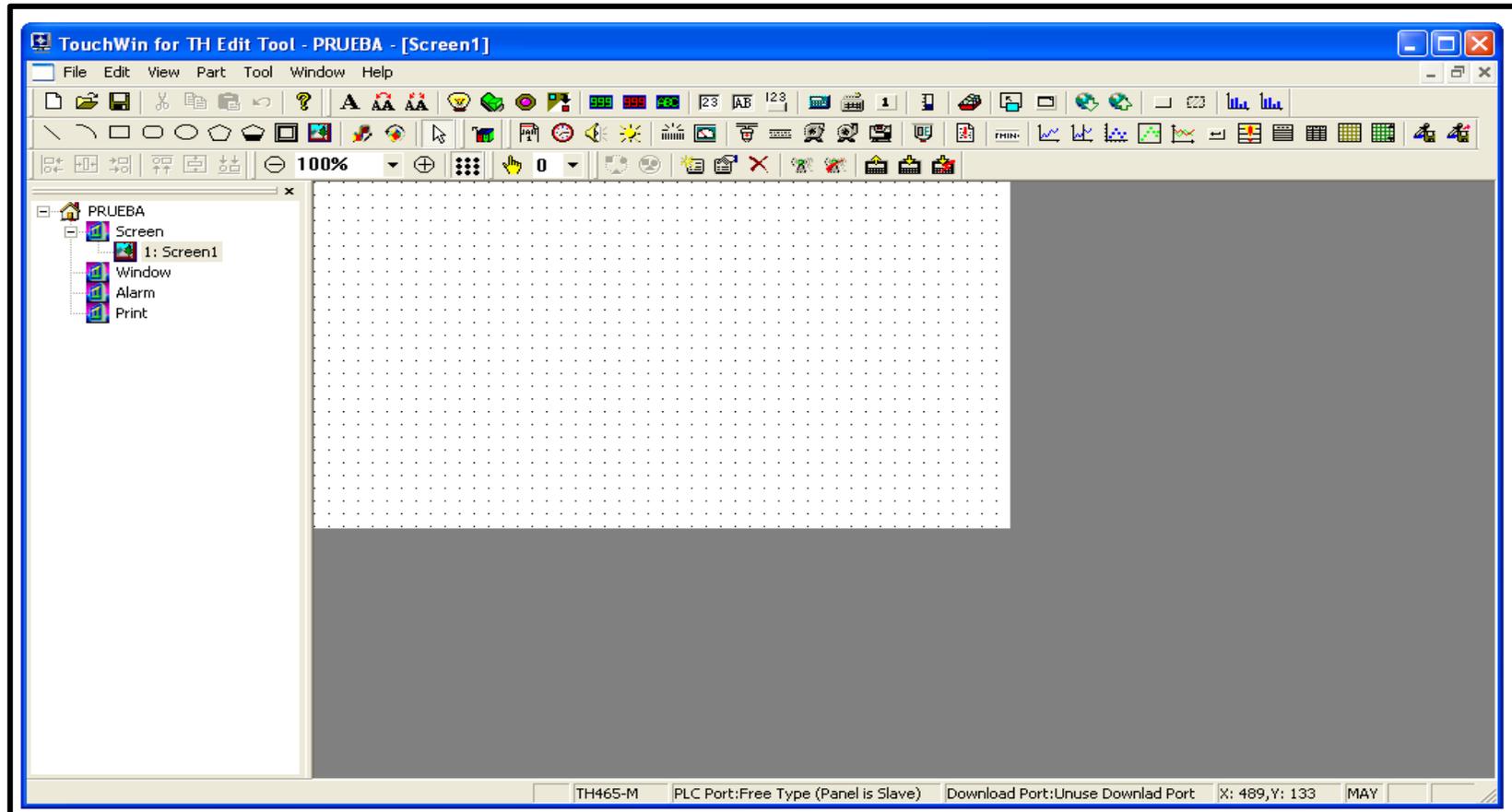


Figura 2.13. Diagrama Software TouchWin for TH¹⁸.

¹⁸ www.xinje.com/0/zcdf182.html

Con la finalidad de mantener una verdadera portabilidad en el equipo, así como también la finalidad de no estar sujeto a ninguna ley de derecho reservado; o de algún software en particular que exigen licencia para futuras aplicaciones con oferta de servicio por un determinado tiempo y a un determinado costo. Se implementa el control e interfaz con el usuario del prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI, mediante una pantalla táctil denominada TH-465 como lo indica la figura¹⁹ 2.14.

Esta pantalla es programada en el software conocido como TouchWin for TH como lo indica la figura²⁰ 2.13, este software también maneja el código G o también conocido como código de programación gráfico manteniendo sus propias librerías en lo que tiene que ver con indicadores, botones o controladores como si estuviera en una realidad mismo. Si se desea incorporar nuevos botones o imágenes muy aparte de las que en el software se implementa se los puede hacer fácilmente, solo se debe tomar en cuenta los formatos de imágenes admisibles en el software para que puedan ser incorporados, se presenta como un prototipo libre para cualquier aplicación que se necesite sin tener complicaciones con licencias es decir es un software de libre aplicación.



Figura 2.14. Diagrama pantalla táctil TH-465

¹⁹ <http://spanish.alibaba.com/product-free-img/hmi-ce-approved-xinje-th865-m-244236585.html>

²⁰ www.xinje.com/0/zcdf182.html

El software TouchWin for TH Edit Tool V 2.C.3 lo provee la empresa China orientada a la automatización industrial Xinje Electronic Co. Ltd, este software se lo plantea y expone libremente, es de mucha y única utilidad para las personas que adquieren un pantalla de interface humana HMI como la TH-465 presentada en la figura²¹2.14, debido a su amplia conectividad con distintos equipos y protocolos existentes en el mercado, es por eso y por el bajo costo económico el gran éxito de penetración que se está dando en los últimos tiempo por esta línea de interfaz humana orientada a la automatización electrónica. Este software maneja varias interfaces y protocolos de comunicación para adaptarse a alguna aplicación, entre los cuales destacan las presentes en la tabla 2.5:

| | |
|----------|----------------------|
| USB (1) | Versión 2.0 |
| USB (2) | Versión 2.0 |
| Serial | RS-232, RS422, RS485 |
| Ethernet | RJ-45 |

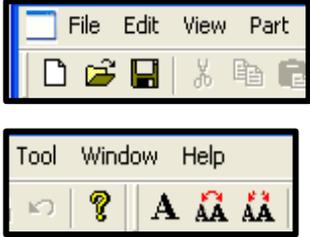
Tabla 2.5. Descripción de interfaces de comunicación del software TouchWin.

Como se trata de un programa de gran extensión se hará mención únicamente a las principales herramientas para poder utilizar, editar, guardar, simular y programar las pantallas TH-465 con este software. En la figura 2.15 se presenta la barra de herramientas del software TouchWin, es desde esta barra que se puede manipular y editar el programa que se presentara al usuario final, en la tabla 2.6 se presenta los principales y más usados iconos funcionales con sus respectivas sentencias de trabajo en la barra de herramientas del software.



Figura 2.15. Diagrama de la barra de herramientas del software TouchWin.

²¹ www.xinje.com/0/zcdf182.html

| ICONO | NOMBRE | DESCRIPCION |
|---|-------------------------------|--|
|  | <p>EDIT FILE</p> | <p>Permite crear, manipular, editar el inicio de un nuevo proyecto, como también permite adecuar la pantalla según la necesidad del programador.</p> |
|  | <p>Lines</p> | <p>Son formas de figuras establecidas por el programa estas pueden ser rectángulos, círculos polígonos o marcos para un diseño de presentación en pantalla.</p> |
|  | <p>Map</p> | <p>Es una de las herramientas más usadas permite el ingreso de imágenes ya sea a color o en blanco y negro que se encuentren bajo el formato .bmp y .jpg.</p> |
|  | <p>Move Animal</p> | <p>Esta herramienta permite dar movilidad a un determinado elemento de la pantalla, solo se indica el camino que se desea recorra, se selecciona el elemento y el camino, se hace un grupo de estos dos y el elemento lo seguirá hasta el final del mismo.</p> |

| | | |
|---|--------------------------------|--|
|  | <p>Material Library</p> | <p>Esta herramienta presenta las figuras y modelos propios del programa los cuales se pueden editar y emplear como indicadores o controles según se necesite.</p> |
|  | <p>Date</p> | <p>Herramientas para control y exposición de fecha, tiempo y alarma en la pantalla.</p> |
|  | <p>Elements</p> | <p>Estas barras presentan distintos tipos de indicadores necesarios en el medio industrial entre ellas tenemos válvulas, tuberías, bombas, motores indicadores de nivel, indicadores de alarma mediante texto los cuales vienen preestablecidos por el programa y son de gran y fácil utilidad en el desarrollo de un programa</p> |
|  | <p>Display</p> | <p>Se presentan tres display los digitales o numéricos, los de alarma y los de texto, estos pueden ser usados cuantas veces sean necesarios y pueden ser manipulados, editados y presentados según lo decida el programador cambiando su color, texto o tamaño.</p> |

| | | |
|---|-------------------------------|---|
|  | <p>Lamp</p> | <p>Elemento indicador que generalmente se usa para identificar pantallas o cambios de acción de elementos.</p> |
|  | <p>Button</p> | <p>Elementos de control para dar paso o detener una determinada acción que se esté dando en el programa se puede editar y modificar.</p> |
|  | <p>Lamp Button</p> | <p>Elemento indicador de una acción o inicio de trabajo se puede editar tamaño, color y si se desea incluir texto.</p> |
|  | <p>Screen Jump</p> | <p>Es de mucha utilidad esta herramienta permite mediante la acción de un determinado control ir alternado pantallas que se hallan programado o diseñado para el usuario final.</p> |
|  | <p>Zoom</p> | <p>Para poder manipular el zoom de la pantalla a trabajar, es muy importante recordar que el área útil de trabajo presente en el programa depende específicamente del modelo de la pantalla que se vaya a programa.</p> |

Tabla 2.6. Descripción de herramientas software TouchWin.

Free protocol

Para el desarrollo de la comunicación con la pantalla TH-465 y el controlador de la misma se ha optado por un código libre de comunicación o también conocido como Free Protocol, este protocolo lo creó y lo plantea libremente la misma empresa China Xinje Electronic Co. Ltd, puede ser manipulado por el propio programador asegurando su código, creando una comunicación eficiente y confiable según la aplicación donde este vaya a trabajar, el protocolo se basa y se plantea de la siguiente manera:

Cuando se desea empezar la comunicación se tiene presente un maestro que en este caso lo representa el propio controlador, y él o los esclavos representados por los terminales ya sean pantallas, plc u otras herramientas que están formando parte del sistema para el cual se está haciendo el trabajo de control o de exposición. Esta comunicación primero la plantea el controlador o maestro mediante el envío de una solicitud por medio de tramas para establecer una solicitud de comunicación al esclavo o terminal que en este caso es una pantalla táctil TH-465, la pantalla realiza el proceso de chequeo inmediato comparando el número de terminal así como también el número de elemento deseado, la suma total de bytes presentes en esta trama respondiendo la aceptación si todo se encuentra en orden y bien planteado, inmediatamente mediante tramas a la solicitud planteada por el maestro.

Se establece tiempo de control para determinar si se realiza o no la comunicación así el maestro deberá hacer un testeo de tiempo a la espera de la respuesta de la pantalla, este tiempo no debe exceder los 50 ms, si esto llegara a suceder el maestro debería reenviar la solicitud hasta llegar a obtener la confirmación en la comunicación.

De la misma manera el esclavo debe realizar un testeo del tiempo hasta la llegada de solicitud del maestro, este tiempo no debe exceder los 25 ms, caso contrario esta pantalla no debe inicializar ningún proceso.

Se establecen dos tramas de comunicación, la primera representa la solicitud necesaria recibida para establecer la comunicación, la segunda es la respuesta a esa solicitud enviada por el controlador.

Trama de solicitud

La trama de solicitud está constituida por seis partes estructurales como se indica en la tabla²² 2.7, se debe tomar en cuenta que esta es una trama totalmente obligatoria si bien el código es de libre en configuración de ingreso tanto en la forma como en la cantidad de datos, no se puede modificar la trama ya establecida por que esto es un formato estandarizado por la empresa creadora.

| | | | | | |
|---------|---------|-----------|-------|------|------|
| No NODO | COM_R_W | DIRECCIÓN | LARGO | DATO | SUMA |
|---------|---------|-----------|-------|------|------|

Tabla 2.7. Descripción de trama de solicitud.

➤ **No NODO**

Cuando se requiere el control de varias pantallas o el control de uno o más dispositivos de esta misma línea de productos electrónicos, estos son identificadas con un número denominado No NODO, se puede tener de 0 a 255 elementos disponibles, esto es muy utilizado cuando se está realizando un control scada o cuando se desea realizar una difusión de sentencias o acciones en cada uno de los elementos que se esté controlando en ese instante, para localizar el elemento deseado solamente se escribe el número del elemento en formato hexadecimal es decir si quiero llamar al elemento tres basta con escribir 03H en la primera casilla de la trama que corresponde al No Nodo que indica a que elemento se le envió de solicitud.

➤ **COM R W**

Traduciendo sus siglas hace referencia a un (COM) comando de (Read) lectura o (Write) escritura de datos hacia el elemento que se quiera utilizar.

²² www.xinje.com/0/zcdf182.html

Para leer o escribir un dato desde el controlador únicamente se escribe en el cuadro correspondiente de la trama entre comilla “52H” si se desea leer, y “57H” si se desea escribir.

➤ **DIRECCIÓN**

Es la dirección o número índice que indica o apunta que elemento ya sea control o indicador voy a utilizar en la pantalla mediante un numero asignado previamente a éste, esta dirección lleva un número máximo de 128 palabras o apuntadores para poder seleccionar el elemento deseado, esta se las enumera y se las llama colocando únicamente en la trama y en la casilla de DIRECCION la palabra MW (0 - 127), según el apuntador asignado al elemento o lo que se desee controlar en la pantalla.

➤ **LARGO**

Es la cantidad de Bytes que se especifica por cada palabra que se utilice en la casilla de datos, es decir si la pantalla o el elemento que se esté utilizando me envía un 256 en formato decimal desde el controlador tendría que leer un formato como 01H FFH, estaría enviando dos BYTES para un control, presentación o lo que se desee hacer.

➤ **DATO**

Es el valor numérico o de texto que el elemento envía al controlador o que el controlador escribe en el elemento para procesos, trabajos o visualizaciones que se esté utilizando en ese instante, estos valores se los representa o se incluyen bajo la palabra MW. Los elementos poseen un máximo de 128 palabras para poder intercambiar con el controlador que se utilice.

➤ **SUMA**

Es el valor numérico (en hexadecimal) que se obtiene mediante la suma de todos los valores anteriores en la trama, es de mucha importancia porque es una de las comparaciones que se realiza en el protocolo para poder detectar y aceptar la trama correspondiente con sus respectivos datos ya sean de lectura o de escritura

Trama de respuesta

La trama de respuesta es muy parecida a la trama de solicitud de la misma manera está constituida por seis partes o casillas estructurales como se indica en la tabla²³ 2.8, se debe tomar en cuenta que esta es una trama totalmente obligatoria si bien el código es de libre en configuración de ingreso tanto en la forma como en la cantidad de datos no se puede modificar la trama ya establecida, a diferencia de la trama de solicitud esta presenta una casilla de **estado** que es la que especifica el establecimiento de la comunicación como también el colapso de la misma, todas las características de las demás casillas excepto la de ESTADO se encuentran descritas anteriormente.

| | | | | | |
|---------|--------|-----------|-------|------|------|
| No NODO | ESTADO | DIRECCIÓN | LARGO | DATO | SUMA |
|---------|--------|-----------|-------|------|------|

Tabla 2.8. Descripción de trama de respuesta.

➤ **ESTADO**

Es la casilla encargada del establecimiento de la comunicación como también del rechazo de la misma, ésta se encuentra estructurada por cinco valores numéricos que representa un estado de comunicación por cada valor estos se especifican en la tabla 2.9.

²³ www.xinje.com/0/zcdf182.html

| VALOR | DESCRIPCION |
|-------|--|
| 0 | (OK) estado correcto se establece la comunicación. |
| 1 | Error de dirección no se la encuentra o no esta en el sistema. |
| 2 | Error en largo de dato mayor o menor al obtenido. |
| 3 | Error de rango cuando se excedió la cantidad de palabras (>128). |
| 4 | Error de comando o la trama está mal estructurado. |

Tabla 2.9. Descripción de la casilla de estado en la trama de respuesta.

Ejemplo de lectura

Como ejemplo de lectura de la comunicación y si se quiere leer las dos primeras palabras MW0 y MW1 presentes en los dispositivos tenemos:

El controlador envía una trama como la que se tiene presente en la figura 2.16, esta trama se inicia planteando la llamada al terminal 1 (01H) en el sistema, la llamada se da para realizar una lectura (52H) al elemento controlador o indicador presente en el terminal con dirección 0 (00H), de este elemento se pretende o desea leer dos (02H) bytes de datos presentes en el, obteniendo de esa manera la suma total de datos presentes en la trama de 55H, esa es la inquietud enviada por parte del controlador a un solo elemento presente en el terminal 1.

| | | | | |
|---------|---------|-----------|-------|------|
| 01H | 52H | 00H | 02H | 55H |
| No NODO | COM_R_W | DIRECCIÓN | LARGO | SUMA |

Figura 2.16. Diagrama de trama de solicitud de lectura.

El dispositivo o terminal 1 responde la solicitud enviada por el controlador con una trama como la presente en la figura 2.17, esta trama se inicia indicando que el terminal número 1 (01H), se encuentra en estado (00H) o también conocido como estado (OK) listo para realizar la comunicación de lectura con el controlador desde el elemento 0 (00H) del terminal 1, el cual posee un largo de dos (02H) bytes es decir tiene dos palabras de datos en el donde MW0= 00H 0AH, y MW1=00H 05H, y con una suma total de datos equivalente a 12H.

| | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|---------|---------|------|
| | | | | MW0 | MW1 | |
| 01H | 00H | 00H | 02H | 00H 0AH | 00H 05H | 12H |
| No NOD | ESTAD | DIREC | LARGO | DATO | | SUMA |

Figura 2.17. Diagrama de trama de respuesta de lectura.

Ejemplo de escritura

Como ejemplo de escritura en la comunicación y si se desea exponer algo en un elemento presente en un determinado terminal tenemos:

El controlador envía una trama como la que se tiene presente en la figura 2.18, esta trama se inicia planteando la llamada al terminal 1 (01H) en el sistema, la llamada se da para realizar una escritura (57H) al elemento controlador o indicador presente en el terminal con dirección 0 (00H), a este elemento se le pretende o desea escribir un (01H) byte, el dato que se le desea escribir es el 260(en decimal), entonces en la palabra MW0 o en la primera casilla de las 128 casillas disponibles del elemento se escribirá un 05H 00H, es decir se cuenta 5 valores más a partir del 255 disponible de un byte que el elemento del terminal lo entiende y lo toma como un 260(en decimal), para al final obtener una suma de datos igual a 5EH.

| | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|---------|------|
| 01H | 57H | 00H | 01H | 05H 00H | 5EH |
| No NOD | COMAN | DIREC | LARGO | DATO | SUMA |

Figura 2.18. Diagrama de trama de solicitud de escritura.

Cuando se ha enviado ya el valor que se desea escribir el terminal seleccionado devuelve una trama como la presente en la figura 2.19, esta trama solo indica que el terminal 1 (01H), se encuentra en estado OK (00H), dando un valor total de suma de datos 01H, esto expresa que ha sido escrito correctamente dando la aceptación del valor y de la comunicación.

| | | |
|--------|--------|------|
| 01H | 00H | 01H |
| No NOD | ESTADO | SUMA |

Figura 2.19. Diagrama de trama de respuesta a solicitud de escritura.

2.2.1.5 Pantalla Táctil TH-465

Como se había planteado anteriormente, con el fin de poder lograr una verdadera portabilidad en el prototipo de banco de prueba de bombas de inyección electrónica PLD y EUI, se incluye este dispositivo electrónico en el desarrollo del

proyecto, esta pantalla es como se presenta en la figura 2.14, una de sus principales ventajas se la plantea en el hecho de ser un dispositivo de libre aplicación, es decir lo único que se necesita para realizar un trabajo de aplicación en donde intervenga este elemento es adquirir la pantalla, el software controlador de esta pantalla se lo expone libremente a los usuarios por parte de la empresa Xinje Electronic Co. Ltd, de esa manera cualquier empresa o cualquier diseñador podrá hacer uso de las ventajas que esta pantalla ofrece sin la necesidad de estar sujeto a licencia alguna, entre sus principales características encontramos las descritas en la tabla²⁴2.10. Estructuralmente la pantalla táctil TH-465 está formada como se indica en la figura²⁵2.20, ahí se presenta el modelo frontal de la pantalla, donde encontramos una entrada USB_A, la pantalla táctil de trabajo o visualización y un led indicador de inicio.

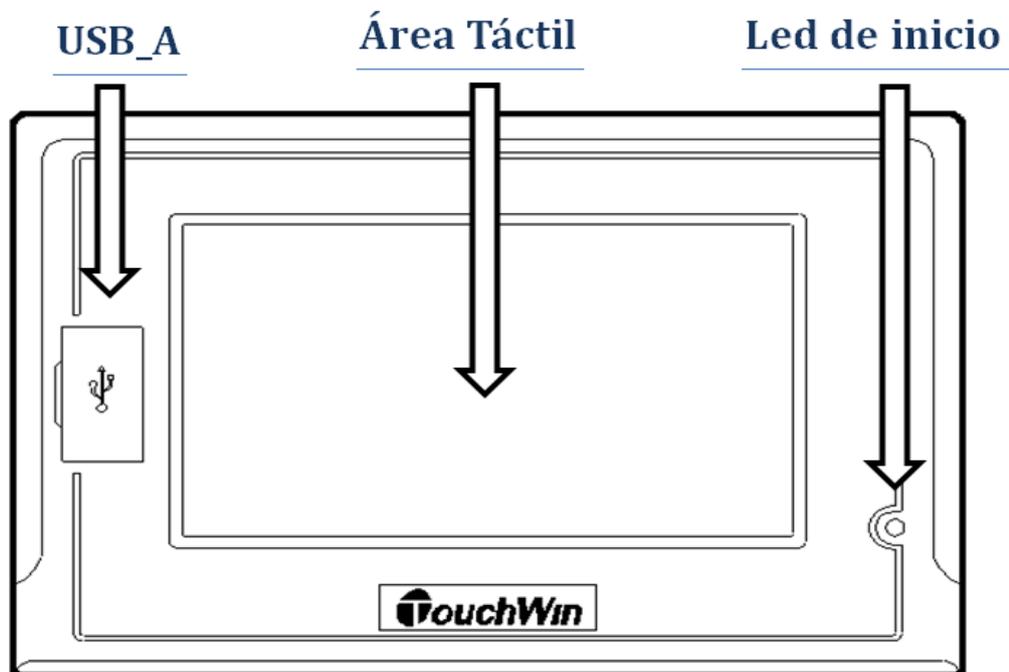


Figura 2.20. Diagrama frontal de la pantalla TH-465.

La parte posterior de la pantalla TH-465 es como se indica en la figura 2.21, donde encontramos:

- Soque de alimentación.
- Puerto serial COM_1.

²⁴ <http://spanish.alibaba.com/product-gs/hmi465-m-305042161.html>

²⁵ www.xinje.com/0/zcdf182.html

- Puerto serial COM_2.
- Puerto USB_B.
- Puerto USB_A.

Las dimensiones de esta pantalla TH-645 se describen como se indica en la figura²⁶2.22 a,b,c, respectivamente

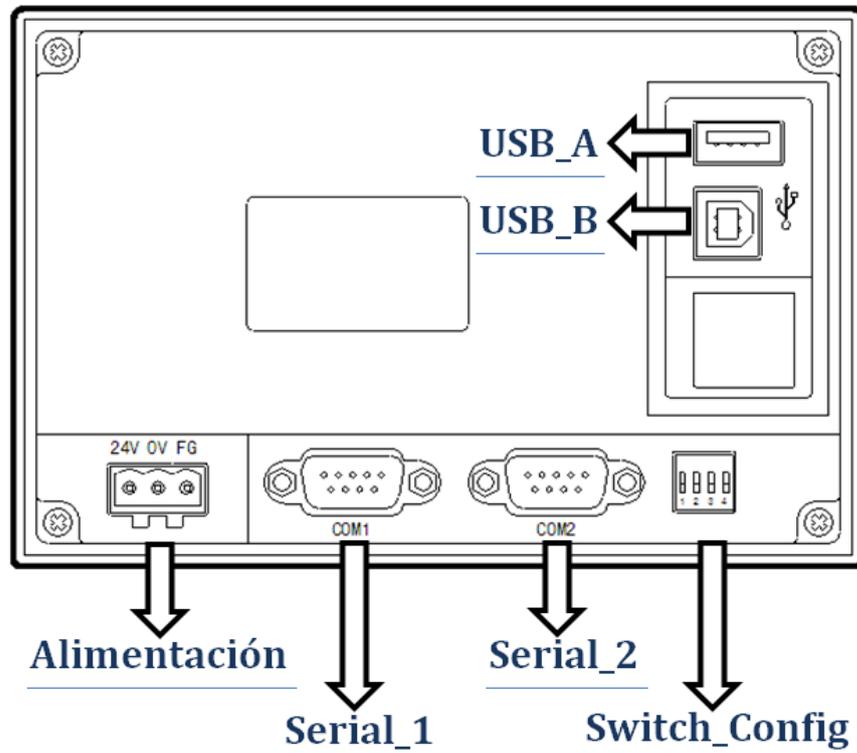


Figura 2.21. Diagrama posterior de la pantalla TH-465.

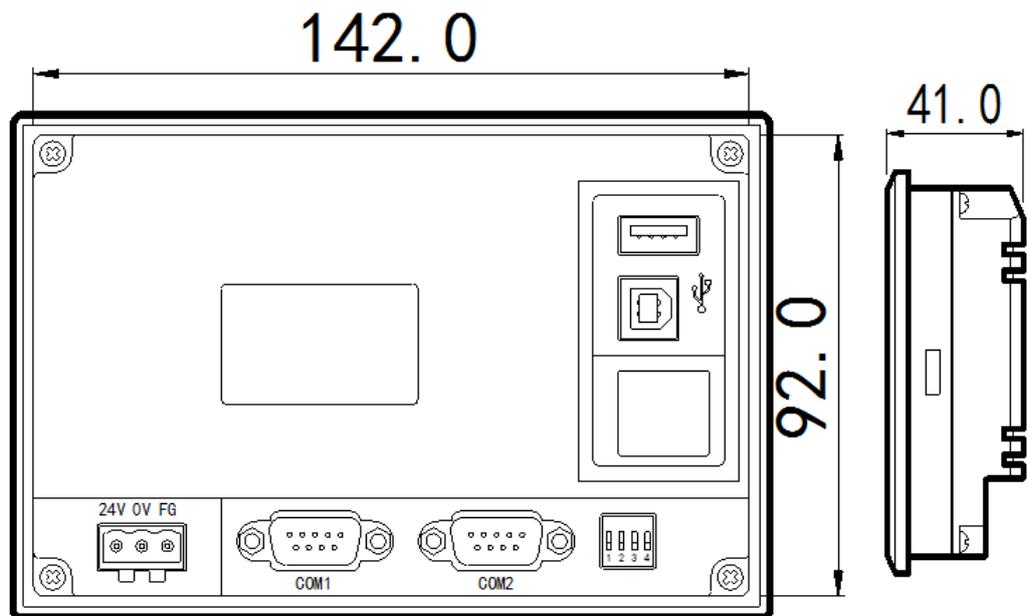


Figura 2.22a. Diagrama dimensiones de la pantalla TH-465.

²⁶ www.xinje.com/0/zcdf182.html

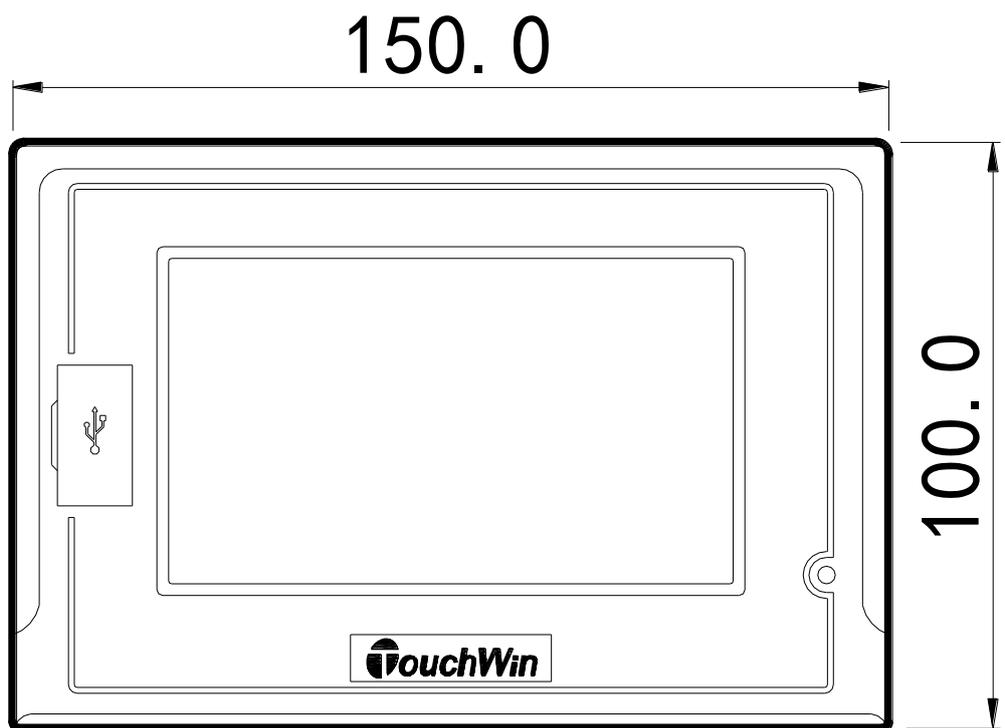


Figura 2.22b. Diagrama de dimensiones de la pantalla TH-465.

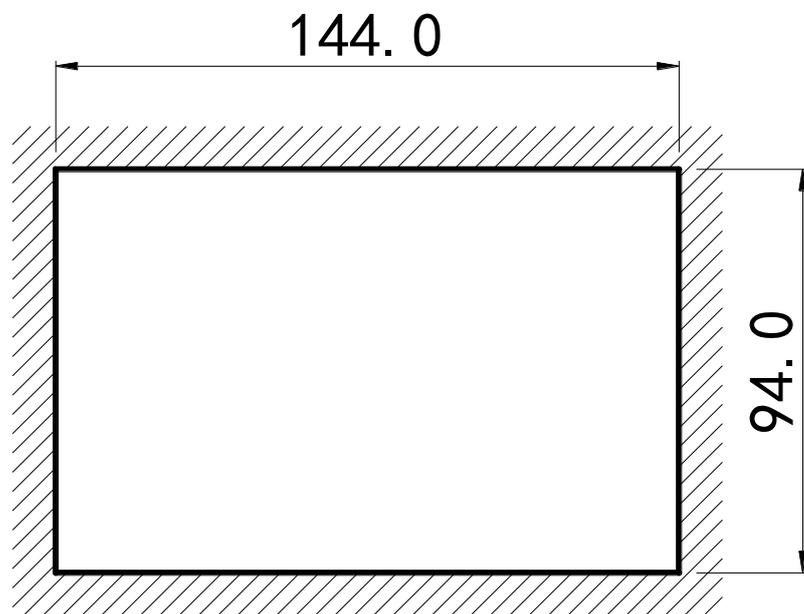


Figura 2.22c. Diagrama dimensiones de la pantalla TH-465.

| | | |
|------------------|-------------------------------|--|
| ELÉCTRICO | Voltaje de entrada | DC 20 - DC 28V |
| | Corriente de consumo | 130mA |
| | Tiempo de apagado momentáneo. | < 10ms |
| | Voltaje de soporte | AC1000V-10mA 1 minuto. |
| | Impedancia aislada | DC500V-10MΩ |
| TÉCNICOS | Diseño | Aplicación con diseño industrial. |
| | Formatos | Acepta formatos BMP y JPG. |
| | Bibliotecas | Una gran biblioteca de imágenes editables incluso en 3D. |
| | Animación | Animación de componentes en la pantalla. |
| INTERFAZ | COM1 | RS-232/RS-485 |
| | COM2 | RS-232/RS422/RS485 |
| | USB1 | USB-A con USB2.0 |
| | USB2 | USB-A con USB2.0 |
| | USB3 | USB-B con USB2.0 |
| AMBIENTE | Temperatura de operación | 0 – 50 °C |
| | Temperatura de la reserva | 20 – 60 °C |
| | Humedad | 20 - 85% sin condensación |
| | Oscilación de soporte | 10 – 25 HZ en X, Y, Z. |
| | El Anti-Interferencia | Ruido del voltaje: 1000 Vp-p, 1 us de ancho de pulso. |
| | Aire circundante | Ningún gas corrosivo |
| | Proteja la construcción | Acuerde con la protección. |
| | Tipo | 65536 colores. |
| | Tamaño de pantalla | 4.3 pulgadas |

| | | |
|---------------------|----------------------|---|
| PANTALLA | Vida útil | > 50000 horas, 24 horas al día a 25 °C |
| | Resolución | 480*272 pixeles. |
| | Contraste | No ajustable |
| | Ajuste del carácter | Chino, inglés, japonés, español, coreano. |
| | Tamaño de carácter | Cualquier fuente y tamaño |
| | El panel de tacto | Tacto del resistivo de 4 alambres |
| MEMORIA | Pantalla | 8MB |
| CONSTRUCCIÓN | Modo de enfriamiento | Refrigeración por aire natural |
| | Dimensión exterior | 150*100*41 mm. |
| | Dimensión de montaje | 144*94 mm. |

Tabla 2.10. Descripción técnica de pantalla TH-465.

2.2.1.6 Sensor inductivo

Este tipo de sensores son conocidos también como sensores de proximidad, con la particularidad que solo detectan la presencia o ausencia de objetos metálicos conductores, cualquier corriente que circule por un hilo conductor genera un campo magnético alrededor de él, este es el principio de funcionamiento de este tipo de sensores, está constituido por una bobina electromagnética la que se encuentra enrollada sobre un imán o un hilo conductor, dependiendo si su salida es analógica o es digital entonces existen estos dos tipos de sensores en el campo de la mecatrónica en el presente proyecto solo se utilizará los sensores con salida digital que son los que más se aplican en los vehículos actuales:

Sensor inductivo con salida digital

Son conocidos también como sensores inductivos o de proximidad estos se encuentran de tres o cuatro hilos normalmente, para su funcionamiento este tipo de sensores necesitan una alimentación en corriente continua CC que puede estar

entre 5, 12 o 24 (V) según el fabricante y según la implementación donde estos vayan a ser utilizados, estos sensores son como se presentan en la figura 2.23, entre sus principales características tenemos las que se presentan en la tabla 2.11.



Figura 2.23. Diagrama del sensor inductivo con salida digital²⁷.

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| Alimentación | 5 – 25 VDC |
| Diámetro | 8, 12 ,18 ,30 mm |
| Longitud | 30, 43, 47, 57 mm |
| Distancia Sensado | 1.5, 2, 4, 5, 8, 10, 15 mm |
| Salida | PNP,NPN (NA NC) 200 mA |

Tabla 2.11. Descripción técnica del sensor inductivo con salida digital.

La función de este tipo de sensores es crear líneas de campo magnético las cuales están siendo monitoreadas constantemente, cuando delante de este se tiene la presencia de un material conductor existen pérdidas de líneas de campo magnético por la presencia de corrientes de histéresis dando así pérdidas en la corriente del sistema. Es ahí donde trabaja el sensor detectando las caídas de corriente que producen una menor oscilación en el circuito del sensor que se dan por la presencia del material conductor.

Como consecuencia de este fenómeno se muestra de esa manera una señal de salida cuadrada la cual mantiene su amplitud constante pero varía su frecuencia en función a la frecuencia de acercamiento del material conductor, esto es de mucha importancia y para esta aplicación sirve para poder determinar la posición

²⁷ <http://tonnyrios.blogspot.com/>

momentánea de donde se encuentre la leva y que bomba se está accionando en ese momento para poder realizar el inicio de inyección exacta, respectiva y al momento adecuado en el sistema de prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica, mediante esta también podemos determinar a qué revoluciones se encuentra la maquina en ese instante y así mantener un sistema estable para poder realizar las pruebas de simulación respectivas en el prototipo.

Constitución de los sensores inductivos con salida digital

Los sensores inductivos con salida digital están constituidos por una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de disparo de señal que es el encargado de monitorear las caídas de corriente y un circuito de acople para la salida del mismo como se indica en la figura²⁸ 2.24, son de vital importancia en el desarrollo de proyectos aplicables en el campo de la mecatrónica debido su amplia velocidad de respuesta, a su bajo costo económico, a su pequeño tamaño, a su exactitud y sobre todo a su gran eficiencia en durabilidad que este tipo de sensores presentan ya que su trabajo no se da por contacto o fricción sino por un acercamiento.

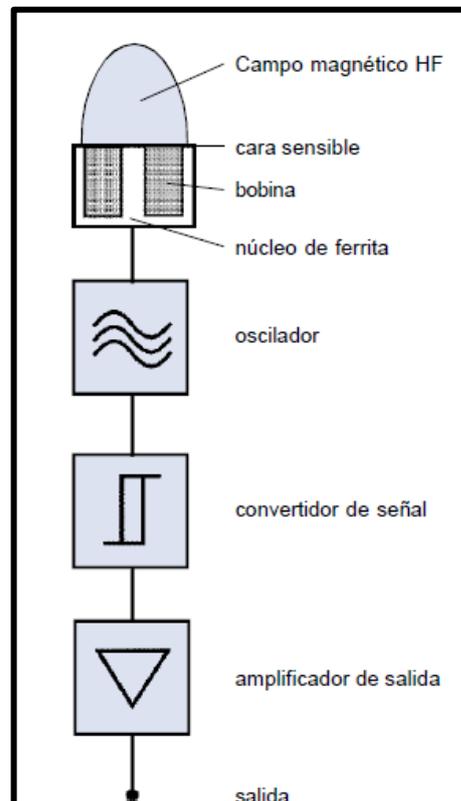


Figura 2.24. Diagrama de estructura del sensor inductivo con salida digital.

²⁸ <http://www.compositesgroup.com/CONTRINEX/Catalogo%20Inductivos.pdf>

2.2.1.7 Fuente de alimentación del sistema

Para la alimentación del sistema se utiliza una fuente de la línea Mean Well HRPG serie 150-24, su distribución lo realiza la empresa Jameco Electronics, presenta una eficiencia que está alrededor del 87% , permite un pequeño rango de voltaje variable que va alrededor de los 3 a 4 V que depende de la salida de voltaje de la misma, en este caso la salida es de 24 V a 13 A, se puede regular fácilmente desde los 20 V hasta el total de su voltaje 24 V, su entrada puede ser de 110 V con 2.3 A, o 220 V con 1.3 A en CA, con un rango de frecuencia que se adapta desde los 47 hasta los 65 Hz, su temperatura de trabajo oscila entre -30 y 70 °C, así mismo soporta movimientos vibratorios en los tres ejes X, Y, Z de hasta 500 Hz. Presenta siete borneras de conexión como se indica en la figura²⁹ 2.25a, su dimensionamiento y disposición de pines es como se presenta en la figura 2.25b y en la tabla 2.12, esta fuente se encargara en su gran parte de suministrar la energía necesaria para el control de las bombas de inyección tanto en la PLD como en la EUI, manteniendo aislado de picos de corrientes el sector de control en el sistema (ANEXO A).

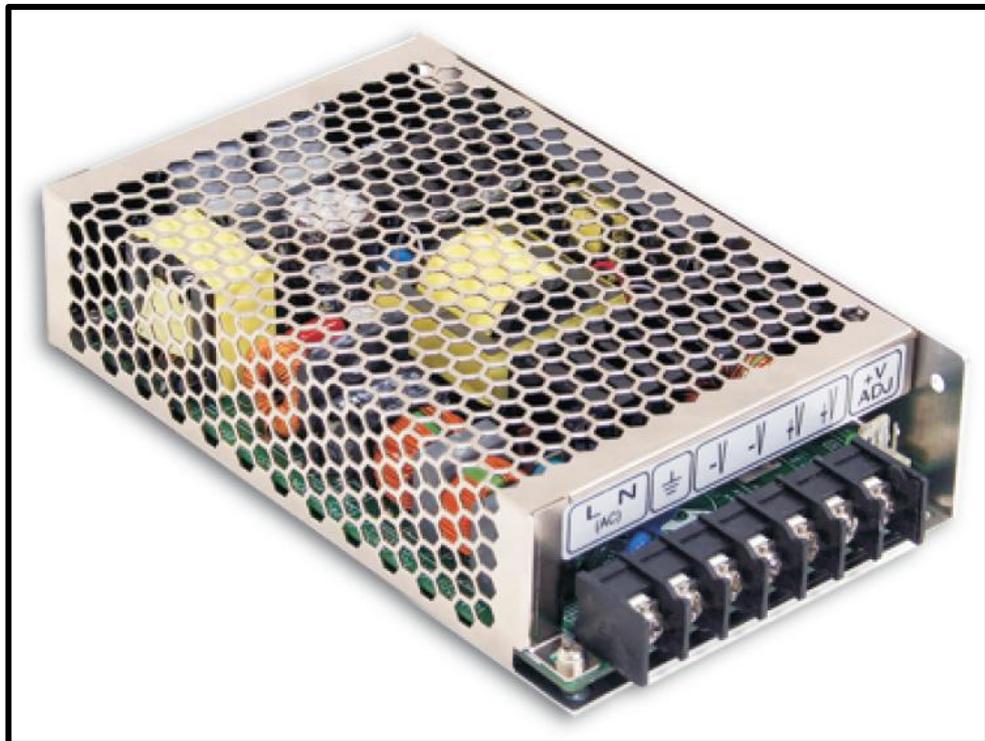


Figura 2.25a. Diagrama de fuente de alimentación del sistema.

²⁹ <http://www.jameco.com>

| No Pin | Función | Valor |
|--------|-----------------------|---------------------|
| 1 | Línea de alimentación | 110 V - 220 V (CA). |
| 2 | Neutro. | |
| 3 | Tierra. | |
| 4 | Salida , - Vcc (DC) | 0 V |
| 5 | Salida , - Vcc (DC) | 0 V |
| 6 | Salida , + Vcc (DC) | 24 V (CC) |
| 7 | Salida , + Vcc (DC) | 24 V (CC) |

Tabla 2.12. Descripción de características del sensor inductivo con salida digital.

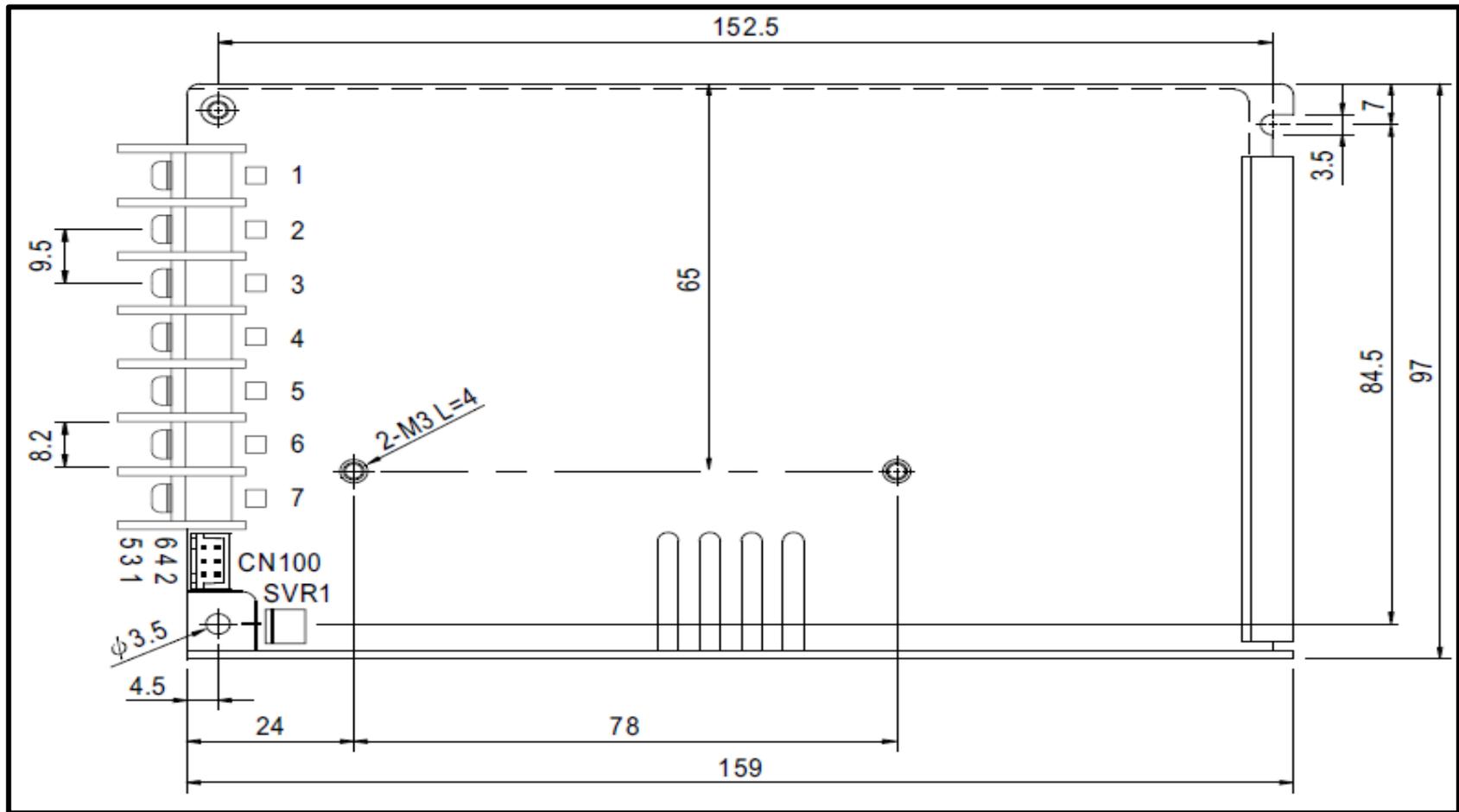


Figura 2.25b. Diagrama de medidas de la fuente de alimentación del sistema.³⁰

³⁰ <http://www.jameco.com>

2.2.2 Diseño y construcción del circuito de control y potencia

En la actualidad existen diferentes tipos de componentes electrónicos, así como también diferentes tipos y modelos para fabricar circuitos impresos utilizados ya sean para aficionados, para estudiantes o como para una distribución comercial según se tenga la necesidad, las diferencias de estos radican principalmente en el espacio físico, la calidad y confiabilidad del sistema, por lo que se debe tomar en cuenta las mejores opciones cuando se desea tener un producto final.

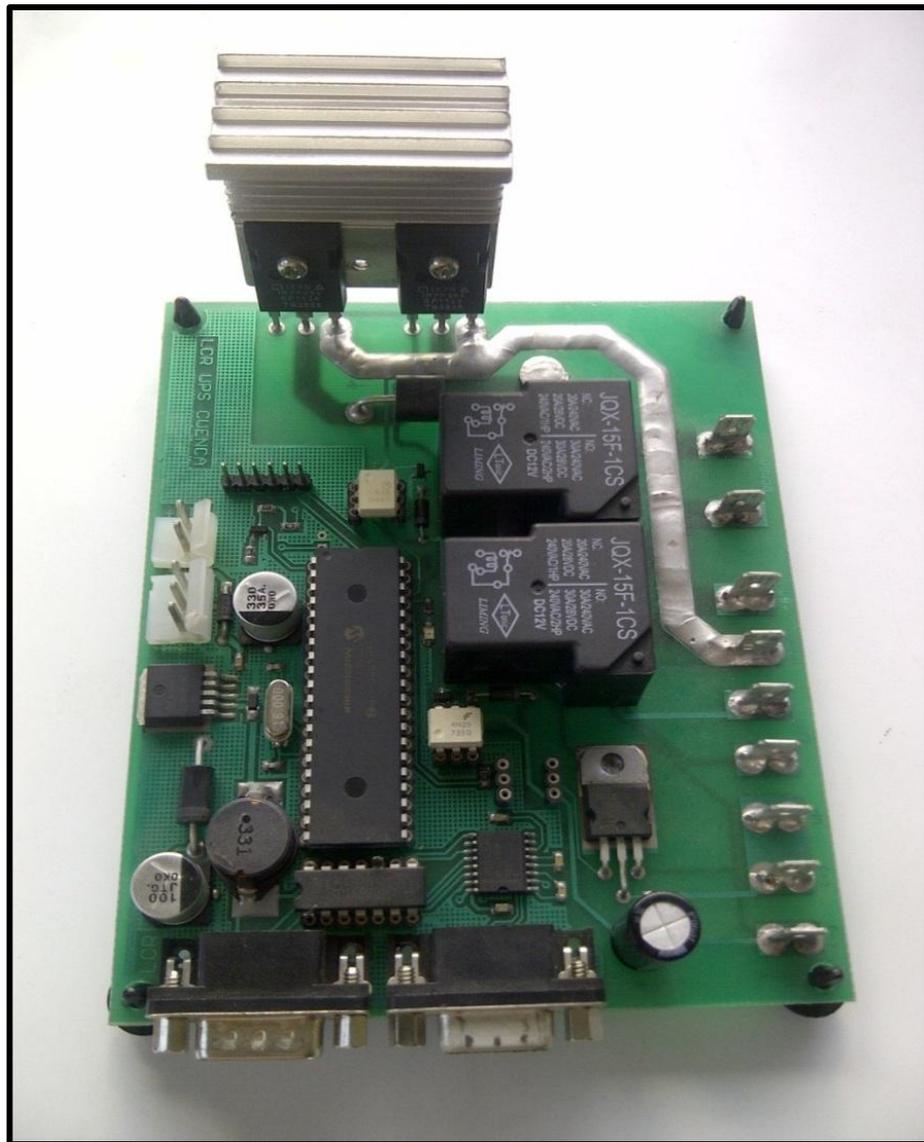


Figura 2.26. Diagrama de la tarjeta electrónica del sistema

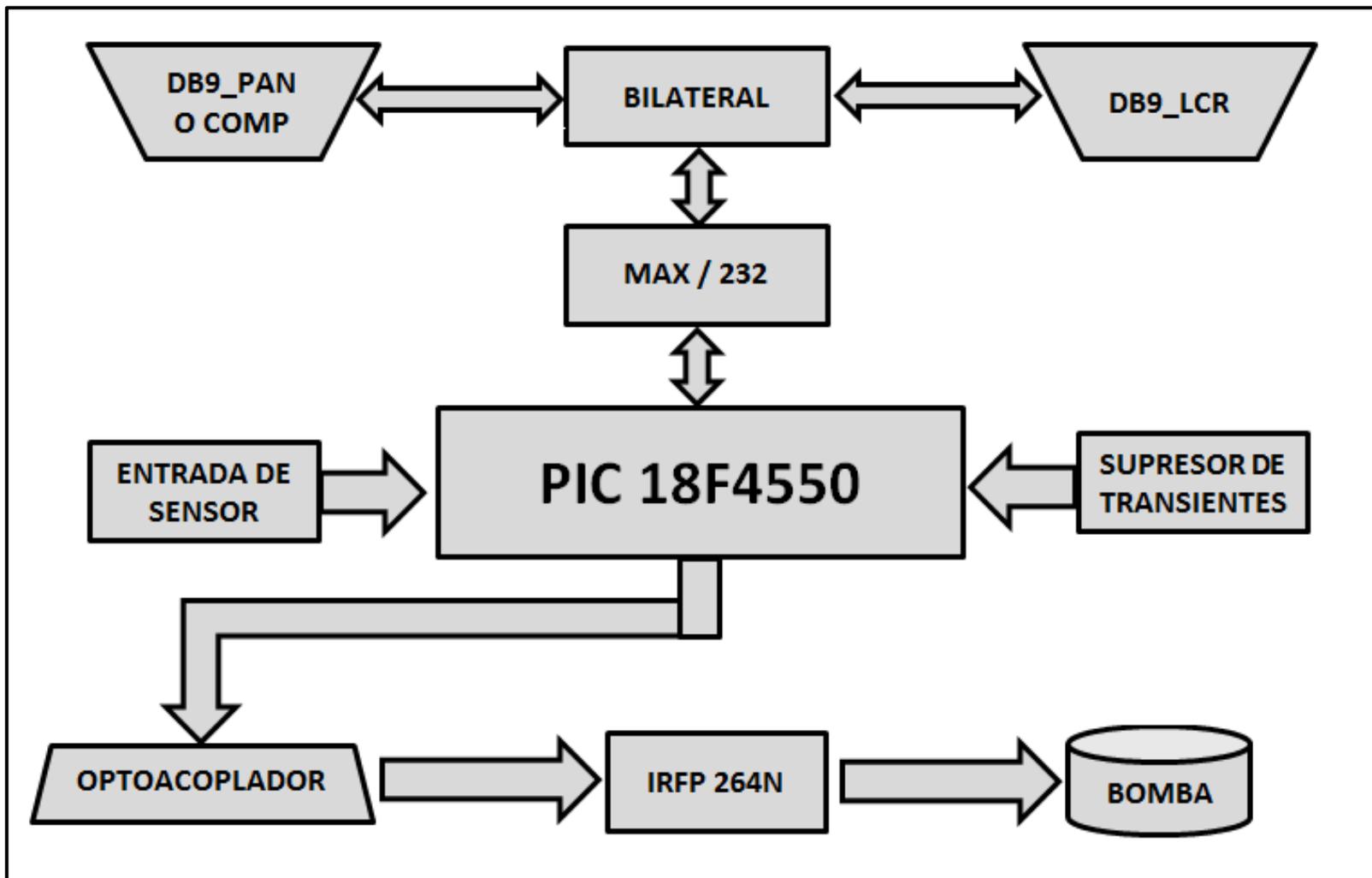


Diagrama 2.1. Descripción de tarjeta electrónica.

Es por eso que en este proyecto, tanto el sistema de control como el sistema de potencia están incluidos en una misma tarjeta electrónica, esta tarjeta está dirigida básicamente por un microcontrolador 18f4550 trabajando a una frecuencia de 16 MHz, este microcontrolador trabaja en calidad de maestro manipulando los diferentes rangos de disparo y avance de las bombas a evaluarse, controlando al sistema en general como también a la comunicación ya sea con la computadora o con la pantalla que están siendo manejadas por el usuario final, la mayoría de los componentes utilizados en esta tarjeta electrónica se los ha planteado en montaje superficial (SMD), en una tarjeta a doble capa, con el fin de reducir espacio físico así como también brindar calidad, confiabilidad y sobre todo una excelente apariencia estética en el trabajo, como se indica en la figura 2.26, donde encontramos la tarjeta electrónica ya construida y lista para su implementación final.

2.2.2.1 Descripción del sector de control en la tarjeta electrónica.

La tarjeta electrónica diseñada para este proyecto presenta en su sector de control los siguientes elementos:

- Dos puertos de conexión serial DB9 con su respectivo Max232 en SMD, de los cuales el primero está orientado a la comunicación con el multímetro que es el encargado de medir el parámetro de inductancia en la bomba a controlar y el segundo está orientado a la comunicación con la pantalla TouchWin o la computadora que son la interfaz entre la máquina y el operario final.
- Tres entradas que comunicaran e informaran el estado y posición del sensor inductivo presente en el Cambox del sector mecánico hasta el microcontrolador.
- Dos pines de alimentación al sistema, esta alimentación puede variar entre 6 y 50 V, debido a la regulación de voltaje que se tiene presente en el sistema por medio del chip TL2575 en SMD (ANEXO B), el cual presenta

un supresor de transientes que es muy necesario para el manejo de ruido cuando el sistema se encuentra en funcionamiento.

- Presenta seis pines orientados a la comunicación ICSP entre el microcontrolador y su compilador para lo que se refiere a actualizaciones o modificaciones en el programa fuente del controlador.
- Tres opto acopladores que son los encargados del aislamiento entre la parte de control y la potencia en el sistema. El microcontrolador 18f4550.

En la figura 2.27, se indica cada uno de estos principales elemento que están formando parte del sistema de control en el proyecto.

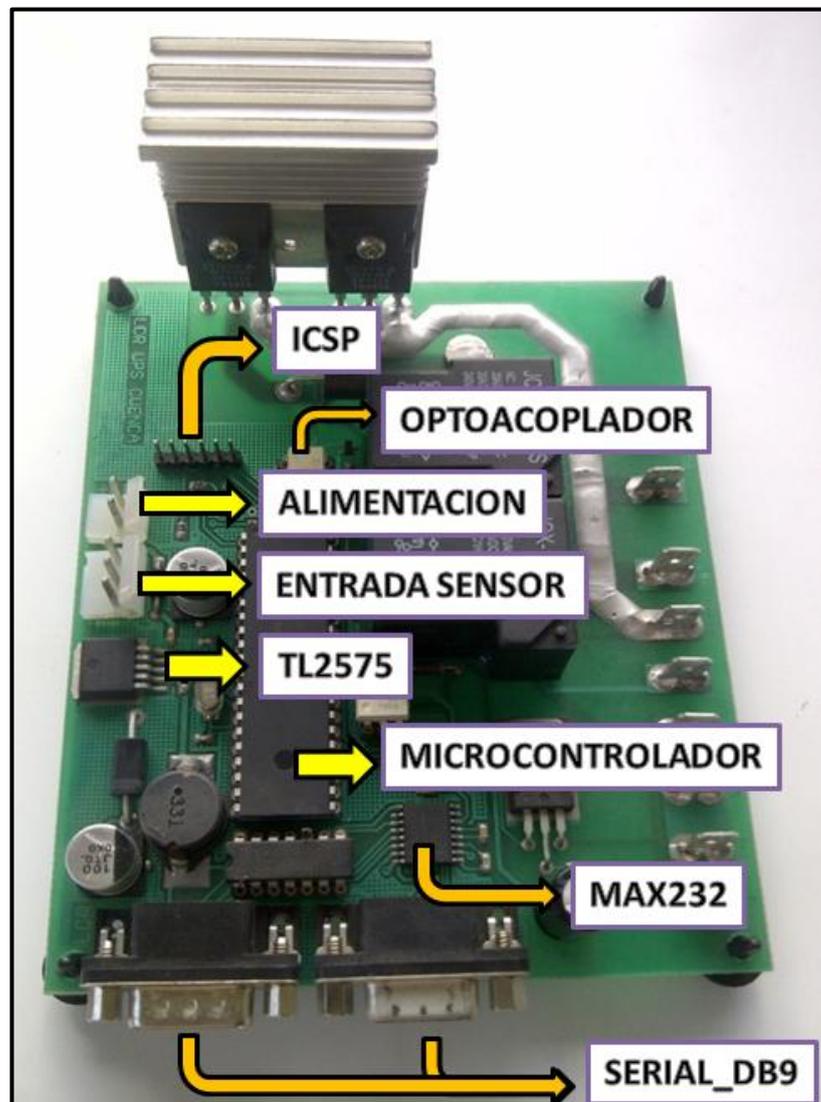


Figura 2.27. Diagrama de la tarjeta electrónica sección control del sistema

2.2.2.2 Descripción del sector de potencia en la tarjeta electrónica.

La tarjeta electrónica diseñada para este proyecto como lo indica la figura 2.28 presenta en su sector de potencia los siguientes elementos:

- Dos relay de 20 A, con doble contacto; que son los encargados de conmutar al sistema ya sea para disparo de potencia o para medición del inductor.
- Dos Mosfet IRFP264 de canal N (ANEXO C), tipo incremental; que son los encargados del control de la electroválvula de las bombas a evaluar.
- Nueve terminales los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente manera. Tres para alimentación de 12 y 80 V con su respectiva tierra. Dos para alimentación al ventilador del sistema. Dos para conectar la bomba inyectora ya sea PLD o EUI. Dos para conectar el multímetro y obtener sus respectivos valores de la bobina a medir.

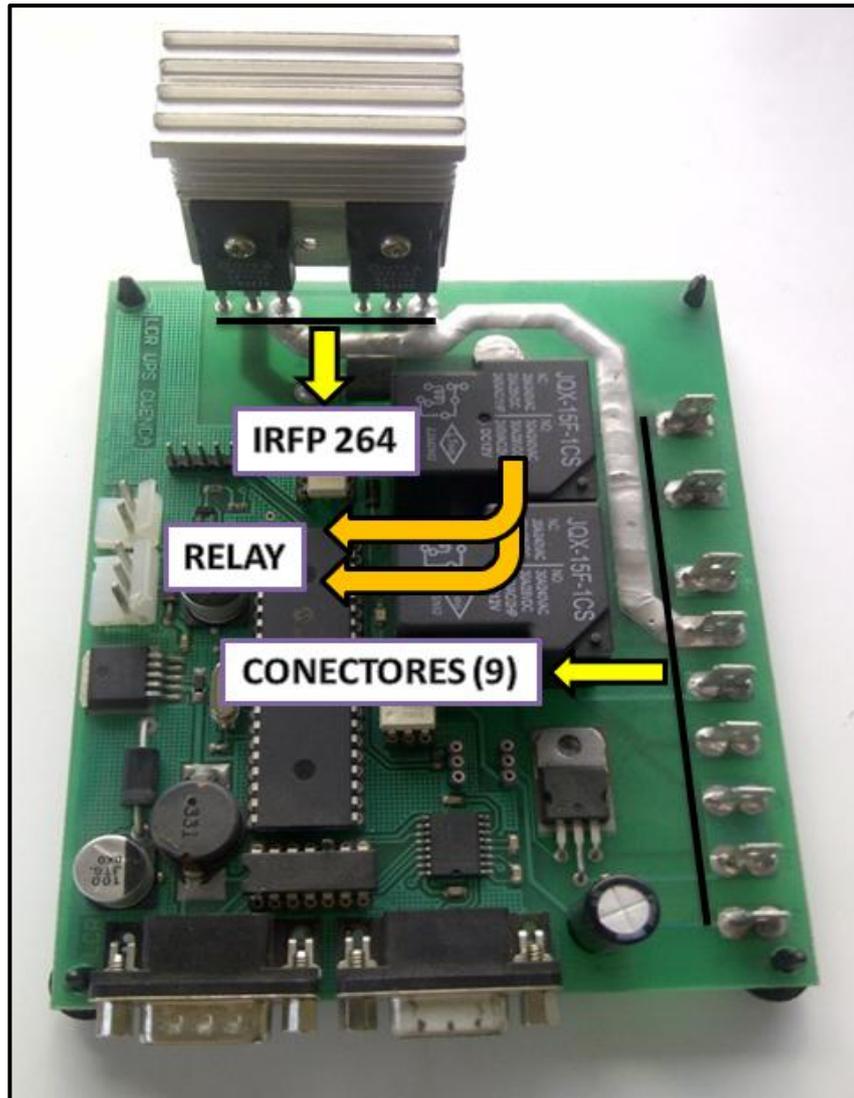


Figura 2.28. Diagrama de la tarjeta electrónica sección control del sistema

2.2.2.3 Diseño esquemático de la placa electrónica del sistema.

Con la ayuda del software Protel Altium Designer se ha diseñado las distintas etapas para llegar a obtener el diseño final de la placa electrónica en la figura 2.29 se presenta el esquemático del sistema.

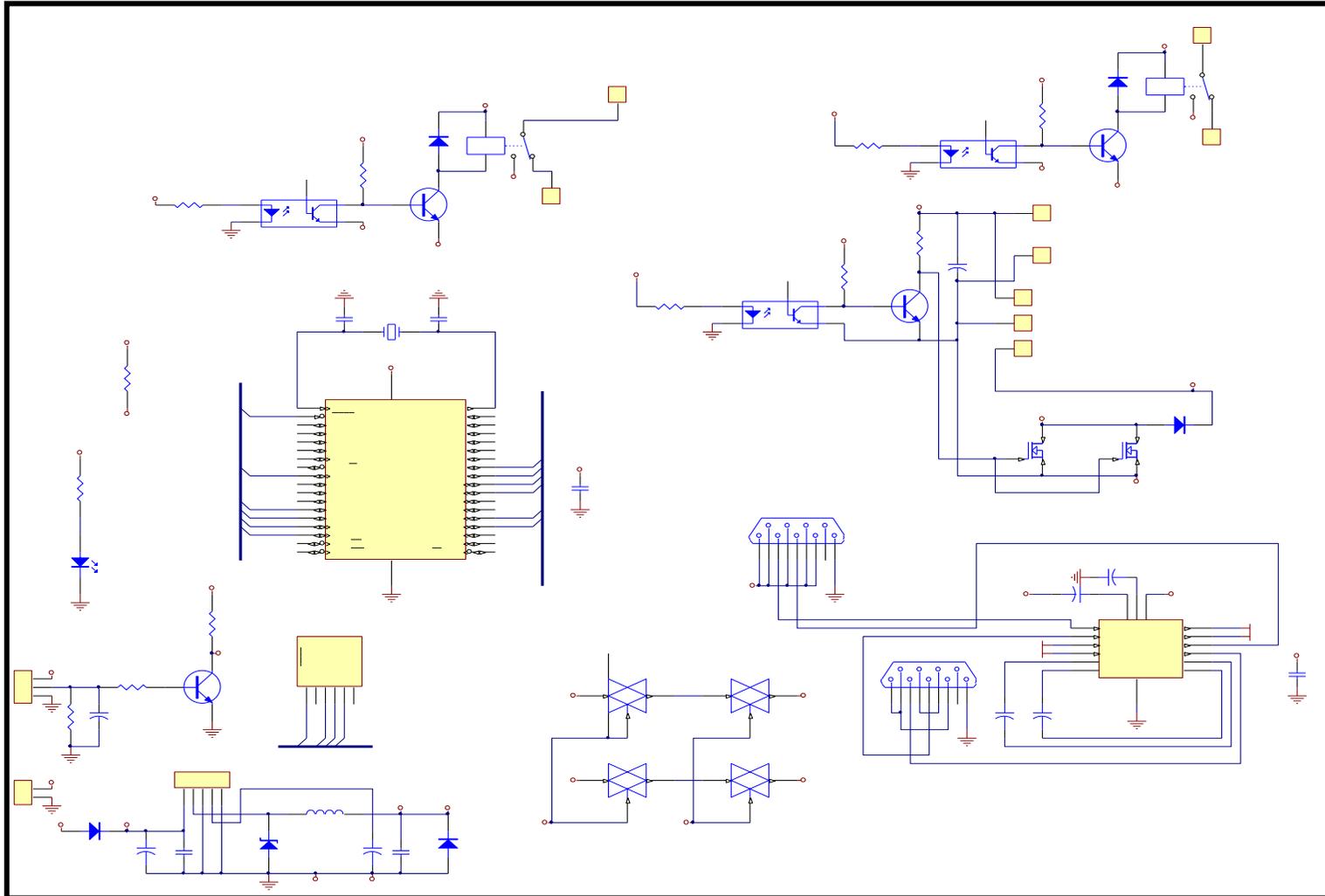
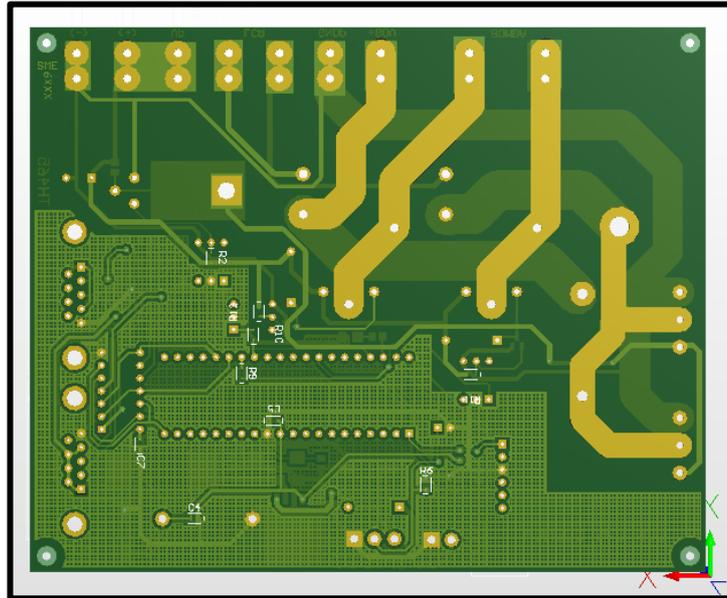


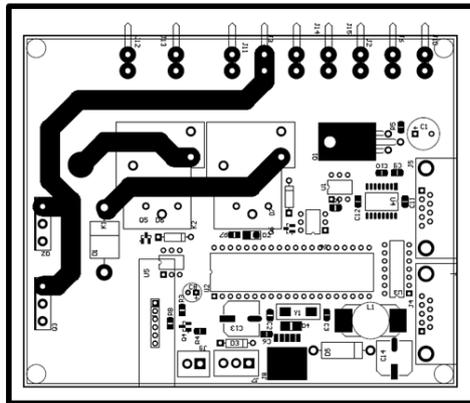
Figura 2.29. Diagrama del esquemático de la tarjeta electrónica del sistema

2.2.2.4 Diseño PCB de la placa electrónica del sistema.

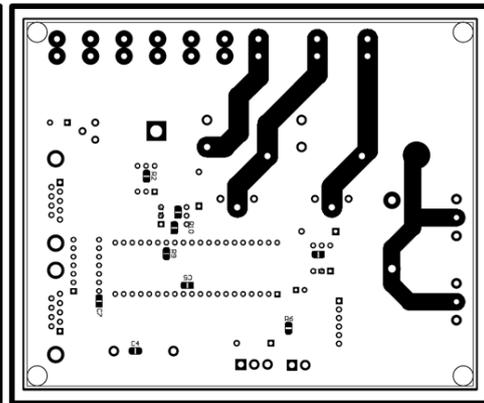
De la misma manera este es el siguiente paso el cual consiste en la distribución final de los componentes en la tarjeta que se desea crear en la figura 2.30 a, b, c, se presenta el PCB final del presente proyecto.



a)

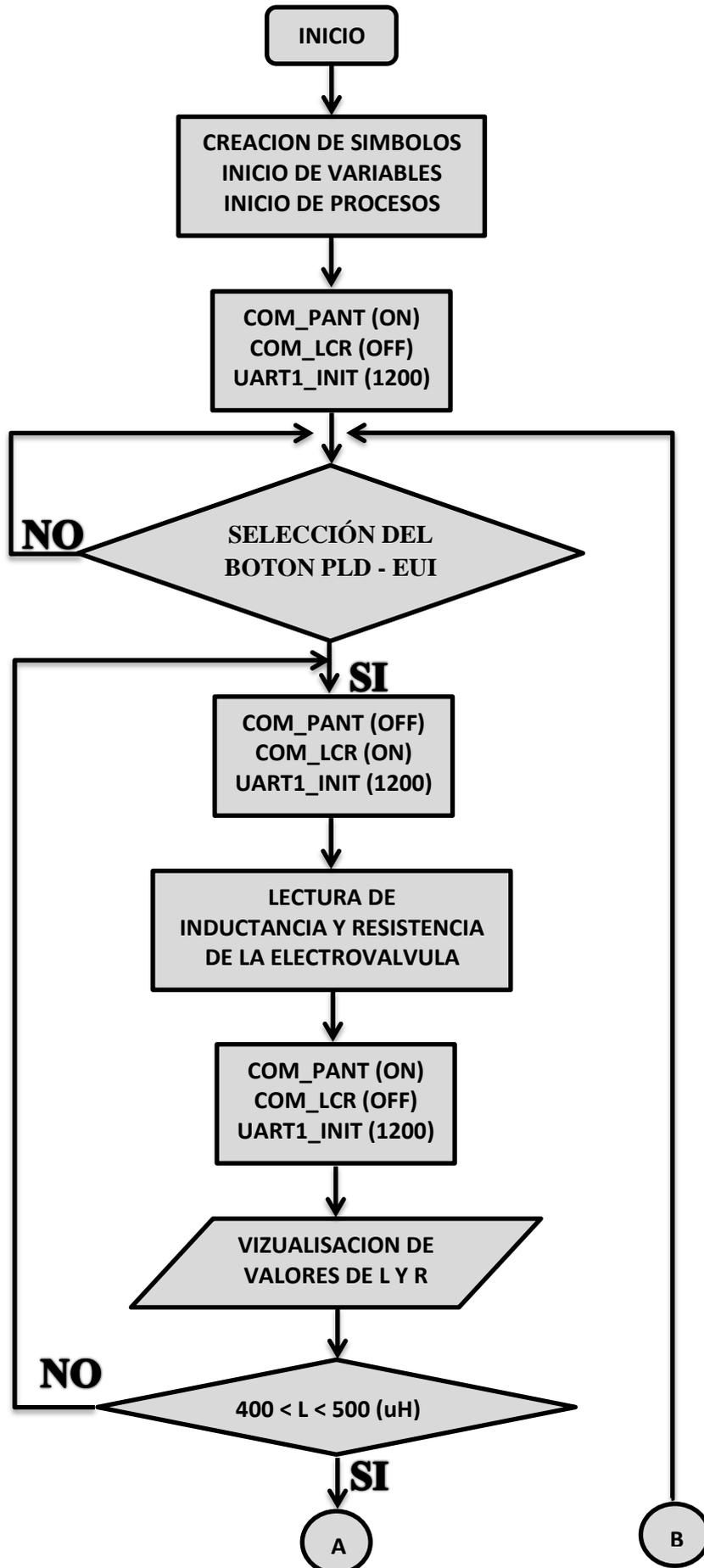


b)



c)

Figura 2.30. Diagrama del PCB de la tarjeta electrónica del sistema



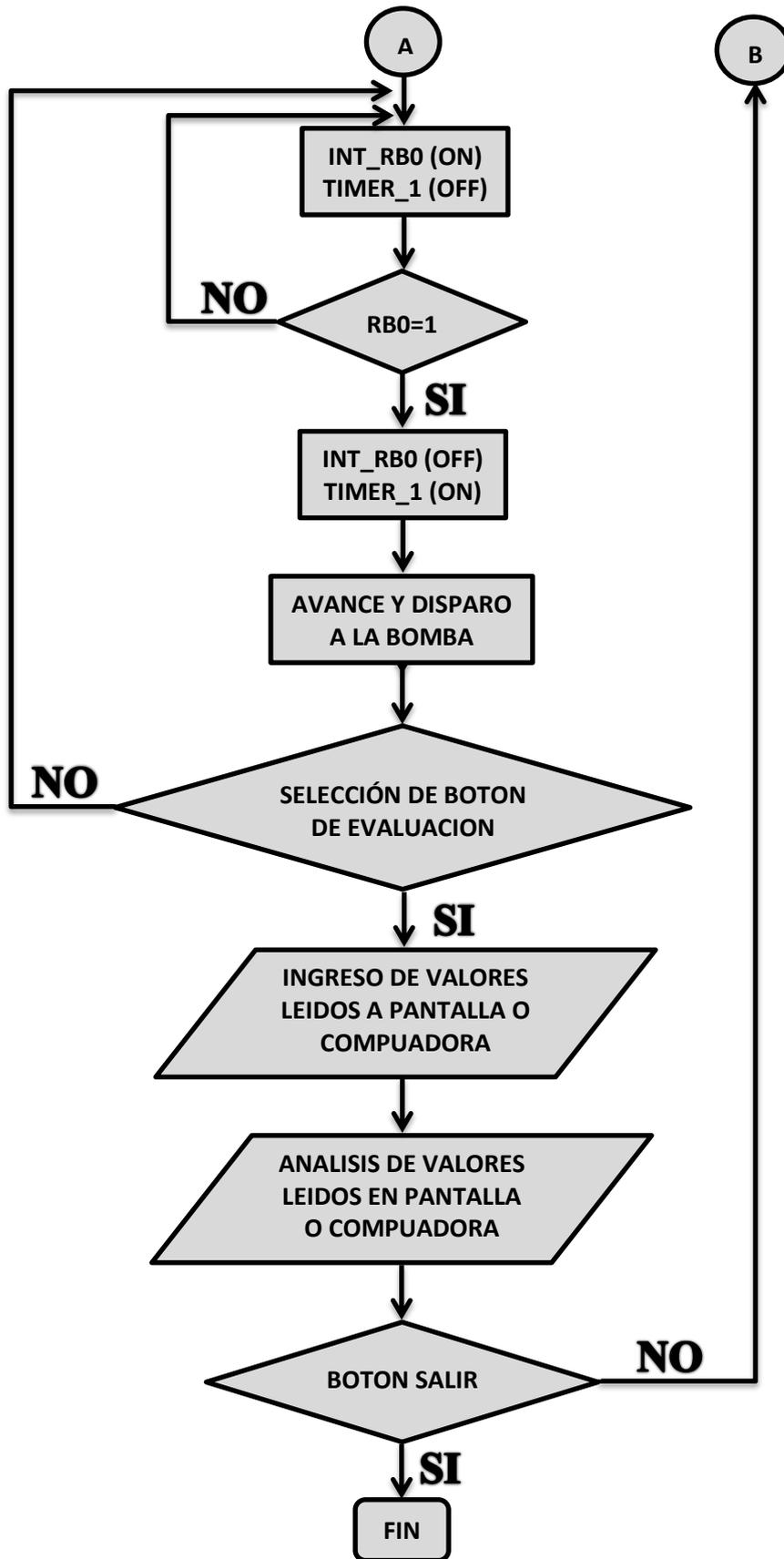


Diagrama 2.2. Descripción del circuito de control.

2.2.3 Programación de circuito de control.

Como se indicó anteriormente este prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI, tendrá dos opciones de presentación para la operabilidad en el desarrollo de su trabajo; la primera que se considera portable debido a la pantalla TH-465 implementada en el equipo y la segunda mediante la conexión a un computador a través de LabView 2010 considerada estable. Es por esta razón que se tienen dos códigos de programa diferentes los cuales se encargan de interactuar con la pantalla o la computadora para poder satisfacer cada una de las propuestas establecidas. A continuación se presenta un detalle general de cada uno de estos códigos, generalizados mediante el diagrama 2.1.

2.2.3.1 Programación del circuito de control en sistema portable.

El código fuente para este tipo de presentación del sistema, empieza haciendo un barrido y testeo a la pantalla touch TH-465, mediante una comunicación serial a 115200 bps con el microcontrolador; esta comunicación se basa en un protocolo denominado libre como se mencionó y explicó anteriormente. Cuando esta pantalla informa la selección del tipo de bomba inyector ya sea PLD o EUI deseado por el operario, se empieza a evaluar la electroválvula presente en el sistema montado, mediante una comunicación serial a 1200 bps entre el multímetro y el microcontrolador. Una vez que los parámetros han sido leídos se empieza a contrastar con valores y registros patrones para su posterior evaluación y presentación en la pantalla; solo cuando estos parámetros están dentro del rango establecido por los valores y registros el sistema permite realizar la siguiente prueba.

Esta prueba corresponde al disparo de la bomba a evaluarse, es en este disparo donde intervienen los parámetros de pulso y avance respectivos para lograr una correcta y adecuada inyección, los que nacen a partir de la lectura del sensor inductivo presente en la leva del Cambox, este sensor está ubicado a 180° del punto más alto de empuje de la leva a la bomba en trabajo, los valores de pulso y avance deseados son ingresados por el operario mediante la pantalla touch y

leídos frecuentemente por el microcontrolador que interpreta estos valores mediante el uso de interrupciones de TIMER1 para el control del pulso – avance y de interrupción externa por RBO para el testeo del pulso del sensor inductivo.

Cuando ya se han realizado todas las evaluaciones necesarias se selecciona la siguiente prueba, la que permite el ingreso de los valores obtenidos para su posterior evaluación y contrastación; donde se obtendrá el resultado y se verificará el correcto o mal funcionamiento de la bomba evaluada a continuación se presente el diagrama de flujo aplicado al sistema de control.

2.2.3.2 Programación del circuito de control en sistema estable.

El código fuente para este tipo de presentación del sistema, es similar al código presente en el sistema portable; la diferencia principal entre los dos es el protocolo de comunicación serial; que en este caso y mediante la ayuda de un computador con software LabView 2010 se lo hace de la manera convencional y en el anterior se lo hace mediante la inserción de código libre. El resto de código y procesos básicamente son los mismos.

2.2.4 Diseño y programación de interfaz software-usuario para el manejo del sistema portable mediante pantalla táctil TH-465.

Mediante este diseño se presenta la forma de interoperabilidad entre la máquina portable y el usuario u operario final, es por esta razón que se debe brindar la mayor comodidad y facilidad tanto en manejo y observación de controles e indicadores; como en el análisis de los datos obtenidos. A continuación se detalla la explicación de cada una de las pantallas presentes en el sistema.

2.2.4.1 Pantalla de introducción en sistema portable:

Como prototipo del banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI, se plantea una introducción con el tema del proyecto, el director y creador del mismo.



Figura 2.31.a. Diagrama de pantalla de introducción en sistema portable.

Esto se indica en la figura 2.31.a. Es aquí donde se presenta la selección del sistema deseado ya sea PLD o EUI por parte del operador; para tomar cualquier de las dos opciones presentes basta con tocar la imagen correspondiente y ya se tiene el salto a la nueva pantalla deseada.

2.2.4.2 Presentación de pantallas para el sistema portable EUI

Cuando desde la pantalla de introducción seleccionamos al sistema EUI para realizar las pruebas de medición, análisis y evaluación el prototipo de banco de pruebas desprende las siguientes pantallas:

- **Pantalla de control de electroválvula EUI en sistema portable:**

Esta pantalla se presenta como en la figura 2.31.b, la que es encargada de evaluar, leer y presentar los parámetros de inductancia y resistencia que presenta la electroválvula de la bomba a evaluar.



Figura 2.31.b. Diagrama de control de electroválvula EUI en sistema portable.

Como referencia de lectura en la inductancia se presenta un valor de 485 uH y de resistencia de 0,88 Ohm, solo si los datos de lectura obtenidos cumplen con los establecidos por el sistema se permitirá el paso a la siguiente pantalla pulsando el icono que indica desplazamiento a la derecha; caso contrario el sistema espera la correcta lectura o instalación para poder habilitar el paso a la siguiente prueba o regresar a la pantalla de introducción pulsando el icono con desplazamiento a la izquierda.

Aquí se presenta un bloque de tres mensajes diferentes los cuales son:

- *Valor actual:* Indica valores actuales leídos.
- *Cargando:* Indica que está en proceso de lectura de datos del inductor.
- *Desconectado:* Indica error de conexión o falla en el inductor de la bomba a evaluar.

Así mismo se presentan tres tipos de mensajes que detallan cada estado de presentación de los bloques generales de mensajes y una alarma titilando que resalta el bloque de desconectado indicando o haciendo un poco más legible el problemas presente con el inductor que está evaluando.

- **Pantalla de disparo EUI en sistema portable:**

Esta pantalla se presenta como el de la figura 2.32, la que es encargada de seleccionar el avance y pulso que se desea hacer llegar a la bomba inyectora EUI a evaluar, se puede incrementar las cantidades tanto de avance como de pulso mediante la selección de los indicadores ahí presentes.

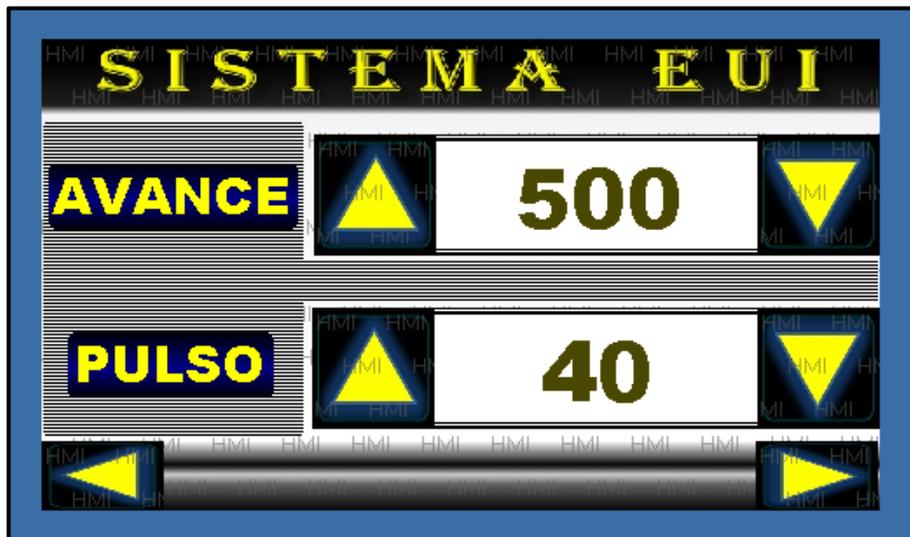


Figura 2.32. Diagrama de disparo al sistema EUI en sistema portable.

Así mismo se puede regresar a la prueba anterior pulsando el icono con desplazamiento a la izquierda o ir a la siguiente prueba que corresponde a la introducción de los datos obtenidos para su posterior evaluación pulsando el icono con desplazamiento a la derecha.

También existe la posibilidad de insertar un valor determinado, pulsando en el área donde se muestra el número; de ahí se desprenderá un teclado que le permitirá el ingreso del valor deseado.

Para tratar de corregir excesos o errores en el valor ingresados se ha configurado este control con ciertos rangos, si estos rangos son detectados por el teclado temporal desplegado simplemente no los acepta y suena una alarma indicando que se ha superado o que se encuentra por debajo el nivel establecido, brindando seguridad al sistema. Los rangos presentes para este sistema son:

- Para el control de avance un rango mínimo establecido en 5.000 uS, y un máximo de 30.000uS.
- Para el control de pulso un rango mínimo establecido en de 40 uS y un máximo de 300 uS.

Para determinar el estado de la bomba a evaluarse se han planteado 8 pruebas diferentes, las cuales se presentan en la tabla 2.13, esta tabla se la obtuvo mediante una media de pruebas patrón que se realizó a seis bombas completamente nuevas y de fábrica; debido al alto costo que estas bombas presentan el que está alrededor de 1500 dólares, no es posible realizar más pruebas patrón para poder obtener una media mucho más concreta.

| | RPM | PULSO (uS) | AVANCE (uS) |
|----------|------------|-------------------|--------------------|
| 1 | 300 | 200 | 25000 |
| 2 | 300 | 200 | 29000 |
| 3 | 500 | 120 | 19000 |
| 4 | 500 | 140 | 19000 |
| 5 | 500 | 160 | 19000 |
| 6 | 750 | 200 | 8000 |
| 7 | 750 | 200 | 9000 |
| 8 | 750 | 200 | 10000 |

Tabla 2.13. Descripción de tabla de valores a evaluar en el sistema EUI.

Estas pruebas que han sido seleccionadas, son las que con mayor frecuencia de trabajo se tienen presentes en los vehículos, aquí aparecen la prueba de ralentí la que se encuentra alrededor de 200 rpm, así mismo la prueba de aceleración media la que está por 500 rpm y la prueba de aceleración alta que se encuentra alrededor de 750 rpm.

Es por eso que se las ha seleccionado y se las ha implementado en el prototipo de banco de pruebas, para tener una idea clara del estado de la bomba a evaluarse en la mayoría de los puntos de trabajo como si lo fuera en el propio vehículo del cual esta bomba forma parte.

- **Pantalla de ingreso de datos EUI en sistema portable:**

Esta pantalla se presenta como en la figura 2.33, es en esta pantalla donde el sistema permite ingresar los ocho valores obtenidos en la prueba de disparo, guiados en los parámetros expuestos en la tabla 2.13 para cada una de las pruebas que se debe realizar al sistema a evaluarse.



Figura 2.33. Diagrama de ingreso de datos en sistema portable EUI.

Para ingresar el dato se pulsa en la parte del indicador numérico de la prueba correspondiente, ahí se desprende un teclado virtual que permite el ingreso del dato leído, cuando ya se han ingresado todos los ocho valores obtenidos se procede a la siguiente prueba de análisis.

Para saltar a la siguiente prueba solamente se lo hace pulsando en el área que dice análisis de resultados, si el rango tanto mínimo como máximo ingresados en el teclado virtual sobrepasan el nivel establecido, el sistema lo detecta automáticamente bloqueando el ingreso del valor y haciendo sonar una alarma la que permitirá corregir los errores ya sea por el digitador o por valor excesivo en la lectura.

- **Pantalla de análisis de datos EUI en sistema portable:**

Esta pantalla se presenta como en la figura 2.34, donde se contrastan las cantidades obtenidas mediante las pruebas realizadas y los valores patrón estandarizado en el sistema.

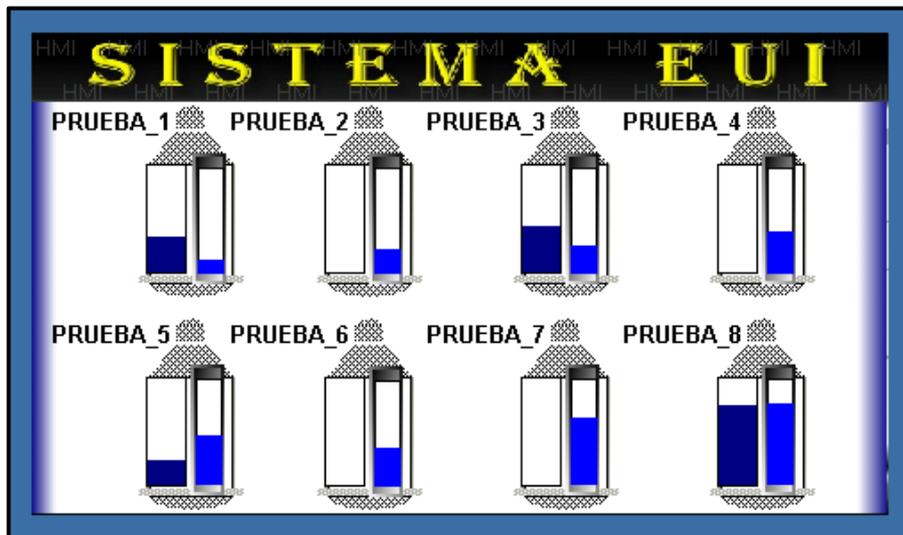


Figura 2.34. Diagrama de análisis de datos en sistema portable EUI.

La medida de color azul (a la derecha del recipiente) en el indicador representan los valores patrón del sistema en cada una de las ocho pruebas exigidas, la medida de color morado (a la izquierda del recipiente) exponen los valores que han sido ingresados después de realizar las pruebas.

Si el valor ingresado coincide con el rango permitido en las pruebas patrón el sistema solo presenta esas dos cantidades, cuando existe algún error en una o en algunas pruebas realizadas, este lo manifiesta haciendo titilar al indicador en el cual se ha detectado el error correspondiente, para poder tener una idea clara en la evaluación del sistema a evaluar certificando el correcto o defectuoso estado de la bomba inyector montada.

Para salir de esta prueba se lo puede hacer únicamente pulsando cualquier parte del área de la pantalla, retornando de esa manera a la pantalla de introducción al sistema.

Cuanto ya se ha retornado a la pantalla de introducción inicial, queda habilitando la posibilidad de realizar una nueva prueba en cualquier de los dos sistemas establecidos en este prototipo de banco; ya habiendo cumplido con todas las pruebas exigidas para el ciclo de evaluación en el trabajo para la bomba montada.

2.2.4.3 Presentación de pantallas para el sistema portable PLD

Cuando desde la pantalla de introducción seleccionamos al sistema PLD para realizar las pruebas de medición, análisis y evaluación; el prototipo de banco de pruebas desprende las mismas pantallas que para el sistema EUI, quizá la presentación de colores o los indicadores sea un poco diferente; pero el trabajo que estas realizan básicamente es el mismo. Salvo para los rangos de los valores patrón que se contrastan en los momentos de análisis que son diferentes para cada uno de los sistemas evaluados.

- **Pantalla de control de electroválvula PLD en sistema portable:**

Esta pantalla se presenta como en la figura 2.35, donde encontramos las mismas características que las expuestas en el sistema EUI, la diferencia principal radican en el rango de valores leídos y los diferentes colores para controles e indicadores presentes.



Figura 2.35. Diagrama de control de electroválvula PLD en sistema portable.

En este caso el valor de la inductancia ideal o patrón establecido que se debe contrastar con el valor leído debe estar alrededor de 456 uH, y el de resistencia alrededor de 0.90 Ohm. Caso contrario el sistema detecta los mismos errores que para los sistemas EUI, es la única diferencia que existe.

- **Pantalla de disparo PLD en sistema portable:**

Esta pantalla se presenta como en la figura 2.36, tiene las mismas características que para el sistema EUI, y se realizan las mismas pruebas patrón descritas en la tabla 2.13. Como seguridad para posible errores de digitalización en el ingreso de datos, se tiene el teclado virtual con los rangos ya establecidos el cual bloquea ingreso de datos que estén fuera del rango permitidos por el sistema.

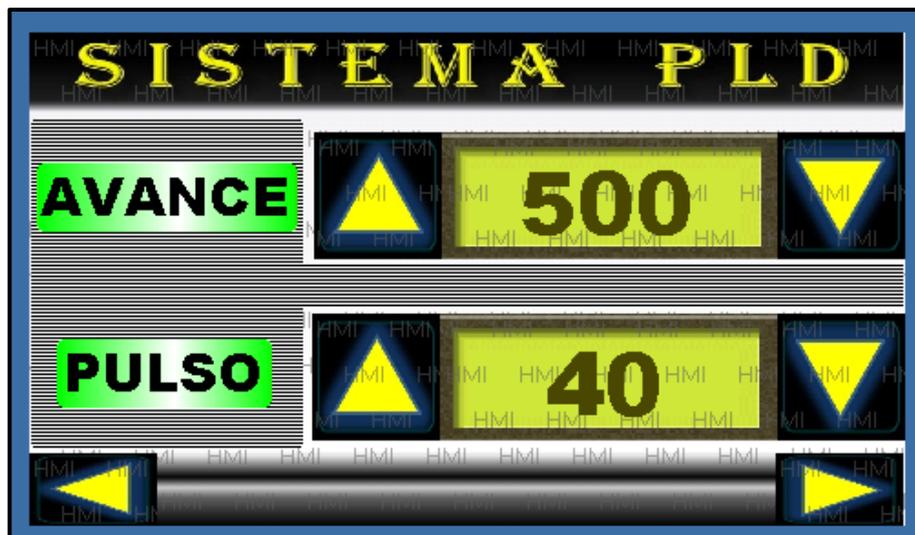


Figura 2.36. Diagrama de disparo al sistema portable PLD.

- **Pantalla de ingreso de datos PLD en sistema portable:**

Esta pantalla se presenta como en la figura 2.37, presenta las mismas características que la descrita para los sistemas EUI.



Figura 2.37. Diagrama de ingreso de datos PLD en sistema portable.

- Pantalla de análisis datos PLD en sistema portable:

Esta pantalla se presenta como en la figura 2.38, tiene las mismas características de presentación que la descrita para los sistemas EUI, excepto que los valores patrón a evaluarse cambian debido a los sistemas diferentes con los que estamos tratando.

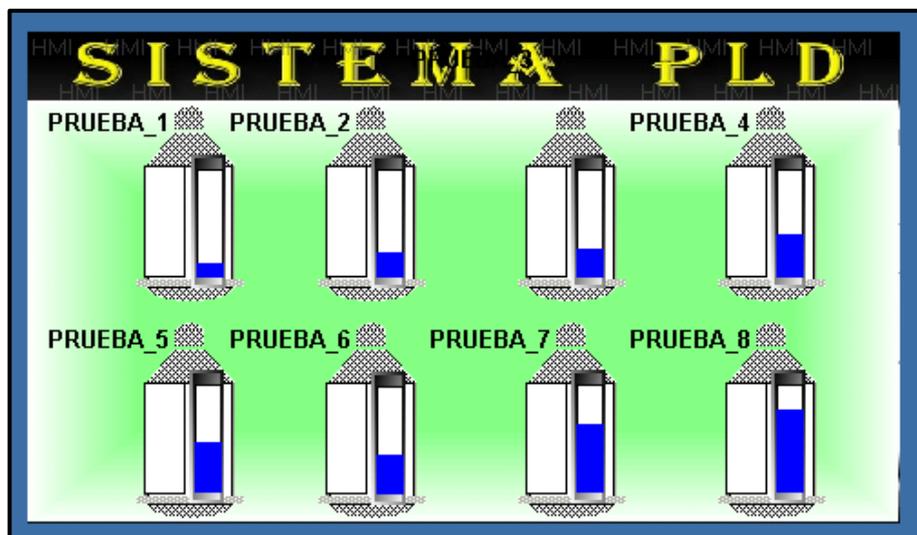


Figura 2.38. Diagrama de ingreso de datos PLD en sistema portable.

2.2.5 Diseño y programación de interfaz software-usuario para el manejo del sistema estable mediante software LabView 2010.

Mediante este diseño se presenta la forma de interoperabilidad entre la máquina estable y el usuario u operario final, de alguna manera el proceso de trabajo para este tipo de sistema es un poco más laborioso y demorado; por lo que se debe esperar el tiempo de encendido de la máquina y la selección del icono que ejecuta el programa instalado para el control del prototipo de banco de pruebas.

Por esta razón y al igual que para el sistema portable, se brinda la mayor comodidad y facilidad tanto para el manejo como para la observación de controles e indicadores; como en el análisis de los datos obtenidos, es así que se ha planteado una gran similitud entre ambos sistemas.

Para desarrollar este software, el sistema se basa fundamentalmente en el patrón de diseños conocido como máquina de estados. Donde encontramos siete estados diferentes que controlan las distintas etapas de prueba y comunicación en el sistema. A continuación se detalla cada uno de los estados que forman parte del diagrama de bloques para este tipo de presentación de la máquina.

1. INTRODUCCION

Este estado nos permite el inicio y arranque del sistema. Es aquí donde se inicializan y se resetean variables como valores que se utilizan a lo largo del proyecto. También es el encargado de informarle al microcontrolador que tipo de sistema PLD o EUI, seleccionó el operador.

2. BOBINA_PLD

Mediante una comunicación serial a 115200 bps. Este estado le permite al sistema analizar, evaluar y contrastar los datos del inductor presente que son leídos por el microcontrolador desde el multímetro. Estos se muestran en la pantalla los cuales se describirán posteriormente.

También se presentan restricciones con valores que sobrepasen los patrones establecidos mediante los controles de color y presentaciones de la pantalla.

3. DISPARO_PLD

Este estado es el encargado de informarle al microcontrolador las cantidades de pulso y avance seleccionadas por el operario, también se presentan restricción de ingreso de datos ante un posible error de digitalización o posible error del operario.

Mediante el método del paralelismo se tiene la comunicación y control entre el microcontrolador y el software LabView 2010, es decir; desde este estado se habilita a un bloque de programa orientado específicamente a la comunicación para brindar confiabilidad, seguridad y eficiencia en la comunicación. También tiene un bloque que permite el ingreso de los datos de las pruebas a realizadas para su posterior análisis.

4. BOBINA_EUI

Se presentan las mismas características descritas para el estado en BONIA_EUI, los cambios se dan en los parámetros de datos leídos en cada uno de los sistemas seleccionados.

5. DISPARO_EUI

De la misma forma se presentan una gran similitud con las características descritas en el estado DISPARO_PLD, las restricciones de bloqueo en el ingreso de los datos de valores de avance y pulso son diferentes debido a los distintos sistemas que están siendo parte de su control, también habilita el bloque orientado a la comunicación entre la computadora y el microcontrolador.

6. ANALISIS_PLD

Este estado es el encargado de contrastar los datos leídos, con los datos patrón obtenidos para este tipo de bomba. Se tiene presente ocho tipos de indicadores donde se muestra tanto en gráfico como en indicador numérico

las cantidades patrón como también las cantidades leídas y obtenidas mediante las pruebas ahí mencionadas. Cuando se detecta un error presenta un sistema de alarma.

7. ANALISIS_EUI

Este estado presenta las mismas características que para el estado de ANALISIS_PLD, los valores patrones cambian debido a los diferentes tipos de sistema.

A continuación se detalla la explicación de cada una de las presentaciones de las pantallas de la computadora que interactúan con el operario final para el manejo del sistema.

2.2.5.1 Pantalla de introducción en sistema estable.

Como prototipo del banco de prueba se tiene una introducción orientada a la presentación del sistema como tesis de grado, nombre, director y creador de la misma como se indica en la figura 2.39, este tipo de presentación de la máquina el que se considera estable, presenta una gran similitud a la expuesta en la presentación portable, con el fin de brindar la mayor comodidad y simplicidad al operario.



Figura 2.39. Diagrama de pantalla introducción PLD en sistema estable.

En la parte inferior izquierda se tiene un botón (SALIR), el que se presentará en todas las pantallas del sistema. La función de este botón es parar las pruebas en cualquier instante obteniendo así la posibilidad de un bloqueo general del mismo ante un posible error del operario o necesidad presente.

En la parte inferior derecha se presenta un cuadro de dialogo, el cual se verá en todas las pantallas de presentación. La función de este es indicar mediante un texto diferente el proceso en el cual el sistema se encuentra en ese instante.

Así mismo se presenta los dos modelos diferentes de sistemas de bombas a controlar por el usuario ya sean PLD o EUI, para seleccionar cualquiera de ellos solo se pulsa el botón izquierdo (SISTEMA EUI), o el derecho (SISTEMA PLD), y se procede a la siguiente prueba según el sistema escogido.

2.2.5.2 Presentación de pantallas para el sistema estable EUI

Cuando desde la pantalla inicial de introducción fijamos la selección al sistema estable EUI, el software LabView desprende las siguientes pantallas para analizar, evaluar y contrastar valores y parámetros en este tipo de sistema.

- **Pantalla de control de electroválvula EUI en sistema estable**

Esta pantalla es como se presentan en le figura 2.40, la misma que cumple con el proceso de analizar y evaluar los parámetros de inductancia como los de resistencia de la electroválvula que se está probando.

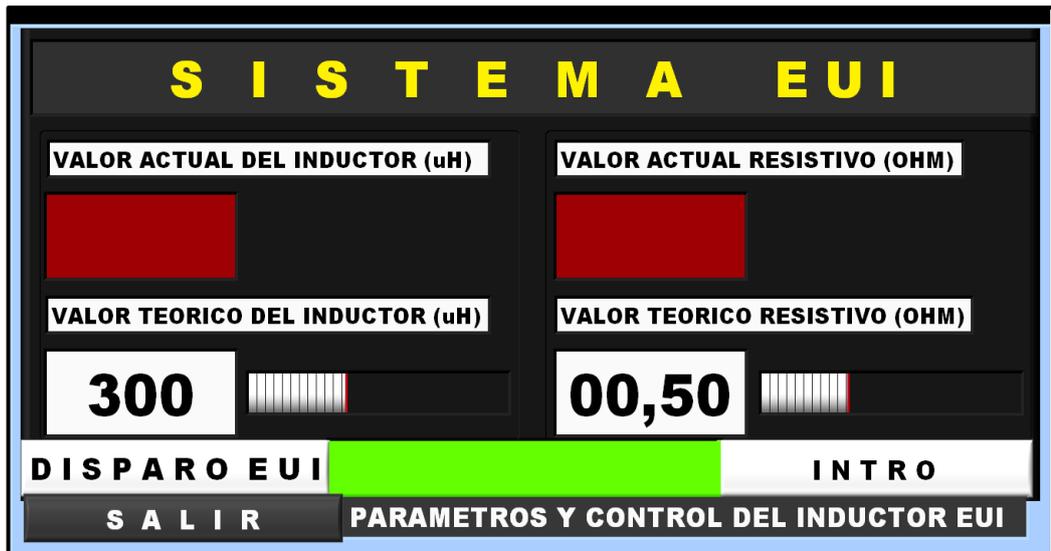


Figura 2.40. Diagrama de control de electroválvula EUI en sistema estable.

El proceso de análisis es el mismo que para el sistema portable, la diferencia principal es que en este tipo de presentación se tienen en los indicadores inferiores los valores nominales o patrones de inductancia y resistencia que se deben leer desde el sistema EUI que está siendo probado, los indicadores superiores son los que muestran el valor de inductancia y resistencia actual de la electroválvula, cuando estos superan o están por debajo del valor patrón expuesto se presentan alarmas mediante el cambio de color del indicador actual, cuando se presenta una desconexión o mala instalaciones de los cables hasta la electroválvula estos indicadores se ponen de color rojo y se esconde la barra de cantidad, indicando que el proceso no puede continuar debido a la desconexión de la electroválvula, también se presenta un mensaje de desconexión en el centro de la pantalla.

Cuando el sistema se encuentra dentro del rango establecido los indicadores tanto numéricos como de barra se muestran en la pantalla como son y de color blanco; un mensaje de VALOR ACTUAL aparece en el centro de la pantalla, cuando el sistema está alistando su presentación aparece un mensaje de CARGANDO en el centro de la pantalla. Si se quiere proceder al paso de la siguiente prueba ya cuando todo esté en orden simplemente pulso el botón DISPARO EUI el que me llevará a la siguiente prueba, si deseo regresar a la pantalla de introducción solo selección el botón de INTRO.

- **Pantalla de disparo e ingreso de datos obtenidos EUI en sistema estable:**

Esta pantalla es como se indica en la figura 2.41, es la encargada de ingresar los parámetros de control y avance al sistema, se pueden ingresar datos directamente en el indicador o con las flechas respectivas de subir o bajar en el propio indicador.

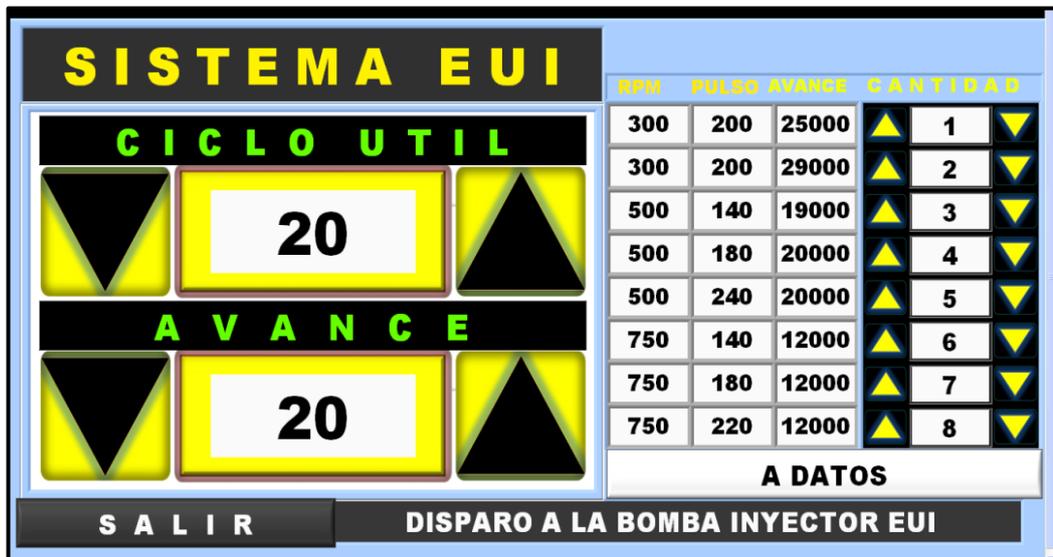


Figura 2.41. Diagrama de disparo e ingreso de datos EUI en sistema estable.

Presenta restricciones de ingreso de valores para contrarrestar errores de digitalización del operario, se muestra la tabla que indica la cantidad de RPM a seleccionar del banco de movimiento como la cantidad de PULSO y AVANCE a ingresar y poder contrastar con los valores patrones obtenidos, así mismo ocho indicadores de CANTIDAD leída para ingreso de datos.

- **Pantalla de análisis de datos EUI en sistema estable**

Esta pantalla es como se indica en la figura 2.42, presenta indicadores tanto gráficos como numéricos que representan la cantidad obtenida de las pruebas realizadas como del valor patrón establecido en el sistema.



Figura 2.42. Diagrama de análisis de datos en sistema estable EUI.

Esta presenta una idea general de todas las pruebas realizadas por el sistema, donde se puede contrastar la bomba evaluada en todas las ocho pruebas expuestas para verificar su correcto o mal funcionamiento con los valores patrón, para regresar a la pantalla de introducción solamente pulsamos el botón INTRO y ya está listo para realizar una nueva prueba.

2.2.5.3 Presentación de pantallas para el sistema estable PLD

Tiene las mismas características de presentación que para los sistemas EUI, la diferencia se presenta en los valores patrones establecidos debido a que cada tipo de bomba presenta ciertas características propias de ellas, así mismo mucha similitud con el sistema PLD en versión portable.

A continuación se detallan cada una de las pantallas presentes en el sistema estable PLD, para este prototipo de banco de pruebas.

- **Pantalla de control de electroválvula PLD en sistema estable**

Esta pantalla se presenta como el de la figura 2.43, presenta las mismas características que la del sistema EUI, la diferencia se establece en los colores de la presentación y en el valor patrón establecido para la inductancia y resistencia de este tipo de bomba.

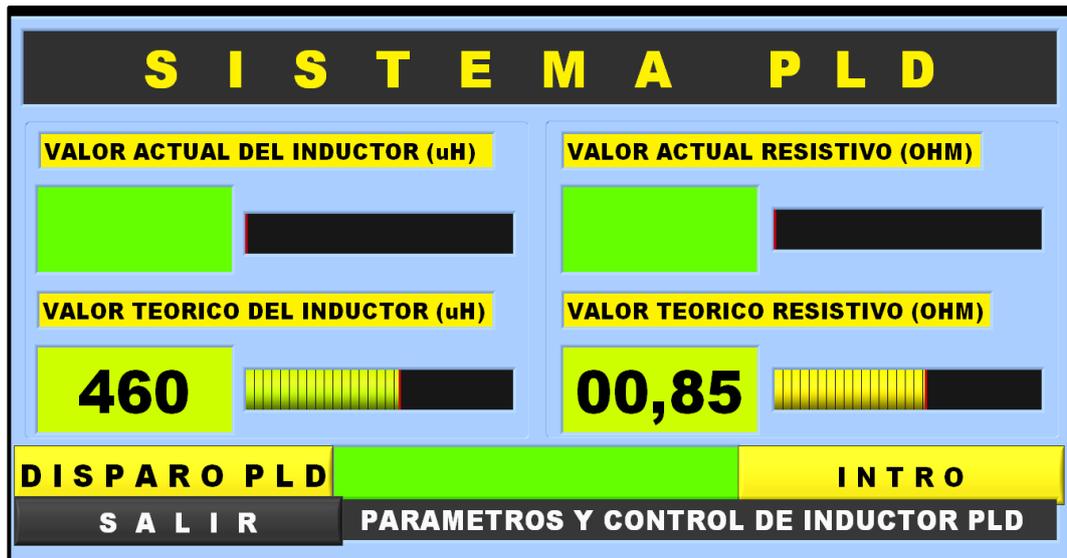


Figura 2.43. Diagrama de control de electroválvula PLD en sistema estable.

- Pantalla de disparo e ingreso de datos obtenidos PLD en sistema estable:

Esta pantalla se presenta como el de la figura 2.44, presenta las mismas características que la del sistema EUI, la diferencia se da en los valores de restricción en los indicadores propios para este tipo de bombas.



Figura 2.44. Diagrama de disparo e ingreso de datos PLD en sistema estable.

- Pantalla de análisis de datos EUI en sistema estable

Esta pantalla se presenta como el de la figura 2.45, tiene las mismas características que la del sistema EUI, la diferencia se presenta fundamentalmente en el valor patrón a contrastar el cual es diferente para cada tipo de sistema a evaluar.



Figura 2.45. Diagrama de análisis de datos en sistema estable PLD.

Es de esa manera como se presentan las pantallas para la operabilidad del prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI, donde se pretende dar al operario una herramienta confiables y sobre todo de fácil manejo para el desarrollo de su trabajo.

2.3 Equipos mecánicos necesarios.

Las herramientas mecánicas al igual que las electrónicas son de gran importancia para el desarrollo del prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección electrónica de este proyecto, las diferentes empresas orientados al campo de la mecatrónica en la actualidad se han dedicado a estudiar y crear varias herramientas que permiten simular el comportamiento del vehículo en una maquina estable tratando de obtener la menor cantidad de riesgos humanos posibles y tratando de tener una herramienta totalmente automática y confiable.

Mediante estas herramientas se puede simular las diferentes bases mecánicas y de movimiento del vehículo del cual su respectiva bomba se va a diagnosticar para confirmar su mantenimiento o reparación futura, es por eso la gran importancia de este aporte mecánico. Para el presente proyecto se utilizará un banco de movimiento de la línea China Garner Diesel 12 PSB y una base o soporte de bombas PLD y EUI conocido como CanBox el cual internamente posee una leva de acción, donde se ubicará una señal a 180° del punto máximo de empuje a la bomba a evaluar conocido como punto muerto superior, así mismo lleva el sensor inductivo el cual detectara esa señal para informarle al microcontrolador la posición del mismo, este CanBox permite la ubicación y montaje de las bombas como si se lo hiciera en el propio vehículo al cual pertenecen.

2.3.1 Banco de movimiento 12PSB

Es una de las herramientas mecánicas muy confiables como se indica en la figura 2.46, su principal función es la de generar movimiento circular como si lo fuere en el propio vehículo.



Figura 2.46. Diagrama de banco de movimiento serie 12 PSB²⁹.

Las revoluciones con las que gira pueden ser controladas como se desee o se necesite en el banco ya sea en incremento o en decremento, así mismo presenta la opción de conteo de revoluciones que se quiera dar, es decir si desee probar de una cantidad de vueltas determinada la cantidad de combustible que se tiene presente en una determinada bomba simplemente ingreso la cantidad de vueltas que voy a probar en el control del banco y este empieza a contar cuando llega a la cantidad de vueltas especificada este cierra el paso de combustible que se está dando en ese instante, el combustible se almacena en las respectivas probetas para su posterior medición y contrastación, este banco presenta 12 depósitos en probetas para el almacenamiento de combustible.

Es de mucha importancia tener en cuenta que las revoluciones y el conteo sean medidas exactas para poder contrastar las diferentes bombas que se vayan a

²⁹http://spanish.benchtesting.com/china-12psb_ii_diesel_injection_pump_test_bench-1608.html

probar y no tener medidas erróneas, como existen diferentes tipos de bombas a diferentes medidas en el mercado de la mecatrónica en combustible diesel, este banco presenta diferentes acoples adaptables para el montaje de cada una de las bombas a evaluar.

2.3.2 CanBox

Esta herramienta nos permite la ubicación o montaje de las bombas a evaluar ya sea PLD o EUI, para lograr el empuje requerido por las bombas para su funcionamiento lo realiza mediante una leva de acción que lleva internamente y a la cual se le ha ubicado una señal, para leer esta señal se tiene un sensor inductivo con salida digital el cual está siendo monitoreado constantemente por la placa electrónica para informar al sistema y poder dar el disparo y avance correspondiente en la figura 2.47 se presenta esta herramienta, en el capítulo 3 se detalla cada uno de los pasos que se debe seguir para el montaje respectivo de la bomba sobre el Cambox, y del Cambox al banco de movimiento

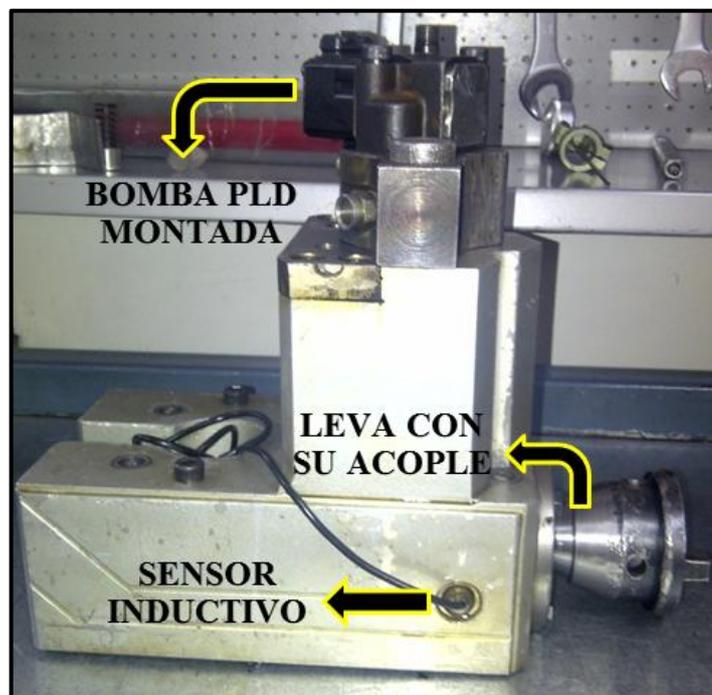


Figura 2.47. Diagrama del CanBox en el sistema.

CAPITULO III

COMPROBACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DISEÑADO

3.1. Introducción.

Durante el proceso de creación, desarrollo y actualización del prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI, es de vital importancia tomar en cuenta el mejor y más fácil diseño tanto de presentación de la maquina como de su operabilidad para poner el sistema en funcionamiento, es así que para el uso u operación de la misma se requiere únicamente un solo operario para el desarrollo de las pruebas respectivas en la bomba a evaluar, el mantenimiento es prácticamente nulo y su forma de operar es completamente fácil.

En cualquiera de sus dos presentaciones planteadas disponibles; ya sea en la portable o la estable, este sistema prototipo se plantean también como una herramienta acople, sin la necesidad de requerir un mayor volumen de espacio físico en el laboratorio donde se desea instalar el sistema, adaptándolo con facilidad a las herramientas disponibles.

El económico costo del equipo, la facilidad de manejo, bajo o nulo costo de mantenimiento y su pequeño tamaño; en comparación a los equipos convencionales que actualmente se ofertan en el mercado de la mecatrónica nacional e internacional, son las mayores ventajas que este sistema prototipo presenta, proporcionando la excelente oportunidad a la mayoría de personas que se dedican al trabajo, reparación y mantenimiento de estos dos tipos de sistemas de inyección electrónica a que puedan adquirirlo con facilidad y ponerlo en marcha en sus respectivos laboratorios, brindando la garantía oportuna, exacta y

muy eficiente en las pruebas patrón que se plantean a realizar en los dos tipos de sistemas de inyección electrónica PLD y EUI mencionados en este proyecto.

Otra de las ventajas que este equipo brindaría en el mercado nacional; es el soporte tanto de información como de mantenimiento, reparación y ensamblaje de estos sistemas de inyección electrónica planteados; es decir a las personas que adquieran el equipo se les brindará un curso completo sobre estos sistemas, en donde se exigirá como requisito únicamente el conocimiento sobre el sistema mecánico de los dos tipos de bombas el concepto electrónico se les inculcara a lo largo del curso.

De la misma forma se oferta y garantiza un mantenimiento frecuente al equipo, ante alguna falla del mismo o algún mal manejo por parte del operario, tratando siempre de brindar y obtener el máximo rendimiento del equipo a lo largo del desarrollo del trabajo para el cual ha sido diseñado.

3.2. Manual de usuario del sistema.

Para una correcta operación del prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI, el cual se presenta en la figura 3.1, es de mucha importancia seguir las indicaciones que se expone en el manual de usuario, este nos permitirá llevar un proceso ordenado para poder desarrollar un adecuado y eficiente trabajo en la evaluación aplicada a cada una de las bombas que se desea probar, a continuación se detallan cada uno de estos procedimientos.



Figura 3.1. Diagrama de prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección PLD y EUI.

En la figura 3.2a se presenta una descripción general de la parte frontal del prototipo de banco de pruebas. Con el fin de sustentar el proyecto y como trabajo de exposición de tesis se ha incorporado el logo de la Universidad Politécnica Salesiana con sede en la ciudad de Cuenca, este logo puede ser elegido o se puede incorporar según lo desee la persona que adquiere el equipo.

Dos soquets de conexión etiquetados con SENSOR y BOMBA respectivamente para evitar errores o conflictos en el momento de realizar el enlace por parte del operario. Estos son los encargados de unir al equipo con la bomba a evaluar y el sensor inductivo con salida digital presente en el cambox de sistema, para realizar la evaluación respectiva.

La pantalla touch TH-465 que es la interfaz entre el usuario y la maquina; la que está presente cuando se trata de un simulador portable adquirido, o si se tratara de un simulador estable trabajaríamos con una computadora.

La manija de acero inoxidable orientada al transporte del equipo cuando el espacio físico del laboratorio donde se lo desee instalar sea reducido, o cuando se desee cambiar de banco de movimiento rápidamente.



Figura 3.2a. Diagrama de descripción del prototipo de banco de pruebas.

Si se desea incorporar un nuevo mueble al simulador por parte de la persona que adquiere el equipo, o si se desea acoplar el simulador en algún mueble existente en el laboratorio de inyección que lo ha adquirido en la figura 3.2b encontramos las medidas reales de la carcasa tanto de la parte frontal, de la parte posterior como de la parte superior del prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI.

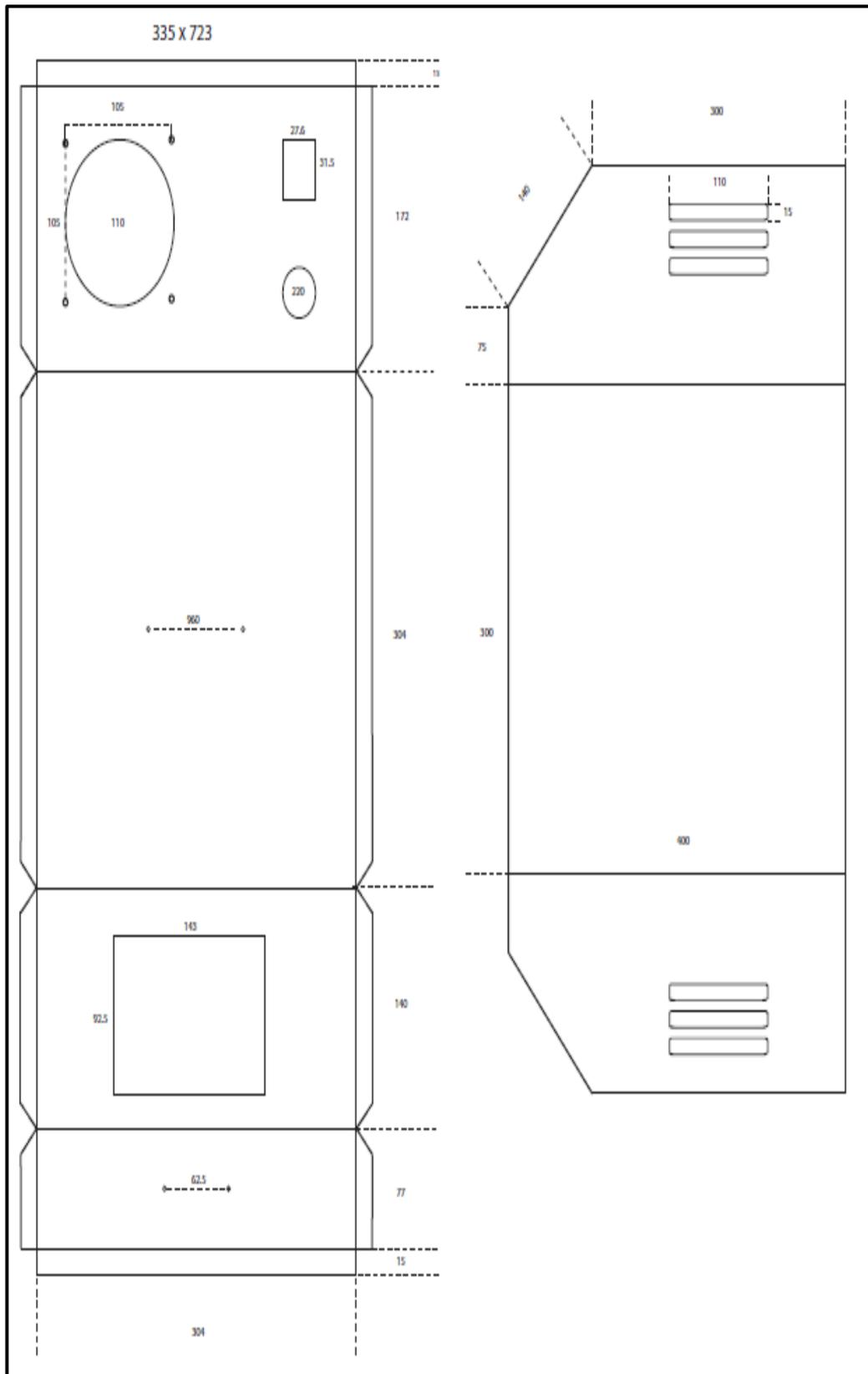


Figura 3.2b. Diagrama de medidas de carcasa del prototipo de banco de pruebas.

3.2.1 Montaje de la bomba en el Cambox.

Este es un proceso estrictamente mecánico el cual consiste en el armado o montaje de la bomba a evaluar ya sea PLD o EUI en el Cambox del sistema. En la parte superior del Cambox se encuentra el orificio de accionamiento como se indica en la figura 3.3.

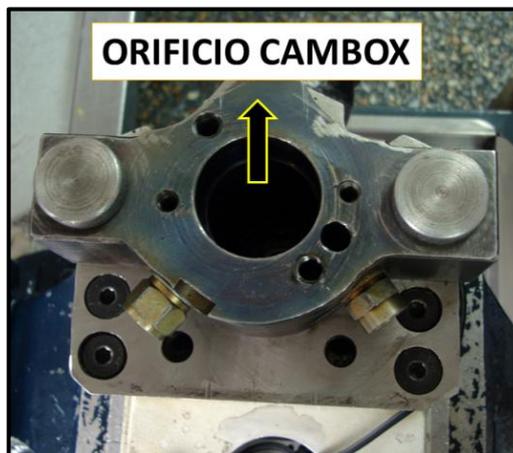


Figura 3.3. Diagrama de orificio de accionamiento en el Cambox del sistema.

Es en este orificio donde se debe ubicar la bomba respectiva PLD o EUI en el orificio inferior (como si lo fuera en el propio vehículo) según se tenga la necesidad. En la figura 3.4 a, b, se presentan la forma que se debe introducir la bomba al Cambox del sistema.



a)



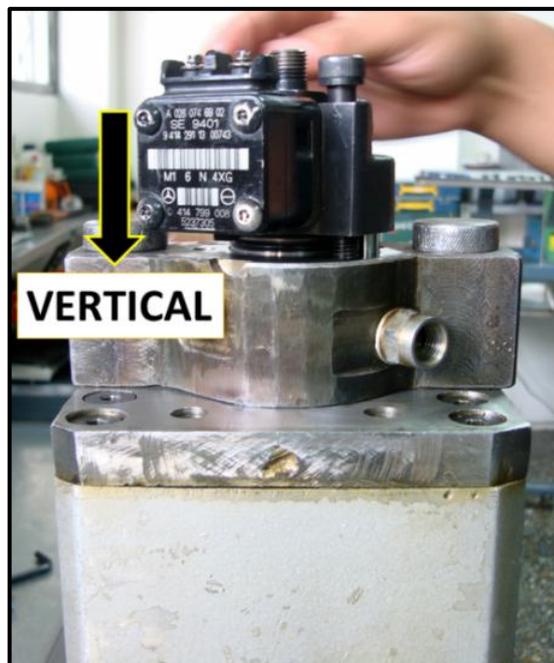
b)

Figura 3.4. Diagrama de ubicación de bomba en el Cambox.

Una vez que la bombas se encuentra en la posición adecuada, se procede al ajuste de la misma mediante los tornillos de fijación que el mismo equipo los provee, observado que la alineación entre la bomba y el Cambox sea vertical como se indica en la figura 3.5 a, b, este ajuste se lo debe hacer pausada y alternadamente entre los tornillos para lograr esta alineación.



a)



b)

Figura 3.5. Diagrama de ajuste de tornillos de fijación en el Cambox del sistema.

3.2.2 Montaje del Cambox en el banco de movimiento.

Cuando ya el Cambox se encuentra totalmente armado, es decir cuando ya la bomba que se desea evaluar se encuentra ajustada correctamente en él; se procede a montar en el banco de movimiento, por las diferentes alturas que existe entre cada tipo de sistema de inyección a montar, en los bancos de movimiento se presentan acoples que permiten llegar hasta la altura necesaria de alineamiento horizontal para dar el movimiento circular al sistema como se indica en la figura 3.6a.

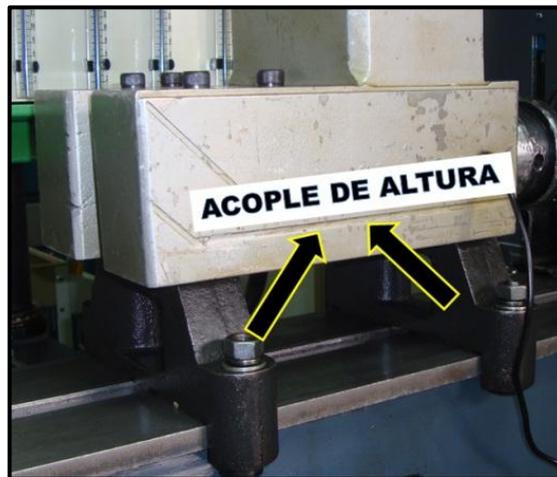


Figura 3.6a. Diagrama de acoples de altura al Cambox del sistema.

Existe también un acople directo que se ajusta a la leva del Cambox en forma horizontal con el banco como se indica en la figura 3.6b, este Cambox se encuentra diseñado con la altura de las bombas convencionales mecánicas que existen en el mercado.

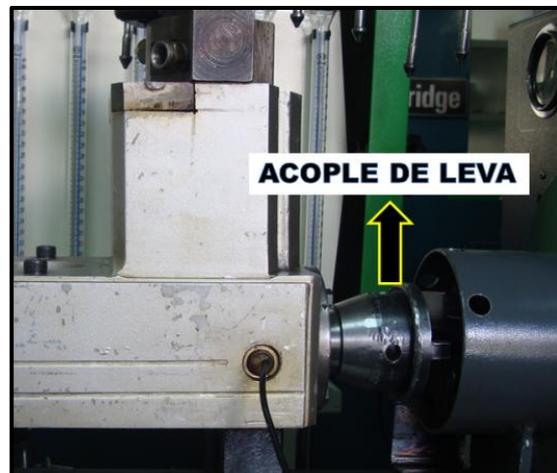


Figura 3.6b. Diagrama de acoples de leva al Cambox del sistema.

Estas bombas son las que rigen las normas estandarizadas para realizar los acoples respectivos con los que vienen los bancos de movimiento y poder realizar un trabajo como si lo estuviera haciendo en el propio vehículo.

Este es un proceso de armado estrictamente mecánico por lo que se recomienda realizar los correctos ajustes en los tornillos de fijación por parte del operario del simulador para evitar vibraciones, accidentes o mal funcionamiento en el equipo cuando empiece el proceso de trabajo.

3.2.3 Conexión de la electroválvula PLD o EUI al equipo.

El sistema provee al usuario un cable de conexión el que se divide en dos acoples diferentes. Uno de estos acoples se conecta al equipo y el otro se conecta a la electroválvula como lo indica la figura 3.7.

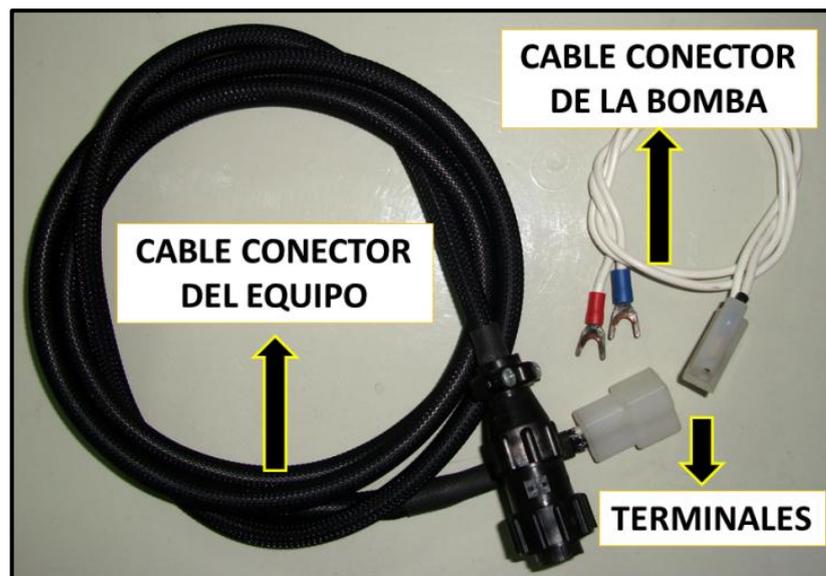


Figura 3.7. Diagrama de cables de conexión de la bomba al sistema.

Cuando se realiza la conexión en la bomba montada a evaluar, es muy importante hacerlo de una manera correcta y cuidadosa, ya que esta instalación determinará el estado en el que se encuentra la electroválvula; mediante la medición de los parámetros de inductancia y resistencia presentes en el sistema, que más tarde serán los parámetros que habilite o deshabilite el paso o bloqueo a las siguientes pruebas.

Así mismo debemos realizar la conexión al equipo el cual se lo realiza mediante un terminal con posición única para evitar cualquier error por parte del operario, este terminal se encuentra ubicado en la parte frontal derecha del simulador como lo indica la figura 3.8.



Figura 3.8. Diagrama de cable y conexión de electroválvula al simulador.

3.2.4 Encendido del equipo y selección del sistema a evaluar.

Cuando ya tenemos toda la parte estructural armada y conectada procedemos a encender el equipo para empezar con las respectivas pruebas necesarias, el primer paso es conectar el suministro de energía, el cual está diseñado para una alimentación de 120 V en CA, esto se los toma de la red de energía directamente mediante un cable de poder que el mismo equipo lo incluye, a continuación y como lo indica la figura 3.9, en la parte posterior encontramos un conmutador lo accionamos e inmediatamente el equipo entra en funcionamiento, habilitando la pantalla de introducción mencionada en la figura 2.31, para un sistema portable; o como en la figura 2.39, para un sistema estable, según se haya adquirido el equipo. Esta pantalla de introducción es la que nos permite empezar el análisis de la bomba que tenemos presente en ese momento.

De esa manera es como se empieza las pruebas de control de parámetros electrónicos en la electroválvula de la bomba montada, solo si se satisface y

cumple los patrones establecidos en el sistema se habilita el paso para las siguientes pruebas, sino se cumple con esas condiciones las prueba siguientes se bloquean.

Cuando esto sucede el sistema se encuentra informando que la electroválvula de la bomba evaluada no se encuentra funcionando correctamente; por lo tanto, el resto de pruebas ya no tiene utilidad alguna, a lo que el operario debería responder con una reparación o cambio directo de la electroválvula en la bomba evaluada.



Figura 3.9. Diagrama de parte posterior del equipo.

3.2.5 Suministro, retorno y conducto de inyección de combustible a la bomba PLD o EUI.

Cuando ya se encuentra montado el Cambox sobre el banco de movimiento y la electroválvula respectiva cumplió con todos los requisitos establecidos por el simulador, se debe realizar las conexiones del suministro de combustible, cañería de inyección a la bomba montada; como también conectar su retorno correspondiente como si lo estuviera en el propio vehículo.

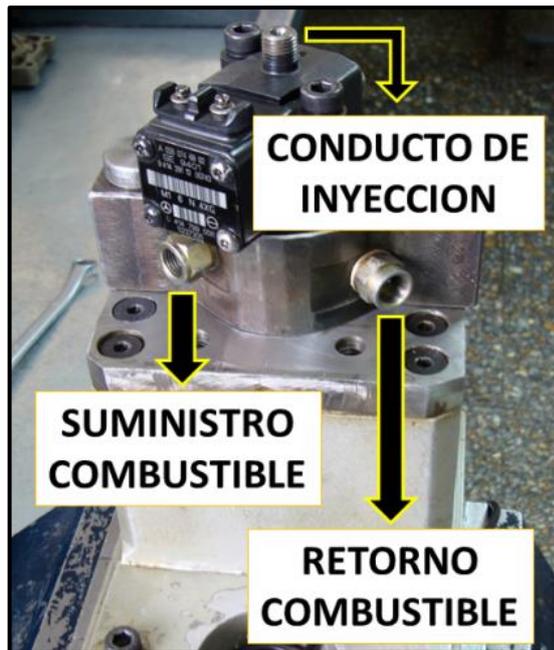


Figura 3.10. Diagrama de conductos de suministro de combustible.

Estos conductos son los encargados de suministrar combustible que posteriormente serán inyectado por la bomba montada a través de su propio conducto para su evaluación pertinente, estos se muestran en la figura 3.10. Es muy importante realizar el ajuste de los tornillos de fijación correctamente a las cañerías para poder evitar y contrarrestar fugas de combustible en cualquiera de las tres conexiones; debido a las altas presiones generadas internamente en la bomba, este proceso se muestra en la figura 3.11



Figura 3.11. Diagrama de conexión de conductos de suministro, retorno e inyección de combustible.

3.2.6 Conexión del sensor inductivo del Cambox al equipo.

Se procede a conectar el sensor inductivo presente en el Cambox del equipo, con el simulador. Esta conexión se realiza enlazando el cable propio presente en el sensor inductivo del Cambox; con el cable propio del simulador que se presente en la figura 3.12a. Este cable se conecta en un terminal con posición única ubicado en la parte frontal izquierda del simulador como lo indica figura 3.12b.

Con este paso prácticamente el equipo se encuentra armado y listo para su funcionalidad, es de mucha importancia revisar las correctas conexiones del mismo; estas le darán al equipo la disponibilidad de poder realizar su trabajo de una manera correcta caso contrario se presentarían fallas en el desarrollo del mismo.



a)



b)

Figura 3.12. Diagrama de cable de conexión del sensor.

3.2.7 Encendido del banco de movimiento.

Este procedimiento depende directamente del tipo de banco que se esté usando por lo que se aconseja únicamente ajustar bien los acoples del banco al Cambox para mantener seguro y libre de vibraciones. Si el banco es analógico es decir si el banco regula las revoluciones por perilla revisar siempre que esta se encuentre en la posición inicial a 0 RPM; caso contrario podría producirse daños en el sistema debido a las altas revoluciones que se podrían presentar. Si el banco es digital es decir si el dato de revoluciones se ingresa mediante teclado digitalizar siempre el correcto valor del mismo. En este caso contamos con un banco de movimiento serie 12PSB, el cual tiene un control digital para el ingreso de las revoluciones como lo indica la figura 2.46. Antes de iniciar el encendido del motor de banco de movimiento, primero se inicia la bomba generadora de presión al combustible que sirve como suministro al sistema montado.

3.2.8 Selección de disparo en el equipo.

Cuando ya el banco de movimiento se encuentra encendido procedemos a realizar los disparos respectivos para cada una de las ocho pruebas expuestas en el sistema, estas pruebas se encuentran descritas en la tabla 3.1, esta etapa de trabajo se habilita únicamente cuando todo el sistema de control de parámetros del inductor de la bomba a evaluar ha superado las pruebas respectivas caso contrario esta prueba no se habilita. Existen dos tipos de selección que dependen del modelo de prototipo que se haya adquirido.

3.2.8.1 Disparo con prototipo portable

La tabla 3.1 describe todas las pruebas que se debe realizar a la bomba montada, si el equipo simulador con el que se está evaluando es la versión portable del prototipo se debe imprimir una hoja de registros de valor la que se expone en la tabla 3.1. Esta tabla expone los valores de RPM con el que debe estar trabajando el banco de movimiento, el PULSO y AVANCE que se le debe dar a la electroválvula que se está evaluando desde la pantalla como lo indica la figura

3.12a. Esta pantalla presenta dos indicadores numéricos a los cuales se les puede modificar su valor de dos maneras. Primero tocando directamente en el número que se indica ahí el cual seguidamente desprenderá un teclado virtual, este teclado virtual presenta restricciones cuando se desea ingresar los valores esto se lo hace para evitar un posible error en la digitalización del mismo. La segunda forma del ingreso de los valores se lo hace mediante la pulsación de los botones ascendente y descendente según se tenga la necesidad.

Así mismo esta tabla presenta cuadros de registros de valores obtenidos en las pruebas a través de las mediciones de combustible leídas de las probetas del banco de movimiento, estos registros sirven para posteriormente ingresar en el simulador y realizar las respectivas evaluaciones.

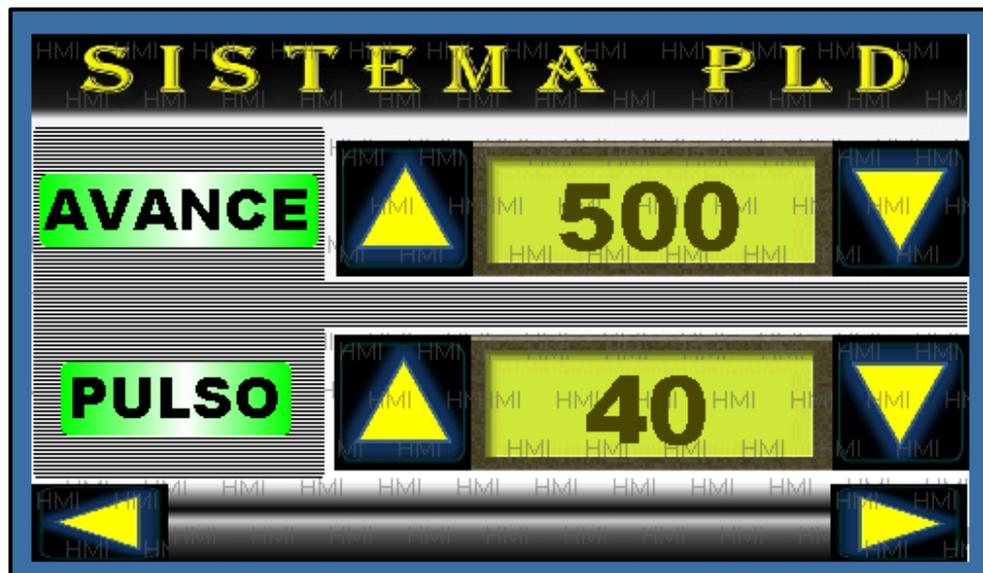


Figura 3.12a. Diagrama de pantalla de disparo sistema portable.

3.2.8.2 Disparo con prototipo estable

Esta presentación del simulador prototipo incorpora en su pantalla de interfaz la tabla de datos a ingresar de RPM, PULSO y AVANCE como lo indica la figura 3.12b; como también el registro de los valores de combustibles leídos desde las probetas del banco de movimiento en la propia presentación.



Figura 3.12a. Diagrama de pantalla de disparo sistema estable.

Es decir ya no hace falta ningún registro externo, por lo que funcionalmente lo hace un poco más práctico y eficiente en el desarrollo de las pruebas respectivas por parte del operario que se encuentre evaluando la bomba montada. El proceso de ingreso de valores se lo realiza desde el teclado del computador o mediante las flechas de incremento y decremento que ahí se indican, también se presentan restricciones de ingresos de valores para evitar errores.

| RPM | PULSO | AVANCE | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 |
|-----------------------|--------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 350 | 200 | 25000 | | | | | | |
| 350 | 200 | 29000 | | | | | | |
| 500 | 140 | 18000 | | | | | | |
| 500 | 160 | 18000 | | | | | | |
| 500 | 200 | 18000 | | | | | | |
| 750 | 200 | 10000 | | | | | | |
| 750 | 200 | 10500 | | | | | | |
| 750 | 200 | 11000 | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | |
| RPM | PULSO | AVANC | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 |
| 350 | 200 | 25000 | | | | | | |
| 350 | 200 | 29000 | | | | | | |
| 500 | 140 | 18000 | | | | | | |
| 500 | 160 | 18000 | | | | | | |
| 500 | 200 | 18000 | | | | | | |
| 750 | 200 | 10000 | | | | | | |
| 750 | 200 | 10500 | | | | | | |
| 750 | 200 | 11000 | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | |
| RPM | PULSO | AVANC | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 |
| 350 | 200 | 25000 | | | | | | |
| 350 | 200 | 29000 | | | | | | |
| 500 | 140 | 18000 | | | | | | |
| 500 | 160 | 18000 | | | | | | |
| 500 | 200 | 18000 | | | | | | |
| 750 | 200 | 10000 | | | | | | |
| 750 | 200 | 10500 | | | | | | |
| 750 | 200 | 11000 | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | |

Tabla 3.1. Descripción de hoja externa de registros valores para prototipo estable.

3.2.9 Apagado del banco de movimiento.

Cuando ya se han realizado todos los disparos expuestos, el siguiente paso es la introducción de valores obtenidos en las pruebas en el caso de sistema portable, o la evaluación de los valores en el caso del sistema estable. Cuando ya nos encontramos en cualquiera de los dos casos los cuales dependen del modelo de equipo adquirido, el banco de movimiento debe apagarse inmediatamente para evitar cualquier impase en el sistema.

3.2.10 Apagado del equipo

Cuando ya se ha terminado con las evaluaciones de todas las pruebas respectivas, el prototipo de banco de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI se debe apagar. Esto se lo hace regresando el conmutador del equipo a la posición off, si ya no se va a utilizar más el equipo retirar todas las herramientas utilizadas y ubicarlas en el cajón propio del mueble del equipo como se indica en la figura 3.13; para evitar posibles pérdidas de las mismas.



Figura 3.13. Diagrama de mueble del equipo.

CAPITULO IV

ANÁLISIS ECÓNOMICO PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA

4.1. Introducción.

El proceso de sistematización de la información económica-financiera se basa principalmente en identificar y ordenar todos los ítems de inversión, costos e ingresos que puedan deducirse de los estudios previos al proyecto a realizar, teniendo en cuenta la mayoría de detalles en lo referente a egresos que se presenten a lo largo del desarrollo del mismo.

El objetivo del estudio económico de un determinado proyecto, consiste fundamentalmente en la determinación de los modelos económicos y para ello hay la obligación de identificar las necesidades de inversión, ingresos, costos, utilidad y rentabilidad del mismo.

El estudio financiero tiene un efecto directo y su objetivo central es determinar las necesidades de recursos financieros, las fuentes, las condiciones de los recursos y las posibilidades reales de tener acceso a dichas fuentes que ayuden al financiamiento total del proyecto.

En el desarrollo de este capítulo, se detalla cada uno de los recursos que hacen posible la creación del proyecto prototipo planteado, así también se realiza el estudio de los factores:

- Valor actual neto (**VAN**).
- Tasa interna de retorno (**TIR**).
- Periodo de recuperación del capital (**PRC**).

Los que permitirán una orientación progresiva y ordenada en el proceso de recuperación financiera de recursos empleada en el desarrollo del sistema en un determina tiempo.

4.2. Plan de inversiones

El plan de inversiones del proyecto corresponde a la descripción detallada de las necesidades del capital en que se va a incurrir para la materialización del mismo.

Las inversiones son los desembolsos necesarios para la ejecución del proyecto en donde se detallan todos los gastos que se han dado a lo largo de su creación, de la misma forma el plan de inversiones presenta un informe detallado y plantea un proceso de recuperación de la inversión en un tiempo estimado, entre los principales componentes del plan de inversiones tenemos:

- Plan de inversiones fijas.
- Plan de costos.

4.2.1. Plan de inversiones fijas

Las inversiones fijas constituyen lo que más tarde serán los Activos Fijos de la empresa, corresponden a los bienes que la empresa adquiere con el ánimo de destinarlos a su explotación y orientados al desarrollo del proyecto que se tiene en proceso. Es de mucha importancia tener presente que los denominados activos fijos no pueden ser objeto de transacciones u intercambios comerciales en el curso de sus operaciones.

Las inversiones fijas se realizan en el periodo de instalación del proyecto y se utilizan a lo largo de la vida útil de los bienes correspondientes. Estas inversiones comprenden a los bienes que están sujetos a depreciación tales como: maquinaria, vehículos y edificios, y otros que no lo están, tales como terrenos. Comprenden también inversiones intangibles, como gastos de organización, estudios, puesta en marcha y otros rubros que se deben amortizar. En el desarrollo del prototipo de bancos de pruebas de bombas de inyección electrónica PLD y EUI encontramos formando parte de los activos fijos lo siguiente:

- Las herramientas mecánicas.
- Materiales electrónicos.
- Materiales de montaje.
- Materiales de información.
- Procesos de investigación.

Los cuales se plantean y describen desde la tabla 4.1 a la tabla 4.5, en estas tablas se detallan y se especifican los activos fijos de mayor relevancia las que forman parte principal y funcional en el desarrollo del sistema, de esa manera se tendrá una idea más clara y precisa sobre la inversión en el sistema que se ha desarrollado.

HERRAMIENTAS MECANICAS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

| PRODUCTO | COSTO |
|--|-------------|
| CAMBOX (simulador de la base del motor donde se encuentra situada el PLD o el EUI) | 1200 |
| Leva de 11 mm para accionamiento mecánico a las PLD o EUI desde el CAMBOX | 220 |
| Accesorio base para sistemas PLD. | 130 |
| Accesorio base para sistemas EUI. | 120 |
| Balancín accesorio para accionamiento de sistemas EUI | 68 |
| Varilla accesorio de enlace entre leva y balancín para sistemas EUI | 25 |
| TOTAL | 1763 |

Tabla 4.1. Descripción de costos en herramientas mecánicas para el desarrollo del proyecto.

MATERIALES ELECTRONICOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

| PRODUCTO | COSTO |
|---|---------------|
| Pantalla TouchWin TH-465 | 450 |
| Chip TL 2575 | 8,5 |
| Fuente de alimentación 12 V, Mean Well HRPG serie 150-24 | 95 |
| Sensor Inductivo Salida Digital | 105 |
| Multímetro LCR Extech 380193 | 275 |
| PCB de potencia | 37 |
| PCB de control | 38 |
| Mosfet IRFP-264N | 22 |
| Cable de Potencia | 7,5 |
| Cable de datos USB | 5 |
| Conector grande | 25,75 |
| Conector pequeño | 14,75 |
| Microcontrolador 18f4550 | 12 |
| Capacitor General Electric | 30 |
| Supresor de trascientes | 7 |
| Otros | 110 |
| | |
| TOTAL | 1242,5 |

Tabla 4.2. Descripción de costos en material electrónico para el desarrollo del proyecto.

ACCESO A DATOS E INFORMACION PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

| PRODUCTO | COSTO |
|---|--------------|
| CD BOSH Diesel Fuel Injection V 7.09 | 63,6 |
| CD BOSH Diesel PLD System V 5.0 | 47,3 |
| Libro Inyección Diesel Para Camiones | 38 |
| Libro Motor Diesel Inyección y Combustión | 45 |
| Folleto Global Training PLD | 14 |
| Folleto Global Training EUI | 16,7 |
| Folleto LabView Básico I | 33,5 |
| Folleto LabView Básico II | 36 |
| Folleto MikroBasic | 5 |
| Folleto Pic 18F4550 | 6,5 |
| Folleto Pic 16F871 | 8,7 |
| Folleto Proteus V 7.5 | 13,5 |
| Folleto Protel 99 | 18,7 |
| Otros | 30 |
| | |
| TOTAL | 376,5 |

Tabla 4.3. Descripción de costos en información del proyecto.

| TRANSPORTE Y COSTO DE INVESTIGACION DE CAMPO | |
|--|--------------|
| DESCRIPCION | COSTO |
| Curso de Bombas de Inyección Electrónica Quito Noviembre 2010. | 275 |
| Visita técnica Laboratorio de Inyección Electrónica Turbo_Diesel Betancourt Machala 2011. | 60 |
| Exposición Banco de Pruebas para Inyectores empresa Kdiesel(Monea) Cuenca 2010 | 35 |
| Exposición de Herramientas y Banco de Pruebas para sistemas Common Rail en Inyección Electrónica empresa Bosch Cuenca 2011 | 35 |
| Otros | 100 |
| | |
| TOTAL | 505 |

Tabla 4.4. Descripción de costos en investigación del proyecto.

MATERIALES PARA EL MONTAJE DEL PROYECTO

| PRODUCTO | COSTO |
|-----------------------------|--------------|
| Caja para montaje de equipo | 110 |
| Pintura electrostática | 15 |
| Manija de acero inoxidable | 2,5 |
| Stikers frontales | 5,7 |
| Ventilador | 20 |
| Terminal Cable de potencia | 4 |
| | |
| Otros | 50 |
| | |
| TOTAL | 207,2 |

Tabla 4.5. Descripción de costos en montaje del proyecto.

4.2.2. Plan de Costos

En el marco de la organización empresarial deben confrontarse los costos reales con los estimados, con lo cual se facilita el control interno del funcionamiento de este proyecto; ya que las diferencias mostrarán la realidad entre las pautas dadas por las directivas y los eventuales puntos de conflicto que originan estas variaciones que siempre se presentan en los costos cuando se plantean ante un determinado proyecto.

De acuerdo al proyecto se tomó en cuenta los costos de producción que se relacionan con la elaboración de la máquina. Entre ellos están los Costos Directos e Indirectos, los primeros que consisten en la materia prima y los segundos relacionados en el proceso de fabricación pero no se los puede observar físicamente es decir son parte del sistema pero no están presentes en el cuando este ya se ha terminado.

A continuación se detalla cada uno de los costos que intervinieron para la elaboración del prototipo de banco de pruebas de Bombas de Inyección Electrónica PLD y EUI.

La tabla 4.6, describe los costos generados para el desarrollo del primer prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección electrónica PLD y EUI, de la misma forma en la tabla 4.7 y en la tabla 4.8, se detallan costos presupuestados y de mano de obra, esto se realiza unicamente para poder determinar el tiempo y costos reales de sistema antes de su segunda produccion.

| MATERIA PRIMA DIRECTA | | | MANO DE OBRA DIRECTA | | | | COSTOS GEN. DE FABRICA | | | |
|-------------------------------------|------------------|---------|----------------------|---------|------|-----------------|------------------------|---------|--------|---------|
| FECHA | CLASE | V.T. | FECHA | No. H.T | V.U. | V.T. | FECHA | MPD | T.PRED | V.T. |
| OCTUBRE | Mat. Elec y Meca | 3005,50 | OCTUBRE | 1320 | 5 | 6600 | OCTUBRE | 4094,20 | 0,5326 | 2180,57 |
| 2010 | Mat. de Montaje | 207,20 | 2010 | | | | 2010 | | | |
| ENERO | Investigación. | 881.5 | ENERO | | | | ENERO | | | |
| 2012 | | 4094,20 | 2012 | | | 6600 | 2012 | | | 2180,57 |
| RESUMEN | | | | | | | | | | |
| C.T. Materia Prima Directa: | | | | | | 4094,20 | | | | |
| C.T. Mano de Obra Directa: | | | | | | 6600 | | | | |
| C.T. Costos gen. de fab. aplicados: | | | | | | 2180,57 | | | | |
| COSTO TOTAL: | | | | | | 12874,77 | | | | |
| COSTO UNITARIO: | | | | | | 12874,77 | | | | |

Tabla 4.6. Descripción de la hoja de costos del PRIMER sistema prototipo.

| | | |
|---------------------|-----------------------|-------------------------------|
| PRESUPUESTOS | Presupuesto C.I.F. | 1331,50 |
| | Presupuesto de M.P.D. | 2500,00 |
| | Tasa predeterminada. | C.I.F / M.P.D = 0,5326 |

Tabla 4.7. Descripción de la tasa predeterminada primer sistema.

| PROCESO DE CALCULO DE MANO DE OBRA | | | | | | |
|---|-----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Concepto | MANO DE OBRA DIRECTA | | | | | |
| | No. Meses | No. Días al Mes | No. horas al día | No. Horas Total | V/hora | TOTAL |
| Ing. | 15 | 22 | 4 | 1320 | 5 | 6600 |
| TOTAL: | 15 | 22 | 4 | 1320 | 5 | 6600 |
| RESUMEN: | MOD. | | | 6600 | | |
| | MOI. | | | 0 | | |
| | Suplement. MOD. | | | 0,00 | | |
| | Suplement. CGF. | | | 0,00 | | |
| | TOTAL NOMINA | | | 6600 | | |

Tabla 4.8. Descripción de cálculo de mano de obra primer sistema.

En las tablas 4.9, 4.10, 4.11, se detalla el valor real que se tendría a partir de la segunda máquina este sería el valor de costo por cada unidad que se desee, así mismo el plazo mínimo para entrega de este sistema es de 15 días laborables, cuando se realiza la adquisición del mismo se entregara en el lugar deseado dentro del país con su respectivo curso de operación y de control del sistema, se ofrece garantía por un año contra defectos de fábrica. No se toma en cuenta gastos de investigación y los costos generales de fabricación se reducen debido a la experiencia que se ha adquirido a lo largo del desarrollo del sistema en general.

| | | MATERIA PRIMA DIRECTA | | MANO DE OBRA DIRECTA | | | | COSTOS GEN. DE FABRIC | | |
|---------------------|------------------|------------------------------------|---------------------|----------------------|------|---------------|---------------------|-----------------------|--------|-------|
| FECHA | CLASE | V.T. | FECHA | No.H.T | V.U. | V.T. | FECHA | MPD | T.PRED | V.T. |
| 15 días laborables. | Mat. Elec y Meca | 3005,50 | 15 días laborables. | 120 | 5 | 600 | 15 días laborables. | 3212,7 | 0,2 | 642,4 |
| | Mat. de Montaje | 207,20 | | | | | | | | |
| | Investigación. | 0 | | | | | | | | |
| | | 3212,70 | | | | 600 | | | | 642,4 |
| RESUMEN II | | C.T. Materia Prima Directa: | | | | 3212,70 | | | | |
| | | C.T. Mano de Obra Directa: | | | | 600 | | | | |
| | | C.T. Costos gen. defab. aplicados: | | | | 642,4 | | | | |
| | | COSTO TOTAL: | | | | 4455.1 | | | | |
| | | COSTO UNITARIO: | | | | 4455.1 | | | | |

Tabla 4.9. Descripción de la hoja de costos del sistema a futuro.

| | | |
|------------------------|-----------------------|----------------------------|
| PRESUPUESTOS II | Presupuesto C.I.F. | 500 |
| | Presupuesto de M.P.D. | 2500,00 |
| | Tasa predeterminada. | C.I.F / M.P.D = 0,2 |

Tabla 4.10. Descripción de la tasa predeterminada del sistema a futuro.

| PROCESO DE CALCULO DE MANO DE OBRA II | | | | | | |
|--|-----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Concepto | MANO DE OBRA DIRECTA | | | | | |
| | No. Meses | No. Días al Mes | No. horas al día | No. Horas Total | V/hora | TOTAL |
| Ing. | 0 | 15 | 8 | 120 | 5 | 600 |
| TOTAL: | 0 | 15 | 8 | 120 | 5 | 600 |
| RESUMEN I I | MOD. | | 600 | | | |
| | MOI. | | 0 | | | |
| | Suplement. MOD. | | 0,00 | | | |
| | Suplement. CGF. | | 0,00 | | | |
| | TOTAL NOMINA | | 600 | | | |

Tabla 4.11. Descripción de cálculo de mano del sistema a futuro.

4.3. Análisis de factibilidad

Para el análisis de factibilidad del sistema desarrollado se realizará el cálculo de los factores:

- V.A.N (Valor Actual Neto).
- T.I.R (Tasa Interna de Retorno).
- P.R.C. (Periodo de Recuperación de Capital).

Estos factores nos brindaran una idea general de la rentabilidad del sistema para poder ubicar el proceso de inversión y recuperación del capital que se ha invertido en el transcurso del proyecto.

El costo de la maquina al consumidor final se establecerá en 7280 USD, incluido el IVA, se pretende y se plantea las siguientes ventas en cada uno de los años establecidos en la tabla 4.12.

| AÑO | NUM_ VENTAS | TOTAL INGRESOS |
|------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 3 | 21840 |
| 2 | 5 | 36400 |
| 3 | 5 | 36400 |
| 4 | 3 | 21840 |
| 5 | 2 | 14560 |

Tabla 4.12. Descripción de ventas anuales pretendidas.

4.3.1. El valor actual neto (V.A.N)

Este factor es el encargado de determinar el valor presente de los flujos de costos e ingresos generados a través de la vida útil del proyecto. Alternativamente está actualización puede aplicarse al flujo neto de los ingresos y gastos que se utilizarán en todos y cada uno de los años de operación económica del proyecto.

El V.A.N, representa en valores actuales, el total de los recursos que quedan en manos de la empresa al final de toda su vida útil, es decir, es el retorno líquido actualizado generado por el proyecto.

Si el VAN es mayor que cero el proyecto o inversión es conveniente, si el VAN es igual a cero; el proyecto queda a criterio del inversionista, si el VAN es menor a cero el proyecto no es viable, para determinar este valor nos basamos en la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^T \left[\frac{FC_t}{(1+i)^t} \right] - I_0$$

Dónde:

- **FC** = Factor de actualización.
- **i** = Tasa de rentabilidad de la empresa (11.15%).
- **T** = Periodo durante el cual se quiere capitalizar la inversión (5 años).
- **I₀** = inversión inicial del sistema. **12874,77**

A continuación se detalla en la tabla 4.13 de cálculo del VAN.

| Año | Ingresos | Egresos | Egre.IVA | Flujo Caja | Fac. Act | Fondos |
|---|-----------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|---------------|
| 0 | 0 | 12874,77 | 0 | -12874,77 | | -12874,77 |
| 1 | 21840 | 11875,8 | 2620,8 | 7343,4 | 0,8997 | 6606,7476 |
| 2 | 36400 | 19793 | 4368 | 12239 | 0,8094 | 9906,6541 |
| 3 | 36400 | 19793 | 4368 | 12239 | 0,7282 | 8912,8692 |
| 4 | 21840 | 11875,8 | 2620,8 | 7343,4 | 0,6552 | 4811,2654 |
| 5 | 14560 | 7917,2 | 1747,2 | 4895,6 | 0,5895 | 2868,0655 |
| VAN = (6606,7476 + 9906,6541 + 8912,8692 + 4811,2654 + 2868,0655) – 12874,77 | | | | | | |
| VAN = 20230,8319 USD | | | | | | |

Tabla 4.13. Descripción de cálculo del VAN.

4.3.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Se podría interpretar a la Tasa Interna de Retorno, como la más alta tasa de interés que se podría pagar por un préstamo que financiará la inversión, si el préstamo con los intereses acumulados a esta tasa dada, se fuera abonando con los ingresos provenientes del proyecto, a medida que estos van siendo generados a través de toda la vida útil del proyecto. Si la TIR es mayor que el costo del capital debe aceptarse el proyecto.

La ecuación para calcular el T.I.R es:

$$TIR = TASA MENOR + \left[DIFERENCIAS DE TASAS \frac{VAN TASA MENOR}{VAN MENOR - VAN MAYOR} \right]$$

A continuación se detalla la tabla 4.14 de cálculo del T.I.R.

| | | ACTUALIZACIÓN | | | |
|------|----------|---------------|-------------------|-------------|-------------------|
| AÑOS | F_NETO | Fa. Act.21% | VAN_MEN | Fa. Act.22% | VAN_MAY |
| 0 | 12874,77 | | | | |
| 1 | 7343,4 | 0,8264 | 6068,9256 | 0,8197 | 6019,1803 |
| 2 | 12239 | 0,6830 | 8359,4017 | 0,6719 | 8222,9240 |
| 3 | 12239 | 0,5645 | 6908,5964 | 0,5507 | 6740,1016 |
| 4 | 7343,4 | 0,4665 | 3425,7503 | 0,4514 | 3314,8041 |
| 5 | 4895,6 | 0,3855 | 1887,46573 | 0,3610 | 1811,3683 |
| | | | 26650,1398 | | 26108,3783 |

Tabla 4.14. Descripción de cálculo de la TIR.

$$TIR = 21 + \left[1 \frac{26650,1398}{26650,1398 - 26108,3783} \right]$$

$$TIR = 21 + 49.1916$$

$$TIR = 70.19\%$$

4.3.3. Periodo de recuperación del capital (PRC)

Consiste en el tiempo requerido para recuperar la inversión original, en una medida de la rapidez con que el proyecto reembolsará el desembolso original de capital, comúnmente los periodos de recuperación de la inversión o capital se utilizan para evaluar las inversiones proyectadas. El periodo de recuperación consiste en el número de años requeridos para recobrar la inversión inicial.

En la tabla 4.15 se demuestra el tiempo requerido para que el proyecto recupere la inversión inicial de capital.

| Año | Flujo Caja | Fac. Act | Fondos | Acumulado |
|------------|-------------------|-----------------|---------------|------------------|
| 0 | -12874,77 | | | -12874,77 |
| 1 | 7343,4 | 0,8997 | 6606,7476 | -6268,0224 |
| 2 | 12239 | 0,8094 | 9906,6541 | 3638,6317 |
| 3 | 12239 | 0,7282 | 8912,8692 | 12551,5009 |
| 4 | 7343,4 | 0,6552 | 4811,2654 | 17362,7663 |
| 5 | 4895,6 | 0,5895 | 2868,0655 | 20230,8319 |

Tabla 4.15. Descripción de cálculo de la PRC.

P. R. C = (Año que supera la inversión)

$$+ \frac{\text{INVERSION} - \sum \text{Primeros Flujos}}{\text{Flujo neto del año que supera la inversión}}$$

$$PRC = (2) + \frac{12874,77 - (9906,6541 + 6606,7476)}{9906,6541}$$

$$PRC = 1,6327 \quad \text{INDICA 1 AÑO}$$

$$PRC = 1,6327 - 1 = 0,6327$$

$$PRC = 0,6327 * 12 = 7,5925 \quad \text{INDICA 7 MESES}$$

$$PRC = 7,5925 - 7 = 0,5925$$

$$PRC = 0,5925 * 30 = 17,775 \quad \text{INDICA 17 DIAS}$$

El retorno del capital invertido se lo tiene en **1 año, 7 meses y 18 días**, finalmente de acuerdo al análisis de factibilidad se pudo determinar la evaluación económica del proyecto en donde se pudo establecer que el Valor Actual Neto de la empresa es de **\$20230,8319**, lo que su supera la inversión y por ende el proyecto es totalmente conveniente. En lo que respecta a la Tasa Interna de Retorno se encuentra en un **70,19%** dando como resultado que la TIR es mayor que el costo del capital (11.15%) donde indica y asegura que el proyecto es totalmente aceptable.

RESUMEN CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el Capítulo I se presenta una introducción teórica sobre la evolución de los sistemas de inyección diesel, así como también su paso de los modelos de inyección estrictamente mecánicos; a los modelos de inyección con gestión electrónica. La finalidad de este cambio en los modelos de inyección se orienta específicamente al cumplimiento de todas las leyes y normas expuestas por los controles de contaminación del medio ambiente internacional y nacional. Otra de las razones es la competencia diaria de los diferentes fabricantes del mundo por obtener el control de mercado en producción de vehículos que mayor rendimiento, precisión, eficiencia y sobre todo economía presenten cuando desarrollen su trabajo. Para poder cumplir y competir con todas las normas, leyes y fabricantes, se presentan dos cambios fundamentales en los motores de inyección diesel de los vehículos en la actualidad:

El primer cambio es del modelo convencional estrictamente mecánico, el que se orienta específicamente a una inyección individual mediante la incorporación de varias bombas inyectoras, las que permiten el aumento de presión en el combustible inyectado mediante la pulverización uniforme del mismo que se logra gracias a una mayor cantidad de orificios presentes en el inyector. Esta pulverización se da en todos los cilindros presentes en el motor del vehículo, brindando la oportunidad de sectorizar el mantenimiento; obteniendo como ventaja menor riesgo ante una falla y sobre todo un rápido y económico mantenimiento.

El segundo cambio es la incorporación de la gestión electrónica a la inyección de combustible en el motor del vehículo, que sin duda en la actualidad es la mayor competencia entre cada uno de los fabricantes por las grandes ventajas, facilidades y resultados que se han obtenido en todos los vehículos que ya se encuentran en el mercado actual. La incorporación de los tres sectores principales sensores,

actuadores y la unidad de control electrónico, son los que determinan, regulan y controlan los sistemas de inyección con gestión electrónica.

La precisión y corrección automática en el inicio de inyección, correcta inyección en los puntos máximos y mínimos de trabajo del motor, dosificación variable de combustible, bajos niveles de contaminación; son las principales características y ventajas que los sistemas de inyección diesel con gestión electrónica presentan, hoy en día consideradas las grandes razones por las que la mayoría de productores de motores se inclina por la incorporación de este tipo de sistemas en cada uno de los vehículos que producen.

Dos de los varios sistemas de inyección electrónica diesel presentes en la actualidad son las bombas PLD (*Pumpe Leitung Düse Elemente*) Y EUI (*Electronic Unit Injector*), son conocidas como bombas unitarias y se encuentran presentes en una gran cantidad de vehículos en el mercado nacional y sobre todo internacional.

Los sistemas PLD presentan la electroválvula, el cuerpo de bombeo o bomba de inyección, el tubo de alta presión y el inyector mecánico. Los sistemas EUI a diferencia de los sistemas PLD no poseen el inyector mecánico; este lo incorpora en su propio cuerpo de inyección el resto es totalmente similar. El proceso de inyección en ambos sistemas se lo realiza mediante cinco etapas:

1. Etapa de acción de leva.
2. Etapa de aspiración.
3. Etapa de alimentación.
4. Etapa de inyección.
5. Etapa de retorno.

Estas etapas se realizan frecuentemente y son dependientes directos de los parámetros del motor como: revoluciones en las que se encuentre, condiciones ambientales, fuerza requerida etc.

Estos dos tipos de sistema de inyección electrónica diesel son los que se van a evaluar y diagnosticar mediante el prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección electrónica EUI y PLD.

En el capítulo II se presentan la mayoría de instrumentación necesaria para el desarrollo del proyecto; entre otros encontramos, software, herramienta y dispositivos electrónicos, herramientas mecánicas etc. Así como también se presentan cada uno de los diseños electrónicos tanto de control como de potencia que intervienen en el desarrollo del prototipo de banco de pruebas.

Mediante el software MikroBasic Pro V4.15, se realiza la programación del microcontrolador Pic 18F4550, que es el encargado del monitoreo y control de los procesos que intervienen durante todo el diagnóstico que se le realiza a la bomba a evaluar. También se encarga de la comunicación con los dos tipos de sistemas que interactúan en el desarrollo del trabajo con el operario final, los que se denominan sistema estable o portable y que están a elección de la o las personas que deseen adquirir el equipo.

Mediante el software LabView V 10.0, se plantea la versión de prototipo de banco de pruebas conocida como ESTABLE que interactúa con el operario final que ha adquirido el equipo, entre sus principales ventajas presenta la incorporación de la tabla y registro de diagnóstico en su propia pantalla de presentación de trabajo y sobre todo la gran oportunidad de actualizaciones de software y fácil manejo del mismo.

Mediante el software TouchWin for TH, se plantea la versión de prototipo de banco de pruebas conocida como PORTABLE que interactúa con el operario final que ha adquirido el equipo, entre sus principales ventajas presenta una verdadera portabilidad en el equipo que se pueda transportar o instalar en cualquier parte del laboratorio de inyección que lo posee. Esto se logra mediante la implementación de la pantalla TH-465 la que permite la visualización y control que se lo realiza desde su pantalla táctil.

El CamBox que es una herramienta estrictamente mecánica, es el encargado de simular la posición del motor donde van ubicadas cada una de las bombas de inyección electrónica ya sea PLD o EUI. Este porta la leva que acciona el resorte recuperador y también el sensor inductivo con salida digital para poder identificar la posición donde se encuentra la leva antes de realizar su accionamiento y correcto disparo para lograr la inyección adecuada. El banco de movimiento 12PSB, es una herramienta mecánica básica y fundamental en cada uno de los laboratorios de inyección diesel este es el que permite realizar el movimiento y control de las RPM con las que se desee evaluar, así mismo permite la recolección y medida de la cantidad de combustible inyectado por el sistema que se esté evaluando en ese instante.

En el capítulo III, se presenta y realiza la comprobación del sistema diseñado mediante todo el proceso de montaje hasta tener el sistema totalmente armado para proceder al diagnóstico de la bomba a evaluar. Esto se lo hace a través de un manual de usuario que indica todos y cada uno de los pasos a seguir para el armado del prototipo de banco de pruebas. Así mismo se describe los sectores del mueble diseñado como todos los cables y conectores que intervienen para el desarrollo del trabajo.

En el capítulo IV, se presenta una descripción y análisis de la factibilidad económica del proyecto a través de los factores VAN, TIR y PRC. Los que nos dan una idea clara de si es viable o no el desarrollo del prototipo de banco de pruebas para bomba de inyección. El objetivo del estudio económico de un determinado proyecto, consiste fundamentalmente en la determinación de los modelos económicos y para ello hay la obligación de identificar las necesidades de inversión, ingresos, costos, utilidad y rentabilidad del mismo. Para poder tener una idea clara del presupuesto planteado.

El costo del prototipo se plantea en \$ 7280.00 (Incluido IVA), con este valor se calcula los ingresos anuales a través de las metas de ventas del prototipo planteado para cada año, de esa manera se puede determinar que el retorno del capital invertido se lo tiene en *1 año, 7 meses y 18 días*, finalmente de acuerdo al análisis de factibilidad se pudo determinar la evaluación económica del proyecto

en donde se establece que el Valor Actual Neto de la empresa es de **\$20230,8319** en cinco años de análisis, lo que supera la inversión inicial. En lo que respecta a la Tasa Interna de Retorno se encuentra en un **70,19%** dando como resultado que la TIR es mayor que el costo del capital (11.15%).

Se concluye que el prototipo de banco de pruebas para bombas de inyección electrónica EUI y PLD es totalmente conveniente para todas las personas que se dedican a la reparación o mantenimiento de estos tipos de sistemas de inyección electrónica y para las personas que requieran o interesen aprender hacerlo, debido a las facilidades de manejo que el prototipo presenta cuando realiza la evaluación en sus dos versiones, al soporte de información y rápido mantenimiento de su equipo ante una falla, al curso de introducción que se brinda a la persona en el momento que lo adquiere, a las actualizaciones, a la precisión y eficiencia cuando realiza las pruebas de diagnóstico a las bombas montadas a evaluar y sobre todo a su bajo costo económico comparado con los equipos convencionales internacionales como BOSH o K-Diesel los que oscilan entre 30000 y 40000 dólares.

En lo personal una gran satisfacción emocional y sobre todo profesional por ser el actor intelectual y material del desarrollo de un prototipo de banco de pruebas que sea útil y de ayuda para la solución de problemas en el parque automotor que contenga los sistemas de inyección PLD o EUI presentes en el mercado nacional e internacional. A la cual económicamente se pueda acceder con facilidad y utilizar con toda la confianza para realizar el diagnóstico necesario.

Como recomendación a las personas que se dedican al campo de la mecatrónica se plantea actualizaciones frecuentes en lo que se refiere a herramientas, maquinarias y sistemas de inyección electrónicos, los que diariamente se encuentra evolucionando para mejorar el rendimiento de los motores del sector automotriz, el llamado a la autoeducación para poder diagnosticar estos sistemas actuales.

BIBLIOGRAFIA

- DIGEL Jhon, Sistemas de Inyección Tomo I-II-III-IV, Limusa S.A 1995.
- CHRYSLER Daimler, Descripción de Funcionamiento de los Módulos PLD y ADM, Global Training, Caixa Postal 174, 2002.
- OGATA, K. Ingeniería de Control Moderno. Minnesota: Prentice-Hall, 1997.
- REYES, Carlos, Microcontroladores Pic, 2ª Edición, Editorial Rispergraf, Quito-Ecuador 2006.
- MIRALLES Juan, Bombas de Inyección Diesel, Ceac S. A 1997.
- PRADES J. Miguel, Inyección Diesel, Puresa S.A 1995.
- ROBERTS, M. J, Señales y Sistemas, McGraw-Hill, 2004.
- BOSH, IsiTronic, Diagnóstico e Información de Sistemas de Inyección Diesel, despiece bomba PLD, 2011.
- www.ni.com (recuperado 10 de 10 de 2010)
- www.highlights.com.ec (recuperado 20 de 02 de 2011)
- www.mikroe.com (recuperado el 15 de 12 de 2010)
- www.microchip.com (recuperado el 5 de 10 de 2010)
- www.xinje.com/0/zcdf182.html (recuperado el 25 de 06 de 2011)
- http://www.garner.com.ec/inyectores_eui.htm (recuperado el 23 de 07 de 2010)
- <http://www.recal.cl/upscien.html> (recuperado el 22 de 08 de 2011)
- <http://www.foroswebgratis.com.html> (recuperado el 25 de 11 de 2011)
- <http://tonnyrios.blogspot.com/> (recuperado el 4 de 07 de 2011)
- <http://spanish.alibaba.com/product-gs/hmi465-m-305042161.html> (recuperado el 15 de 12 de 2011)
- <http://www.jameco.com> (recuperado el 22 de 06 de 2011)

ANEXO A
FUENTE DE ALIMENTACION



■ Features :

- Universal AC input / Full range
- Built-in active PFC function, PF>0.95
- High efficiency up to 88% (typ.)
- Withstand 300VAC surge input for 5 seconds
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage / Over temperature
- Cooling by free air convection
- Built-in constant current limiting circuit
- 1U low profile 38mm
- Built-in remote ON-OFF control
- Stand by 5V@0.3A
- Built-in remote sense function
- No load power consumption<0.5W
- 5 years warranty

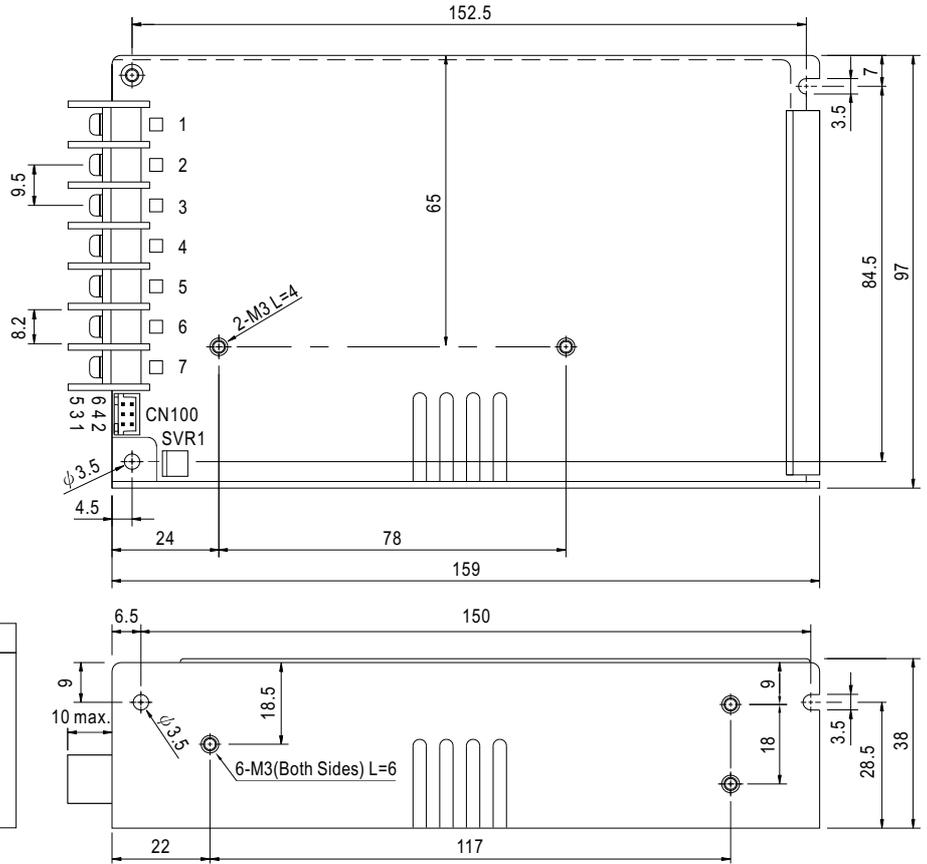


SPECIFICATION

| MODEL | HRPG-150-3.3 | HRPG-150-5 | HRPG-150-7.5 | HRPG-150-12 | HRPG-150-15 | HRPG-150-24 | HRPG-150-36 | HRPG-150-48 | | |
|-----------------------|---|--|--------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| OUTPUT | DC VOLTAGE | 3.3V | 5V | 7.5V | 12V | 15V | 24V | 36V | 48V | |
| | RATED CURRENT | 30A | 26A | 20A | 13A | 10A | 6.5A | 4.3A | 3.3A | |
| | CURRENT RANGE | 0 ~ 30A | 0 ~ 26A | 0 ~ 20A | 0 ~ 13A | 0 ~ 10A | 0 ~ 6.5A | 0 ~ 4.3A | 0 ~ 3.3A | |
| | RATED POWER | 99W | 130W | 150W | 156W | 150W | 156W | 154.8W | 158.4W | |
| | RIPPLE & NOISE (max.) Note.2 | 80mVp-p | 80mVp-p | 100mVp-p | 120mVp-p | 150mVp-p | 150mVp-p | 200mVp-p | 240mVp-p | |
| | VOLTAGE ADJ. RANGE | 2.8 ~ 3.8V | 4.3 ~ 5.8V | 6.8 ~ 9V | 10.2 ~ 13.8V | 13.5 ~ 18V | 21.6 ~ 28.8V | 28.8 ~ 39.6V | 40.8 ~ 55.2V | |
| | VOLTAGE TOLERANCE Note.3 | ±2.5% | ±2.5% | ±2.5% | ±1.5% | ±1.5% | ±1.5% | ±1.5% | ±1.5% | |
| | LINE REGULATION | ±0.5% | ±0.5% | ±0.5% | ±0.3% | ±0.3% | ±0.2% | ±0.2% | ±0.2% | |
| | LOAD REGULATION | ±1.0% | ±1.0% | ±1.0% | ±0.5% | ±0.5% | ±0.5% | ±0.5% | ±0.5% | |
| | SETUP, RISE TIME | 1000ms, 50ms/230VAC 2500ms, 50ms/115VAC at full load | | | | | | | | |
| HOLD UP TIME (Typ.) | 16ms/230VAC 16ms/115VAC at full load | | | | | | | | | |
| INPUT | VOLTAGE RANGE Note.5 | 85 ~ 264VAC | | 120 ~ 370VDC | | | | | | |
| | FREQUENCY RANGE | 47 ~ 63Hz | | | | | | | | |
| | POWER FACTOR (Typ.) | PF>0.95/230VAC | | PF>0.99/115VAC at full load | | | | | | |
| | EFFICIENCY (Typ.) | 80% | 84% | 86% | 87% | 87% | 87% | 88% | 88% | |
| | AC CURRENT (Typ.) | 2.3A/115VAC | | 1.3A/230VAC | | | | | | |
| | INRUSH CURRENT (Typ.) | 35A/115VAC | | 65A/230VAC | | | | | | |
| | LEAKAGE CURRENT | <1mA / 240VAC | | | | | | | | |
| PROTECTION | OVERLOAD | 105 ~ 135% rated output power Protection type : Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed | | | | | | | | |
| | OVER VOLTAGE | 3.96 ~ 4.62V | 6 ~ 7V | 9.4 ~ 10.9V | 14.4 ~ 16.8V | 18.8 ~ 21.8V | 30 ~ 34.8V | 41.4 ~ 48.6V | 57.6 ~ 67.2V | |
| | OVER TEMPERATURE | 95°C (3.3V ~ 7.5V), 85°C (12V ~ 48V) (TSW1 : detect on heatsink Q1 of power transistor) | | | | | | | | |
| | | 105°C (3.3V ~ 7.5V), 100°C (12V ~ 48V) (TSW2 : detect on heatsink HS4 of power transistor) Protection type : Shut down o/p voltage, recovers automatically after temperature goes down | | | | | | | | |
| FUNCTION | REMOTE CONTROL | Short power OFF ; Open power ON | | | | | | | | |
| ENVIRONMENT | WORKING TEMP. | -30 ~ +70°C (Refer to output load derating curve) | | | | | | | | |
| | WORKING HUMIDITY | 20 ~ 90% RH non-condensing | | | | | | | | |
| | STORAGE TEMP., HUMIDITY | -40 ~ +85°C, 10 ~ 95% RH | | | | | | | | |
| | TEMP. COEFFICIENT | ±0.04%/°C (0 ~ 50°C) | | | | | | | | |
| | VIBRATION | 10 ~ 500Hz, 5G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes | | | | | | | | |
| SAFETY & EMC (Note 4) | SAFETY STANDARDS | UL60950-1, TUV EN60950-1 approved | | | | | | | | |
| | WITHSTAND VOLTAGE | I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:1.5KVAC O/P-FG:0.5KVAC | | | | | | | | |
| | ISOLATION RESISTANCE | I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms / 500VDC / 25°C / 70% RH | | | | | | | | |
| | EMI CONDUCTION & RADIATION | Compliance to EN55022 (CISPR22) Class B | | | | | | | | |
| | HARMONIC CURRENT | Compliance to EN61000-3-2, -3 | | | | | | | | |
| OTHERS | EMM IMMUNITY | Compliance to EN61000-4-2,3,4,5,6,8,11, ENV50204, EN55024, EN61000-6-2, heavy industry level, criteria A | | | | | | | | |
| | MTBF | 213.4K hrs min. MIL-HDBK-217F (25°C) | | | | | | | | |
| | DIMENSION | 159*97*38mm (L*W*H) | | | | | | | | |
| NOTE | PACKING | 0.63Kg; 24pcs/16Kg/0.76CUFT | | | | | | | | |
| | NOTE | <ol style="list-style-type: none"> 1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25°C of ambient temperature. 2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor. 3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation. 4. The power supply is considered a component which will be installed into a final equipment. The final equipment must be re-confirmed that it still meets EMC directives. 5. Derating may be needed under low input voltages. Please check the derating curve for more details. | | | | | | | | |

Mechanical Specification

Case No.901I Unit:mm



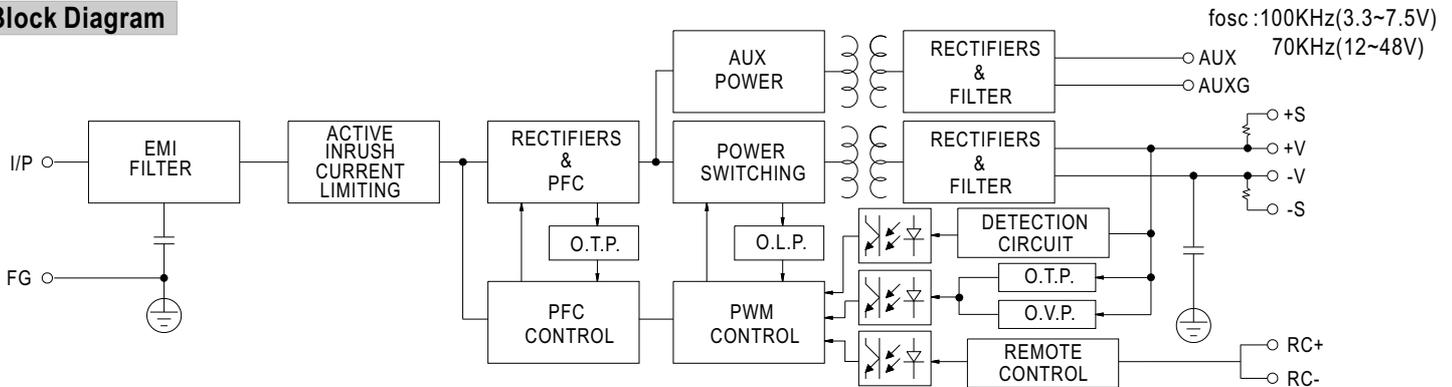
Terminal Pin No. Assignment

| Pin No. | Assignment | Pin No. | Assignment |
|---------|------------|---------|--------------|
| 1 | AC/L | 4,5 | DC OUTPUT -V |
| 2 | AC/N | 6,7 | DC OUTPUT +V |
| 3 | FG \perp | | |

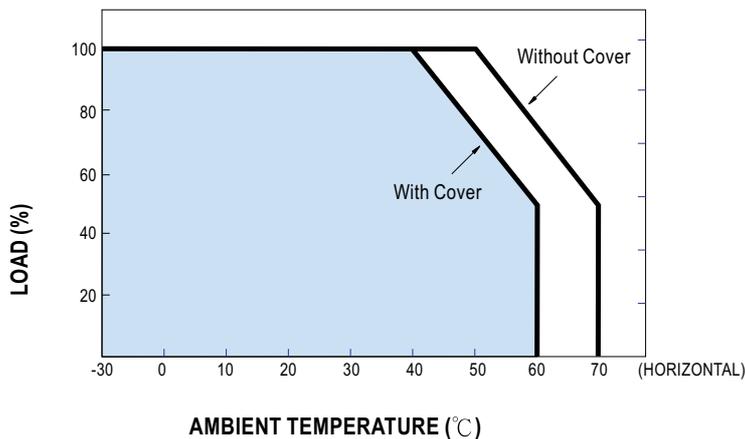
Connector Pin No. Assignment (CN100) : HRS DF11-6DP-2DS or equivalent

| Pin No. | Assignment | Mating Housing | Terminal |
|---------|------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 | -S | HRS DF11-6DS or equivalent | HRS DF11-**SC or equivalent |
| 2 | +S | | |
| 3 | AUXG | | |
| 4 | AUX | | |
| 5 | RC- | | |
| 6 | RC+ | | |

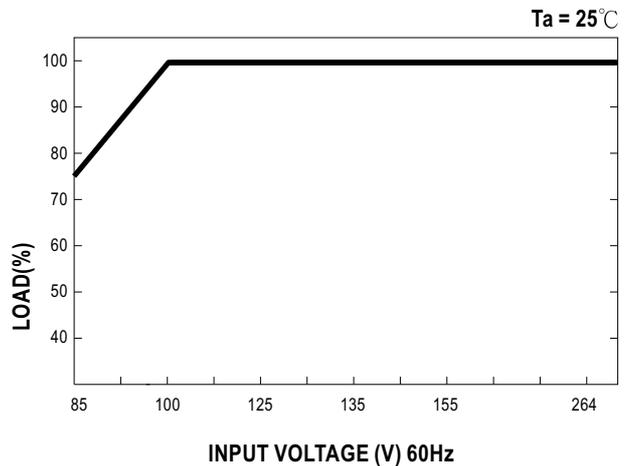
Block Diagram



Derating Curve



Output Derating VS Input Voltage



Function Description of CN100

| Pin No. | Function | Description |
|---------|----------|---|
| 1 | -S | Negative sensing. The -S signal should be connected to the negative terminal of the load. The -S and +S leads should be twisted in pair to minimize noise pick-up effect. The maximum line drop compensation is 0.5V. |
| 2 | +S | Positive sensing. The +S signal should be connected to the positive terminal of the load. The +S and -S leads should be twisted in pair to minimize noise pick-up effect. The maximum line drop compensation is 0.5V. |
| 3 | AUXG | Auxiliary voltage output ground. The signal return is isolated from the output terminals (+V & -V). |
| 4 | AUX | Auxiliary voltage output, 4.6~5.25V, referenced to pin 3(AUXG). The maximum load current is 0.3A. This output has the built-in oring diodes and is not controlled by the "remote ON/OFF control". |
| 5 | -RC | Remote control ground. |
| 6 | +RC | Turns the output on and off by electrical or dry contact between pin 5 (RC-). Short: Power OFF, Open: Power ON. |

Function Manual

1. Remote Control

The PSU can be turned ON/OFF by using the "Remote ON/OFF" function

| Between RC-(pin5) and RC+(pin6) | Output Status |
|---------------------------------|---------------|
| SW ON (Short) | OFF |
| SW OFF (Open) | ON |

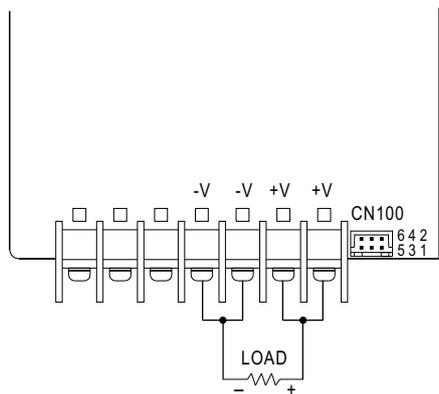
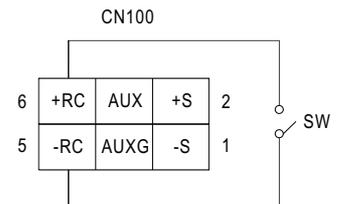


Fig 1.1



2. Remote Sense

The remote sensing compensates voltage drop on the load wiring up to 0.5V.

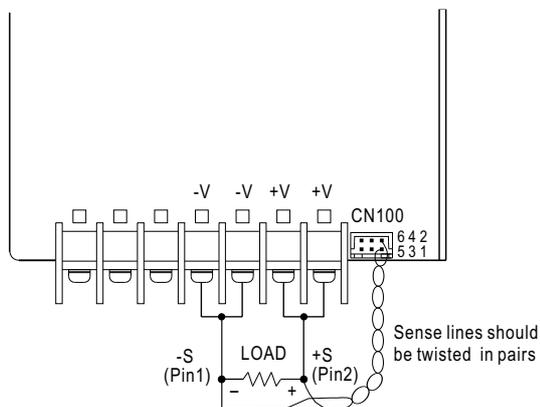
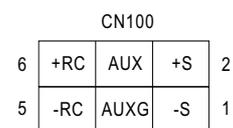


Fig 2.1



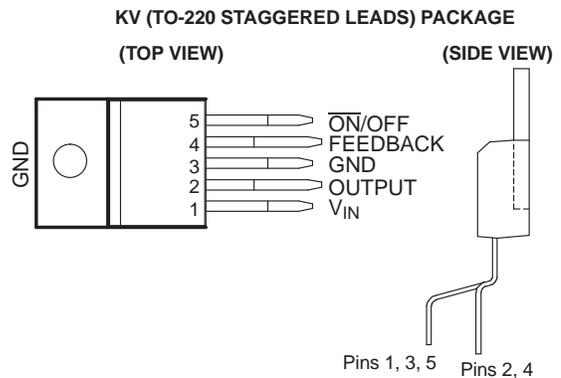
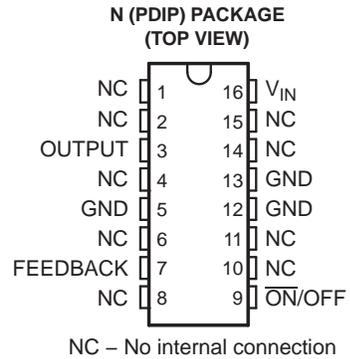
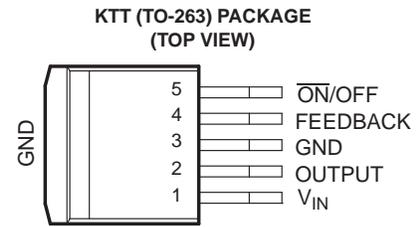
ANEXO B
DISPOSITIVO TL-2575

FEATURES

- Fixed 3.3-V, 5-V, 12-V, and 15-V Options With $\pm 5\%$ Regulation (Max) Over Line, Load, and Temperature Conditions
- Adjustable Option With a Range of 1.23 V to 37 V (57 V for HV Version) and $\pm 4\%$ Regulation (Max) Over Line, Load, and Temperature Conditions
- Specified 1-A Output Current
- Wide Input Voltage Range...4.75 V to 40 V (60 V for HV Version)
- Require Only Four External Components (Fixed Versions) and Use Readily Available Standard Inductors
- 52-kHz (Typ) Fixed-Frequency Internal Oscillator
- TTL Shutdown Capability With 50- μ A (Typ) Standby Current
- High Efficiency...as High as 88% (Typ)
- Thermal Shutdown and Current-Limit Protection With Cycle-by-Cycle Current Limiting

APPLICATIONS

- Simple High-Efficiency Step-Down (Buck) Regulators
- Pre-Regulators for Linear Regulators
- On-Card Switching Regulators
- Positive-to-Negative Converters (Buck-Boost)



DESCRIPTION/ORDERING INFORMATION

The TL2575 and TL2575HV greatly simplify the design of switching power supplies by conveniently providing all the active functions needed for a step-down (buck) switching regulator in an integrated circuit. Accepting a wide input voltage range of up to 60 V (HV version) and available in fixed output voltages of 3.3 V, 5 V, 12 V, 15 V, or an adjustable-output version, the TL2575 and TL2575HV have an integrated switch capable of delivering 1 A of load current, with excellent line and load regulation. The device also offers internal frequency compensation, a fixed-frequency oscillator, cycle-by-cycle current limiting, and thermal shutdown. In addition, a manual shutdown is available via an external ON/OFF pin.

The TL2575 and TL2575HV represent superior alternatives to popular three-terminal linear regulators. Due to their high efficiency, the devices significantly reduce the size of the heatsink and, in many cases, no heatsink is required. Optimized for use with standard series of inductors available from several different manufacturers, the TL2575 and TL2575HV greatly simplify the design of switch-mode power supplies by requiring a minimal addition of only four to six external components for operation.

The TL2575 and TL2575HV are characterized for operation over the virtual junction temperature range of -40°C to 125°C .



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PowerPAD, PowerFLEX are trademarks of Texas Instruments.

TL2575, TL2575HV 1-A SIMPLE STEP-DOWN SWITCHING VOLTAGE REGULATORS

SLVS638B–MAY 2006–REVISED JANUARY 2007

ORDERING INFORMATION⁽¹⁾ TL2575 ($V_{IN(MAX)} = 40\text{ V}$)

| T_J | V_O (NOM) | PACKAGE ⁽²⁾ | | ORDERABLE PART NUMBER | TOP-SIDE MARKING |
|----------------|----------------|------------------------|-------------|-----------------------|------------------|
| –40°C to 125°C | 3.3 V | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575-33IN | TL2575-33IN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575-33IKTTR | TL2575-33I |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575-33IKV | TL2575-33I |
| | 5 V | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575-05IN | TL2575-05IN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575-05IKTTR | TL2575-05I |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575-05IKV | TL2575-05I |
| | 12 V | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575-12IN | TL2575-12IN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575-12IKTTR | TL2575-12I |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575-12IKV | TL2575-12I |
| | 15 V | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575-15IN | TL2575-15IN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575-15IKTTR | TL2575-15I |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575-15IKV | TL2575-15I |
| | ADJ | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575-ADJIN | TL2575-ADJIN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575-ADJIKTTR | TL2575ADJI |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575-ADJIKV | TL2575ADJI |

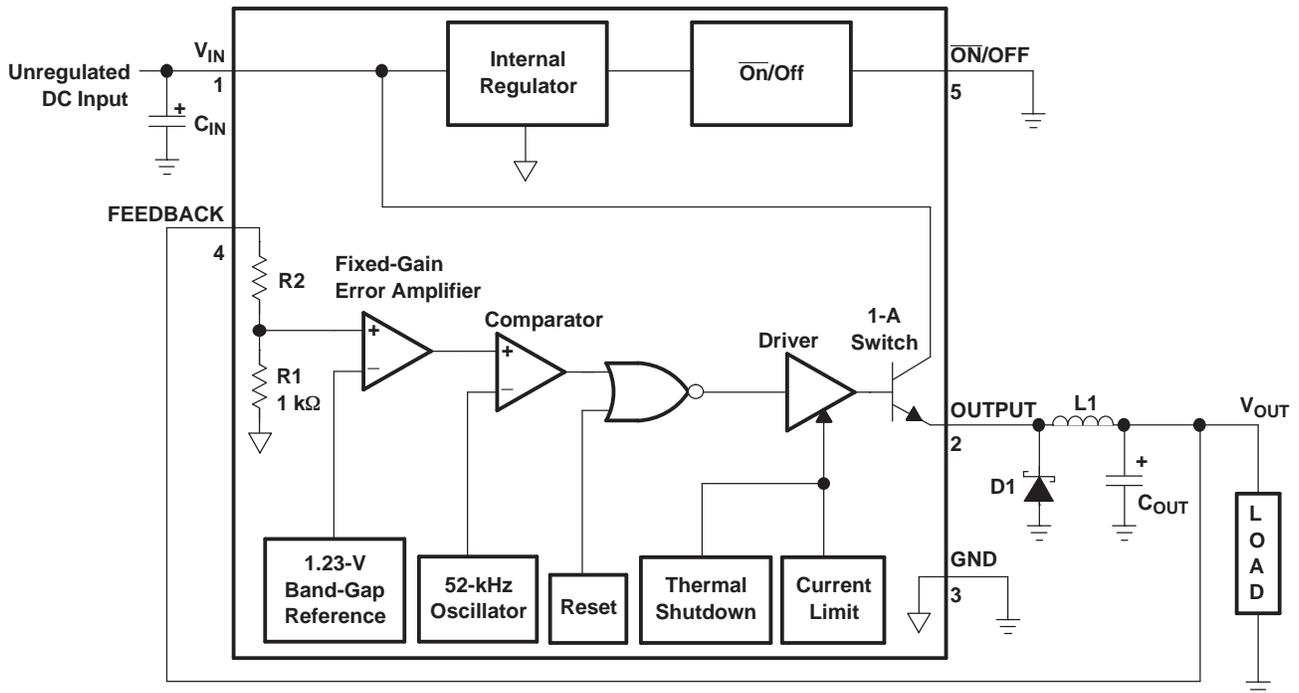
- (1) For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI web site at www.ti.com.
- (2) Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

ORDERING INFORMATION⁽¹⁾ TL2575HV ($V_{IN(MAX)} = 60\text{ V}$)

| T_J | V_O (NOM) | PACKAGE ⁽²⁾ | | ORDERABLE PART NUMBER | TOP-SIDE MARKING |
|----------------|----------------|------------------------|-------------|-----------------------|------------------|
| –40°C to 125°C | 3.3 V | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575HV-33IN | TL2575HV-33IN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575HV-33IKTTR | 2BHV-33I |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575HV-33IKV | TL2575HV-33I |
| | 5 V | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575HV-05IN | TL2575HV-05IN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575HV-05IKTTR | 2BHV-05I |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575HV-05IKV | TL2575HV-05I |
| | 12 V | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575HV-12IN | TL2575HV-12IN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575HV-12IKTTR | 2BHV-12I |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575HV-12IKV | TL2575HV-12I |
| | 15 V | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575HV-15IN | TL2575HV-15IN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575HV-15IKTTR | 2BHV-15I |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575HV-15IKV | TL2575HV-15I |
| | ADJ | PDIP – N | Tube of 25 | TL2575HV-ADJIN | TL2575HV-ADJIN |
| | | TO-263 – KTT | Reel of 500 | TL2575HV-ADJIKTTR | 2BHV-ADJI |
| | | TO-220 – KV | Tube of 50 | TL2575HV-ADJIKV | TL2575HVADJI |

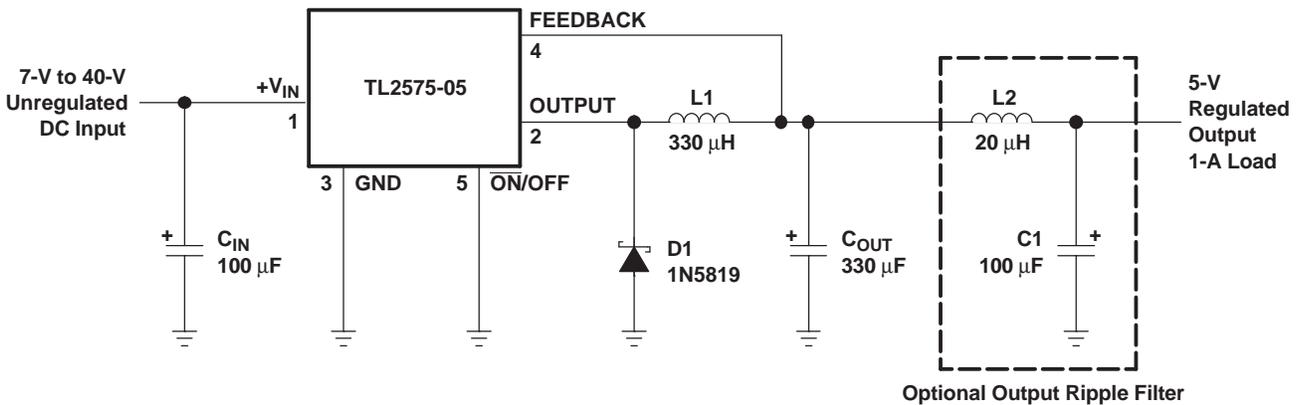
- (1) For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI web site at www.ti.com.
- (2) Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



- 3.3 V: R2 = 1.7 kΩ
- 5 V: R2 = 3.1 kΩ
- 12 V: R2 = 8.84 kΩ
- 15 V: R2 = 11.3 kΩ
- ADJ: R1 = Open, R2 = 0 Ω

A. Pin numbers are for the KTT (TO-263) package.



A. Pin numbers are for the KTT (TO-263) package.

Figure 1. Typical Application Circuit (Fixed Version)

TL2575, TL2575HV 1-A SIMPLE STEP-DOWN SWITCHING VOLTAGE REGULATORS

SLVS638B–MAY 2006–REVISED JANUARY 2007

Absolute Maximum Ratings⁽¹⁾

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

| | | MIN | MAX | UNIT |
|--------------------------------------|------------------------------|----------|-----------------|------|
| V _{IN} | Supply voltage | TL2575HV | 60 | V |
| | | TL2575 | 42 | |
| ON/OFF input voltage range | | -0.3 | V _{IN} | V |
| Output voltage to GND (steady state) | | | -1 | V |
| T _J | Maximum junction temperature | | 150 | °C |
| T _{stg} | Storage temperature range | -65 | 150 | °C |

- (1) Stresses beyond those listed under *absolute maximum ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *recommended operating conditions* is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

Package Thermal Data⁽¹⁾

| PACKAGE | BOARD | θ _{JA} | θ _{JC} | θ _{JP} ⁽²⁾ |
|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|
| PDIP (N) | High K, JESD 51-7 | 67°C/W | 57°C/W | |
| TO-263 (KTT) | High K, JESD 51-5 | 26.5°C/W | 31.8°C/W | 0.38°C/W |
| TO-220 (KV) | High K, JESD 51-5 | 26.5°C/W | 31.8°C/W | 0.38°C/W |

- (1) Maximum power dissipation is a function of T_{J(max)}, θ_{JA}, and T_A. The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is P_D = (T_{J(max)} - T_A)/θ_{JA}. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.
 (2) For packages with exposed thermal pads, such as QFN, PowerPAD™, or PowerFLEX™, θ_{JP} is defined as the thermal resistance between the die junction and the bottom of the exposed pad.

Recommended Operating Conditions

| | | MIN | MAX | UNIT | |
|-----------------|--|----------|------|------|---|
| V _{IN} | Supply voltage | TL2575HV | 4.75 | 60 | V |
| | | TL2575 | 4.75 | 40 | |
| T _J | Operating virtual junction temperature | -40 | 125 | °C | |

TL2575 Electrical Characteristics

$I_{LOAD} = 200\text{ mA}$, $V_{IN} = 12\text{ V}$ for 3.3-V, 5-V, and adjustable versions, $V_{IN} = 25\text{ V}$ for 12-V version, $V_{IN} = 30\text{ V}$ for 15-V version (unless otherwise noted) (see [Figure 2](#))

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS | T_J | TL2575 | | | UNIT |
|------------------|--|--|------------|--------|-------|---------------|------|
| | | | | MIN | TYP | MAX | |
| V_{OUT} | Output voltage | TL2575-33 $V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.2\text{ A}$ | 25°C | 3.234 | 3.3 | 3.366 | V |
| | | | 25°C | 3.168 | 3.3 | 3.432 | |
| | | | Full range | 3.135 | | 3.465 | |
| | | TL2575-05 $8\text{ V} \leq V_{IN} \leq 40\text{ V}$, $0.2\text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 1\text{ A}$ | 25°C | 4.9 | 5 | 5.1 | |
| | | | 25°C | 4.8 | 5 | 5.2 | |
| | | | Full range | 4.75 | | 5.25 | |
| | TL2575-12 $V_{IN} = 25\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.2\text{ A}$ | 25°C | 11.76 | 12 | 12.24 | | |
| | | 25°C | 11.52 | 12 | 12.48 | | |
| | | Full range | 11.4 | | 12.6 | | |
| | TL2575-15 $V_{IN} = 30\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.2\text{ A}$ | 25°C | 14.7 | 15 | 15.3 | | |
| | | 25°C | 14.4 | 15 | 15.6 | | |
| | | Full range | 14.25 | | 15.75 | | |
| Feedback voltage | TL2575-ADJ $V_{IN} = 12\text{ V}$, $V_{OUT} = 5\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.2\text{ A}$ | 25°C | 1.217 | 1.23 | 1.243 | V | |
| | | 25°C | 1.193 | 1.23 | 1.267 | | |
| | | Full range | 1.18 | | 1.28 | | |
| η | Efficiency | TL2575-33 $V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | 25°C | 75 | | | % |
| | | TL2575-05 $V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | | 77 | | | |
| | | TL2575-12 $V_{IN} = 15\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | | 88 | | | |
| | | TL2575-15 $V_{IN} = 18\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | | 88 | | | |
| | | TL2575-ADJ $V_{IN} = 12\text{ V}$, $V_{OUT} = 5\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | | 77 | | | |
| I_{IB} | Feedback bias current | $V_{OUT} = 5\text{ V}$ (ADJ version only) | 25°C | 50 | 100 | nA | |
| | | | Full range | 500 | | | |
| f_o | Oscillator frequency ⁽¹⁾ | | 25°C | 47 | 52 | kHz | |
| | | | Full range | 63 | | | |
| V_{SAT} | Saturation voltage | $I_{OUT} = 1\text{ A}$ ⁽²⁾ | 25°C | 0.9 | 1.2 | V | |
| | | | Full range | 1.4 | | | |
| | Maximum duty cycle ⁽³⁾ | | 25°C | 93 | 98 | % | |
| I_{CL} | Switch peak current ⁽¹⁾⁽²⁾ | | 25°C | 1.7 | 2.8 | A | |
| | | | Full range | 4 | | | |
| I_L | Output leakage current | $V_{IN} = 40$ ⁽⁴⁾ , Output = 0 V $V_{IN} = 40$ ⁽⁴⁾ , Output = -1 V | 25°C | 2 | | mA | |
| | | | | 7.5 | | | 30 |
| I_Q | Quiescent current ⁽⁴⁾ | | 25°C | 5 | 10 | mA | |
| I_{STBY} | Standby quiescent current | OFF ($\overline{ON}/OFF = 5\text{ V}$) | 25°C | 50 | 200 | μA | |

- (1) In the event of an output short or an overload condition, self-protection features lower the oscillator frequency to ~18 kHz and the minimum duty cycle from 5% to ~2%. The resulting output voltage drops to ~40% of its nominal value, causing the average power dissipated by the IC to lower.
- (2) Output is not connected to diode, inductor, or capacitor. Output is sourcing current.
- (3) FEEDBACK is disconnected from output and connected to 0 V.
- (4) To force the output transistor off, FEEDBACK is disconnected from output and connected to 12 V for the adjustable, 3.3-V, and 5-V versions and to 25 V for the 12-V and 15-V versions.

TL2575, TL2575HV

1-A SIMPLE STEP-DOWN SWITCHING VOLTAGE REGULATORS

SLVS638B–MAY 2006–REVISED JANUARY 2007

TL2575 Electrical Characteristics (continued)

$I_{LOAD} = 200$ mA, $V_{IN} = 12$ V for 3.3-V, 5-V, and adjustable versions, $V_{IN} = 25$ V for 12-V version, $V_{IN} = 30$ V for 15-V version (unless otherwise noted) (see [Figure 2](#))

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS | T_J | TL2575 | | | UNIT |
|-----------|---|-----------------------------------|------------|--------|-----|-----|---------|
| | | | | MIN | TYP | MAX | |
| V_{IH} | \overline{ON} /OFF high-level logic input voltage | OFF ($V_{OUT} = 0$ V) | 25°C | 2.2 | 1.4 | | V |
| | | | Full range | 2.4 | | | |
| V_{IL} | \overline{ON} /OFF low-level logic input voltage | ON ($V_{OUT} =$ nominal voltage) | 25°C | | 1.2 | 1 | V |
| | | | Full range | | | 0.8 | |
| I_{IH} | \overline{ON} /OFF high-level input current | OFF (\overline{ON} /OFF = 5 V) | 25°C | | 12 | 30 | μ A |
| I_{IL} | \overline{ON} /OFF low-level input current | ON (\overline{ON} /OFF = 0 V) | 25°C | | 0 | 10 | μ A |

TL2575HV Electrical Characteristics

$I_{LOAD} = 200\text{ mA}$, $V_{IN} = 12\text{ V}$ for 3.3-V, 5-V, and adjustable versions, $V_{IN} = 25\text{ V}$ for 12-V version, $V_{IN} = 30\text{ V}$ for 15-V version (unless otherwise noted) (see [Figure 2](#))

| PARAMETER | | TEST CONDITIONS | T_J | TL2575HV | | | UNIT |
|------------------|--|---|--------------------|----------|-------|---------------|------|
| | | | | MIN | TYP | MAX | |
| V_{OUT} | Output voltage | TL2575HV-33 $V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.2\text{ A}$ $4.75\text{ V} \leq V_{IN} \leq 60\text{ V}$, $0.2\text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 1\text{ A}$ | 25°C | 3.234 | 3.3 | 3.366 | V |
| | | | 25°C | 3.168 | 3.3 | 3.450 | |
| | | | Full range | 3.135 | | 3.482 | |
| | | TL2575HV-05 $V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.2\text{ A}$ $8\text{ V} \leq V_{IN} \leq 60\text{ V}$, $0.2\text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 1\text{ A}$ | 25°C | 4.9 | 5 | 5.1 | |
| | | | 25°C | 4.8 | 5 | 5.225 | |
| | | | Full range | 4.75 | | 5.275 | |
| | TL2575HV-12 $V_{IN} = 25\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.2\text{ A}$ $15\text{ V} \leq V_{IN} \leq 60\text{ V}$, $0.2\text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 1\text{ A}$ | 25°C | 11.76 | 12 | 12.24 | | |
| | | 25°C | 11.52 | 12 | 12.54 | | |
| | | Full range | 11.4 | | 12.66 | | |
| | TL2575HV-15 $V_{IN} = 30\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.2\text{ A}$ $18\text{ V} \leq V_{IN} \leq 60\text{ V}$, $0.2\text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 1\text{ A}$ | 25°C | 14.7 | 15 | 15.3 | | |
| | | 25°C | 14.4 | 15 | 15.68 | | |
| | | Full range | 14.25 | | 15.83 | | |
| Feedback voltage | TL2575HV-ADJ $V_{IN} = 12\text{ V}$, $V_{OUT} = 5\text{ V}$, $I_{LOAD} = 0.2\text{ A}$ $8\text{ V} \leq V_{IN} \leq 60\text{ V}$, $V_{OUT} = 5\text{ V}$, $0.2\text{ A} \leq I_{LOAD} \leq 1\text{ A}$ | 25°C | 1.217 | 1.23 | 1.243 | V | |
| | | 25°C | 1.193 | 1.23 | 1.273 | | |
| | | Full range | 1.180 | | 1.286 | | |
| η | Efficiency | TL2575HV-33 $V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | 25°C | 75 | | | % |
| | | TL2575HV-05 $V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | | 77 | | | |
| | | TL2575HV-12 $V_{IN} = 15\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | | 88 | | | |
| | | TL2575HV-15 $V_{IN} = 18\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | | 88 | | | |
| | | TL2575HV-ADJ $V_{IN} = 12\text{ V}$, $V_{OUT} = 5\text{ V}$, $I_{LOAD} = 1\text{ A}$ | | 77 | | | |
| I_{IB} | Feedback bias current | $V_{OUT} = 5\text{ V}$ (ADJ version only) | 25°C | 50 | 100 | nA | |
| | | | Full range | 500 | | | |
| f_o | Oscillator frequency ⁽¹⁾ | | 25°C | 47 | 52 | kHz | |
| | | | Full range | 42 | | | |
| V_{SAT} | Saturation voltage | $I_{OUT} = 1\text{ A}$ ⁽²⁾ | 25°C | 0.9 | 1.2 | V | |
| | | | Full range | 1.4 | | | |
| | Maximum duty cycle ⁽³⁾ | | 25°C | 93 | 98 | % | |
| I_{CL} | Switch peak current ⁽¹⁾⁽²⁾ | | 25°C | 1.7 | 2.8 | A | |
| | | | Full range | 1.3 | | | |
| I_L | Output leakage current | $V_{IN} = 60$ ⁽⁴⁾ , Output = 0 V | 25°C | 2 | | mA | |
| | | $V_{IN} = 60$ ⁽⁴⁾ , Output = -1 V | | 7.5 | | | |
| I_Q | Quiescent current ⁽⁴⁾ | | 25°C | 5 | 10 | mA | |
| I_{STBY} | Standby quiescent current | OFF ($\overline{ON}/OFF = 5\text{ V}$) | 25°C | 50 | 200 | μA | |

- (1) In the event of an output short or an overload condition, self-protection features lower the oscillator frequency to ~18 kHz and the minimum duty cycle from 5% to ~2%. The resulting output voltage drops to ~40% of its nominal value, causing the average power dissipated by the IC to lower.
- (2) Output is not connected to diode, inductor, or capacitor. Output is sourcing current.
- (3) FEEDBACK is disconnected from output and connected to 0 V.
- (4) To force the output transistor off, FEEDBACK is disconnected from output and connected to 12 V for the adjustable, 3.3-V, and 5-V versions and to 25 V for the 12-V and 15-V versions.

TL2575, TL2575HV

1-A SIMPLE STEP-DOWN SWITCHING VOLTAGE REGULATORS

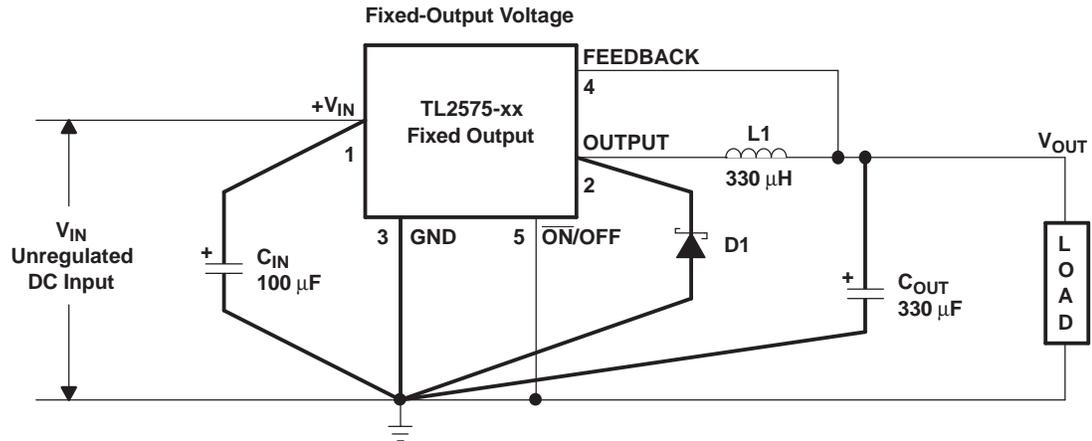
SLVS638B–MAY 2006–REVISED JANUARY 2007

TL2575HV Electrical Characteristics (continued)

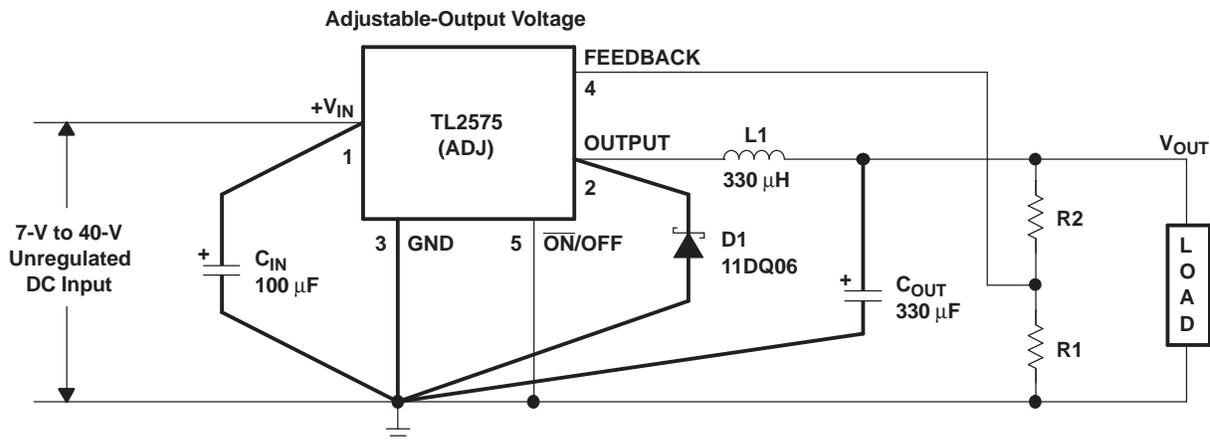
$I_{LOAD} = 200$ mA, $V_{IN} = 12$ V for 3.3-V, 5-V, and adjustable versions, $V_{IN} = 25$ V for 12-V version, $V_{IN} = 30$ V for 15-V version (unless otherwise noted) (see [Figure 2](#))

| PARAMETER | TEST CONDITIONS | T_J | TL2575HV | | | UNIT |
|--|-----------------------------------|------------|----------|-----|-----|---------|
| | | | MIN | TYP | MAX | |
| V_{IH} \overline{ON} /OFF high-level logic input voltage | OFF ($V_{OUT} = 0$ V) | 25°C | 2.2 | 1.4 | | V |
| | | Full range | 2.4 | | | |
| V_{IL} \overline{ON} /OFF low-level logic input voltage | ON ($V_{OUT} =$ nominal voltage) | 25°C | | 1.2 | 1 | V |
| | | Full range | | | 0.8 | |
| I_{IH} \overline{ON} /OFF high-level input current | OFF (\overline{ON} /OFF = 5 V) | 25°C | | 12 | 30 | μ A |
| I_{IL} \overline{ON} /OFF low-level input current | ON (\overline{ON} /OFF = 0 V) | | | 0 | 10 | μ A |

TEST CIRCUITS



$C_{IN} = 100 \mu\text{F}$, Aluminum Electrolytic
 $C_{OUT} = 330 \mu\text{F}$, Aluminum Electrolytic
 D1 = Schottky
 $L1 = 330 \mu\text{H}$ (for 5-V V_{IN} with 3.3-V V_{OUT} , use $100 \mu\text{H}$)



$$V_{OUT} = V_{REF}(1 + R2/R1) = 5 \text{ V}$$

$V_{REF} = 1.23 \text{ V}$
 $R1 = 2 \text{ k}\Omega$
 $R2 = 6.12 \text{ k}\Omega$

A. Pin numbers are for the KTT (TO-263) package.

Figure 2. Test Circuits and Layout Guidelines

TYPICAL CHARACTERISTICS

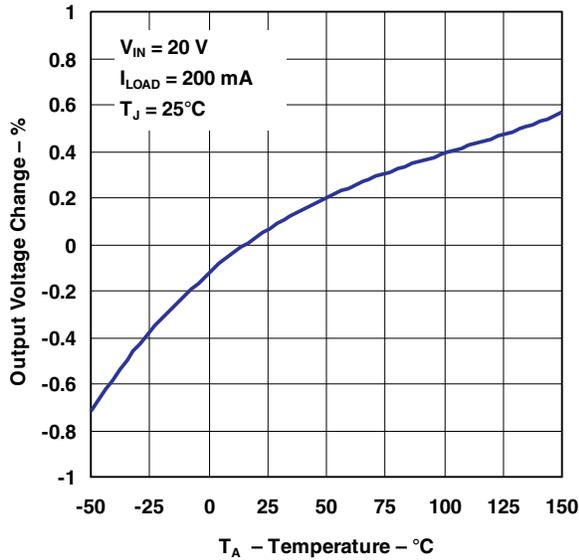


Figure 3. Normalized Output Voltage

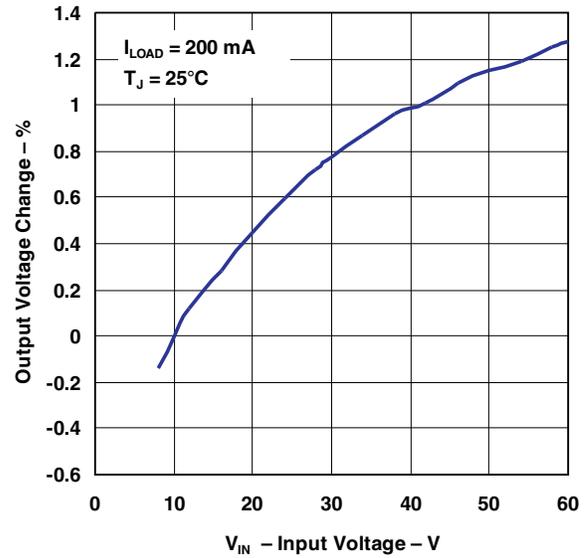


Figure 4. Line Regulation

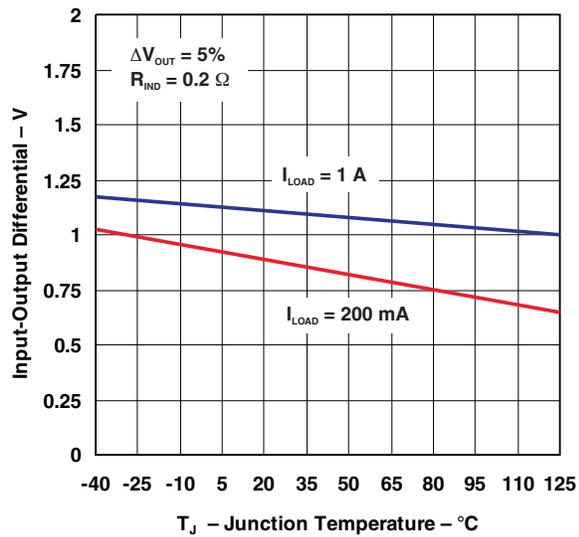


Figure 5. Dropout Voltage

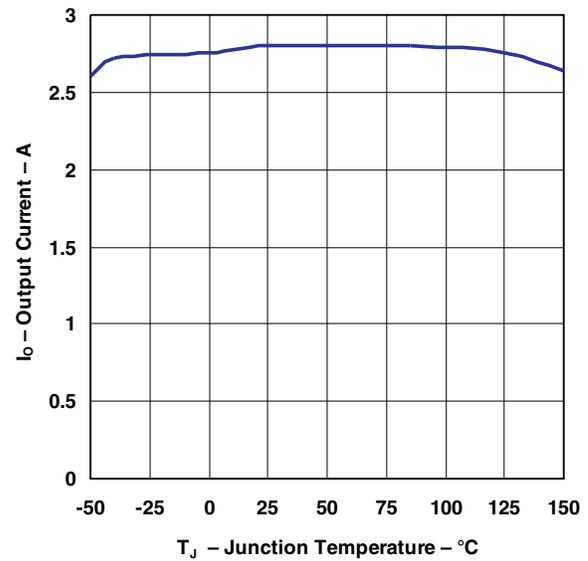


Figure 6. Current Limit

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

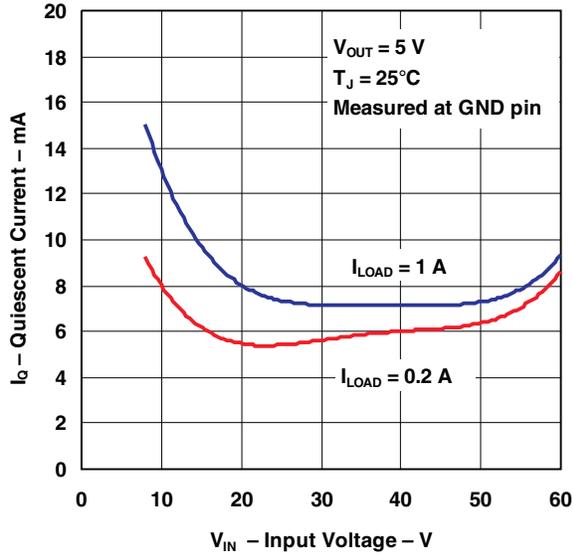


Figure 7. Quiescent Current

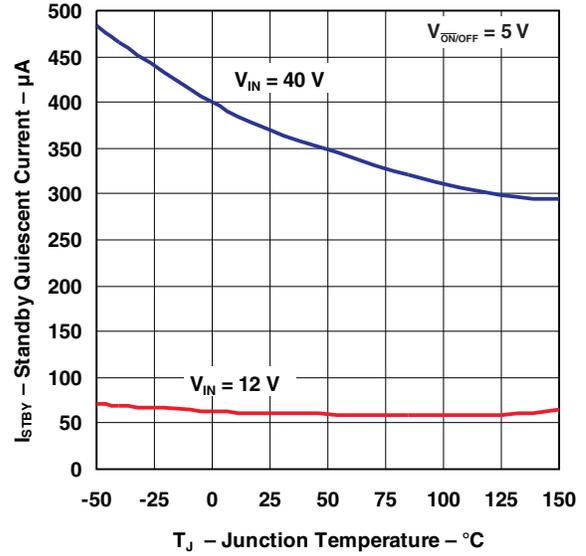


Figure 8. Standby Quiescent Current

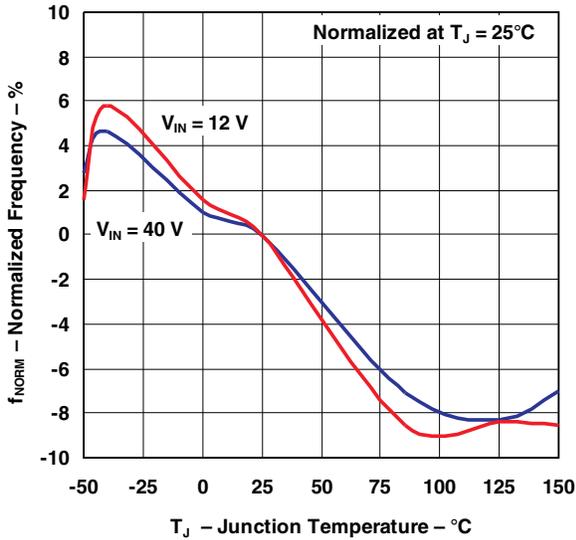


Figure 9. Oscillator Frequency

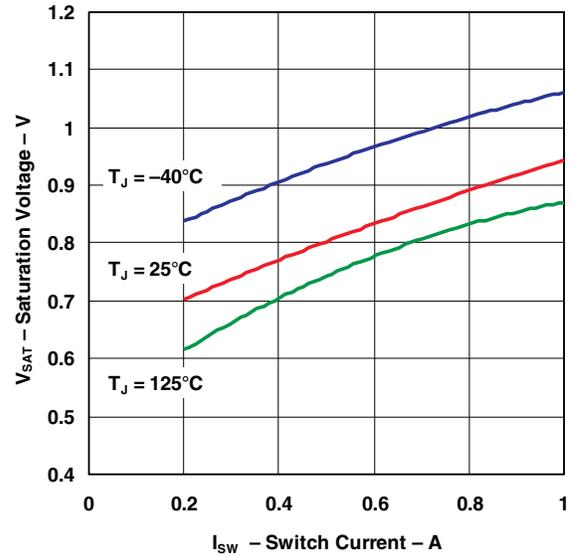


Figure 10. Switch Saturation Voltage

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

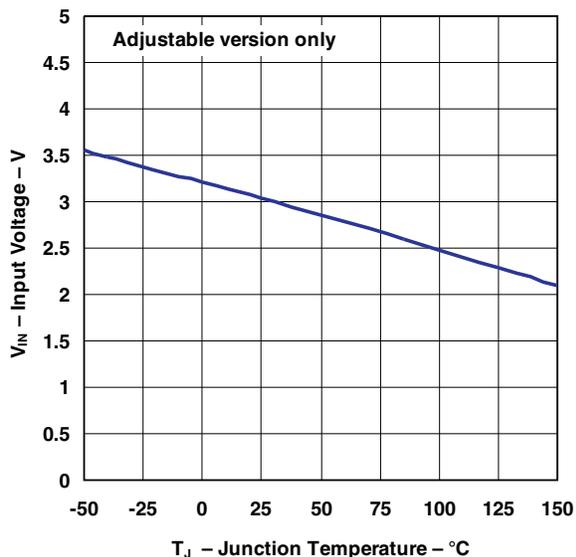


Figure 11. Minimum Operating Voltage

$V_{OUT} = 5V$

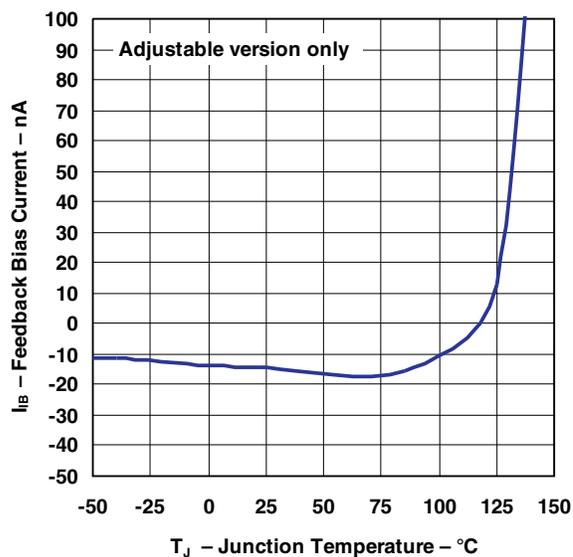
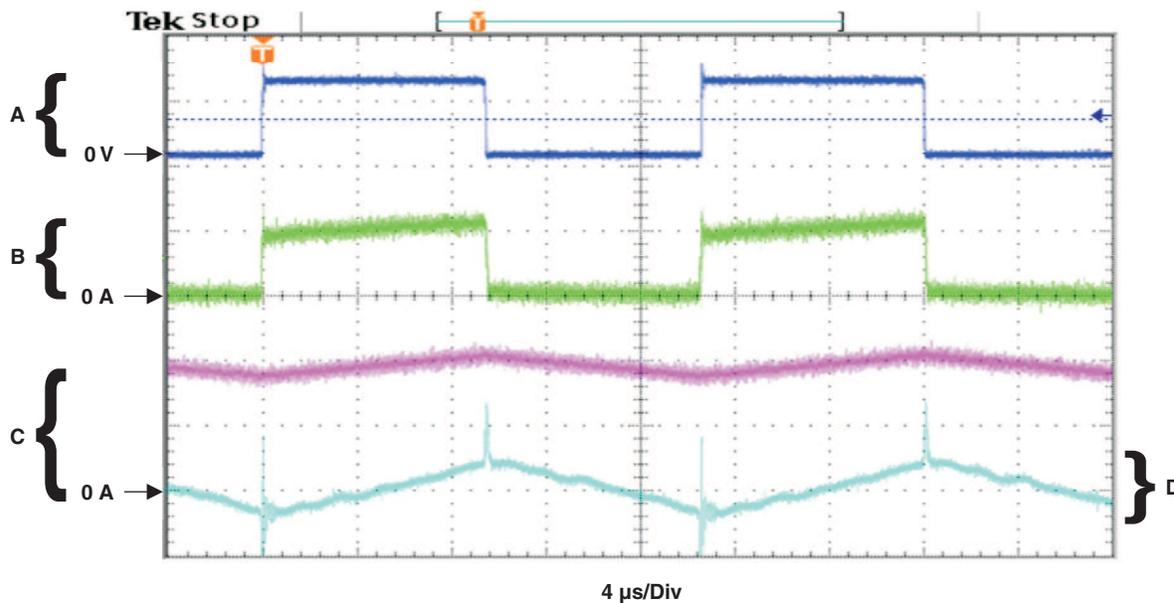


Figure 12. FEEDBACK Current



- A. Output pin voltage, 10 V/Div
- B. Output pin current, 1 A/Div
- C. Inductor current, 0.5 A/Div
- D. Output ripple voltage, 20 mV/Div

Figure 13. Switching Waveforms

TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

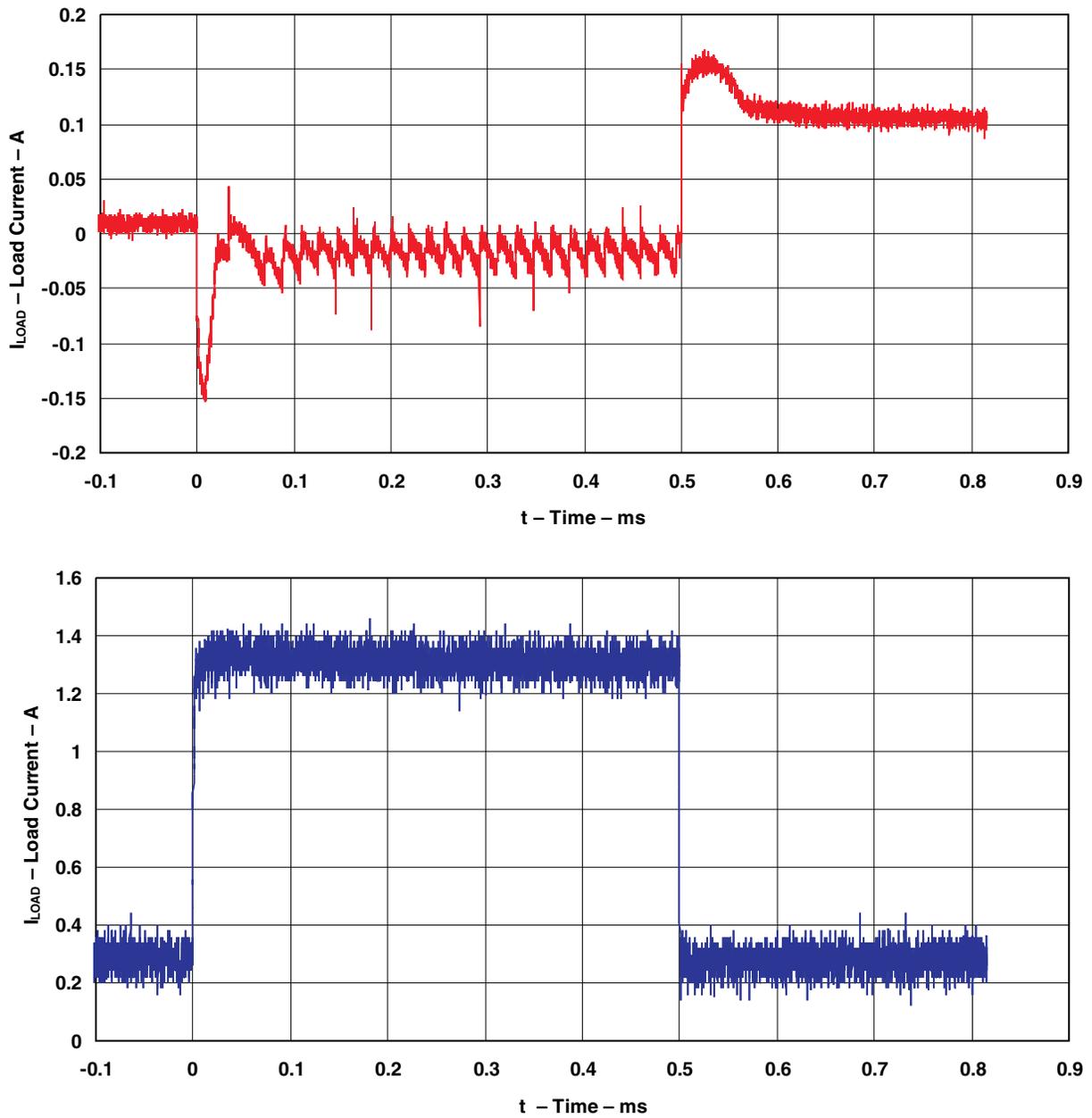


Figure 14. Load Transient Response

APPLICATION INFORMATION

Input Capacitor (C_{IN})

For stability concerns, an input bypass capacitor (electrolytic, $C_{IN} \geq 47 \mu\text{F}$) needs to be located as close as possible to the regulator. For operating temperatures below -25°C , C_{IN} may need to be larger in value. In addition, since most electrolytic capacitors have decreasing capacitances and increasing ESR as temperature drops, adding a ceramic or solid tantalum capacitor in parallel increases the stability in cold temperatures.

To extend the capacitor operating lifetime, the capacitor RMS ripple current rating should be:

$$I_{C,RMS} > 1.2(t_{on}/T)I_{LOAD}$$

where

$$t_{on}/T = V_{OUT}/V_{IN} \text{ \{buck regulator\} and}$$

$$t_{on}/T = |V_{OUT}|/(|V_{OUT}| + V_{IN}) \text{ \{buck-boost regulator\}}$$

Output Capacitor (C_{OUT})

For both loop stability and filtering of ripple voltage, an output capacitor also is required, again in close proximity to the regulator. For best performance, low-ESR aluminum electrolytics are recommended, although standard aluminum electrolytics may be adequate for some applications. Based on the following equation:

$$\text{Output ripple voltage} = (\text{ESR of } C_{OUT}) \times (\text{inductor ripple current})$$

Output ripple of 50 mV to 150 mV typically can be achieved with capacitor values of 220 μF to 680 μF . Larger C_{OUT} can reduce the ripple 20 mV to 50 mV peak to peak. To improve further on output ripple, paralleling of standard electrolytic capacitors may be used. Alternatively, higher-grade capacitors such as high frequency, low inductance, or low ESR can be used.

The following should be taken into account when selecting C_{OUT} :

- At cold temperatures, the ESR of the electrolytic capacitors can rise dramatically (typically $3\times$ nominal value at -25°C). Because solid tantalum capacitors have significantly better ESR specifications at cold temperatures, they should be used at operating temperature lower than -25°C . As an alternative, tantalums also can be paralleled to aluminum electrolytics and should contribute 10% to 20% to the total capacitance.
- Low ESR for C_{OUT} is desirable for low output ripple. However, the ESR should be greater than 0.05Ω to avoid the possibility of regulator instability. Hence, a sole tantalum capacitor used for C_{OUT} is most susceptible to this occurrence.
- The capacitor's ripple current rating of 52 kHz should be at least 50% higher than the peak-to-peak inductor ripple current.

Catch Diode

As with other external components, the catch diode should be placed close to the output to minimize unwanted noise. Schottky diodes have fast switching speeds and low forward voltage drops and, thus, offer the best performance, especially for switching regulators with low output voltages ($V_{OUT} < 5 \text{ V}$). If a high-efficiency, fast-recovery, or ultra-fast-recovery diode is used in place of a Schottky, it should have a soft recovery (versus abrupt turn-off characteristics) to avoid the chance of causing instability and EMI. Standard 50-/60-Hz diodes, such as the 1N4001 or 1N5400 series, are not suitable.

APPLICATION INFORMATION (continued)

Inductor

Proper inductor selection is key to the performance-switching power-supply designs. One important factor to consider is whether the regulator is used in continuous mode (inductor current flows continuously and never drops to zero) or in discontinuous mode (inductor current goes to zero during the normal switching cycle). Each mode has distinctively different operating characteristics and, therefore, can affect the regulator performance and requirements. In many applications, the continuous mode is the preferred mode of operation, since it offers greater output power with lower peak currents, and also can result in lower output ripple voltage. The advantages of continuous mode of operation come at the expense of a larger inductor required to keep inductor current continuous, especially at low output currents and/or high input voltages.

The TL2575 and TL2575HV can operate in either continuous or discontinuous mode. With heavy load currents, the inductor current flows continuously and the regulator operates in continuous mode. Under light load, the inductor fully discharges and the regulator is forced into the discontinuous mode of operation. For light loads (approximately 200 mA or less), this discontinuous mode of operation is perfectly acceptable and may be desirable solely to keep the inductor value and size small. Any buck regulator eventually operates in discontinuous mode when the load current is light enough.

The type of inductor chosen can have advantages and disadvantages. If high performance/quality is a concern, then more-expensive toroid core inductors are the best choice, as the magnetic flux is contained completely within the core, resulting in less EMI and noise in nearby sensitive circuits. Inexpensive bobbin core inductors, however, generate more EMI as the open core does not confine the flux within the core. Multiple switching regulators located in proximity to each other are particularly susceptible to mutual coupling of magnetic fluxes from each other's open cores. In these situations, closed magnetic structures (such as a toroid, pot core, or E-core) are more appropriate.

Regardless of the type and value of inductor used, the inductor never should carry more than its rated current. Doing so may cause the inductor to saturate, in which case the inductance quickly drops, and the inductor looks like a low-value resistor (from the dc resistance of the windings). As a result, switching current rises dramatically (until limited by the current-by-current limiting feature of the TL2575 and TL2575HV) and can result in overheating of the inductor and the IC itself. Note that different types of inductors have different saturation characteristics.

Output Voltage Ripple and Transients

As with any switching power supply, the output of the TL2575 and TL2575HV have a sawtooth ripple voltage at the switching frequency. Typically about 1% of the output voltage, this ripple is due mainly to the inductor sawtooth ripple current and the ESR of the output capacitor (see note on C_{OUT}). Furthermore, the output also may contain small voltage spikes at the peaks of the sawtooth waveform. This is due to the fast switching of the output switch and the parasitic inductance of C_{OUT} . These voltage spikes can be minimized through the use of low-inductance capacitors.

There are several ways to reduce the output ripple voltage: a larger inductor, a larger C_{OUT} , or both. Another method is to use a small LC filter (20 μ H and 100 μ F) at the output. This filter can reduce the output ripple voltage by a factor of 10 (see [Figure 2](#)).

Feedback Connection

For fixed-voltage options, FEEDBACK must be wired to V_{OUT} . For the adjustable version, FEEDBACK must be connected between the two programming resistors. Again, both of these resistors should be in close proximity to the regulator, and each should be less than 100 k Ω to minimize noise pickup.

$\overline{ON/OFF}$ Input

$\overline{ON/OFF}$ should be grounded or be a low-level TTL voltage (typically <1.6 V) for normal operation. To shut down the TL2575 or TL2575HV and put it in standby mode, a high-level TTL or CMOS voltage should be supplied to this pin. $\overline{ON/OFF}$ should not be left open and safely can be pulled up to V_{IN} with or without a pullup resistor.

APPLICATION INFORMATION (continued)

Grounding

The power and ground connections of the TL2575 and TL2575HV must be low impedance to help maintain output stability. For the 5-pin packages, both pin 3 and tab are ground, and either connection can be used as they are both part of the same lead frame. With the 16-pin package, all the ground pins (including signal and power grounds) should be soldered directly to wide PCB copper traces to ensure low-inductance connections and good thermal dissipation.

Layout Guidelines

With any switching regulator, circuit layout plays an important role in circuit performance. Wiring and parasitic inductances, as well as stray capacitances, are subjected to rapidly switching currents, which can result in unwanted voltage transients. To minimize inductance and ground loops, the length of the leads indicated by heavy lines should be minimized. Optimal results can be achieved by single-point grounding (see [Figure 2](#)) or by ground-plane construction. For the same reasons, the two programming resistors used in the adjustable version should be located as close as possible to the regulator to keep the sensitive feedback wiring short.

BUCK REGULATOR DESIGN PROCEDURE

| PROCEDURE (Fixed Output) | EXAMPLE (Fixed Output) |
|---|--|
| <p>Known: $V_{OUT} = 3.3\text{ V}, 5\text{ V}, 12\text{ V}, \text{ or } 15\text{ V}$ $V_{IN(Max)}$ = Maximum input voltage $I_{LOAD(Max)}$ = Maximum load current</p> | <p>Known: $V_{OUT} = 5\text{ V}$ $V_{IN(Max)} = 20\text{ V}$ $I_{LOAD(Max)} = 1\text{ A}$</p> |
| <p>1. Inductor Selection (L1)</p> <p>A. From Figure 15 through Figure 18, select the appropriate inductor code based on the intersection of $V_{IN(Max)}$ and $I_{LOAD(Max)}$.</p> <p>B. From Table 2, choose the appropriate inductor based on the inductor code. Parts from three well-known inductor manufacturers are given. The inductor chosen should be rated for operation at 52-kHz and have a current rating of at least $1.15 \times I_{LOAD(Max)}$ to allow for the ripple current. The actual peak current in L1 (in normal operation) can be calculated as follows: $I_{L1(pk)} = I_{LOAD(Max)} + (V_{IN} - V_{OUT}) \times t_{on} / 2L1$ Where $t_{on} = V_{OUT} / V_{IN} \times (1/f_{osc})$</p> | <p>1. Inductor Selection (L1)</p> <p>A. From Figure 16 (TL2575-05), the intersection of 20-V line and 1-A line gives an inductor code of L330.</p> <p>B. L330 \rightarrow L1 = 330 μH Choose from: 34042 (Schott) PE-52627 (Pulse Engineering) RL1952 (Renco)</p> |
| <p>2. Output Capacitor Selection (C_{OUT})</p> <p>A. The TL2575 control loop has a two-pole two-zero frequency response. The dominant pole-zero pair is established by C_{OUT} and L1. To meet stability requirements while maintaining an acceptable output ripple voltage ($V_{ripple} \approx 0.01 \times V_{OUT}$), the recommended range for a standard aluminum electrolytic C_{OUT} is between 100 μF and 470 μF.</p> <p>B. C_{OUT} should have a voltage rating of at least $1.5 \times V_{OUT}$. But if a low output ripple voltage is desired, choose capacitors with a higher-voltage ratings than the minimum required, due to their typically lower ESRs.</p> | <p>2. Output Capacitor Selection (C_{OUT})</p> <p>A. C_{OUT} = 100-μF to 470-μF, standard aluminum electrolytic</p> <p>B. Although a C_{OUT} rated at 8 V is sufficient for $V_{OUT} = 5\text{ V}$, a higher-voltage capacitor is chosen for its typically lower ESR (and hence lower output ripple voltage) \rightarrow Capacitor voltage rating = 20 V.</p> |
| <p>3. Catch Diode Selection (D1) (see Table 1)</p> <p>A. In normal operation, the catch diode requires a current rating of at least $1.2 \times I_{LOAD(Max)}$. For the most robust design, D1 should be rated to handle a current equal to the TL2575 maximum switch peak current; this represents the worst-case scenario of a continuous short at V_{OUT}.</p> <p>B. The diode requires a reverse voltage rating of at least $1.25 \times V_{IN(Max)}$.</p> | <p>3. Catch Diode Selection (D1) (see Table 1)</p> <p>A. Pick a diode with 3-A rating.</p> <p>B. Pick 30-V rated Schottky diode (1N5821, MBR330, 31QD03, or SR303) or 100-V rated Fast Recovery diode (31DF1, MURD310, or HER302).</p> |
| <p>4. Input Capacitor (C_{IN})</p> <p>An aluminum electrolytic or tantalum capacitor is needed for input bypassing. Locate C_{IN} as close to the V_{IN} and GND pins as possible.</p> | <p>4. Input Capacitor (C_{IN})</p> <p>C_{IN} = 100 μF, 25 V, aluminum electrolytic</p> |

TL2575, TL2575HV 1-A SIMPLE STEP-DOWN SWITCHING VOLTAGE REGULATORS

SLVS638B—MAY 2006—REVISED JANUARY 2007

| PROCEDURE (Adjustable Output) | EXAMPLE (Adjustable Output) |
|---|---|
| <p>Known: $V_{OUT(Nom)}$ $V_{IN(Max)}$ = Maximum input voltage $I_{LOAD(Max)}$ = Maximum load current</p> | <p>Known: $V_{OUT} = 10\text{ V}$ $V_{IN(Max)} = 25\text{ V}$ $I_{LOAD(Max)} = 1\text{ A}$</p> |
| <p>1. Programming Output Voltage (Selecting R1 and R2) Referring to Fig. 2, V_{OUT} is defined by: $V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right)$ where $V_{REF} = 1.23\text{ V}$ Choose a value for R1 between 1 kΩ and 5 kΩ (use 1% metal-film resistors for best temperature coefficient and stability over time). $R2 = R1 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$</p> | <p>1. Programming Output Voltage (Selecting R1 and R2) Select R1 = 1 kΩ $R2 = 1 (10/1.23 - 1) = 7.13\text{ k}\Omega$ Select R2 = 7.15 kΩ (closest 1% value)</p> |
| <p>2. Inductor Selection (L1)</p> <p>A. Calculate the "set" volts-second (E•T) across L1: $E \bullet T = (V_{IN} - V_{OUT}) \times t_{on}$ $E \bullet T = (V_{IN} - V_{OUT}) \times (V_{OUT}/V_{IN}) \times \{1000/f_{osc}(\text{in kHz})\}$ [V•μs] NOTE: Along with I_{LOAD}, the "set" volts-second (E•T) constant establishes the minimum energy storage requirement for the inductor.</p> <p>B. Using Figure 19, select the appropriate inductor code based on the intersection of E•T value and $I_{LOAD(Max)}$.</p> <p>C. From Table 2, choose the appropriate inductor based on the inductor code. Parts from three well-known inductor manufacturers are given. The inductor chosen should be rated for operation at 52-kHz and have a current rating of at least $1.15 \times I_{LOAD(Max)}$ to allow for the ripple current. The actual peak current in L1 (in normal operation) can be calculated as follows: $I_{L1(pk)} = I_{LOAD(Max)} + (V_{IN} - V_{OUT}) \times t_{on}/2L1$ Where $t_{on} = V_{OUT}/V_{IN} \times (1/f_{osc})$</p> | <p>2. Inductor Selection (L1)</p> <p>A. Calculate the "set" volts-second (E•T) across L1: $E \bullet T = (25 - 10) \times (10/25) \times (1000/52)$ [V•μs] $E \bullet T = 115\text{ V}\bullet\mu\text{s}$</p> <p>B. Using Figure 19, the intersection of 115 V•μs and 1 A corresponds to an inductor code of H470.</p> <p>C. H470 \rightarrow L1 = 470 μF Choose from: 34048 (Schott) PE-53118 (Pulse Engineering) RL1961 (Renco)</p> |
| <p>3. Output Capacitor Selection (C_{OUT})</p> <p>A. The TL2575 control loop has a two-pole two-zero frequency response. The dominant pole-zero pair is established by C_{OUT} and L1. To meet stability requirements, C_{OUT} must meet the following requirement: $C_{OUT} \geq 7758 \frac{V_{IN(Max)}}{V_{OUT} \cdot L1(\mu\text{H})}$ (μF) However, C_{OUT} may need to be several times larger than the calculated value above in order to achieve an acceptable output ripple voltage of $\sim 0.01 \times V_{OUT}$.</p> <p>B. C_{OUT} should have a voltage rating of at least $1.5 \times V_{OUT}$. But if a low output ripple voltage is desired, choose capacitors with a higher voltage ratings than the minimum required due to their typically lower ESRs.</p> | <p>3. Output Capacitor Selection (C_{OUT})</p> <p>A. $C_{OUT} \geq 7785 \times 25/(10 \times 470)$ [μF] $C_{OUT} \geq 41.4\text{ }\mu\text{F}$ To obtain an acceptable output voltage ripple \rightarrow $C_{OUT} = 220\text{ }\mu\text{F}$ electrolytic</p> |
| <p>4. Catch Diode Selection (D1) (see Table 1)</p> <p>A. In normal operation, the catch diode requires a current rating of at least $1.2 \times I_{LOAD(Max)}$. For the most robust design, D1 should be rated for a current equal to the TL2575 maximum switch peak current; this represents the worst-case scenario of a continuous short at V_{OUT}.</p> <p>B. The diode requires a reverse voltage rating of at least $1.25 \times V_{IN(Max)}$.</p> | <p>4. Catch Diode Selection (D1) (see Table 1)</p> <p>A. Pick a diode with a 3-A rating.</p> <p>B. Pick a 40-V rated Schottky diode (1N5822, MBR340, 31QD04, or SR304) or 100-V rated Fast Recovery diode (31DF1, MURD310, or HER302)</p> |
| <p>5. Input Capacitor (C_{IN}) An aluminum electrolytic or tantalum capacitor is needed for input bypassing. Locate C_{IN} as close to V_{IN} and GND pins as possible.</p> | <p>5. Input Capacitor (C_{IN}) $C_{IN} = 100\text{ }\mu\text{F}$, 35 V, aluminum electrolytic</p> |

Inductor Value Selection Guide for Continuous-Mode Operation

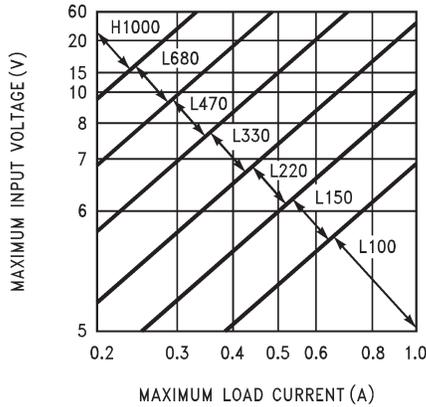


Figure 15. TL2575-33

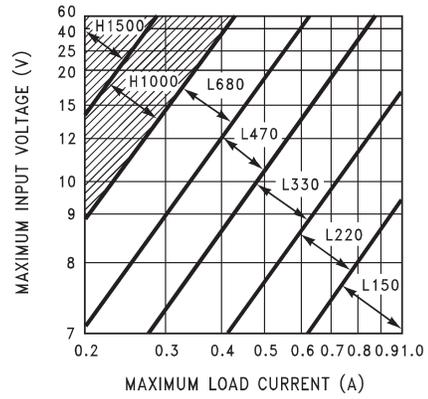


Figure 16. TL2575-50

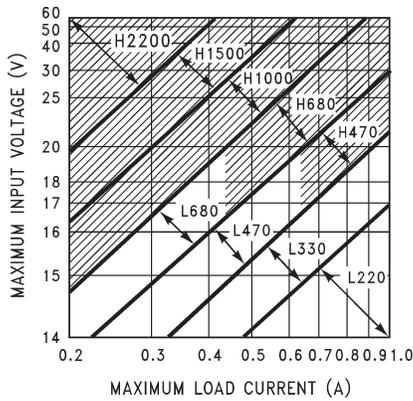


Figure 17. TL2575-12

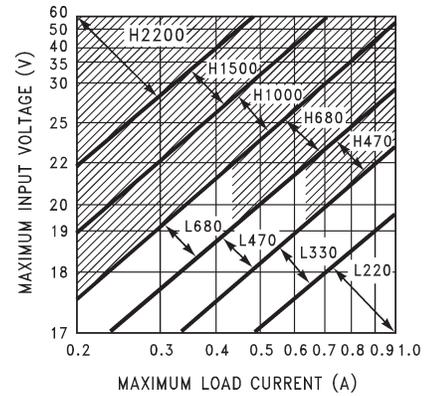


Figure 18. TL2575-15

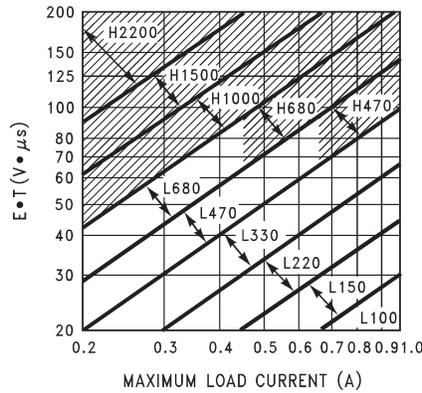


Figure 19. TL2575-ADJ

Table 1. Diode Selection Guide

| V _R | SCHOTTKY | | FAST RECOVERY | |
|----------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| | 1A | 3A | 1A | 3A |
| 20 V | 1N5817 MBR120P SR102 | 1N5820 MBR320 SR302 | The following diodes are all rated to 100 V: 11DF1 MUR110 HER102 | The following diodes are all rated to 100 V: 31DF1 MURD310 HER302 |
| 30 V | 1N5818 MBR130P 11DQ03 SR103 | 1N5821 MBR330 31DQ03 SR303 | | |
| 40 V | 1N5819 MBR140P 11DQ04 SR104 | IN5822 MBR340 31DQ04 SR304 | | |
| 50 V | MBR150 11DQ05 SR105 | MBR350 31DQ05 SR305 | | |
| 60 V | MBR160 11DQ06 SR106 | MBR360 31DQ06 SR306 | | |

Table 2. Inductor Selection by Manufacturer's Part Number

| INDUCTOR CODE | INDUCTOR VALUE (μ H) | SCHOTT CORPORATION ⁽¹⁾ | PULSE ENGINEERING ⁽²⁾ | RENCO ELECTRONICS ⁽³⁾ |
|---------------|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| L100 | 100 | 67127000 | PE-92108 | RL2444 |
| L150 | 150 | 67127010 | PE-53113 | RL1954 |
| L220 | 220 | 67127020 | PE-52626 | RL1953 |
| L330 | 330 | 67127030 | PE-52627 | RL1952 |
| L470 | 470 | 67127040 | PE-53114 | RL1951 |
| L680 | 680 | 67127050 | PE-52629 | RL1950 |
| H150 | 150 | 67127060 | PE-53115 | RL2445 |
| H220 | 220 | 67127070 | PE-53116 | RL2446 |
| H330 | 330 | 67127080 | PE-53117 | RL2447 |
| H470 | 470 | 67127090 | PE-53118 | RL1961 |
| H680 | 680 | 67127100 | PE-53119 | RL1960 |
| H1000 | 1000 | 67127110 | PE-53120 | RL1959 |
| H1500 | 1500 | 67127120 | PE-53121 | RL1958 |
| H2200 | 2200 | 67127130 | PE-53122 | RL2448 |

- (1) Schott Corporation, (612) 475-1173, 1000 Parkers Lake Rd., Wayzata, MN 55391
 (2) Pulse Engineering, (619) 674-8100, P.O. Box 12236, San Diego, CA 92112
 (3) Renco Electronics Inc., (516) 586-5566, 60 Jeffryn Blvd. East, Deer Park, NY 11729

PACKAGING INFORMATION

| Orderable Device | Status ⁽¹⁾ | Package Type | Package Drawing | Pins | Package Qty | Eco Plan ⁽²⁾ | Lead/Ball Finish | MSL Peak Temp ⁽³⁾ | Samples (Requires Login) |
|-------------------|-----------------------|------------------|-----------------|------|-------------|----------------------------|------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| TL2575-05IKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575-05IKTTRG3 | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575-05IKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-05IN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-05INE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-12IKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575-12IKTTRG3 | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575-12IKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-12IN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-12INE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-15IKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575-15IKTTRG3 | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575-15IKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-15IN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-15INE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-33IKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575-33IKTTRG3 | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575-33IKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-33IN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-33INE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-ADJIKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575-ADJIKTTRG3 | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |

| Orderable Device | Status ⁽¹⁾ | Package Type | Package Drawing | Pins | Package Qty | Eco Plan ⁽²⁾ | Lead/ Ball Finish | MSL Peak Temp ⁽³⁾ | Samples (Requires Login) |
|--------------------|-----------------------|------------------|-----------------|------|-------------|----------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| TL2575-ADJIKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-ADJIN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575-ADJINE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-05IKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575HV-05IKTTRG3 | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575HV-05IKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-05IN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-05INE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-12IKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575HV-12IKTTRG3 | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575HV-12IKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-12IN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-12INE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-15IKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575HV-15IKTTRG3 | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575HV-15IKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-15IN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-15INE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-33IKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575HV-33IKTTRG3 | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |
| TL2575HV-33IKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-33IN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-33INE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-ADJIKTTR | ACTIVE | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | Green (RoHS & no Sb/Br) | CU SN | Level-3-245C-168 HR | Request Free Samples |

| Orderable Device | Status ⁽¹⁾ | Package Type | Package Drawing | Pins | Package Qty | Eco Plan ⁽²⁾ | Lead/ Ball Finish | MSL Peak Temp ⁽³⁾ | Samples (Requires Login) |
|------------------|-----------------------|--------------|-----------------|------|-------------|-------------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| TL2575HV-ADJIKV | ACTIVE | TO-220 | KV | 5 | 50 | Pb-Free (RoHS) | CU SN | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-ADJIN | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |
| TL2575HV-ADJINE4 | ACTIVE | PDIP | N | 16 | 25 | Pb-Free (RoHS) | CU NIPD | N / A for Pkg Type | Request Free Samples |

⁽¹⁾ The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBsolete: TI has discontinued the production of the device.

⁽²⁾ Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

TBD: The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

Pb-Free (RoHS): TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

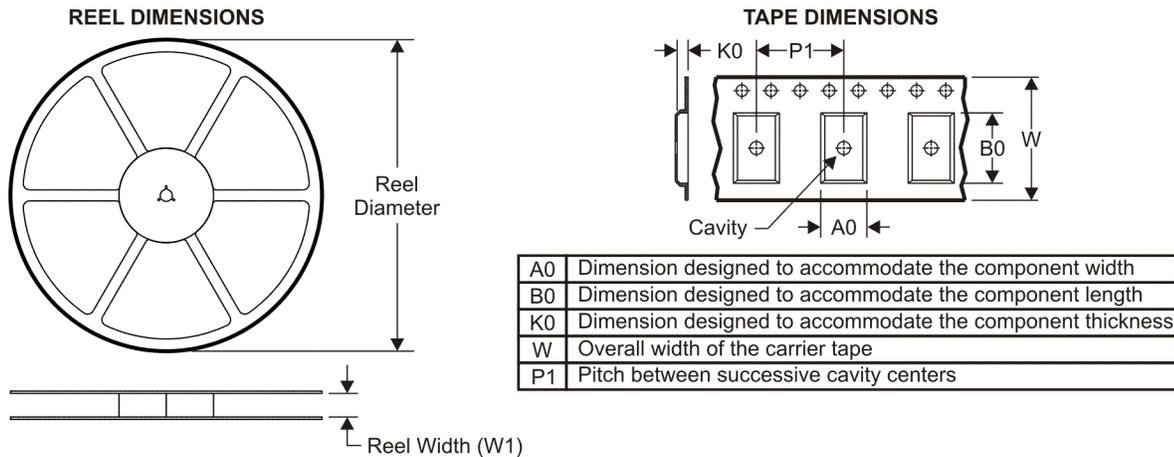
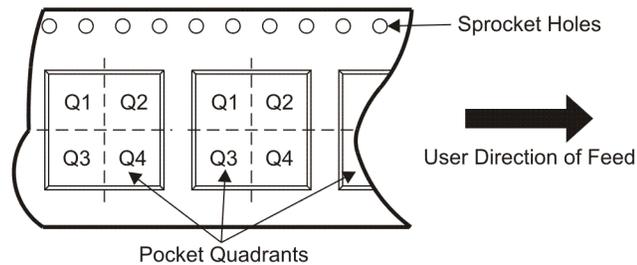
Pb-Free (RoHS Exempt): This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

Green (RoHS & no Sb/Br): TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

⁽³⁾ MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

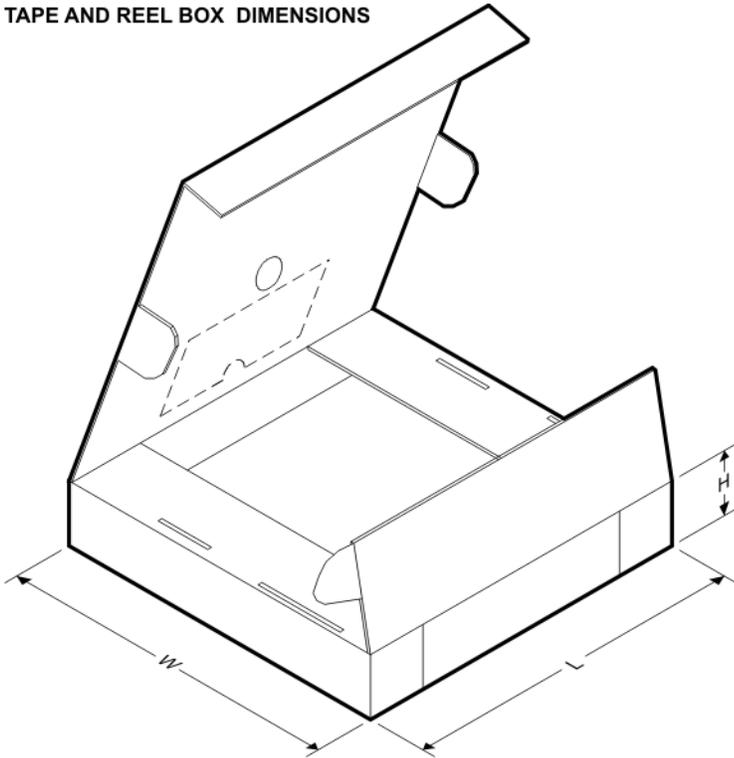
Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE


*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Reel Diameter (mm) | Reel Width W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | Pin1 Quadrant |
|-------------------|------------------|-----------------|------|-----|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| TL2575-05IKTTR | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 15.8 | 4.9 | 16.0 | 24.0 | Q2 |
| TL2575-15IKTTR | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 15.8 | 4.9 | 16.0 | 24.0 | Q2 |
| TL2575-33IKTTR | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 15.8 | 4.9 | 16.0 | 24.0 | Q2 |
| TL2575-ADJIKTTR | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 15.8 | 4.9 | 16.0 | 24.0 | Q2 |
| TL2575HV-05IKTTR | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 15.8 | 4.9 | 16.0 | 24.0 | Q2 |
| TL2575HV-15IKTTR | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 15.8 | 4.9 | 16.0 | 24.0 | Q2 |
| TL2575HV-33IKTTR | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 15.8 | 4.9 | 16.0 | 24.0 | Q2 |
| TL2575HV-ADJIKTTR | DDPAK/ TO-263 | KTT | 5 | 500 | 330.0 | 24.4 | 10.6 | 15.8 | 4.9 | 16.0 | 24.0 | Q2 |

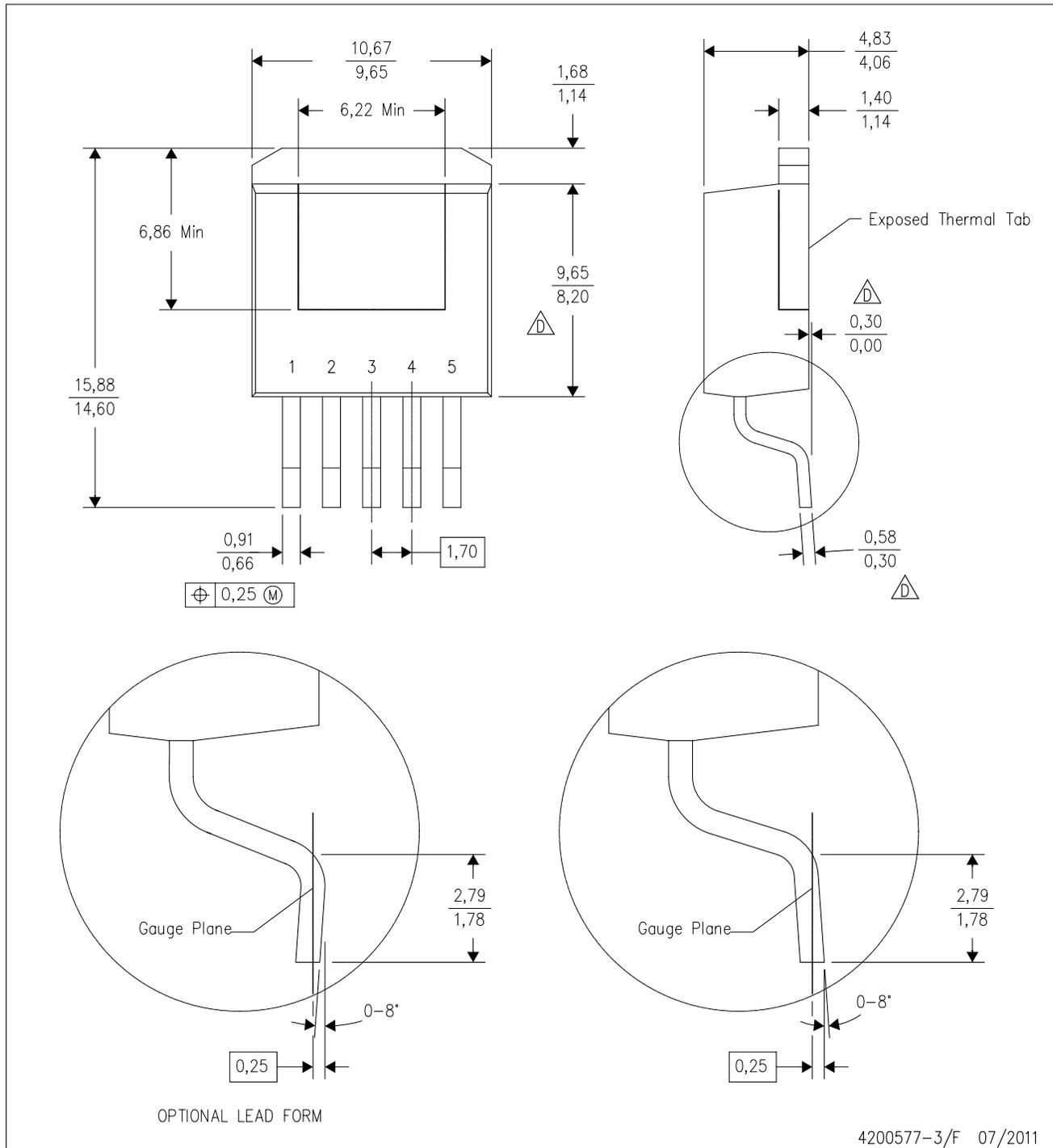
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Length (mm) | Width (mm) | Height (mm) |
|-------------------|--------------|-----------------|------|-----|-------------|------------|-------------|
| TL2575-05IKTTR | DDPAK/TO-263 | KTT | 5 | 500 | 340.0 | 340.0 | 38.0 |
| TL2575-15IKTTR | DDPAK/TO-263 | KTT | 5 | 500 | 340.0 | 340.0 | 38.0 |
| TL2575-33IKTTR | DDPAK/TO-263 | KTT | 5 | 500 | 340.0 | 340.0 | 38.0 |
| TL2575-ADJIKTTR | DDPAK/TO-263 | KTT | 5 | 500 | 340.0 | 340.0 | 38.0 |
| TL2575HV-05IKTTR | DDPAK/TO-263 | KTT | 5 | 500 | 340.0 | 340.0 | 38.0 |
| TL2575HV-15IKTTR | DDPAK/TO-263 | KTT | 5 | 500 | 340.0 | 340.0 | 38.0 |
| TL2575HV-33IKTTR | DDPAK/TO-263 | KTT | 5 | 500 | 340.0 | 340.0 | 38.0 |
| TL2575HV-ADJIKTTR | DDPAK/TO-263 | KTT | 5 | 500 | 340.0 | 340.0 | 38.0 |

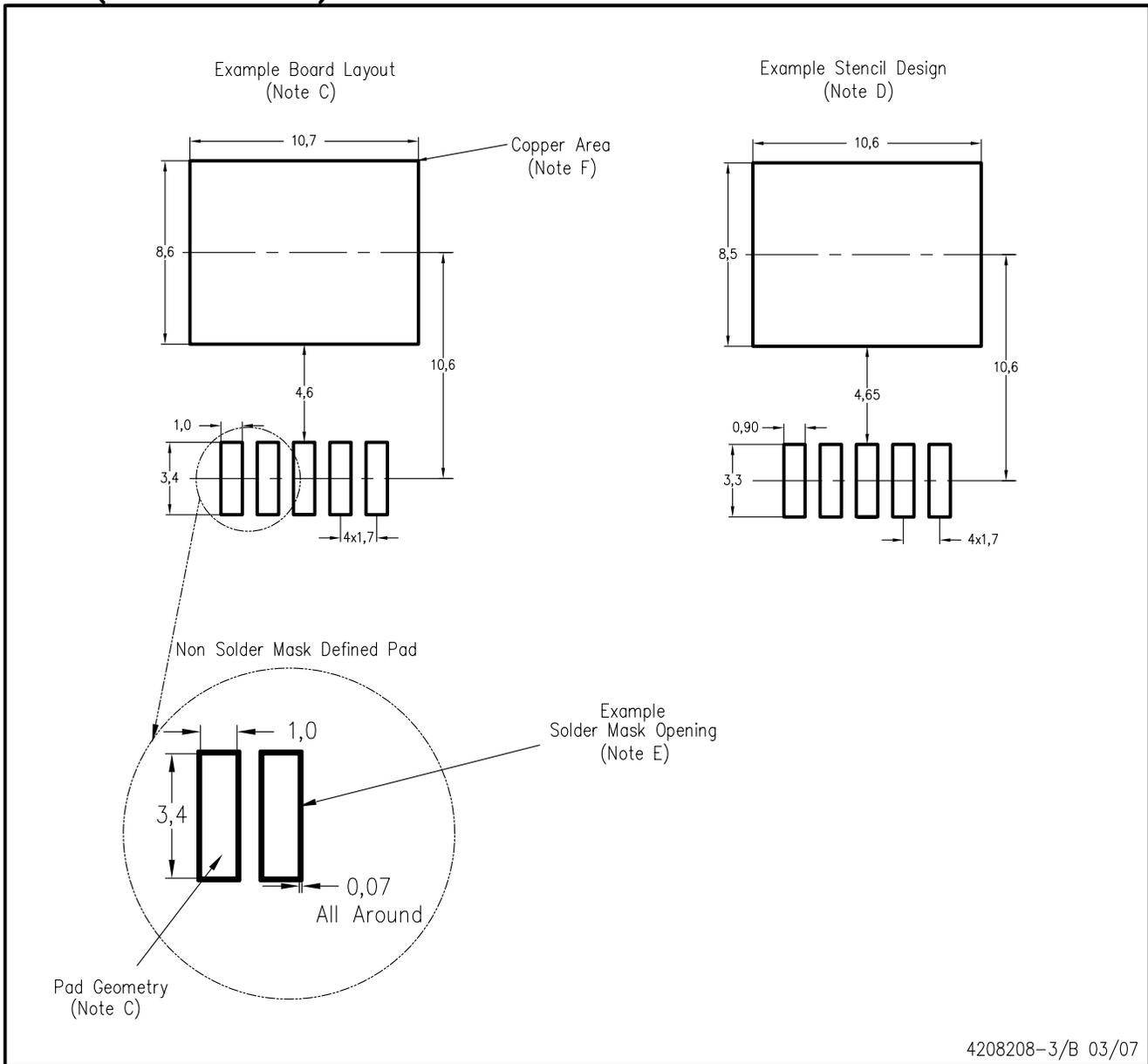
KTT (R-PSFM-G5)

PLASTIC FLANGE-MOUNT PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Body dimensions do not include mold flash or protrusion. Mold flash or protrusion not to exceed 0.005 (0,13) per side.
- △ Falls within JEDEC TO-263 variation BA, except minimum lead thickness, maximum seating height, and minimum body length.

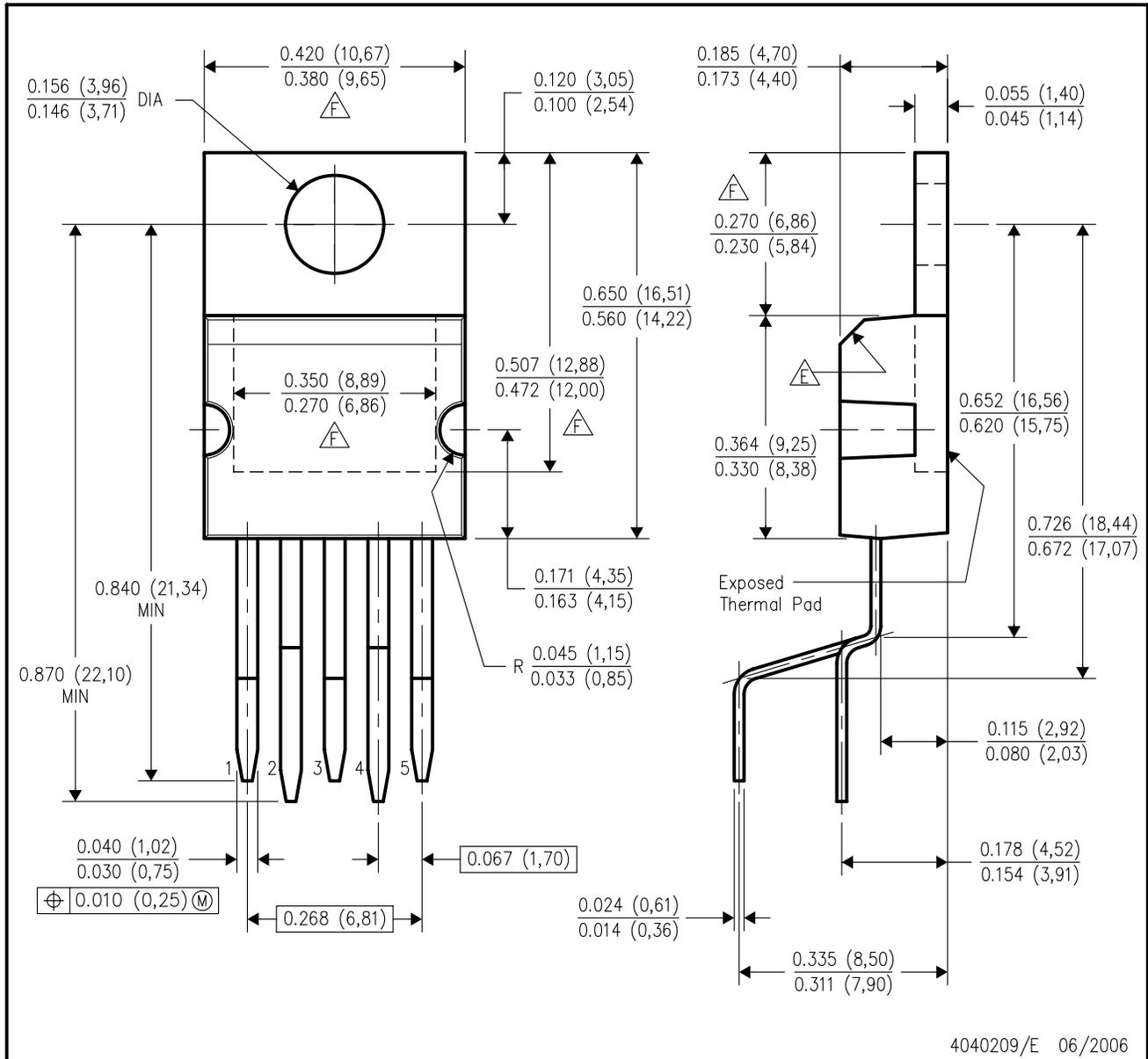
KTT (R-PSFM-G5)



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters.
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. Publication IPC-SM-782 is recommended for alternate designs.
 - D. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC-7525.
 - E. Customers should contact their board fabrication site for solder mask tolerances between and around signal pads.
 - F. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. Refer to the Product Datasheet for specific thermal information, via requirements, and recommended thermal pad size. For thermal pad sizes larger than shown a solder mask defined pad is recommended in order to maintain the solderable pad geometry while increasing copper area.

KV (R-PZFM-T5)

PLASTIC FLANGE-MOUNT PACKAGE



- NOTES:
- A. All linear dimensions are in inches (millimeters).
 - B. This drawing is subject to change without notice.
 - C. All lead dimensions apply before solder dip.
 - D. The center lead is in electrical contact with the mounting tab.
- The chamfer is optional.
- Thermal pad contour optional within these dimensions.

IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, modifications, enhancements, improvements, and other changes to its products and services at any time and to discontinue any product or service without notice. Customers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All products are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its hardware products to the specifications applicable at the time of sale in accordance with TI's standard warranty. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by government requirements, testing of all parameters of each product is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or customer product design. Customers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with customer products and applications, customers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any TI patent right, copyright, mask work right, or other TI intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI products or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license from TI to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. Reproduction of this information with alteration is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI products or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that product or service voids all express and any implied warranties for the associated TI product or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

TI products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support) where a failure of the TI product would reasonably be expected to cause severe personal injury or death, unless officers of the parties have executed an agreement specifically governing such use. Buyers represent that they have all necessary expertise in the safety and regulatory ramifications of their applications, and acknowledge and agree that they are solely responsible for all legal, regulatory and safety-related requirements concerning their products and any use of TI products in such safety-critical applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Further, Buyers must fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of TI products in such safety-critical applications.

TI products are neither designed nor intended for use in military/aerospace applications or environments unless the TI products are specifically designated by TI as military-grade or "enhanced plastic." Only products designated by TI as military-grade meet military specifications. Buyers acknowledge and agree that any such use of TI products which TI has not designated as military-grade is solely at the Buyer's risk, and that they are solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI products are neither designed nor intended for use in automotive applications or environments unless the specific TI products are designated by TI as compliant with ISO/TS 16949 requirements. Buyers acknowledge and agree that, if they use any non-designated products in automotive applications, TI will not be responsible for any failure to meet such requirements.

Following are URLs where you can obtain information on other Texas Instruments products and application solutions:

Products

| | |
|-----------------------------|--|
| Audio | www.ti.com/audio |
| Amplifiers | amplifier.ti.com |
| Data Converters | dataconverter.ti.com |
| DLP® Products | www.dlp.com |
| DSP | dsp.ti.com |
| Clocks and Timers | www.ti.com/clocks |
| Interface | interface.ti.com |
| Logic | logic.ti.com |
| Power Mgmt | power.ti.com |
| Microcontrollers | microcontroller.ti.com |
| RFID | www.ti-rfid.com |
| RF/IF and ZigBee® Solutions | www.ti.com/lprf |

Applications

| | |
|-------------------------------|--|
| Communications and Telecom | www.ti.com/communications |
| Computers and Peripherals | www.ti.com/computers |
| Consumer Electronics | www.ti.com/consumer-apps |
| Energy and Lighting | www.ti.com/energy |
| Industrial | www.ti.com/industrial |
| Medical | www.ti.com/medical |
| Security | www.ti.com/security |
| Space, Avionics and Defense | www.ti.com/space-avionics-defense |
| Transportation and Automotive | www.ti.com/automotive |
| Video and Imaging | www.ti.com/video |
| Wireless | www.ti.com/wireless-apps |

TI E2E Community Home Page

e2e.ti.com

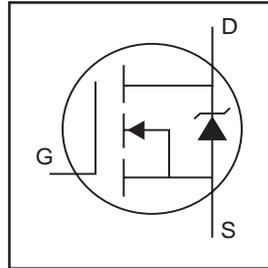
Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated

ANEXO C
DISPOSITIVO IRFP 264N

IRFP264N

HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements

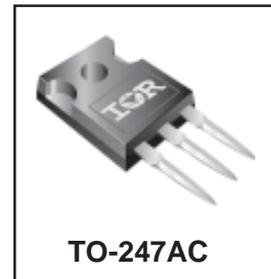


| |
|--------------------------|
| $V_{DSS} = 250V$ |
| $R_{DS(on)} = 60m\Omega$ |
| $I_D = 44A$ |

Description

Fifth Generation HEXFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET Power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-247 package is preferred for commercial-industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole.



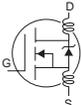
Absolute Maximum Ratings

| | Parameter | Max. | Units |
|---------------------------|--|--------------------|-------|
| $I_D @ T_C = 25^\circ C$ | Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$ | 44 | A |
| $I_D @ T_C = 100^\circ C$ | Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$ | 31 | |
| I_{DM} | Pulsed Drain Current ① | 170 | |
| $P_D @ T_C = 25^\circ C$ | Power Dissipation | 380 | W |
| | Linear Derating Factor | 2.6 | W/°C |
| V_{GS} | Gate-to-Source Voltage | ± 20 | V |
| E_{AS} | Single Pulse Avalanche Energy ② | 520 | mJ |
| I_{AR} | Avalanche Current ① | 25 | A |
| E_{AR} | Repetitive Avalanche Energy ① | 38 | mJ |
| dv/dt | Peak Diode Recovery dv/dt ③ | 8.7 | V/ns |
| T_J | Operating Junction and | -55 to + 175 | °C |
| T_{STG} | Storage Temperature Range | | |
| | Soldering Temperature, for 10 seconds | | |
| | Mounting torque, 6-32 or M3 screw | 10 lbf•in (1.1N•m) | |

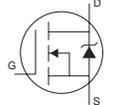
Thermal Resistance

| | Parameter | Typ. | Max. | Units |
|-----------------|-------------------------------------|------|------|-------|
| $R_{\theta JC}$ | Junction-to-Case | — | 0.39 | °C/W |
| $R_{\theta CS}$ | Case-to-Sink, Flat, Greased Surface | 0.24 | — | |
| $R_{\theta JA}$ | Junction-to-Ambient | — | 40 | |

Electrical Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

| | Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units | Conditions |
|--|--------------------------------------|------|------|------|-------|--|
| V _{(BR)DSS} | Drain-to-Source Breakdown Voltage | 250 | — | — | V | V _{GS} = 0V, I _D = 250μA |
| ΔV _{(BR)DSS} /ΔT _J | Breakdown Voltage Temp. Coefficient | — | 0.30 | — | V/°C | Reference to 25°C, I _D = 1mA |
| R _{DS(on)} | Static Drain-to-Source On-Resistance | — | — | 60 | mΩ | V _{GS} = 10V, I _D = 25A ④ |
| V _{GS(th)} | Gate Threshold Voltage | 2.0 | — | 4.0 | V | V _{DS} = V _{GS} , I _D = 250μA |
| g _{fs} | Forward Transconductance | 29 | — | — | S | V _{DS} = 25V, I _D = 25A④ |
| I _{DSS} | Drain-to-Source Leakage Current | — | — | 25 | μA | V _{DS} = 250V, V _{GS} = 0V |
| | | — | — | 250 | | V _{DS} = 200V, V _{GS} = 0V, T _J = 150°C |
| I _{GSS} | Gate-to-Source Forward Leakage | — | — | 100 | nA | V _{GS} = 20V |
| | Gate-to-Source Reverse Leakage | — | — | -100 | | V _{GS} = -20V |
| Q _g | Total Gate Charge | — | — | 210 | nC | I _D = 25A |
| Q _{gs} | Gate-to-Source Charge | — | — | 34 | | V _{DS} = 200V |
| Q _{gd} | Gate-to-Drain ("Miller") Charge | — | — | 94 | | V _{GS} = 10V, See Fig. 6 and 13 |
| t _{d(on)} | Turn-On Delay Time | — | 17 | — | ns | V _{DD} = 30V |
| t _r | Rise Time | — | 62 | — | | I _D = 25A |
| t _{d(off)} | Turn-Off Delay Time | — | 52 | — | | R _G = 1.8Ω |
| t _f | Fall Time | — | 53 | — | | V _{GS} = 10V, See Fig. 10 ④ |
| L _D | Internal Drain Inductance | — | 5.0 | — | nH | Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact |
| L _S | Internal Source Inductance | — | 13 | — | |  |
| C _{iss} | Input Capacitance | — | 3860 | — | pF | V _{GS} = 0V |
| C _{oss} | Output Capacitance | — | 480 | — | | V _{DS} = 25V |
| C _{rss} | Reverse Transfer Capacitance | — | 110 | — | | f = 1.0MHz, See Fig. 5 |

Source-Drain Ratings and Characteristics

| | Parameter | Min. | Typ. | Max. | Units | Conditions |
|-----------------|---|--|------|------|-------|--|
| I _S | Continuous Source Current (Body Diode) | — | — | 44 | A | MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.  |
| I _{SM} | Pulsed Source Current (Body Diode)① | — | — | 170 | | |
| V _{SD} | Diode Forward Voltage | — | — | 1.3 | V | T _J = 25°C, I _S = 25A, V _{GS} = 0V ④ |
| t _{rr} | Reverse Recovery Time | — | 270 | 400 | ns | T _J = 25°C, I _F = 25A |
| Q _{rr} | Reverse Recovery Charge | — | 2.7 | 4.1 | μC | di/dt = 100A/μs ④ |
| t _{on} | Forward Turn-On Time | Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L _S +L _D) | | | | |

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- ② Starting T_J = 25°C, L = 1.7mH
R_G = 25Ω, I_{AS} = 25A, V_{GS} = 10V
- ③ I_{SD} ≤ 25A, di/dt ≤ 500A/μs, V_{DD} ≤ V_{(BR)DSS},
T_J ≤ 175°C
- ④ Pulse width ≤ 400μs; duty cycle ≤ 2%.

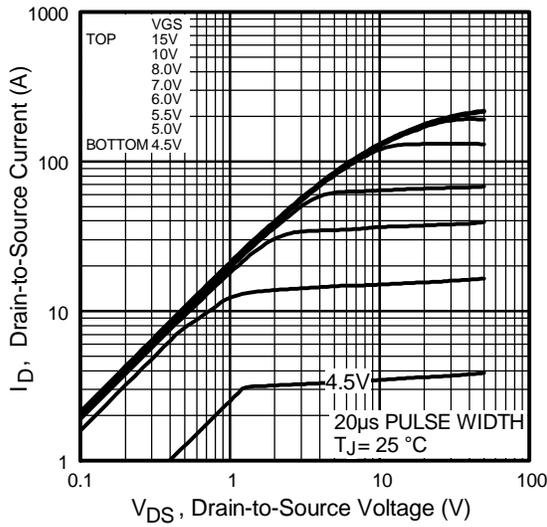


Fig 1. Typical Output Characteristics

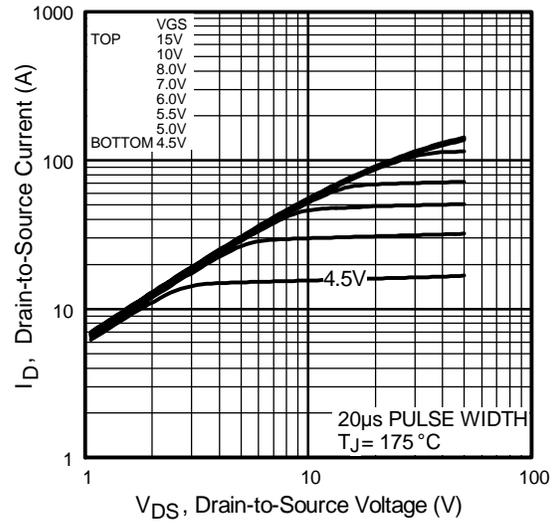


Fig 2. Typical Output Characteristics

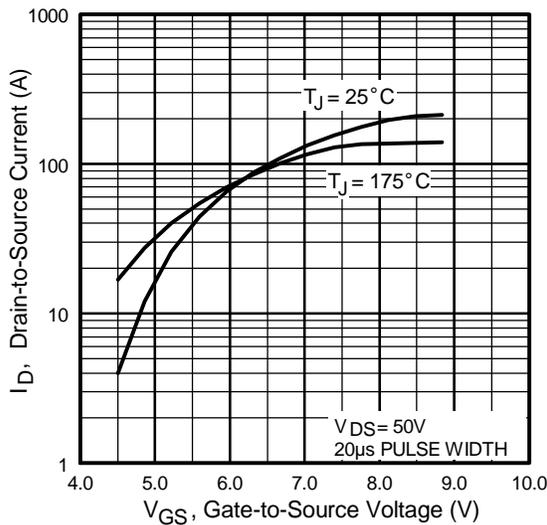


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

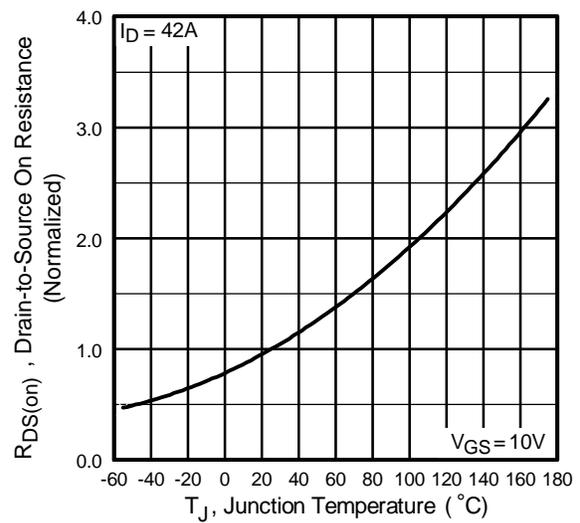


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

IRFP264N

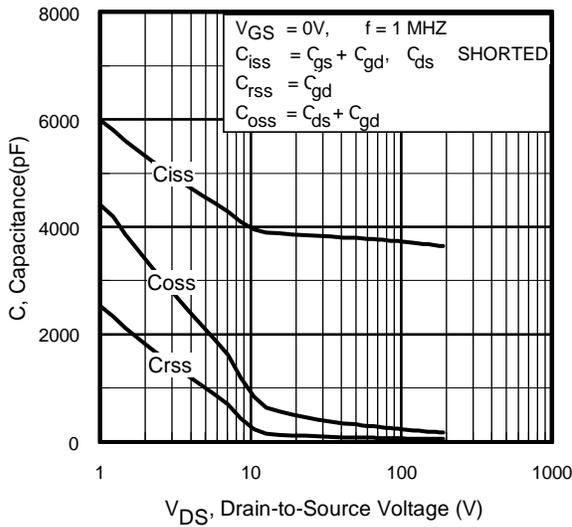


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

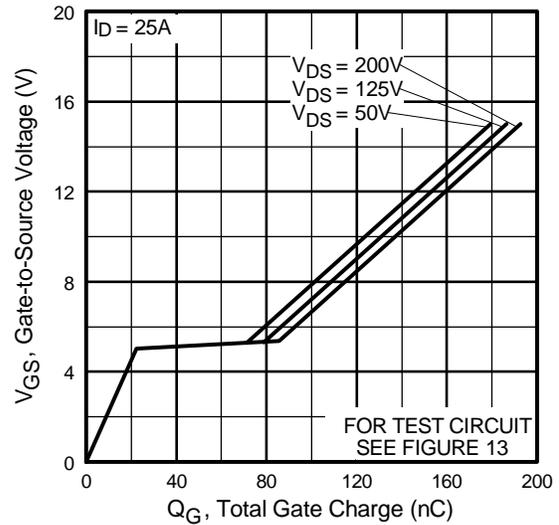


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

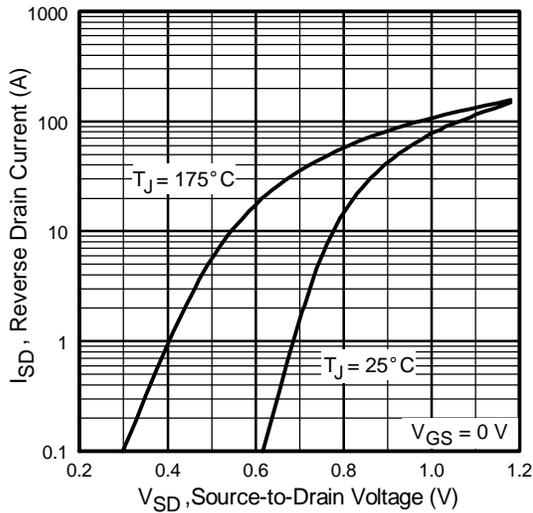


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

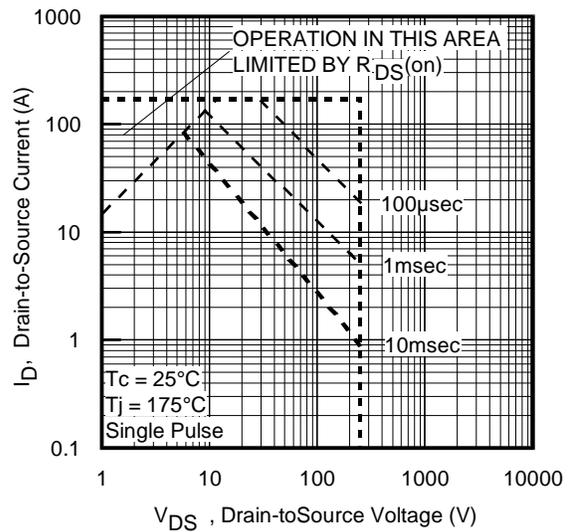


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

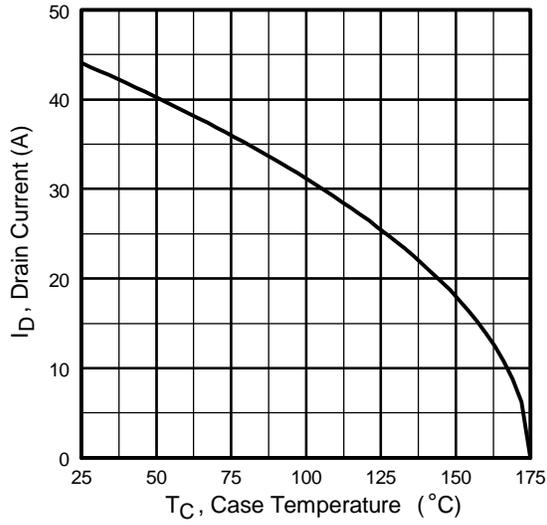


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

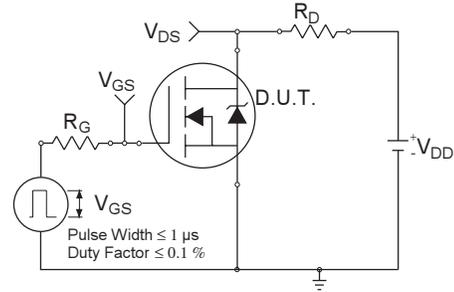


Fig 10a. Switching Time Test Circuit

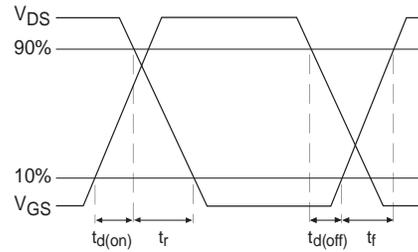


Fig 10b. Switching Time Waveforms

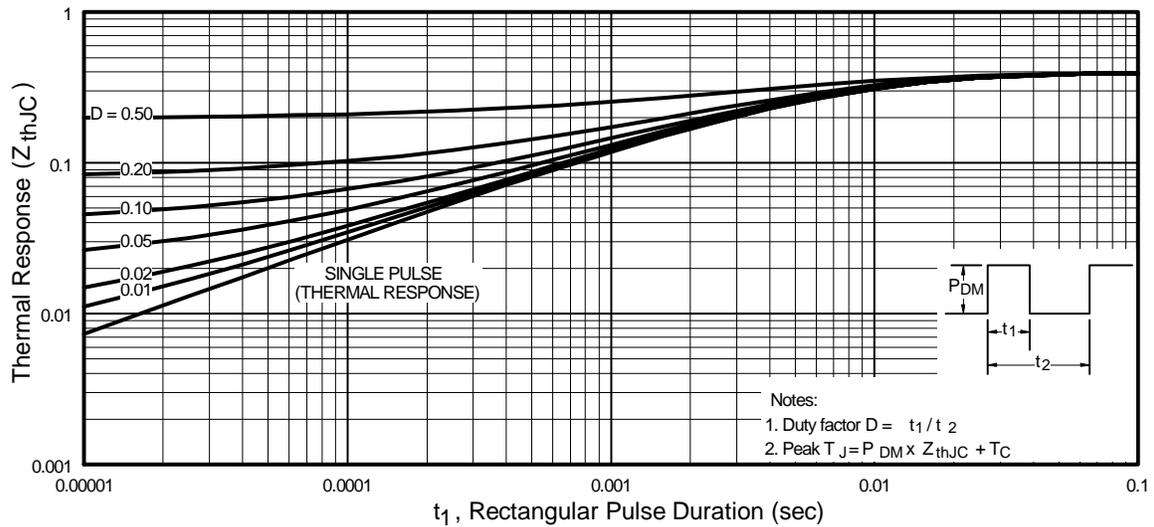


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

IRFP264N

International
IR Rectifier

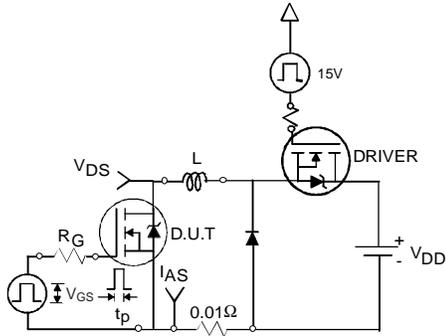


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

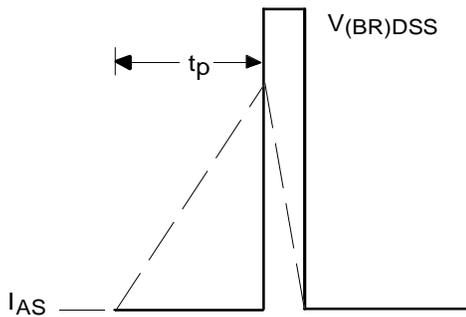


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

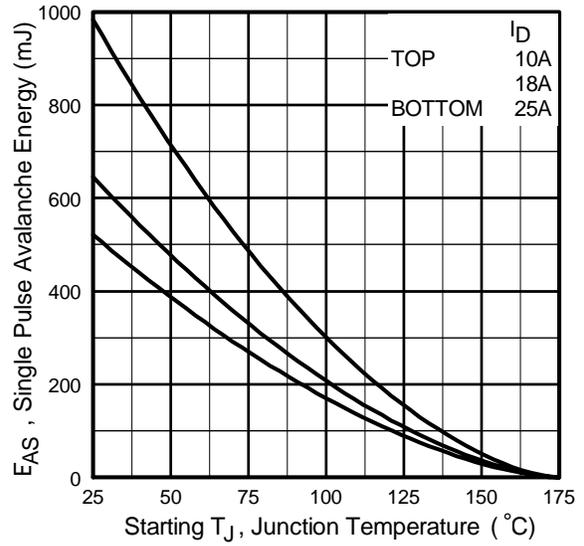


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

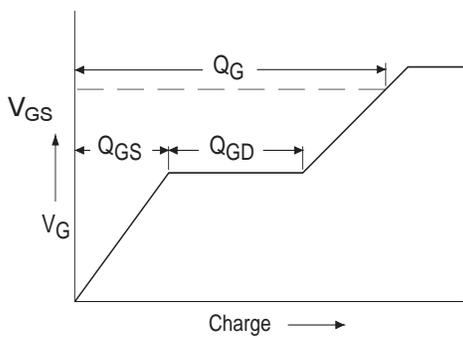


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

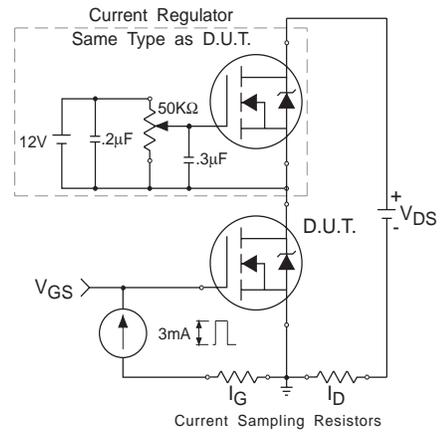
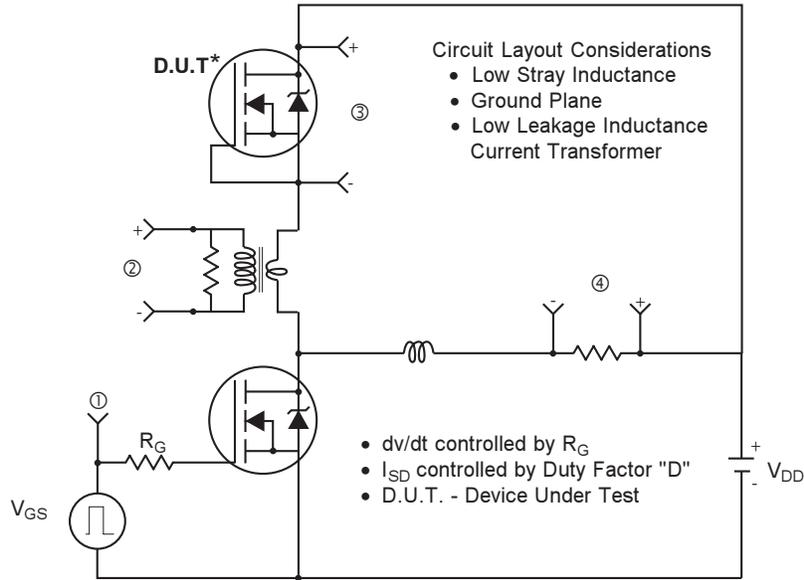
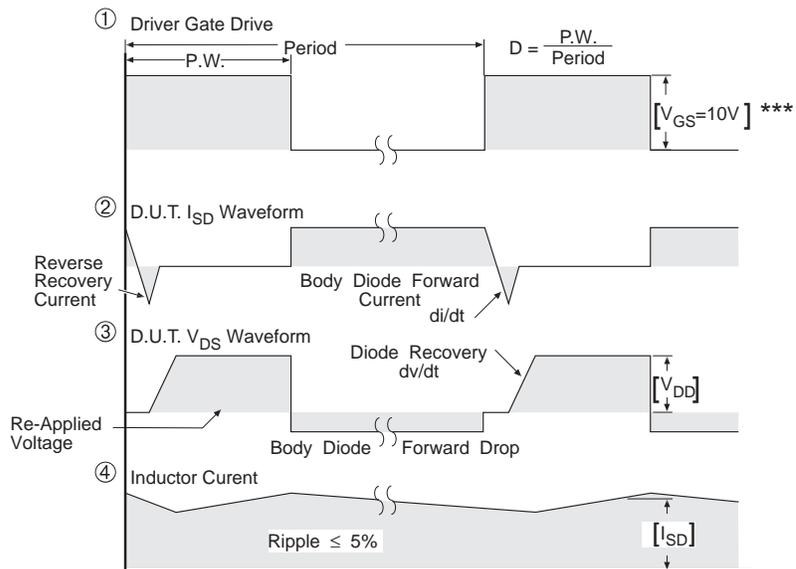


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit



* Reverse Polarity of D.U.T for P-Channel



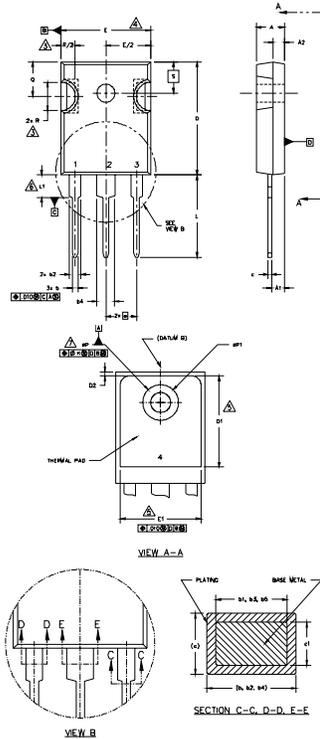
*** $V_{GS} = 5.0V$ for Logic Level and 3V Drive Devices

Fig 14. For N-channel HEXFET[®] power MOSFETs

IRFP264N

International
IR Rectifier

TO-247AC Package Outline Dimensions are shown in millimeters (inches)



NOTES:

- DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M 1994.
- DIMENSIONS ARE SHOWN IN INCHES [MILLIMETERS]
- CONTOUR OF SLOT OPTIONAL.
- DIMENSION D & E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH SHALL NOT EXCEED .005" (0.127) PER SIDE. THESE DIMENSIONS ARE MEASURED AT THE OUTERMOST EXTREMES OF THE PLASTIC BODY.
- THERMAL PAD CONTOUR OPTIONAL WITHIN DIMENSIONS D1 & E1.
- LEAD FINISH UNCONTROLLED IN L1.
- ØP TO HAVE A MAXIMUM DRAFT ANGLE OF 1.5 ° TO THE TOP OF THE PART WITH A MAXIMUM HOLE DIAMETER OF .154" [3.91]
- OUTLINE CONFORMS TO JEDEC OUTLINE TO-247 WITH THE EXCEPTION OF DIMENSION c.

| SYMBOL | DIMENSIONS | | | | NOTES |
|--------|------------|------|-------------|-------|-------|
| | INCHES | | MILLIMETERS | | |
| | MIN. | MAX. | MIN. | MAX. | |
| A | .183 | .209 | 4.65 | 5.31 | |
| A1 | .087 | .102 | 2.21 | 2.59 | |
| A2 | .059 | .098 | 1.50 | 2.49 | |
| b | .039 | .055 | 0.99 | 1.40 | |
| b1 | .039 | .053 | 0.99 | 1.35 | |
| b2 | .065 | .094 | 1.65 | 2.39 | |
| b3 | .065 | .092 | 1.65 | 2.37 | |
| b4 | .102 | .135 | 2.59 | 3.43 | |
| b5 | .102 | .133 | 2.59 | 3.38 | |
| c | .015 | .034 | 0.38 | 0.86 | |
| c1 | .015 | .030 | 0.38 | 0.76 | |
| D | .776 | .815 | 19.71 | 20.70 | 4 |
| D1 | .515 | - | 13.08 | - | 5 |
| D2 | .020 | .030 | 0.51 | 0.76 | |
| E | .602 | .625 | 15.29 | 15.87 | 4 |
| E1 | .540 | - | 13.72 | - | |
| e | .215 BSC | | 5.46 BSC | | |
| ØK | .010 | | 2.54 | | |
| L | .559 | .634 | 14.20 | 16.10 | |
| L1 | .146 | .169 | 3.71 | 4.29 | |
| N | 3 | | 7.62 BSC | | |
| ØP | .140 | .144 | 3.56 | 3.66 | |
| ØP1 | - | .275 | - | 6.98 | |
| Q | .209 | .224 | 5.31 | 5.69 | |
| R | .178 | .216 | 4.52 | 5.49 | |
| S | .217 BSC | | 5.51 BSC | | |

LEAD ASSIGNMENTS

HEXFET

- 1- GATE
- 2- DRAIN
- 3- SOURCE
- 4- DRAIN

IGBTs, CoPACK

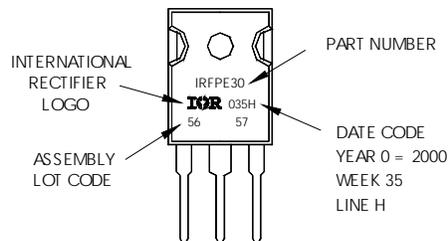
- 1- GATE
- 2- COLLECTOR
- 3- EMITTER
- 4- COLLECTOR

DIODES

- 1- ANODE/OPEN
- 2- CATHODE
- 3- ANODE

TO-247AC Part Marking Information

EXAMPLE: THIS IS AN IRFPE30
WITH ASSEMBLY
LOT CODE 5657
ASSEMBLED ON VWV35, 2000
IN THE ASSEMBLY LINE "H"
Note: "P" in assembly line
position indicates "Lead-Free"



Data and specifications subject to change without notice.
This product has been designed and qualified for the Automotive [Q101] market.
Qualification Standards can be found on IR's Web site.

International
IR Rectifier

IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, USA Tel: (310) 252-7105
TAC Fax: (310) 252-7903
Visit us at www.irf.com for sales contact information. 10/04
www.irf.com