

## IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE EVENTOS TRANSITORIOS EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA MEDIANTE LA POSICIÓN DE CIGÜEÑAL Y ÁRBOL DE LEVAS, UTILIZANDO PROCESAMIENTO DE SEÑALES

### IDENTIFICATION AND ANALYSIS OF TRANSITIONAL EVENTS IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES THROUGH THE POSITION OF CRANKSHAFT AND CAMSHAFT, USING SIGNAL PROCESSING

Néstor Diego Rivera Campoverde<sup>1</sup>, Cristian Leonardo García García<sup>2</sup>, Paúl Andrés Molina Campoverde<sup>3</sup>, Ángel Geovanny Paucar Urdiales<sup>4</sup>, Cristian Paúl Calle Jara<sup>5</sup>, Darwin Gonzalo Vicuña Pacheco<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidad Politécnica Salesiana-Grupo de Investigación de Ingeniería del Transporte, Calle Vieja 1230 y Elia Llut nrivera@ups.edu.ec<sup>1</sup>, cgarciag@ups.edu.ec<sup>2</sup>, pmolinac1@ups.edu.ec<sup>3</sup>, apaucar@ups.edu.ec<sup>4</sup>, ccalle@est.ups.edu.ec<sup>5</sup>, dvicuña@est.ups.edu.ec<sup>6</sup>

Revista Energía Mecánica Innovación y Futuro, VII Edición 2018, No. 6 (14)

#### RESUMEN

En este trabajo se pretende la identificación de los eventos transitorios en motores de combustión interna de encendido por compresión, mediante la adquisición de diferentes señales del motor y un análisis de otras variables como son las vibraciones mecánicas, el ruido y las detonaciones producidas en la cámara de combustión. Posteriormente esta información es complementada con las cotas de reglaje del motor, para lograr mejores estimaciones, además durante el desarrollo de este proyecto se implementó un software que permite descomponer y obtener información específica de cada una de las fases de funcionamiento del motor (admisión, compresión, combustión y escape).

En cada fase de funcionamiento se procedió a realizar un estudio de las señales de ruido, detonación y vibraciones, mediante la aplicación de la transformada rápida de Fourier (FFT), y una correcta selección de las ventanas temporales para cada caso, asimismo se ha efectuado un análisis estadístico con la finalidad de determinar que señal proporciona más información a cada evento transitorio durante el funcionamiento de un motor de combustión interna.

#### Palabras clave:

Sensor knock, acelerómetro, micrófono, eventos transitorios, ventana temporal, espectro frecuencial, cigüeñal y árbol de levas.

#### ABSTRACT

*The purpose of this paper is to identify the transient events in a compression ignition engine through the acquisition of different engine signals and an analysis of other variables such as mechanical vibrations, noise and detonations produced in the chamber of combustion. Later this information is complemented with the specific stroke valve timing for this engine in order to obtain accurate estimates. In addition, during the development of this project, software was implemented to decompose and obtain specific information to each of the phases of the engine operation (admission, compression, combustion and exhaust).*

*In each engine stage a study of noise, detonation and vibration signals was carried out, through the application of the fast Fourier transform (FFT), and a correct selection of the temporal windows for each specific case. Statistical analysis was performed in order to determine which signal provides more information to each transient event during the operation of an internal combustion engine.*

#### Keywords:

Knock sensor, accelerometer, microphone, transient events, temporal window, frequency spectrum, crankshaft and camshaft.

## 1. INTRODUCCIÓN

El siguiente documento presenta el proceso realizado para la identificación y análisis de eventos transitorios en motores de combustión interna mediante la adquisición y procesamiento de señales obtenidas a partir de diferentes sensores. Dichos sensores se encuentran referenciados con respecto a la posición del cigüeñal y árbol de levas. Posteriormente se obtienen señales complementarias que permiten un mejor estudio del comportamiento del motor.

Al iniciar del proyecto se estudia las bases mecánicas y termodinámicas del funcionamiento del motor de combustión interna, además de las modificaciones realizadas a estos motores para optimizar su funcionamiento y los sensores que poseen los mismos para monitorear y optimizar su funcionamiento bajo distintas condiciones.

Adicionalmente se procede a adquirir cada una de las señales necesarias para el desarrollo del proyecto mediante una tarjeta de adquisición de datos (DAQ). Las cotas de reglaje del motor son obtenidas para identificar cada ciclo de trabajo y posteriormente realizar una validación de los datos empleando elementos de inferencia y tratamiento para llegar a la toma de decisiones, por lo cual 10 muestras son adquiridas en condiciones normales de funcionamiento del motor.

Luego se efectúa una selección de la ventana temporal más adecuada, para finalmente realizar un análisis estadístico y un diseño experimental en donde el ancho de la ventana es variado. Además un análisis Anova es realizado para extraer conclusiones con respecto a la hipótesis inicial, la cual consiste en determinar el mejor tratamiento para analizar eventos transitorios en motores de combustión interna. Del mismo modo se realiza una comparación de Tukey la cual consiste en comparar las medidas de tratamiento de una experiencia y evaluar la hipótesis, donde luego los datos obtenidos son analizados en cada fase mediante las gráficas de caja con sus respectivos factores como cuartiles, bigotes y valores atípicos para proceder a realizar una comparación de resultados frente a cada tipo de ventana en el dominio de la frecuencia y elegir la más idónea para cada evento. El motor durante este estudio fue analizado bajo condiciones normales de funcionamiento para posteriormente introducir una perturbación en el sistema de inyección a la cual se denomina falla.

## 2. MÉTODOS Y MATERIALES

### 2.1 MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Un motor de combustión interna, es una máquina que obtiene energía mecánica a partir de la energía química contenida en un combustible que arde dentro de una cámara de combustión.

El proyecto se realiza en un motor de encendido por compresión o motor Diesel, las características de este tipo de motores son las altas presiones que se generan en el interior del cilindro y la combustión se da debido al autoencendido del combustible debido a estas presiones.

En el desarrollo práctico un motor posee las siguientes modificaciones al sistema de distribución para obtener la mayor potencia del motor y una mayor eficiencia. A estas modificaciones se las llama “Cotas de Reglaje” y son las siguientes:

- Adelanto en la apertura de la admisión (AAA).- Es el momento en el cual la válvula de admisión se abre antes que el pistón llegue al PMS, después de haber completado la carrera de escape.
- Retraso en el cierre de la admisión (RCA).- Debido a la inercia de los gases al final de la admisión esta siguen entrando en el cilindro, por lo que válvula de admisión se cierra un poco después de que el pistón llegue a su PMI.
- Adelanto al encendido (AE) o de la inyección (AI).- Este momento se da para compensar el tiempo necesario para que al final de la combustión, el movimiento del pistón en su fase de trabajo sea mínimo.
- Adelanto en la apertura de escape (AAE).- La válvula de escape se abre completamente antes de que el pistón comience hacer el barrido de los gases, debido a que puede haber presión en los gases al momento que el pistón comienza a desplazarse hacia el PMS, por lo que hay pérdidas de energía.[3]
- Retraso en el cierre del escape (RCE).- La válvula de escape se cierra después de que el pistón ha completado la carrera de escape y alcanzado el PMS, esto se da para que los gases quemados salgan por completo del cilindro y no quede residuos que impidan entrar a la mezcla fresca.

En la figura 1 se observa las cotas de reglaje en la distribución, como son (AAA), (RCA), (AI), (AAE) y (RCE).

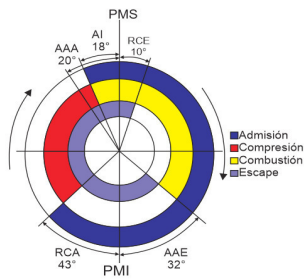


Figura 1. Diagrama de Distribución [4].

## 2.1 Adquisición de señales de los sensores.

Los sensores utilizados para adquirir las señales y posteriormente ser analizadas fueron el sensor CKP (sensor de posición del cigüeñal) y el sensor CMP (sensor de posición del árbol de levas), como se muestra en la figura 2. El hardware usado para la adquisición de datos fue una tarjeta NI DAQ de National Instruments, debido a que sus características satisfacen las necesidades estipuladas en este proyecto. El procesamiento de señales tanto del sensor CKP como CMP se realizó mediante el software LabVIEW.

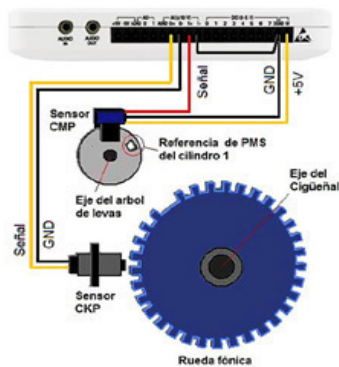


Figura 2. Conexión de los sensores con la (DAQ) para adquisición de datos CKP, CMP [4].

## 2.3 Sincronización de señales.

Para realizar la sincronización de las señales fueron usados el sensor CKP, sensor CMP y una pinza amperimétrica la cual es utilizada para determinar el instante en el que se da la inyección de combustible en el cilindro. Todas estas señales determinan eventos transitorios en motores de combustión interna y se obtienen en un mismo período de tiempo.

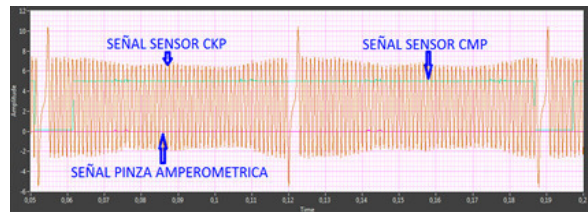


Figura 3. Señal sensor CKP, CMP y Pinza Amperométrica

Se identifica que la rueda fónica del sensor CKP tiene 58 dientes y un espacio hueco equivalente a 2 dientes. Estos dos dientes faltantes son detectados por la ECU y son utilizados para determinar el punto muerto superior y sincronizar el sistema. Por cada diente se genera un ciclo de una señal alterna por lo que en una vuelta completa de la rueda fónica hay 58 ciclos de la señal y un ciclo de mayor amplitud debido a los dientes faltantes. Cada diente de la rueda fónica equivale a 6 grados.

El punto muerto superior (PMS) está situado 19 dientes después del diente grande debido a la velocidad del procesamiento de la ECU. El punto muerto inferior (PMI) está situado 30 dientes después, es decir, en el diente 49, como se muestra en la figura 4.

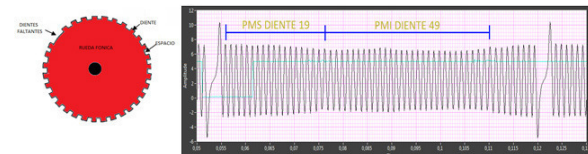


Figura 4. Rueda fónica del cigüeñal e Identificación del PMS Y

## 2.4 Identificación de eventos

Para obtener las cotas de reglaje del motor, este fue desarmarlo para poder tener acceso a las válvulas de admisión y escape. Al retirar la tapa de válvulas, se determina cuales válvulas corresponden al sistema de admisión o escape. A continuación el cigüeñal es girado en sentido horario para verificar la posición angular en la que se produce la apertura y cierre de las válvulas.

- La primera válvula en abrirse es la válvula de escape alrededor de 32 grados antes del PMI.
- La válvula de admisión es la siguiente en abrirse a 20 grados antes de que el pistón llegue al PMS, mientras la válvula de escape continúa aún abierta.
- La válvula de escape se cierra a 10 grados después



de que el pistón haya pasado el PMS, por lo que deducimos que el cruce de válvulas es de 30 grados.

- La válvula de admisión se cierra a los 43 grados después del PMI.
- Mediante la pinza Amperométrica se detecta que el adelanto a la inyección es de 18 grados antes de que el pistón llegue al PMS.

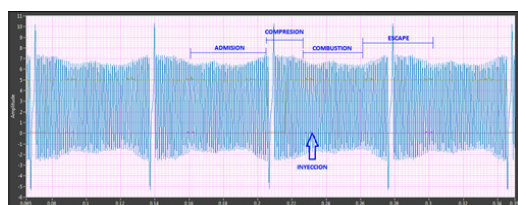


Figura 5. Ubicación de Eventos en Motor de Combustión Interna

## 2.5 Extracción de características

Para realizar un análisis completo de los eventos de transición en el motor de combustión interna bajo estudio fueron extraídas las características de los siguientes señales: knock Sensor (sensor de detonación), micrófono (ruido) y un acelerómetro uniaxial, el cual determina las vibraciones del motor.

- Para la adquisición de la señal de detonación del motor fue utilizado el sensor Knock de BOSCH, el cual fue colocado perpendicularmente al motor mediante un pad especial. La señal es adquirida por medio de una tarjeta (DAQ) para luego ser procesada en el software Labview.

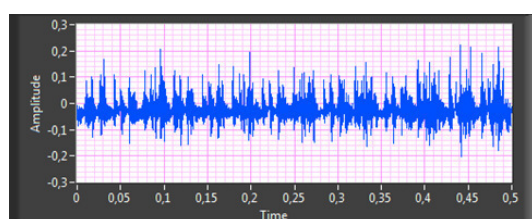


Figura 6. Señal del sensor Knock.

- Para la adquisición de la señal de ruido del motor, se utilizó el micrófono HT378B02, el cual fue situado según la norma ISO 3745.

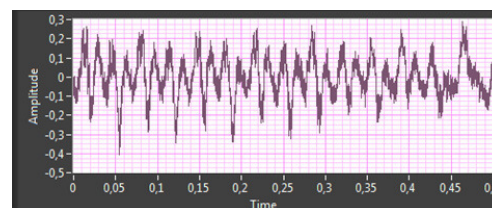


Figura 7. Señal del Micrófono

- Para la adquisición de la señal de vibraciones en el motor, fue utilizado un acelerómetro uniaxial, el mismo fue colocado en forma perpendicular al motor mediante un pad especial.

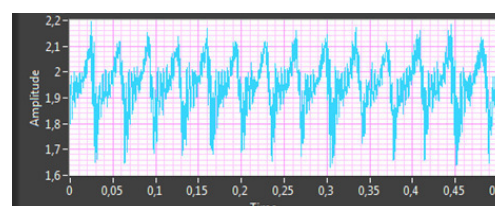


Figura 8. Señal del Acelerómetro

## 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

El objetivo de la validación de datos es proporcionar observaciones coherentes acerca de un proceso con base a la información contenida en la muestra. Estas afirmaciones tienen como objetivo ayudar en la toma de decisiones [5].

### 3.1 Elementos de inferencia y tratamiento

Para este apartado se procede con la adquisición de 10 muestras de las señales del CKP, CMP, pinza amperimétrica, micrófono, sensor knock y acelerómetro cada 10 minutos en condiciones normales de funcionamiento del motor, después se procede a aplicar una ventana a cada evento, para calcular la media, varianza, desviación estándar, mediana, máximo, mínimo, potencia, energía, factor curtosis, simetría, rms. Finalmente se realiza un diseño experimental variando el ancho de la ventana y luego un análisis ANOVA y la comparación de TUKEY [6].

### 3.2 Diseño Experimental

Para el diseño experimental se cambia el ancho de las ventanas de cada evento transitorio del motor de combustión interna, para después realizar una comparación de resultados frente a cada tipo de ventana. Para lo cual se aplica tres anchos de ventanas diferentes a cada evento de las señales del Sensor Knock, Acelerómetro, Micrófono.

### 3.3 Análisis ANOVA

Para las señales del sensor knock, micrófono y acelerómetro, durante los tiempos de trabajo, se calculan la media, varianza, desviación estándar, mediana, máximo, mínimo, potencia, energía, factor curtosis, asimetría y RMS, utilizando los siguientes tipos de ventanas: Completa, Rectangular, Hanning, Hamming y Gaussiana.

Para el análisis ANOVA se utiliza el programa Minitab que proporciona información tanto gráfica como numéricamente, a cerca de los datos estadísticos de las muestras adquiridas para cada sensor.

Una vez identificados los valores estadísticos en dicho programa se procede a realizar una tabla de priorización de señales obtenidas para la identificación de eventos.

Tabla 1. Resultados prueba de mecanismo de translación rango blando

SENSORES	ADMISIÓN	COMPRESIÓN	COMBUSTIÓN	ESCAPE
Knock	3	3	3	3
Acelerómetro	11	11	11	11
Micrófono	6	4	7	2

La tabla anterior indica que hay 3 valores estadísticos válidos, para el análisis en la fase de admisión. Por lo que se procede a escoger los que tienen más valor estadístico en la fase de admisión, comprensión, combustión y escape correspondiente.

La señal del acelerómetro (vibraciones), indica que todos los valores estadísticos son idóneos para el análisis de la hipótesis debido a que el sensor es normalizado. La señal del Sensor Knock (detonación), indica que el sensor no es normalizado.

Finalmente se analizan los valores estadísticos de la señal del micrófono en admisión y combustión, para comprensión y escape los valores estadísticos del acelerómetro y finalmente con el sensor knock se analiza para combustión ya que es muy importante esta fase.

### 3.4 Comparación de Tukey

Este método sirve para comparar las medidas de tratamiento de una experiencia. Este método se aplica para evaluar la hipótesis.

Con este método se compara que los valores extraídos en el análisis Anova son muy parecidos a los valores que se obtiene en la comparación de Tukey.

### 3.5 ANÁLISIS DE EVENTOS TRANSITORIOS ADQUIRIDOS

El análisis de los eventos transitorios del motor en las distintas fases, se hace según la tabla 1 de priorización mostrada anteriormente. El análisis fue realizado mediante las gráficas de caja ya que describen las propiedades de Forma y Medias.

En forma la caja representa el 50% central de los datos, la mediana es la línea que atraviesa la caja, las líneas que se extienden de la caja es el 25% superior e inferior de los datos.

### 3.6 Fase de Admisión

Para el análisis en admisión se trabaja con la señal del micrófono como se menciona anteriormente en la tabla de priorización.

La ventana rectangular no es buena para analizar la fase de admisión ya que varía mucho sus valores, las que tienen mejores resultado son las ventanas Hamming, Hanning y Gaussiana.

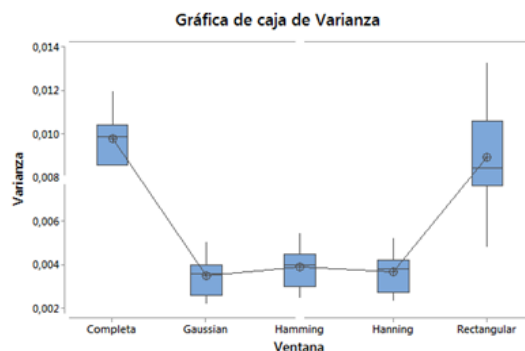


Figura 9. Gráfica de cajas de varianza en Admisión

### 3.7 Fase de Compresión

En comprensión se analiza la señal del acelerómetro. Las ventanas, Hamming, Hanning y Gaussiana son las que dan mejores resultados en comparación de la ventana rectangular según las gráficas de cajas y bigotes.

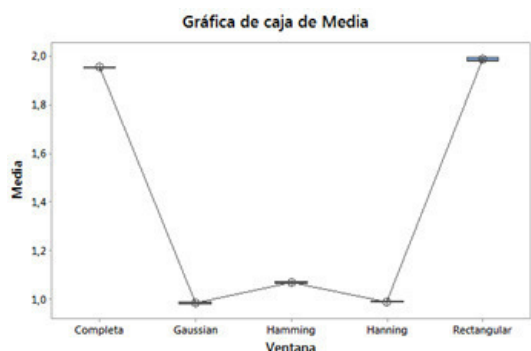


Figura 10. Gráfica de cajas de varianza en Compresión

### 3.8 Fase de Potencia

Para el análisis en potencia o combustión se trabaja con la señal del sensor knock. La ventana rectangular es buena para analizar la fase de combustión ya que da mejores resultados ante las ventanas, Hamming, Hanning y Gaussiana según las gráficas de cajas y bigotes.

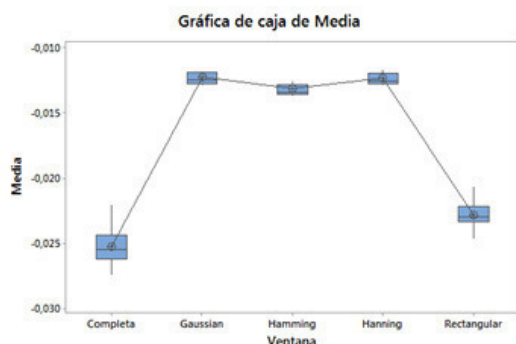


Figura 11. Gráfica de cajas de varianza en Escape

### 3.9 Fase de Escape

Para el análisis en la fase de escape se trabaja con la señal del acelerómetro. Las ventanas Hamming, Hanning y Gaussiana no son buenas para analizar la fase de escape, siendo la ventana rectangular la que presenta mejores resultados.

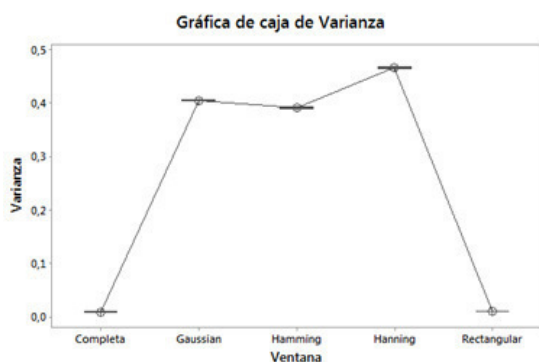


Figura 12. Gráfica de cajas de varianza en Escape

### Comparación de resultados frente a la ventana Hanning.

Los resultados de la FFT obtenidos tras la aplicación de la ventana Hamming como Hanning son similares en sus espectros, debido a las características que tienen estas ventanas, ambas señales poseen picos bien definidos para el análisis de la Detonación en Compresión.

### Comparación de resultados frente a la ventana Hamming.

Los resultados de la FFT muestran que la ventana Hamming tiene un pico mayor en 35Hz y la ventana Rectangular tiene picos más definidos lo que indica que para analizar la vibración en explosión se debe utilizar la ventana Rectangular.

### Comparación de resultados frente a la ventana Gauss.

Los resultados de la FFT muestran que las dos ventanas tienen picos bien definidos para analizar Ruido en escape.

### Comparación de resultados frente a la ventana Rectangular.

Los resultados de la FFT determinan que la ventana Rectangular tiene un pico mayor en 52Hz y la ventana Gaussiana tiene picos un poco más definidos, lo que indica que para analizar el Ruido en admisión se debe utilizar la ventana Gaussiana.

### Análisis de FFT de las señales de Detonación, Vibración y Ruido en condiciones normales del motor y con la posterior introducción de una falla.

Como se puede ver la señal de detonación sin fallas tiene menos armónicos que la señal de detonación con falla en la inyección, esto indica que el motor no funciona correctamente al momento de la detonación, la FFT después de la introducción de un fallo no tiene una frecuencia constante de detonación debido a la presencia de algunos picos grandes. Mientras que en la FFT sin Falla tiene una frecuencia constante de detonación que es 55.2 Hz.



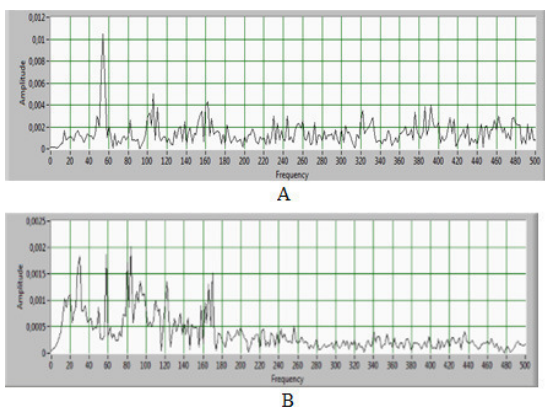


Figura 13. A) FFT Detonación en condiciones normales B) FFT Detonación con fallas

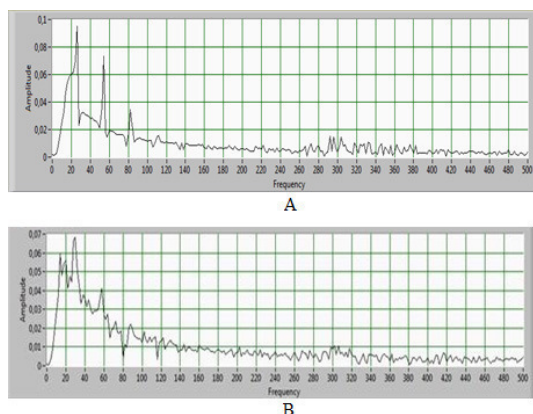


Figura 14. A) FFT Vibración en condiciones normales B) FFT Vibración con fallas.

La señal de ruido en condiciones normales tiene una amplitud de 0.06 a 55.2 Hz, mientras que la señal con falla tiene una amplitud de 0.12 a 18 Hz y 21 Hz, lo que indica que la señal con fallas en el sistema de inyección difiere a la señal inicial tanto en amplitud como en frecuencia.

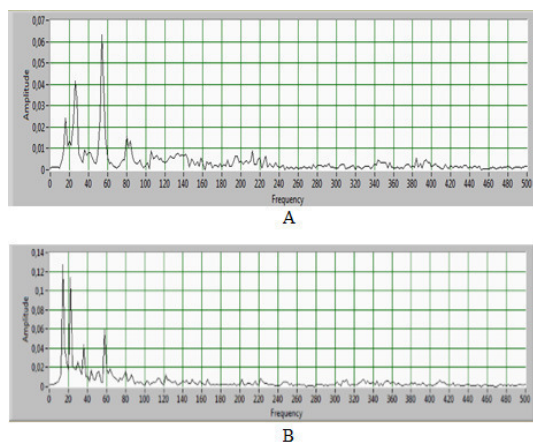


Figura 15. A) FFT Ruido en condiciones normales B) FFT Ruido con fallas.

## 4. CONCLUSIONES

- Para realizar la validación de los datos de la hipótesis planteada (cuál es el mejor tratamiento para analizar eventos transitorios en motores de combustión interna), se realizó un análisis Anova y una comparación de Tukey en base a inferencia estadística y diseño experimental debido a que la inferencia estadística se apoya en datos estadísticos para hacer observaciones validas de un proceso y ayudar en la toma de decisiones, mientras el diseño experimental se basa en realizar pruebas estadísticas para resolver un problema.

- Realizado el análisis Anova se llega a establecer que todos los valores estadísticos de la señal del acelerómetro (vibraciones) son idóneos para el análisis de la hipótesis debido a que el sensor es normalizado, la señal del micrófono (ruido) permite analizar la carrera de admisión y explosión debido a la ubicación del micrófono, y la señal del sensor knock (detonación) indica que los valores estadísticos son pocos confiables al no ser un sensor normalizado.

- Con la comparación de Tukey se llega a determinar que existe una diferencia significativa entre las ventanas Gaussiana-Completa, Hamming-Completa, Hanning- Completa, Rectangular-Completa, Rectangular-Gaussiana, las cuales sirvieron para realizar el análisis de la hipótesis.

- Para identificar qué tipo de ventana, ancho de ventana y tipo de variable es la adecuada para tratamiento adecuado de los eventos transitorios del motor, se realizó una interacción, la cual determina qué factores dependen de otros llegando a la conclusión de que el mejor tratamiento para analizar eventos transitorios en motores de combustión interna es:

- Para la fase de Admisión es adecuado realizar un análisis con la variable de ruido, Factor de Curtosis y con una ventana Gaussiana de 262 grados.

- Para la fase de Compresión es adecuado realizar un análisis con la variable de Knock, Factor de Cresta y con una ventana Hamming de 134 grados.

- Para la fase de explosión es adecuado realizar un análisis con la variable de vibración, Factor de

Curtosis y con una ventana rectangular de 148 grados.

- Para la fase de escape es adecuado realizar un análisis con la variable de ruido, factor de cresta y con una ventana Hanning de 190 grados.

## 5. RECOMENDACIONES

- Continuar con el desarrollo del proyecto, por lo que se recomienda a los futuros interesados, seguir optimizando la aplicación realizada en Labview, ya que el modelo puede seguir siendo implementando en diferentes estudios de motores de combustión interna, tanto para para la detección de fallas como alargar la vida útil de los mismos.
- El software desarrollado posee varias ventajas (libre acceso y fiabilidad), y algunas similitudes con respecto a los equipos costosos que se utilizan para verificar fallas en los motores, como por ejemplo los scanners que se utilizan para verificar las fallas del vehículo. Por ello es una herramienta útil para investigaciones futuras.

## 6. REFERENCIAS

- [1] Castro, A. I. (2013). Motor de Gasolina (Otto de 4 Tiempos).
- [2] Klever, M., & Solano, W. (2010). Conversión de un motor de carburador a inyección. Obtenido de Universidad Técnica del Norte (Ibarra).
- [3] Núñez Orozco, & González Oropeza. (2004). Apuntes de Principios de Energética. Recuperado el 214, de Física Universitaria México.
- [4] Porras y Soriano. (03 de 09 de 2014). Universidad de Catilla-La Mancha. Obtenido de Ciclo Real de Funcionamiento.
- [5] Ugalde, M. L. (Octubre de 2007). Núcleo Mecánica de Vehículos Livianos.
- [6] Motor de cuatro tiempos. Ciclo Diesel. (s.f.).

## 7. BIOGRAFÍA



Néstor Diego Rivera Campoverde, Magíster en Sistemas Automotrices por la Escuela Politécnica Nacional, Ingeniero Mecánico Automotriz, actualmente es Profesor de la Carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Miembro del Grupo de Investigación de Ingeniería del Transporte GIIT en la Línea de Investigación de Ingeniería del Mantenimiento Automotriz y Eficiencia Energética, Coordinador del Proyecto Cuyero en el que ha desarrollado trabajos enfocados a la detección y diagnóstico de fallos en motores de combustión interna mediante Inteligencia Artificial. Ha participado como ponente y revisor en varios Congresos Nacionales e Internacionales. Actualmente cursa el programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica en la Universidad Politécnica de Madrid. Autor para correspondencia nrivera@ups.edu.ec.



Cristian Leonardo García García, Ingeniero Mecánico Automotriz por la Universidad Politécnica Salesiana 2007, Máster Universitario en Ingeniería del Mantenimiento por la Universidad Politécnica de Valencia 2012, actualmente estudiante de Doctorado por la Universidad de Mérida Venezuela. Director de Carrera de Ingeniería Automotriz de la UPS-sede Cuenca. Docente Titular-Auxiliar de la UPS. Docente Maestría Sistemas Automotrices Universidad Politécnica Nacional, 2013-2015. Docente Maestría en Gestión del Mantenimiento, Universidad del Azuay, 2015. Responsable de proyectos de investigación en el área de mantenimiento predictivo para el diagnóstico de motores de combustión. Participación en Congresos nacionales e internacionales.





Paúl Andrés Molina Campoverde, Ingeniero Mecánico Automotriz por la Universidad Politécnica Salesiana 2014, Máster Universitario en Ingeniería Mecánica por la Universidad Politécnica de Valencia 2016. Docente de la Universidad

Politécnica Salesiana sede Quito. Responsable del grupo de Asociacionismo Juvenil Club Automotriz. Participación en Congresos Nacionales.



Ángel Geovanny Paucar Urdialez, Ingeniero Mecánico Automotriz por la Universidad Politécnica Salesiana 2012, Magister en Sistemas Automotrices por la Escuela Politécnica Nacional 2016. Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz de la

UPS – sede Quito. Responsable del grupo de diseño y fabricación de vehículos de competencia UPS-Quito. Docente Titular Auxiliar de la UPS. Participación en Congresos Nacionales.

Cristian Paúl Calle Jara, Ingeniero Electrónico, por la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca miembro del Grupo de investigación de Ingeniería del Transporte en la línea de investigación de Ingeniería del Mantenimiento Automotriz.

Darwin Gonzalo Vicuña Pacheco, Ingeniero Electrónico, por la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca miembro del Grupo de investigación de Ingeniería del Transporte en la línea de investigación de Ingeniería del Mantenimiento Automotriz.

#### REGISTRO DE LA PUBLICACIÓN

Fecha recepción	20 octubre 2018
Fecha aceptación	18 diciembre 2018

