



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE ELECTRÓNICA

DISEÑO DE UN INSTRUMENTO VIRTUAL EN
LABVIEW QUE SIMULA EL CÁLCULO DEL TIEMPO
DE INYECCIÓN ESPECÍFICO

Trabajo de graduación previo a la obtención del Título de
INGENIERO ELECTRÓNICO

Autores:

Cristhian Oswaldo Añazco Aguilar
Gonzalo Fabián Romero Torres

Director:

Ing. Leonel Pérez

Cuenca, Ecuador
2007

Este trabajo monográfico es un complemento del curso de graduación, con especialización en Autotrónica, que se realizo en la Universidad de Buenos Aires en la Facultad de Ingeniería de la Escuela de Graduados en Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones (EGRIET); cuyo inicio fue en Septiembre del 2006 y finalizo en Noviembre del mismo año, con duración de 233 horas.

DEDICATORIA

Dedicamos nuestro trabajo a las personas que confiaron en el esfuerzo realizado a través de los últimos 5 años para llegar a donde estamos, especialmente a nuestras familias quienes han sido indispensables en nuestras vidas, y a todas las personas que cada día se superan de una u otra manera, pero sobre todo a los que ven en el estudio una forma de surgir por si mismo, sin oprimir a los demás.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento imperecedero a nuestras familias, fuente de apoyo en todo momento, que de cualquier forma estaban presentes en los instantes de mayor importancia, haciendo que la distancia que nos separaba sea mínima, gracias por incentivarnos y por habernos guiado en esta travesía de estudio superior y por permitirnos cumplir una gran meta en nuestras vidas como lo es el ser Ingeniero, un agradecimiento especial al personal Docente y Docente de la Universidad del Azuay y Universidad de Buenos Aires (Argentina) que nos permitieron llevar nuestros conocimientos a un grado superior.

INDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Índice de contenidos	v
Índice de ilustraciones y cuadros.....	vii
Resumen.....	ix
Abstract.....	x

CAPITULO I: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE INYECCIÓN.

Introducción.	
1.1 Sistema de Inyección.....	3
1.1.1 Principio de funcionamiento	4
1.1.2 Ventajas y desventajas del Sistema de Inyección.....	4
1.4 Tiempo de Inyección.....	5
1.4.1 Cálculo del Tiempo de Inyección.....	6

CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DE SENSORES.

Introducción.	
2.1 Sensor de Posición del Acelerador.....	12
2.2 Sensor de Mariposa (TPS).....	13
2.3 Sensor de Revoluciones o RPM (inductivo).....	14
2.4 Sensor de Caudal de Aire (MAF).....	14
2.5 Sensor de Temperatura del Refrigerante (CTS).....	15
2.6 Sensor de Presión de Aire (MAP).....	16
2.7 Sonda Lambda.....	17

CAPITULO III: DISEÑO DEL INSTRUMENTO VIRTUAL.

Introducción.	
3.1 Realización del Panel Frontal en LabVIEW® para el Instrumento Virtual	18
3.2 Realización del Diagrama de Bloques en LabVIEW® para el cálculo del Tiempo de Inyección	21
3.2.1 Diseño, graficación y simulación de las señales de los sensores que intervienen en el cálculo del Tiempo de Inyección.	21
3.2.1.1 Señal del Sensor de Posición del Acelerador.	21
3.2.1.2 Señal del Sensor de Mariposa (TPS).	23
3.2.1.3 Señal del Sensor de Revoluciones o RPM (inductivo).	25
3.2.1.4 Señal del Sensor de Caudal de Aire (MAF).	26
3.2.1.5 Señal del Sensor de Presión de Aire (MAP).	28
3.2.1.6 Señal del Sensor de Temperatura del Refrigerante.	29
3.2.1.7 Señal de la Sonda Lambda	30
3.3 Aplicación de la fórmula para el cálculo del Tiempo de Inyección.	32
3.3.1 Graficación y simulación de los valores obtenidos.	34
3.3.2 Simulación Pulso de Inyección.	35
3.4 Puesta a punto y presentación del Instrumento Virtual	37
CONCLUSIONES.	38
RECOMENDACIONES.	40
BIBLIOGRAFÍA.	41

INDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

Figura 1.1: Tipos de Inyección.....	3
Figura 1.2: Elementos de un Sistema de Inyección.....	4
Figura 2.1: Sensor de Posición del Acelerador.....	13
Figura 2.2: Sensor de Mariposa.....	13
Figura 2.3: Sensor de Revoluciones	14
Figura 2.4: Sensor MAF.....	15
Figura 2.5: Sensor de Temperatura del Motor.....	16
Figura 2.6: Sensor MAP.....	16
Figura 2.7: Sonda Lambda.....	17
Figura 3.1: Graficador Chart.....	19
Figura 3.2: Indicadores numéricos.....	19
Figura 3.3: Control de perilla.....	19
Figura 3.4: Control de texto.....	19
Figura 3.5: Leds.....	19
Figura 3.6: Panel de Control (Sensor MAF).....	20
Figura 3.7: Panel de Control (Sensor MAP).....	21
Figura 3.8: Fórmula para simular señal del Pedal del Acelerador.....	22
Figura 3.9: Estructura case para el control del Pedal del Acelerador.....	22
Figura 3.10: Valores simulados del sensor de Pedal del Acelerador.....	23
Figura 3.11: Fórmula para simular señal de la Mariposa	24
Figura 3.12: Valores de la señal simulada del sensor de Mariposa.....	24
Figura 3.13: Fórmula para simular señal del sensor de RPM.....	25
Figura 3.14: Valores de la señal simulada del sensor de RPM.....	26
Figura 3.15: Fórmula para simular señal del sensor de MAF.....	27
Figura 3.16: Valores de la señal simulada del sensor de MAF.....	27
Figura 3.17: Fórmula para simular señal del sensor de MAP.....	28
Figura 3.18: Valores de la señal simulada del sensor de MAP.....	28
Figura 3.19: Fórmula para simular señal de Temperatura del Motor.....	29

Figura 3.20: Valores simulados del sensor de Temperatura del Motor.....	29
Figura 3.21: Fórmula para simular señal de Sonda Lambda.....	30
Figura 3.22: Estructura case para el control del tipo de mezcla.....	31
Figura 3.23: Valores de la señal simulada del sensor de Sonda Lambda.....	32
Figura 3.24: Fórmula que simula el Cálculo del Tiempo de Inyección por MAP.....	33
Figura 3.25: Fórmula que simula el Cálculo del Tiempo de Inyección por MAF.....	34
Figura 3.26: Valores obtenidos para el Tiempo de Inyección (Sensor MAP).....	35
Figura 3.27: Valores obtenidos para el Tiempo de Inyección (Sensor MAF).....	35
Figura 3.28: Fórmula para la simulación del Pulso de Inyección.....	36
Figura 3.29: Inyector simulado.....	36
Figura 3.30: Panel Frontal terminado (Sensor MAF).....	37
Figura 3.31: Panel Frontal terminado (Sensor MAP).....	37

RESUMEN

Este trabajo trata sobre un proceso de diseño de una aplicación en **LabVIEW®** que simula el cálculo del Tiempo de Inyección de acuerdo con las señales de los Sensores relacionados. El software diseñado permite la visualización de las señales y la simulación del Pulso de Inyección en base al tiempo calculado bajo condiciones definidas.

El documento fue dividido en tres capítulos. Los dos primeros capítulos involucran una descripción teórica del Sistema de Inyección y de los Sensores que interviene en el cálculo del Tiempo de Inyección respectivamente, el tercer capítulo trata sobre cómo se diseñó esta aplicación en **LabVIEW®**.

ABSTRACT

This paper deals with a **LabVIEW®** application design process that simulates Injection Time calculation according to related Sensor's signals. The designed software allows signal's visualization and Injection Pulse simulation upon calculated time under defined conditions.

The document was divided in three chapters. First and second chapters involve a theoretical description of Injection Systems and Sensors that intervenes in the Injection Time calculation respectively, the third chapter deals about how was designed this application in **LabVIEW®**, the implementation Block Diagram and Front Panel.

Cristhian Oswaldo Añezco Aguilar
Gonzalo Fabián Romero Torres
Director: Leonel Pérez
Abril del 2007

INTRODUCCIÓN

En la actualidad los Sistemas de Inyección han desplazado a los carburadores debido a que desempeñan de mejor manera su cometido, el cual se basa principalmente en proporcionar la cantidad adecuada de combustible a los cilindros en el momento que sea requerido por el motor, para que el Sistema de Inyección puede funcionar de manera correcta es necesario que el Tiempo de Inyección, que es el tiempo en que los inyectores otorgan combustible a los cilindros, sea lo mas preciso, con la finalidad de que el Sistema de Inyección suministre al motor la cantidad exacta de gasolina sin reducir el rendimiento del motor y con lo cual se puede obtener un ahorro de combustible significativo, lo cual se logra realizando un control en el Tiempo de Inyección preciso; por esto, se ha decidido diseñar un **Instrumento Virtual** con el cual se pueda calcular el **Tiempo de Inyección Específico** que el motor requiere para determinados parámetros del mismo; y de esta manera se esta contribuyendo con una herramienta que permita ilustrar y educar sobre el funcionamiento de un Sistema de Inyección.

Para realizar este propósito se ejecutará un estudio de las partes que conforman un Sistema de Inyección, así como el sistema electrónico del mismo, al cual corresponden los sensores que intervienen en el cálculo del Tiempo de Inyección; todo esto con el fin de obtener conocimientos del tema propuesto. Luego se procede a la parte practica que es la programación y simulación del instrumento virtual en si, que se lo realiza en **LabVIEW®**, aplicando todos los principios obtenidos anteriormente mediante la investigación previa. Para el cálculo del Tiempo de Inyección se utilizara la señal de sensores tales como: Sensor de Posición del Acelerador, Sensor de Presión de Aire MAP, Sensor de Revoluciones RPM, Sensor de Temperatura del Refrigerante CTS, Sensor de Mariposa TPS, Sensor de Caudal de Aire MAF.

Una vez terminado el instrumento virtual, el usuario podrá observar el Tiempo de Inyección calculado, así como la duración del Pulso de Inyección o el instante que este ocurre, además las señales simuladas de los sensores que intervienen en el cálculo del Tiempo de Inyección.

CAPITULO I

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE INYECCION

INTRODUCCION

El cambio de carburadores a Sistema de Inyección se debe a que este último proporcionó una mejor manera de resolver los estándares de economía y emisión de combustible establecidos en el ámbito mundial. Pero igualmente importante es el hecho de que la inyección del combustible es un sistema más versátil para la salida de la nafta. En la actualidad los Sistemas de Inyección han desplazado a los carburadores debido a que cumplen mejor con su cometido, que es proporcionar la cantidad justa de combustible en cada momento, reducen el consumo del mismo y se ajustan mejor a las normativas vigentes de emisión de gases de escape. La inyección electrónica del combustible también se integra con mayor facilidad a los sistemas de control automatizados del motor, porque los inyectores se controlan más fácilmente que un carburador mecánico con agregaciones electrónicas.

En el presente capítulo se realizará un breve estudio del funcionamiento del Sistema de Inyección, además se establecerá la fórmula que permita calcular el Tiempo de Inyección necesario; todo esto es con el fin de determinar el Tiempo de Inyección específico en base a la señal de los sensores, que es el objetivo principal de la presente tesis.

1.1.- Sistema de Inyección.

Un Sistema de Inyección, es una implementación que consiste en reemplazar al carburador por uno o mas inyectores para suministrar el combustible a los cilindros, todo esto se realiza por la necesidad de cumplir con la normativa antipolución y disminuir el consumo de combustible; estos objetivos fueron cumplidos por los sistemas en función del avance en el campo de la electrónica principalmente.

Los inyectores reciben señales de inyección desde el ordenador e inyectan combustible en el conducto de admisión o en cada cilindro, ya sea el caso. El combustible es inyectado por la operación de una bobina electromagnética en el inyector.

1.1.1.- Principio de funcionamiento.

La misión de la inyección de gasolina es de otorgar a cada cilindro el combustible adecuado en cada momento acorde con las necesidades del motor. Las exigencias del motor varían muy rápidamente, con lo cual se necesita un sistema muy eficaz y que controle los datos necesarios para la correcta administración de combustible. De ahí que los sistemas electrónicos de inyección sean los más adecuados. Éstos pueden controlar una enorme cantidad de datos de servicio para transformarlos en señales eléctricas mediante sensores. Estas señales se hacen llegar a la unidad de control o ECU que es la encargada de procesar estos datos y calcular inmediatamente los caudales necesarios de combustible mediante un Tiempo de Inyección.

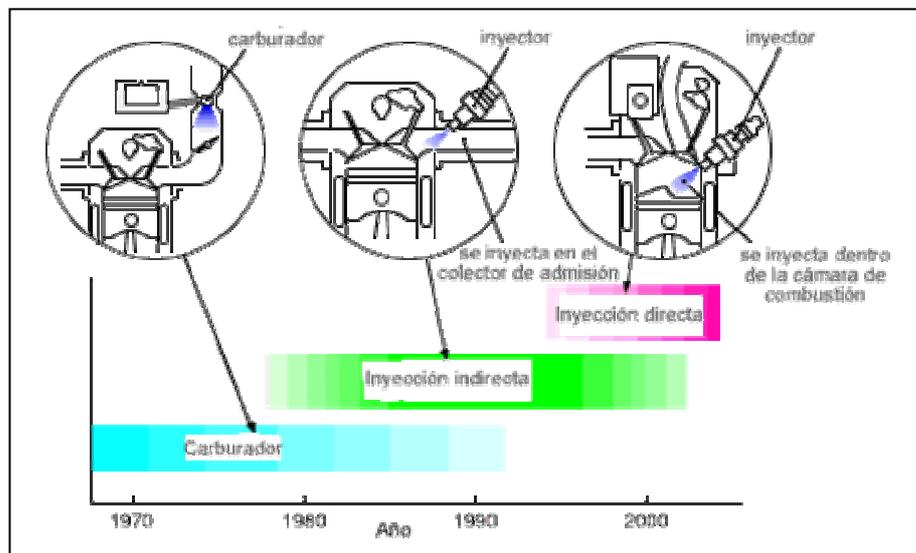


Fig. 1.1 Tipos de Inyección.

(DRA)

1.1.2.- Ventajas y desventajas del Sistema de Inyección.

Es de notar que los Sistemas de Inyección son más caros de fabricar que los carburadores, aunque estos últimos son más difíciles de ajustar, siendo el mantenimiento más fácil de realizar en los Sistemas de Inyección que en los carburadores al menos por concepto. La principal ventaja de los Sistemas de Inyección es hacer mucho más aprovechable el combustible notándose la mejora en un mayor régimen de funcionamiento con dosificación correcta, por lo que obtiene una mayor potencia que hace perdonar cualquier otra desventaja, además de mejorar

las condiciones de arranque y calentamiento y disminuir las emisiones contaminantes.

El Sistema de Inyección aporta otras ventajas como: aprovechar la mayor temperatura de los colectores a la altura de la culata para vaporizar toda la gasolina, mejorar el reparto de combustible a aquellos cilindros más alejados, optimizar el control sobre la cantidad inyectada no dependiendo de la depresión generada en el colector, reducir el consumo por el corte de suministro en deceleración y mejorar la generación de la mezcla en todo el régimen, estirando el mismo más arriba con la consiguiente ganancia de potencia.

1.4.- Tiempo de Inyección.

Primeramente se debe definir el Tiempo de Inyección, el cual se lo describe como el tiempo necesario que el inyector debe permanecer abierto suministrando la cantidad exacta y precisa de combustible a los cilindros de acuerdo a los requerimientos del motor. Para determinar el Tiempo de Inyección es importante tener en cuenta ciertos parámetros como las revoluciones del motor, así como la posición de la mariposa, que es la encargada de permitir que pase determinada cantidad de aire para la mezcla de acuerdo a la posición del acelerador; todo esto permite determinar la masa de aire presente, para la constitución de la mezcla.

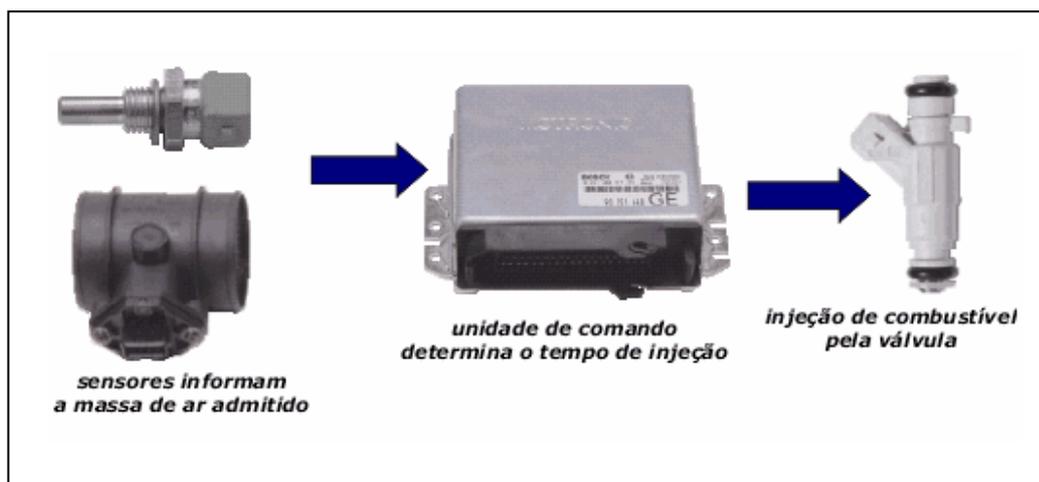


Fig. 1.2 Elementos de un Sistema de Inyección.

(DRA)

Se calcula el Tiempo Básico de Inyección tomando en cuenta el flujo de aire, el cual se establece tomando la masa, temperatura y presión del aire, así como las

revoluciones del motor; para todo esto se utiliza un sensor de presión MAP y un sensor de temperatura CTS. También se puede realizar un cálculo del Tiempo de Inyección tomando directamente la masa del aire admitido, esto se logra con un sensor másico llamado sensor MAF. Independientemente del método utilizado para determinar la masa de aire, la ECU de autos de alta gama determina el Tiempo de Inyección en función de la presión de combustible. Si solo se determinara el Tiempo de Inyección en función de la masa, sería muy sencillo. Sin embargo muchas variables actúan como, rotación del motor, temperatura del agua y algunas más que se verán a continuación, que son suficientes para realizar este cálculo.

1.4.1 “Cálculo del Tiempo de Inyección”¹.

Los dos sistemas más utilizados por los fabricantes, para que la ECU calcule el tiempo de apertura de los inyectores que por supuesto determina la cantidad de combustible inyectado en cada momento son los siguientes.

1) Fórmula para el cálculo del Tiempo de Inyección por sensor MAP:

$$\text{Tiempo Apertura} = \text{Base} + \text{CTS} + [(\text{MAP} + \text{RPM}) \times \text{VE}] + \text{TPS} + \text{ACT} - \text{EGR} \pm \text{O}_2 + \text{comodines.}$$

Donde:

Base: Tiempo asignado por el fabricante.

CTS: Sensor de temperatura del refrigerante.

MAP: Sensor de presión del aire.

RPM: Sensor de revoluciones.

VE: Eficiencia volumétrica.

TPS: Sensor de mariposa.

ACT: Sensor de temperatura.

EGR: Recirculación de gases de escape.

O₂: Sonda Lambda

Comodines: Valores adicionales

¹ www.redtecnicaautomotriz.com

2) Fórmula para el cálculo del Tiempo de Inyección por sensor MAF:

$$\text{Tiempo de Apertura} = \text{Base} + \text{CTS} + \text{MAF} + \text{TPS} + \text{ACT} - \text{EGR} \pm \text{O}_2 + \text{comodines.}$$

Donde:

Base: Tiempo asignado por el fabricante.

CTS: Sensor de temperatura del refrigerante.

MAF: Sensor de flujo de aire.

TPS: Sensor de mariposa.

ACT: Sensor de temperatura.

EGR: Recirculación de gases de escape.

O₂: Sonda Lambda

Comodines: Valores adicionales

Vea en detalle como afecta cada sensor al producto final:

- **Base:** Este tiempo de apertura no es determinado por un sensor sino que es un parámetro programado por la fábrica en la EPROM (Memoria de solo lectura que se encuentra en la ECU) y sirve como una base para que luego los sensores modifiquen y vayan afinando el cálculo del Tiempo Final de Inyección. Este valor depende entre muchos otros parámetros de la cilindrada del motor del diseño de la cámara de combustión, pasajes de aire, etc.
- **CTS (Sensor de temperatura del refrigerante):** Este sensor aumenta el Tiempo de apertura de los inyectores dependiendo de la temperatura del motor. Su rango de autoridad es alto y lleva este nombre porque está ubicado en el circuito del líquido refrigerante.
- **MAP (Sensor de Presión en el tubo de admisión):** Este sensor provee una indicación directa de la carga del motor. A mayor presión en la admisión (menor vacío), mayor será la carga y por tanto más combustible será necesario. Este también es un sensor con una capacidad grande para modificar el Tiempo Final de la Inyección.

- **RPM (Sensor de giro del motor):** El motor es básicamente una bomba de aire, a mayor velocidad de giro, más aire aspira y por lo tanto más combustible es necesario para mantener la relación estequiométrica de 14.7/1 aire / combustible.
- **VE (Eficiencia volumétrica):** Este es un valor calculado por los diseñadores del motor que depende en gran medida de la velocidad de giro del motor y la carga. La mayoría de los vehículos poseen cámaras de combustión, árbol de levas, válvulas etc, diseñadas para obtener una eficiencia volumétrica en el entorno de las 2500 rpm en donde en promedio el motor es más usado. Como resultado de ese compromiso a velocidades menores o mayores de la indicada el valor de VE es menor y decae el rendimiento del motor.

Estos tres parámetros anteriores se combinan mediante la ecuación $[(MAP + RPM) \times VE]$ para obtener la masa de aire aspirado en cada instante que es lo que realmente se debe conocer para calcular la cantidad exacta de combustible necesario. Entonces este sistema posee una debilidad y es que el valor de eficiencia volumétrica VE se asume constante durante la vida del vehículo. Pero de hecho cuando depósitos de carbón comienzan a formarse en el interior de la cámara de combustión o en las válvulas, etc. esto reduce la "respiración" del motor, sin embargo la ECU continúa calculando la dosificación de combustible como si el motor fuera nuevo y por consiguiente la mezcla tiende a enriquecerse con el transcurso del tiempo.

- **MAF (Sensor de Masa de Aire Aspirado):** Este importante sensor mide directamente la masa del aire que es aspirado por el motor en cada instante y por lo tanto la ECU en base a la indicación de este sensor modifica el Tiempo de Inyección. La ventaja de este sistema es que no se agregan parámetros como el VE para calcular la masa de aire sino que se conoce este importante valor directamente. Esto hace que en los vehículos equipados con este sistema la mezcla no varíe con el envejecimiento del motor como en el caso anterior. Pero posee su propia debilidad y es que se asume que todo el aire aspirado por el motor pasa por el sensor que mide su masa e informa a la ECU, por lo tanto cualquier entrada de aire "pirata" debido por ejemplo a

uniones flojas en los tubos de admisión etc, afectará la relación final de la mezcla.

- **TPS (Sensor de Posición de la Mariposa):** Este sensor si bien es importante no agrega o quita tanto combustible a la mezcla final como lo haría el CTS o el MAF por eso se dice que tiene menor autoridad. Algunas de las funciones que cumple este dispositivo son, en primera instancia le indica a la ECU cuando el sistema está en ralentí (en otros sistemas esto se hacía con un switch o interruptor que se accionaba cuando el acelerador estaba en su posición de reposo). También este sensor indica la velocidad de apertura de la mariposa cumpliendo una función similar a la bomba de pique en los carburadores. Otra función importante es la de indicarle a la ECU cuando se alcanza apertura total de la mariposa con lo que la ECU enriquece la mezcla para obtener la máxima potencia que se necesita con acelerador a fondo.
- **ACT (Sensor de Temperatura del Aire Aspirado):** Este sensor realiza un cambio menor en la dosificación final o sea que su autoridad es aún menor, sin embargo no olvidarlo porque el fallo del mismo puede provocar "tironeos" sobretodo en climas fríos. También la ECU lo utiliza para comprobar la racionalidad de las medidas confrontándolo con el CTS ya que por ejemplo ambos sensores deberían producir la misma tensión de salida en un motor frío.
- **EGR (Recirculación de Gases de Escape) :** Mientras que todos los sensores vistos hasta el momento agregan combustible o mejor dicho aumentan el Tiempo de Inyección respecto del tiempo base programado en fábrica, este lo disminuye. Esto se debe a que los gases de recirculación son inertes al proceso de combustión retardando la misma ya que estos se colocan entre las moléculas de Oxígeno e Hidrocarburos. Cuando los gases se introducen en el tubo de admisión ingresa menos Oxígeno a la misma RPM, por lo tanto se necesita menos combustible para mantener la mezcla en el valor teórico de 14,7/1. Resumiendo a mayor EGR menor combustible.

- **Comodines:** Son valores que se agregan generalmente al Tiempo Final y responden a circunstancias particulares por ejemplo cuando se enciende el aire acondicionado en la mayoría de los sistemas se suma unos 0,5 ms al Pulso de Inyección para compensar por la carga adicional. También modifica la posición del motor paso a paso que controla el ralentí. Otro ejemplo : cuando el voltaje de batería es bajo debido a fallas en alternador o la propia batería la velocidad de apertura de los inyectores es menor con lo cual se deben mantener abiertos algunos microsegundos mas para compensar y obtener la misma dosificación que en condiciones normales de voltaje. Estos son solo un par de ejemplos pero hay mas circunstancias en las que la ECU agrega Tiempo de Inyección en respuesta a estas circunstancias particulares, lo que tienen en común es que el grado de autoridad es bastante bajo o sea es poco lo que influyen en la dosificación. Visto desde otro punto de vista si alguno de estos comodines fallara el vehículo seguiría funcionando en forma normal en la mayoría de las situaciones, esto mismo es válido para los sensores de menor autoridad.
- **O₂ (Sensor de Oxígeno):** Esta es una entrada de información a la ECU importante sin dudas, sin embargo está último en la jerarquía esto significa que solo después que todos los demás sensores modificaron el tiempo de apertura de los inyectores este sensor solo corrige este valor en un rango muy pequeño pero con gran precisión. Por ejemplo si debido a una fuga de vacío en la admisión la mezcla se empobrece esto es detectado por el sensor de oxígeno el cual informa a la ECU la cual aumenta el tiempo de apertura de los inyectores lo cual enriquece la mezcla tratando de compensar, sin embargo si por ejemplo el tiempo de apertura en condiciones normales es de 3 ms el sensor de oxígeno podrá agregar o quitar a lo sumo 1 ms al tiempo final tratando de corregir, luego de lo cual se alcanzó la "ventana" de operación o la autoridad del sensor. Este sensor es el que permite el funcionamiento en LOOP o bucle cerrado proveyendo la realimentación para que el sistema conozca el producto final o sea la relación aire/nafta. Tener en cuenta que solo luego de cumplir ciertos requerimientos el sistema entra en bucle, el primero es que el sensor alcance su temperatura de operación (No

hay salida de señal válida hasta que el sensor alcanza los 400 o 500 grados centígrados).

Como se ha visto se han determinado los parámetros que determinan el Tiempo de Inyección, pero de los cuales hay algunos que no se utilizará en la presente tesis tales como la Base porque es un parámetro producido por el fabricante y en este caso no se está definiendo un modelo preciso; el ACT y EGR son sensores de muy poca jerarquía con lo que respecta a la fórmula y pueden ser omitidos en el cálculo; y por último los comandos son solo utilizados cuando hay alguna acción externa que no corresponde al funcionamiento del motor en sí, como el aire acondicionado. Por lo tanto antes de acotar las fórmulas quedan determinadas de la siguiente forma:

- 1) Fórmula para el cálculo del Tiempo de Inyección por sensor MAP:

$$\text{Tiempo Apertura} = \text{CTS} + [(\text{MAP} + \text{RPM}) \times \text{VE}] + \text{TPS} \pm \text{O}_2.$$

- 2) Fórmula para el cálculo del Tiempo de Inyección por sensor MAF:

$$\text{Tiempo de Apertura} = \text{CTS} + \text{MAF} + \text{TPS} \pm \text{O}_2.$$

La señal de los sensores que intervienen se verá a continuación en el próximo capítulo.

CAPITULO II

DESCRIPCION DE SENSORES

INTRODUCCION

La parte mas importante en un sistema de control, especialmente la de un automóvil, son los sensores, los cuales perciben el estado del motor; además por medio de los mismos la computadora del automóvil (ECU), que es igual que un microprocesador, calcula la cantidad de inyección de combustible o Tiempo de Inyección. Cada uno de los sensores convierte la carga del motor, temperatura del refrigerante, temperatura de admisión del aire, velocidad del motor, aceleración o rango de desaceleración, y otras condiciones de uso, por señales eléctricas y las envía a la ECU. No hay un sensor específico que permita calcular el Tiempo de Inyección, este cálculo lo realiza la ECU con algunas de las señales de los sensores que intervienen en el Sistema de Inyección. La computadora calcula el Tiempo de Inyección y operación de los inyectores e inyecta combustible en el conducto de admisión o en el mismo cilindro directamente, ya sea el caso.

A continuación se describen los sensores más importantes para el cálculo del Tiempo de Inyección.

2.1.- Sensor de Posición del Acelerador.

También llamado transmisor de posición del pedal o sensor de pedal del acelerador, tiene la función de detectar el recorrido o la posición angular del pedal en aceleración, marcha constante o desaceleración y lo transmite a la ECU. Su componente principal es una resistencia variable en la que se ajusta un voltaje en función de la posición del pedal acelerador, con ayuda de la curva característica de este sensor, la misma que se almacena en la ECU del automóvil; se convierte esta tensión en el recorrido relativo o posición angular del acelerador. Se Utiliza este sensor para por medio de esta señal controlar la apretura del ángulo de la mariposa y las revoluciones del motor. Los valores con que trabaja este sensor son de máximo 4.75 volts y mínimo unos 0,75 volts para un recorrido del pedal del acelerador de aproximadamente 25 mm; el rango de funcionamiento para la utilización de este

sensor en la presente tesis es: en ralentí, media carga y plena carga. En el gráfico siguiente se muestra la señal de forma lineal de este sensor que se desea simular.

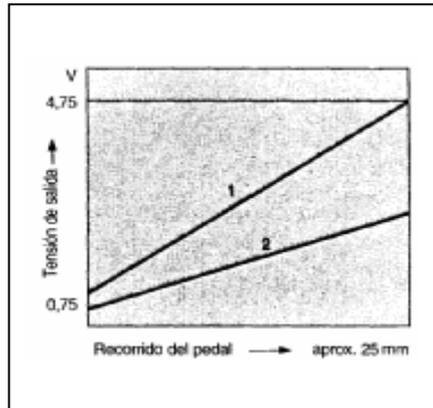


Fig. 2.1 Sensor de posición del acelerador. (BOSCH®)

2.2.- Sensor de Mariposa (TPS).

Este sensor detecta el ángulo de giro de la mariposa que permite el paso del aire en el conducto de admisión; este sensor posee dos potenciómetros que trabajan en paralelo con tensión de referencia separada para dos campos angulares para su buen funcionamiento, precisión y para mayor sensibilidad en todo el rango angular de la mariposa. La señal de este sensor es utilizada para adecuar la cantidad de combustible a la variación de la masa de aire en los estados transitorios: ralentí, aceleración y desaceleración. En pocas palabras se puede decir que el sensor de mariposa es un sensor angular potenciométrico con 2 curvas características lineales para cada resistencia, la 1 para cuando el ángulo es menor a 23 grados y la 2 cuando el ángulo está entre 15 a 88 grados; la relación que determina esta forma de onda es: U_a/U_v , donde: U_a es la tensión de medición y U_v es la tensión de funcionamiento (5V).

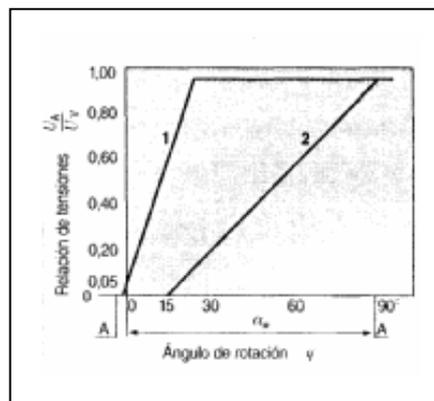


Fig. 2.2 Sensor de Mariposa. (BOSCH®)

2.3.- Sensor de Revoluciones.

El número de revoluciones se calcula mediante el intervalo de tiempo entre las señales del sensor, la señal de este sensor es una de las magnitudes más importantes del control eléctrico del motor. Este sensor está montado frente a una rueda de engranajes ferromagnética como el volante de inercia del motor, el flujo magnético producido por la bobina del sensor depende si delante del sensor se encuentra un diente de engranaje o no, un diente concentra el flujo de dispersión del imán y se produce una intensificación del flujo útil a través de la bobina, si no existe diente el flujo se debilita; todo esto produce una tensión sinusoidal de salida que es proporcional a la velocidad de variaciones y por lo tanto al número de revoluciones, la amplitud de la tensión decrece cuando aumenta la distancia entre el sensor y los dientes, mientras que la amplitud de la onda crece intensamente a medida que disminuye aquella distancia, una amplitud suficiente se alcanza con $n \cong 20$ rpm.

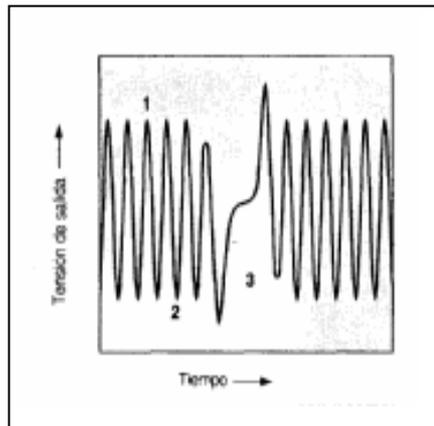


Fig. 2.3 Sensor de revoluciones. (BOSCH®)

2.4.- Sensor de Caudal de Aire (MAF).

Este sensor también llamado sensor de masa de aire debido a que la tecnología electrónica permitió el uso de un dispositivo que evalúe directamente la masa de aire considerando la temperatura del aire de admisión.

Inicialmente se utilizó el sistema de “hilo caliente”, y luego el de “lámina caliente”; ambos trabajan con el mismo principio: un filamento calefaccionado es interpuesto en la corriente de aire de admisión, el cual lo “enfriá” proporcionalmente al flujo que lo atraviese. Un circuito de control alimenta con corriente ese filamento de tal manera que la diferencia de temperatura entre el filamento y la correspondiente al

aire circulante sea constante; esa corriente será la señal que procesará la ECU para calcular la masa de aire entrante a los cilindros.

El sistema de hilo caliente sobrecalentaba (cuando el motor se detenía) durante 1 segundo el filamento para eliminar suciedad adherida que alteraría la medición; esto no es necesario en el sistema de lámina caliente. Por lo antes acotado se ha decidido utilizar el sensor de lámina o película caliente cuya señal se diseña a partir de la variación de temperatura que se presenta en la película la que a su vez representa una variación de resistencia y voltaje.

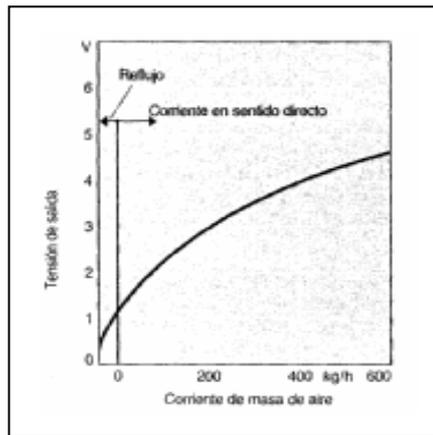


Fig. 2.4 Sensor MAF. (BOSCH®)

2.5 Sensor de Temperatura del Refrigerante (CTS).

También llamado sensor de temperatura del motor. La densidad del aire varía en forma inversa con la temperatura del mismo, es decir aire más caliente contenido en igual volumen a igual presión, implica menos masa de aire encerrada en el cilindro, por lo tanto corresponderá menor cantidad de combustible. Se aprecia así la importancia de considerar esta variable en la determinación de la masa de aire.

Está generalizado el uso de un sensor del tipo NTC (Coeficiente de Temperatura Negativo) para cualquier tipo de sensor de temperatura; el sensor NTC consiste en un circuito divisor de tensión alimentado con 5 V, donde este voltaje depende de la resistencia del partidor de tensión, que a medida que varía la temperatura varía la resistencia; el rango de funcionamiento del sensor es de -40 a 130 grados centígrados.

Este sensor se encuentra ubicado cerca de la conexión de la manguera superior, que lleva agua del motor al radiador montado en el circuito del líquido refrigerante, su función es monitorear la temperatura dentro del motor a partir de la temperatura del

liquido refrigerante, de esta manera, la computadora al recibir la señal de que el motor alcanzo la temperatura de trabajo, procede a ajustar la mezcla, el tiempo de encendido y el Tiempo de Inyección.

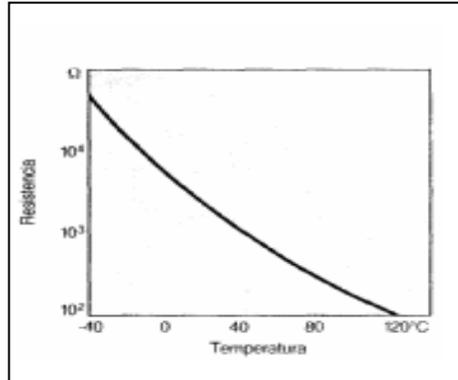


Fig. 2.5 Sensor de temperatura del motor. (BOSCH®)

2.6.- Sensor de Presión de Aire MAP.

Conocer el valor de presión absoluta en el múltiple de admisión permite a la ECU calcular la cantidad de combustible.

Elementos piezoresistivos están alojados en un diafragma por un lado sometido a una presión de referencia, y por el otro a la presión que se quiere medir. Esos elementos están interconectados en una configuración de puente La deformación de esos elementos modifican la tensión, la cual es tomada como señal para calcular la presión en múltiple de admisión. Su señal es de tipo lineal y su valor máximo de amplitud es de 4.5 volts y la mínima es de 0.5 volts.

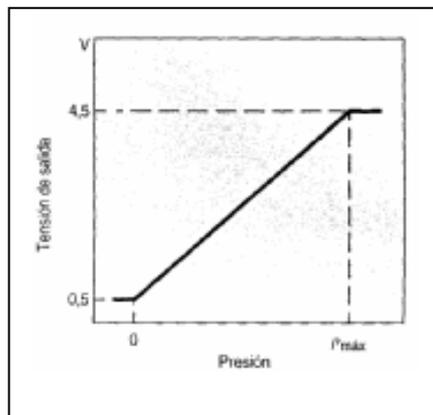


Fig. 2.6 Sensor MAP. (BOSCH®)

2.7.- Sonda Lambda o Sensor de Oxígeno.

El sensor de oxígeno también recibe el nombre de sonda lambda y representa la proporción de gasolina y aire. La sonda detecta la presencia o no de oxígeno en los gases de escape, es decir, determina si la mezcla es rica o pobre y consiste básicamente en comparar la señal que entrega un electrodo inmerso en la corriente de gases de escape, con la que entrega otro electrodo similar pero expuesto al aire atmosférico.

Si la mezcla es rica, existe una diferencia de concentración de oxígeno por lo que se genera una diferencia de potencial en los electrodos. En este caso, la ECU debería empobrecer la mezcla mediante la disminución del Tiempo de Inyección. Así pues la ECU interpretará la señal para aumentar o disminuir el tiempo de apertura de los inyectores. En el gráfico siguiente se puede apreciar la señal que proporciona este sensor donde la parte a es la mezcla rica o falta de aire, y la parte b es la mezcla pobre o exceso de aire.

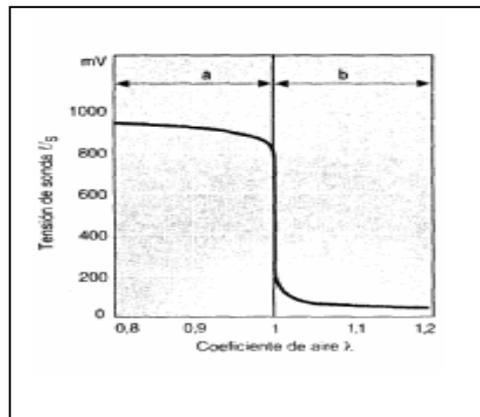


Fig. 2.7 Sonda Lambda. (BOSCH®)

CAPITULO III

DISEÑO DEL INSTRUMENTO VIRTUAL

INTRODUCCION

En este capítulo se va a realizar lo que es la programación en sí, es decir la parte que corresponde ya al elemento virtual que va a simular el Tiempo de Inyección y la señal de los sensores, cabe recalcar que la ejecución de esta simulación se va a realizar en **LabVIEW®**. **LabVIEW®** es un lenguaje de programación gráfico que usa iconos en vez de líneas de texto para sus aplicaciones. A diferencia de los lenguajes de programación basados en texto, donde el texto determina el código de ejecución, **LabVIEW®** utiliza programación orientada a objetos, donde los objetos determinan la ejecución.

En **LabVIEW®**, usted construye un interfaz de usuario con un set de herramientas y objetos propios del programa. La interfaz de usuario es conocida como panel frontal. Usted crea el código usando representaciones gráficas de funciones para controlar los objetos del Panel Frontal. El Diagrama de Bloques es el que contiene este código.

3.1 Realización del Panel Frontal en LabVIEW® para el instrumento virtual.

Para la elaboración de este instrumento virtual se debe crear primeramente un panel donde se visualicen los resultados obtenidos, **LabVIEW®** permite eso, utilizar graficadores, indicadores y controles que pueden ser manipulados por el usuario, de manera que se pueda interactuar con el sistema analizado mediante un Panel Frontal. En el presente diseño se utilizan las siguientes herramientas: El elemento principal es un graficador tipo chart, que permite visualizar la señal del sensor simulado en tiempo real y las variaciones que este presenta:



Fig. 3.1 Graficador Chart. (LabVIEW®)

Se utiliza cada una de estos graficadores para cada sensor a representar; además se utiliza indicadores numéricos para observar el valor instantáneo en números del sensor:

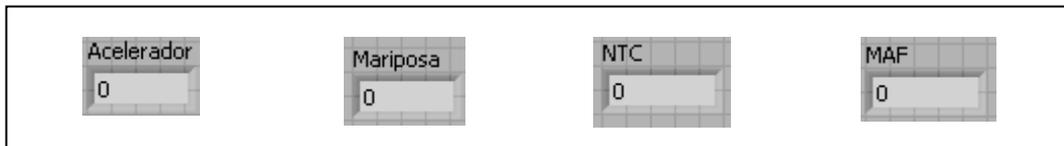


Fig. 3.2 Indicadores numéricos. (LabVIEW®)

Estos indicadores también se utilizan uno por cada sensor; además se maneja un instrumento que es el que permite realizar variaciones en la simulación, se esta hablando de un controlador; existen de varios tipos de controladores pero los que se va a utilizar son los siguientes:

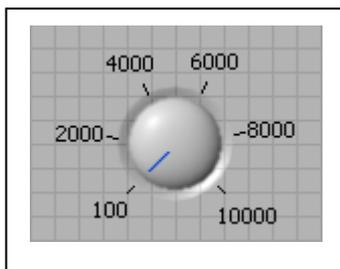


Fig. 3.3 Control de perilla. (LabVIEW®)

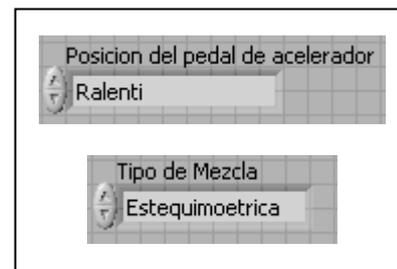


Fig. 3.4 Control. de texto. (LabVIEW®)

Para comprobar el buen funcionamiento de los controles se añade unos leds indicadores:



Fig. 3.5 Leds. (LabVIEW®)

Finalmente se realiza la ubicación de los elementos los cuales en el último ítem de esta tesis serán modificados de forma estética para la presentación, mientras tanto se tiene un Panel Frontal que permitirá trabajar.

A continuación se presenta los paneles construidos para esta tesis, uno que se utiliza para el Tiempo de Inyección calculado mediante sensor MAF y el otro calculado por sensor MAP, ambos paneles elaborados con la misma función, mostrar el Tiempo de Inyección:

Sensor MAF:

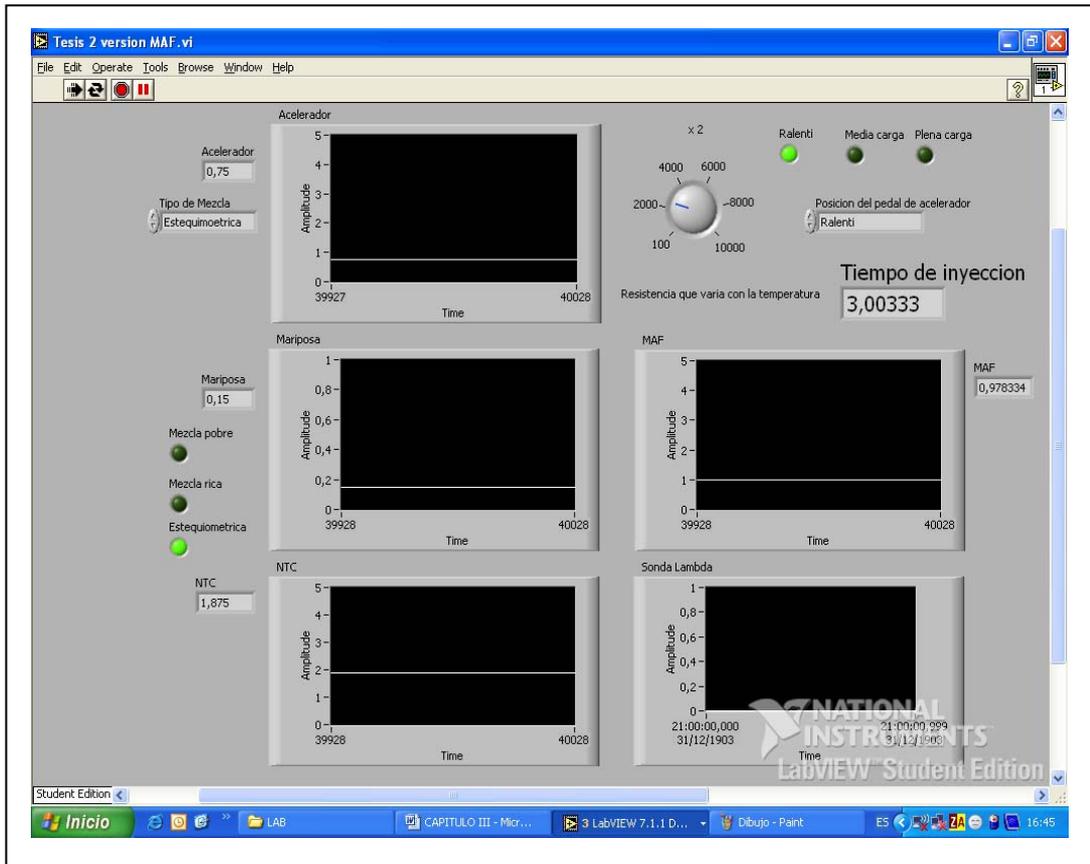


Fig. 3.6 Panel de control (sensor MAF)

(LabVIEW®)

Sensor MAP:

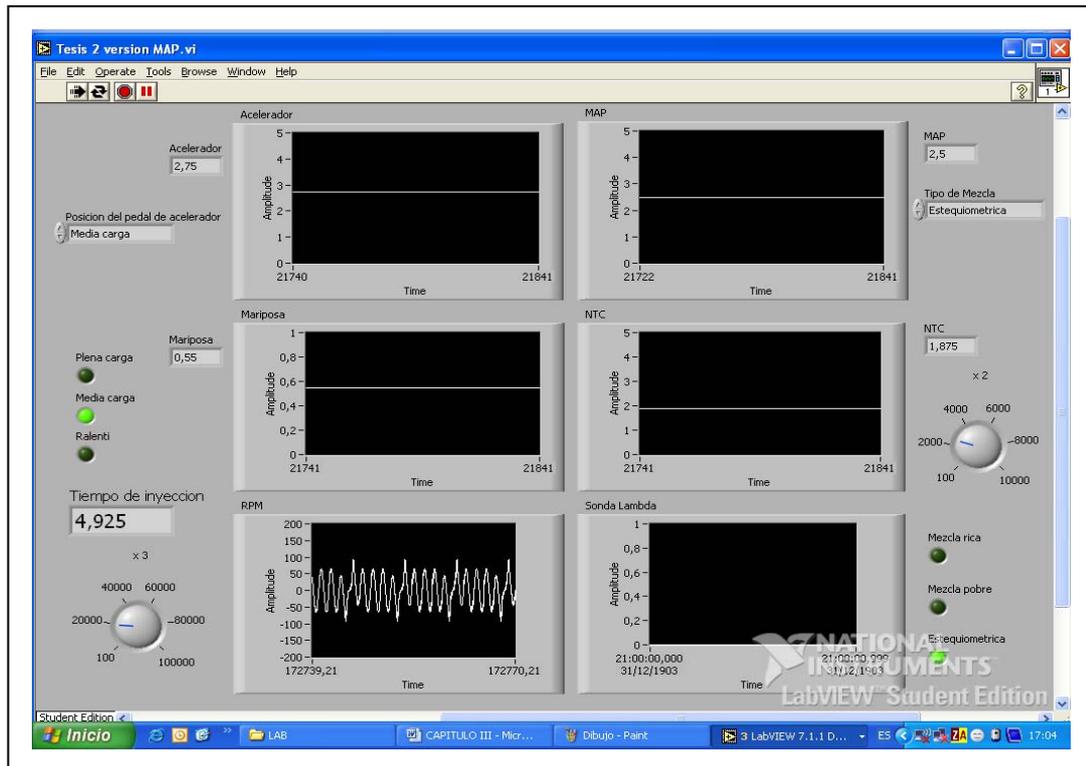


Fig. 3.7 Panel de control (sensor MAP) (LabVIEW®)

3.2 Realización del Diagrama de Bloques en LabVIEW® para el cálculo del Tiempo de Inyección.

Para la realización del Diagrama de Bloques se toma muy en cuenta los conceptos obtenidos en el capítulo anterior sobre la forma de la señal de los sensores que intervienen en el cálculo del Tiempo de Inyección.

3.2.1 Diseño, graficación y simulación de las señales de los sensores que intervienen en el cálculo del Tiempo de Inyección.

3.2.1.1 Señal del Sensor de Pedal del Acelerador.

La primera señal de sensor que se va a simular es la señal del pedal del acelerador, si bien esta señal no interviene directamente en el cálculo del Tiempo de Inyección, es el parámetro principal que se ha escogido como controlador, es decir es el principal factor a variar para analizar el comportamiento del Tiempo de Inyección.

Para simular esta señal se debe plantear una fórmula, si se toma en cuenta que en el eje X se va a tener el recorrido del pedal en milímetros (de 0 a 25 mm) y en el eje Y el valor de voltaje, se tiene que $Y = 0,16X + 0,75$, de manera que si se quiere obtener el mínimo valor de voltaje que teóricamente es 0,75 le da a X el mínimo valor del pedal que es 0 mm, o si se quiere el mayor voltaje que es 4,75 le da a X el máximo valor de pedal 25 mm y se obtiene en ambos casos el resultado buscado. Ahora se procede a aplicar la fórmula en **LabVIEW®**, utilizando herramientas para un cálculo numérico de la siguiente forma:

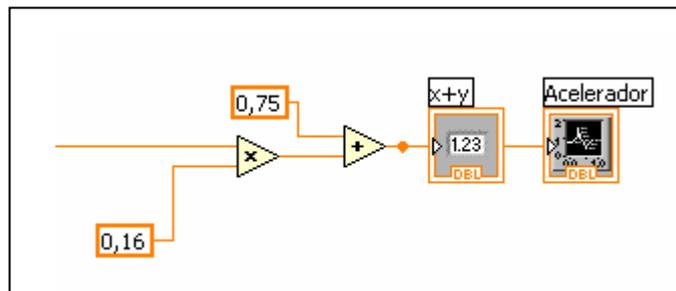


Fig. 3.8 Fórmula para simular señal del pedal del acelerador. (LabVIEW®)

Para controlar el valor de recorrido del pedal de acelerador se lo hace mediante una estructura case, un control de tipo texto y 3 leds, que permiten escoger el rango o valor con el que se va a trabajar, en este caso hay tres valores, para ralentí 0 mm, para media carga 12,5, y para plena carga 25 mm; de esta manera se elige el rango de funcionamiento del acelerador.

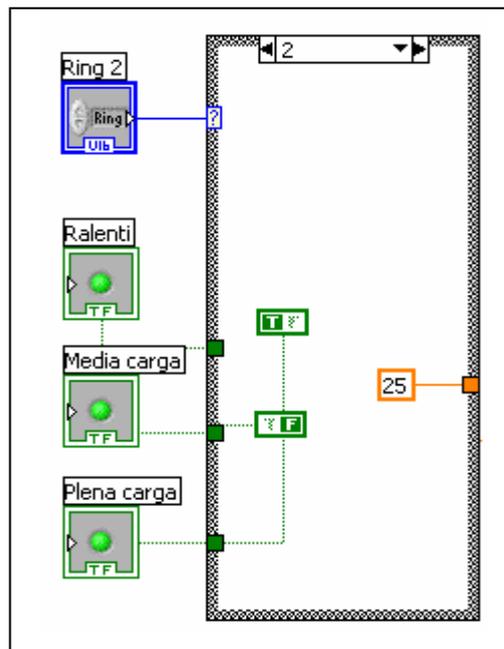


Fig. 3.9 Estructura case utilizada para el control del pedal del acelerador. (LabVIEW®)

La visualización respectiva de la señal que corrobora lo planteado anteriormente es:

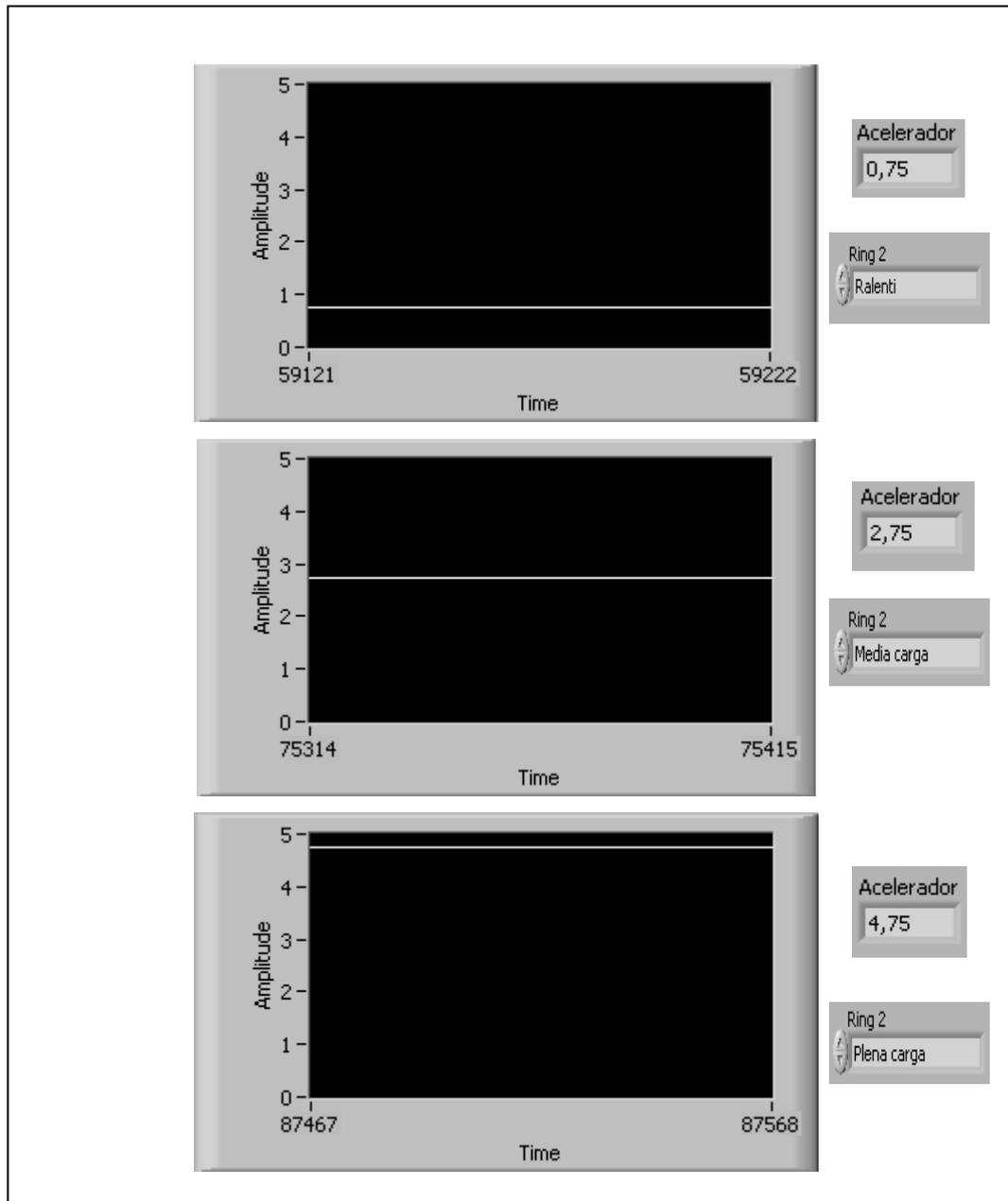


Fig. 3.10 Valores de la señal simulada del sensor de pedal del acelerador. (LabVIEW®)

Una vez obtenida la señal simulada del sensor de pedal del acelerador, por medio de la misma, se procede a obtener la señal simulada del sensor de mariposa el cual esta en función del sensor anterior.

3.2.1.2 Señal del Sensor de Mariposa.

La señal del sensor de mariposa no es más que una relación de tensión U_a/U_v donde U_v es la tensión de funcionamiento (5 Volts) y U_a es la tensión de entrada que en

este caso es el valor de la señal del sensor del acelerador que es la encargada de controlar el ángulo de apertura de la mariposa, la simulación queda planteada de la siguiente forma:

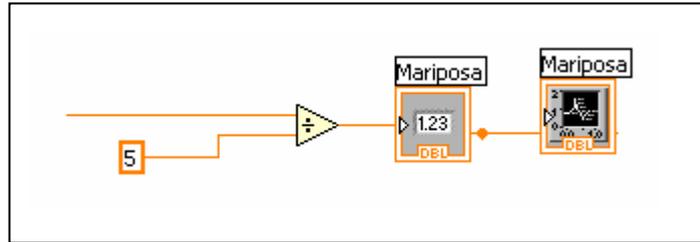


Fig. 3.11 Fórmula para simular señal de la mariposa. (LabVIEW®)

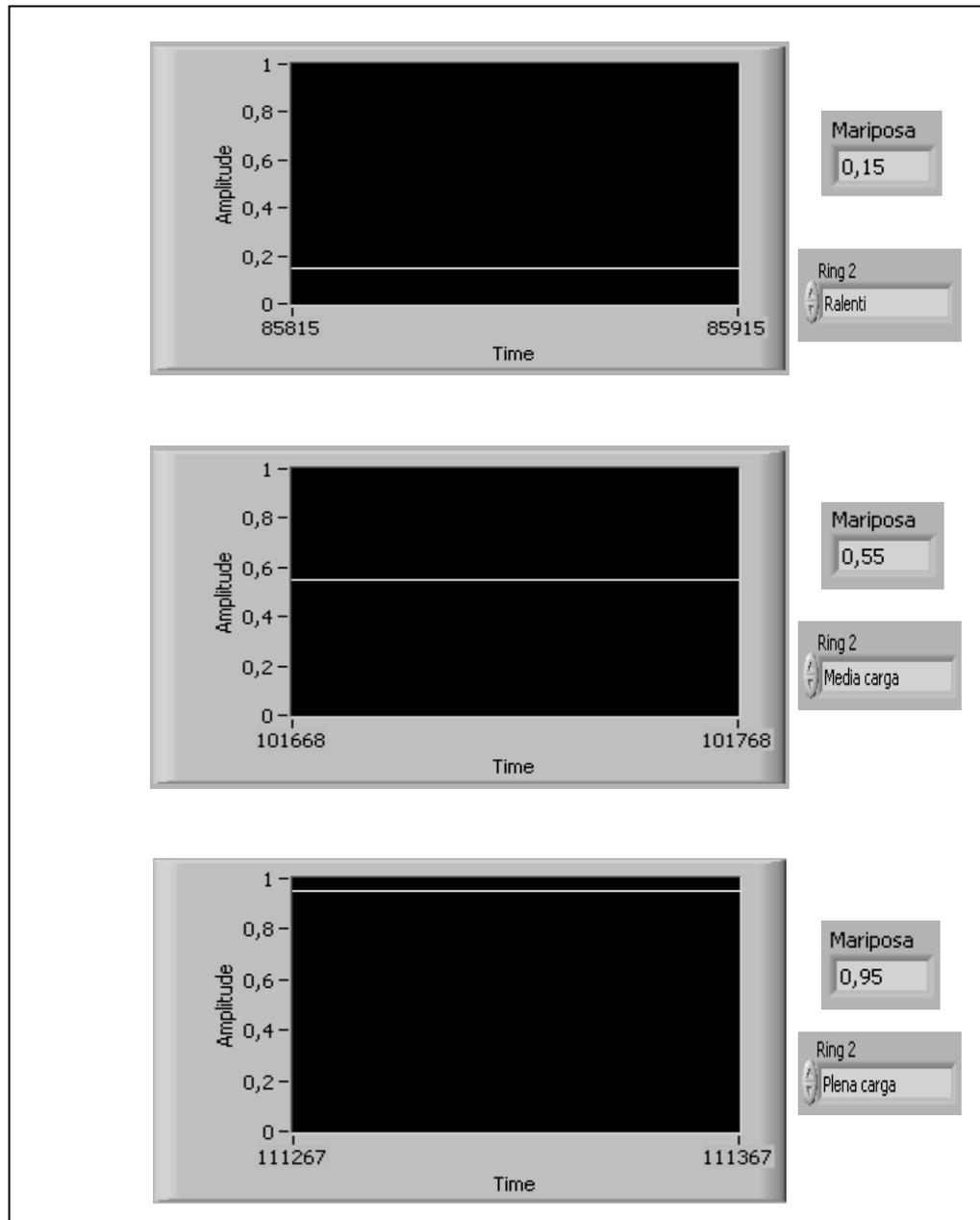


Fig. 3.12 Valores de la señal simulada del sensor de mariposa.

(LabVIEW®)

3.2.1.3 Señal del Sensor de Revoluciones.

La señal del sensor de revoluciones RPM se simula de la siguiente manera: esta señal se realiza por medio de un generador de señal arbitraria, el cual permite dar valores al eje X y Y al mismo tiempo, es como una tabla de valores, luego el mismo procede a visualizar la señal, los valores asignados son de manera que la curva quede de forma sinusoidal con una pequeña variación que representa el PMS (punto muerto superior), esta señal tiene una amplitud de 1, de manera que para obtener el valor original que máximo es 120 se multiplica por la señal del acelerador que es el control y por una constante de 24, de esta manera se llega al valor original de la señal quedando la forma y la curva así:

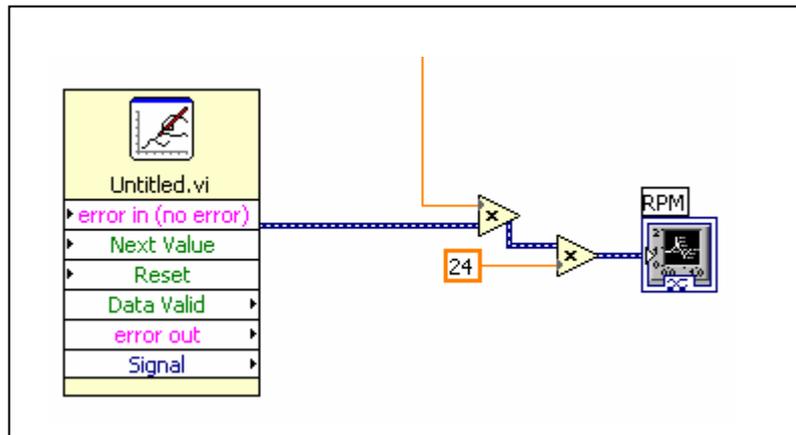


Fig. 3.13 Fórmula para simular señal del sensor de RPM. (LabVIEW®)

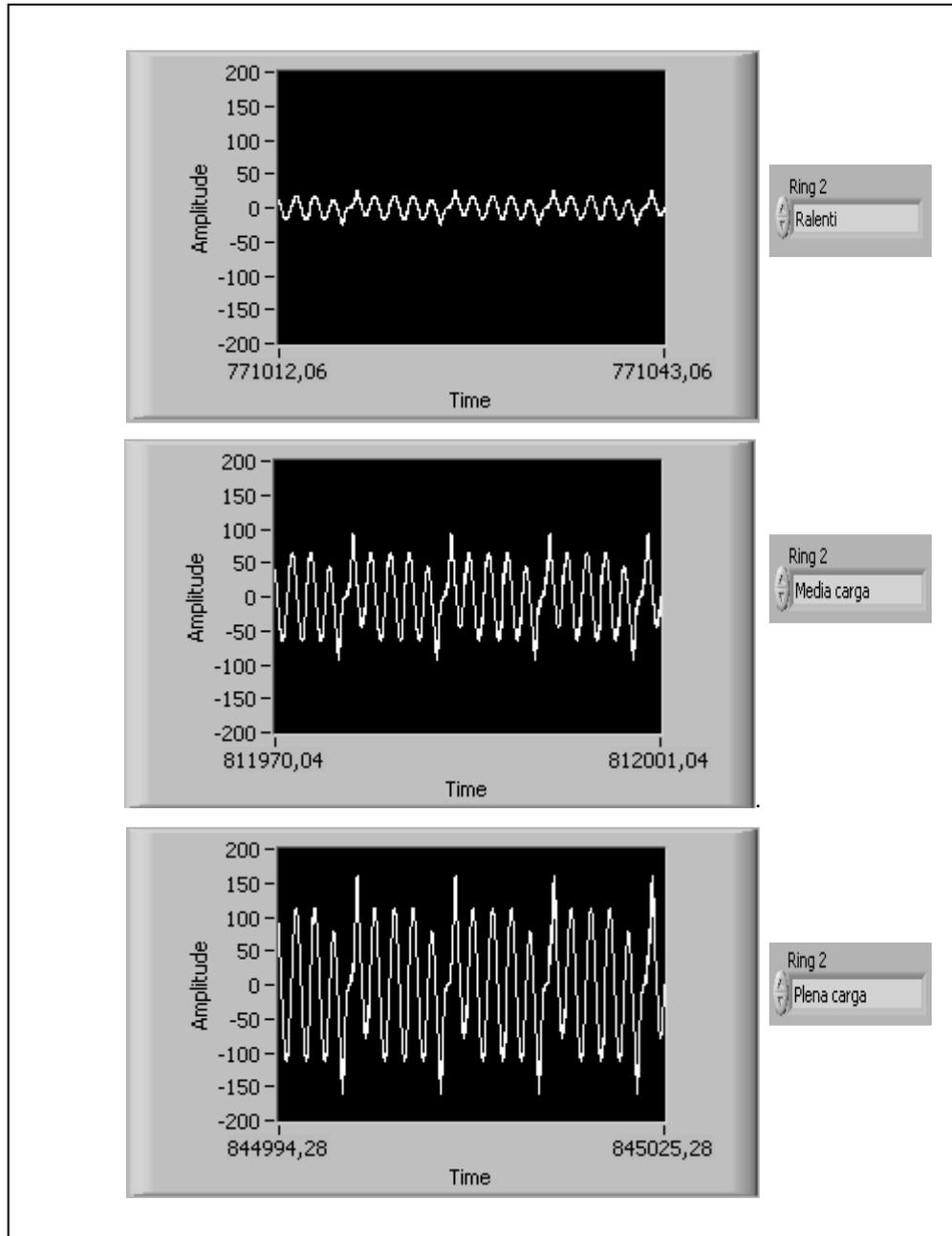


Fig. 3.14 Valores de la señal simulada del sensor de RPM. (LabVIEW®)

3.2.1.4 Señal del Sensor MAF.

Ahora se procede a simular la señal del sensor MAF, cuya señal original es de forma logarítmica, con una restricción, como el valor de entrada es la señal del sensor de mariposa, que es el que controla el ingreso de aire en el conducto de admisión, y cuyo valor es menor que 1 por lo que el cálculo daría negativo, por eso previamente se añade un valor mayor que 1 y finalmente se multiplica por una constante de manera que el resultado es muy aproximado al valor teórico, por lo que la fórmula queda de la siguiente manera:

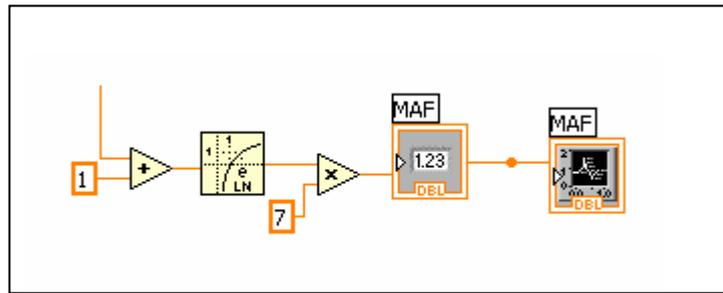


Fig. 3.15 Fórmula para simular señal del sensor de MAF. (LabVIEW®)

La forma de la señal simulada queda de la siguiente forma:

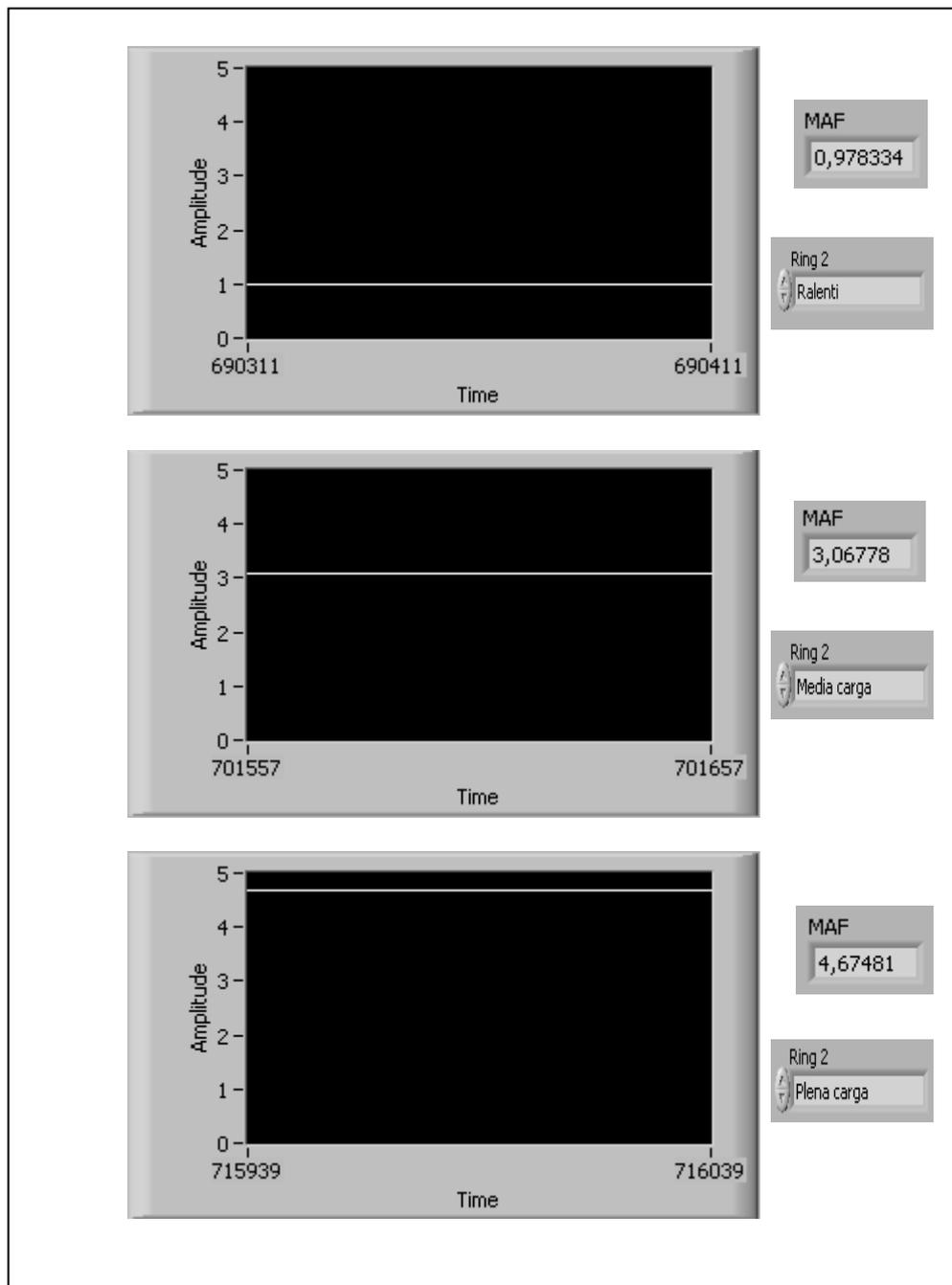


Fig. 3.16 Valores de la señal simulada del sensor de MAF. (LabVIEW®)

3.2.1.5 Señal del Sensor MAP.

El siguiente sensor es el MAP cuya señal es muy sencilla ya que es aproximada a la señal del acelerador, es decir es de forma lineal con una pequeña variación que es menor en 0,25.

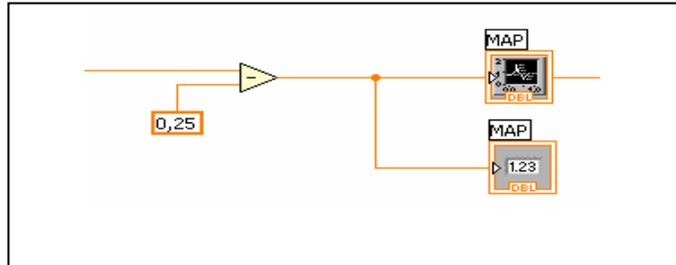


Fig. 3.17 Fórmula para simular señal del sensor de MAP. (LabVIEW®)

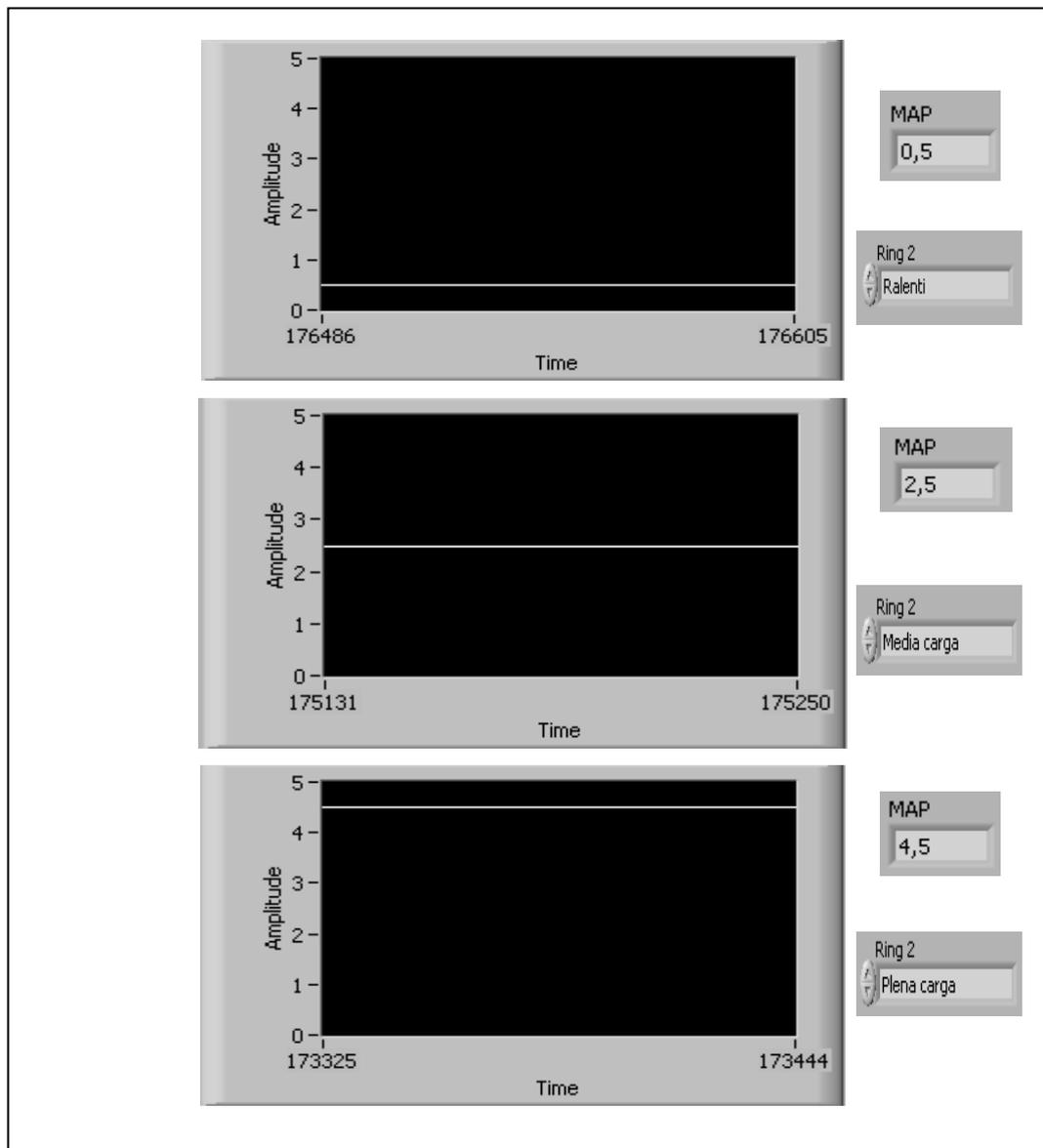


Fig. 3.18 Valores de la señal simulada del sensor de MAP.

(LabVIEW®)

3.2.1.6 Señal del Sensor de Temperatura del Refrigerante.

A continuación se simulará la señal del sensor de temperatura CTS que no es mas que un termistor o NTC, por lo que el circuito a aplicar es un partidor de tensión: $V_s = V_a(R_t/R_t+R)$ donde V_a es el voltaje de alimentación (5 volts), R_t la resistencia que varia con la temperatura y R la resistencia del partidor que es constante, por lo que la fórmula queda de la siguiente forma:

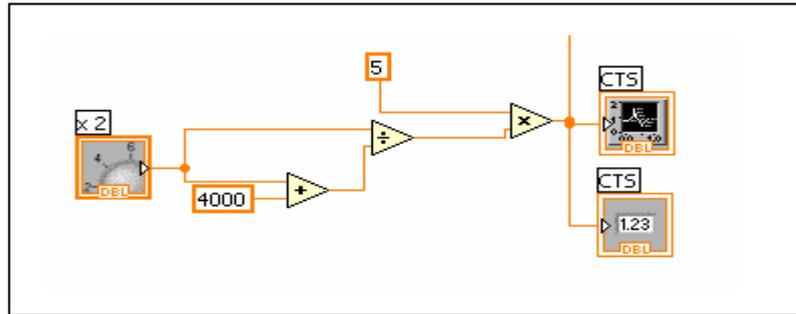


Fig. 3.19 Fórmula para simular señal de temperatura del motor. (LabVIEW®)

En la figura anterior se utilizaron herramientas para el cálculo numérico propias de las librerías de **LabVIEW®** y como controlador de la señal una perilla que simula la variación de la resistencia de acuerdo a como varia la resistencia, cabe recalcar que este sensor es de coeficiente negativo, por lo que a mayor temperatura menor resistencia, quedando la señal de la siguiente forma para un rango máximo y mínimo.

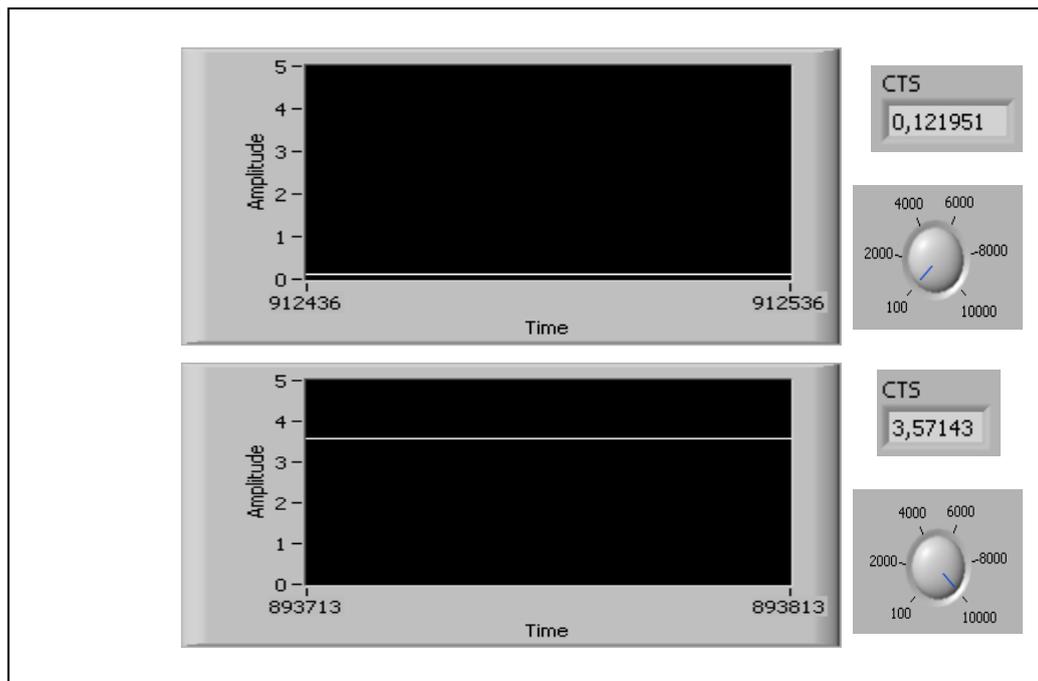


Fig. 3.20 Valores de la señal simulada del sensor de temperatura del motor. (LabVIEW®)

Se debe acotar que para poder simular el siguiente sensor, se tomará en cuenta la señal del sensor de temperatura de aire de escape que es el que permitirá utilizar la Sonda Lambda, este sensor es similar a una PT1000 pero su interfase es la misma utilizada para el NTC, es decir un partidor de tensión.

3.2.1.7 Señal de la Sonda Lambda.

La siguiente señal que se va a simular es la de la Sonda Lambda, pero antes se tiene que realizar una restricción, ya que este sensor entra en funcionamiento luego de que se ha sobrepasado una temperatura de 350 grados centígrados, para esto se utiliza el valor obtenido del sensor de temperatura de aire de escape y una estructura case pero de tipo booleano es decir verdadero o falso, lo que se hace es comparar el valor de la resistencia de sensor que no es más que una PT100 con una constante, en este caso con aproximadamente 50000 que es la resistencia equivalente a 350 grados, cuando la temperatura es mayor que 350 grados funciona la Sonda Lambda, esto quiere decir que la resistencia debe ser mayor que 50000 y funciona el case true, si es menor que 350 grados la resistencia es menor que 50000 por lo que la Sonda Lambda no visualiza ningún valor:

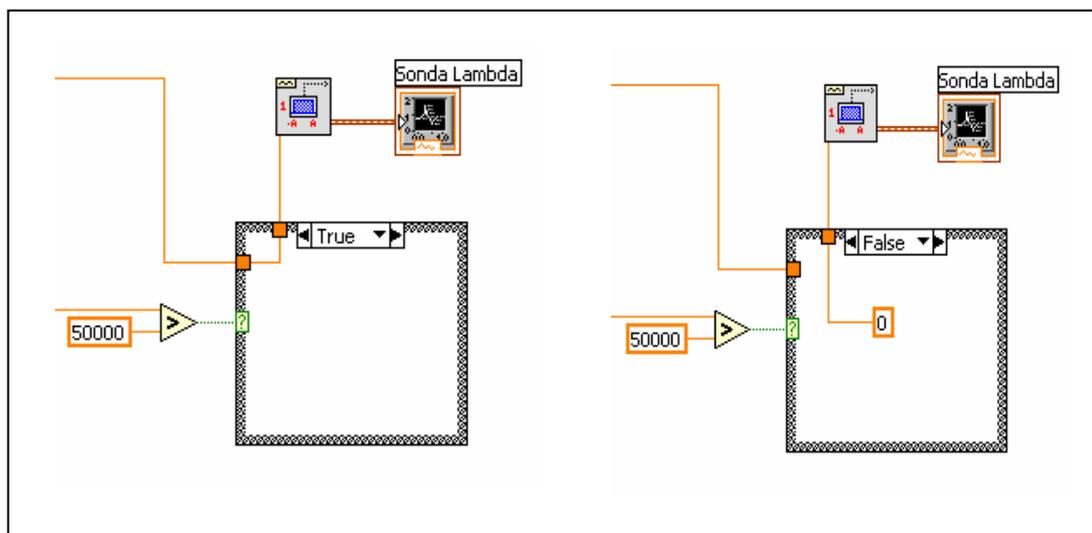


Fig. 3.21 Fórmula para simular señal de sonda Lambda. (LabVIEW®)

Ahora la señal de la Sonda Lambda no es más que un ruido aleatorio, pero que da a conocer la cantidad de aire gasolina que contiene la mezcla, por eso se ha decidido que el control de estos parámetros los realice el usuario de acuerdo a su

conveniencia, el cual afectara directamente al Tiempo de Inyección, quedando el control de la siguiente manera:

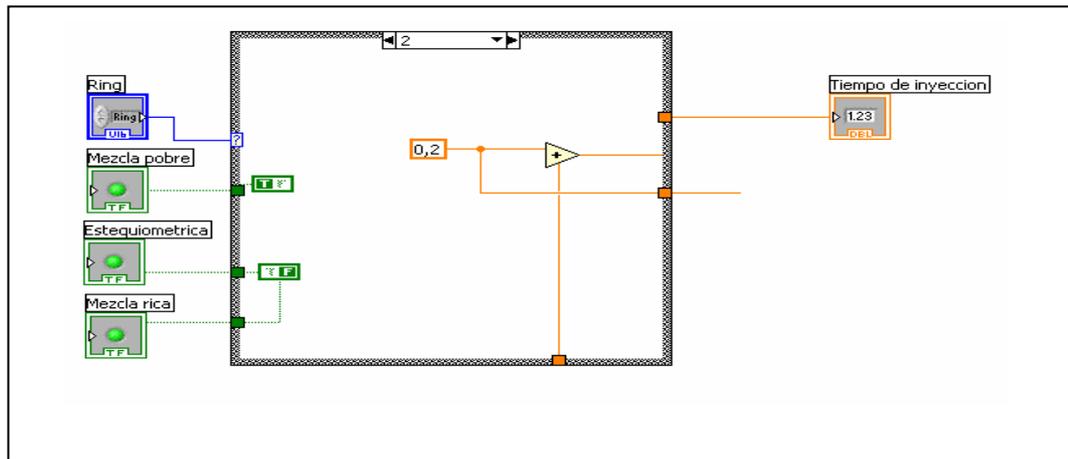


Fig. 3.22 Estructura case para el control del tipo de mezcla.

(LabVIEW®)

En la figura anterior se puede notar que para el control se utilizaron una estructura case con un control de tipo numérico y los leds indicativos respectivos. Consecuentemente se obtiene la señal simulada de la Sonda Lambda para una señal de pedal acelerador a media carga y controlando el rango de mezcla de 3 casos: estequiométrico, mezcla pobre y mezcla rica, obteniendo las siguientes señales:

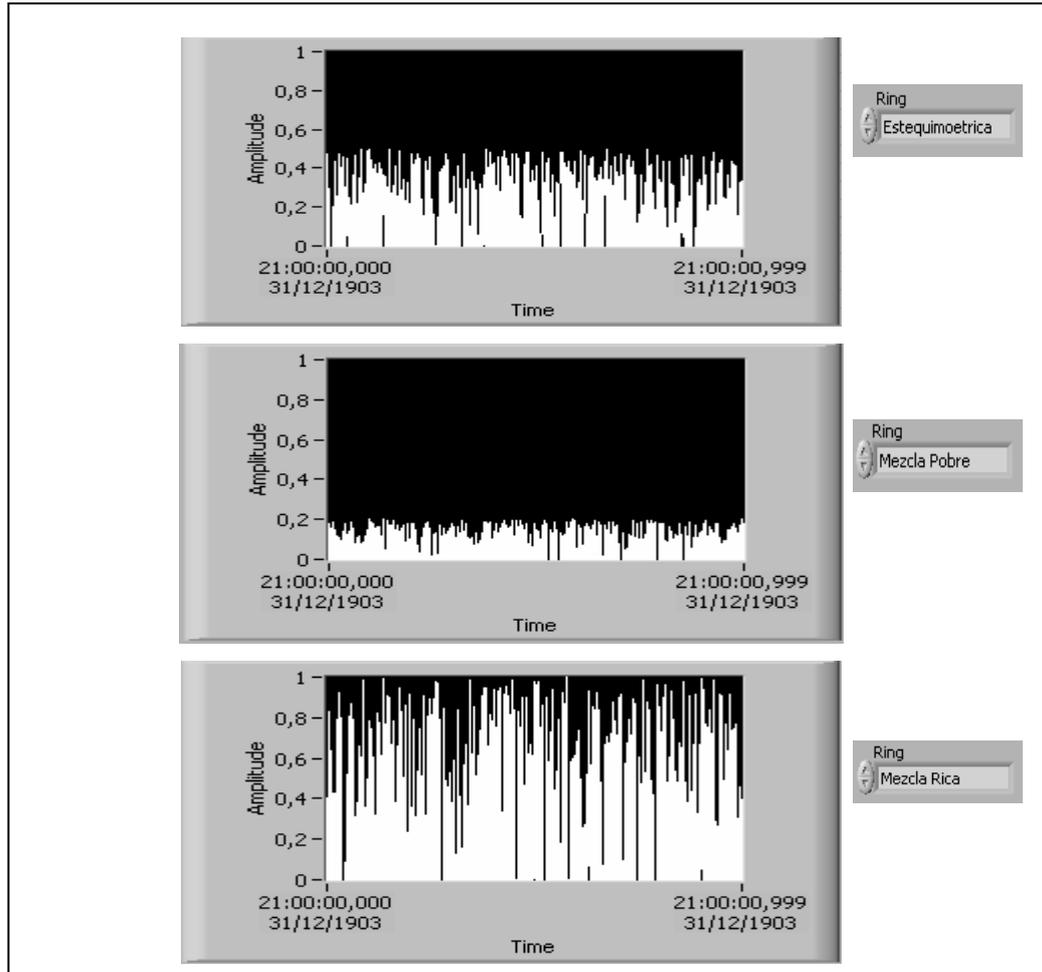


Fig. 3.23 Valores de la señal simulada del sensor de sonda Lambda. (LabVIEW®)

3.3 Aplicación de la fórmula para el cálculo del Tiempo de Inyección.

Una vez obtenida la señal simulada de todos los sensores que intervienen en el cálculo del Tiempo de Inyección, se procede a aplicar la fórmula:

En el primer caso se aplica la fórmula para la utilización del sensor MAP:

$$\text{MAP: CTS} + [(\text{MAP} + \text{RPM}) \times \text{VE}] + \text{TPS} \pm \text{O}_2.$$

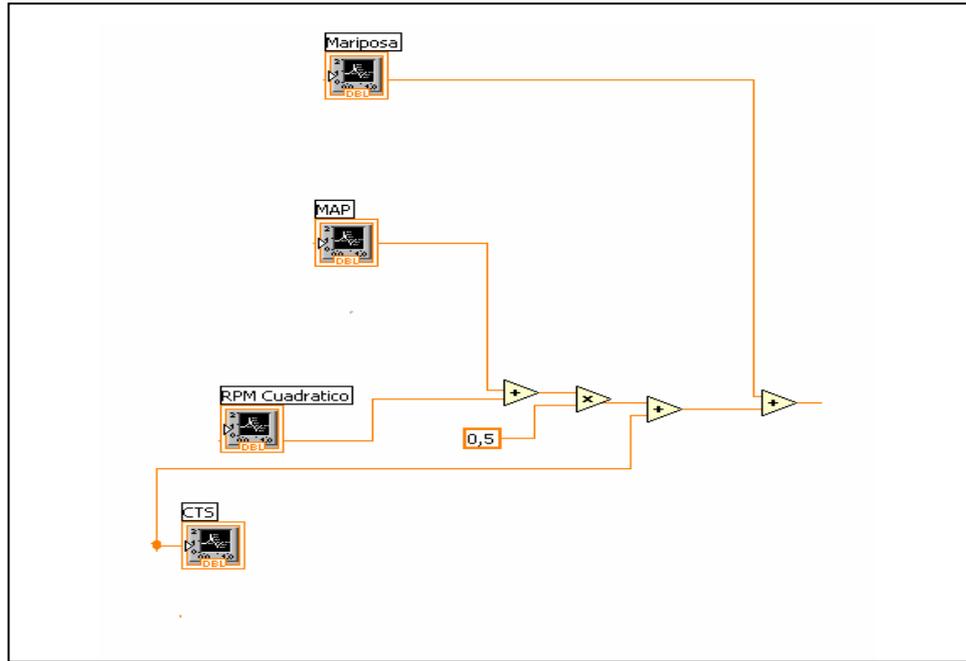


Fig. 3.24 Fórmula que simula el cálculo del Tiempo de Inyección por MAP. (LabVIEW®)

Aquí se nota claramente la intervención de los sensores, primeramente la suma del Sensor MAP con el Sensor de Revoluciones, ambos multiplicados por la Eficiencia Volumétrica (VE) cuyo valor estándar es de 0,5, este producto se le añade el valor de los sensores CTS y el Sensor de Mariposa (TPS); además a este resultado se la añade o sustrae el valor de la Sonda Lambda, cuyo valor varia de acuerdo a la mezcla que el usuario elija en el menú, tal como se describe en el ítem 3.2.1.7.

Ahora se realiza el mismo procedimiento pero para la fórmula que utiliza el sensor MAF:

$$\text{MAF: CTS} + \text{MAF} + \text{TPS} \pm \text{O}_2.$$

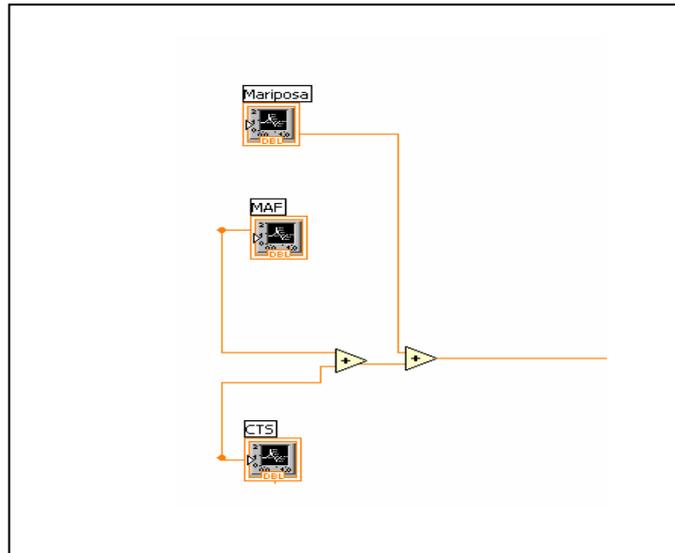


Fig. 3.25 Fórmula que simula el cálculo del Tiempo de Inyección por MAF. (LabVIEW®)

Al igual que la fórmula anterior las señales simuladas se suman y al final se la añade o sustrae el valor de la sonda lambda de acuerdo a los requerimientos el usuario.

3.3.1 Graficación y simulación de los valores obtenidos.

Una vez aplicada la fórmula se puede ver los resultados obtenidos, los datos a visualizar están restringidos al funcionamiento de dos parámetros como son la posición del pedal del acelerador: ralentí, media carga y plena carga y el tipo de mezcla (mezcla estequiométrica), datos que son modificados por el usuario y que determinan el Tiempo y Pulso de Inyección, aquí los resultados:

- Sensor MAP:



Fig. 3.26 Valores obtenidos para el Tiempo de Inyección (Sensor MAP). (LabVIEW®)

- Sensor MAF:



Fig. 3.27 Valores obtenidos para el Tiempo de Inyección (Sensor MAF). (LabVIEW®)

3.3.2 Simulación del Pulso de Inyección.

Para esta simulación primeramente se rectifica la señal del sensor RPM de manera que se obtengan valores solo positivos de la señal, luego se procede a realizar un bucle (loop) el mismo que se encarga de detectar el pico de la señal RPM que determina el PMS, esto se realiza por medio de un elemento llamado peak detector, una vez detectado el pico se procede a encender los leds los cuales se iluminan en un

tiempo dado, el mismo que es el valor del Tiempo de Inyección calculado anteriormente, el valor de la intermitencia de los leds viene dado por la posición del acelerador, ya que si se acelera a fondo el Tiempo de Inyección aumenta pero el tiempo entre pulsos disminuye, mientras que en ralentí el Tiempo de Inyección disminuye pero el tiempo entre pulsos aumenta; Para la visualización del pulso se realizo una pequeña animación en el Panel Frontal.

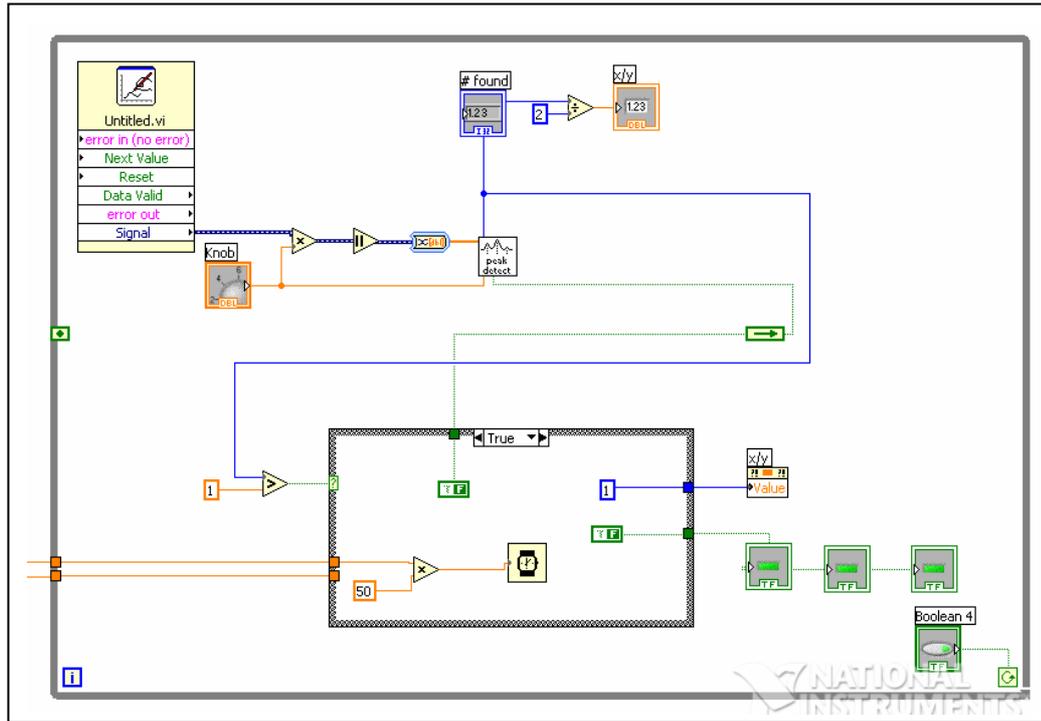


Fig. 3.28 Fórmula para la simulación del Pulso de Inyección. (LabVIEW®)

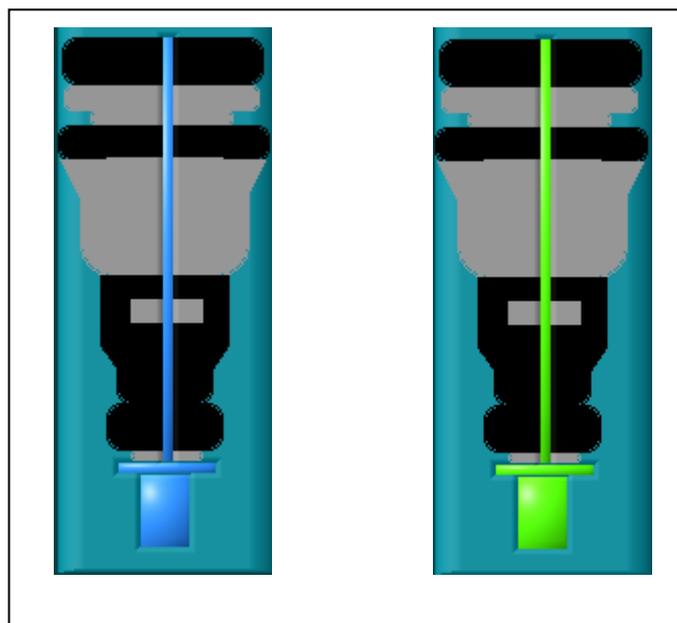


Fig. 3.29 Inyector simulado. (LabVIEW®)

3.4 Puesta a punto y presentación del Instrumento Virtual.

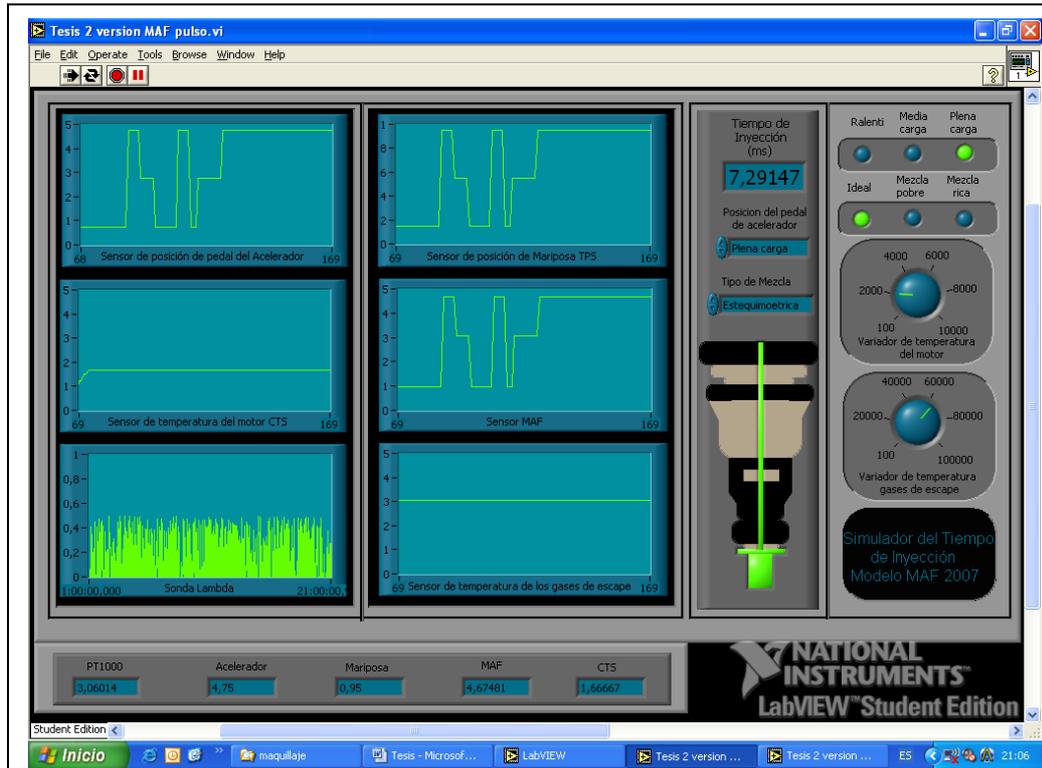


Fig 3.30 Panel Frontal terminado (Sensor MAF).

(LabVIEW®)

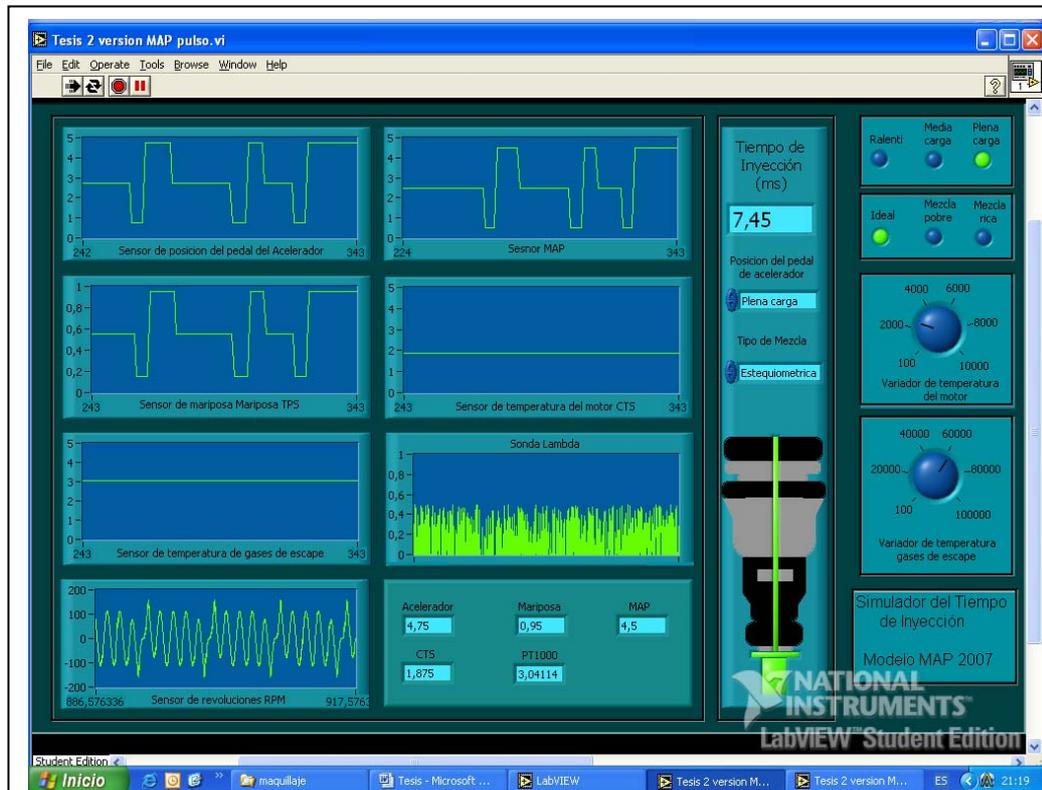


Fig 3.31 Panel Frontal terminado (Sensor MAP).

(LabVIEW®)

CONCLUSIONES

Luego de la investigación realizada, mediante la cual se obtuvo los conocimientos básicos sobre el Sistema de Inyección del automóvil, los sensores que intervienen en este sistema y como se puede calcular el Tiempo de Inyección, se procedió a ejecutar el código de programación que permite simular el cálculo del Tiempo de Inyección, por lo cual se concluye que se cumplió con el objetivo principal de esta tesis monográfica que es “Realizar el diseño de un instrumento virtual que permita simular el cálculo del Tiempo de Inyección Específico”.

Se llegó a determinar valores del Tiempo de Inyección para posiciones del pedal del acelerador en ralentí, media carga y plena carga, además este tiempo varía de acuerdo al tipo de mezcla, que es modificada por el usuario, y que son 3 tipos: estequiométrica, mezcla rica y mezcla pobre. Cabe recalcar que otro de los sensores que el usuario puede modificar para visualizar la variación de este tiempo, es el sensor de temperatura, el cual a su vez restringe el funcionamiento de la sonda lambda y el tipo de mezcla.

Este Instrumento virtual permite visualizar el Tiempo de Inyección calculado en tiempo real, tanto para el Sensor MAP o para Sensor MAF, ver sus variaciones de acuerdo a los cambios efectuados, modificar la señal de los sensores simulados, observar las transiciones que sufren estos, además se visualiza el Pulso de Inyección el momento que ocurre y cuanto dura, todo esto con el fin de ilustrar al usuario como funciona el Tiempo de Inyección de una forma clara y demostrativa. Vale acotar lo importante de este instrumento ya que le permite a la persona interactuar con los procedimientos de un Sistema de Inyección el cual otorga valores muy aproximados a los existentes en un automotor real.

Se añade también las restricciones que tiene este sistema ya que no intervienen algunos sensores que normalmente están presentes en este cálculo, tal es el caso de sensores o valores como la temperatura del aire aspirado o la recirculación de gases de escape EGR, estos son valores de muy poca jerarquía en el cálculo del Tiempo de Inyección por lo que pueden ser omitidos.

Como conclusión final se asienta que se cumplió con todos los objetivos específicos al momento de realizar con éxito esta tesis monográfica, los cuales determinan como se realizó el objetivo principal efectuado también satisfactoriamente, el mismo que se comprueba observando el buen funcionamiento y desenvolvimiento del instrumento virtual que simula el cálculo del Tiempo de Inyección Específico.

RECOMENDACIONES

No esta de más recalcar que para el buen desarrollo de esta tesis se contó con una excelente bibliografía las cuales no están muy al alcance de los estudiantes, pero se las puede obtener ya sea vía Internet o internacionalmente.

También se debe acotar que fue de gran ayuda los conocimientos obtenidos previamente en el curso de mecánica automotriz realizado en la Universidad del Azuay y el curso de grado realizado en la UBA de la ciudad de Buenos Aires.

Por ultimo, es incondicional tener conocimientos no solo básicos, si no también técnicos de ingles; el dominar este idioma facilitara un mejor y ágil manejo de **LabVIEW®**, ya que este lenguaje de programación y su información están totalmente en este idioma.

BIBLIOGRAFIA

BOSCH. Robert. “Gestión de los motores a gasolina”. Alemania. Robert Bosch 2002. 215 pag.

BOSCH. Robert. “Los Sensores en el automóvil”. Alemania. Robert Bosch 2002. 144 pag.

ERRAZQUIN. Jorge. “Sistemas de Inyección de nafta”. Argentina. UBA. 2006.

ERRAZQUIN. Jorge. “Sensores en motors alternativos”. Argentina. UBA. 2006.

© NATIONAL INSTRUMENTS CORPORATION. “LabVIEW 7.1 Student Edition”. U.S.A. 2001 - 2004.

ZAMBRANO. Daniel. “Sensores Mecanicos”. Argentina. UBA. 2006.

www.autoglobal.com [2006]

www.autotecnica.com [2006]

www.bosch.com [2006]

www.elmotor.net [2005]

www.mecanicavirtual.com [2006]

www.redtecnicautomotriz.com [2002]