



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA
Y URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

TESIS

**ANÁLISIS DEL ESPECTRO ACÚSTICO EN EL
MOTOR DE UNA MOTO 200 CC PARA DETERMINAR
FALLAS EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor(es):

Bach. Gonzales Diaz Kevin Arnold

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0743-5341>

Bach. Ruiz Sanchez Roque

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3402-4839>

Asesor:

MSc. Rojas Coronel Ángel Marcelo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2720-9707>

Línea de Investigación:

Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente.

Pimentel - Perú

2023

**ANALISIS DEL ESPECTRO ACUSTICO EN EL MOTOR DE UNA MOTO
200 cc PARA DETERMINAR FALLAS EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN**

Aprobación del Jurado

Dra. GASTIABURÚ MORALES SILVIA YIVONE

PRESIDENTE DEL JURADO DE TESIS.

Mtro. VIVES GARNIQUE JUAN CARLOS

SECRETARIO DEL JURADO DE TESIS

MSc. ROJAS CORONEL ÁNGEL MARCELO

VOCAL DEL JURADO DE TESIS

Quien(es) suscribe(n) la **DECLARACIÓN JURADA**, soy(somos) egresado(s), del Programa de Estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro(amos) bajo juramento que soy(somos) autor(es) del trabajo titulado:

**ANALISIS DEL ESPECTRO ACUSTICO EN EL MOTOR DE UNA MOTO 200cc
PARA DETERMINAR FALLAS EN LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN**

El texto de nuestro trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Gonzales Diaz Kevin Arnold	DNI: 72768836	
Ruiz Sánchez Roque	DNI: 47463381	

Pimentel, 26 de junio del 2023

Dedicatoria

La presente investigación está dedicada a nuestros padres, quienes nos enseñaron que el mejor conocimiento que podemos obtener, es el conocimiento que se adquiere por nosotros mismos. También está dedicado a mis docentes, quienes nos han enseñado que incluso la tarea más grande se puede completar paso a paso.

Agradecimientos

A nuestra familia, ya que siempre confiaron en nosotros y son lo más sagrado que tenemos en nuestra vida, siempre han sido los motivadores y formadores de lo que somos hoy como personas, sin sus consejos, amor y cariño. no estaríamos aquí, damos Gracias a nuestros padres, hermanos, hermanas, tíos y abuelos.

El camino donde nos encontramos hoy no fue fácil, pero con el apoyo tanto de los docentes de la USS y familia, la dificultad se hizo más fácil y la culminación exitosa de este proyecto se hizo realidad. Gracias y les reitero mi inmenso agradecimiento, a todos los que nos formaron desde cero.

Índice

Dedicatoria	4
Agradecimientos	5
Índice	6
Índice de tablas	8
Índice de figuras.....	9
Resumen	13
Abstract.....	14
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema	21
1.3. Hipótesis	21
1.4. Objetivos	22
1.5. Teorías relacionadas al tema	22
<i>Motor de combustión interna:</i>	22
<i>Clasificación de los motores según el ciclo:</i>	23
<i>Partes de un motor de combustión interna:</i>	26
<i>Análisis de sonido:</i>	28
<i>Representación en el tiempo de una onda sonora:</i>	30
<i>Representación de una onda sonora en frecuencia:</i>	32
<i>Tipos de espectro del sonido:</i>	33
<i>Teorema de Fourier:</i>	34
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
2.1. Tipo y diseño de investigación	37
2.2. Variables, operacionalización	37
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....	40
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	40
2.5. Procedimiento de análisis de datos	42
2.6. Criterios éticos.....	45
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
3.1. Resultados.....	46
<i>Definir características del instrumento para la medición de las señales acústicas:</i>	46

<i>Determinar el patrón de espectro acústico de un motor de 200cc sin presencia de falla en la cámara de combustión:</i>	49
<i>Identificar las fallas más comunes que se presentan en la cámara:</i>	60
<i>Analizar las fallas que se presentan en el motor 200 cc, mediante el espectro acústico:</i>	62
<i>Comparativo entre el espectro acústico de una moto en óptimas condiciones y una con fallas en el motor:</i>	77
3.2. Discusión	83
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
4.1. Conclusiones	85
4.2. Recomendaciones	86
REFERENCIAS.....	87
ANEXOS	90

Índice de tablas

Tabla 1.Operacionalización de variables.....	38
Tabla 2.Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	42
Tabla 3. Fallas que se pueden determinar por el sonido.....	61
Tabla 4. Comparativo mci en optimas condiciones vs mci con fallas en relenti	77
Tabla 5. Comparativo mci en optimas condiciones vs mci con fallas a 6000 rpm	80

Índice de figuras

Fig 1. Motor de explosión o combustión interna.	23
Fig 2. Motor combustión interna 2t.	24
Fig 3. Motor combustión interna 4t.	26
Fig 4. Piezas de motor combustión interna 4t.	26
Fig 5. Cualidades del sonido.	28
Fig 6. Onda de sonido suave y fuerte.	29
Fig 7. Diferentes timbres sonoros.	29
Fig 8. Onda Sonora en el Tiempo	30
.Fig 9. Envolvente de amplitud	30
Fig 10. Superposición de ondas de igual frecuencia.	31
Fig 11. Superposición de armónicos.	32
Fig 12. Espectros de ondas normales y armónicos.	32
Fig 13. Sonido y espectro armónico.	33
Fig 14. Sonido y espectro inarmónico.	33
Fig 15. Ruido y espectro continuo.	34
Fig 16. Espectro de onda cuadrada, onda resultante.	35
Fig 17. Espectro de onda diente de sierra, onda resultante.	36
Fig 18. Flujograma del proceso de recolección de datos.	44
Fig 19. GM 1356 USB Digital Sound level meter.	48
Fig 20. Fallas comunes en cámaras de combustión.	60
Fig 21. Tiempo empleado para determinar las fallas.	60

Fig 22. Motocicletas más vendidas por las tiendas.	61
Fig 23. Amplitud de frecuencia en el tiempo para motor en optimo funcionamiento, 1.	49
Fig 24. Espectro acústico graficado en Hz y dB, (moto 1).....	50
Fig 25. Amplitud de frecuencia en el tiempo para motor en optimo funcionamiento, 2.	50
Fig 26. Espectro acústico graficado en Hz y dB, (moto 2).....	51
Fig 27. Amplitud de frecuencia en el tiempo para motor en optimo funcionamiento, 3.	51
Fig 28. Espectro acústico graficado en Hz y dB, (moto 3).....	52
Fig 29. Amplitud de frecuencia en el tiempo para motor en optimo funcionamiento, 4.	52
Fig 30. Espectro acústico graficado en Hz y dB, (moto 4).....	53
Fig 31. Interfaz del programa.	53
Fig 32. Datos obtenidos, archivo block de notas.	54
Fig 33. Procesamiento de datos.....	54
Fig 34. Amplitud de frecuencia en el tiempo, moto en correcto funcionamiento.....	55
Fig 35. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	55
Fig 36. Amplitud de frecuencia en el tiempo, moto en correcto funcionamiento.....	56
Fig 37. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	56
Fig 38. Amplitud de frecuencia en el tiempo, moto en correcto funcionamiento.....	57
Fig 39. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	57
Fig 40. Amplitud de frecuencia en el tiempo, moto en correcto funcionamiento.....	58
Fig 41. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	58
Fig 42. Procesamiento de datos.....	59
Fig 43. Amplitud de la frecuencia en el tiempo para motor con falla en bujía.....	62
Fig 44. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	62

Fig 45. Amplitud de la frecuencia en el tiempo para motor con falla en bujía.....	63
Fig 46. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	63
Fig 47. Procesamiento de datos.....	64
Fig 48. Amplitud de la frecuencia en el tiempo para motor con falla en bujía.....	64
Fig 49. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	65
Fig 50. Amplitud de la frecuencia en el tiempo para motor con falla en bujía.....	66
Fig 51. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	66
Fig 52. Procesamiento de datos.....	66
Fig 53. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.	67
Fig 54. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	67
Fig 55. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.	68
Fig 56. Espectro acústico graficado en Hz y dB	68
Fig 57. Procesamiento de datos.....	69
Fig 58. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.	69
Fig 59. Espectro acústico graficado en Hz y dB	70
Fig 60. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.	70
Fig 61. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	71
Fig 62. Procesamiento de datos.....	71
Fig 63. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.	72
Fig 64. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	72
Fig 65. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.	73
Fig 66. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	74
Fig 67. Procesamiento de datos.....	74

Fig 68. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.	75
Fig 69. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	75
Fig 70. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.	75
Fig 71. Espectro acústico graficado en Hz y dB.	76
Fig 72. Procesamiento de datos.....	76

Resumen

Esta investigación busca diagnosticar las fallas de un motor de combustión interna de una motocicleta mediante la identificación del espectro acústico, donde se analiza la frecuencia en el tiempo de las señales captadas. Es importante verificar el estado del motor para determinar su eficiencia, así como también este análisis es parte del mantenimiento preventivo permitiendo alargar la vida útil del motor.

La presente investigación es de tipo experimental con un enfoque cuantitativo, de diseño descriptivo explicativo, teniendo como población y muestra al MCI de 200 cc, para la recolección de información se empleó técnicas de recolección de datos como la observación directa, la encuesta y el análisis documental.

En cuanto a los resultados obtenidos en esta investigación se logró definir las características del equipo para la medición de las señales acústicas, se determinó el patrón de espectro acústico del MCI de 200 cc sin presencia de fallas en la cámara de combustión, asimismo se logró identificar las fallas más comunes que se presentan en la cámara de combustión del MCI y por último se analizaron las fallas más comunes que presentan un motor de 200 cc utilizando las señales acústicas.

Palabras claves: espectro, ruido, fallas, motor, frecuencia, válvula, mezcla.

Abstract

This research seeks to diagnose the failures of a motorcycle internal combustion engine by identifying the acoustic spectrum, where the frequency in time of the signals captured is analyzed. It is important to verify the state of the engine to determine its efficiency, as well as this analysis is part of the preventive maintenance allowing to extend the useful life of the engine.

The present investigation is of an experimental type with a quantitative approach, of descriptive explanatory design, having the MCI of 200 cc as population and sample, for the collection of information data collection techniques such as direct observation, survey and analysis were used. documentary film.

Regarding the results obtained in this investigation, it was possible to define the characteristics of the equipment for the measurement of acoustic signals, the acoustic spectrum pattern of the 200 cc MCI was determined without the presence of failures in the combustion chamber, it was also possible to identify the most common failures that occur in the combustion chamber of the MCI and finally the most common failures that present a 200 cc engine using acoustic signals were analyzed.

Keywords: spectrum, noise, faults, motor, frequency, valve, mixture.

Keywords: spectrum, noise, faults, motor, frequency, valve, mixture.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La motocicleta es un vehículo de dos ruedas que consta de un motor de combustión interna a gasolina, son ágiles para desplazarse y muy livianas en su maniobrabilidad, permiten libertad y fácil estacionamiento. Para muchas personas, "la motocicleta es el vehículo del futuro": Consume menos combustible, ahorra tiempo, usa menos pavimento y reduce la contaminación.

Según el dirigente de la asociación Automotriz del Perú (AAP), el uso de las motocicletas es un bien necesario cuando se trata de viajar en hora punta, además afirma que en 5 años Habrá más motos que autos en el Perú, solamente en Lima capital circulan aproximadamente 2.5 millones de autos camionetas camiones y buses, pero las motos lineales ya se encuentran con más de 2 millones de usuarios; asimismo se ha registrado para el 2021 la venta de 150,000; lo que representa un crecimiento del 200% comparado con el año 2020 [1].

En la ciudad, las motocicletas se han convertido en un medio de transporte alternativo, rápido y eficiente; además desempeña un rol importante en el crecimiento de la sociedad y la economía del Perú, asequibles, económicas, versátiles y eficientes, las motocicletas son las herramientas de trabajo y transporte de los peruanos de las clases menos privilegiadas, por lo que se han convertido en el vehículo indispensable para innumerables familias en el país [2].

Sin embargo, el mantenimiento periódico de la motocicleta es fundamental, no solo para reducir el riesgo de accidente, sino también para proteger el medio ambiente y, al mismo tiempo, asegurar una mayor vida útil de nuestro vehículo. El monitoreo y análisis de la condición de los motores de combustión interna ha sido el objeto de muchos enfoques de investigación, basándose en su mayoría en la adquisición de señales, donde el

procesamiento de estas y la comparación con los valores de umbral permite diagnosticar y discriminar entre una condición normal de funcionamiento y una defectuosa del motor [3].

Por lo general el bajo rendimiento del motor está en función a las fallas y golpes, como también la abrasión de las piezas y la contaminación acústica, ante esta problemática y la necesidad de realizar un diagnóstico al motor se encuentran nuevos métodos y prácticos, el análisis de señales para resolver problemas de vibración y diagnóstico en máquinas rotativas, podemos mencionar la transformada de Fourier (STFT), corto plazo logra detectar diferentes fuentes de vibración en el motor, así mismo es ideal para identificar golpes anormales y normales relacionados con la combustión [4].

Cabe señalar que la detección de fallas y el diagnóstico de los motores de combustión interna dificulta la tarea debido a la complejidad de dichos motores, en la última década los intentos de definir estrategias para el procesamiento de señales mediante la cicloestacionariedad en el monitoreo de condición han ido creciendo gracias al avance tecnológico en cuanto a las técnicas de procesamiento de señales. Existen dos pruebas fundamentales que se realizan a los motores de combustión interna, la prueba en caliente que verifica el rendimiento del motor y las pruebas en frío que verifican las anomalías a través de mediciones de par, vibración, presión y acústica [5].

Las mediciones ya sean vibracionales o acústica ofrecen un potencial elevado a la naturaleza no intrusiva de las mediciones. El origen de un sonido en un motor de combustión interna se puede modelar en función al proceso mismo de la combustión y el análisis frecuencia a tiempo se emplea para procesar y revelar las características subyacentes de las ondas sonoras [6]. Bajo este contexto podemos decir que las señales acústicas son una ventaja en cuanto a vibraciones permitiendo la posibilidad de captar señales superpuestas de más de un componente gracias a su comportamiento no intrusivo, como también la posibilidad de detectar fallas que afecten la transmisión. Así mismo el

reciente desarrollo de micrófonos de bajo costo ayuda a complementar esta tecnología de monitoreo acústico [7].

En la mayoría de talleres se aprendió a realizar un mantenimiento de forma empírica, es por ello que hoy en día muchas instituciones se dedican a la enseñanza del mantenimiento de las motocicletas, pero de una forma muy rudimentaria, llegando a tener inconvenientes, siendo uno de ellos el mantenimiento preventivo que comúnmente se denomina afinamiento y la detección de fallas, porque ambas se hacen de acuerdo al sonido del motor y como seres humanos no todos tenemos las mismas capacidades auditivas. Llegando a comprometer aún más el estado del motor dando un mal diagnóstico, es por ello que a partir de ello se propone un realizar un análisis del espectro acústico de las mismas para determinar con exactitud un correcto mantenimiento.

Teniendo en cuenta a las investigaciones realizadas en el ámbito internacional:

Los autores Trujillo y otros [8], en su investigación “Determinación de frecuencias naturales en un motor de combustión interna” cuyo objetivo principal es detectar y analizar las frecuencias naturales las cuales no sufren cambio alguno de valor enfrentando varias condiciones del motor en donde es la base para realizar el análisis de manera detallada, para su investigación utilizó una metodología de enfoque cuantitativo y de tipo experimental. Los resultados obtenidos en dicha investigación fueron la identificación de frecuencias naturales del motor de 220, 335, 403, 432, 519 y 670 Hz, Este estudio ayuda a caracterizar los motores de combustión interna mediante la obtención de un método aplicable a monocilíndrico y multicilíndrico.

Para, Hua [9]; en su investigación titulada “Research on the generalisation method of diesel engine exhaust valve leakage fault diagnosis based on acoustic emission”, cuyo objetivo fue el diagnóstico de fallas de fugas en válvulas de motores diésel mediante las señales de emisión acústica durante un intervalo de tiempo específico. Para su investigación aplicó

una metodología de enfoque cuantitativo y de tipo teórico descriptivo. Sus principales resultados de su investigación se realizó el análisis y evaluación donde se ilustran las compensaciones menores en el intervalo del ángulo del cigüeñal de la muestra de la señal acústica, asimismo se determinó que este método es beneficioso para mejorar el rendimiento del método propuesto en la falla como un proceso de diagnóstico.

Asimismo, Dong [10]; en su artículo científico titulado “Algorithm development for acoustic emission measurement in high-frequency ranges and its application on a large two-stroke marine diesel engine”, Cuyo objetivo fue diseñar un algoritmo de medición avanzado para medir las señales de emisión acústica, basado en un lenguaje de programación teniendo un Rango de alta frecuencia, para ello aplicó una investigación de enfoque cuantitativo y de tipo experimental aplicado. Se aplicó el algoritmo de medición en el motor diésel de dos tiempos donde se pudo observar el rango de frecuencia de 100 a 900 kHz, por otro lado, la forma de la señal acústica en la combustión en el punto superior de los cilindros es idéntica.

Por otro lado; Torres [11], en su investigación titulada “Supervisión del estado de un motor de combustión interna de un solo cilindro basado en la adquisición y el procesamiento de señales experimentales” cuyo objetivo principal analizar los prevenientes del MCI monitoreando las condiciones de trabajo, utilizando una metodología de enfoque cuantitativa y de tipo experimental. Los resultados obtenidos son una curva de presión que estima unos 128 puntos partiendo de la mal vibracional con una precisión del 98%, siendo validada a través de la comparación de la curva construida con la presión del objetivo que es obtenida del sensor de presión que está ubicado en la cámara.

Los autores Shirazi y otros [12], en su investigación titulada “Detection of fuel injection errors in diesel engines based on vibration fingerprint análisis” cuyo objetivo principal del presente es detectar las señales vibracionales que son capturadas en el colector de admisión y en la culata del motor, las cuales son analizadas en tiempo y

frecuencia, utilizándose una metodología de enfoque cuantitativo y de tipo experimental. Los resultados obtenidos son que en un motor diésel de potencia de 588 kW y de 12 cilindros muestran los espectros de potencia de las señales de vibración en el rango de baja frecuencia en donde se distinguen de manera confiable entre dos condiciones las normales y defectuosas, obteniéndose que dichas señales del colector de admisión son potenciales en la detección de fallas.

Los investigadores Dayong y otros [13], en su estudio titulado “Separation method of impulsive fault component for gasoline engine based on acoustic signal analysis” cuyo objetivo principal es el uso del método superpuesto de dislocación desarrollado (DSM) en donde se extraen de manera automática los componentes de señales que son impulsadas por ruidos anormales originados en un motor en una sola velocidad, utilizando una metodología de enfoque cuantitativo y de tipo experimental. Los resultados obtenidos muestran que el DSM desarrollado logra extraer de manera efectiva las características de falla que golpetean el cilindro y el golpe de cojinete en la biela.

Para Allam [14], en su investigación titulada “Diesel engine fault detection using vibration and acoustic emission signals” cuyo objetivo es el uso de los métodos de vibración y acústicos para poder monitorear las condiciones del motor de combustión interna, siendo estas las que tienen partes recíprocas pudiendo causar daños progresivos los cuales afecten a la eficiencia del motor, utilizando una metodología de enfoque cuantitativo y de tipo experimental. Los resultados obtenidos son que las señales AE tiene dos formas de ser medidas la aerotransportadora que utiliza un micrófono lo suficientemente para poder capturar señales y la estructural que utiliza sensores montados en la máquina a monitorear, estas permiten medir vibraciones por encima de los 20kHz, los cuales encuentran fallas como fugas de válvula y anillo (soplado), falla de inyección e inconvenientes de sincronización.

Por otro lado, Taghizadeh [15]; en su investigación titulada “Fault detection of injectors in diesel engines using vibration time-frequency análisis”, cuyo objetivo fue Evaluar mediante análisis de tiempo frecuencia inyectores defectuosos a través del fenómeno de detonación, para ello desarrolló una investigación de enfoque cuantitativo y de tipo experimental. Entre los principales resultados podemos mencionar: Se determinó que para una combustión ideal los valores pico de aceleración está en Rango de 0 a 10 kHz en el diagrama TFR, mientras que una unidad de inyección defectuosa no oral causar una frecuencia más alta Entre 10 y 25 kHz en el diagrama TFR para cada cilindro afectando un rendimiento del motor, por otro lado al comparar la respuesta de vibración en inyectores sanos y defectuosos, la curtosis y el RMS de Los inyectores defectuosos arrojaron un aumento del 12.9% y 20.6% respectivamente.

La presente investigación fue justificada teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Esta investigación se justifica técnicamente por la aplicación de la tecnología de monitoreo de condición, que fue aplicada a la detección y diagnóstico de fallas; dónde esta propuesta metodológica incluye la adquisición de señales de vibración para describir el funcionamiento de un MCI, la caracterización de estas señales de vibración a través de un conjunto de indicadores en relación al tiempo logrando obtener patrones representativos de la condición de operación del MCI, así mismo considera técnicas de reducción de dimensionalidad para procesar dicha información de los diferentes indicadores obteniendo una representación visual de las condiciones monitoreadas; la validación de la metodología con espectro acústico a un MCI, un se realiza bajo condiciones normales y anormales generadas por fallas en el sistema de encendido.

En el ámbito ambiental, esta investigación permitirá analizar las fallas del MCI, en cuanto a la combustión completa, dónde se podrá determinar si es óptima o no, logrando así disminuir la presencia monóxido de carbono en los gases de escape, contribuyendo así

a la disminución de agentes contaminantes al medio ambiente por la operación de MCI. Por otro lado, gracias al diagnóstico de fallas mediante espectro acústico, se podrá evitar la contaminación acústica ya que determinará si hay una mezcla aire combustible estequiométricamente correcta.

En cuanto al ámbito económico, esta investigación se justifica mediante el mantenimiento predictivo utilizando la tecnología de espectro acústico, lo que representa una nueva propuesta de servicio como parte del mantenimiento de la unidad móvil, representando un incremento en los ingresos para los establecimientos de revisiones técnicas, así mismo esta tecnología brindará al cliente un diagnóstico certero del estado de operación del MCI, contribuyendo al cliente como una medida de ahorro al evitar gastos innecesarios por mantenimiento al MCI.

En cuanto a la justificación social, esta técnica de diagnóstico de fallas mediante espectro acústico, es un servicio que se está implementando en las revisiones técnicas lo que genera nuevos puestos de trabajo.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo el análisis del espectro acústico permitirá determinar las fallas en la cámara de combustión del motor de moto de 200 cc?

1.3. Hipótesis

El análisis del espectro acústico permitirá la detección de fallas en la cámara de combustión del motor de una moto de 200cc y la disminución del tiempo en detectarlas.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Analizar el espectro acústico en el motor de una moto 200cc para determinar fallas en la cámara de combustión.

Objetivos específicos

- Definir características del instrumento para la medición de las señales acústicas.
- Determinar el patrón de espectro acústico de un motor de 200cc sin presencia de falla en la cámara de combustión.
- Identificar las fallas más comunes que se presentan en la cámara de combustión por parte de los mecánicos y el tiempo que utilizan en detectar dicha falla.
- Analizar las fas fallas más comunes que se presentan en un motor 200cc utilizando las señales acústicas.

1.5. Teorías relacionadas al tema

Motor de combustión interna:

El motor de combustión interna, también conocido como motor de explosión; es un tipo de máquina que convierte la energía química en energía mecánica a partir de la combustión del combustible que ingresa a la cámara de combustión. De ahí que este tipo de motor sea conocido por el trabajo que lleva a cabo en el interior de la cámara de combustión al suministrar el calor generado durante la combustión de combustibles fósiles.

Esta investigación se enfoca en los motores de cuatro tiempos, de combustión interna, es decir, en un motor donde el cigüeñal necesita dos revoluciones para completar el ciclo de trabajo.

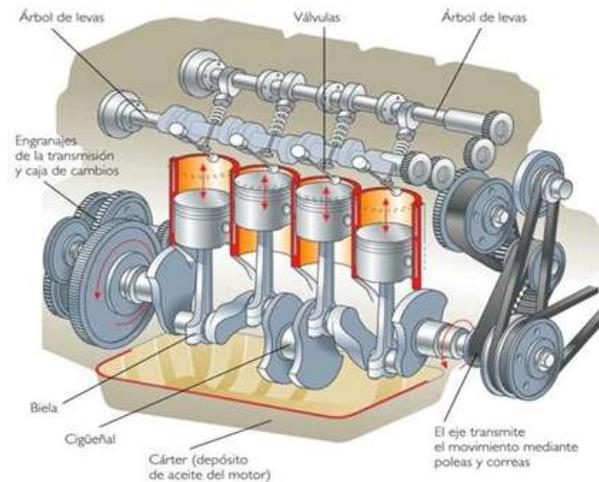


Fig 1.Motor de explosión o combustión interna.

Fuente: Gredimar Espinoza

Actualmente, los motores se pueden clasificar de muchas formas diferentes, dependiendo de cómo se inyecta la mezcla en los cilindros, el ciclo de trabajo, el tipo de enfriamiento y la cantidad de cilindros; Pero esta sección se centrará en la clasificación por ciclo económico.

Clasificación de los motores según el ciclo:

- Dos golpes (2T): Realiza un golpe indispensable por vuelta.
- Cuatro golpes (4T): Realiza un pase activo cada dos giros.

Motor de 2 tiempos

En un motor de combustión de 2 tiempos, su ciclo de trabajo ocurre durante una revolución del cigüeñal, durante la cual aparecen cuatro golpes, reunidos durante la compresión de admisión y escape de la explosión.

En este tipo los motores desarrollan su ciclo de acuerdo a una revolución del cigüeñal (dos carreras de pistón). Con pistones en P.M.I. Los puertos de admisión de la camisa del cilindro están expuestos y las válvulas de escape en la culata del cilindro se abren para expulsar los gases residuales de la combustión anterior.

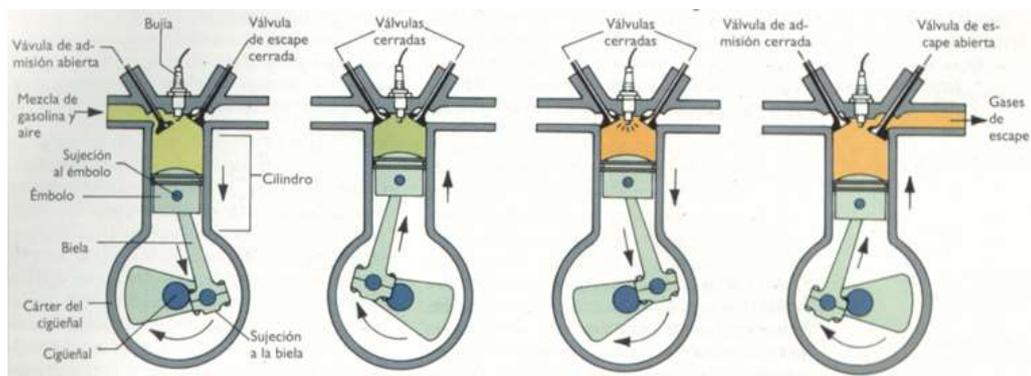


Fig 2. Motor combustión interna 2t.

Fuente: Mecánica UPB

Fase de admisión-compresión, el pistón se mueve desde su punto muerto inferior hasta la parte superior (culata), a lo largo de la forma en que se abre el colector de admisión, creando un vacío en el cárter. Mientras presiona la cara superior del pistón, la parte inferior del cárter extrae una mezcla de aire, combustible y aceite a través del orificio. Para que esto sea posible, la vivienda debe estar cerrada. Además, los pistones pueden desgastarse, pero mantienen la estabilidad de la culata.

Fase de explosión-escape, cuando el pistón alcanza el punto muerto superior (TDC), la compresión se completa y la combustión de la mezcla entre aire, combustible

y aceite continúa gracias a la chispa de la bujía. En la carrera inferior (de TDC a PMI), el pistón deja el puerto de escape abierto para que escape el gas combustible y una vez liberada la puerta por donde pasa mezcla mencionada anteriormente, la cual va del cárter hacia el cilindro.

Cuando el pistón llega hacia su punto más bajo (PMI), comienza a subir nuevamente, la compuerta se cierra y comienza un nuevo ciclo.

Motor de 4 tiempos

En este tipo de motor de combustión interna se construye un ciclo de trabajo de 4 etapas independientes (admisión, compresión, explosión y escape); descrito abajo.

Primer tiempo o primera etapa, el proceso se llama admisión y comienza cuando el pistón está en su punto más alto (TDC), la válvula de admisión se abre y el pistón aspira aire, debido al vacío creado en el cilindro, y se aspira la mezcla de combustible. cilindro. Puntaje mínimo (PMI).

Segundo tiempo o segunda etapa, se dice que la fuerza de compresión ocurre después del ciclo de admisión, el pistón está en su punto más bajo (PMI), en este momento la válvula de admisión se cierra y el pistón comienza a moverse a su punto más alto (TDC), comprimiendo la mezcla de aire y combustible.

Tercer tiempo o tercera etapa, llamado expansión, y después del final de la carrera de compresión comienza con la compresión de la mezcla aire-combustible, la bujía activa la chispa y enciende la mezcla; Una explosión provoca un aumento de presión en el cilindro y baja el pistón a su punto más bajo (PMI). En la carrera de PMS a PMI, aquí es donde se realiza el trabajo útil.

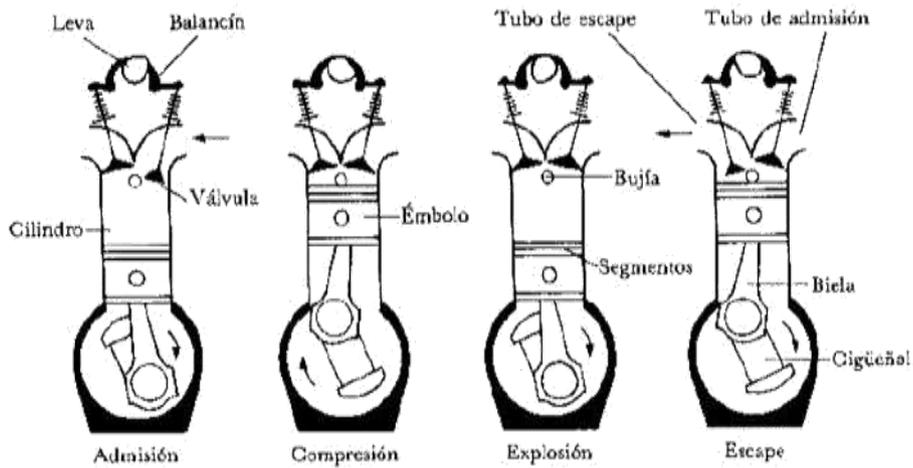


Fig 3. Motor combustión interna 4t.

Fuente: Mecánica UPB

Cuarto tiempo o cuarta etapa, se llama fuga de gas y comienza cuando el pistón alcanza su punto más bajo (PMI), luego se abre la válvula de escape y el pistón comienza a levantarse, expulsando con éxito los gases en combustión. Para cuando alcanza su punto máximo (TDC), la válvula de drenaje está cerrada, por lo que todo el proceso está completo.

Partes de un motor de combustión interna:

Piezas de motor de combustión interna de 4 tiempos: Los motores de motocicleta constan de una culata, un cilindro y un cárter.

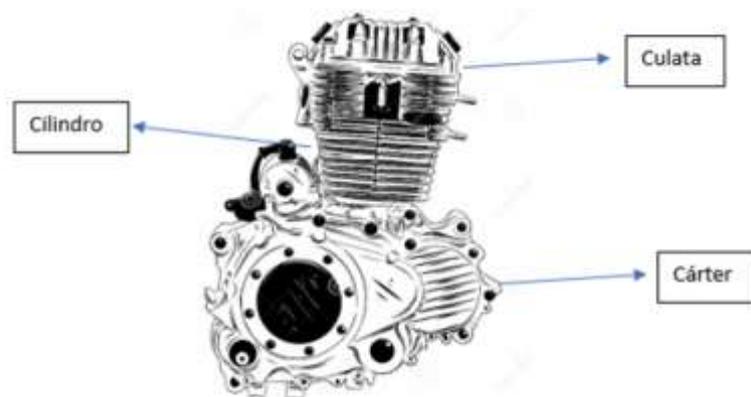


Fig 4. Piezas de motor combustión interna 4t.

Culata del motor, está hecho principalmente de hierro fundido y algunas piezas están hechas de aleación ligera o aluminio. Esta parte del motor realiza la función de abrir y cerrar las cámaras de combustión del motor a través de válvulas. Este bloque contiene el sistema de distribución, que es una colección de componentes como el basculante superior, las válvulas de admisión y escape, las bujías, la cámara de combustión donde se enciende la mezcla y las líneas de combustible. La gasolina ingresa al motor y al escape, a través del cual se filtran los gases de combustión de esta mezcla de gases.

Bujía, cuya función principal de la bujía es conducir la corriente generada en el transformador hacia la cámara de combustión y convertirla en una chispa de alto voltaje, esta chispa comenzará a arder, es decir, es la parte encargada de encender el aire.

Válvula, es una herramienta para regular y controlar fluidos, y puede abrir, cerrar, conectar, separar, regular, regular y aislar una variedad de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o más dañinos.

Cilindro, dependiendo del modelo de motor, nuestra motocicleta puede ser monocilíndrica o multicilíndrica. Para aclarar de manera sencilla, las piezas son de forma cilíndrica y operan a alta presión y alta temperatura. En el interior de estas piezas se mueven los pistones, por lo que podemos decir que es una especie de raíl para pistones, y nuestro trabajo se centrará en un motor monocilíndrico.

Carter, es el elemento que está a cargo de cerrar el bloque, a modo de depósito de aceite en la parte inferior, además de cumplir la función de protección de elementos externos, simultáneamente el aceite transfiere calor al exterior a través del Carter llegando a una temperatura ideal. Fabricado de una manera que no permite la estancación del aceite que es necesaria para cada motor.

Análisis de sonido:

Se puede precisar que el sonido físicamente es la propagación de ondas, porque son el resultado de vibraciones mecánicas dentro de un cuerpo elástico (gas, sólido o líquido). La correcta difusión de un lugar a otro se obtiene moviendo las partículas desde su lugar de reposo; Cuando una partícula está en movimiento, colisiona constantemente generando que esta se mueva, creando un efecto dominó que se extiende alrededor de las partículas vecinas y la fuerza elástica responsable de devolver cada partícula a su lugar. Dado que se requiere un medio elástico, se puede decir que el sonido no puede existir en el vacío [16].

Tono o Frecuencia, es el número de periodos de la onda por segundo. Cuantas más vibraciones por segundo, más fuerte será el sonido, y viceversa, cuanto más baja es la vibración, más peligrosa es.

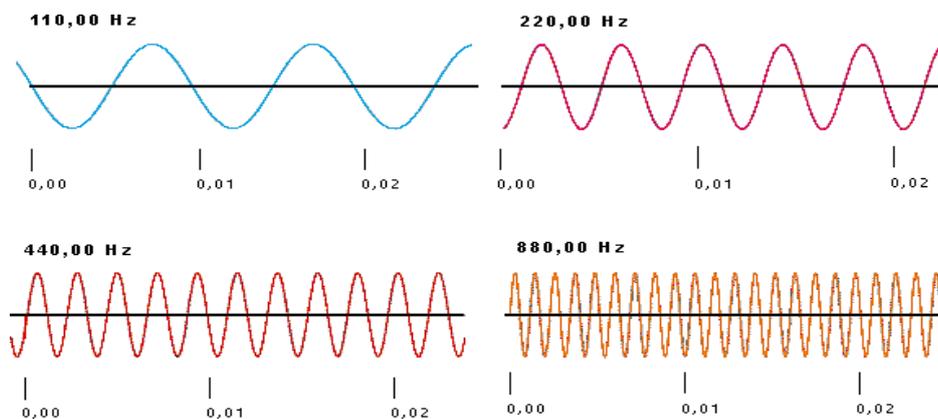


Fig 5. Cualidades del sonido.

Fuente: Mecánica UPB

La Intensidad o volumen, a esto se le llama la cantidad de energía sonora emitida por el ruido. Esta calidad es medida en decibelios (dB) y ayuda a diferenciar los sonidos altos de los débiles.

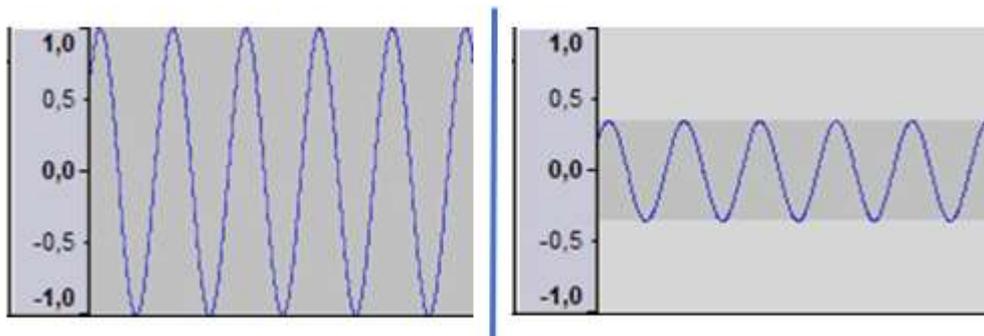


Fig 6. Onda de sonido suave y fuerte.

Fuente: Cualidades del sonido.

El timbre tiene la cualidad de permitir distinguir dos sonidos de la misma frecuencia e intensidad, pero de diferentes períodos. El sonido no consiste en una sola onda sinusoidal temporizada (un solo tono), puesto que el espectro está compuesto por la superposición de ondas sinusoidales simples, excepto en el caso de las unidades de afinación y escalas que componen el sonido.

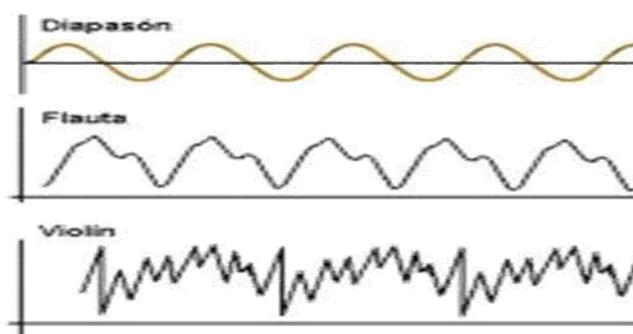


Fig 7. Diferentes timbres sonoros.

Fuente: Cualidades del sonido.

Representación en el tiempo de una onda sonora:

El sonido se puede representar como un gráfico de oscilación, que representa el cambio de presión en un punto fijo debido a las ondas sonoras. Los osciloscopios nos permiten determinar rápidamente ciertos caracteres del sonido.

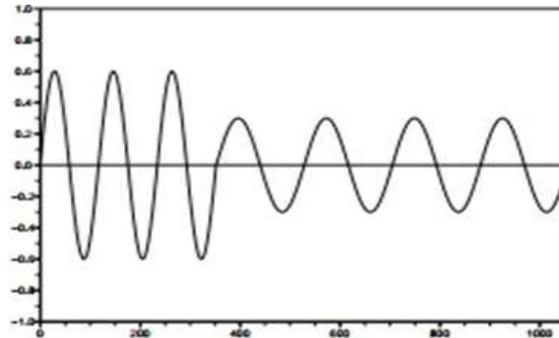


Fig 8. Onda Sonora en el Tiempo

Fuente: Apuntes de Acústica Musical

Otra característica principal del oscilograma se llama envolvente de amplitud, que es la curva representativa de cómo evoluciona la amplitud de una señal en el tiempo, además conecta todos los valores máximos para cada período porque en la práctica este valor permanece constante.

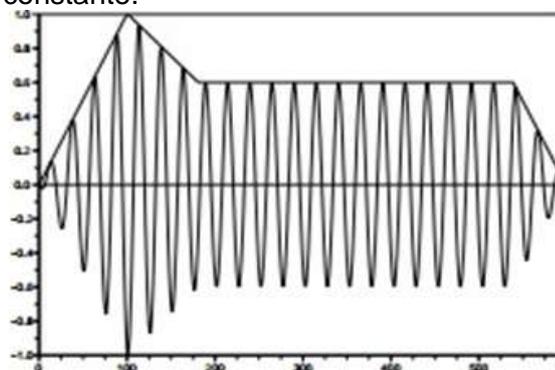


Fig. 9. Envolvente de amplitud

Fuente: Apuntes de Acústica Musical

Superposición de ondas, si hay ondas de sonido, se propagan y se afectan entre sí a pesar del hecho que existe una gran diferencia de intensidad entre las dos ondas,

por ello, debes saber cómo las ondas interfieren gracias a la suma algebraica de cada onda que crea el movimiento [17].

Superposición de Sinusoides de Igual Frecuencia. Se superponen ondas de la misma frecuencia, pero con diferentes amplitudes y fases; En algunos casos, la onda resultante tendrá una amplitud mayor si se suma la amplitud original y una amplitud menor si se resta la amplitud original; Hay casos en los que las ondas pueden anularse entre sí si tienen la misma amplitud y son repulsivas.

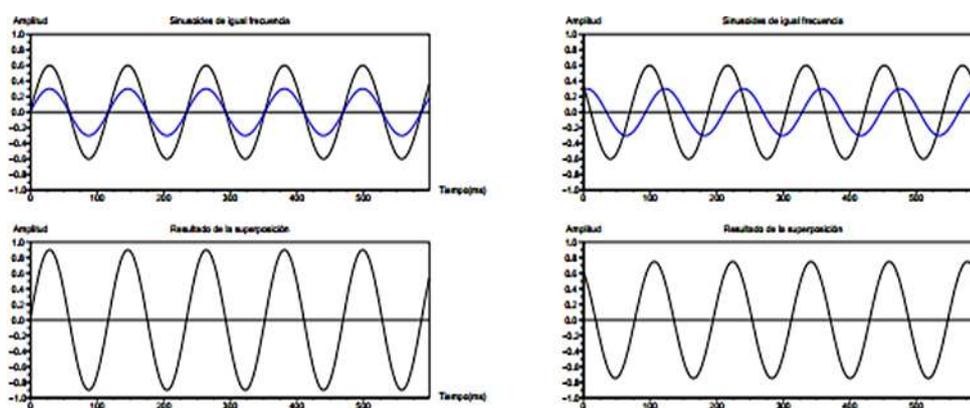


Fig 10. Superposición de ondas de igual frecuencia.

Fuente: Apuntes de Acústica Musical

Superposición de Armónicos, cuando se superponen dos frecuencias armónicas, la onda de resultados es periódicamente y el intervalo con la frecuencia básica, por lo que la frecuencia de correlación armónica debe ser múltiplos de la frecuencia básica. Por lo tanto, se obtienen frecuencias armónicas de diferente amplitud y fase, diferentes formas de onda [18].

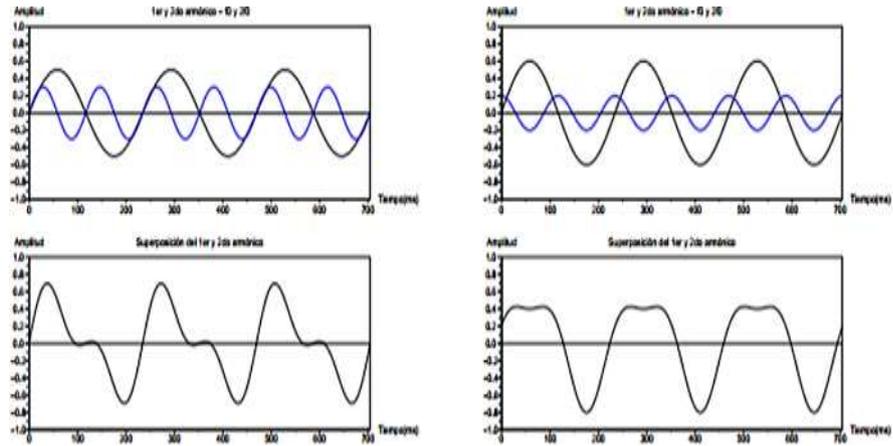


Fig 11. Superposición de armónicos.

Fuente: Apuntes de Acústica Musical

Representación de una onda sonora en frecuencia:

Espectro, es un fenómeno ondulatorio que muestra la división de las amplitudes de cada frecuencia y que plasma el sonido a través de sus componentes, por ello el eje horizontal representa la frecuencia y el eje vertical representa la amplitud.

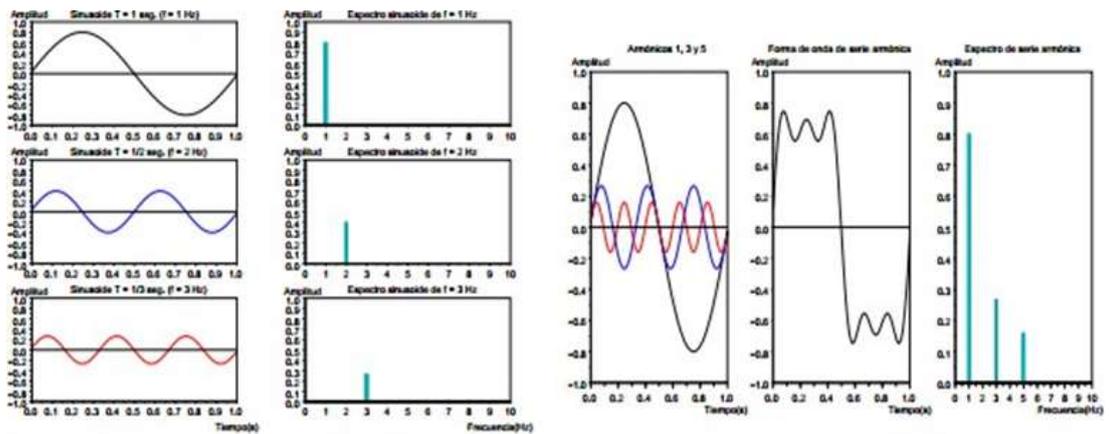


Fig 12. Espectros de ondas normales y armónicos.

Fuente: Apuntes de Acústica Musical

Tipos de espectro del sonido.

Espectro armónico, se compone de componentes armónicos, es decir, múltiplos enteros de la frecuencia fundamental y su forma de onda es periódica. Su espectro tiene un carácter diferente, y las frecuencias correspondientes a los armónicos son los componentes espectrales más importantes.

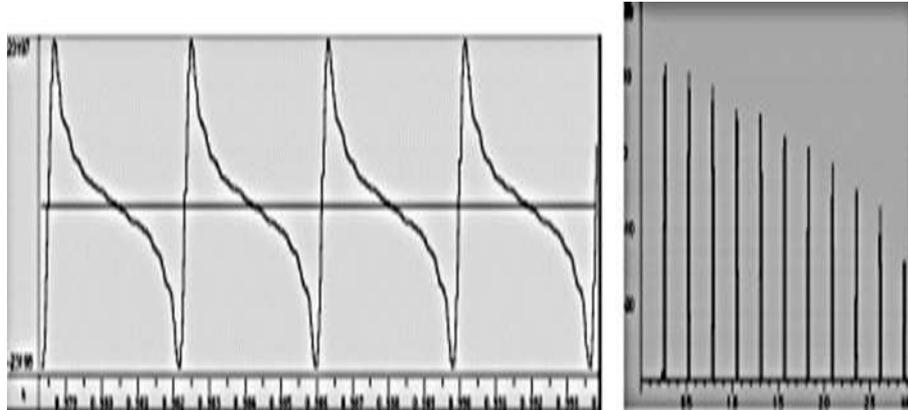


Fig 13. Sonido y espectro armónico.

Fuente: Apuntes de Acústica Musical

Espectro Inarmónico, los tonos del espectro de ondas sonoras constan de un conjunto de componentes de frecuencia discretos sin relación armónica. Estos componentes a menudo se denominan partes parciales. La forma de onda resultante es corriente alterna, un espectro separado y cada frecuencia parcial tiene un pico espectral.



Fig 14. Sonido y espectro inarmónico.

Fuente: Apuntes de Acústica Musical

Espectro continuo o ruido, el sonido se compone de una gran cantidad de elementos muy próximos entre sí, conocidos como espectro continuo o ruido. Su espectro no presenta un carácter discreto como en los casos anteriores, sino que consiste en una curva continua que se extiende sobre un amplio rango de frecuencias. Su forma de onda no es periódica, al contrario, aparece de forma aleatoria. Dos tipos de ruido artificial (generado electrónicamente) son importantes: ruido blanco y ruido rosa [19].

El espectro de ruido blanco, es una curva de frecuencia fija, es decir, todas las frecuencias tienen la misma intensidad (de ahí el nombre de luz blanca similar a la luz blanca con todos los colores presentes). Igual intensidad). No existe un espectro uniforme para el ruido rosa, pero tiene la misma cantidad de energía de audio en cada respuesta. Por esta razón, las frecuencias más débiles son más intensas que las frecuencias más fuertes.

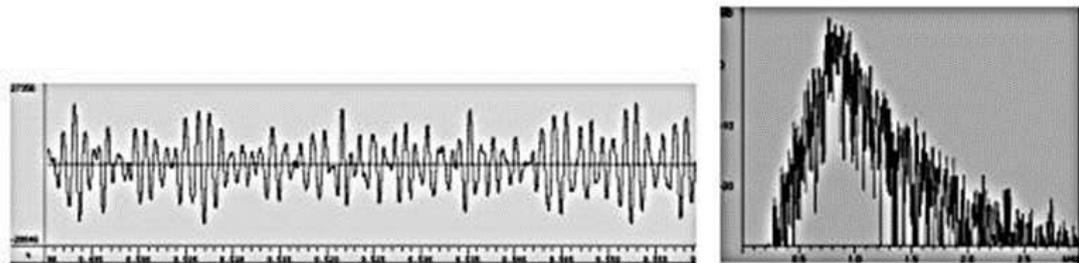


Fig 15. Ruido y espectro continuo.

Fuente: Física del sonido, 2006

Teorema de Fourier:

Según esta teoría, las ondas periódicas se pueden representar superponiendo frecuencias sinusoidales de acuerdo con una relación armónica. La frecuencia fundamental de los armónicos se obtiene repitiendo ondas periódicas.

Además, obtener la amplitud y fase de cada armónico necesario para representar la onda periódica que se analiza es un procedimiento matemático. Se ha determinado que el componente del movimiento periódico se llama análisis de Fourier y la combinación de una serie de armónicos en un movimiento complejo se llama síntesis de Fourier. Las cantidades definidas en el análisis son la frecuencia, amplitud y fase inicial de cada armónico de cada componente.

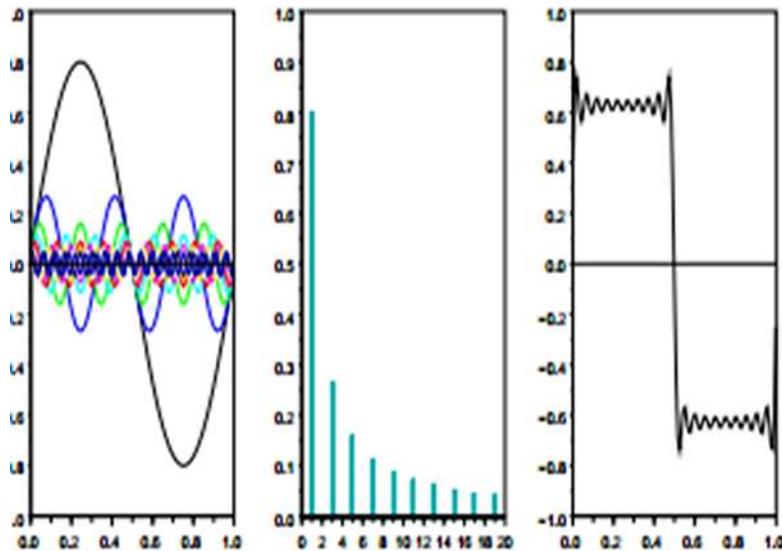


Fig 16. Espectro de onda cuadrada, onda resultante.

Fuente: Apuntes de acústica musical.

El teorema de Fourier se aplica a los sonidos periódicos, pero esto no sucede en la vida real porque sus amplitudes cambian con el tiempo; Sin embargo, se aplica una versión más general de esta teoría cuando se puede demostrar que los sonidos que varían en el tiempo tienen un espectro continuo, donde todas las frecuencias son de cierta magnitud. Si el sonido cambia lentamente, las frecuencias discretas correspondientes a los armónicos siempre serán más altas. Por otro lado, si la varianza es grande de un ciclo a otro, la característica discreta del espectro desaparecerá y la

representación de la frecuencia será una curva continua que cubre un amplio rango de frecuencias [20].

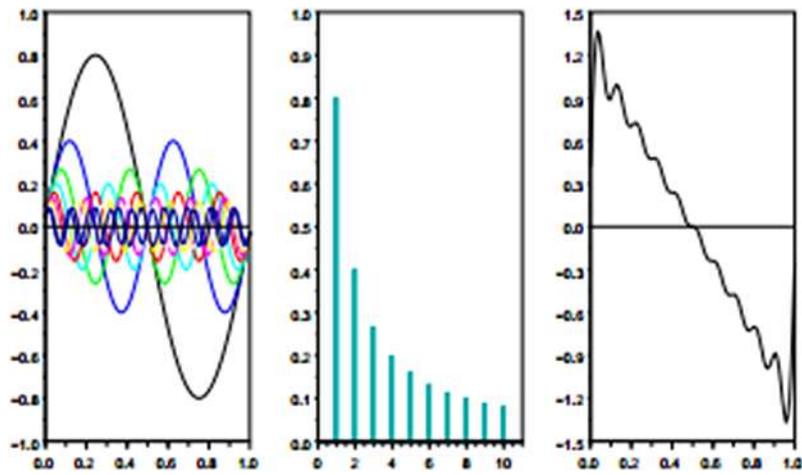


Fig 17. Espectro de onda diente de sierra, onda resultante.

Fuente: Apuntes de acústica musical.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La presente investigación tiene un enfoque cuantitativo y de tipo experimental, ya que solo se utilizarán datos reales los cuales permitirán simular para obtener datos que permitan validar el estudio sin modificar la realidad.

Diseño de la investigación.

La presente investigación tiene un diseño descriptivo explicativo, lo cual podrá describir la realidad sin ser modificada con un corte transversal, a su vez se debe señalar todo lo que debe hacerse, de tal manera que cualquier investigador con conocimiento en el área consiga alcanzar los objetivos del estudio, responder las preguntas que se han planteado y fijar un valor de verdad a la hipótesis de la investigación.

Para la etapa de recolección de datos en la investigación del análisis se realizó a nivel descriptivo, porque describe, registra y evalúa las diferentes variables del análisis acústico para optimizar la detección de fallas.

2.2. Variables, operacionalización

- **Variable independiente:** Espectro acústico.
- **Variable dependiente:** Fallas en la cámara de combustión

TABLA 1.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Valores finales	Técnicas e instrumentos	Tipo de variable	Escala de medición
Variable independiente espectro acústico	Se define espectro acústico a la representación de la distribución de energía sonora en función a una frecuencia, el espectro es importante ya que la percepción auditiva del sonido predominantemente espectral. El espectro acústico se puede visualizar mediante el espectrograma, que es la representación de las variaciones de frecuencia en el eje vertical y de la intensidad del sonido a lo largo del tiempo en el eje horizontal se aplica la transformada de Fourier.	La variable espectro acústico, será medida por las siguientes dimensiones: Frecuencia, tiempo y amplitud.	Frecuencia	Hertzios	Hz (ciclo por segundo)	Técnica Observación Directa Análisis documentario Instrumento Guía de observación Ficha de investigación	Numérica	De intervalo Bajo Medio Alto
			Tiempo	Milisegundos	ms			
			Amplitud	Decibeles	Decibelio (dB)			

Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Valores finales	Técnicas e instrumentos	Tipo de variable	Escala de medición
Variable dependiente Fallas en la cámara de combustión	Hace referencia a las posibles causas de fallas en la cámara de combustión, que pueden ser por las bujías de encendido por un valor calorífico demasiado bajo, mezcla demasiado pobre provocando temperaturas elevadas de combustión, válvulas dañadas, residuos de combustión incandescentes sedimentación de aceite carbonizada la cámara de combustión.	La variable fallas en la cámara de combustión, será medida por las siguientes dimensiones: calibración de la bujía, calibración de válvulas, mezcla aire combustible.	Calibración de la bujía	Espesor de la lina	Inch	Técnica Encuesta Análisis documentario Instrumento Cuestionario Ficha de investigación	Numérica	Razón
			Calibración de válvulas	Espesor de la lina	Inch			
			Mezcla aire combustible	Relación de la mezcla	7:9			

2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección

Población de estudio: Vehículo motorizado lineal de 200cc.

Muestra: La investigación tomará datos de motos lineal de motor de 200cc modelo EVO en la marca Wanxin.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica de recolección de datos:

Para recopilar los datos y procesar la información necesaria para esta investigación, se utilizaron las siguientes técnicas:

Observación: Para el desarrollo de esta investigación se aplicó la técnica de la observación, ya que permitirá observar de manera directa el objeto de estudio, que para este caso es el espectro acústico, dónde registrará la onda producida por el funcionamiento del motor de dos tiempos.

Encuesta: También se aplicó la encuesta con una técnica para recolectar datos, fue dirigida hacia los supervisores mecánicos encargados de las revisiones técnicas a los vehículos, con la finalidad de conocer el mantenimiento predictivo realizado a los motores de combustión interna mediante el espectro acústico como parte del análisis de fallas.

Análisis documental o bibliográfico: Gracias a Esta técnica aplicada en la investigación, se logró explorar publicaciones como artículos, papers y tesis relacionadas al tema de nuestra investigación teniendo en cuenta términos de búsqueda relacionadas a las variables de estudio.

Instrumentos de recolección de datos:

Para recopilar los datos y procesar la información necesaria para esta investigación, se utilizaron las siguientes técnicas:

Guía de observación: Gracias a este instrumento de recolección de datos, se logró analizar y registrar los datos obtenidos por el espectro acústico, de una manera ordenada.

Esta guía de observación está compuesta por tres partes la primera sobre el el equipo de medición donde se escribe las características del sonómetro y micrófono, la segunda parte describe las características del motor de combustión interna, y la tercera parte es el análisis del espectro acústico donde se describe la fecha del análisis la frecuencia y los decibeles en determinados tiempos.

Cuestionario: Gracias a este instrumento de recolección de datos se logró elaborar una serie de preguntas, relacionadas al tema de investigación que fue dirigida al supervisor mecánico de la planta de revisión técnica, donde se tomaron en cuenta criterios como: Principales fallas en los motores de combustión interna, diagnóstico de fallas en motores de combustión interna mediante espectro acústico, frecuencia de mantenimiento aplicado a un mismo cliente.

El cuestionario de encuesta está estructurado empezando por las generalidades donde se escriben la ubicación fecha y el representante del taller a quién va dirigido la encuesta, luego se describe las características de los vehículos menores, posteriormente se realizan 10 preguntas relacionadas a las fallas comunes en los motores de combustión interna de motocicletas.

Ficha de investigación: Gracias a este instrumento, se logró recopilar datos relevantes de los artículos científicos, papers y tesis relacionadas al tema de investigación; donde se tomaron en cuenta criterios como: Origen de la publicación, año de la publicación,

autor, el tema que aborda, el problema que aborda, metodología empleada en su investigación, principales resultados y conclusiones de la investigación.

La ficha de investigación está compuesta por las referencias de cada investigación ya sean artículos papers tesis donde se describe el tipo de investigación, la fuente, autores, como también los principales resultados obtenidos y las conclusiones.

TABLA 2.
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Técnicas	Instrumentos	Objetivo
Observación directa	Guías de observación	Permite obtener información para luego ser registrada. Se registrará el diagnóstico dado por el espectro acústico.
Encuesta	Cuestionario	Se entrevistará a los supervisores mecánicos de la planta revisión técnica, para obtener información sobre la funcionalidad de los equipos consumidores de energía.
Análisis documentario	Ficha de investigación	Se analizarán los históricos de facturación de la planta.

2.5. Procedimiento de análisis de datos

Para poder obtener los datos e información necesarios en nuestro proyecto de tesis, es necesario utilizar algunas herramientas para tal fin, por lo que se han considerado los siguientes métodos:

Bombas de búsqueda: Herramientas utilizadas para recopilar información, es importante y necesario utilizar motores de búsqueda (Google Scholar, Scirus, etc.), ya que esto nos facilita la búsqueda de la ciencia de la información que anteriormente fue realizada por otros investigadores.

Los métodos de análisis de datos se utilizarán para transformar el conjunto de datos con el fin de verificarlo, y al mismo tiempo brindarle una justificación para el análisis, por esta razón, en este análisis se deben seguir los siguientes pasos:

Depuración de datos: Con este paso, encontraremos y corregiremos cualquier inconsistencia de datos que pueda haber causado la aparición de registros duplicados o incorrectos en la base de datos.

Selección de programas estadísticos (Excel): Se puede elegir entre estos o más programas que nos ayuden a llegar a los resultados propuestos, de esta manera obtener resultados que se puedan analizar.

Aplicación del programa seleccionado: En este programa se podrá digitar manualmente la base de datos obtenida y de esta manera obtener resultados que se puedan analizar.

Interpretación de datos obtenido: Busca interpretar y comprender los resultados, teniendo en cuenta un nivel de confianza predeterminado. Prepara los resultados. Finalmente, se organizará la información para que funcione mejor.

Para tener un orden secuencial de las etapas de la investigación en cuanto a la recolección de información para el desarrollo de la misma, se elaboró un diagrama de flujo.

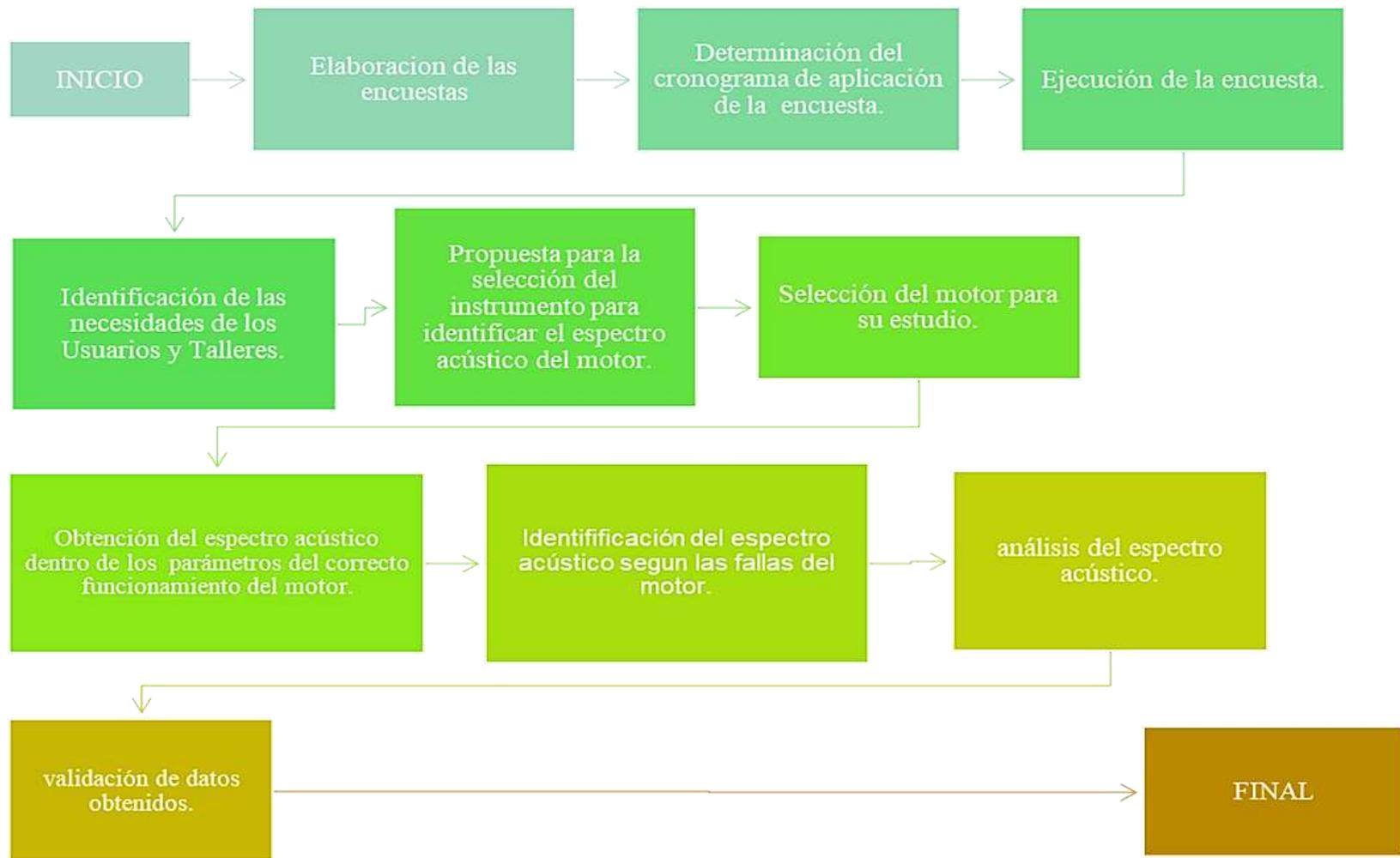


Fig 18. Flujograma del proceso de recolección de datos.

2.6. Criterios éticos

Como alumno de la Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, aseguro que el desarrollo de este proyecto de tesis se llevará a cabo en relación a las personas, la economía, la naturaleza física y natural, de manera razonable y correcta. Formas de evitar abusos y respetar las disposiciones de la ley. Cabe señalar que los conceptos y datos presentados en este estudio provienen de fuentes bibliográficas confiables y de investigaciones revisadas.

Los datos obtenidos de fábricas o entidades públicas, son de gran veracidad, por lo cual se sustentará mediante documentos debidamente sellados, emitidos por los mismos, para su comprobación.

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se tendrán en cuenta criterios de aplicación, confiabilidad, confiabilidad, objetividad y validez.

Aplicabilidad: Los resultados a obtener en esta investigación pueden ser antecedentes de otros estudios.

Confiabilidad: La metodología de investigación permite resolver la problemática de manera cuantitativa a través del diseño óptimo de una máquina confiable.

Fiabilidad: La entrevista generada posee una cualidad de fiable que permite obtener resultados reales y creíbles.

Objetividad: La problemática de esta investigación demuestra la realidad tal cual.

Validez: Las variables de investigación presentan un estudio viable que logra definir los parámetros de diseño.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

Definir características del instrumento para la medición de las señales acústicas:

Un sonómetro siempre incluye un micrófono cuya respuesta en frecuencia es similar a la frecuencia del sonido, generalmente entre 8 Hz y 22 kHz. Circuito de procesamiento de señales electrónicas. La unidad de lectura del sonómetro está disponible en (medidor de nivel, LED, pantalla digital, etc.).

El micrófono convierte la señal de audio en una señal eléctrica proporcional. La señal eléctrica emitida por el micrófono es muy débil; Entonces se disfraza de preamplificador antes de enviarlo al procesador principal. Los medidores de nivel de sonido miden la cantidad de ruido presente en un lugar en particular y en un momento en particular. La unidad utilizada en los sonómetros es el decibelio.

El sonómetro con el cual se tomará los datos es BENETECH GM1356 30 ~ 130 dBA que es brindado por la entidad REVIPERU S.A.C. puesto que es un sonómetro con certificado de calibración.

Esta máquina está diseñada de acuerdo con los siguientes estándares

A: Comité de Normas Internacionales para Electricistas: IEC PUB 651 TYPE2

B: Estándar americano: ANSI S1.4 TYPE2

- Respuesta de frecuencia: 31,5 Hz ~ 8,5 kHz.
- Nivel de medición: 30 ~ 130, 40 ~ 90, 50 ~ 100, 60 ~ 110, 80 ~ 130.
- Característica de ponderación de frecuencia: A&C.

- Peso de tiempo: rápido / lento. Frecuencia de muestreo: 2 veces / seg. Micrófono: Micrófono de condensador polarizado de 1/2 ".
- Salida AC / DC. Lectura máxima. Salida PWM. Evaluación.
- Almacene 4700 datos. Interfaz USB a la computadora. Software de análisis.
- Indicador de sobrecarga: MÁS / MENOS.
- Luz de fondo automática.
- Indicador de batería baja. Apagado automático.

El micrófono: Un transductor de audio convierte una forma de energía en otra. Su función es crear un vínculo entre el entorno acústico en el que se desarrolla el sonido y el medio eléctrico en el que se almacena, procesa o transmite la señal.

Micrófono Condensador BM-800 RODSON: El micrófono BM800 capta una frecuencia de 20 Hz a 20 kHz y, por lo tanto, cumple con los requisitos de alta calidad para la transmisión y grabación de audio.

Su soporte de araña AntiShock aísla la mayor parte del ruido causado por los golpes cuando se dispara el micrófono e incluye el adaptador de tornillo para que puedas llevarlo contigo a cualquier parte.

Características:

- Patrón polar: Uni-direccional
- Respuesta de frecuencia: 20Hz – 20 KHz
- Sensibilidad: 45dB+/-1Db.
- Impedancia de salida: 1500+/-30% (a 1KHz).

- Impedancia de carga: 1000 Ω .
- Equivalente a nivel de ruido: 16dBA.
- Corriente eléctrica: 3mA.
- Peso del micrófono: 270g.
- Dimensiones: 16x5x5 cm.
- Longitud de cable: 2 m.
- Materiales del Mic: Acero y Aleación de Zinc.
- Color Mic: cuerpo celeste, malla plateada.



Fig 19. GM 1356 USB Digital Sound Level Meter.

Determinar el patrón de espectro acústico de un motor de 200cc sin presencia de falla en la cámara de combustión:

El siguiente espectro fue obtenido mediante el programa de software libre Audacity. La toma de muestras se realizó con un micrófono Condensador BM-800 RODSON.

La toma de las muestras se realizó a diferentes motocicletas en un correcto funcionamiento, dentro de los cuales los parámetros correctos son:

RALENTÍ (MINIMO): va desde 800 rpm hasta 1500 rpm, siendo lo ideal de 1000 rpm a 1200 rpm.

TRABAJO IDEAL: el correcto funcionamiento de una motocicleta se da al 6000 rpm.

Para la moto 1 se hizo el muestreo en ralentí de 1400 rpm; con una variación normal de ± 100 rpm.

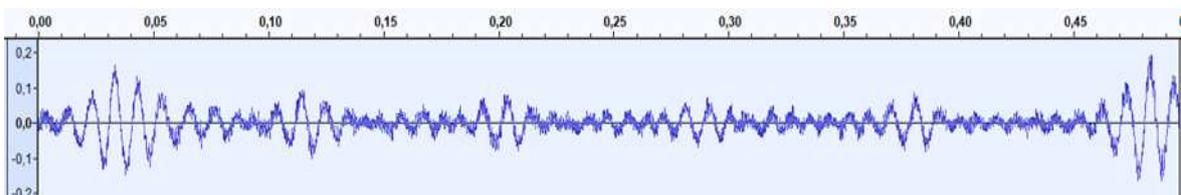


Fig 20. Amplitud de frecuencia en el tiempo para motor en óptimo funcionamiento, 1.

En la imagen 23, se encuentra procesada la información, en donde se puede visualizar el sonido de la moto en tiempo y frecuencia; los parámetros observados están dentro del límite del rango adecuado, además las variaciones graficadas se deben a las variaciones del rpm que es normal en este tipo de vehículos.

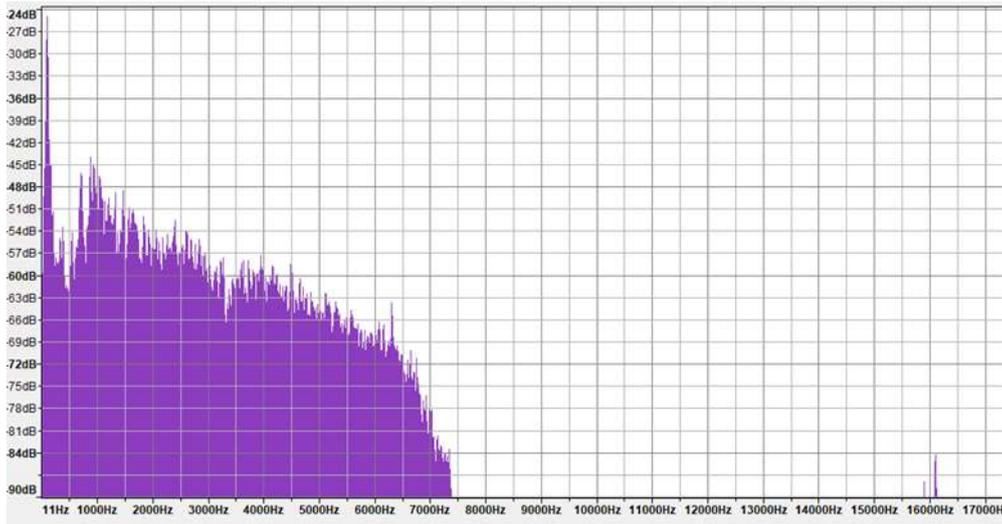


Fig 21. Espectro acústico graficado en Hz y dB, (moto 1)

En la figura 24, podemos deducir del espectro acústico que la motocicleta está en el límite del rango de su correcto funcionamiento pues se observa un pequeño ruido a los 16000Hz.

Para la moto 2 se hizo el muestreo en ralentí de 1300 rpm; con una variación normal de ± 100 rpm.

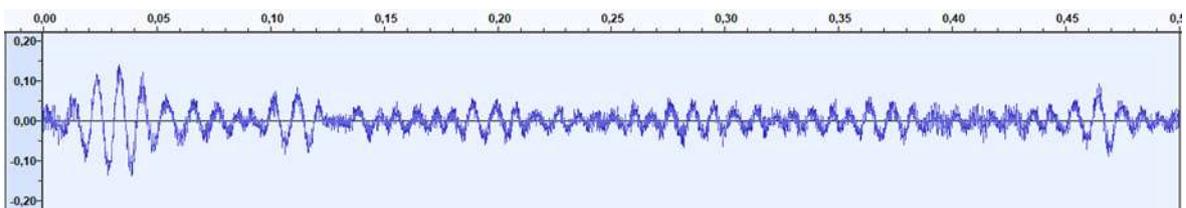


Fig 22. Amplitud de frecuencia en el tiempo para motor en optimo funcionamiento, 2.

En la imagen 25, se encuentra procesada la información, en donde se puede visualizar el sonido de la moto en tiempo y frecuencia; los parámetros observados están dentro de un rango adecuado, además las variaciones graficadas se deben a las variaciones del rpm que es normal en este tipo de vehículos.

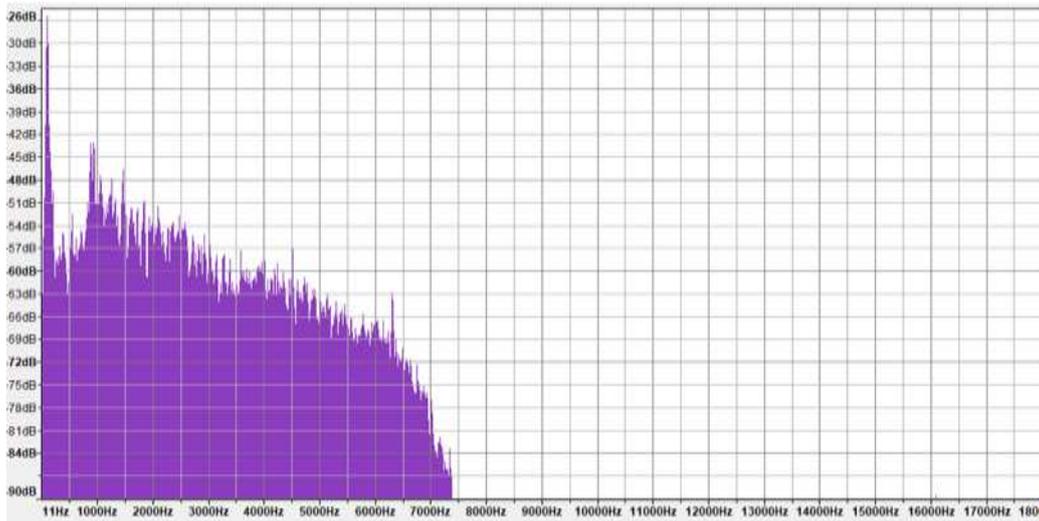


Fig 23. Espectro acústico graficado en Hz y dB, (moto 2)

En la figura 26, podemos deducir del espectro acústico que la motocicleta está en el correcto rango de funcionamiento pues se observa un mínimo ruido a los 16000Hz.

Para la moto 3 se hizo el muestreo en ralentí de 1100 rpm; con una variación normal de ± 100 rpm.

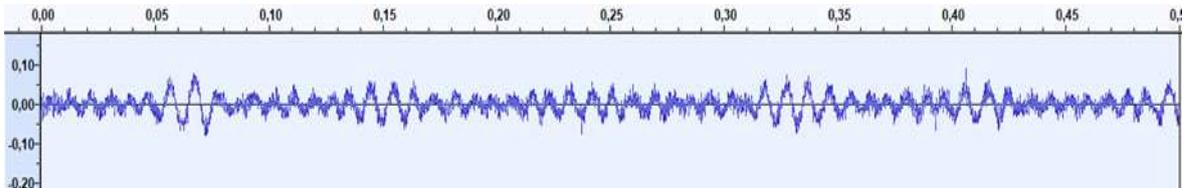


Fig 24. Amplitud de frecuencia en el tiempo para motor en optimo funcionamiento, 3.

En la imagen 27, se encuentra procesada la información, en donde se puede visualizar el sonido de la moto en tiempo y frecuencia; los parámetros observados están dentro de un rango ideal, pues se observa más estable la gráfica, además las variaciones graficadas se deben a las variaciones del rpm que es normal en este tipo de vehículos.

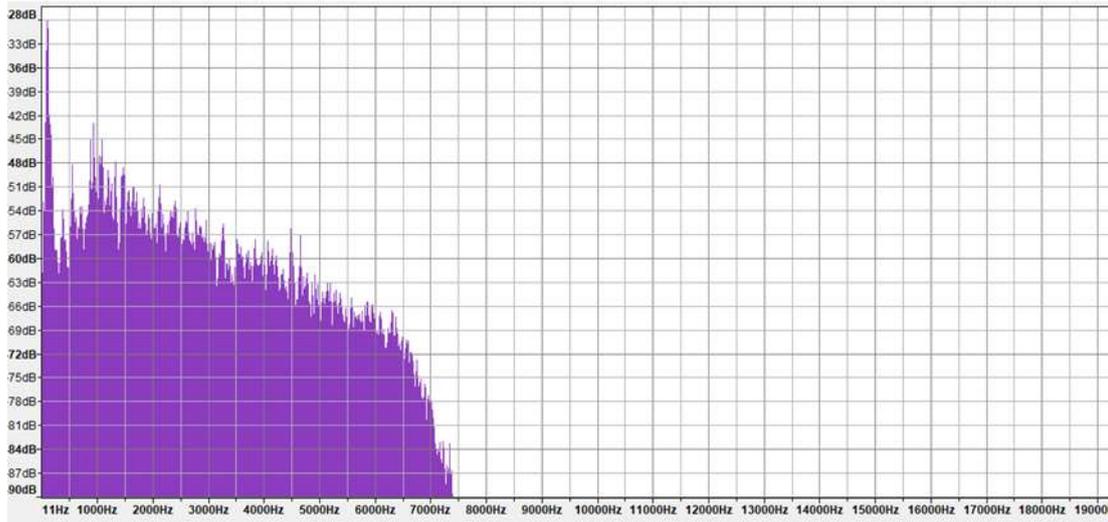


Fig 25. Espectro acústico graficado en Hz y dB, (moto 3)

En la figura 28 podemos deducir del espectro acústico que la motocicleta está en el rango ideal de funcionamiento pues no observa ningún ruido a los 16000Hz.

Para la moto 4 se hizo el muestreo en ralentí de 900 rpm; con una variación normal de ± 100 rpm.

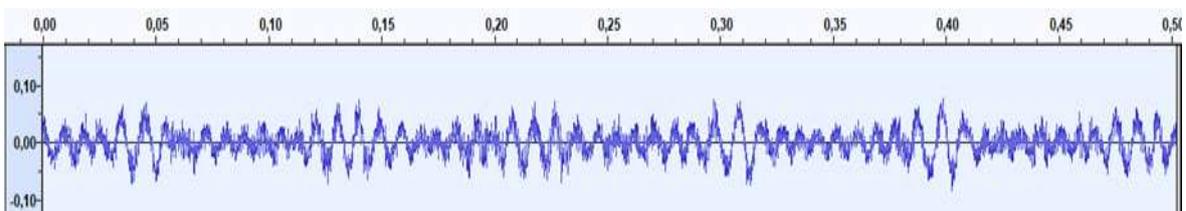


Fig 26. Amplitud de frecuencia en el tiempo para motor en optimo funcionamiento, 4.

En la imagen 29 se encuentra procesada la información, en donde se puede visualizar el sonido de la moto en tiempo y frecuencia; los parámetros observados están dentro de un rango adecuado, pues se observa estable la gráfica, además las variaciones graficadas se deben a las variaciones del rpm que es normal en este tipo de vehículos.

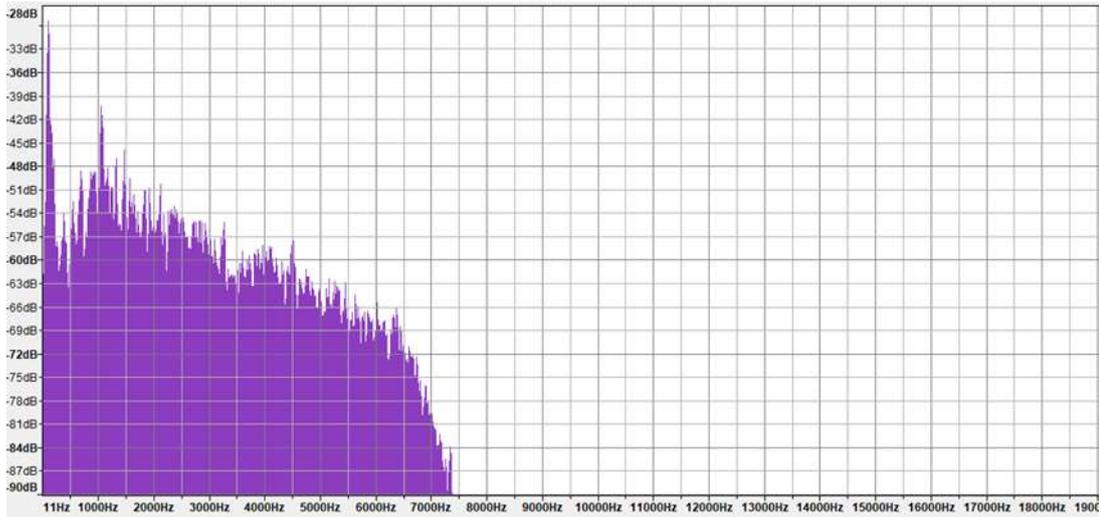


Fig 27. Espectro acústico graficado en Hz y dB, (moto 4)

En la figura 30, podemos deducir del espectro acústico que la motocicleta está en el rango adecuado de funcionamiento pues no observa ningún ruido a los 16000Hz.

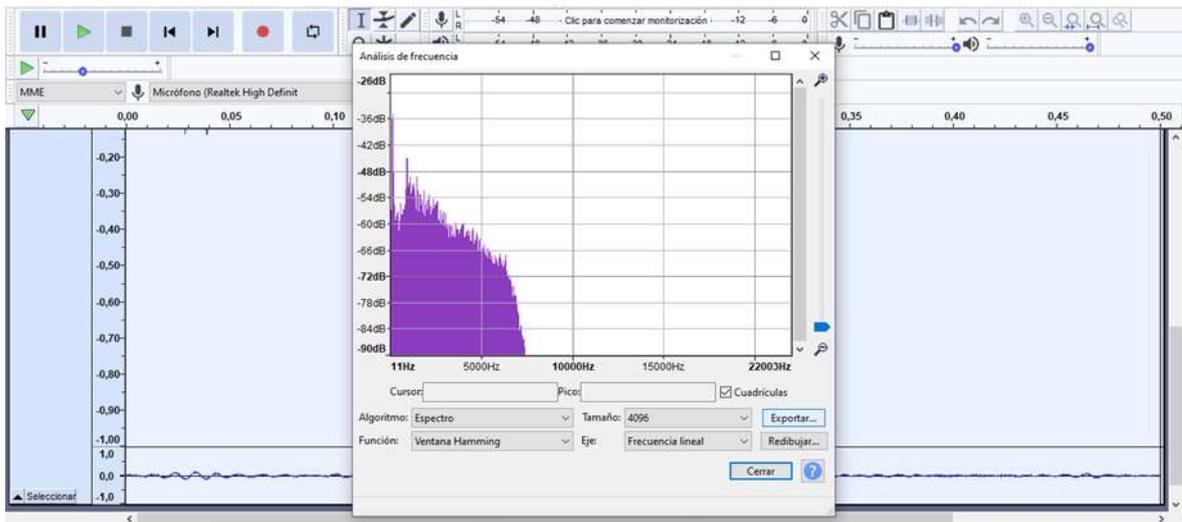


Fig 28. Interfaz del programa.

En la imagen 31, nos muestra la opción de exportar los datos obtenidos para proceder a realizar los análisis correspondientes.

Frecuencia (Hz)	Nivel (dB)
10,766602	-64,647072
21,533203	-60,401566
32,299805	-54,641674
43,066406	-50,820320
53,833008	-49,995552
64,599609	-41,430111
75,366211	-35,669422
86,132813	-27,936768
96,899414	-26,051670

Fig 29. Datos obtenidos, archivo block de notas.

En la imagen 32, se tiene como referencia a los archivos exportados de los espectros acústicos de las imágenes 24, 26, 28, 30; las frecuencias con sus respectivos dB fueron extraídos y procesados a un Excel como se muestra a continuación:

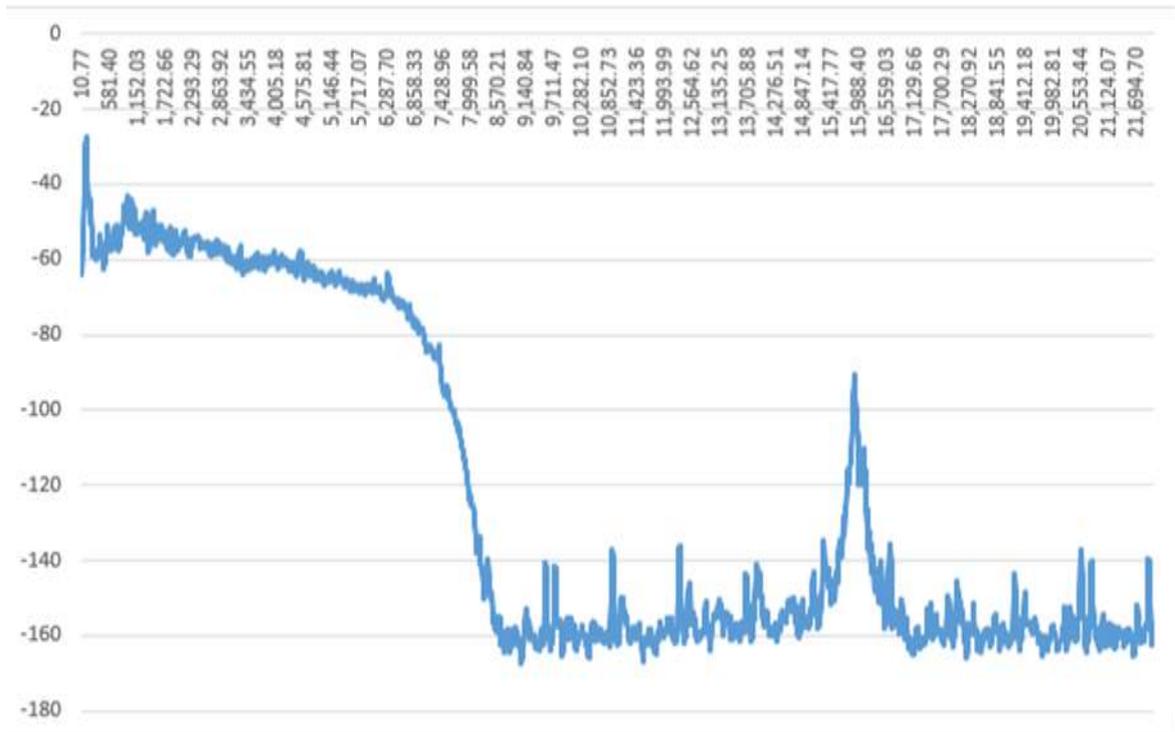


Fig 30. Procesamiento de datos.

Gracias a los datos procesados en Excel podemos observar una gráfica más detallada del espectro acústico de una motocicleta en correcto funcionamiento en ralentí.

Para la moto 1 se hizo el muestreo en 6000 rpm; con una variación normal de +- 100 rpm.

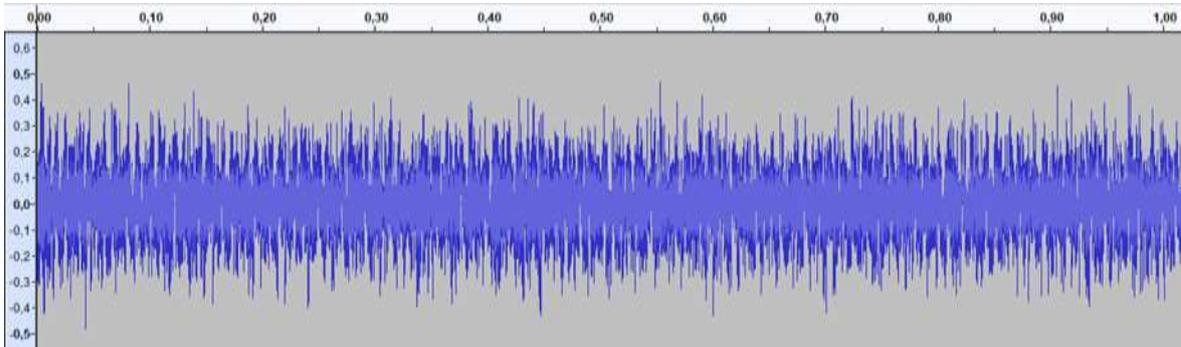


Fig 31. Amplitud de frecuencia en el tiempo, moto en correcto funcionamiento.

En la imagen 34, se encuentra procesada la información, en donde se puede visualizar el sonido de la moto en tiempo y frecuencia para un rango de 6000rpm que es el rango adecuado para el trabajo de la motocicleta, se puede observar estable la gráfica, además las variaciones graficadas se deben a las variaciones del rpm que es normal en este tipo de vehículos.

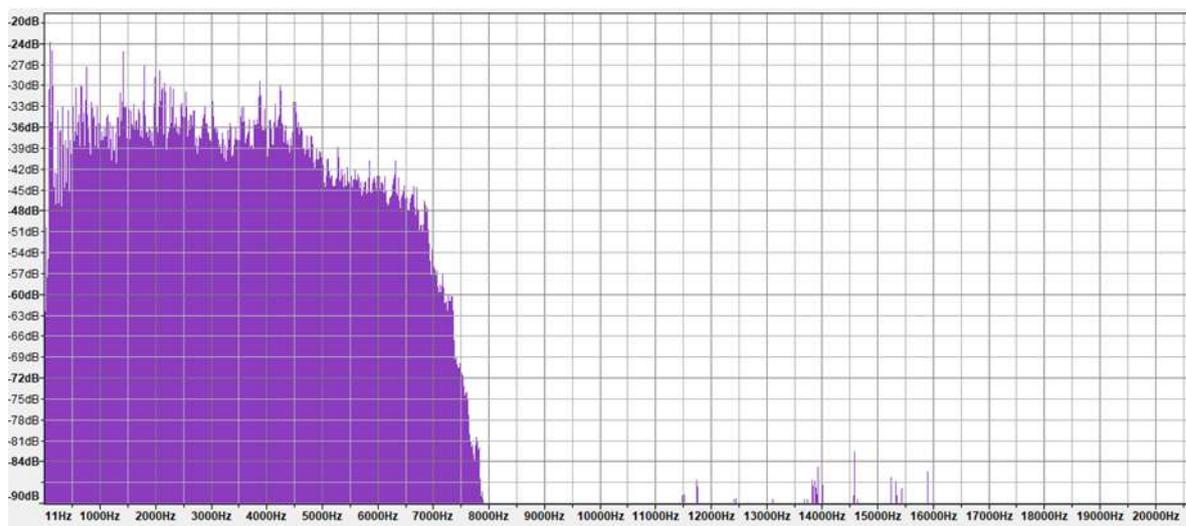


Fig 32. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

En la figura 35 podemos deducir del espectro acústico que la motocicleta está en el rango adecuado de funcionamiento, se observa pequeños ruidos entre los 11500Hz y 16000Hz procedentes del rpm del motor.

Para la moto 2, 3 y 4 se observa:

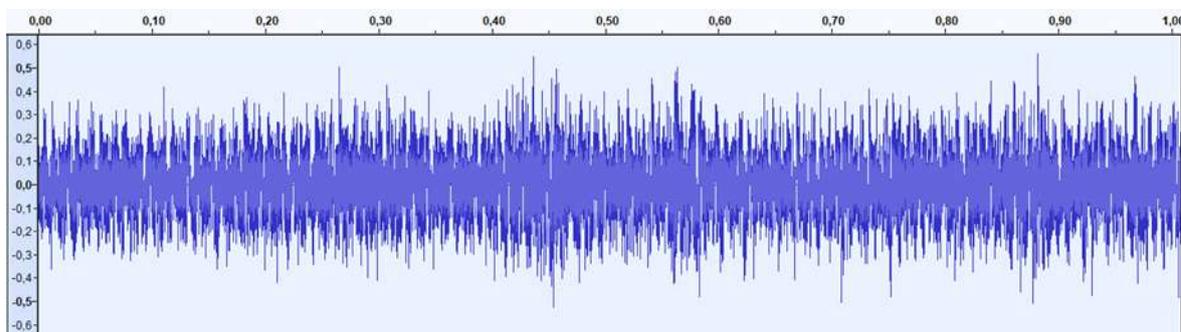


Fig 33. Amplitud de frecuencia en el tiempo, moto en correcto funcionamiento.

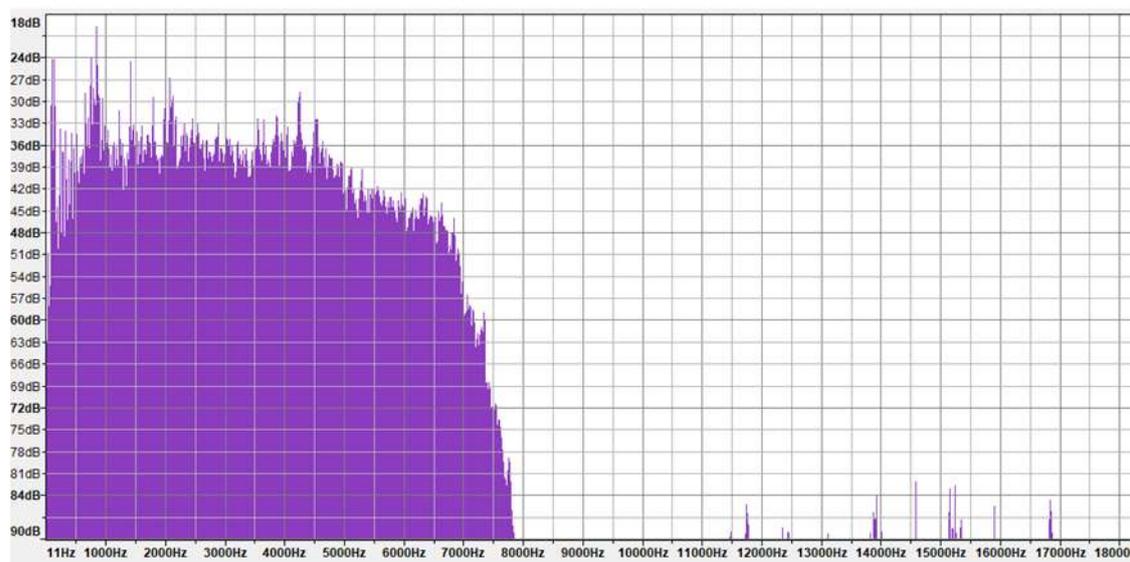


Fig 34. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

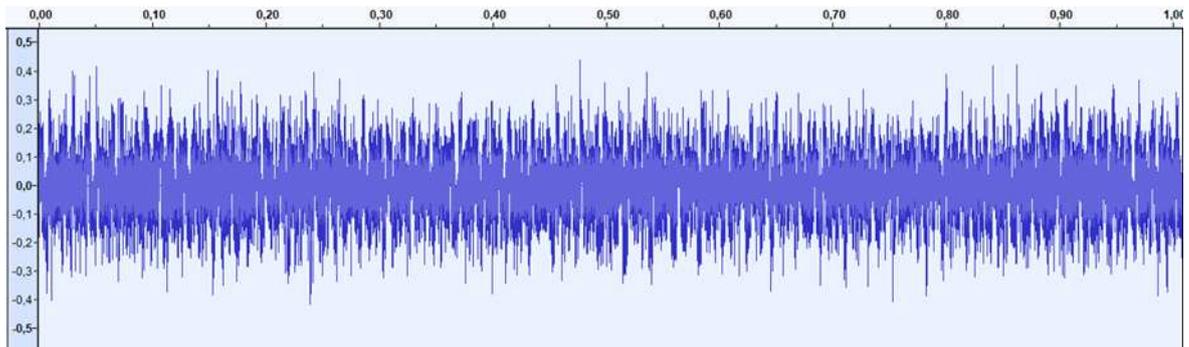


Fig 35. Amplitud de frecuencia en el tiempo, moto en correcto funcionamiento.

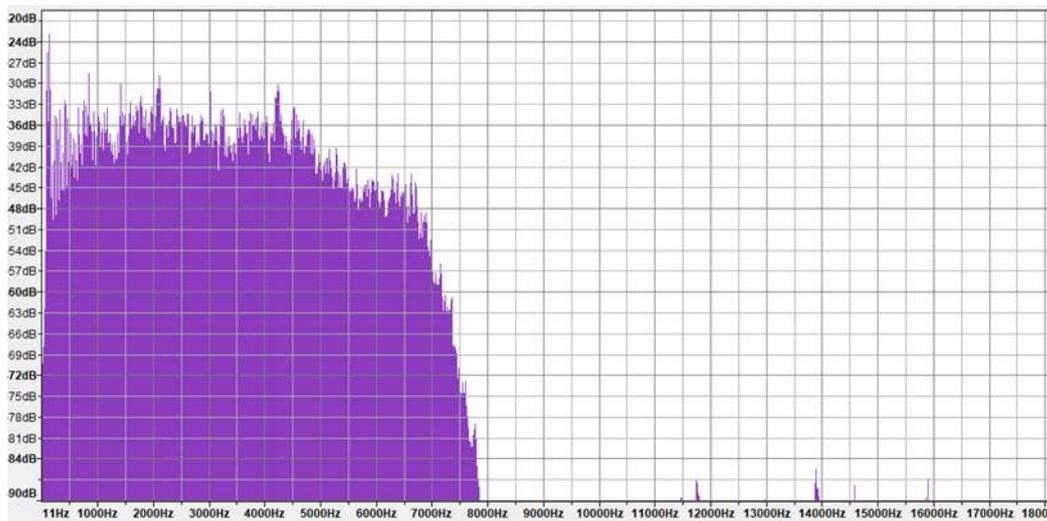


Fig 36. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

En la figura 39 podemos deducir del espectro acústico que la motocicleta está en el rango adecuado de funcionamiento, se observa pequeños ruidos entre los 11700Hz y 15900Hz procedentes del rpm del motor.

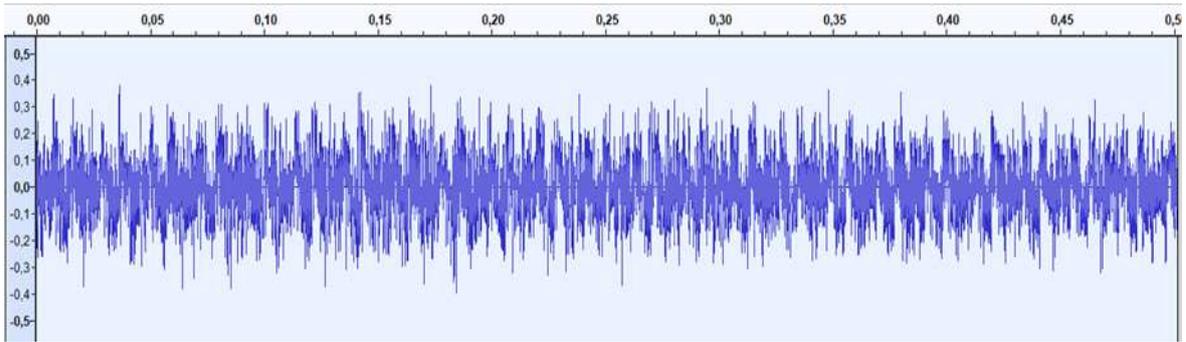


Fig 37. Amplitud de frecuencia en el tiempo, moto en correcto funcionamiento.

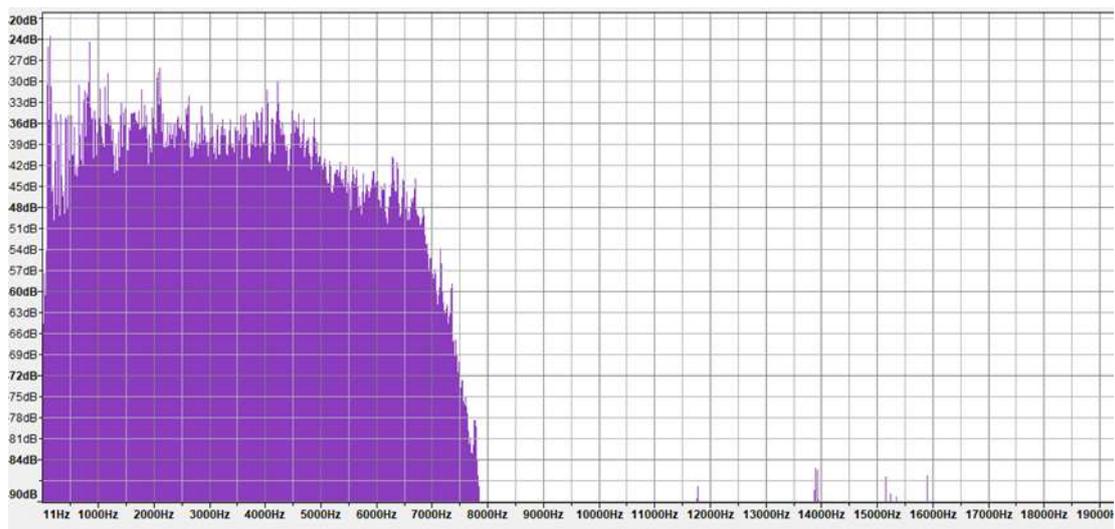


Fig 38. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

En la figura 41 podemos deducir del espectro acústico que la motocicleta está en el rango adecuado de funcionamiento, se observa pequeños ruidos entre los 11500Hz y 16000Hz procedentes del rpm del motor.

Para el caso de la moto 2,3 y 4 correspondientes a las figuras 33, 34, 35, 36, 37 y 38 se puede observar parámetros normales; al mismo tiempo pudimos observar resultados similares en las pruebas realizadas a otras motocicletas.

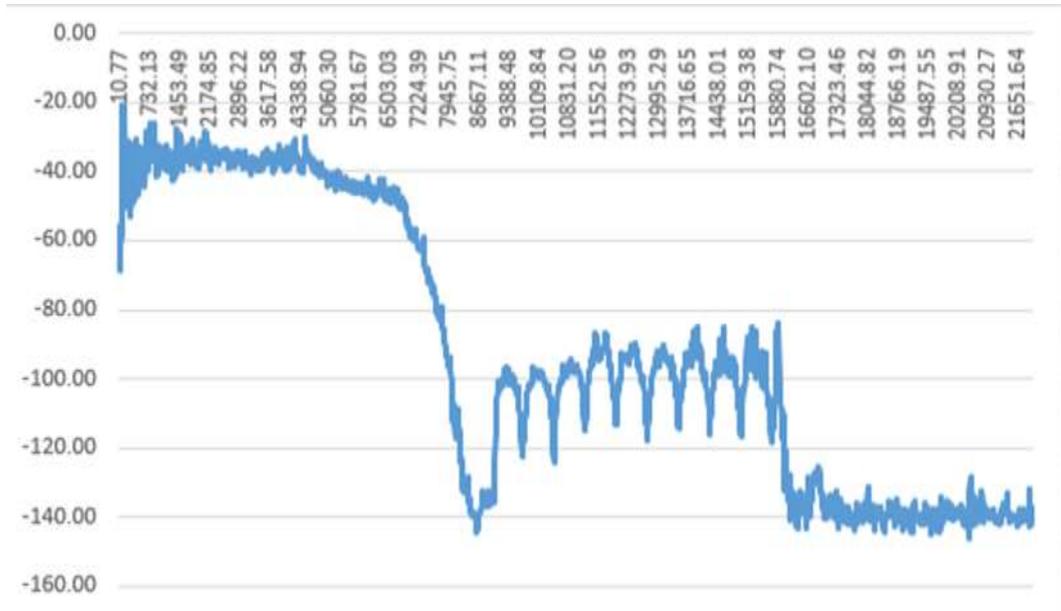


Fig 39. Procesamiento de datos.

Gracias a los datos procesados en Excel podemos observar una gráfica más detallada del espectro acústico de una motocicleta en correcto funcionamiento a los 6000 rpm.

Identificar las fallas más comunes que se presentan en la cámara:

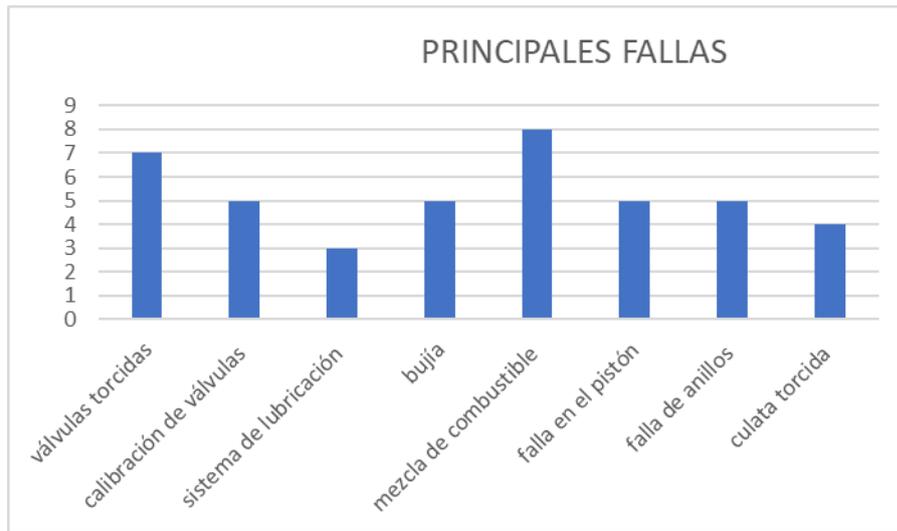


Fig 40. Fallas comunes en cámaras de combustión.

La falla más común presentada en la cámara de combustión es la mezcla de combustible.



Fig 41. Tiempo empleado para determinar las fallas.

TABLA 3.

FALLAS QUE SE PUEDEN DETERMINAR POR EL SONIDO

Fallas comunes		
Válvulas torcidas		no
Calibración de válvulas	si	
Sistema de lubricación		no
Bujía	si	
Mezcla de combustible	si	
Fallas de pistón		no
Fallas de anillos		no
Culata torcida	si	

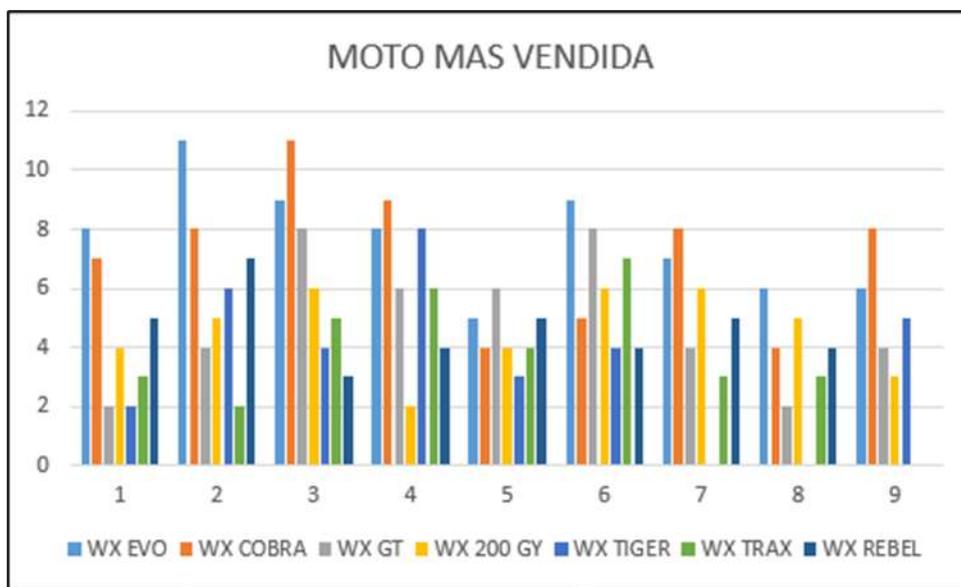


Fig 42. Motocicletas más vendidas por las tiendas.

Tras el estudio y análisis de los datos obtenidos con las encuestas realizada a las tiendas de Chiclayo para saber que motocicleta es la más comercial y pedida por los clientes en el año 2021.

Se dio a conocer que la Wanxin evo200cc es la más pedida durante el mes de septiembre, octubre y noviembre del presente año.

Por tal motivo hemos tomado la iniciativa de realizar las pruebas de sonido acústico del motor para determinar las fallas comunes dentro de la cámara de combustión.

Analizar las fallas que se presentan en el motor 200 cc, mediante el espectro acústico:

De las motocicletas estudiadas se pudo determinar las siguientes fallas:

Problemas en la bujía la cual se caracterizó en la mayoría de casos por estar por debajo de la calibración adecuada.

Los datos obtenidos a continuación son en Ralentí:

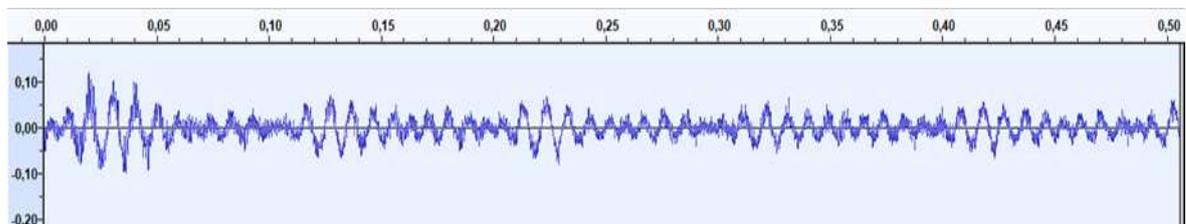


Fig 43. Amplitud de la frecuencia en el tiempo para motor con falla en bujía.

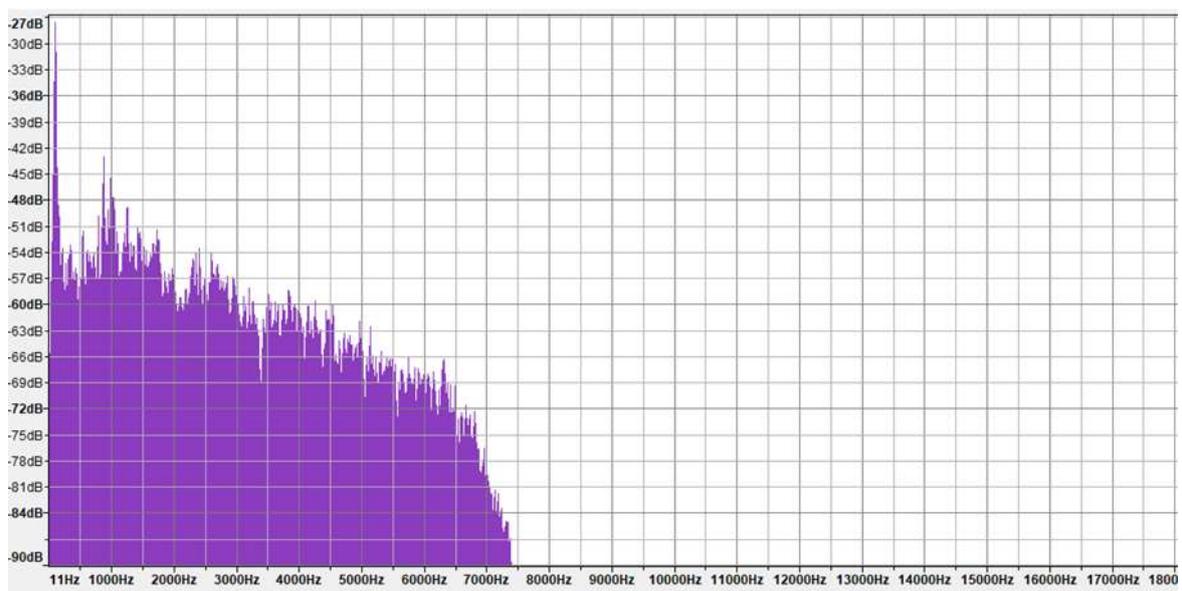


Fig 44. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

Se puede apreciar que tiene un menor ruido puesto que dentro de la cámara de combustión no hay una buena chispa para generar la explosión.

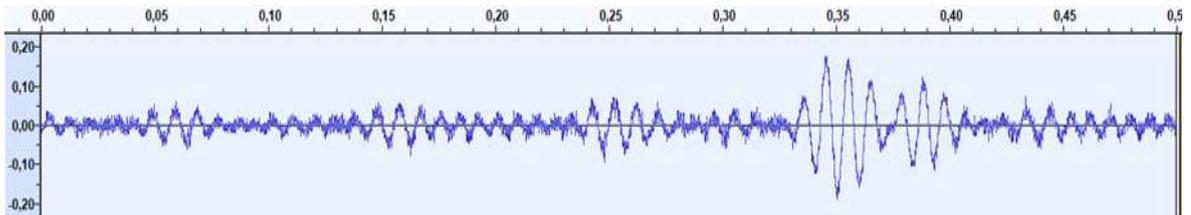


Fig 45. Amplitud de la frecuencia en el tiempo para motor con falla en bujía.

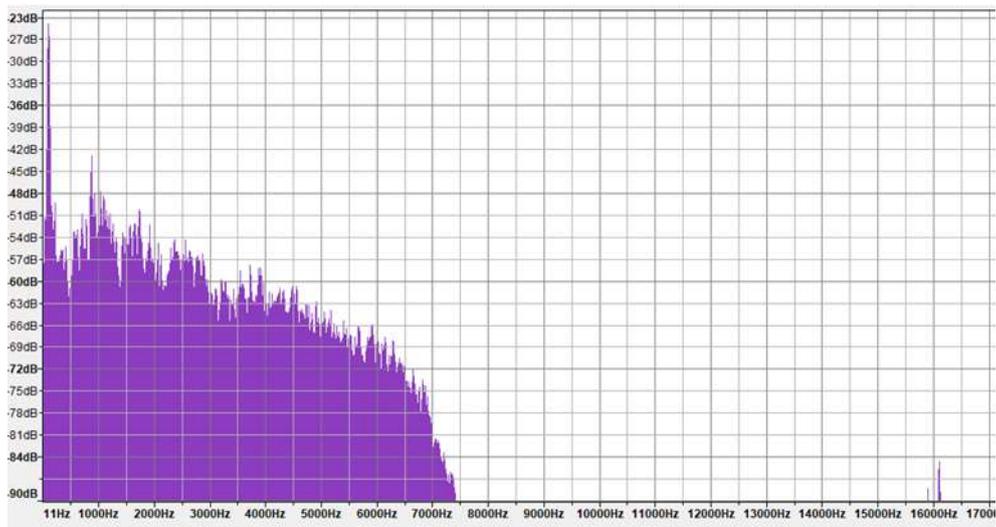


Fig 46. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

Se puede apreciar que tiene un menor ruido puesto que dentro de la cámara de combustión no hay una buena chispa para generar la explosión, generando menor potencia en el motor.

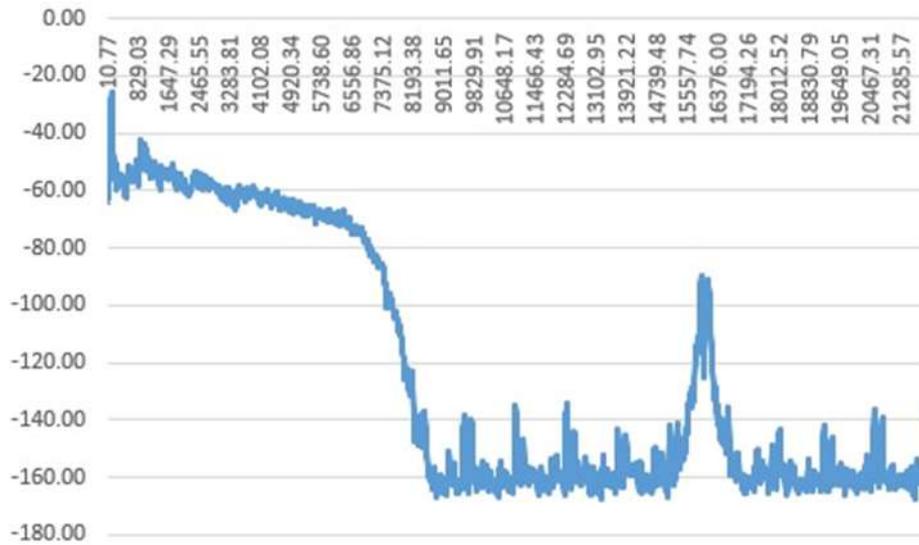


Fig 47. Procesamiento de datos.

Se puede observar que las variaciones se deben a que la chispa generada no es suficiente para poder dar una buena ignición a la mezcla generando inestabilidad en los rpm del motor.

Los datos obtenidos a continuación son 6000 rpm:

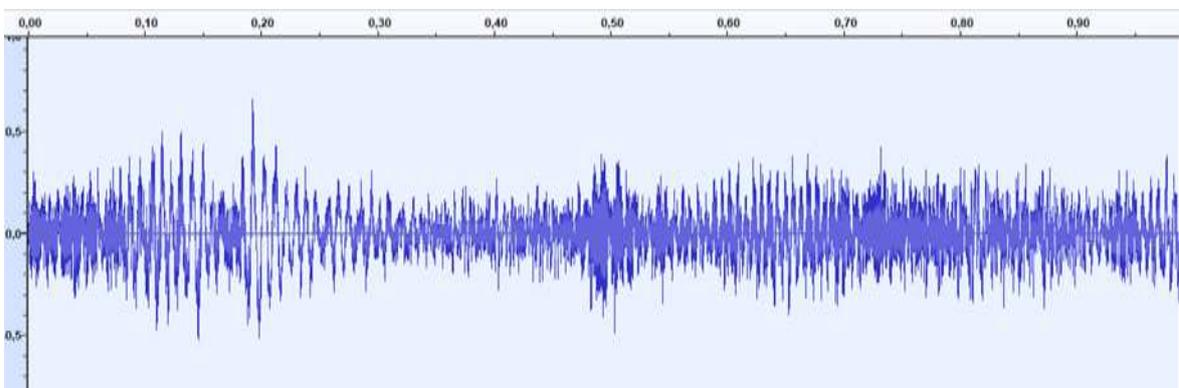


Fig 48. Amplitud de la frecuencia en el tiempo para motor con falla en bujía.

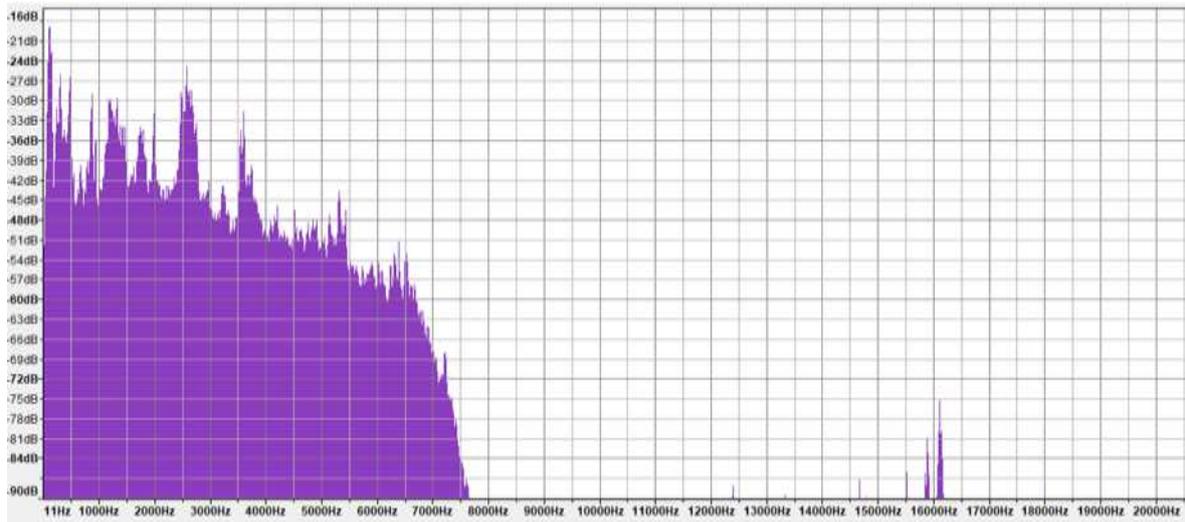


Fig 49. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

Se puede observar que las variaciones se deben a que la chispa generada no es suficiente para poder dar una buena ignición a la mezcla generando inestabilidad en los rpm del motor y pérdida de potencia.

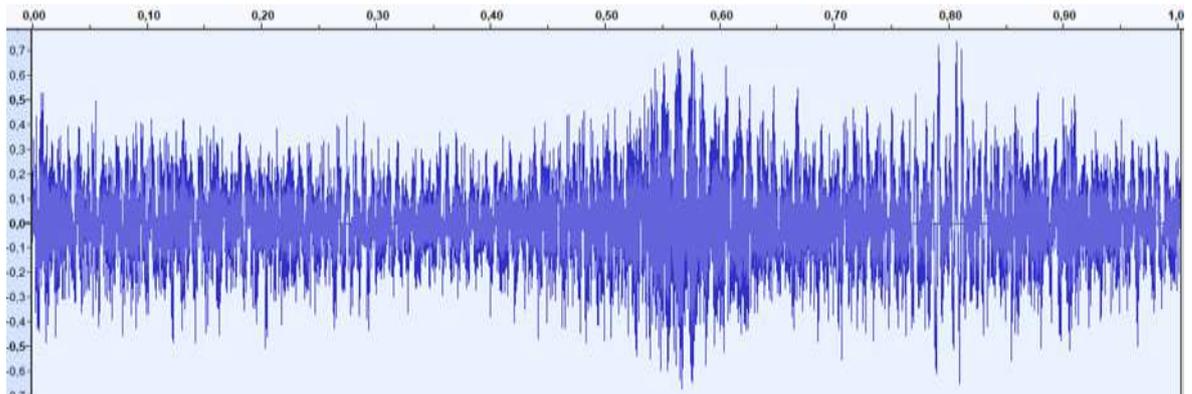


Fig 50. Amplitud de la frecuencia en el tiempo para motor con falla en bujía.

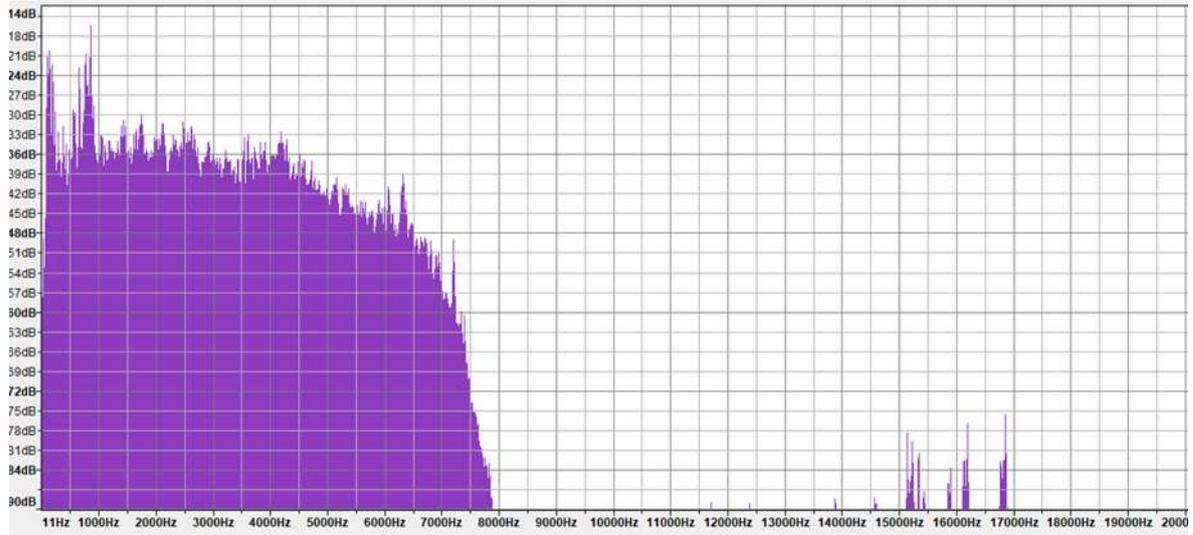


Fig 51. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

Se puede observar que las variaciones se deben a que la chispa generada no es suficiente para poder dar una buena ignición a la mezcla generando inestabilidad en los rpm del motor y perdida de potencia además de un mayor ruido entre los 15000 y 17000 Hz.

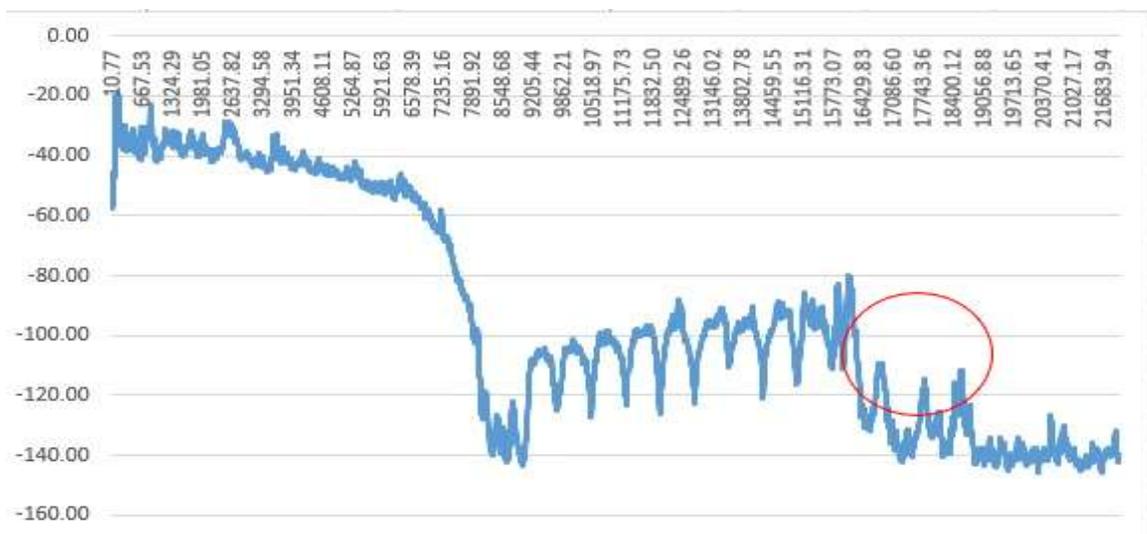


Fig 52. Procesamiento de datos.

Se puede observar la mayor variación en el círculo rojo, se debe a que la chispa generada no es suficiente para poder dar una buena ignición a la mezcla generando inestabilidad en los rpm del motor haciendo que tenga un mayor esfuerzo para entregar la potencia deseada.

Problemas en la mezcla, la cual se caracterizó en la mayoría de casos.

Los datos obtenidos a continuación son en ralentí:

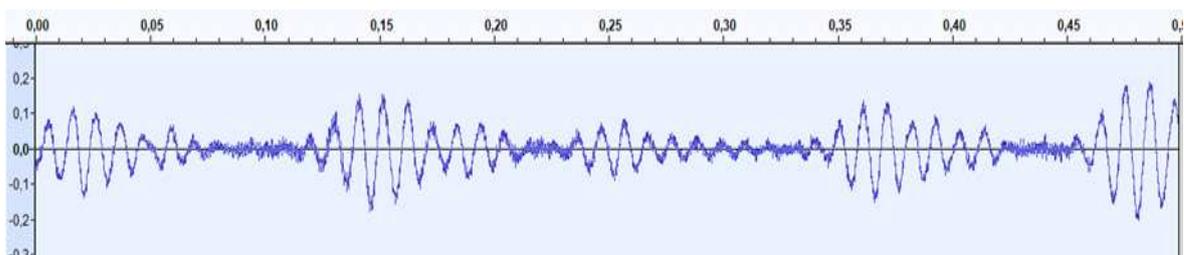


Fig 53. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.

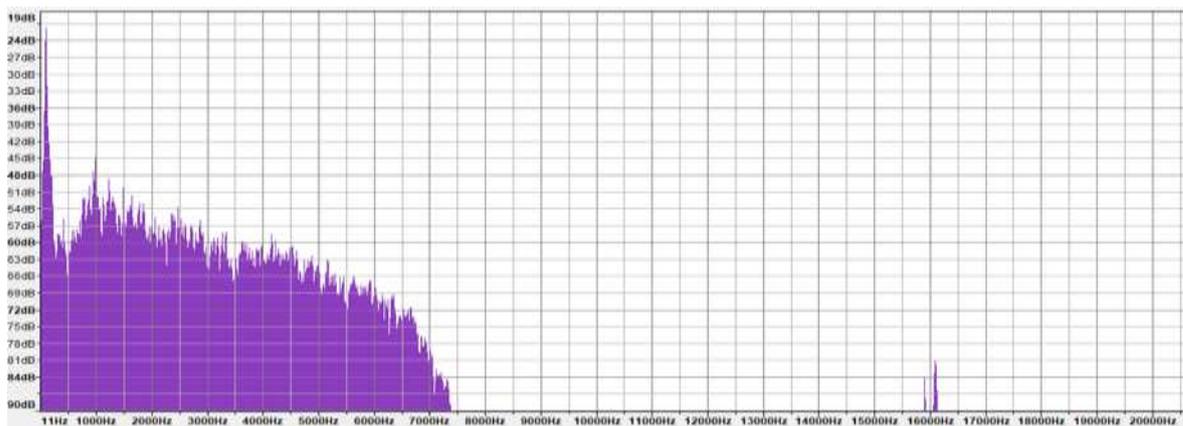


Fig 54. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

Espectro acústico de una moto con problemas de una mezcla muy pobre, se puede apreciar que tiene un menor ruido puesto que dentro de la cámara de combustión no hay una buena explosión; además se aprecia un ruido a los 16000 Hz tratando de compensar esa pérdida de potencia.

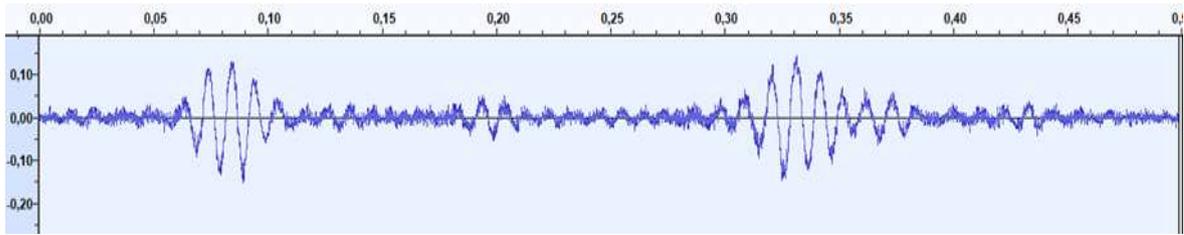


Fig 55. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.

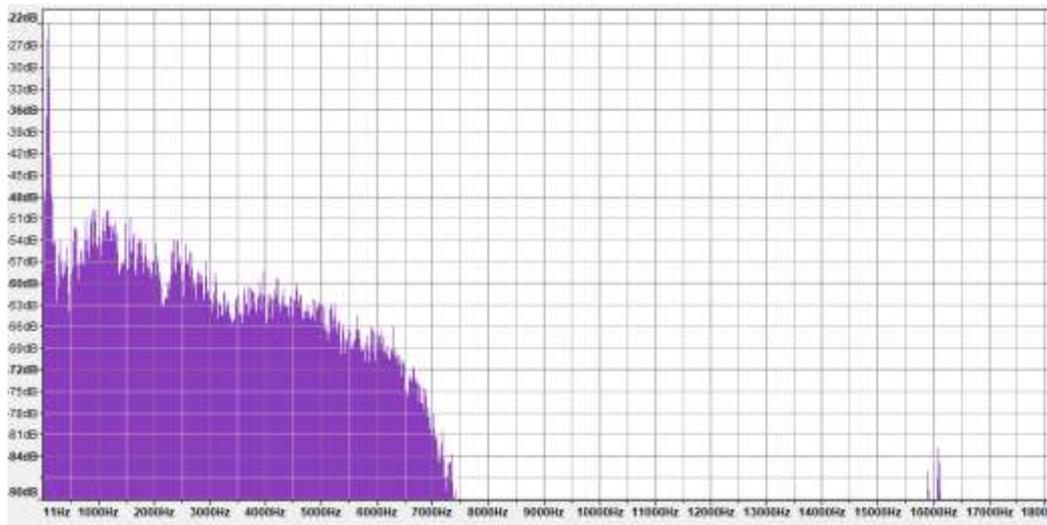


Fig 56. Espectro acústico graficado en Hz y dB

Se puede apreciar que tiene un menor ruido puesto que dentro de la cámara de combustión no hay una buena explosión; además se aprecia un ruido a los 16000 Hz.

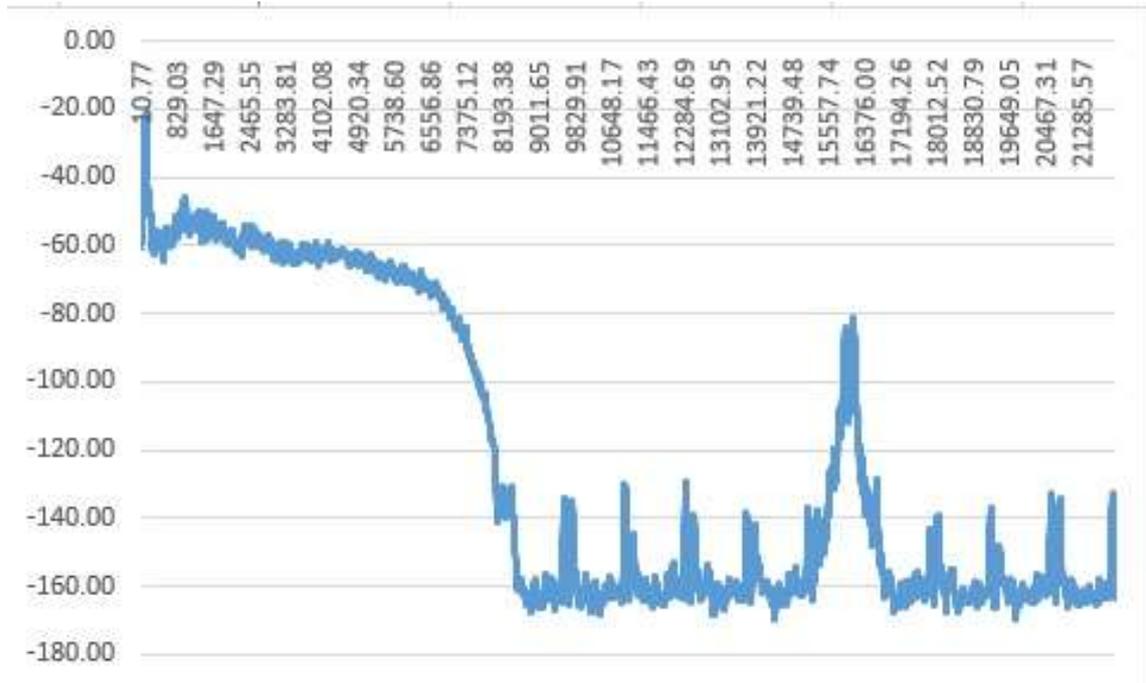


Fig 57. Procesamiento de datos.

Se puede observar que el espectro acústico es muy similar al de una motocicleta en correcto funcionamiento, tiene picos ligeramente superiores.

Los datos obtenidos a continuación son a 6000 rpm.



Fig 58. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.

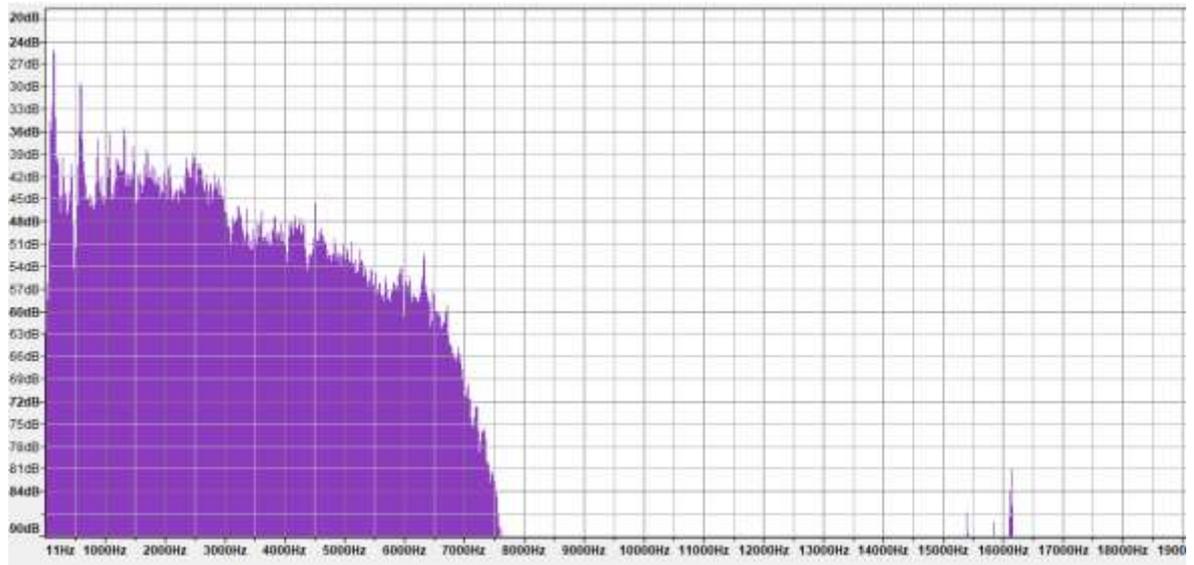


Fig 59. Espectro acústico graficado en Hz y dB

Se puede observar un menor espectro acústico se deben a que la mezcla es demasiado pobre generando inestabilidad en los rpm del motor y perdida de potencia

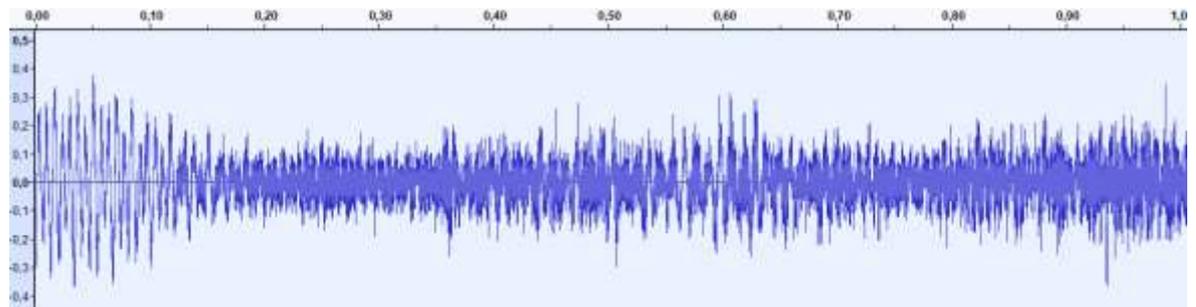


Fig 60. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.

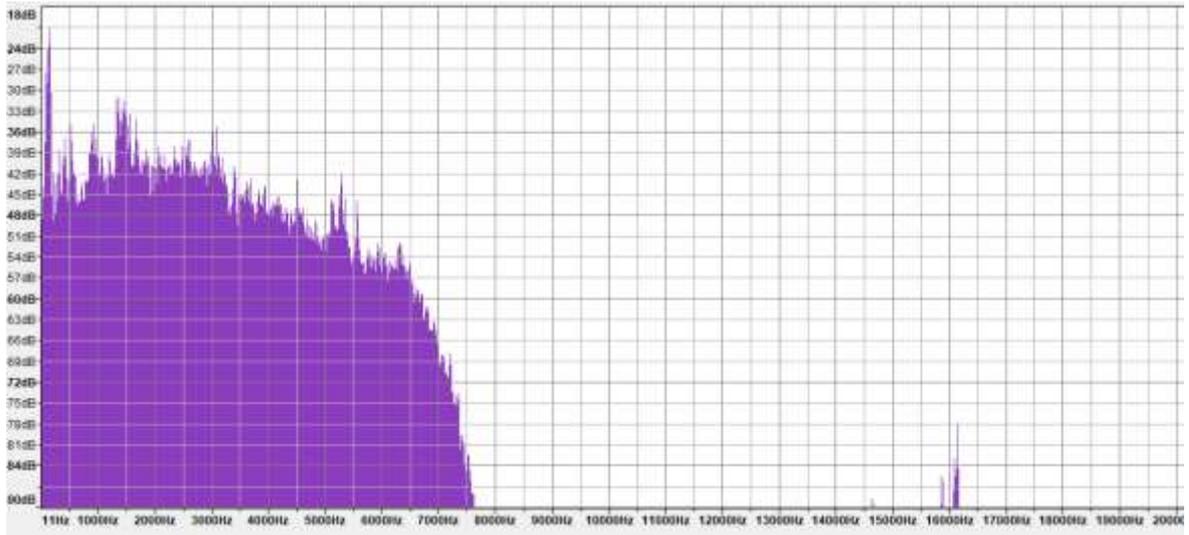


Fig 61. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

La mezcla es demasiado pobre generando inestabilidad en los rpm del motor además de una perdida de potencia.

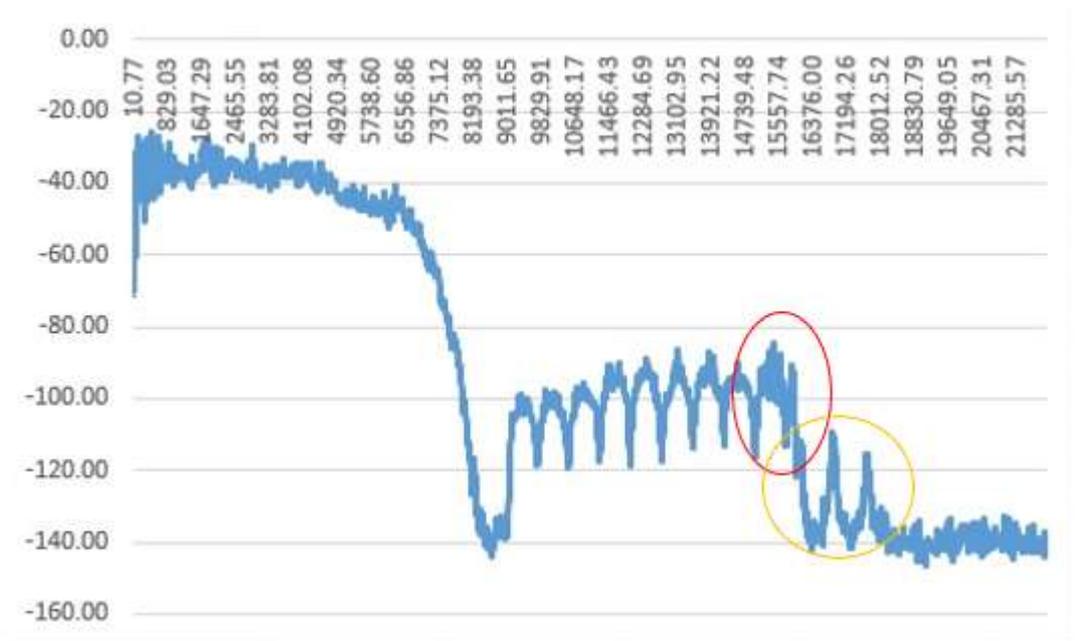


Fig 62. Procesamiento de datos.

Se puede observar la mayor variación en el círculo rojo y anaranjado, esto se debe a la mezcla pobre, pues genera una pérdida de potencia por ello el motor hace un mayor esfuerzo para mantener los rpm.

Problemas con las válvulas por falta de calibración, encontrándose muy holgadas lo cual se caracterizó en la mayoría de casos.

Los datos obtenidos a continuación son en ralentí:

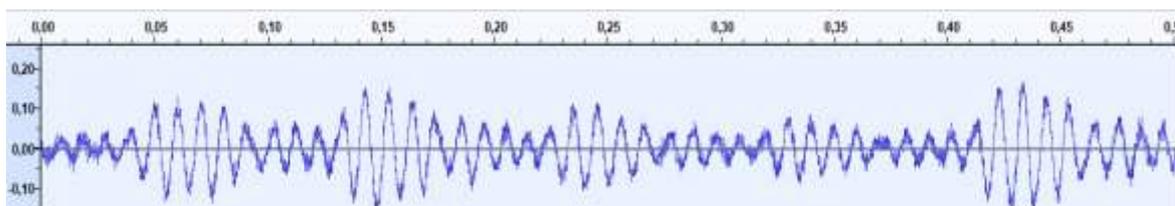


Fig 63. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.

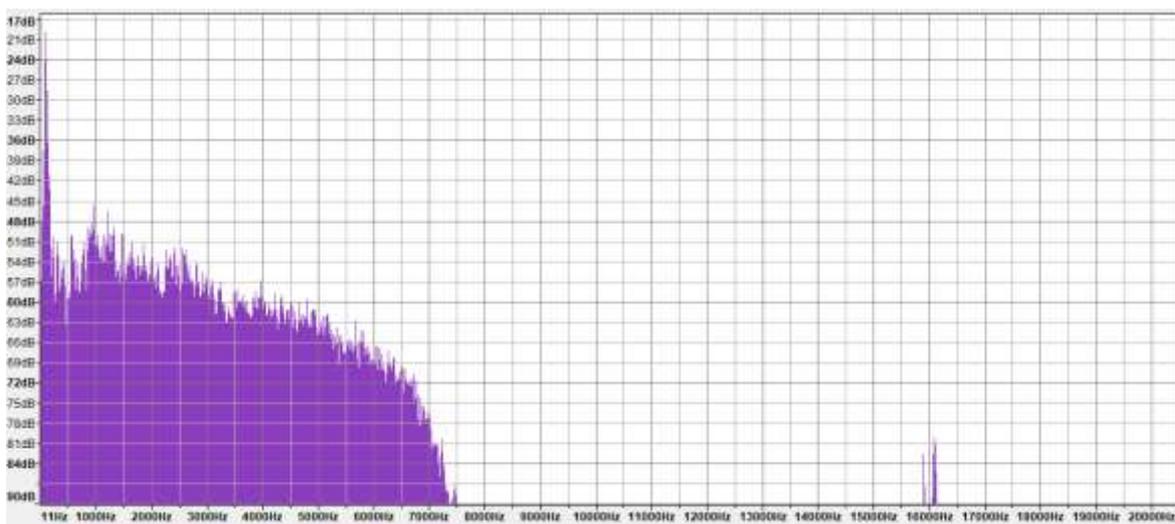


Fig 64. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

Espectro acústico de una moto con problemas de válvulas muy holgadas, se puede apreciar que tiene un menor ruido en la parte superior, esto se debe que dentro de la cámara de combustión el escape de gases se efectúa con mayor rapidez, además se aprecia un mayor ruido a los 16000 Hz

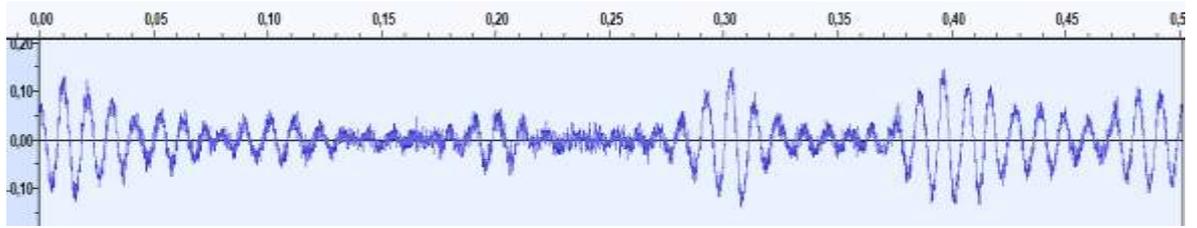


Fig 65. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.

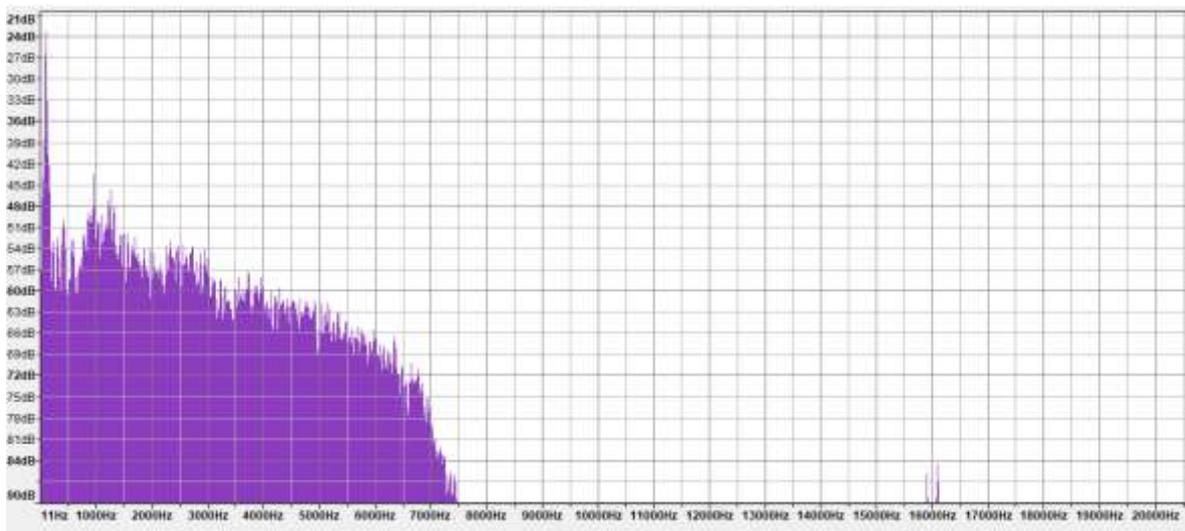


Fig 66. Espectro acústico graficado en Hz y dB

Se puede apreciar que tiene un menor ruido, esto se debe que dentro de la cámara de combustión el escape de gases se efectúa con mayor rapidez.

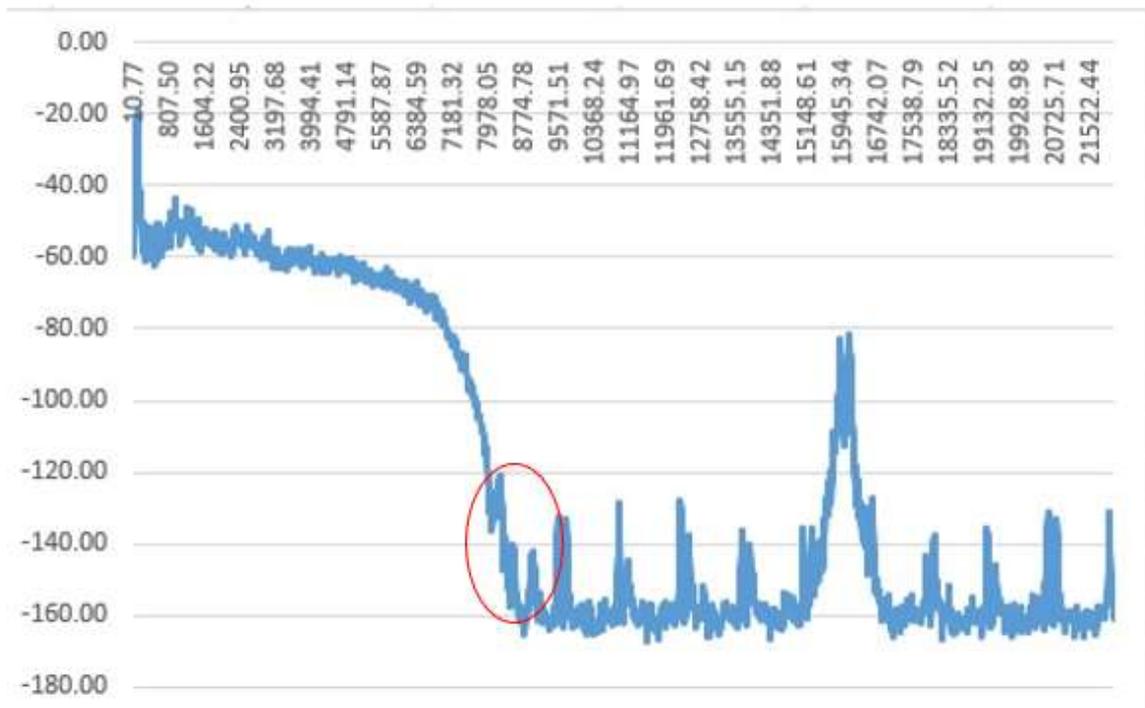


Fig 67. Procesamiento de datos.

La figura 67 tiene un parecido a la figura 57, esto se debe que están trabajando en ralenti y las fallas son ligeramente captadas, teniendo cambios mínimos pero su mayor cambio se visualiza en el círculo rojo.

Los datos obtenidos a continuación son a 6000 rpm.

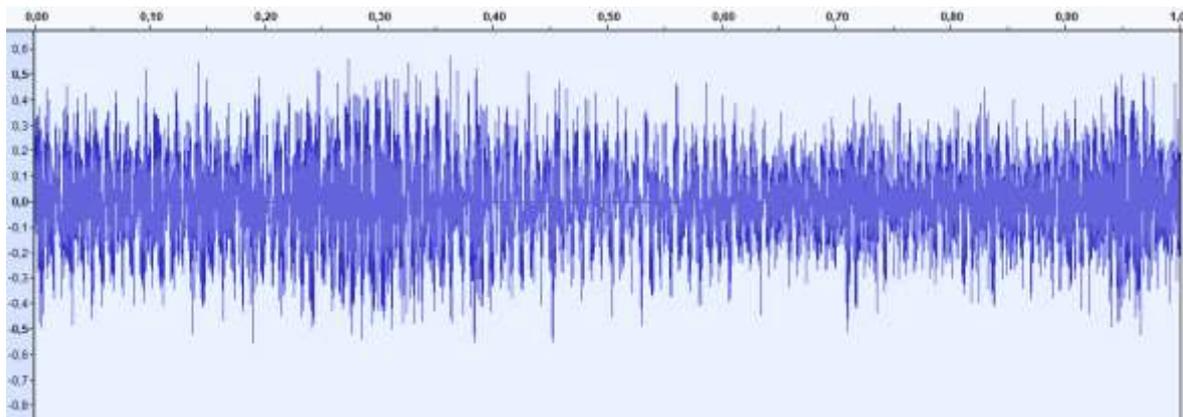


Fig 68. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.

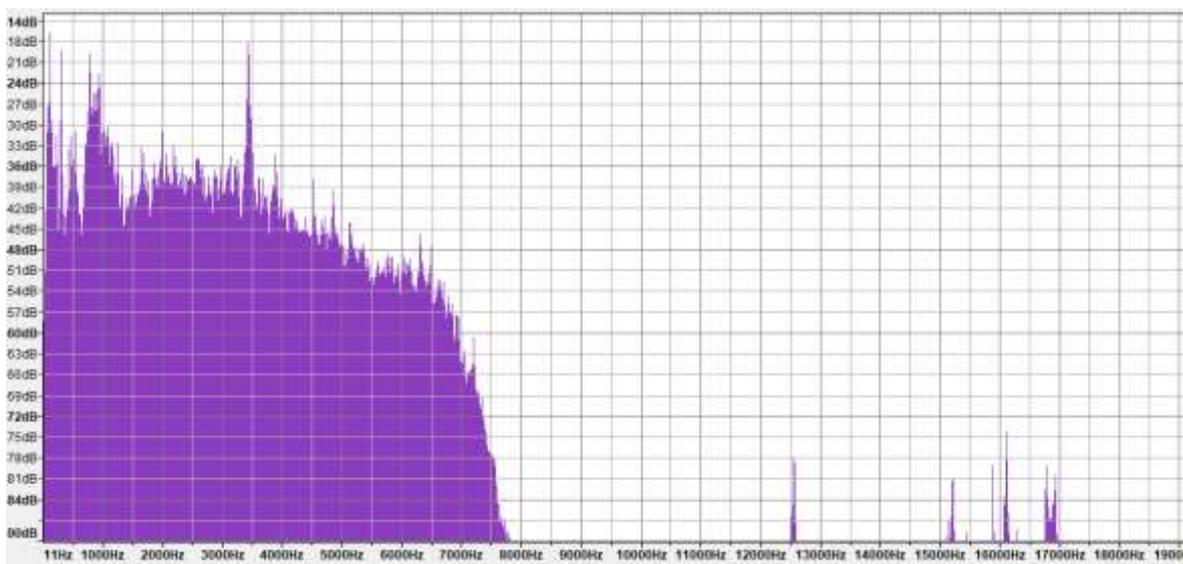


Fig 69. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

Se puede observar picos más altos en el espectro acústico, se debe a que las válvulas están muy holgadas generando un ruido característico de esta falla.

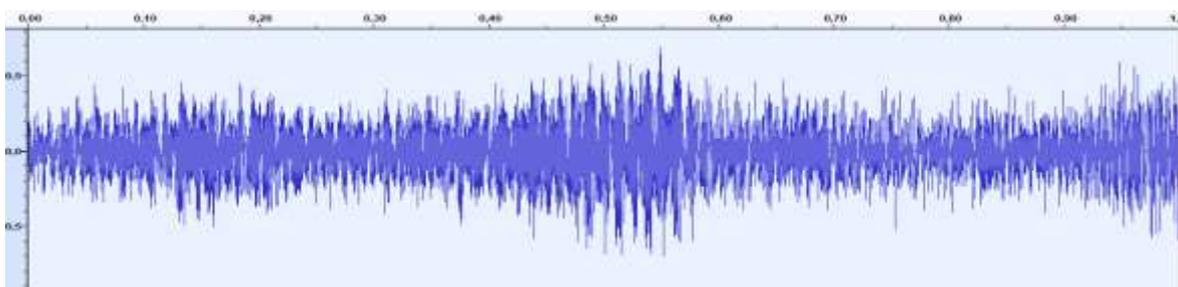


Fig 70. Amplitud de la frecuencia en el tiempo.

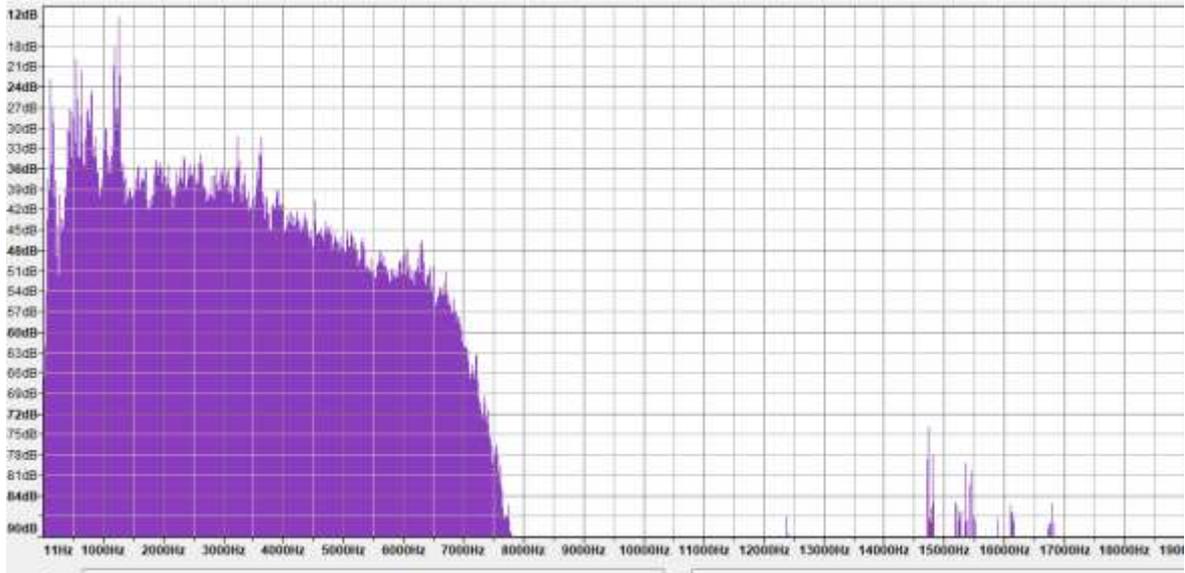


Fig 71. Espectro acústico graficado en Hz y dB.

Se puede observar picos más altos en el espectro acústico, se debe a que las válvulas están muy holgadas además el escape de los gases se efectúa de una manera más rápida generando un ruido característico de esta falla.

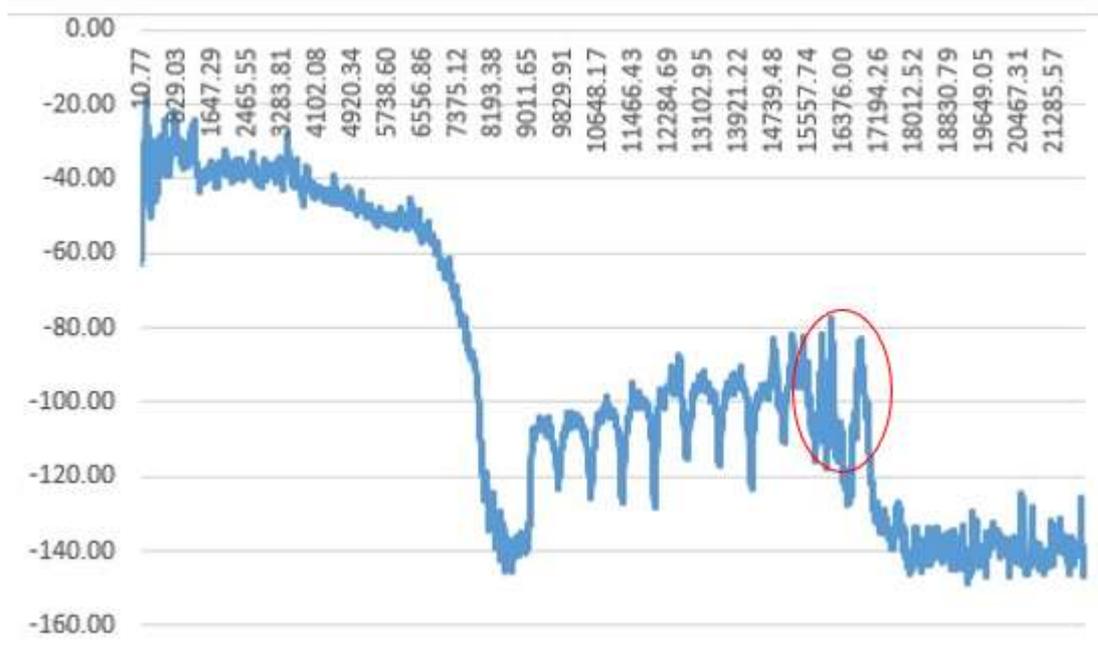


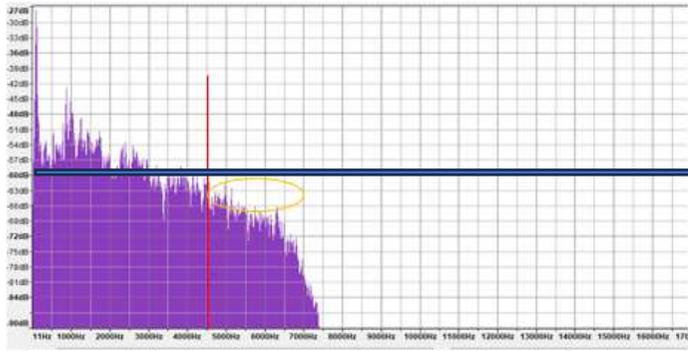
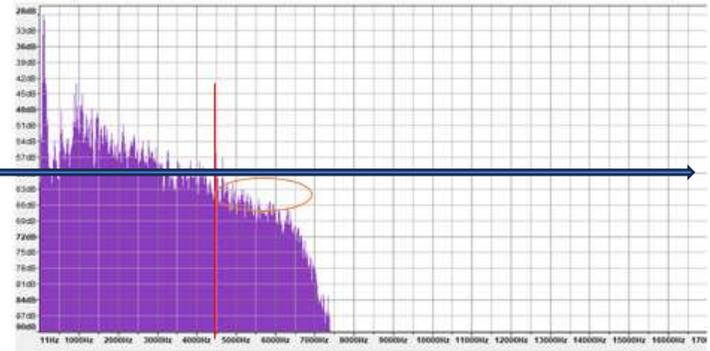
Fig 72. Procesamiento de datos.

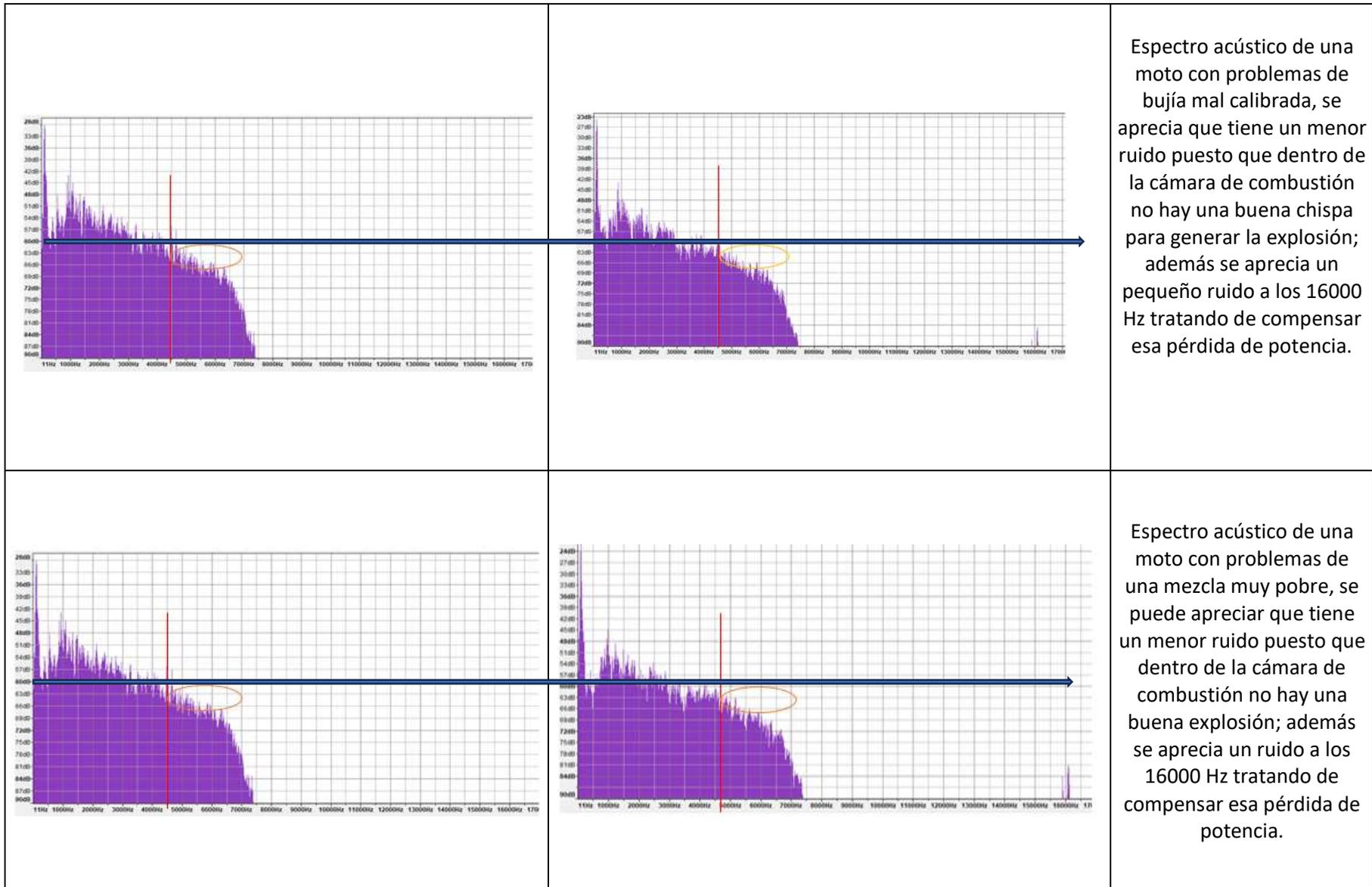
En el círculo rojo se puede visualizar la mayor variación en cuanto a la falla

Comparativo entre el espectro acústico de una moto en óptimas condiciones y una con fallas en el motor

TABLA 4.

COMPARATIVO MCI EN OPTIMAS CONDICIONES VS MCI CON FALLAS EN RELENTI

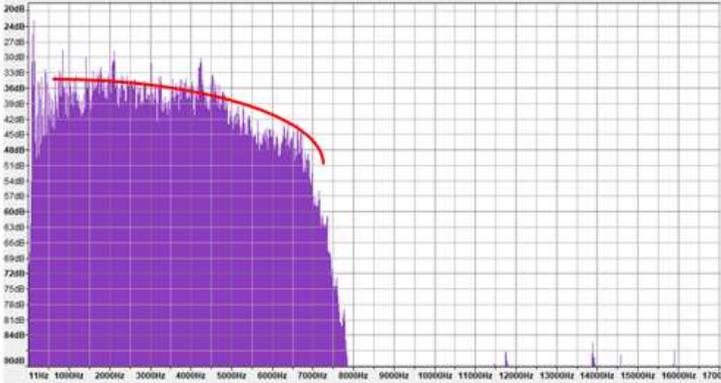
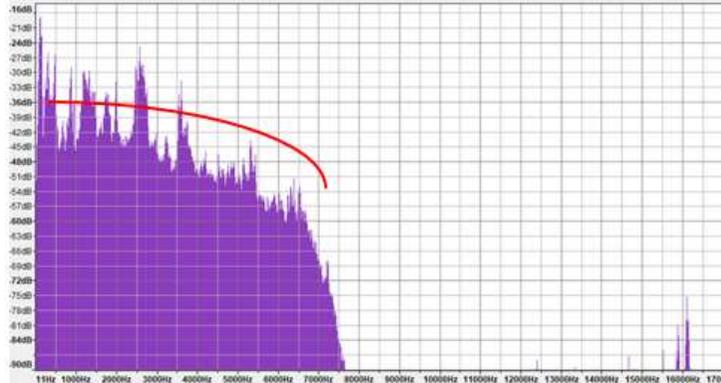
Espectro acústico de MCI en óptimas condiciones	Espectro acústico de MCI con fallas	Observaciones
		<p>Espectro acústico de una moto con problemas de bujía mal calibrada, se puede apreciar que tiene un menor ruido puesto que dentro de la cámara de combustión no hay una buena chispa para generar la explosión.</p>

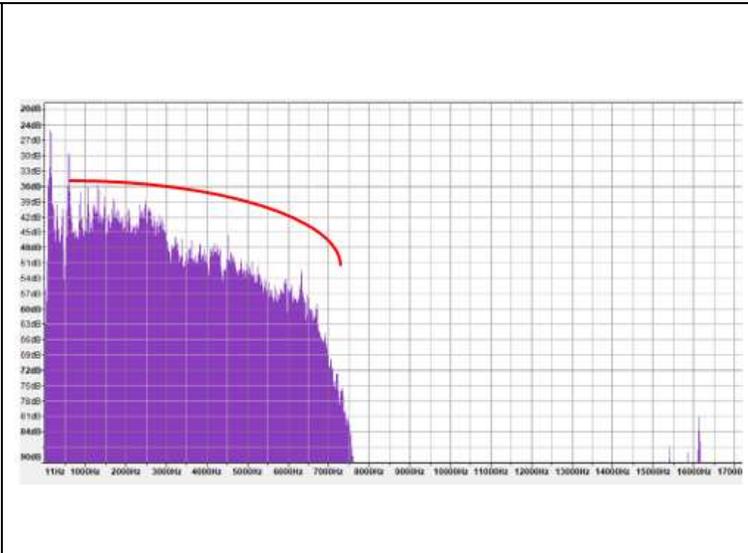
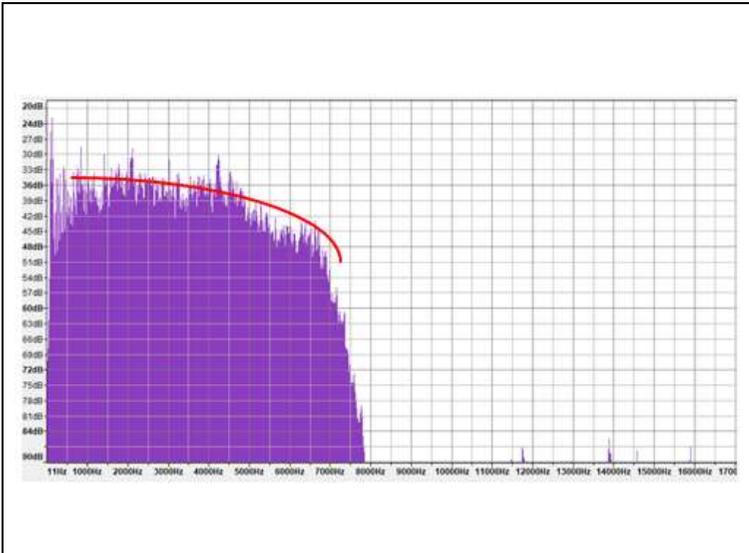


		<p>Espectro acústico de moto con problemas de válvulas muy holgadas, se puede apreciar que tiene un menor ruido en la parte superior, (visualizar circulo verde), esto se debe que dentro de la cámara de combustión el escape de gases se efectúa con mayor rapidez, se aprecia también un mayor ruido a los 16000 Hz.</p>

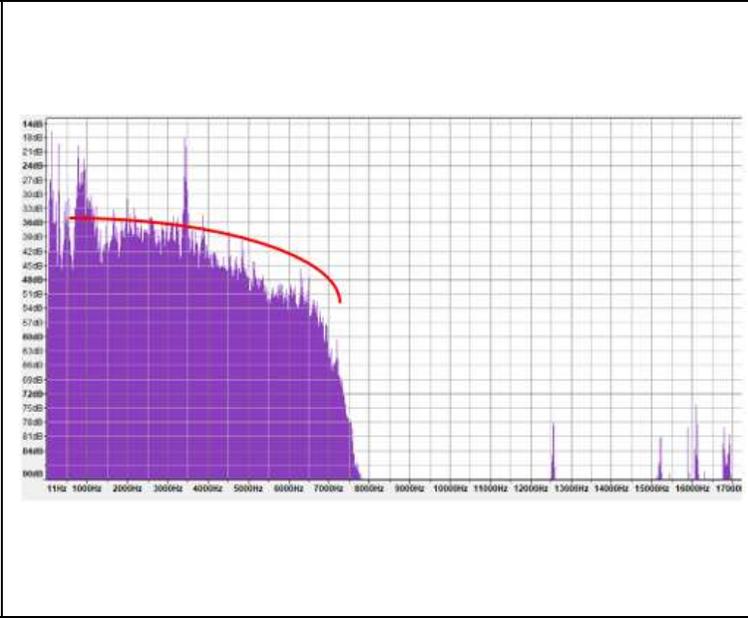
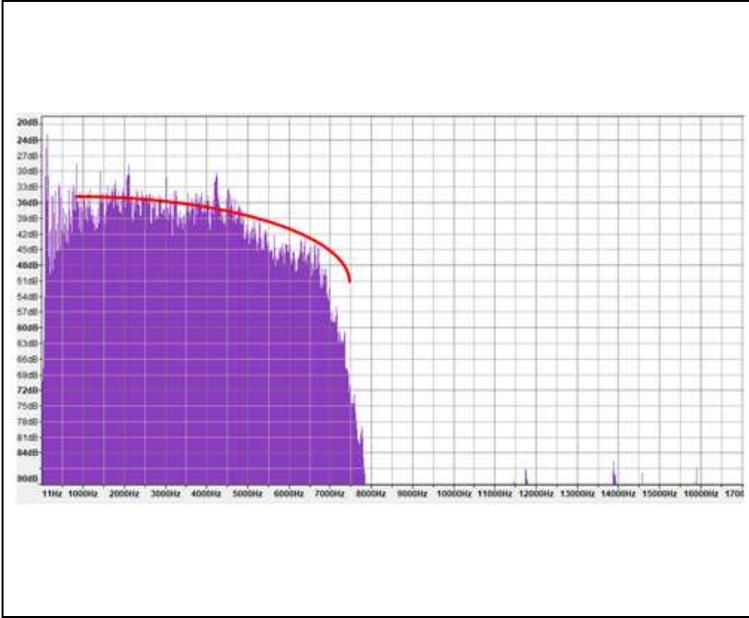
TABLA 5.

COMPARATIVO MCI EN OPTIMAS CONDICIONES VS MCI CON FALLAS A 6000 RPM

Espectro acústico de MCI en óptimas condiciones	Espectro acústico de MCI con fallas	Observaciones
		<p>Se puede observar que las variaciones se deben a que la chispa generada no es suficiente para poder dar una buena ignición a la mezcla generando inestabilidad en los rpm del motor y pérdida de potencia.</p>



Se puede observar un menor espectro acústico se deben a que la mezcla es demasiado pobre generando inestabilidad en los rpm del motor y perdida de potencia.



Se puede observar picos más altos en el espectro acústico, se debe a que las válvulas están muy holgadas generando un ruido característico de esta falla.

--	--	--

3.2. Discusión

El equipo encargado de percibir el espectro acústico en el análisis de falla es un sonómetro, que incluye un micrófono cuya frecuencia es parecida a la del sonido y oscila entre los 8 Hz - 22 Hz, para Trujillo [8], utilizó un sonómetro de estándar americano según Norma ANSI S14 TYPE2, para nuestro caso de estudio se utilizó un sonómetro de marca BENETECH, modelo GM1356 30 - 130 dBA. Así mismo Shirazi menciona que el sonómetro debe estar debidamente calibrado para realizar el diagnóstico de fallas, se concuerda con su afirmación, para nuestro análisis el sonómetro contiene certificado de calificación ofrecido por la entidad REVIPERU S.A.C.

En el caso de estudio de Taghizadeh [4], determinó mediante el espectro acústico falla en los cilindros afectando la eficiencia del motor, así mismo determinó que hay inyectores en buenas condiciones y defectuosos. Para nuestro caso de estudio se determinó que la falla más común presentada en la cámara de combustión es la mezcla aire combustible, seguido de válvulas defectuosas.

Para el caso de estudio de Torres [11], partió por establecer un patrón de espectro acústico de un MCI en condiciones óptimas de funcionamiento, con la intención de comparar la señal de la vibración acústica en condiciones normales y anormales. Para nuestro caso de estudio también se empleó un diagnóstico mediante espectro acústico en condiciones normales y anormales, para ello se tomó la muestra de diferentes motocicletas en óptimo desempeño y se evaluaron en mínimo (Ralentí) de 800 a 1500 rpm, y máximo que sería el trabajo ideal hasta 6000 rpm.

Existen varios métodos para recabar información sobre el análisis diagnóstico de fallas en un MCI, por ejemplo, medir la presión de combustión es un método confiable, pero tienen altos costos implementarlo, gracias a las señales acústicas que permite tener un análisis más certero a través de un espectro acústico utilizando varios métodos como la

transformada de Fourier (TFR), que capta cualquier variación en el sistema producido por la frecuencia causada por la vibración.

Si bien es cierto la limitación de este trabajo fue no encontrar muchas investigaciones relacionados al tema en estudio, este trabajo de investigación pretende ser de guía para futuras investigaciones, donde el diagnóstico de fallas mediante espectro acústico se convierte como un parte del mantenimiento predictivo y preventivo en los talleres de revisiones técnicas.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Cuando se analizan las fallas en la cámara de combustión, dependiendo de cuál sea esta, las revoluciones varían más de lo normal pues esto se debe a que el motor trata de compensar la falta de potencia, por lo tanto, esto genera cambios en el espectro acústico.
- Al haber culminado con las pruebas realizadas a las motocicletas se pudo encontrar una variación entre el espectro acústico para un motor sin falla y el espectro acústico para cada falla evaluada en la cámara de combustión.
- Los datos del análisis del espectro acústico tienen una correlación con los datos de las fallas en la cámara de combustión de un motor de 200cc.
- Con este estudio es más factible que un practicante en el área de mecánica pueda determinar una falla a través del sonido en un menor tiempo puesto que él no está familiarizado con estas variaciones de sonidos que están presentes en las fallas.
- Se determinó el patrón de espectro acústico de un motor de 200 cc, mediante el programa de software libre Audacity, la toma de muestras se realizó con un micrófono Condensador BM-800 RODSON, gracias a ello se determinaron las fallas del MCI, problemas en la bujía, problemas con las válvulas por falta de calibración.

4.2. Recomendaciones

- Para futuros estudios se recomienda un software que permita una interfaz más rápida para la evaluación de los espectros acústicos.
- Se deja abierta la posibilidad para una evaluación de en cuanto varia la contaminación cuando una moto cuando no está funcionando correctamente con una mezcla adecuada (aire, combustible).
- Se deja abierta la posibilidad para un estudio de cuanto perjudica al motor el uso de combustibles de mayor octanaje, al que recomienda el fabricante.

REFERENCIAS

- [1] M. Melgar, «Venta de motocicletas en Perú crece en 200%, quiénes lo compran y qué paso con su precio,» *Gestión*, p. 1, 6 Julio 2021.
- [2] Takeuchi, «Informe.21: Boom de motos por el tráfico,» *Perú21*, p. 1, 15 Octubre 2017.
- [3] H. Saini, S. Chouhan y A. Kathuria, «Exclusive motorcycle lanes: A systematic review,» *IATSS Research*, vol. 46, nº 3, pp. 441 - 426, 2022.
- [4] A. Taghizadeh, B. Ghobadian, T. Tavakoli, S. Saeid, A. Rezaei y M. Abbas, «Characterization of engine's combustion-vibration using diesel and biodiesel fuel blends by time-frequency methods: A case study,» *Renewable Energy*, vol. 95, pp. 422 - 432, ISSN 0960-1481 2016.
- [5] S. Delvecchio, F. Bonfiglio y F. Pompoli, «Vibro-acoustic condition monitoring of Internal Combustion Engines: A critical review of existing techniques,» *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 99, nº ISSN 0888-3270, pp. 661 - 683, 2018.
- [6] K. Juca, «Identificación de espectros acústicos en motores de combustión interna a través del análisis en tiempos cortos.,» Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca, 2015.
- [7] B. Li, S. Mi, P. Liu y Z. Wang, «Classification of time-frequency representations using improved morphological pattern spectrum for engine fault diagnosis,» *Journal of Sound and Vibration*, vol. 332, nº 13, p. Journal of Sound and Vibration, 2013.
- [8] «“Determinación de frecuencias naturales en un motor de combustión interna”,» *MEMORIAS DEL XXI CONGRESO INTERNACIONAL ANUAL DE LA SOMIM*, nº ISSN 2448-5551, p. 7, 2018.

- [9] H. Jia, Y. Yonghua, Y. Jianguo y J. Haichao, «Research on the generalisation method of diesel engine exhaust valve leakage fault diagnosis based on acoustic emission,» *Measurement*, vol. 210, nº ISSN 0263-2241, 31 Marzo 2023.
- [10] X. Dong, M. Nguyen y D. Lee, «Algorithm development for acoustic emission measurement in high-frequency ranges and its application on a large two-stroke marine diesel engine,» *Measurement*, vol. 162, nº ISSN 0263-2241, 2020.
- [11] D. Torres, H. Quintero y J. López, «Monitoreo de Condición en Motores de Combustión Interna Monocilíndricos con Base en Adquisición y Procesamiento de Señales Experimentales,» *KnE Engineering*, pp. 736 - 746 , 2018.
- [12] F. Shirazi, M. Ayati, A. Zabihi y S. Ansari, «Fuel Injection Fault Detection in a Diesel Engine Based on Vibration Signature Analysis,» *irndt*, p. 8, Noviembre 2018.
- [13] N. Dayong, J. Yuhua, S. Hongyu, Z. Zengmeng, G. Yongjun y C. Shengtao, «Separation Method of Impulsive Fault Component for Gasoline Engine Based on Acoustic Signal Analysis,» *Hindawi*, p. 15, 2019.
- [14] S. Allam, M. Abdo y Rabie, «Diesel Engine Fault Detection Using Vibration and Acoustic Emission Signals,» *International Journal of Advances in Scientific Research and Engineeringv IJASRE*, vol. 4, nº 12, p. 8, Diciembre 2018.
- [15] A. Taghizadeh y A. Mahdavian, «Fault detection of injectors in diesel engines using vibration time-frequency analysis,» *Applied Acoustics*, vol. 143, nº ISSN 0003-682X, pp. 48 - 58, 2019.
- [16] M. García, C. Ordoñez y A. Torregosa, «Análisis de Ruido en el Diseño y Construcción de una Cámara Semianecoica para Diagnóstico de Motores de Combustión Interna,» *Información tecnológica*, vol. 27, nº 5, p. 13, 2016.

- [17] J. Hernandez, A. Álvarez, J. Echeverry, Á. Orozco y M. Álvarez, «Characteristic relevance estimation for vibration-based condition monitoring of an internal combustion engine,» *Tecnológicas*, vol. 20, nº 39, p. 16, Mayo 2017.
- [18] X. Zhao, Y. Cheng, L. Wang y S. Ji, «Real time identification of the internal combustion engine combustion parameters based on the vibration velocity signal,» *Journal of Sound and Vibration*, vol. 390, nº ISSN 0022-460X, pp. 205 - 217, 2017.
- [19] J. Grajales, J. López y H. Quintero, «Diagnostico de un motor de gasolina de cuatro cilindros mediante el análisis de vibraciones,» *Ingeniería Mecánica*, vol. 18, nº 3, pp. 188-195, Diciembre 2015.
- [20] M. Jafari, P. Verma, A. Zare y Borghesani, «In-cylinder pressure reconstruction by engine acoustic emission,» *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 152, nº ISSN 0888-3270, 2021.

ANEXOS

Instrumento de recolección de datos – Guía de observación

		GUÍA DE OBSERVACIÓN	
Características del instrumento de medición			
Modelo sonómetro			
Modelo micrófono			
Características del MCI			
Modelo			
CC			
Análisis del espectro acústico			
Fecha			
N°	Hora	Frecuencia (Hz)	Nivel (dB)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

Instrumento de recolección de datos – Ficha de investigación

		FICHA DE INVESTIGACIÓN		Fecha	
Título					
Revista				Año	
Tipo de investigación					
Lugar de publicación				Base de datos	
Fuente		Volumen		N°	
Autores					
Palabras claves					
Resultados					
Conclusiones					

Instrumento de recolección de datos – Encuesta

ENCUESTA

Dirigida a: Talleres de motocicletas en Chiclayo

Empresa:

Representante:

Dirección:

Fecha:

Información de vehículos que llegan para mantenimiento y reparación

Cantidad	Marca	Modelo	Motor

1. Enumere las 3 principales fallas relacionadas a la cámara de combustión:

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Perdida de compresión. | <input type="checkbox"/> Bujía. |
| <input type="checkbox"/> Válvulas torcidas. | <input type="checkbox"/> Mezcla de combustible. |
| <input type="checkbox"/> Calibración de válvulas. | <input type="checkbox"/> Fallas de pistón. |
| <input type="checkbox"/> Sistema de refrigeración. | <input type="checkbox"/> Fallas de anillos. |
| <input type="checkbox"/> Sistema de lubricación. | <input type="checkbox"/> Culata torcida. |

Otro: _____

2. ¿De acuerdo a las fallas mencionadas anterior mente cual es el tiempo que se demoran para brindar su diagnóstico, y que instrumentos utiliza?

- a)
- b)
- c)
- d)

3. ¿se puede diagnosticar las fallas sin el uso de instrumentos, mencionar que fallas fueron detectadas por el sonido del motor?

Si

No

4. De acuerdo a lo anterior podría decir usted que cada falla tiene un sonido característico.

5. ¿Qué tiempo se demora un practicante, en aprender a distinguir los sonidos de las fallas?

6. ¿Puede usted detectar más de una falla con el sonido del motor?

7. ¿Con que frecuencia llega el mismo cliente?

8. ¿El taller tiene un registro, control u hoja de vida del vehículo?

Si

No

9. ¿Cuándo una moto hace mucho ruido?

10. ¿El servicio que le prestan es GARANTIZADO?

Si

No

Pocas veces

Encuestado:

Firma

Fotografías del análisis



