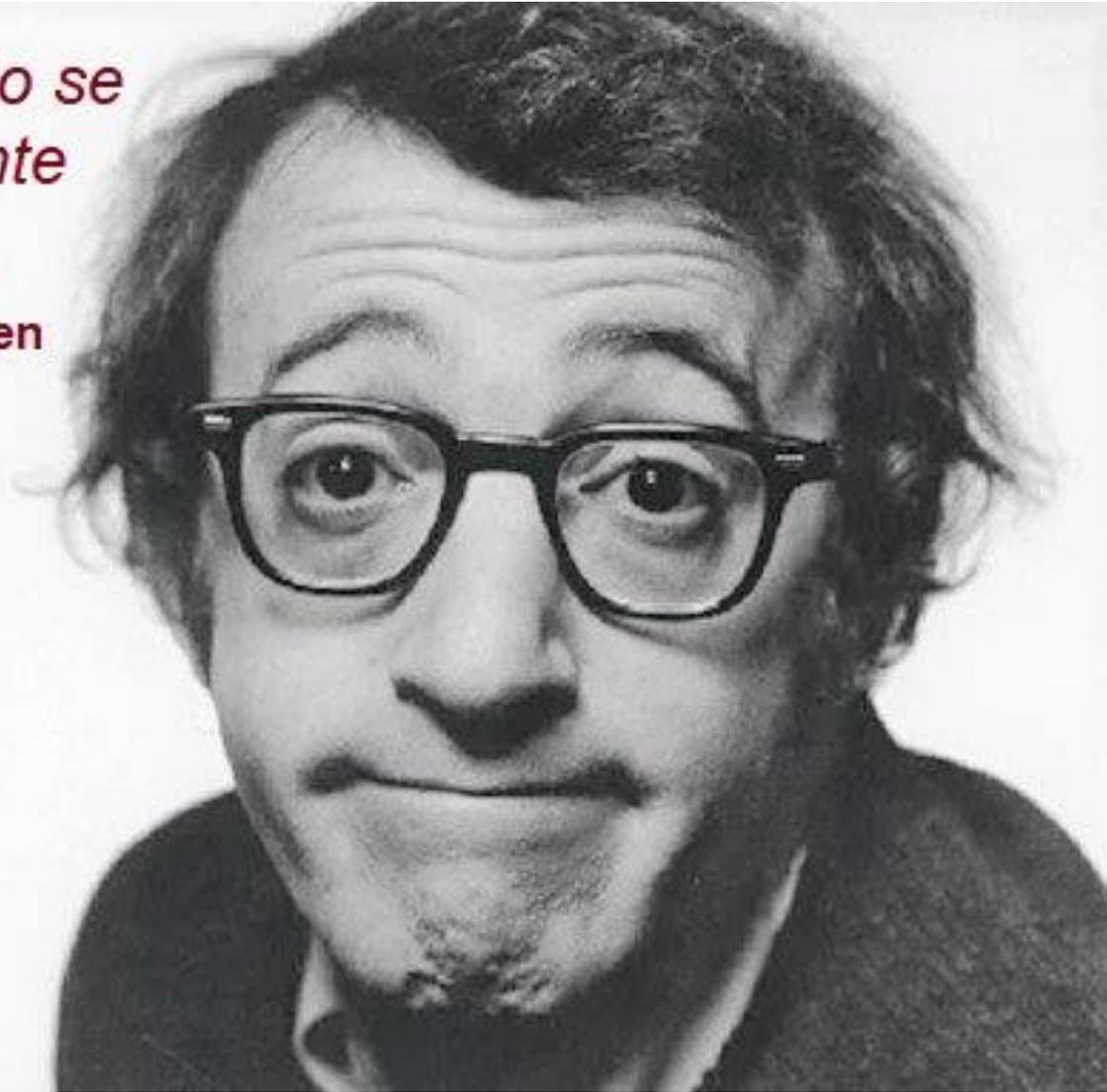


"El 80% del éxito se basa simplemente en insistir"

Woody Allen



- 1 • **Introducción**
- 2 • **Justificación**
- 3 • **Objetivos**
- 4 • **Metodología**
- 5 • **Resultados**
- 6 • **Conclusiones**
- 7 • **Recomendaciones**

- Siempre que se desea estudiar el ruido y vibraciones en un auto los aspectos del estado de la carretera son obviados, pero en la realidad tiene una mayor influencia en la generación de este fenómeno en comparación con los parámetros de los neumáticos en la generación del ruido y vibraciones, por el efecto de la interacción que se da entre el neumático y la carretera.
- Los diferentes aspectos del estado y condiciones de la carretera influyen de manera directa en los diferentes elementos del tren de potencia permitiendo que se dé una mayor o menor grado de generación y propagación de ruido.

Introducción

- Al hablar de las condiciones de una carretera se debe tomar en cuenta “los parámetros relacionados con el pavimento que pueden clasificarse en parámetros primarios, parámetros secundarios y parámetros terciarios. Los parámetros primarios son aquellos para el diseño del pavimento o propiedades de la mezcla, tales como el contenido de aglutinante y el espesor; los parámetros secundarios son características que se manifiestan y permanecen relativamente constantes después de la construcción del pavimento, como porosidad, textura y rigidez / impedancia. Los parámetros terciarios son aquellos que pueden cambiar con el tiempo, como la humedad, el desgaste / edad y la clasificación de la superficie”. (Maxxis Technology Center & Department of Mechanical Engineering)
- “Es generalmente aceptado que la textura del pavimento es el parámetro más dominante para el ruido de los neumáticos / carreteras”. (Maxxis Technology Center & Department of Mechanical Engineering).



Introducción

- “La industria automotriz está invirtiendo millones de dólares en el campo del NVH para desarrollar nuevos materiales y técnicas de disminución del nivel de ruido, los nuevos métodos de diseño están empezando por incluir el NVH en todo el proceso de diseño, no sólo en las etapas posteriores, esto implica la integración de modelos de cálculo más complejos, la simulación, evaluación y optimización técnicas en el proceso de diseño para asegurar unas características adecuadas para el ruido, la vibración y la comodidad.” (Sanz, 2012).
- “El análisis vibratorio se emplea como un método para prever fallas en maquinaria rotativa especialmente, este análisis permite diagnosticar la condición mecánica de rodamientos o engranajes por medio de técnicas ampliamente utilizadas en el mantenimiento predictivo, el diagnostico consiste en juzgar si la evolución de los diferentes parámetros en una onda de vibración son representativos de un estado normal de la máquina o se refiere a posibles fallas.” (Lagos, 2014)



- Entre las posibles causas que contribuyen a la generación del ruido y vibraciones de neumático son las carreteras dado que se tiene una gran variedad de tipos de carreteras en el Ecuador, por ejemplo, se tiene carreteras de tipo asfáltico, de arena, adoquinado, empedrado, lodosas, con lo cual se puede tomar en cuenta que los ruidos y vibraciones en las carreteras mencionadas van a variar una de otra, dado que se tiene la presencia de defectos en la carreteras, como los baches.
- Otra de las causas es el tipo de neumático utilizado, dado que es el elemento en cuestión que tiene la interacción directa con el tipo de carretera por la cual circula el mismo, teniendo en cuenta que en el mercado se tiene una gran cantidad de modelos de neumáticos, con los cuales se puede experimentar diferentes condiciones de ruidos y vibraciones al circular.
- El inflado de los neumáticos también tiende a contribuir en la generación del ruido y vibraciones, dado que un neumático con una mala presión de inflado va tener un comportamiento diferente al interactuar con el tipo de carretera, en comparación que el mismo neumático tenga la presión de inflado recomendada por el fabricante del automotor.



Justificación

- Con el presente proyecto se busca obtener y tabular los datos de ruidos o vibraciones que puede experimentar un vehículo al circular por una carretera la cual presenta determinadas características tanto en materiales constituyentes de la misma, como los defectos que esta pueda tener y puedan ser causal de ruido o vibraciones que se producen al momento de que un determinado tipo neumático está en contacto con la superficie de la misma, para conocer como el tipo de terreno afecta directamente en el origen de ruidos o vibraciones en el neumático y su respectiva cadena cinemática.
- La importancia del presente proyecto está en determinar cómo las carretas con mal estado, así como la geografía de las mismas pueden afectar a la generación de ruido o vibraciones en la cadena cinemática, con lo cual el conductor tiende a experimentar una pérdida de confort durante la conducción, al igual que una inestabilidad del automotor en altas velocidades.
- Con el presente proyecto se busca generar un precedente investigativo realizado en el Ecuador tomando en cuenta las carreteras disponibles, para futuras investigaciones.



Objetivo general

- Identificar los efectos que se puede tener el tipo de terreno en el fenómeno de generación de ruido y vibración del neumático de un vehículo de turismo segmento “C”.

Objetivos específicos

- Recopilar de información bibliografía de diferentes autores relacionado con el estudio de los efectos del tipo de terreno en el ruido y vibración del neumático.
- Determinar los tipos de terreno existentes en el país.
- Selección de los tipos de terreno para la posterior realización de los ensayos.

Objetivos específicos

- Crear un protocolo estándar para la realización de cada una de las pruebas experimentales en los diferentes tipos de terreno.
- Obtener los datos luego de los ensayos en los diferentes tipos de terrenos determinados previamente.
- Tabular los datos obtenidos según los ensayos realizados en los diferentes tipos de terrenos.
- Analizar los datos tabulados a partir de los ensayos realizados y como afecta al ruido y vibraciones.

- Se tomo en cuenta algunas normas relacionadas con el tema del proyecto.

Norma internacional ISO 10816

- En esta norma se instituye las condiciones y los procedimientos universales para realizar la medición, al igual que la evaluación de vibraciones, en segmentos no rotativos de las máquinas.

Norma nacional NTE INEN 2665

- En esta norma se establece de manera detalla cómo se debe realizar el método de ensayo de obtención de la medida de ruido emitido por los automóviles en condiciones de aceleración.

Norma nacional NTE INEN 2666

- En esta norma implanta el respectivo procedimiento de ensayo, la condición ambiental y los equipos de medición necesarios para evaluar los niveles de presión sonora provocados por vehículos en condición estática (estacionario).

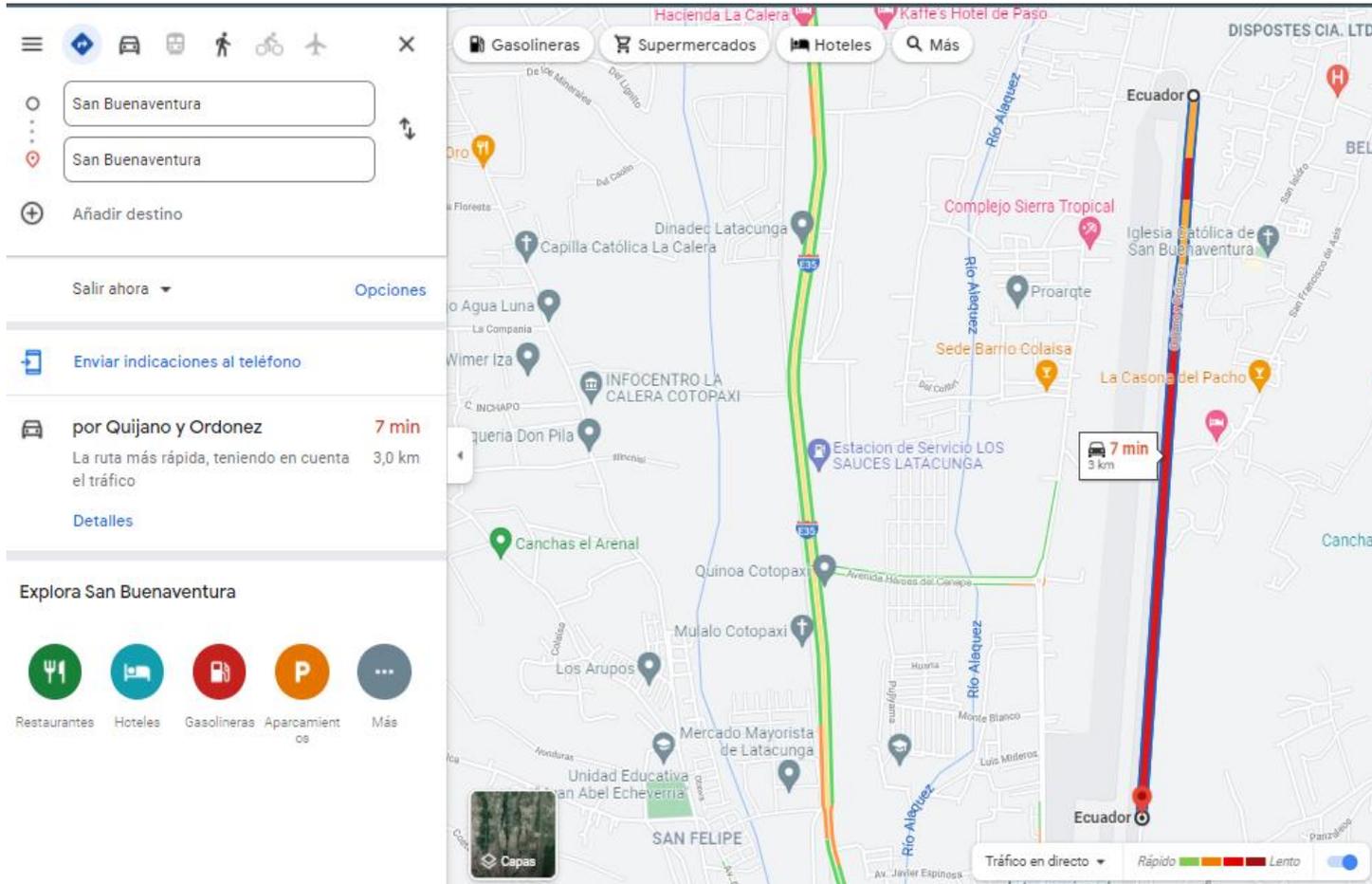
- Obtención de información estadística sobre los tipos de terreno existentes en el cantón Latacunga (datos en km), proporcionado por entidades gubernamentales de la provincia de Cotopaxi, para lo cual se tomo un estudio del Consorcio de Gobiernos Autónomos Provinciales del Ecuador – CONGOPE de 2019, con validez hasta 2023.

| Pavimento flexible | Adoquín | Empedrado | Lastre | Mixto | Suelo Natural |
|---------------------------|----------------|------------------|---------------|--------------|----------------------|
| 237,8 | 1,71 | 72,27 | 191,77 | 14,35 | 485,52 |

- Selección y trazado de las rutas a ser usadas en las pruebas experimentales de la investigación, de acuerdo a las estadísticas proporcionadas por CONGOPE.

| Nro. de ruta | Tipo de terreno | Distancia |
|--------------|-----------------------|-----------|
| 1 | Asfáltico | 3 Km |
| 2 | Adoquín | 3 Km |
| 3 | Empedrado | 3 Km |
| 4 | Arena (Suelo natural) | 3 Km |

Ruta Nro. 1: Asfaltado



Ruta Nro. 2: Adoquín

Destino: Hermanas Paez

8 min (3,0 km)
por Rey Fernando
8 min sin tráfico

Rey Fernando

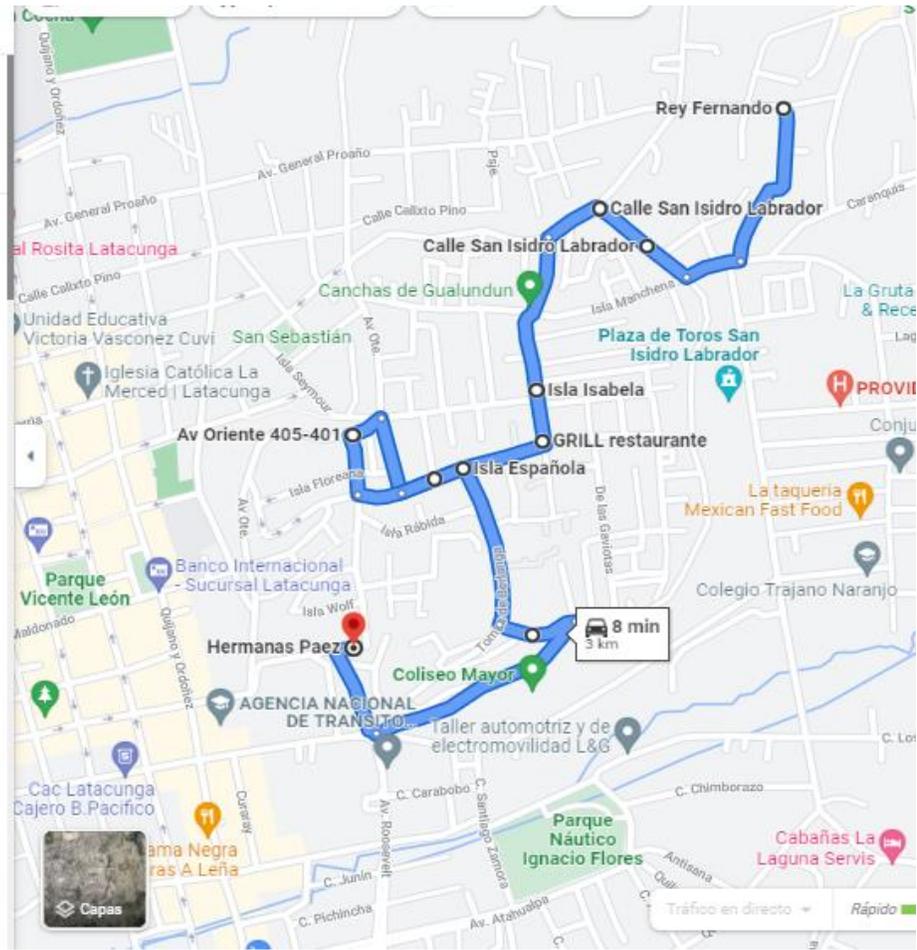
- ↑ Dirígete al sureste por Rey Fernando hacia Isla Manchena. 300 m
- ↪ Gira a la derecha con dirección a Isla Manchena. 100 m
- ↪ Gira a la derecha con dirección a C. San Isidro Labrador. 90 m

C. San Isidro Labrador

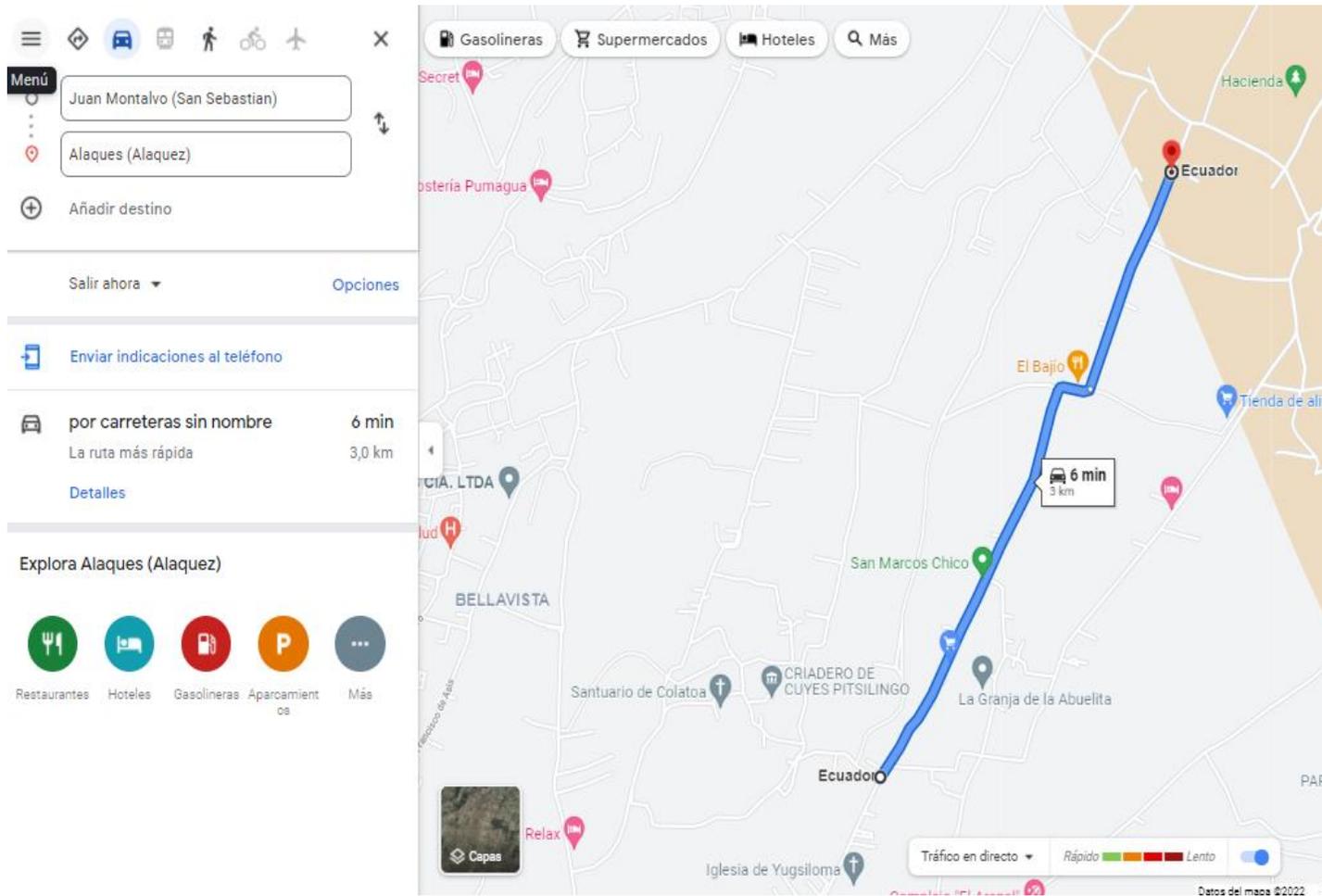
- ↑ Dirígete al noroeste por C. San Isidro Labrador hacia C. Juan Abel Echeverría. 110 m

C. San Isidro Labrador

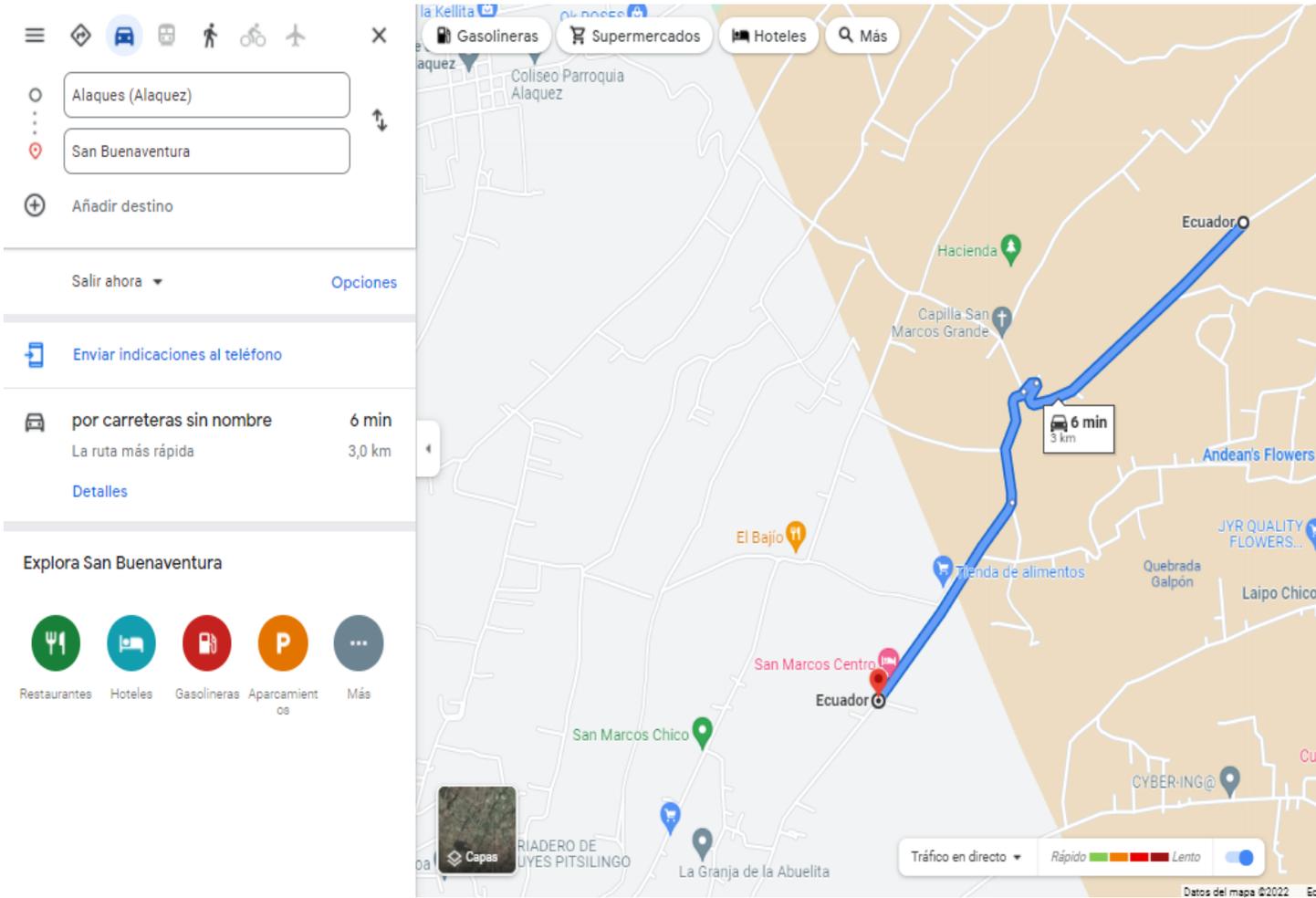
- ↑ Dirígete al noroeste por C. San Isidro Labrador



Ruta Nro. 3: Empedrado



Ruta Nro. 4: Arena (Suelo Natural)



- Establecimiento de tiempos estimados y límites de velocidad para cada una de las rutas de prueba, de acuerdo a los límites de velocidad vigentes en el país (ANT).

| Tipo de terreno | Tiempo estimado | Velocidad (km/h) |
|-----------------------|-----------------|------------------|
| Asfáltico | 3 min | 70 |
| Adoquín | 5 – 6 min | 45 |
| Empedrado | 7- 8 min | 20 - 30 |
| Arena (Suelo natural) | 7 – 8 min | 20 - 30 |

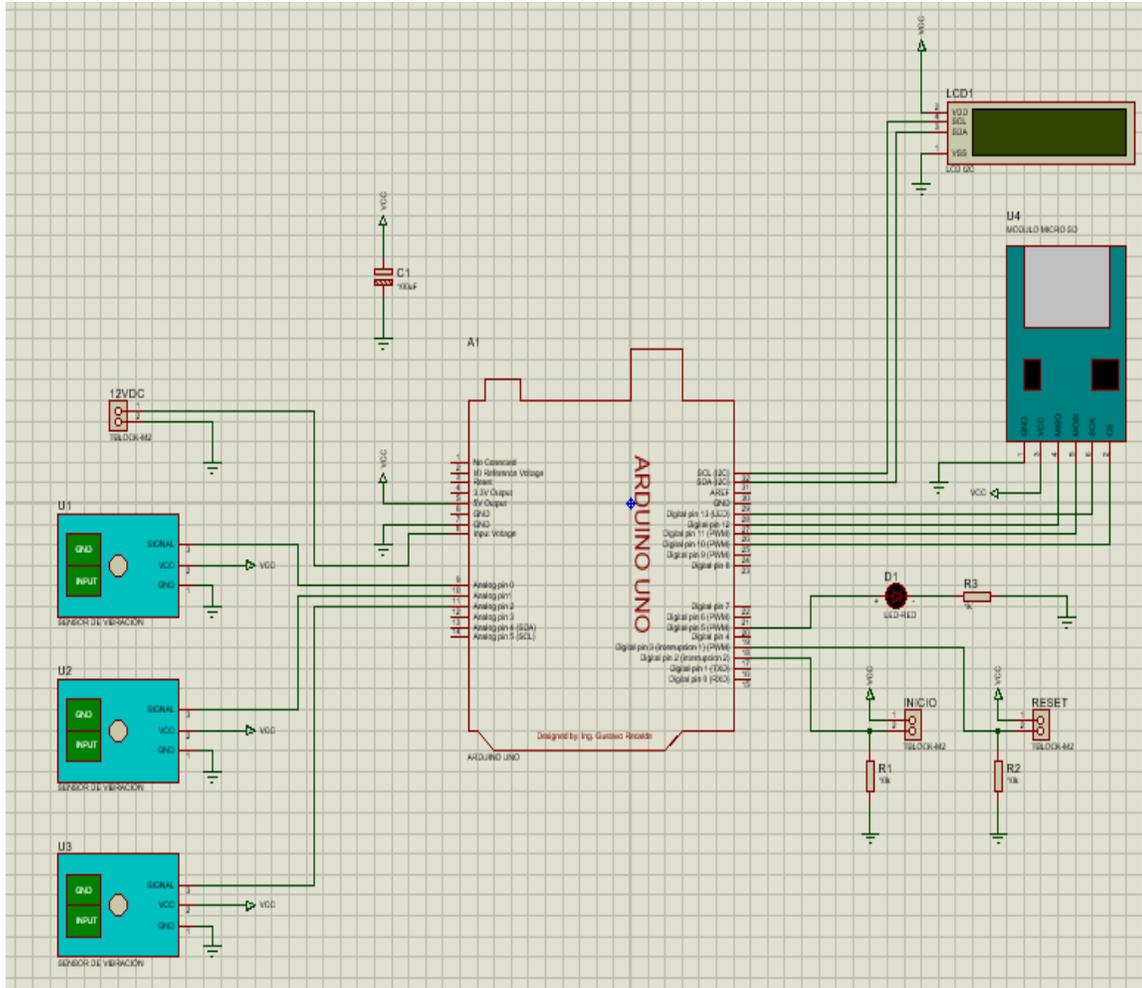
Metodología

- Elaboración de los equipos de medición necesarios para la obtención de los datos de ruido y vibraciones presentes en el neumático, mediante el uso de sensores de sonido y de vibración compatibles para su uso con Arduino.

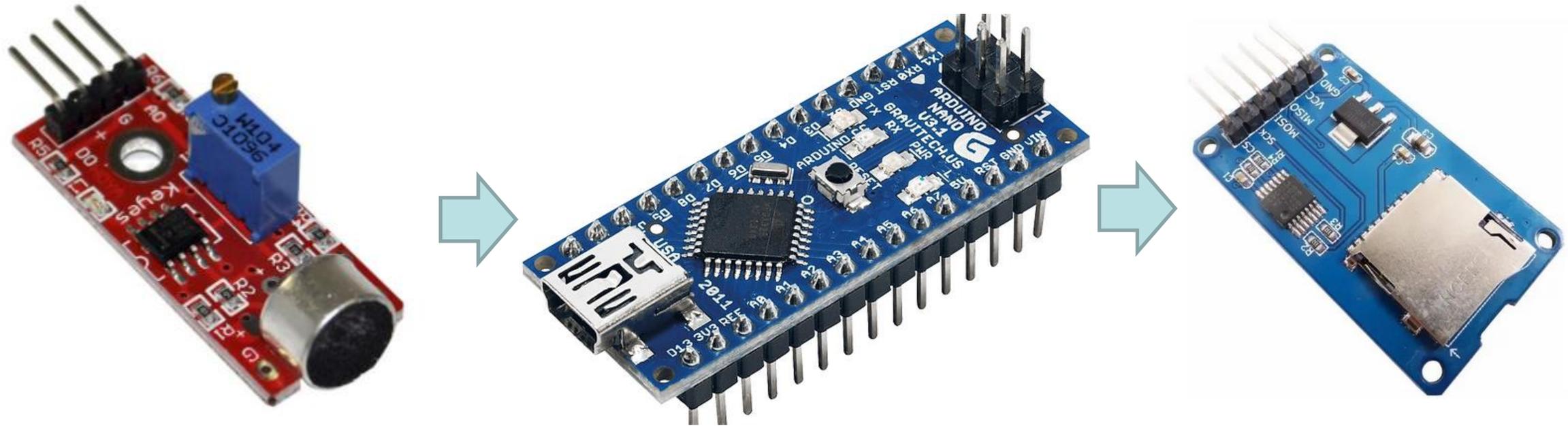
Analizador de vibraciones



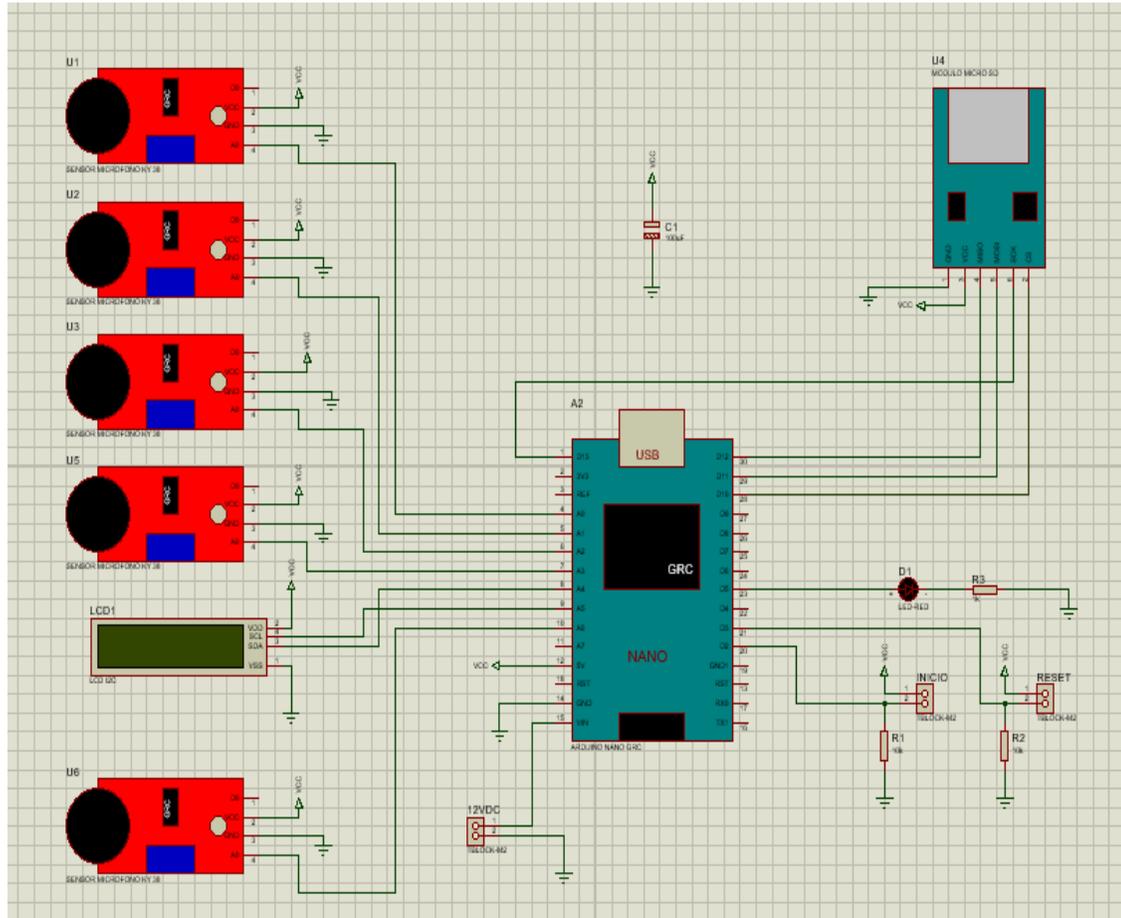
Analizador de vibraciones



Sonómetro



Sonómetro



- Ficha técnica del vehículo empleado

| Aspecto | Detalle |
|-----------------------|--|
| Cilindrada | 1781 cc |
| Potencia | 99.3 hp a 5250 rpm |
| Torque | 15.5 Nm a 300 rpm |
| Alimentación | Inyección electrónica |
| Cilindros | 4 en línea |
| Número de válvulas | 8 |
| Motor | Delantero |
| Tracción | Delantera |
| Transmisión | Manual de 5 velocidades |
| Frenos (del. - tras.) | Disco - tambor |
| Suspensión delantera | Tipo McPherson independientes con barra de torsión |
| Suspensión trasera | Tipo interdependiente con cuerpo auto estabilizante. |
| Largo | 388,30 cm |
| Alto | 141,50 cm |
| Ancho sin los espejos | 162,80 cm |
| Distancia entre ejes | 246,80 cm |
| Peso | 985 kg |



- Características de los neumáticos utilizados en la investigación.

| Nro. de neumáticos | Fabricante | Tipos de banda de rodadura | Imagen |
|--------------------|------------|----------------------------|---|
| 1 | Goodyear | Patrón asimétrico |  |
| 2 | Anchee | Patrón simétrico |  |
| 3 | Nexen | Patrón direccional "V" |  |
| 4 | Sonar | Patrón asimétrico |  |



- Balanceo y alineación del vehículo de pruebas.



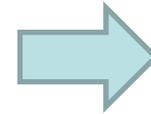
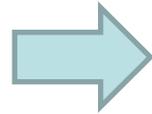
| Ángulos | | Inicial | Especificaciones | | Final | |
|-----------|-----------------------|-----------|------------------|--------|--------|--------|
| | | | Mín. | Máx. | | |
| Delantera | Ángulo de avance | Izquierdo | 0.4° | 7.2° | 8.2° | 0.4° |
| | | Derecho | 2.4° | 7.2° | 8.2° | 2.4° |
| | Inclinación de ruedas | Izquierdo | 0.6° | -0.2° | 0.5° | 0.6° |
| | | Derecho | -0.3° | -1.5° | -0.9° | -0.3° |
| | Convergencia | Izquierdo | 0.65° | -0.20° | 0.15° | -0.10° |
| | | Derecho | 0.60° | -0.20° | 0.15° | -0.15° |
| Total | 1.25° | -0.40° | 0.35° | -0.25° | | |
| Trasera | Inclinación de ruedas | Izquierdo | 1.3° | -1.8° | -0.8° | 1.3° |
| | | Derecho | 0.8° | -1.8° | -0.8° | 0.8° |
| | Convergencia | Izquierdo | -1.30° | 0.00° | 0.15° | -1.30° |
| | | Derecho | 0.10° | 0.00° | 0.15° | 0.10° |
| | Total | -1.20° | 0.00° | 0.35° | -1.20° | |
| | Ángulo Direccional | -0.7° | | 0.3° | -0.7° | |



- Revisión integral del vehículo de pruebas



- Revisión de presión de inflado de cada neumático



- Selección de los puntos de ubicación para cada uno de los sensores para la obtención de datos de cada tipo de terreno.



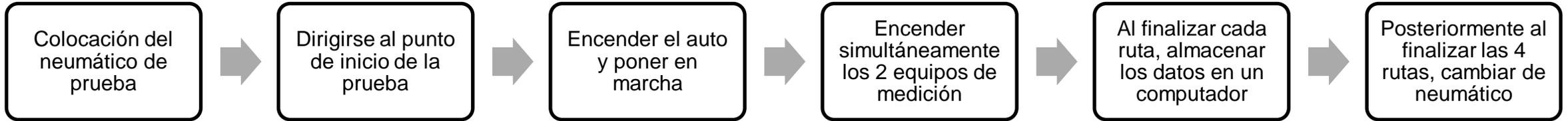
Sensor de vibración



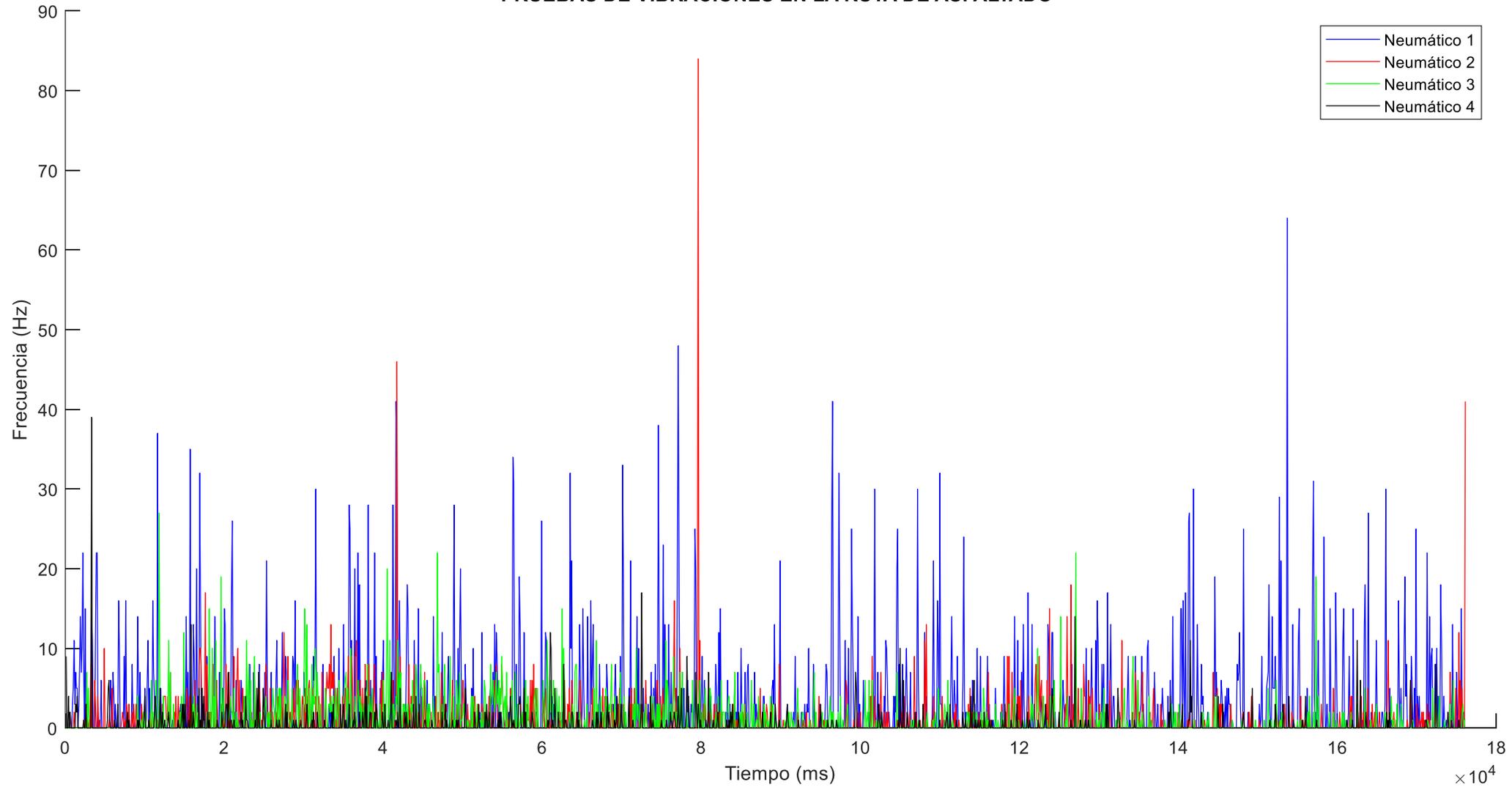
Sensor de ruido



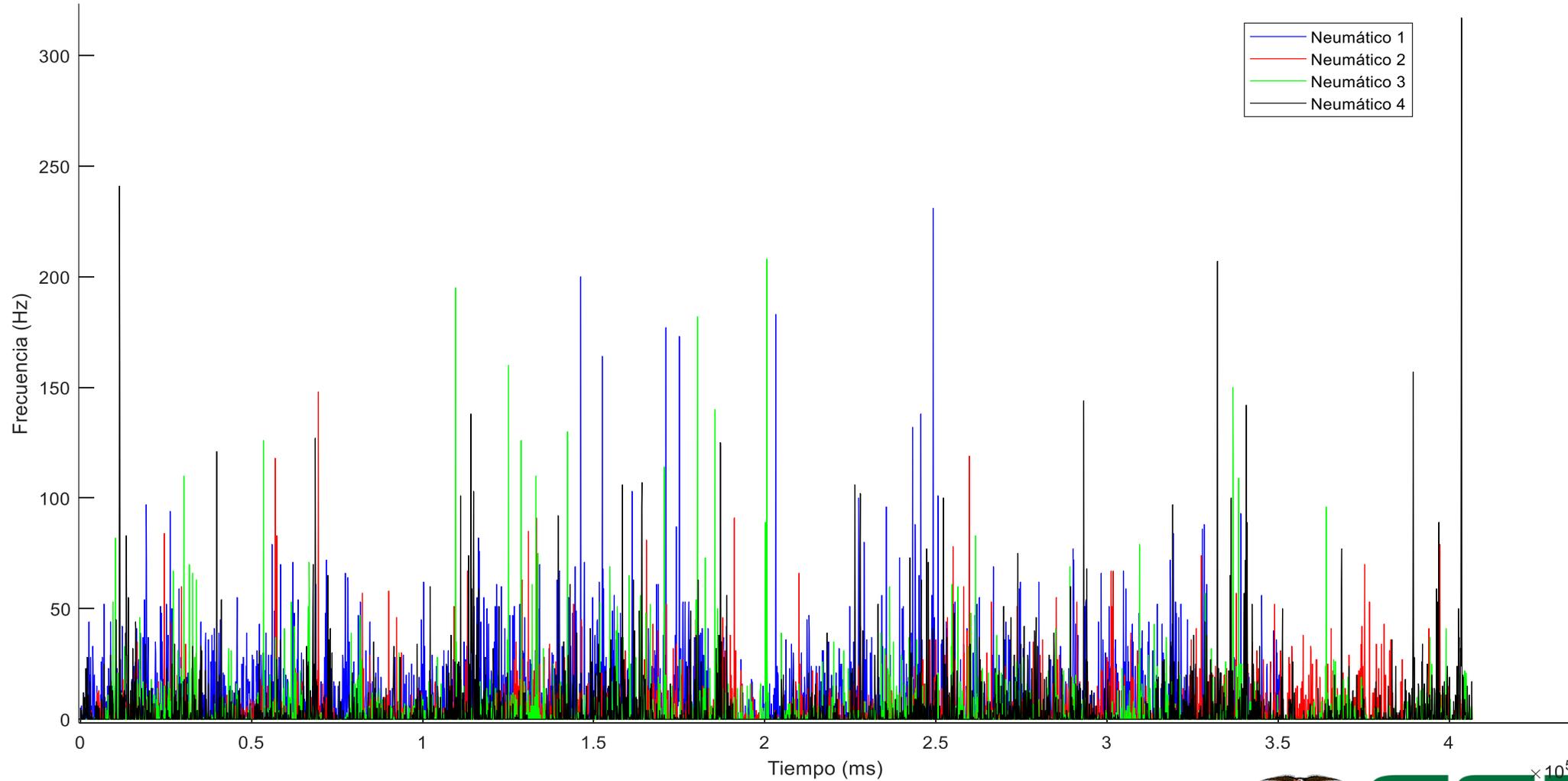
Proceso de recolección de datos



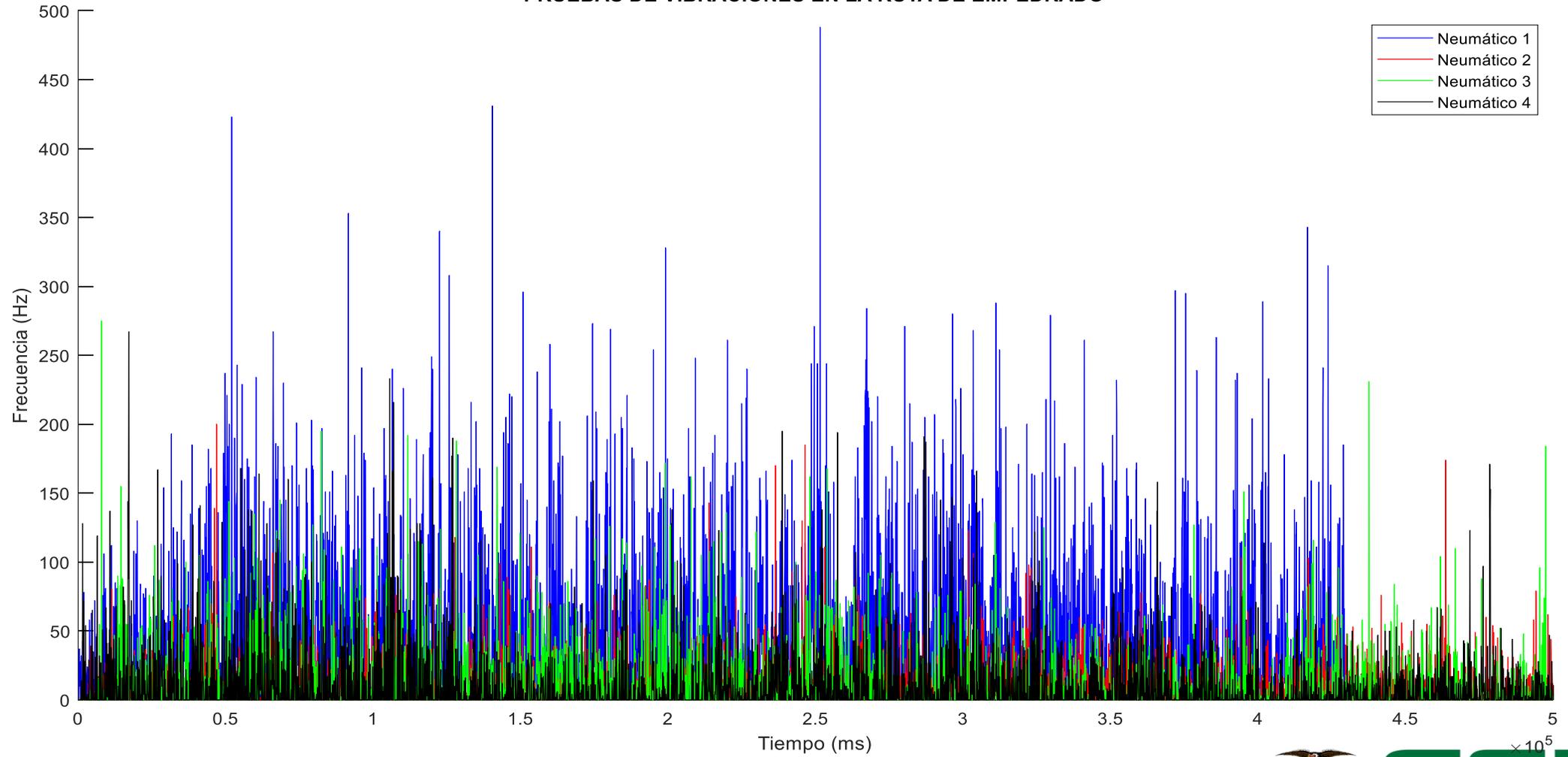
PRUEBAS DE VIBRACIONES EN LA RUTA DE ASFALTADO



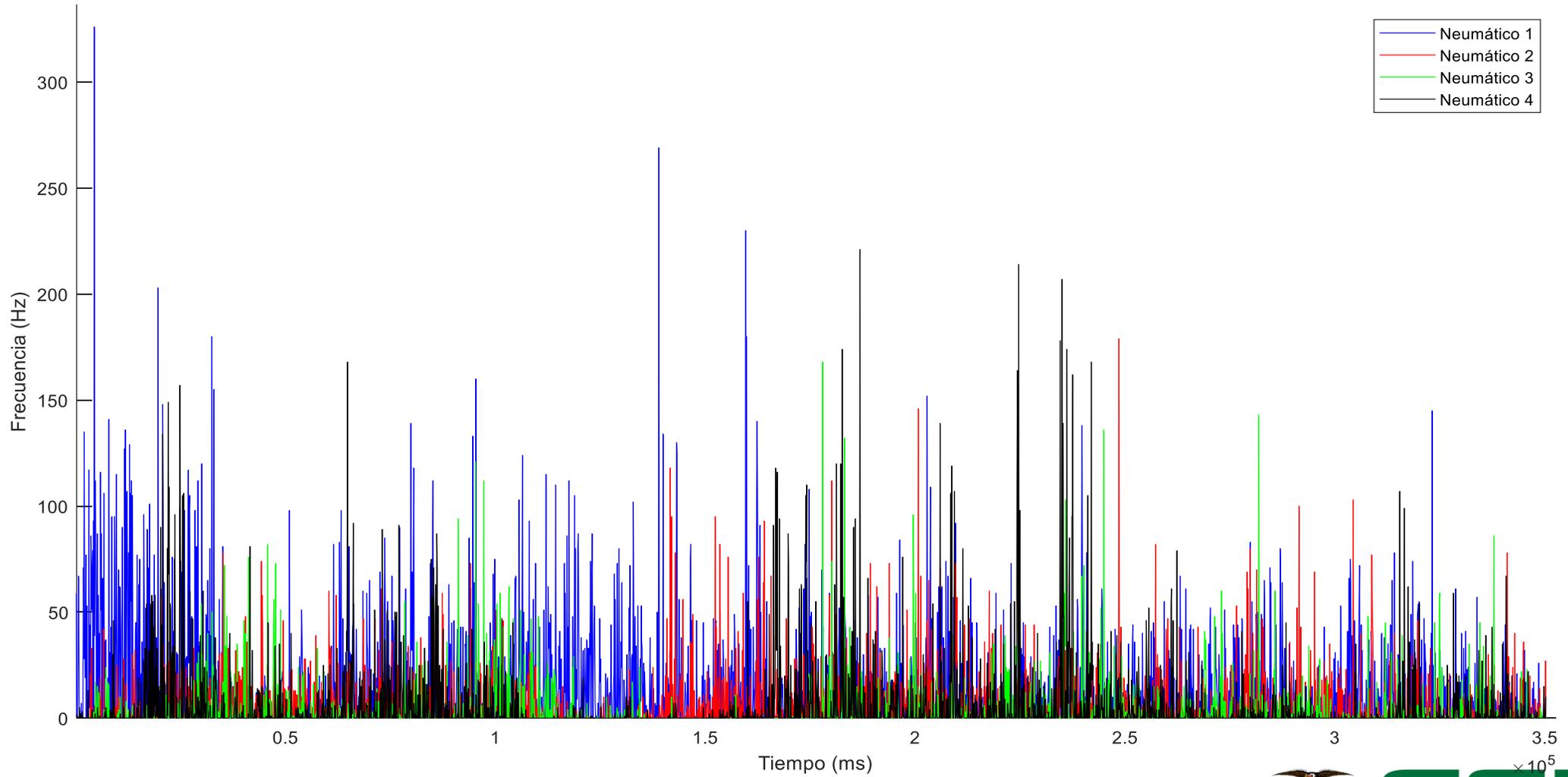
PRUEBAS DE VIBRACIONES EN LA RUTA DE ADOQUÍN



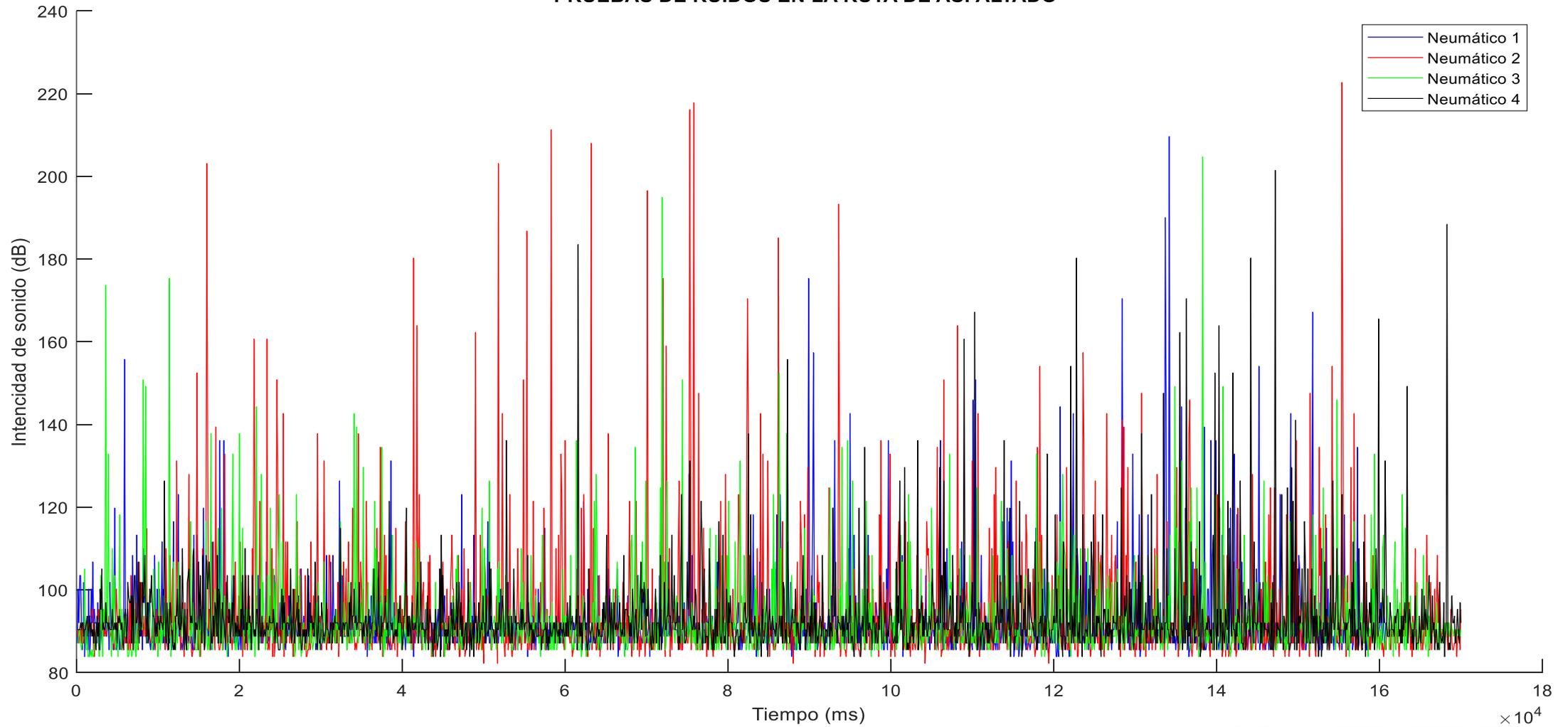
PRUEBAS DE VIBRACIONES EN LA RUTA DE EMPEDRADO



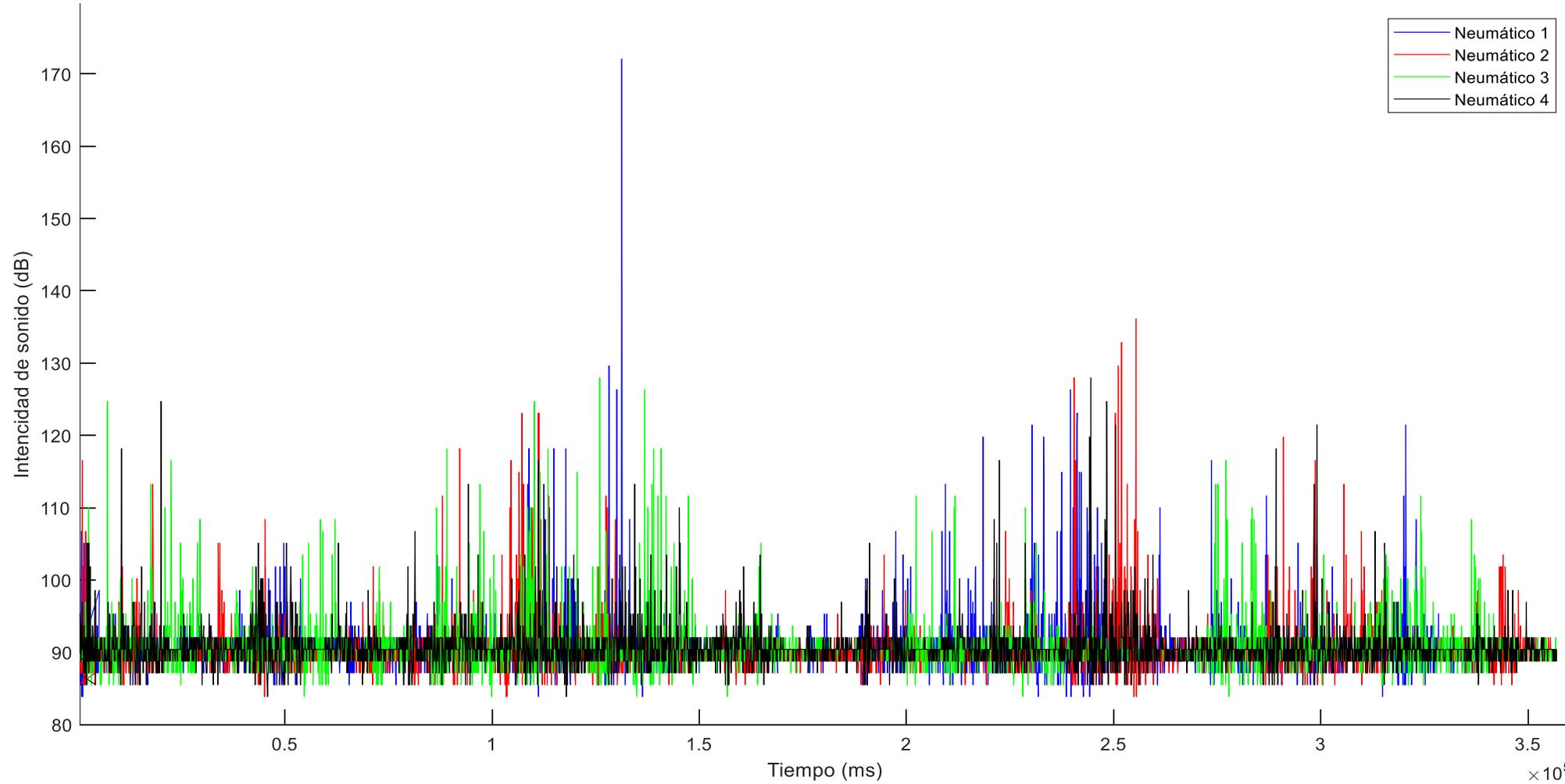
PRUEBAS DE VIBRACIONES EN LA RUTA DE ARENA - SUELO NATURAL



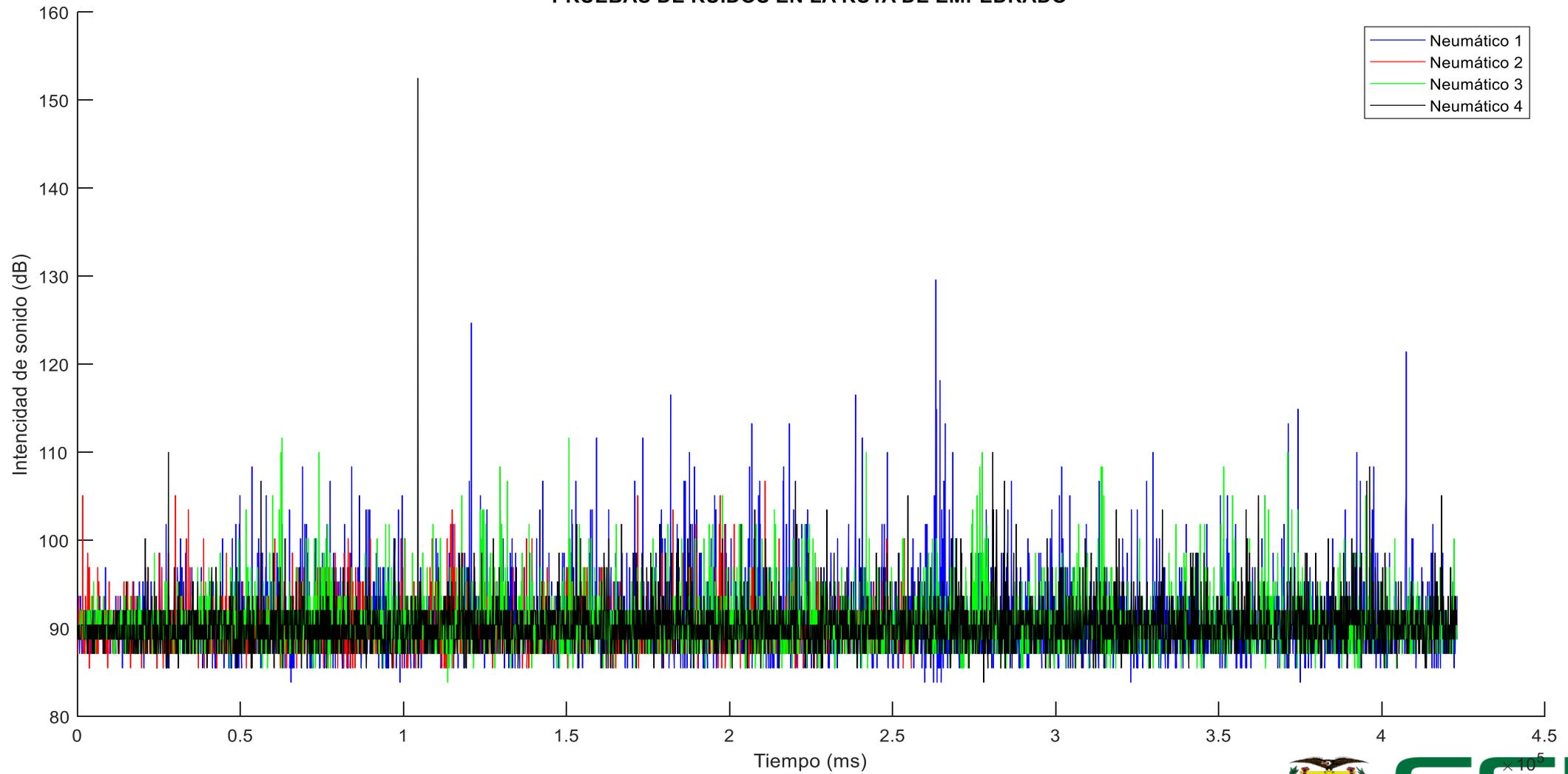
PRUEBAS DE RUIDOS EN LA RUTA DE ASFALTADO



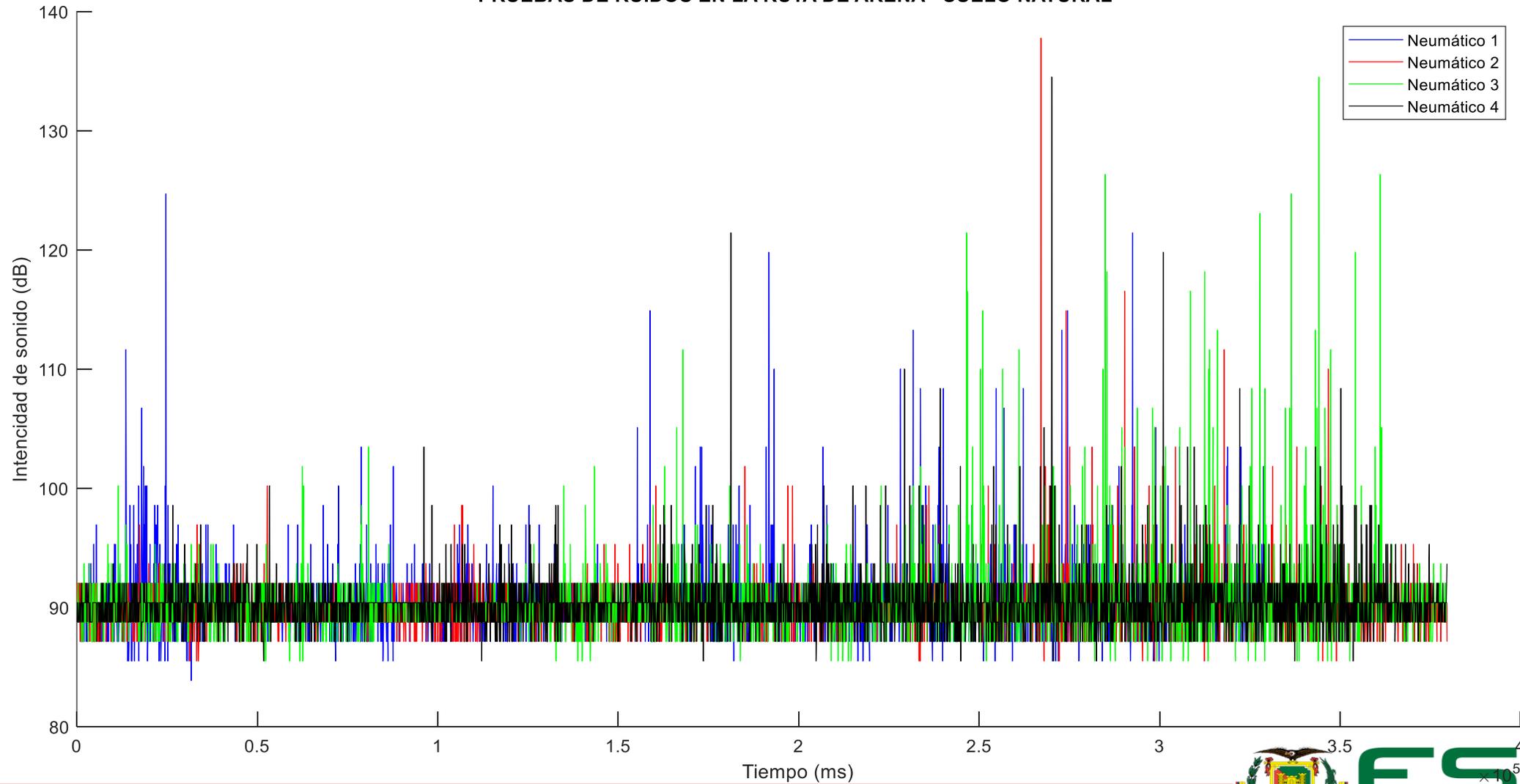
PRUEBAS DE RUIDOS EN LA RUTA DE ADOQUÍN



PRUEBAS DE RUIDOS EN LA RUTA DE EMPEDRADO



PRUEBAS DE RUIDOS EN LA RUTA DE ARENA - SUELO NATURAL



- Con el fin de comparar la generación del ruido y vibración en el neumático se optó por usar cuatro rutas con diferente tipo de terreno, por lo cual se tiene el asfaltado, adoquín, empedrado y arena o suelo natural.
- Según los resultados obtenidos de las pruebas de vibraciones, tomando como referencia el neumático 1 con patrón de rodadura asimétrico, para el asfaltado el valor máximo fue de 64 Hz, en el adoquín es de 231 Hz, en empedrado es de 488 Hz, y en arena (suelo natural) se tiene 326 Hz, con lo cual se evidencia claramente que el tipo de terreno influye directamente en la generación de vibraciones del neumático, debido al contacto que puede llegar a experimentar dicho elemento con la superficie de la carretera, así como los defectos propios como son los baches y agrietamientos.

- Según los resultados obtenidos de las pruebas de ruido, tomando como referencia el neumático 2 con patrón simétrico, para el asfaltado el valor máximo fue de 217 dB, en el adoquín es de 136 dB, en empedrado es de 106,30 dB, y en arena (suelo natural) se tiene 137,70 dB, con lo cual se ratifica que el tipo de terreno influye directamente en la generación de ruido del neumático.
- De los resultados obtenidos en las pruebas de ruido en asfaltado se pudo identificar valores que superan los 200 dB, algo muy perjudicial para el oído del ser humano, pero cabe destacar que esas mediciones son de tipo instantáneo de alrededor de una milésima de segundo, por lo cual su efecto no es percibido por el conductor del auto y sus acompañantes.



Conclusiones

- También se puede concluir que según el tipo de patrón de rodadura del neumático los valores picos de ruido y vibraciones varían, para lo cual se va tomar en cuenta el tipo de terreno de arena (suelo natural), con lo que el neumático 1 (patrón asimétrico) se tiene valores de 326 Hz y 124,70 dB, en el neumático 2 (patrón simétrico) son de 179 Hz y 137,70 dB, en el neumático 3 (patrón direccional “V”) son de 168 Hz y 134,50 dB, y en el neumático 4 (patrón asimétrico) son de 221 Hz y 121,40 dB, cabe también destacar que los neumáticos 2,3,4 fueron nuevos, y el neumático 1 ya contaba con un tiempo considerable de uso.
- Según los datos obtenidos en la pruebas de ruido del neumático se pudo identificar que los valores medios están en un rango de 85 a 110 dB, lo cuales son considerados como valores de ruido alto y muy alto, causando en las personas una sensación de molestia en su oído, es decir, una ligera sensación de sordera momentánea.



- Según los resultados obtenidos de las pruebas de ruido, con el uso del sensor de ruido se puede evaluar que las mediciones obtenidas son la combinación de varios ruidos, es decir, las propias del neumático y de otros ruidos externos de la carretera, como el flujo de vehículos al realizar las pruebas en la ruta, entre otros.

Recomendaciones

- Para un análisis más a profundidad se recomienda efectuar pruebas con diferentes condiciones del auto, es decir, una con el estado inicial de auto y luego otro con balanceo y alineación de acuerdo a los parámetros del fabricante, así como en condición de sin carga y con carga.
- Para futuras investigaciones se recomienda la realización de un tipo de estructura que permita aislar al neumático de los ruidos externos, para el desarrollo de las mediciones de ruido.
- También se recomienda para la medición de ruidos en el neumático incorporar más de un sensor de ruido en diferentes ubicaciones, de tal forma que se pueda ampliar la base de datos para el respectivo análisis.
- Para la adquisición de datos con los equipos de medición (de ruido y vibración) se recomienda el uso de escalas de tiempo muy reducidas, con el fin de captar cualquier variación considerable para el análisis.



Recomendaciones

- De igual forma se aconseja para la adquisición de datos el uso de equipos de medición con certificaciones internacionales, para tener un mayor rango de confiabilidad en los datos obtenidos, para lo cual se debe tomar en cuenta el tamaño y forma que va tener dicho elemento para su ubicación en el auto.
- Asimismo se recomienda el uso de una aplicación móvil de odómetro y velocímetro, para verificar el cumplimiento de las distancias recorridas y velocidad de desplazamiento predefinidas del auto en cada una de las pruebas.
- Finalmente se recomienda dar a conocer los beneficios que se logra alcanzar con el control efectivo de la generación de ruidos y vibraciones en cada uno de los tipos de terreno, tanto para las personas dentro del auto y a sus alrededores.

GRACIAS POR SU
ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

