

## **DESEMPEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE UN MÓDULO DE CONTROL PARA INYECCIÓN Y ENCENDIDO DE UNA MOTOCICLETA DE 200CC**

### **ELECTRICAL AND ELECTRONIC PERFORMANCE OF A CONTROL MODULE FOR INJECTION AND IGNITION OF A 200CC MOTORCYCLE**

Erazo Laverde Washigton German<sup>1</sup>, López Barberán René Fernando<sup>2</sup>, Lozada Pilco Jonathan Samuel<sup>3</sup>, Alex Javier Ramos Jinez<sup>4</sup>  
<sup>5</sup>José Quiroz Erazo

<sup>1,2,4,5</sup> Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Quijano y Ordoñez y Marques de Maenza s/n <sup>3</sup> Americantruck Quito

e – mail : <sup>1</sup>wgerazo@espe.edu.ec, <sup>2</sup>rflopez@espe.edu.ec, <sup>3</sup>jhon.lozada@americantruckecuador.com, <sup>4</sup>ajramos@espe.edu.ec <sup>5</sup>jlquiroz@espe.edu.ec

*Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro VI Edición 2017, No.1 (19)*

#### **Resumen**

La investigación describe los tipos de estrategias de inyección que existen y su implementación en una motocicleta y optimizar el método el método para el encendido de la mezcla aire-combustible y la forma típica de las curvas de avance en los sistemas de descarga capacitiva usando microcontroladores. Se guía en el diseño del módulo de control de encendido, dando una descripción del mismo. Se establecen los criterios de selección para el método de inyección más adecuado al tipo de motor utilizado en base al análisis de señales provenientes de los distintos sensores y se valida en cada sección de circuito del módulo, tomando las formas de onda obtenidas con el osciloscopio y comparando las mismas con las formas de onda esperadas de cada una.

#### **Palabras Clave:**

Oscilograma inyección, avance al encendido, módulo inyección.

#### **Abstract**

The research describes the types of injection strategies that exist and their implementation in two-wheeled vehicles such as motorcycles and scooters, as well as the most usual method for igniting the air-fuel mixture and the typical form of the forward curves In capacitive discharge systems using microcontrollers. In addition to a design guide for the ignition control module, giving a description of the general circuit of the same. It also establishes the criteria of the selection for the most convenient injection method the type of motor used in the base analysis of signals coming from the various sensors and the means of the same method is validated each section of circuit of the module, taking Into account the forms Obtained with the oscilloscope and comparing them with the expected forms of each.

#### **Keywords:**

Injection oscillograms, advance to ignition, module of injection.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de alimentación y encendido, dentro del ámbito de las motocicletas, se ha mantenido casi sin variaciones dentro del mercado local por lo que los sistemas de carburación continúan siendo casi absolutamente el único sistema de alimentación disponible para este tipo de medio de transporte. Debido a esto, en combinación con las normativas ambientales y la demanda de los usuarios por sistemas con mejores características en desempeño, es necesaria la implementación de un nuevo sistema de alimentación y encendido que permita obtener mejoras en las características de potencia y torque, además de mejorar el consumo y reducir las emisiones contaminantes.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Método de inyección

En general las motocicletas utilizan dos tipos de estrategias de inyección denominadas Alfa-N y Velocidad-Densidad, las cuales se diferencian por la forma en que se determina la cantidad de aire que ingresa al cilindro y por lo tanto en la forma de cálculo del pulso de inyección. [1]

El sistema velocidad-densidad utiliza mediciones de variación de caudal de aire por medio de la variación de presión absoluta a través del MAP (sensor de presión de la admisión), sin embargo el bajo cilindraje del motor y la baja sensibilidad del sensor a cambios menores no permiten su uso en la motocicleta. [2]

El sistema alfa-N estima la cantidad de aire que ingresa en base a la velocidad de giro del motor y con ese resultado incrementa el pulso de inyección basándose en la posición del acelerador que determina el TPS (Sensor de posición del acelerador). [3]

Esta estimación hace que esta estrategia sea la menos utilizada en motores de mayor cilindraje, puesto que no permite tener mezclas estequiométrica en todas las condiciones de operación, sin embargo, es ampliamente utilizada en motores de bajo cilindraje debido que el uso del sensor de presión de admisión (MAP) no resulta adecuado y la implementación de un sensor de flujo de aire de admisión (MAF)

elevaría demasiado los costos produciendo un decremento sustancial de la rentabilidad y viabilidad del sistema de inyección. [4]

Ambos sistemas se realizan pruebas para validar el comportamiento y determinar la mejor estrategia de inyección.

### Adelanto al encendido

Los sistemas de encendido en motores pequeños se limitan, casi en su totalidad, al uso de sistemas de descarga capacitiva, por lo que en motocicletas es el método más utilizado. [5]

Debido a que la velocidad del pistón es variable y está ligada al régimen de funcionamiento del motor, y que además la velocidad de propagación de la llama en la combustión es casi constante, es necesario que el encendido de la chispa se adelante según dicho régimen. [6]

La eficiencia del motor y la cantidad de emisiones están directamente ligadas con el correcto avance al encendido por lo cual es uno de los parámetros clave a tomar en cuenta en la mejora de sistemas de encendido tanto para la mejora del desempeño como para la reducción de emisiones en correspondencia con las estrictas normativas medioambientales modernas.

El uso de microcontroladores en el control del avance ha permitido un incremento de la precisión de los puntos de disparo y la variedad de la forma de la curva de avance, necesitando únicamente señales del CKP o pulser para la referencia de disparo y el cálculo de los tiempos de retraso. Como se muestra en la Figura 1. [7]

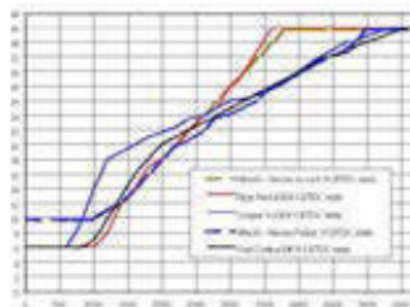


Figura 1. Curvas típicas de avance al encendido en motores de 4 tiempos.

Fuente: (Chichak, 2002).

### Módulo de control

El diseño del módulo de control se realiza por etapas siguiendo el siguiente procedimiento:

- Determinación de parámetros iniciales.
- Voltajes, corrientes, formas de onda y temperaturas de operación.
- Diseño del driver de inyección.
- Diseño del CDI.
- Diseño del acondicionamiento de señales.
- Diseño de la fuente de alimentación.

Con el diseño de cada sección y la selección de los componentes se establece un diagrama general de funcionamiento, mostrado en la figura 2.

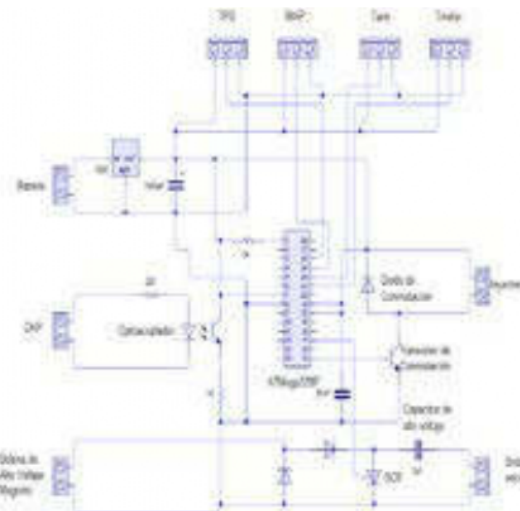


Figura 2: Diagrama de circuito del módulo de control.

En base al circuito de diseño se puede se diseñar y fabricar la PCB para su implementación en la motocicleta. En la figura 3 se muestra el negativo del diseño.

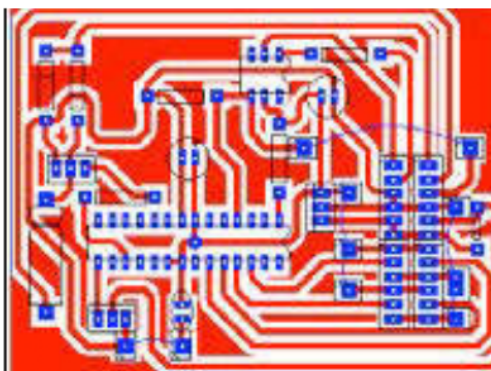


Figura 3. Negativo de la PCB.

En la figura 4 se puede apreciar el circuito electrónico completamente terminado, con todos sus componentes montados.



Figura 4. Módulo electrónico terminado.

El módulo se conecta con la motocicleta por medio de terminales tipo socket que tienen puertos de entrada y salida para cada elemento del sistema, como se indica en la figura 5.

CKP	Señal +	○	○	HV in	Magneto
	Señal -	○	○	Bobina encendido	
Batería	GND	○	○	Tacómetro	Inyector
	GND	○	○	GND	
	+12V	○	○	Driver inyector	
	+12V	○	○	+12V	
TPS	+5V	○	○	+5V	Temperatura mot
	Señal	○	○	Señal	
	GND	○	○	GND	
MAP	+5V	○	○	+5V	Temperatura aire
	Señal	○	○	Señal	
	GND	○	○	GND	

Figura 5. Pines de conexión módulo de control.

### Prueba de estrategias de inyección

Una vez montado el sistema se realiza las pruebas de operación obteniendo las señales de cada elemento utilizando un osciloscopio.

Para la estrategia por velocidad-densidad se tienen las siguientes señales tomadas a ralentí:

En la figura 6 se puede apreciar los pulsos de inyección en color rosa y los pulsos de encendido en color azul.

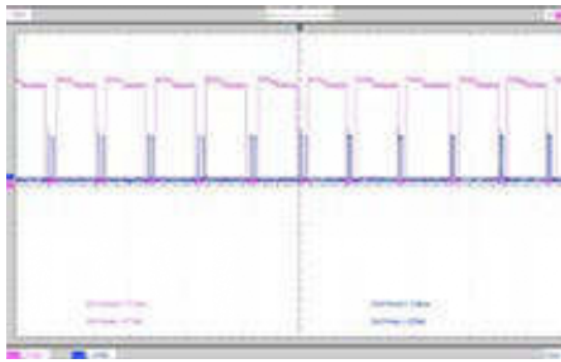


Figura 6. Pulsos de inyección en rosa y encendido en azul.

Como se aprecia en la figura 7, la señal del MAP varía únicamente cuando abre la válvula de admisión, por lo que no se registra valores aceptables de cambio en el flujo de admisión lo cual repercute en el cálculo del ancho de pulso no permitiendo que exista un incremento del mismo resultando una pobre variación en la aceleración del motor impidiendo su funcionamiento normal.

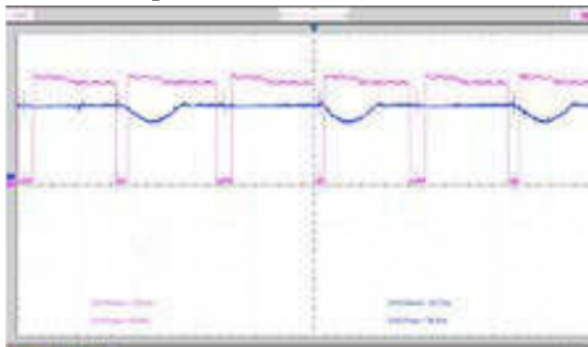


Figura 7. Pulsos de inyección en rosa y señal del MAP en azul.

Para la estrategia por Alfa-N se tienen las siguientes señales tomadas a ralentí:

Se puede apreciar en la figura 8, a los pulsos de inyección en color rosa y los de encendido en color azul.

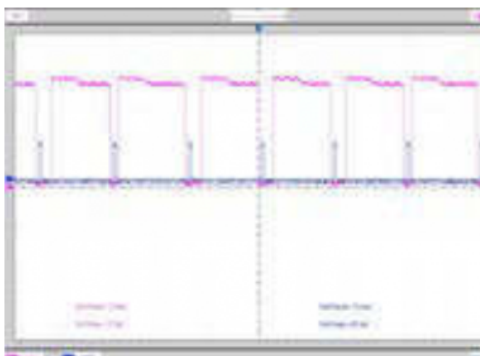


Figura 8. Pulsos de inyección en rosa y de encendido en azul.

Como se puede apreciar, se tiene un mayor pulso de inyección a ralentí con el método de alfa-N el cual responde a las necesidades del motor permitiendo que acelere como se muestra en la figura 9:

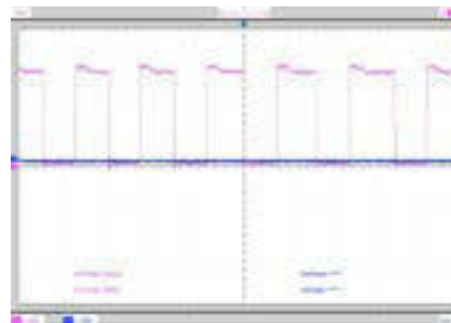


Figura 9. Ancho de pulso de inyección a altas RPM.

Esto indica que la estrategia más adecuada a utilizar en el caso de un motor de motocicleta de bajo cilindraje es la de inyección por Alfa-N.

### Toma de señales de componentes

Para validar todo el módulo se evalúa las ondas provenientes de cada uno de los componentes del módulo para determinar su correcto funcionamiento.

Se inicia evaluando las señales de alimentación, mostrada en la figura 10.

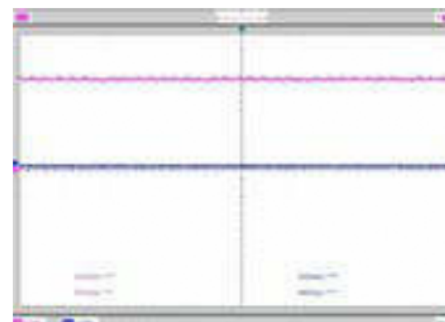


Figura 10. Señal de alimentación al módulo de 12V.

El módulo también dispone de una señal regulada de 5V, como indica la figura 11.

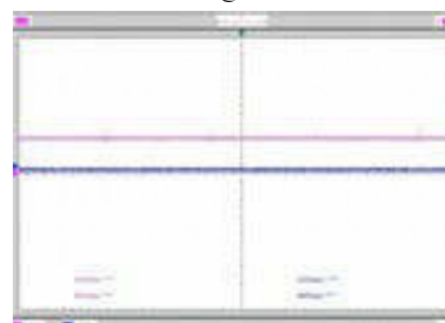


Figura 11. Señal regulada de 5V.

Se puede apreciar que la señal de alimentación de 12V contiene un rizo importante que puede introducir ruido al sistema; sin embargo la señal de salida de 5V elimina casi por completo el rizo y la posibilidad de mal funcionamiento ocasionado por ruido.

La siguiente onda en analizar es la del CKP que sirve como referencia de disparo y para calcular las RPM del motor.

En la figura 12 se puede apreciar la señal del sensor de posición de cigüeñal (CKP) sin acondicionamiento.

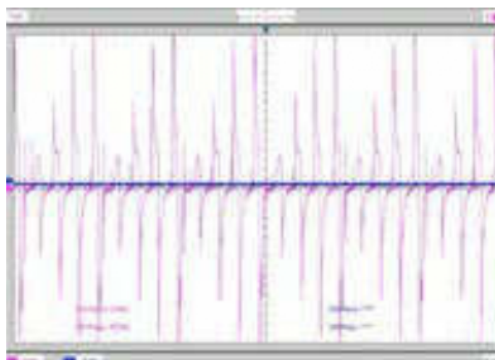


Figura 12. Señal del CKP sin acondicionar.

En la figura 13 se muestra la señal acondicionada del sensor de posición del cigüeñal (CKP).

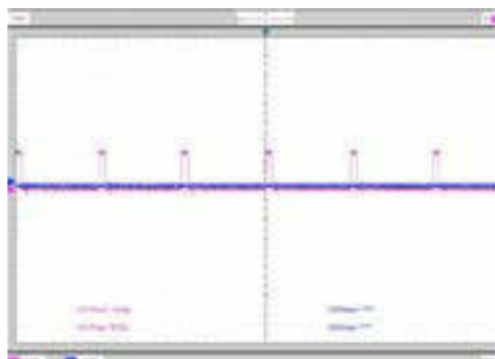


Figura 13. Señal acondicionada del CKP.

La señal suministrada por el sensor de posición del cigüeñal (CKP) es de tipo alterno con picos de aproximadamente 15V en ciclo positivo y negativo, por lo se acondiciona para ingresar al microcontrolador dejándola en un tren de pulsos de 5V positivos.

En la figura 14 se evalúa la señal del sensor de posición del acelerador (TPS) y se determina que varía de forma proporcional al movimiento del acelerador entre 0.5V y 4.5V.

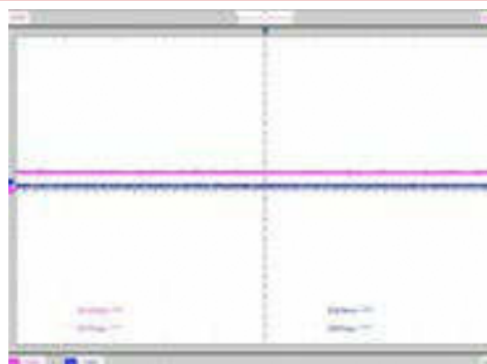


Figura 14. Señal de salida del TPS.

### 3. RESULTADO Y DISCUSIÓN

Análisis del comportamiento de la chispa en la bujía.

Se obtuvo los oscilogramas correspondientes, con la ayuda de una pinza amperimétrica y un oscilograma, tanto del sistema de encendido CDI original de la motocicleta y el sistema de encendido modificado del módulo de control electrónico.

En la tabla 1 se muestra los datos iniciales del comportamiento del sistema.

Tabla 1 Datos previos medidos para la obtención de los oscilogramas de bujía.

Descripción	Valor
Pinza amperimétrica	100mV/A
Bobina encendido secundario	6.1kΩ

Se obtuvo el siguiente oscilograma de la bujía mediante una pinza amperimétrica, en la figura 15:

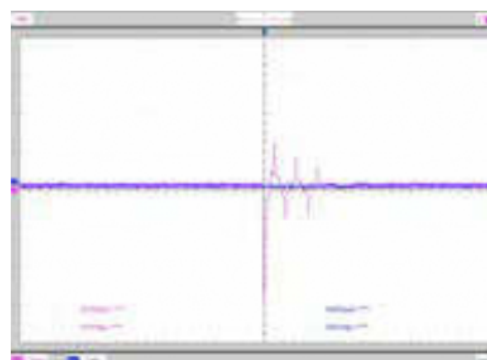


Figura 15. Oscilograma bujía CDI original.

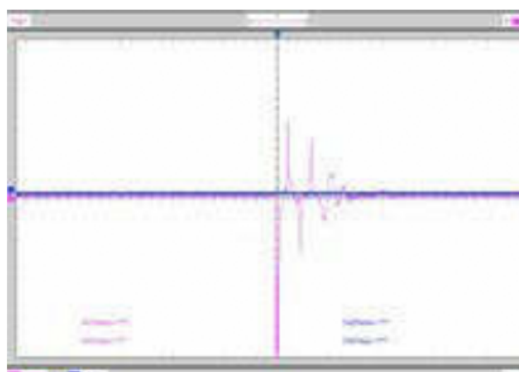
Mediante la forma de ondas se pudieron obtener los valores en la tabla 2, para poder conocer el desempeño de la chispa de la bujía.

**Tabla 2** Valores obtenidos en el oscilograma del cdi original.

Descripción	Valor
Voltaje máximo (kV):	18.3
Voltaje mínimo (kV):	3.05
Corriente máxima (A):	3
Corriente mínima (A):	0.5
Angulo (°):	1.728

Chispa de bujía con el sistema de encendido modificado del módulo de control de inyección electrónica.

Se instaló el módulo de encendido inyección y encendido electrónico para obtener el siguiente oscilograma de la bujía mediante la pinza amperimétrica, una característica de la pinza nos permitió determinar el amperaje mediante la siguiente relación 1A/100mV, en la figura 16:



**Figura 16.** Oscilograma bujía sistema de encendido modificado.

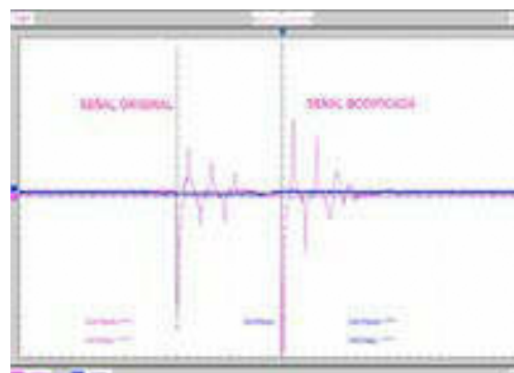
Con la forma de obtenida con el sistema instalado se pudo obtener los datos en la tabla 3, la cual nos ayuda a determinar nuevo comportamiento de la chispa de bujía.

**Tabla 3.** Valores obtenidos en el oscilograma del módulo de inyección y encendido electrónico.

Descripción	Valor
Voltaje máximo (kV):	24.4
Voltaje mínimo (kV):	4.27
Corriente máxima (A):	4
Corriente mínima (A):	0.70
Angulo (°):	2.016

Comparación de datos obtenidos de la chispa de la bujía, con el CDI original y el módulo de encendido electrónico.

Se obtuvo los datos necesarios de los oscilogramas para elaborar el análisis estadístico del comportamiento de la chispa de la bujía con el CDI y el módulo de inyección y encendido electrónico, mostrado en la figura 17:



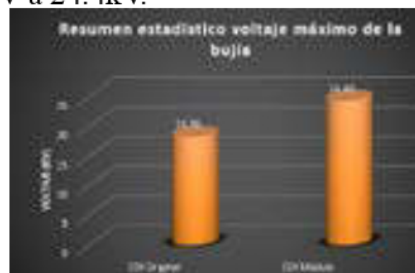
**Figura 17.** Comparación de oscilogramas de la chispa de bujía.

En la tabla 4 se puede observar la variación que existe en los diferentes valores obtenidos, se nota un aumento con el módulo de inyección y encendido instalado; respecto al sistema de encendido original de la motocicleta

**Tabla 4.** Comparación datos obtenidos chispa de bujía.

Valores	V. max. (kV)	V. mín. (kV)	C. máx. (A)	C. mín. (A)	Angulo encendido (°)
Osci. Original	18.3	3.05	3	0.5	1.728
Osci. Modif.	24.4	4.27	4	0.7	2.016
Valor máx. total	24.4	4.27	4	0.7	2.016
Promedio	21.35	3.66	3.5	0.6	1.872
Porctj. de variación	25%	29%	25%	29%	14%

En la figura 18, se muestran que los valores de voltajes máximos aumentan en un 25%; de 18.30kV a 24.4kV.



**Figura 18.** Resumen estadístico del voltaje máximo de la bujía.

En cambio, los valores de voltajes mínimos aumentan en un 29%; de 3.05kV a 4.27Kv, como se aprecia en la figura 19.

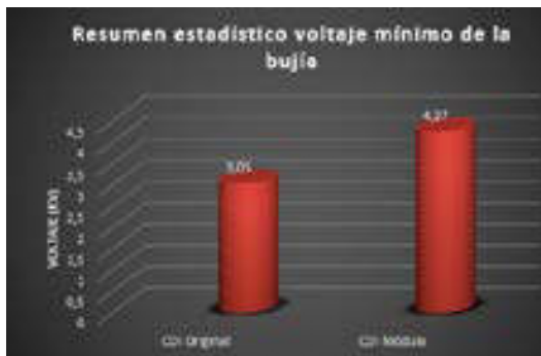


Figura 19. Resumen estadístico del voltaje mínimo de la bujía.

También podemos observar el mismo comportamiento en la corriente máxima y mínima ya que esta depende directamente del voltaje.

En la figura 20, podemos apreciar que la corriente máxima tiene un aumento del 25%, con respecto al sistema original.

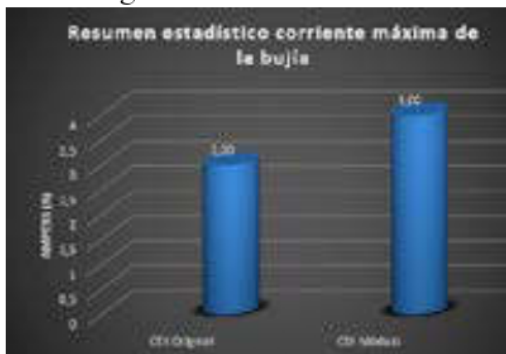


Figura 20. Resumen estadístico de corriente máxima de la bujía.

Así mismo en la corriente mínima existe un aumento del 29% con respecto al sistema original, como se puede apreciar en la figura 21.

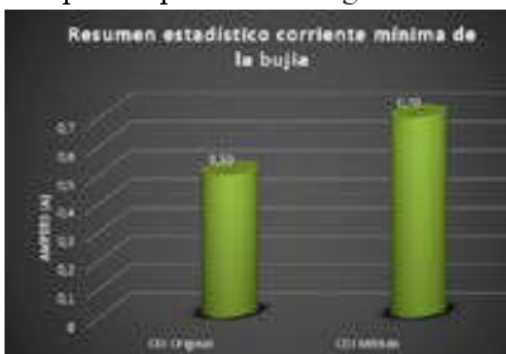


Figura 21. Resumen estadístico de corriente mínima de la bujía.

Podemos apreciar un aumento del 14% en el ángulo de encendido, que va de 1.728° a 2.016°, permitiendo que la chispa de la bujía este activa por mucho más tiempo generando mayor combustión, se puede observar en la figura 22.

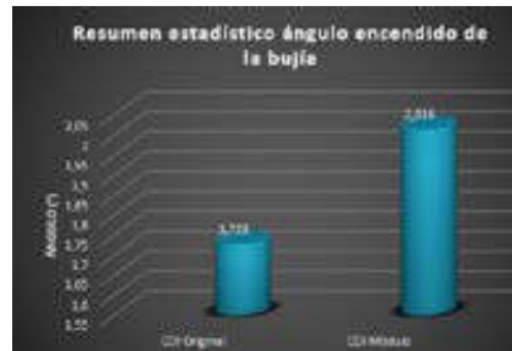


Figura 22. Resumen estadístico del ángulo de encendido de la bujía.

#### 4. CONCLUSIONES

La selección de componentes de cada sección del circuito se efectuó tomando en cuenta no sólo los voltajes y corrientes que pueden manejar sino también tomando en función a su desempeño eléctrico en términos de velocidad de respuesta y temperatura de trabajo.

En base a los parámetros iniciales se llevó a cabo el diseño del acondicionador de la señal de entrada proveniente del CKP, para que la misma pueda ser leída correctamente por el microcontrolador, y de la fuente de alimentación de forma que esta pueda suplir las necesidades de corriente de cada sección del módulo.

El driver de encendido fue diseñado en función de los voltajes máximos que puede recibir el mismo, los cuales pueden llegar hasta cerca de 400V de corriente alterna, aislando esta sección del circuito de forma que pueda comunicarse con el microcontrolador y al mismo tiempo evite que tan alto voltaje alcance a estos otros elementos que no lo toleren.

#### 5. REFERENCIAS

[1] Armansyah, S. (Recuperado el: 28 de Diciembre de 2016). Binus ASO School of Engineering. Obtenido de <http://base.binus.ac.id/automotive-roboticsengineering/2016/12/28/air-fuel-ratio-in-internal-combustion-engine/>

- [2] Basshuysen, R. v., & Schäfer, F. (2004). Internal Combustion Engine Handbook - Basics, Components, Systems and Perspectives. Warrendale: SAE International.
- [3] Martín, T. (2012). How to Tune and Modify Motorcycle Engine Management Systems. Wisconsin: Motorbooks.
- [4] Wade, A. (2004). Motorcycle Fuel Injection Handbook. Motorbooks International.
- [5] Bremond, A., & Merceron, P. (2004). AN819 Application Note - Capacitive Discharge Ignition. Australia: STMicroelectronics.
- [6] Zareei, J., & Kakaee, A. H. (2013). Study and the effects of ignition timing on gasoline engine performance and emissions. Berlin: Springer.
- [7] Banish, G. (2007). Engine Management - Advanced Tuning. Minnesota: CarTech

automático industrial.



<sup>3</sup>**Jonathan Lozada Pilco**, nació en la ciudad de Quito-Ecuador. Ingeniero Automotriz Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga, Líder de garantías y servicio técnico en Americantruck.



<sup>4</sup>**Alex Javier Ramos Jinez**, nació en la ciudad de Ambato-Ecuador. Ingeniero Automotriz Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga, Docente a tiempo completo en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas.

<sup>5</sup>**Quiroz Erazo Jose Lizandro** Ingeniero Automotriz, Diplomado Superior en Autotrónica, Maestría en Gestión de Energías, Docente Tiempo Completo ESPE, Jefe de Laboratorio de Autotrónica.

## 6. BIOGRAFÍA



<sup>1</sup>**Germán Erazo Laverde** nació en Latacunga- Ecuador, es Ingeniero Automotriz, Ingeniero Industrial posee estudios de Posgrado en Autotrónica, Gerencia de Marketing, Especialista en Gerencia de Proyectos, Diseño Curricular, Magíster en Gestión de

Energías. Es Técnico Máster CISE Electronics en Electrónica del Automóvil y Vehículos Híbridos. Docente en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE desde 1993. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en Mecánica y electrónica automotriz.



<sup>2</sup>**Fernando López Barberán**, nació en la ciudad de Manabí-Ecuador. Ingeniero Automotriz Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga, Electromecánico, Diseñador y constructor de sistemas electrónicos para motocicletas,

Diseñador y modificador de motocicletas de competencia, Diseñador de sistemas de control