



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN NEUMÁTICO EN UN
AUTO DE COMPETENCIA UTILIZANDO AIRE Y NITRÓGENO
MEDIANTE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PRESIÓN Y
EMISIONES DE GASES DE ESCAPE**

AUTOR: SAULO SEBASTIAN LESCOANO CEVALLOS

DIRECTOR: Ing. CARLOS NOLASCO MAFLA YEPEZ, MSc.

Ibarra, Marzo del 2023

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE UN NEUMÁTICO EN UN AUTO DE COMPETENCIA UTILIZANDO AIRE Y NITRÓGENO MEDIANTE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PRESIÓN Y EMISIONES DE GASES DE ESCAPE", presentado por el señor: SAULO SEBASTIAN LESCANO CEVALLOS, con número de cédula 1003940135, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 30 días del mes de marzo del 2023

Atentamente,



Ing. MAFLA YÉPEZ CARLOS NOLASCO, Msc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100394013-5		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lescano Cevallos Saulo Sebastian		
DIRECCIÓN:	Alejandro López 1-152 y Laura López, Tanguarín		
EMAIL:	sslescanoc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062-932-212	TELÉFONO MÓVIL:	0962548350

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Evaluación del desempeño de un neumático en un auto de competencia utilizando aire y nitrógeno mediante un sistema de monitoreo de presión y emisiones de gases de escape"
AUTOR:	Lescano Cevallos Saulo Sebastian
FECHA: DD/MM/AAAA	30/03/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Mafla Yépez Carlos Nolasco, MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de marzo de 2023

EL AUTOR:

LESCANO CEVALLOS SAULO SEBASTIAN
100394013-5

DEDICATORIA

Este Proyecto quiero dedicar a mi familia, en especial a mi madre Zoila Lescano quien siempre me apoyó con su dedicación y esfuerzo en todos mis estudios a lo largo de mi vida.

A mi mujer e hijos que me brindaron su comprensión y amor para lograr obtener mi título profesional.

A mis amigos y colaboradores que me brindaron siempre un aporte, conocimiento y consejos para lograr el desarrollo de este trabajo.

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo agradezco en primer lugar a Dios por guiarme en mi etapa estudiantil, brindarme salud y sabiduría para finalizar mis objetivos propuestos.

A mi mujer e hijos quienes son la fuente de mi inspiración y deseo de superarme día a día cumpliendo sueños y metas propuestas.

También agradezco a mis padres y hermanos que con sus enseñanzas y valores inculcados siempre me acompañaron a pesar de las dificultades presentes en cada etapa de mis estudios.

Agradezco a mi tutor Ing. Carlos Mafla Msc., a mis asesores Ing. Fausto Tapia Msc., Ing. Jorge Melo Msc. Quienes con su acompañamiento, paciencia y motivación brindaron el soporte necesario para el desarrollo del proyecto.

Agradezco a todos los docentes y amigos que me acompañaron y compartieron sus conocimientos en este camino para desarrollarme como profesional en la Universidad Técnica del Norte.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
CAPÍTULO I	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos	2
1.3. JUSTIFICACIÓN	3
1.4. ALCANCE	4
1.5. AUTO DE COMPETENCIA	4
1.5.1 Tipos de Competencia	4
1.5.2 Competencia Tipo Circuito	6
1.5.3 Reglamentación de competencias automovilísticas	7
1.5.4 Reglamento Ecuatoriano del campeonato nacional de circuitos 2019	8
1.6. NEUMÁTICO	9
1.6.1 Propiedades del neumático	10
1.6.2 Presión de inflado del neumático	10
1.6.3 Componentes de un neumático	11
1.6.4 Nomenclatura	13
1.6.5 Fabricación	14
	V

1.6.6	Fuerzas que Actúan sobre el Neumático	15
1.7.	EL AIRE	16
1.7.1	COMPOSICIÓN	18
1.8.	NITRÓGENO	20
1.8.1	PROPIEDADES DEL NITRÓGENO	20
1.8.2	APLICACIONES	21
1.8.3	NITRÓGENO COMO GAS PARA INFLADO DE NEUMÁTICOS	21
1.9.	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	22
1.9.1	COMBUSTIÓN	23
1.9.2	Reacciones de la combustión	24
1.9.3	Emisiones no contaminantes	25
1.9.4	Emisiones contaminantes	25
1.9.5	Ensayos	26
1.9.6	Equipos	27
1.9.7	NORMATIVA DE EMISIONES DE ESCAPE	28
 CAPÍTULO II		 31
 2. MATERIALES Y MÉTODOS		 31
2.1.	INTRODUCCIÓN	31
2.2.	Enfoque de la investigación	32
2.2.1	Tipos de investigación	33
2.3.	Materiales	34
2.3.1	Sensor TPMS	34
2.3.2	Sensor de Presencia Magnético	35
2.3.3	Inversor de corriente	37
		VI

2.3.4	Raspberry	37
2.3.5	LabVIEW	38
2.3.6	Medidor de profundidad digital	39
2.3.7	Neumáticos	39
2.3.8	Analizador de gases de escape KANE-AutoPlus	40
2.3.9	Vehículo Chevrolet Corsa 1.6 2003	41
2.4.	Métodos	42
2.4.1	Método descriptivo	42
2.5.	Técnicas e instrumentos	43
2.6.	Procesamiento de la Información	43
2.6.1	Proceso análisis temperatura y presión	43
2.6.2	Proceso análisis de gases de escape	47
2.7.	Recopilación de Datos	48
2.8.	Detalle del Proceso para la toma de datos	49
2.8.1	Elección de neumáticos	49
2.8.2	Vulcanización e instalación de sensores tpms	50
2.8.3	Inflado de los neumáticos	50
2.8.4	Instalación del sensor inductivo	51
2.8.5	Balanceo y alineación del vehículo	52
2.8.6	Instalación y calibración de los equipos	53
2.8.7	Parámetros para la adquisición de datos	54
2.8.8	Ejecución de las pruebas de análisis de gases de escape	54
2.8.9	Análisis de la información	54
CAPÍTULO III		55
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		55

3.1.	Diseño del Sistema de Monitoreo	55
3.2.	PROGRAMA EN LABVIEW	58
3.3.	Implementación y Discusión de Resultados	N
3.4.	Resultados de Presión y temperatura	59
	3.4.1 Resultados prueba 1	59
	3.4.2 Resultados prueba 2	66
3.5.	Mediciones respecto a desgaste de neumáticos	73
	1.2.1 Resultados del análisis de gases	75
	CAPITULO IV	79
	4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
4.1.	CONCLUSIONES.	79
4.2.	RECOMENDACIONES.	80
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
	ANEXOS	87

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
1. 1 Competencia tipo circuito, Autódromo Internacional de Yahuarcocha José Tobar Tobar	.7
1. 2 El neumático	9
1. 3 Estructura del neumático	12
1. 4 Nomenclatura del neumático	13
1. 5 Sistema de coordenadas del neumático	16
1. 6 Proceso de conversión de energía térmica a mecánica	22
1. 7 Productos de la combustión.....	24
2. 1 Ubicación de Autódromo Internacional Yahuarcocha	31
2. 2 Información del fabricante del TPMS usado en la investigación	35
2. 3 Sensor con pantalla inteligente	36
2. 4 Inversor de corriente	37
2. 5 Raspberry.....	38
2. 6 LabView	38
2. 7 Medidor de profundidad digital.....	39
2. 8 Neumáticos	40
2. 9 Analizador de gases de escape KANE-AutoPlus	41
2. 10 Vehículo Chevrolet Corsa 1.6 2003	42
2. 11 Flujograma desarrollo del proyecto.....	44
2. 12 Flujograma del proceso monitoreo presión y temperatura de neumáticos	45
2. 13 Disposición del aire y nitrógeno en los neumáticos	46

2. 14	Flujograma de proceso análisis de gases estática	47
2. 15	Interfaz del programa.....	48
2. 16	Neumáticos utilizados.....	49
2. 17	Vulcanizacion e instalación de los sensores	50
2. 18	Inflado de neumáticos con aire y nitrógeno.....	51
2. 19	Instalación sensor inductivo	51
2. 20	Proceso de balanceo.....	52
2. 21	Proceso de alineación	53
2. 22	Instalación y calibración inersor y Raspberry	53
3. 1	Diagrama del funcionamiento del sistema implementado.....	55
3. 2	Diseño de la implementación de Hardware.....	56
3. 3	Implementación física del sistema.....	57
3. 4	Detalle de la conectividad del sistema generado para la investigación en la herramienta LabVIEW.....	58
3. 5	Instalación del sistema en el Vehículo Chevrolet Corsa Wind	59
3. 6	Prueba 1 vuelta 1. Temperatura mínima vs máxima	60
3. 7	Prueba 1 vuelta 1. Presión mínima vs máxima.....	61
3. 8	Prueba 1 vuelta 6. Temperatura mínima vs máxima	62
3. 9	Prueba 1 vuelta 6. Presión mínima vs máxima.....	62
3. 10	Prueba 1 vuelta 9. Temperatura mínima vs máxima	63
3. 11	Prueba 1 vuelta 9. Presión mínima vs máxima.....	64
3. 12	Prueba 1 vuelta 10. Temperatura mínima vs máxima	65
3. 13	Prueba 1 vuelta 10. Presión mínima vs máxima.....	65
3. 14	Prueba 2 vuelta 1. Temperatura mínima vs máxima	66

3. 15 Prueba 2 vuelta 1. Presión mínima vs máxima.....	67
3. 16 Prueba 2 vuelta 6. Temperatura mínima vs máxima	68
3. 17 Prueba 2 vuelta 6. Presión mínima vs máxima.....	68
3. 18 Prueba 2 vuelta 9. Temperatura mínima vs máxima	69
3. 19 Prueba 2 vuelta 9. Presión mínima vs máxima.....	70
3. 20 Prueba 2 vuelta 10. Temperatura mínima vs máxima	71
3. 21 Prueba 2 vuelta 10. Presión mínima vs máxima.....	71
3. 22 Resultados Antes y después de la prueba 1	74
3. 23 Resultados Antes y después de la prueba 2	75
3. 24 Rangos permitidos de la revisión técnica vehicular	77

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
1. 1 Clasificación por categoría, vehículos campeonato de circuito.	8
1. 2 Índice de desgaste del neumático según su categoría.	9
1. 3 Composición del aire atmosférico seco.	18
1. 4 Propiedades del aire.	19
1. 5 Propiedades del nitrógeno.	20
1. 6 Efectos del monóxido de carbono.	26
1. 7 Normativa Ecuatoriana (NTE INEN 2204).	29
1. 8 Normativa (NOM-167-SEMARNAT-2017).	30
2. 1 Sensor TPMS.	34
2. 2 Sensor inductivo.	36
3. 1 Resultados primera vuelta en el autódromo prueba 1.	60
3. 2 Resultados Sexta vuelta en el autódromo prueba 1.	61
3. 3 Resultados novena vuelta en el autódromo prueba 1.	63
3. 4 Resultados decima vuelta en el autódromo prueba 1.	64
3. 5 Resultados primera vuelta en el autódromo prueba 2.	66
3. 6 Resultados Sexta vuelta en el autódromo prueba 2.	67

3. 7 Resultados novena vuelta en el autódromo prueba 2.	69
3. 8 Resultados de decima vuelta en el autódromo prueba 2.....	70
3. 9 Resultados Antes y después de la prueba 1.	73
3. 10 Resultados Antes y después de la prueba 2.	74
3. 11 Resultados ralenti 800 rpm.	76
3. 12 Resultados a 2500 rpm.	76
3. 13 Resultados a 4000 rpm.	76

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	PÁGINA
1. Código implementado en el dispositivo Raspberry	87

RESUMEN

El uso de nitrógeno en lugar de aire en neumáticos de vehículos de competición puede tener algunas ventajas que pueden ser importantes en este contexto, entre las ventajas de usar nitrógeno se encuentran, mayor consistencia en la presión y menor variaciones de temperatura, lo que puede ayudar a mantener una presión más constante en los neumáticos. Esto puede ser particularmente importante en las competiciones, donde los neumáticos pueden ser expuestos a condiciones extremas de temperatura y presión. El presente estudio de investigación se desarrolla en el autódromo internacional José Tobar Tobar de la ciudad de Ibarra y tiene como objetivo el evaluar del desempeño de neumáticos en un auto de competencia utilizando aire y nitrógeno mediante un sistema de monitoreo de presión y las emisiones de gases de escape generadas, la presente investigación tiene un enfoque científico aplicado de tipo documental y experimental, haciendo uso de elementos e instrumentos que permiten la recolección de datos que son analizados de manera descriptiva, como resultado de los métodos y pruebas aplicadas durante este proyecto se encuentra que en los vehículos de competencia en los neumáticos que utilizan nitrógeno tienen un desgaste menor de alrededor de un 30% menos que los inflados con aire, lo que marca una gran diferencia con estudios previos que encuentran variaciones mínimas en vehículos de uso diario

Palabras clave: Nitrógeno, Neumáticos, Auto de Competencia, Desgaste

ABSTRACT

The use of nitrogen instead of air in competition vehicle tires may have some advantages that may be important in this context, among the advantages of using nitrogen are greater consistency in pressure since nitrogen is less affected by variations temperature, which can help maintain more constant tire pressure. This can be particularly important in motorsport where tires may be exposed to extreme conditions of temperature and pressure. The present research study is carried out at the José Tobar racetrack in the city of Ibarra and its objective is to evaluate the performance of tires in a competition car using air and nitrogen through a pressure monitoring system and the exhaust gas emissions generated. The present investigation has an applied scientific approach of a documentary and experimental type, making use of elements and instruments that allow the collection of data that are analyzed in a descriptive manner, as a result of the methods and tests applied during this project, it is found that in the vehicles Nitrogen-used tires have about 30% less wear than air-inflated tires, which is a big difference from previous studies that found minimal variations in everyday vehicles.

Keywords: Nitrogen, Tires, Competition Car, Wear

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. INTRODUCCIÓN

La evaluación del desempeño de los neumáticos en un auto de competición puede ser llevada a cabo mediante un sistema de monitoreo de presión de los neumáticos y las emisiones de gases de escape generadas por el motor. El monitoreo de presión de los neumáticos puede proporcionar información sobre la consistencia en la presión y cómo se afecta por los cambios en la temperatura y la velocidad. Esta información puede ser utilizada para optimizar la presión de inflado para un mejor desempeño y una mayor duración de los neumáticos.

El desempeño de los neumáticos en un auto de competición puede ser influenciado por la presión de inflado que se utiliza en los mismos. El aire y el nitrógeno son dos gases comúnmente utilizados para inflarlos. El aire es una mezcla de nitrógeno, oxígeno y otros gases, mientras que el nitrógeno es un gas puro. El nitrógeno se considera mejor que el aire para inflar los neumáticos en un auto de competición debido a su estabilidad de presión y porque no se expande y se contrae tanto con los cambios de temperatura. Esto puede mejorar la consistencia en el desempeño de los neumáticos y aumentar la vida útil de los mismos.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso de nitrógeno requiere un equipo especializado y puede ser más costoso que el uso de aire. Además, la diferencia en el desempeño puede ser mínima en comparación con el uso de aire y puede no ser justificable para todos los competidores.

Las emisiones de gases de escape generadas por el motor pueden ser un indicador del rendimiento del motor y pueden afectar el desempeño de los neumáticos. Por ejemplo, una cantidad excesiva de gases de escape puede generar un mayor calor y afectar la temperatura de los neumáticos.

Finalmente, el monitoreo de la presión de los neumáticos y las emisiones de gases de escape generadas por el motor puede proporcionar información valiosa para evaluar el desempeño de los neumáticos en un auto de competición y mejorar su rendimiento. El uso de nitrógeno en lugar de aire para inflarlos puede mejorar el desempeño de los neumáticos en un auto de competición, es importante considerar los costos y la justificación del uso antes de hacer un cambio.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el desempeño de neumáticos en un auto de competencia usando aire y nitrógeno mediante la aplicación de sensores (TPMS) y las emisiones de gases de escape generadas mediante una prueba estática.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Investigar las características de los neumáticos y las exigencias requeridas de tracción en vehículos de competencia tipo pista.
- Indagar las propiedades del aire y nitrógeno empleado en neumáticos.
- Investigar la relación e importancia de los parámetros de temperatura y presión en el desgaste de los neumáticos.
- Estudiar la reglamentación sobre los niveles límites de gases de escape admisibles para un auto de competencia tipo pista.
- Recopilar datos de temperatura, presión y desgaste de neumáticos utilizando aire y nitrógeno mediante sensores TPMS, en el circuito de Yahuarcocha.
- Realizar las pruebas estáticas de medición de gases de escape en un vehículo de competencia tipo pista en el taller de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.
- Analizar las emisiones de gases de escape generadas por el auto de competencia tipo pista en una prueba estática.

- Evaluar el desempeño y rendimiento de neumáticos con el uso de aire y nitrógeno.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El estudio de emisiones de gases de escape y el rendimiento de los neumáticos de un auto de competencia son temas de gran importancia para la evaluación y monitoreo de estos sistemas con la finalidad de reducir la contaminación ambiental generada por este tipo de eventos, de igual manera busca contribuir en lo posible con el Gobierno Nacional, en su objetivo número tres señala:

Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones, en su política 3,4 indica lo siguiente. Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global (Gobierno Nacional del Ecuador, 2017, pág. 6).

Por tal motivo se necesita evaluar estos parámetros que sin lugar a duda tienen un gran efecto en el cambio climático debido a la emisión de los gases de escape hacia la atmósfera los cuales son de efecto invernadero y algunos nocivos para la salud tanto en emisiones de escape como la contaminación por el desgaste prematuro de neumáticos.

Es de conocimiento general que un auto necesita de ciertos cuidados y mantenimiento adecuado, los autos destinados a competencias necesitan aún más, es importante considerar la aplicación de sistemas de seguimiento como el sistema de monitoreo de presión de neumáticos (TPMS) que permitan saber el desempeño real de sus elementos y cómo realizar un correcto mantenimiento.

El cambio de un neumático cuando este se encuentra desinflado es un mantenimiento común en el campo de operación automotriz. Los autos que cuentan con un sistema de monitoreo de la presión de los neumáticos también deben revisarse los sensores, si estos se encuentran en mal estado se debe sustituir por uno nuevo que esté en correctas condiciones de funcionamiento (Shaout & Yanez, 2017, pág. 276).

Evaluar los niveles de contaminación y conocer los métodos de un buen mantenimiento es de gran importancia para reducir la contaminación generada por los autos de competencia.

1.4. ALCANCE

El presente estudio se realizará en un automóvil marca Chevrolet Corsa, motor 1.3 L. La medición de rendimiento de los neumáticos tendrá lugar en el circuito de pista de Yahuarcocha, ubicada en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura, el gas de inflado de los neumáticos será aire y nitrógeno, la medición de presión se ejecutará mediante la aplicación de sensores de lectura de presión inalámbrico TPMS y su lectura de datos de presión y temperatura será efectuada mediante Arduino, la medición del desgaste del labrado será realizado mediante medidor digital de profundidad para garantizar la fiabilidad de los datos.

Los gases de escape que serán medidos son: monóxido de carbono CO, hidrocarburos no combustionados HC, dióxido de carbono CO₂ y oxígeno O₂ mediante el equipo analizador de gases marca KANE AUTOplus 4-2 en una prueba estática.

1.5. AUTO DE COMPETENCIA

Para que un vehículo se considere preparado para competir tiene que tener alteraciones en algún sistema propio. Auto de competencia a aquel vehículo que se encuentre modificado alguno de sus sistemas que permita mejorar su rendimiento en una carrera automovilística (Arevalo, 2018, pág. 29). Estas modificaciones varían dependiendo de la modalidad de competencia.

1.5.1 Tipos de Competencia

Las competencias automovilísticas son consideradas como uno de los deportes más vistosos y caros existentes debido a todo el equipo de trabajo que se involucran de manera directa e indirecta.

Las marcas fabricantes de los automóviles cumplen un rol muy importante en este deporte y son los pioneros en las nuevas tecnologías aplicadas para lograr un mejor desempeño del vehículo en una competencia. Se entiende a las competencias automovilísticas como una prueba de

velocidad entre dos o más vehículos terrestres que se encuentran preparados mecánicamente, conducido por un piloto y copiloto, los mismos que deben estar preparados física, psicológica y técnicamente para practicar este deporte (Mueses, 2017, pág. 11).

Existen diferentes modalidades dentro de este tipo de competencias en las que se debe recorrer un circuito determinado en el menor tiempo posible, teniendo como gran referente el campeonato mundial de Fórmula 1 (Serrano, 2016, pág. 10). Algunas de las modalidades de competencia son las siguientes:

- **Rally:** Es una competición individual en la que los participantes salen uno a uno con un tiempo de diferencia, el ganador será quien obtenga la mejor puntuación al realizar en el menor tiempo una serie de tramos cronometrados (Merino, 2014, pág. 14). Son varias particularidades que distinguen al rally de las demás competiciones, en primer lugar, los vehículos utilizados para este fin son de carácter comercial, la competencia puede ser en superficie de asfalto, nieve o tierra, además de la necesidad de contar con la presencia de un copiloto quien es encargado de apoyar al piloto con labores de referencias como controlar tiempos, niveles de combustible, temperatura, entre otros.
- **Aceleración:** Las carreras de cuarto de milla más conocida como piques o picadas, se trata de una competencia rápida entre dos autos con la particularidad de que esta carrera se desenvuelve en una pista recta generalmente de un cuarto de milla, el vencedor será quien llegue primero al final de la pista (Merino, 2014, pág. 22). En muchos casos este tipo de competencia se realizan de manera ilícita, es decir sin permisos o reglamentos alguno.
- **Turismo:** También es conocida con el nombre de competencia tipo circuito o pista, se trata de una competencia relativamente corta con duraciones de media a una hora, los automóviles usados para este fin son turismos con modificaciones en su motor, suspensión y frenos hasta ciertos límites regulados por las entidades pertinentes (Merino, 2014, pág. 24). Existen varias categorías dentro de este tipo de competencia para fomentar la igualdad entre los competidores.

- **GT y Sport Prototipos:** Se tratan de una competencia de resistencia en la cual se permite cambiar de piloto por ser una competencia de largas distancias o varias horas en circuitos cerrados, de 500 o 1.000 Km. Y de 4, 6, 12 o 24 horas según sea el caso, los automóviles aplicados son deportivos exclusivos para competición (Merino, 2014, pág. 27). Este tipo de competencia los conductores deben estar preparados mental y físicamente para no perder la concentración durante toda la competencia.
- **Rallycross y Autocross:** Este tipo de competencias son muy vistas en los Estados Unidos, la diferencia entre estas dos modalidades es la siguiente, Autocross se desarrolla en camino de gravilla mientras que el Rallycross combina asfalto con tierra, una característica en común es de desarrollar la competencia por lo general en circuitos menores a 2.000 metros (Merino, 2014, pág. 28). Debido a sus modalidades hay varios factores que tomar en cuenta como el tipo de neumáticos.
- **Rally raid:** En esta modalidad de competencia, la principal característica y por la que se distingue de las demás modalidades, se debe a la inexistencia de caminos o vías marcadas en ciertas partes del recorrido debiendo correr a campo abierto, además son competencias largas que pueden durar semanas recorriendo grandes distancias diarias por lo general son realizadas en desiertos, la carrera más renombrada es el Rally Dakar (Merino, 2014, pág. 30). Son competencias que necesitan de una gran preparación.
- **Karting:** Este tipo de competencia se desarrolla en pequeños circuitos angostos y con muchas curvas generalmente de asfalto, se necesita de un kart que es un auto pequeño y muy bajo con ausencia de suspensión (amortiguadores), son carreras cortas determinadas por un número predeterminado de vueltas, quien termine dicho número de vueltas en el menor tiempo será el ganador (Salazar, 2020, pág. 25).

1.5.2 Competencia Tipo Circuito

En este tipo de competencia los autos empleados son de tipo turismo debido a sus escasas modificaciones requeridas y economía, como su nombre lo indica se basa en una competencia dentro de un circuito cerrado de asfalto en donde un grupo de competidores pugnan por terminar en el menor tiempo posible una serie de vueltas establecidas por los organizadores

adjudicándose el primer lugar o en su defecto la adjudicación de puntos que sumando todas las mangas de una fecha de competencia y válidas al final del torneo se conoce las posiciones de los ganadores. En caso de empate en puntos al final del campeonato, se proclamará campeón el piloto que hubiese logrado la mayor cantidad de primeros puestos al final de las competencias a lo largo del campeonato, de persistir el empate, se tomarán en cuenta los segundos, terceros, cuartos, lugares y así sucesivamente y en caso de persistir el empate será campeón quien haya logrado el mejor tiempo de clasificación en la fecha final (Fedak., 2020, pág. 11).



Figura 1. 1 Competencia tipo circuito, Autódromo Internacional de Yahuarcocha José Tobar Tobar
(Magazine., 2018, pág. 3)

En la figura 1.1 se observa una competencia automovilística llevada a cabo en el Autódromo Internacional de Yahuarcocha José Tobar Tobar.

1.5.3 Reglamentación de competencias automovilísticas

El reglamento técnico de un campeonato o competencia automovilística depende de la modalidad de competencia y categoría en el cual se establecen los parámetros requeridos y restricción de modificaciones en caso de ser lícitas, el organismo regulador a nivel internacional es la Federación Internacional del Automóvil (FIA) quien es un ente regulatorio en cuanto a competencias automovilísticas se trata.

1.5.4 Reglamento Ecuatoriano del campeonato nacional de circuitos 2019

La reglamentación para las competencias automovilísticas en Ecuador es dispuesta por la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK) reconocida como la máxima autoridad deportiva bajo decreto ministerial 1175, esta entidad se maneja bajo los conceptos y reglamentos de la FIA.

La reglamentación técnica para el campeonato nacional de circuitos emitida por la FEDAK detalla los por menores que deben cumplir los participantes de esta competición, temas de seguridad, tecnología, protocolo, etc.

A continuación, en la tabla 1.1 se observa cómo se clasifica las distintas categorías del campeonato tipo circuito.

Tabla 1. 1 Clasificación por categoría, vehículos campeonato de circuito.

CATEGORÍA	ESPECIFICACIÓN
TC LIGHT	de 0 a 1250 cc
TC 1600	de 1251 cc A 1650 cc
TC 2000	de 1651 cc a 2050 cc
TC OPEN	de 2050 cc en adelante.

Fuente: (Fedak., 2020, pág. 5)

La preparación del motor es libre, sin embargo, la única condición es respetar la cilindrada de la categoría a la que pertenezca; el combustible será de libre elección si este es de uso comercial y se descarta el óxido nitroso, metanol o semejantes; otro tema de suma importancia es sobre los neumáticos los cuales deben cumplir con un índice de desgaste (Treadwear) específico dependiendo de su categoría.

En la tabla 1.2 se detalla el índice de desgaste de los neumáticos que pueden ser ocupados por los vehículos de las diferentes categorías.

Tabla 1. 2 Índice de desgaste del neumático según su categoría.

CATEGORÍA	ÍNDICE DE DESGASTE
TC LIGHT	Mayor o igual a 280 UTQG.
TC 1600 y TC 2000	Mayor a 180 UTQG.
TC OPEN	Libre.

Fuente: (Fedak., 2020, pág. 7)

1.6. NEUMÁTICO

Parte de la suspensión de un automóvil, el neumático es uno de los elementos más importantes de un vehículo, es una pieza fabricada con un compuesto basado en caucho que se coloca en la rueda de un vehículo para conferirle adherencia, estabilidad y confort (Chalco & Sinchi, 2016, pág. 15). Es trascendental para obtener las mejores prestaciones y alargar la vida útil del neumático dar un debido mantenimiento, por someterse a esfuerzos de carga, fricción, temperatura, entre otros, es recomendable la revisión periódica de estos.



Figura 1. 2 El neumático
(Ferrari, 2019, pág. 2)

En la figura 1.2 se observa la imagen de un neumático convencional con un labrado mixto en su banda de rodadura.

Los neumáticos requieren de mantenimiento generalmente correctivo, aunque existe un mantenimiento predictivo para ellos siendo una revisión que puede llevarse a cabo cada dos semanas por parte del propietario como un hábito recomendable a la cual se puede añadir las revisiones rutinarias de nivel de aceite entre otros.

Al ser estos sensibles al uso su vida depende del tipo de conducción y el ambiente en el que se los utiliza, siendo que su uso legal varía según la legislación de cada país.

1.6.1 Propiedades del neumático

Las exigencias que se requiere de un neumático son altas debido a las características que este debe cumplir para otorgar al vehículo seguridad, confort, resistencia, flexibilidad, adherencia con la calzada, entre otras que hacen de la fabricación y mantenimiento de estos elementos un proceso meticuloso e importante en la industria automotriz.

Las propiedades más importantes que debe cumplir un neumático son:

- Resistencia a esfuerzos dinámicos, fatiga, desgaste.
- Resistencia a la rodadura baja.
- Nivel de vibración y ruido bajo.
- Flexibilidad transversal, radial y circunferencial.
- Buena adherencia longitudinal y transversal sobre la calzada mojada o seca.

1.6.2 Presión de inflado del neumático

La mayoría de los fabricantes de neumáticos estiman que la vida útil de un neumático ronda los 4 años, la realidad es muy diferente, el ciclo de vida es mucho más corto del estimado debido a varios factores entre los cuales destaca la presión de inflado.

La falta de control de presión en los neumáticos puede provocar distintos percances de seguridad, el funcionamiento de un neumático a presiones superiores a las requeridas puede provocar un desgaste desigual de la banda de rodadura, degradar la conducción y el confort del vehículo y aumentar la susceptibilidad a daños por impacto, operar la llanta a presiones más bajas que las requeridas también puede causar un desgaste desigual de la banda de rodadura, pero potencialmente puede conducir a una ruptura por fatiga de la estructura interna de la llanta que resulta en la separación de la banda de rodadura u otra falla estructural (Bautista & Hernandez, 2021, pág. 28).

La presión de los neumáticos debe ser revisado cuando menos cada mes incluyendo la de emergencia, otra recomendación para evitar desgastes anormales es el hábito de rotar los neumáticos cada 12000 Km o en lo posible cada cambio de aceite del motor.

Otro factor muy importante que se debe tomar en cuenta es la temperatura que gana el neumático por acción de la fricción de este con la calzada, dentro de una competencia el factor temperatura está relacionado directamente con el rendimiento del vehículo. La temperatura óptima de los neumáticos es un factor determinante para obtener tiempos de vuelta rápidos en el automovilismo, porque las características del compuesto de caucho del neumático decaen muy rápidamente fuera de un rango de temperatura dado es importante saber que el cambio de temperatura del neumático tiene como consecuencia el cambio de presión de la cámara de aire (Bonnell-Kangas, A.; Brodsky, P.; Cline, J.; Lord, N.; Canova, M., 2015, pág. 50).

1.6.3 Componentes de un neumático

En general las principales partes de un neumático son el talón, banda de rodadura y paredes laterales, entre ellas se ubican más componentes que en conjunto conforman el neumático como tal, teniendo en cuenta calidad y costos estos componentes pueden ser más o menos o a su vez de mejor o menor calidad.

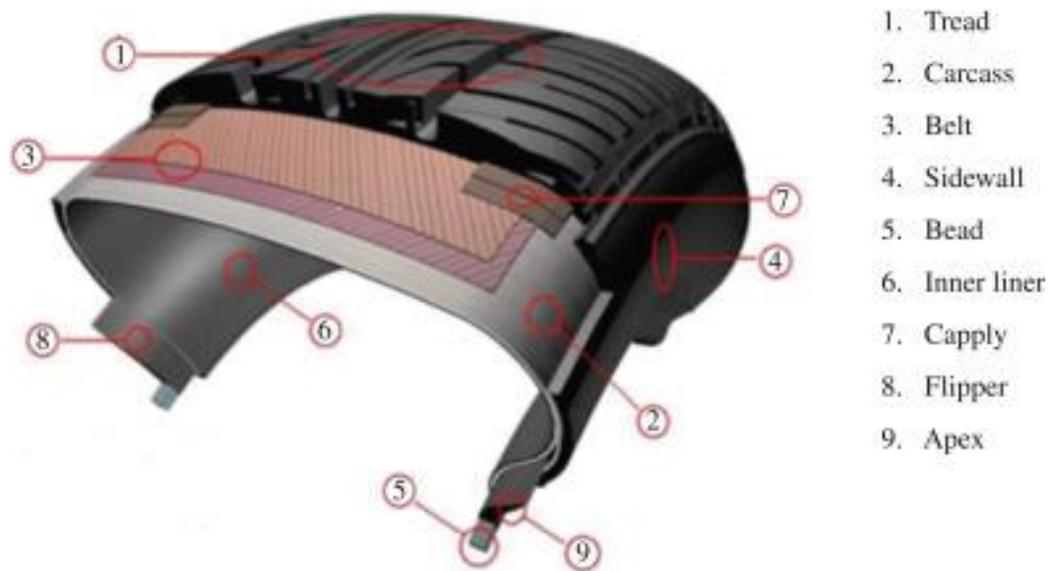


Figura 1.3 Estructura del neumático
 (Zhang, C.; Zhang, M.; Wu, G.; Wang, Y.; Zhang, L., 2018, pág. 8)

En la figura 1.3 se muestra la estructura de un neumático mediante un corte que permite visualizar de manera detallada sus diversos componentes.

La banda de rodadura es el elemento del neumático que se sitúa alrededor de la carcasa siendo esta la única parte de neumático que se encuentra en contacto con la calzada por tanto es el elemento que da la adherencia con la carretera siendo que esta banda es muy importante para el neumático, así como para el vehículo ya que influye en la conducción y garantiza la maniobrabilidad y adherencia adecuadas por lo que aumenta la seguridad al abordar, generalmente de hule, proporciona la interface entre la estructura de la llanta y el camino, su propósito principal es proporcionar tracción y frenado (Martinez, 2000, pág. 8).

La pared lateral, también llamada hule del costado (pared) está especialmente compuesto para resistir la flexión y la intemperie proporcionando al mismo tiempo protección a la capa radial (Martinez, 2000, pág. 13). Absorbe los desperfectos de la calzada por la que circula el vehículo.

El talón es un cuerpo de alambres de acero de alta resistencia utilizado para formar una unidad de gran robustez, el talón es el ancla de cimentación de la carcasa, que mantiene el diámetro requerido de la llanta en el rin (Martinez, 2000, pág. 17).

1.6.4 Nomenclatura

La nomenclatura de un neumático viene marcada por letras y símbolos ubicados generalmente en un costado, estos datos proveen de información importante como, dimensiones del neumático, presión de inflado, índice de carga y símbolo de velocidad, entre otros.

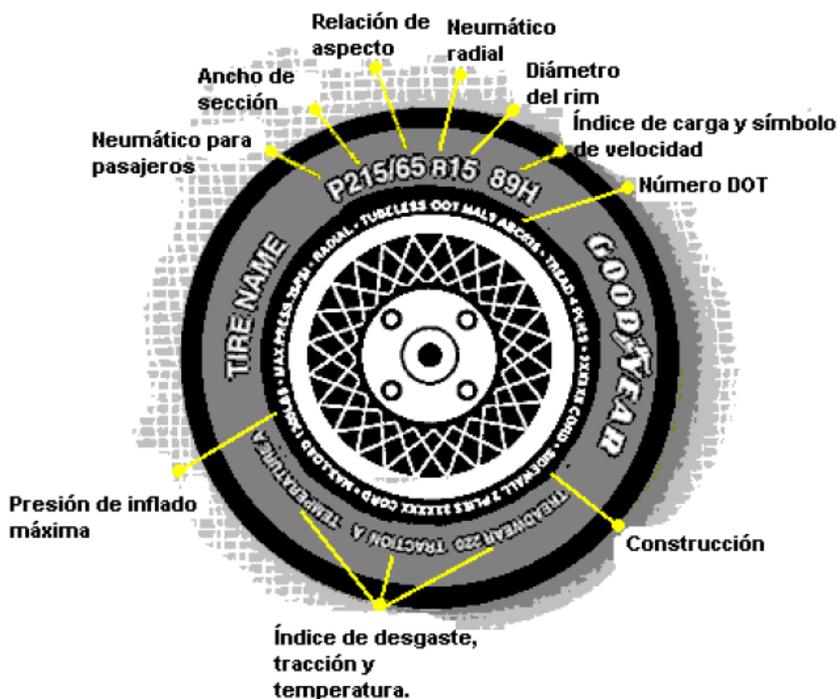


Figura 1. 4 Nomenclatura del neumático
(Martinez, 2000, pág. 8)

Es así como se identifica las características de un neumático, una característica importante a reconocer es el número asignado por el Departamento de transporte de los Estados Unidos (Department of Transport, DOT) por sus siglas en ingles que, a diferencia de la Norma Oficial Mexicana (NOM), detalla índices de temperatura, índice de desgaste y tracción.

Como su nombre indica el índice de desgaste muestra el valor de desgaste del neumático con referencia a pruebas en una vía específica y bajo condiciones controladas.

Por otra parte, el índice de tracción se identifica con las letras A, B y C, basado en pruebas sobre superficies de asfalto y concreto bajo condiciones controladas. El índice de temperatura informa

sobre la capacidad de resistir la temperatura generada por la fricción entre neumático y la calzada, identificada por las letras A, B y C, referencias obtenidas de pruebas realizadas en laboratorios.

1.6.5 Fabricación

La fabricación de neumáticos es una tarea meticulosa en la cual se utiliza un gran número de compuestos para obtener las propiedades y características deseadas, el proceso de fabricación se puede dividir en varias etapas.

Se tiene que en primer lugar, se forma el compuesto de caucho al mezclar las materias primas, entre ellas el caucho natural y sintético, azufre, entre otros, todos estos compuestos deben ser medidos por medio de sistemas de control asistidos por computadora para garantizar el porcentaje exacto de cada componente y obtener una mezcla ideal (Sánchez, Guzmán, & M., 2018, pág. 28).

Como segundo paso se agrega químicos no sin antes añadir calor para que la composición de caucho se ablande y los químicos adicionados puedan penetrar en la mezcla de manera uniforme para obtener la llamada mezcla final. Luego de alcanzar la contextura y propiedades deseadas se convierte en láminas al pasar por máquinas laminadoras, estas son utilizadas para moldear las partes que compone un neumático (cuerpo, talones y banda de rodadura).

Para formar el cuerpo es necesario la unión de varias láminas formando capas llamadas pliegues, en el caso de un automóvil puede tener hasta cuatro capas para formar el cuerpo del neumático; los talones son estructurados internamente con cables (alambre), es necesario de una máquina envolvente de cables para luego formar los anillos y posteriormente forrarlos de goma (caucho); por último para formar las paredes laterales y la banda de rodadura del neumático se necesita de una máquina extrusora la cuál nuevamente adiciona calor a la mezcla formando una capa de caucho por medio de una matriz.

Una vez producido el ensamblaje de sus partes denominado con el nombre de neumático verde se procede al proceso de curación que consiste en llevar el neumático a un molde metálico para

dar la forma deseada, teniendo temperaturas de hasta 280° C, el tiempo de este proceso depende netamente de las características que se desea del neumático.

Completado el proceso de curado se procede a retirar, enfriar, pasar por una inspección meticulosa en busca de posibles defectos tales como, huecos en la banda de rodadura, flancos, interior del neumático, y posteriormente probar en una rueda de prueba, una vez probada se encuentra lista para su comercialización.

El proceso de curación en la actualidad se aplica mediante irradiación EB. En un proceso de pre vulcanización de transferencia de energía en línea, su eficiencia es mayor que la radiación fuera de línea. Entre sus ventajas se puede mencionar que puede mejorar la resistencia en verde (GS) del caucho, reduce el grosor de varios componentes para aumentar la dosis de caucho sintético y reducir el costo, acelera la velocidad de curado, ahorra consumo de energía y mejora el grado de curado desigual durante el proceso de vulcanización, que es causado por la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del neumático además, aumenta la fuerza adhesiva del caucho, reduce la pérdida por histéresis del caucho y la acumulación de calor, mejorando así el rendimiento del neumático (Zhang, C.; Zhang, M.; Wu, G.; Wang, Y.; Zhang, L., 2018, pág. 80). Con este proceso se asegura de un proceso de curación muy confiable.

1.6.6 Fuerzas que actúan sobre el Neumático

Durante la interacción carretera-neumático se producen fuerzas y momentos sobre el neumático, para su estudio es necesario el apoyo de un sistema de referencia.

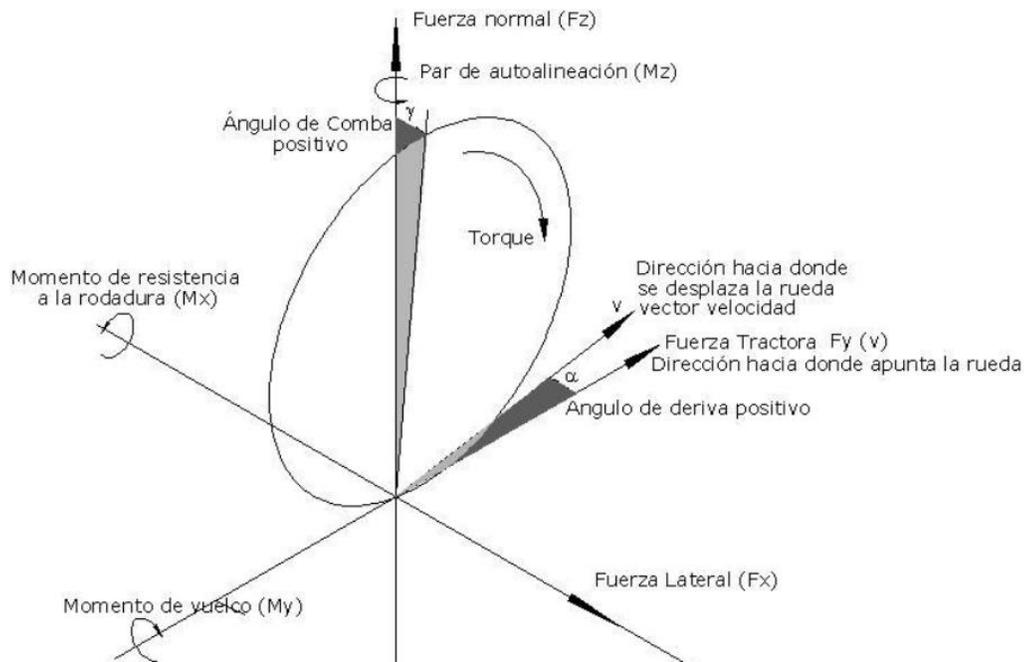


Figura 1.5 Sistema de coordenadas del neumático
(Di Radio, G.; Daniel, P.; Gustavo, D, 2013, pág. 12)

El sistema de referencia representado en la figura 1.5 se observa las fuerzas y momentos a las que un neumático se encuentra sometido.

Fuerza normal, actúa hacia arriba por reacción del peso del automóvil, es perpendicular a la fuerza tractora y lateral, la fuerza tractora, se trata de la fuerza producida por el vehículo y transmitida a la rueda, si esta es mayor a 0 será una fuerza de impulso y, por el contrario, si esta es menor a 0 se considera una fuerza de frenado, la fuerza lateral, es una resultante común de una aceleración en una curva.

El momento de resistencia, presente en casos de neumáticos con algún tipo de deformación o presión de inflado bajo que tiende a frenar el movimiento de la rueda, el momento de vuelco, efecto de la forma y estado de la calzada sobre el neumático.

1.7. EL AIRE

Por definición el aire es una mezcla de gases que se encuentra circundante en la atmósfera terrestre debido a la gravedad existente del planeta tierra, no cuenta con una forma definida, se

considera un gas intangible y su transparencia depende del grado de suciedad contenido (Oxford, 2020).

La composición del aire depende de varios factores como la temperatura, altitud, entre otros; la región que ocupa el aire se denomina atmósfera terrestre, indica que esta se divide en varias regiones que son:

- **Troposfera:** Su altura varía entre 9 y 18 Km sobre los polos y el Ecuador respectivamente, sus 500 metros iniciales es considerada como la capa sucia al concentrarse en ella el polvo, humo y vapor de agua, contiene la mayoría de los gases que conforman la atmósfera; el aire de la tropósfera se calienta por el calor que emite la superficie de la tierra (Oxford, 2020).
- **Estratosfera:** Región que se extiende desde el final de la tropósfera hasta los 50 Km de altura, entre los 15 y 30 Km de altura se genera la mayor parte de ozono atmosférico (O₃), esta capa es de gran importancia al actuar como pantalla protectora de los rayos ultravioleta (Oxford, 2020).
- **Mesosfera:** Conformada desde el final de la estratósfera hasta los 80 Km de altura, se dice que en esta región los meteoritos se desintegran debido al rozamiento con las partículas de la mesósfera dando lugar a las denominadas estrellas fugaces (Oxford, 2020).
- **Ionosfera:** En esta parte las moléculas presentes se encuentran ionizadas por la absorción de las radiaciones solares (rayos gamma, rayos X y parte de radiación ultravioleta), está constituida por oxígeno (O₂) y puede llegar a una temperatura de 1000 °C (Oxford, 2020).
- **Exosfera:** Para varios autores comprendida desde los 600-800 Km hasta aproximadamente 10.000 Km de altura. Su densidad es muy baja, muy similar al espacio exterior (casi vacío), está comprendida por dos capas, una de helio y la otra de hidrógeno (Oxford, 2020).

1.7.1 COMPOSICIÓN

Son varios los componentes del aire que conforman la atmósfera de la tierra, es una cobertura gaseosa compuesta principalmente de nitrógeno (N₂) y oxígeno (O₂) molecular además de pequeñas cantidades de otros gases tales como vapor de agua, (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), entre otros.

En la tabla 1.3 se muestra la composición de los gases atmosféricos que conforman el aire.

Tabla 1. 3 Composición del aire atmosférico seco.

Sustancia	Volumen (%)	Concentración (ppm)
Nitrógeno	78,084 ± 0,004	780,900
Oxígeno	20,946 ± 0,002	209,400
Argón	0,934 ± 0,001	9,300
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0,033 ± 0,001	0,315

Fuente: (Aguiló, 2012, pág. 27)

Es importante reconocer que en la tabla expuesta no se toma en cuenta la presencia de vapor de agua (H₂O) el cual tiene un porcentaje de 1% a 4% en la región más cercana a la superficie terrestre y de aproximadamente 0,40% en capas altas de la atmósfera, a pesar de que la cantidad de vapor de agua en el aire es pequeña, desempeña un importante papel en la comodidad cotidiana del ser humano y, en consecuencia, es importante tomarlo en cuenta en los dispositivos de acondicionamiento de aire (Michael & Yunus, 2013, pág. 210).

Dentro de sus propiedades químicas su principal característica es la capacidad de reaccionar con la temperatura, si esta es muy baja puede llegar a condensar y formar hielo, además de producir corrientes de aire, la composición del aire varía dependiendo de factores como altitud, temperatura entre otros, debido a esto sus elementos que lo conforman varían dependiendo del lugar donde se encuentre, los más abundantes son el nitrógeno y el oxígeno que es esencial para la vida.

Como propiedades físicas del aire se puede mencionar las siguientes:

- En primer lugar, es un gas intangible, al no tener una forma y volumen definido puede ocupar cualquier lugar al que tenga acceso.
- Al fluir de un lugar de mayor concentración a otro de menor concentración de aire este no tiene ningún gasto de energía.
- Tiene la capacidad de expandirse cuando está sometido o expuesto al calor o bien cuando este se libera de una presión ejercida.
- Se considera al aire como un gas compresible hasta cierto límite.

En la tabla 1.4 se detallan otras propiedades del aire con sus respectivas equivalencias:

Tabla 1. 4 Propiedades del aire.

PROPIEDAD/UNIDAD	VALOR/PARÁMETROS
Densidad [kg/m^3]	1,18 (a 25 °C)
Viscosidad [cP]	0,018 (a 20 °C)
Volumen Específico [m^3/kg]	0,833 (1.013 bar y 21 °C)
Calor Específico [J/kgK]	1,010 (a 25 °C)

Fuente: (Pacuar, 2012, pág. 51)

1.8. NITRÓGENO

Nuestra atmósfera terrestre está comprendida por una mezcla de gases, entre ellos el nitrógeno. Es el elemento químico más abundante en porcentaje de los gases que conforman la atmósfera terrestre (Oxford, 2020, pág. 2). El nitrógeno es considerado como un gas seco e inerte con aplicaciones en aviación, vehículos de competencia, camiones todo terreno y de uso militar, esto permite mantener la presión de inflado del neumático por más tiempo y mejora la eficiencia del combustible

1.8.1 PROPIEDADES DEL NITRÓGENO

El nitrógeno (N_2), es un elemento químico y principal componente del aire atmosférico con un promedio del 78% del total. Considerado un gas incoloro e inodoro, actúa como medio diluyente para el oxígeno en los procesos de respiración y combustión, capaz de fusionarse con otros compuestos sólo a temperatura y presión elevadas (Pacuar, 2012, pág. 64). Cabe resaltar que su composición varía levemente dependiendo de la altitud que deseemos estudiar.

Algunas de sus propiedades se resumen en la tabla 1.5.

Tabla 1. 5 Propiedades del nitrógeno.

PROPIEDAD/UNIDAD	VALOR/PARÁMETRO
Número atómico	7
Peso atómico [uma]	14,006
Densidad absoluta [g/l]	1,251 a 0 °C y 1 atm.
Punto de ebullición [°C]	-195,8
Punto de fusión [°C]	-210

Fuente: (Lenntech, s.f., pág. 2)

El aire atmosférico (inagotable) provee de una cantidad abundante de nitrógeno en estado natural.

Varios son los procesos para la obtención del nitrógeno, uno de ellos es mediante destilación criogénica en el cuál en primera instancia se enfría el aire por debajo de los $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, en este punto tanto oxígeno como nitrógeno se encuentran en estado líquido, a continuación, se eleva la temperatura de manera gradual hasta llegar al punto de ebullición del nitrógeno ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$), de esta manera sale en forma de vapor todo el nitrógeno existente, luego se aporta con más calor hasta llegar a los $183\text{ }^{\circ}\text{C}$ punto de ebullición del oxígeno de esta manera se logra separar el oxígeno y el nitrógeno del aire atmosférico.

1.8.2 APLICACIONES

Son múltiples los campos de aplicación del nitrógeno, entre los más destacados se puede hacer referencia de los siguientes:

- **Químicos:** utilizado en este campo principalmente para mantener inerte y almacenar materias primas, así como también en la preparación de catalizadores y transporte de polvos de polímero, control de la temperatura en reactores, entre otras aplicaciones.
- **Farmacéuticos:** es un campo con muchas aplicaciones tales como, almacenamiento a baja temperatura, liofilización, molturación criogénica, inertización, secado, entre otras.
- **Soldadura, Corte y Recubrimiento:** el nitrógeno es utilizado para tratamientos térmicos de diversos metales, procesos de soldadura, además, es uno de los componentes de las mezclas aplicadas en láser.
- **Electrónica:** muy usado para para protección contra la oxidación en semiconductores y procesos de soldadura, también es aplicado como medio de enfriamiento de dispositivos electrónicos en su forma líquida y fría.
- **Automotriz y transporte:** con aplicaciones en la fabricación de piezas mediante modelado por inyección asistida de gas (GAIM) y también en el llenado de neumáticos para incrementar su vida útil, mejorar el rendimiento y eficiencia del combustible.

1.8.3 NITRÓGENO COMO GAS PARA INFLADO DE NEUMÁTICOS

Si bien es cierto el nitrógeno ofrece múltiples beneficios en comparación al aire en cuanto a rendimiento del neumático se trata, los fabricantes de vehículos y neumáticos no promueven el

inflado de estos con nitrógeno. Entre sus beneficios tenemos, menores tasas de pérdida de presión de inflación (IPLR), menor resistencia a la rodadura, mayor economía de combustible, menor temperatura de funcionamiento, mejor desgaste y reducción de la degradación relacionada con la edad, por nombrar algunos (Daws, 2011, pág. 34).

El nitrógeno como gas para el inflado de neumáticos sin lugar a duda promueve a una mejor prestación y rendimiento de estos obteniendo múltiples beneficios no solo para el propietario del vehículo también se beneficia el medio ambiente al reducir consumo de combustible y desgaste prematuro de neumáticos que generan desechos perjudiciales para el medio ambiente.

1.9. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Se considera a un motor de combustión interna como la máquina capaz de obtener energía mecánica de una energía térmica proveniente de un combustible, como su nombre lo indica la combustión en este tipo de motor se efectúa en su interior, en la fig. 6 muestra el proceso de conversión de energía de un motor de combustión interna.



Figura 1. 6 Proceso de conversión de energía térmica a mecánica
(Gonzalez, 2015, pág. 261)

Los motores de combustión interna alternativos (MCIA) son motores térmicos de desplazamiento positivo (o volumétricos), en los que el trabajo se obtiene mediante el desplazamiento lineal del émbolo de un mecanismo biela-manivela. Estos motores pueden ser de dos tipos:

- a) De encendido provocado o también conocido como motor de ciclo Otto el cual para llevar a cabo la combustión necesita de un agente externo, en este caso una chispa que

genere la inflamación de la mezcla aire-combustible existente en la cámara de combustión del motor térmico, el combustible utilizado es la gasolina (Llanes & Carguachi, 2018, pág. 59).

- b) De encendido por compresión o motor Diésel, nombre heredado de su inventor; el combustible utilizado para este tipo de motor es el diésel y su diferencia con el motor Otto es la de no necesitar una chispa para producir la inflamación del combustible, este trabaja a presiones elevadas en su cámara de combustión provocando que el combustible inyectado se auto inflame (Llanes & Carguachi, 2018, pág. 62).

1.9.1 COMBUSTIÓN

La combustión es una reacción química durante la cual se oxida un combustible y se libera una gran cantidad de energía, en un motor de combustión interna MCI el proceso de combustión determina la potencia que este puede desarrollar bajo condiciones reales de trabajo (Michael & Yunus, 2013, pág. 773).

En un motor de encendido por chispa el proceso de combustión está determinado por las condiciones de mezclado previo entre el oxidante y el carburante, que permitan la propagación de una llama que se inicia en la bujía y que luego se extiende abarcando todas las zonas del cilindro hasta alcanzar las paredes (Fygueroa & Araque, 2005, pág. 22). La combustión en un motor 4 tiempos de encendido provocado se produce al término de la fase de compresión en donde la mezcla aire-combustible se encuentra comprimida y se considera homogénea. En esta mezcla se introduce una energía de activación mediante una descarga eléctrica producida entre electrodos de la bujía por el sistema de encendido (Álvarez, 2005, pág. 28).

El frente de llama se forma por el salto de la chispa de la bujía, es decir, al iniciar el proceso de combustión se quema una pequeña parte de la mezcla que se encuentra alrededor de la bujía posteriormente y dependiendo de las condiciones y característica del carburante el frente de llama se propaga quemando la mezcla aire-combustible que se encuentra dentro del cilindro, es así como se lleva a cabo la combustión en un MEP.

1.9.2 Reacciones de la combustión

Es de conocimiento general que los vehículos autopropulsados por un motor de combustión interna son consumidores de combustibles de origen fósil considerados orgánicos, están compuestos principalmente de carbono (C) e hidrógeno (H), el proceso de combustión tiene lugar a una reacción química entre la combinación del carbono e hidrógeno contenidos en el combustible (gasolina) y el oxígeno (O) presente en el aire que ingresa a la cámara de combustión. En un motor a gasolina el proceso de combustión se completa aproximadamente en 3 milisegundos y es iniciado por el salto de una chispa (Cajamarca & García, 2010, pág. 17).

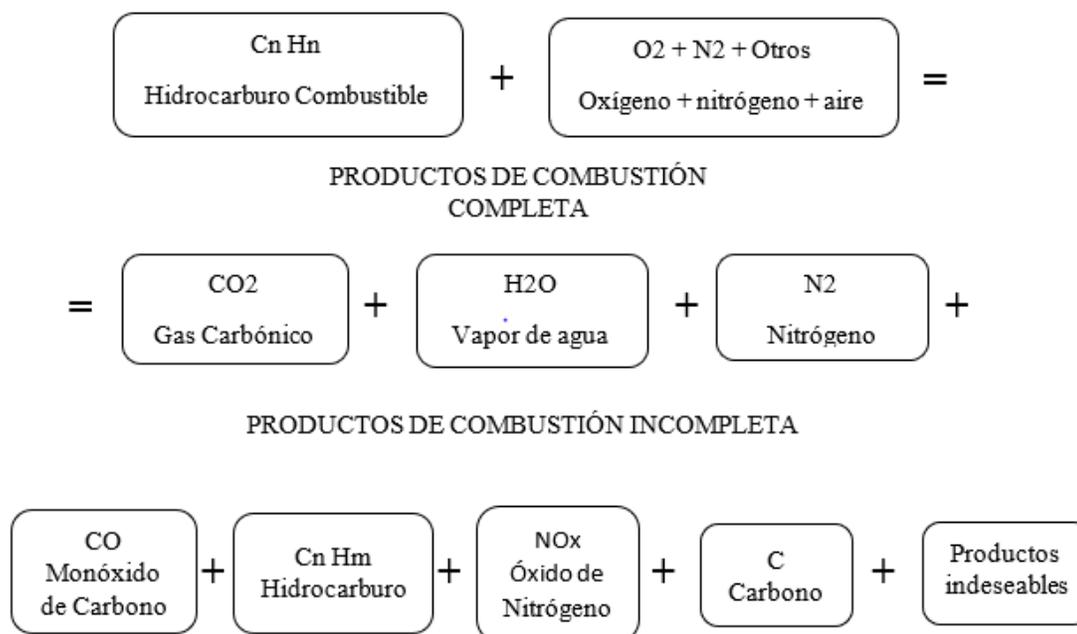


Figura 1. 7 Productos de la combustión
(Cajamarca & García, 2010, pág. 45)

Se considera una combustión completa cuando se obtiene una relación aire-combustible estequiométrica y toda esta mezcla es quemada, esta relación conforma una parte de gasolina para 14.7 partes de aire por peso, en la práctica no es común encontrar este tipo de combustión, la más habitual es la combustión incompleta.

1.9.3 Emisiones no contaminantes

Producto del proceso de combustión se obtiene diversos compuestos químicos de los cuales, varios de ellos tienen un impacto menor de contaminación comparado con el resto de los compuestos nocivos del escape, estos productos no contaminantes son productos de una combustión ideal.

En el caso de una combustión ideal, la mezcla estequiométrica, 1 gramo de combustible por 14,7 gramos de aire, el carbono se une al oxígeno del aire para formar dióxido de carbono (CO₂) y el hidrógeno se une con el oxígeno formando agua (H₂O), además de obtenerse el nitrógeno (N₂), al no obtenerse la proporción de aire - combustible ideal surgen otras sustancias contaminantes (Chelse, 2017, pág. 4).

En la práctica es muy difícil obtener una combustión ideal por la dependencia de factores y condiciones como estado del motor (sistema de inyección), factores químicos y físicos del combustible, ciclos de conducción e incluso factores climáticos y topográficos (Arroyo, E.; Cevallos, A.; Imbaquingo, R.; Melo, J., 2020, pág. 17). Condiciones que de una u otra manera afectan en el proceso de combustión, como resultado se produce una combustión no ideal y por lo tanto las emisiones de gases son además de las ideales otras sustancias contaminantes.

1.9.4 Emisiones contaminantes

Las emisiones de escape contaminantes generadas por un motor a gasolina cuatro tiempos aportan al desmejoramiento medioambiental, los principales gases contaminantes son el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no combustionados (HC) y el dióxido de carbono (CO₂).

Monóxido de carbono, es un gas inodoro e incoloro altamente tóxico formado por falta de oxígeno en la cámara de combustión (mezcla rica), la tabla 6 muestra los efectos que puede ocasionar cuando una persona está expuesta a este gas por un determinado tiempo.

En la tabla 1.6 se detalla los efectos que puede tener una persona al estar expuesto directamente al monóxido de carbono.

Tabla 1. 6 Efectos del monóxido de carbono.

NIVEL (ppm)	EFEECTO
200 por 3 horas o 600 por 1 hora	Dolor de cabeza.
500 por 1 hora o 1000 por 30 minutos	Mareos, zumbido de oídos, náuseas, palpitaciones,
1500 por 1 hora	Sumamente peligroso para la vida.
4000	Colapso, inconciencia, muerte.

Fuente: (Cajamarca & García, 2010, pág. 63)

Los hidrocarburos no combustionados, son causados por un exceso de combustible en la mezcla o por una combustión incompleta y la vaporización del combustible, su olor es penetrante y su color azulado (Chelse, 2017, pág. 6). Estar expuestos a este gas es sumamente peligroso.

1.9.5 Ensayos

Los ensayos para una prueba estática de medición de gases contaminantes emitidos por un automotor que usa como combustible gasolina se basa en medir la cantidad de los gases de escape (CO, HC, CO₂ y O₂) al final del tubo de escape, este procedimiento consta de varias fases que se enlistan a continuación.

- Visualizar el color del humo proveniente del tubo de escape.
- Revisión de posibles fugas del sistema de escape.
- Prueba de emisiones en condición de ralentí.
- Prueba de emisiones en condición de marcha crucero.

La veracidad de los datos recogidos depende mucho de la calidad y de cómo es realizado el procedimiento de medición, para realizar esta prueba se debe seguir los siguientes pasos.

En primer lugar, se debe estacionar el vehículo en la zona dónde se va a realizar la prueba constatando que se encuentre en marcha neutra y con el freno de estacionamiento para evitar un posible imprevisto.

Luego de ello, se realiza una inspección visual del estado del sistema de escape, revisión del estado de empaques y cañerías en general, con el fin de detectar posibles fugas del sistema de escape; en este paso se suma la revisión del sistema de aire acondicionado, en caso de contar con este sistema deberá estar en la posición de apagado (off).

Como tercer paso y muy importante se procede a preparar el equipo de medición de gases, debe encontrarse en perfectas condiciones y correctamente calibrado, un punto importante en el procedimiento de calibración del analizador es mantener la sonda lo más distante del final del tubo de escape caso contrario el equipo mide los gases encontrados a su alrededor y esto conlleva a obtener datos de lectura erróneos en las pruebas a realizar.

Una vez calibrado el equipo y el vehículo encendido con la temperatura y régimen del motor requerido se procede a la medición de datos, cuando se introduce la sonda en el escape el analizador comienza a medir los gases, con los valores de los gases (CO, HC, CO₂ y O₂), una vez reflejados en la pantalla del analizador se procede a retirar la sonda y de esta manera el procedimiento de medición concluye.

1.9.6 Equipos

La medición de gases de escape de un vehículo requiere de un equipo capaz de reflejar en expresiones entendibles y medibles el porcentaje de los gases de escape. Los analizadores de Gases de Escape (AGE) son equipos dedicados a la medición y validación de los rangos de concentración de los elementos componentes de la mezcla de gases de escape (Crespo & Apolo, 2015, pág. 27). En la actualidad se puede encontrar de varios tipos.

Existen numerosas marcas de este tipo de equipos y dependiendo de su aplicación puede medir valores de diferentes gases que se encuentran presentes en las emisiones de un motor de combustión interna (MCI), una de ellas es el analizador (KANE AutoPlus 4-2) que permite medir los gases de monóxido de carbono CO, hidrocarburos no combustionados HC, dióxido de carbono CO₂ y oxígeno O₂.

Este tipo de equipos debido a su versatilidad y fácil manejo permiten un diagnóstico práctico, rápido y confiable siempre y cuando el estado del equipo se encuentre en óptimas condiciones y el procedimiento de medición sea el adecuado. Una herramienta de diagnóstico confiable es esencial para la medición de la formación de emisiones en motores de combustión interna (MCI) para ayudar a las actividades experimentales y respaldar la interpretación de fenómenos críticos, así como los análisis de nuevos conceptos de combustión (Baratta, Ferrari, y Zhang, 2018, p. 12).

1.9.7 NORMATIVA DE EMISIONES DE ESCAPE

Las normativas de regulación de emisiones de gases generadas por el parque automotriz permiten minimizar el impacto ambiental que producen cada uno de los gases de escape emanados hacia el medio ambiente, debido al incremento del parque automotor es indiscutible que con el paso del tiempo estas regulaciones sean cada vez más rigurosas. Los gases expulsados por los MCI provenientes de la combustión de la gasolina o el diésel contribuyen a la generación del efecto invernadero, dañando la capa de ozono y causando el calentamiento global, además el petróleo es un recurso natural que en un futuro no muy lejano no se tendrá al alcance (Chelse, 2017, pág. 8).

Existen normativas referentes a la regulación de emisiones de escape dependiendo la región o país donde se encuentre, es el caso de la “Normativa Mexicana (NOM-167-SEMARNAT-2017)” y en Ecuador se rige a la “Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2204”, esta normativa detalla los niveles admisibles de contaminación provenientes de las emisiones de gases generadas por un motor de combustión interna basado a la realidad de su entorno.

a) Normativa nacional

Hoy en día las entidades regulatorias encargadas en cada país establecen normativas al igual que los métodos y procedimientos pertinentes para realizar las pruebas de emisiones de gases de escape, en Ecuador rige los requisitos del Servicio Ecuatoriano de Normalización “NTE INEN”.

La normativa “NTE INEN 2204” establece los límites permitidos de emisiones contaminantes producidas por fuentes móviles terrestres (vehículos automotores de más de tres ruedas) que

emplean gasolina (INEN., 2002, pág. 2). Si bien es cierto esta normativa tiene algunas excepciones entre ellas los vehículos de competencia deportiva, brinda una base de referencia que permite analizar la diferencia entre estos tipos de vehículos con los de uso cotidiano.

En la tabla 1.7 se puede observar la normativa INEN 2204 que regula los niveles límite de gases de escape para poder circular.

Tabla 1. 7 Normativa Ecuatoriana (NTE INEN 2204).

Año modelo	%CO ^a		Ppm HC ^a	
	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b	0 - 1500 ^b	1500 - 3000 ^b
2000 y posteriores	1,0	1,0	200	200
1990 a 1999	3,5	4,5	650	750
1989 y anteriores	5,5	6,5	1000	1200

Fuente: (INEN., 2002, pág. 4)

Cabe resaltar que estas disposiciones están basadas en la normativa Euro3 y adaptadas a la realidad del país por cuanto, el factor lambda no es tomado en cuenta al igual que las emisiones de óxido nitroso (NOx). Es evidente el retraso de las restricciones frente a normativas que rigen en otras regiones, la normativa Euro3 dejó de regir en Europa hace más de once años.

b) Normativa internacional

Existen varias normativas internacionales de emisiones de gases de escape, es el caso de la normativa Euro creada por la Unión Europea de Naciones la cual rige en un gran número de países Europeos y Asiáticos, el presente trabajo investigativo pone en consideración y como referencia la normativa Mexicana (NOM-167-SEMARNAT-2017) en la cual detalla los niveles de emisiones de gases máximos permitidos con los que un automotor puede circular en las diferentes ciudades de su país como Puebla, Morelos, Estado de México, entre otras, ciudades que en comparación a nuestro país superan notoriamente la cantidad de habitantes y

consecuentemente el número de vehículos que circulan. Los valores de esta normativa para motores a gasolina (MEP) se detallan en la tabla 8.

En la tabla 1.8 se detalla los valores de gases de escape establecidos en la normativa NOM-167-SEMARNAT-2017.

Tabla 1. 8 Normativa (NOM-167-SEMARNAT-2017).

Año modelo	Hidrocarburos (HC) $\mu\text{mol/mol}$ (ppmh)	Monóxido de Carbono	Óxidos de Nitrógeno (NO_x) ⁽¹⁾	Oxígeno (O ₂) cmol/mol	Dilución		Factor Lambda
					Mín.	Máx.	
2006 y posterior	80	0.4	250	0.4	13	116.5	1.03
					7*	14.3*	
Nota de equivalencias: ppmh, partes por millón referido al hexano.							

Fuente: (DOF., 2017, pág. 6)

Como se puede apreciar existe una gran diferencia entre las normativas que rigen en el país frente a normativas internacionales.

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación, se realizó en un automóvil marca Chevrolet corsa, motor 1.6 L. La medición de rendimiento de los neumáticos tuvo lugar en el Autódromo Internacional José Tobar Tobar, ubicada en la ciudad de Ibarra provincia de Imbabura, el gas de inflado de los neumáticos será aire y nitrógeno, la medición de presión se ejecutó mediante la aplicación de sensores de lectura de presión inalámbrico TPMS y su lectura de datos de presión y temperatura se efectuó mediante un sistema propio de los Sensores, la medición del desgaste del labrado se realizó mediante medidor digital de profundidad para garantizar la fiabilidad de los datos.

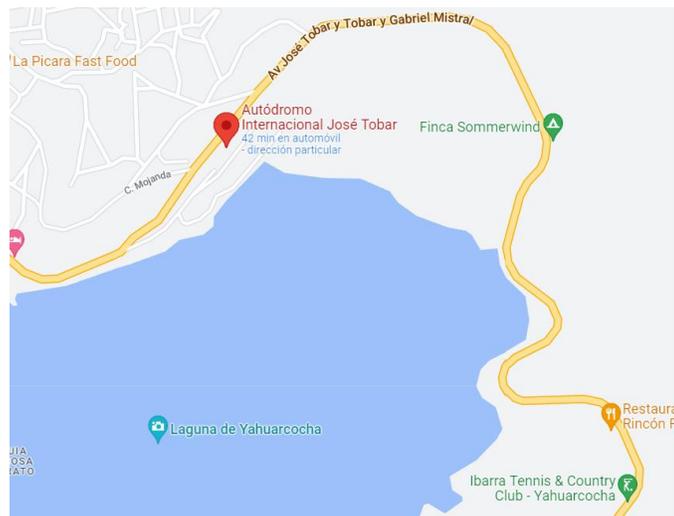


Figura 2. 1 Ubicación de Autódromo Internacional Yahuarcocha (Google, 2022)

Los gases de escape medidos fueron: monóxido de carbono CO, hidrocarburos no combustionados HC, dióxido de carbono CO₂ y oxígeno O₂ mediante el equipo analizador de gases marca KANE AutoPlus en una prueba estática.

Para el presente caso de estudio se definió las siguientes variables dependientes.

- El desgaste físico que tiene un neumático inflado con nitrógeno
- Temperatura
- Presión
- Emisiones del Motor

Además, se determinaron las siguientes variables independientes:

- Velocidad del vehículo
- Distancia recorrida por el vehículo
- Situación climática en el que circula en vehículo

La muestra se realizó en función de las especificaciones técnicas de los instrumentos y equipamiento utilizado en el estudio.

Se realizó una técnica de recolección de datos mediante investigación basada en la observación indirecta, es decir, se utilizaron sensores de medición TPMS o sistema de monitoreo de presión y temperatura en los neumáticos. Para adquirir los datos se incorporaron los sensores en cada uno de los neumáticos, los mismos que tiene como finalidad medir la presión de inflado y la temperatura en tiempo real, además realizar un monitoreo constante de estas variables.

Para la recolección de los datos del desgaste se utilizó un medidor de profundidad digital, para medir la profundidad de los surcos de la banda de rodadura y de esta manera observa el desgaste que se va generando de acuerdo con el kilometraje que recorre el vehículo.

2.2. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de investigación cuantitativa es un método de investigación científica que se enfoca en la recolección y análisis de datos numéricos y estadísticos para responder a preguntas de investigación (Hernandez & Mendoza, 2018, pág. 11). Este enfoque se basa en el positivismo, que sostiene que los fenómenos pueden ser medidos y analizados objetivamente.

Por lo cual es la más idónea para aplicarla en el desarrollo de proyecto Evaluación del desempeño de neumáticos en un auto de competencia utilizando aire y nitrógeno mediante un sistema de monitoreo de presión y las emisiones de gases de escape.

Como se puede apreciar con la aplicación de esta metodología no solo se buscó realizar una investigación recopilando datos, sino que, con los resultados obtenidos, buscar un patrón de comportamiento, cabe mencionar que para llegar a la consecución positiva de los resultados toda la experimentación tiene que tener lineamientos de control.

2.2.1 Tipos de investigación

En el diseño de este proyecto se aplicaron tres tipos como la documental, de campo y la experimental, los cuales se detallarán a continuación como fueron utilizados para llegar a la consecución de los resultados finales.

a) Documental

Es aquella en la que se obtiene, selecciona, organiza, interpreta, compila y analiza información acerca una cuestión que es objeto de estudio a partir de fuentes documentales, se trata de una técnica muy usada en ciencias sociales y es de tipo cualitativo (Rubio, 2020, pág. 4). Este diseño, se adapta correctamente a los requerimientos que necesita el investigador, debido a que la información documental será utilizada para cimentar la metodología y conceptos básicos relacionados a la temática.

b) De laboratorio

La investigación de laboratorio es primordial en este proyecto, debido a que toda la recopilación de la información se la realizará in situ en el autódromo José Tobar facilitando de esta manera la obtención de resultados de manera directa y confiable. Es una clase de investigación dentro de la metodología utilizada en la investigación científica (Rodríguez, 2019, pág. 16). El proceso investigativo se desenvuelve dentro de un lugar equipado con instrumentos y equipos, que ayudan al estudio del objeto mediante el control de las variables y condiciones que tienen influencia.

c) Experimental verdadero

El diseño experimental se lo utilizará de manera transversal tomando en consideración que la aplicación de los diferentes instrumentos, para desarrollar la investigación será de este tipo, comparando las diferentes variables a obtener para determinar las causas que ocasionaron el problema y los efectos que desencadenaron. En este diseño se establece la relación causa efecto de la problemática del tema a estudiar.

2.3. MATERIALES

Los materiales y equipos son los medios que se utiliza para el desarrollo investigativo del proyecto, mismos que en este apartado se detalla uno a uno.

2.3.1 Sensor TPMS

En la tabla 2.1 se da a conocer las características de sistema TPMS que se aplicó en el proyecto.

Tabla2. 1 Sensor TPMS.

SISTEMA DE MONITORERO DE PRESIÓN DE NEUMÁTICOS	
Modelo:	A6 Allroad (4AH), Almera II., SLS clase
Año:	2019
Marca:	OEM
Tipo:	Digital
Frecuencia de funcionamiento:	433.92Mhz
Temperature de funcionamiento:	20°C-80°C
Rango de presión:	0-8Bar
Tipo de sensor:	Interno

Fuente: (Zheng, 2022, pág. 13)

La función del sistema de monitoreo de la presión de los neumáticos (TPMS, por sus siglas en inglés) es monitorear continuamente la presión de aire de los neumáticos del vehículo y alertar al conductor si se detecta una presión baja o alta en alguno de los neumáticos. El sensor TPMS es el componente clave de este sistema, y se coloca en cada neumático del vehículo.



Model: TU06N
Internal Type

Fit For: For Android Head Unit
APP: Built-in USB disk and free to use
OS: Android 4.0 and above
Pressure range: 0-116 psi / 0-8 bar
Transmission frequency: 433.92MHz
Accuracy of Measurement: ± 0.1 bar / ± 1.5 psi
Pressure unit: bar / psi
Temperature unit: $^{\circ}\text{C}$ / $^{\circ}\text{F}$
Operating voltage: DC-5V input
Waterproof: IP67
Sensor Battery: Built-in CR2050 button battery
Spare tire pressure: Support
(spare tire sensor optional)

Figura 2. 2 Información del fabricante del TPMS usado en la investigación (Zheng, 2022, pág. 14)

En la figura 2.2 se observa los cuatro sensores de presión con su respectivo módulo de codificación.

El sensor TPMS mide la presión de aire de cada neumático y transmite esta información al módulo de control del TPMS. Si la presión de un neumático cae por debajo del umbral establecido, el sensor envía una señal de advertencia al tablero del vehículo para alertar al conductor.

2.3.2 Sensor de Presencia Magnético

Este sensor es de efecto hall, el cuál puede detectar la presencia magnética de un metal para producir una señal, de esta manera se puede conocer las revoluciones de un objeto y poder usar estos datos para conocer distancias recorridas del mismo.



Figura 2. 3 Sensor con pantalla inteligente

Todo el rango de medición se mantiene de alta precisión a través del algoritmo, y la velocidad se puede reflejar instantáneamente. Por ejemplo, el cero se puede mostrar inmediatamente cuando se detiene el reloj, y los datos mostrados no parpadearán.

Adopta una fuente de referencia de voltaje de precisión, coeficiente de temperatura pequeño, aislamiento de opto acoplador, buen rendimiento anti interferente del filtro digital, operación estable y es ampliamente utilizado en varios dispositivos de medición de velocidad.

En la tabla 2.2 se detallan las especificaciones técnicas del sensor.

Tabla2. 2 Sensor inductivo.

SENSOR INDUCTIVO	
Rango de velocidad	99999-3.8 rpm
Voltaje de operación	6-36V DC
Distancia de detección	4mm
Margen de error	+/- 5%
Tamaño del imán	6mm*3mm

Fuente: (Zheng, 2022, pág. 9)

2.3.3 Inversor de corriente

Es un dispositivo electrónico que permite modificar el voltaje, es decir, convierte la corriente continua que ingresa (fuente de una batería automotriz de 12V o 24V) por una corriente alterna 110V o 220V permitiendo obtener una alimentación de energía portátil para los equipos o elementos que requieran un voltaje mayor a la ofrecida por una batería, tal es el caso de la Raspberry.



Figura 2. 4 Inversor de corriente

En la figura 2.4 se muestra el inversor de corriente utilizado en la parte práctica de este tema de investigación.

2.3.4 Raspberry

Un Raspberry es considerado como un pequeño ordenador de bajo costo el cual facilita tareas además de las básicas, proyectos de electrónica e incluso aprender a programar, esto gracias a los puertos que posee para conectar dispositivos periféricos.

Básicamente consiste en una placa base con diversos componentes de un ordenador, dependiendo de su versión pueden llegar a tener un procesador ARM de hasta 1500 MHz, memoria RAM de 8 GB, chip gráfico, entre otras.



Figura 2. 5 Raspberry

2.3.5 LabVIEW

Es un software que facilita muchas aplicaciones dentro de la ingeniería, su lenguaje de programación gráfico-visual permite desarrollar programas sin mayor dificultad, como la adquisición de datos, simulación entre otras opciones.



Figura 2. 6 LabView

2.3.6 Medidor de profundidad digital

La implementación de un medidor de profundidad de llantas digital tiene la finalidad de que se pueda medir de manera precisa y efectiva el desgaste en los neumáticos, sus principales características son:

- Modelo TA200/BGS1941
- Batería SR44 / LR44, 1.5V
- Operación 0-40 ° C
- Puesta a cero en cualquier posición
- Pantalla LCD
- Rango 0-25.4mm
- Resolución 0.01mm



Figura 2. 7 Medidor de profundidad digital

La figura 2.7 representa el medidor de profundidad, instrumento aplicado en el desarrollo de toma de datos de este proyecto.

2.3.7 Neumáticos

Los neumáticos son el único elemento del vehículo que tiene contacto directo con la calzada, forma parte de los sistemas de suspensión y dirección siendo uno de los elementos más importantes de un vehículo.

Las características de los neumáticos aplicados en esta investigación son:

- Dimensiones: 195/45 R15
- Índice de carga: 78 (425kg)
- Índice de velocidad: H (210 km/h)
- Tread wear: 440



Figura 2. 8 Neumáticos

2.3.8 Analizador de gases de escape KANE-AutoPlus

Este equipo está diseñado exclusivamente para el campo automotriz, considerado una solución adecuada en el mercado para el análisis de gases. entre sus capacidades está el medir porcentajes de los compuestos químicos que se emiten por el escape desde un motor de combustión interna.

Especificaciones técnicas:

- Mide CO (0-10%), CO₂ (0-16%), HC (0-5000ppm), O₂ (0-21%) y Lambda (0.8-1.2)
- Tiempo de calentamiento menor a 2 minutos
- Temperatura Almacenamiento: 0 – 50 °C
- Alimentación Cargador Baterías: 100/240V – 47/63HZ
- Fácil mantenimiento
- Bluetooth incorporado



Figura 2. 9 Analizador de gases de escape KANE-AutoPlus

La figura 2.9 muestra el modelo de analizador de gases de escape KANE-AutoPlus usado en la parte práctica de este proyecto.

2.3.9 Vehículo Chevrolet Corsa 1.6 2003

El auto elegido tiene las siguientes especificaciones técnicas:

- Motor
- Tipo: 4 cilindros en línea
- Cilindrada: 1.6 litros
- Potencia máxima: 75-85 caballos de fuerza (aproximadamente)
- Torque máximo: 110 Nm (aproximadamente)

Este vehículo fue elegido para realizar las pruebas pertinentes tanto de análisis de gases de escape como las pruebas de monitoreo de presión y temperatura de los neumáticos, teniendo en cuenta el enfoque del proyecto este automóvil cumplió con todos los requerimientos establecidos.



Figura 2. 10 Vehículo Chevrolet Corsa 1.6 2003

La figura 2.10 muestra el vehículo Chevrolet Corsa 1.6 año 2003 elegido para el montaje de los equipos usados en el presente proyecto.

2.4. MÉTODOS

Los métodos de investigación son los procedimientos y técnicas utilizados para recopilar, analizar e interpretar información y datos con el fin de responder a una pregunta o problema de investigación. A continuación, se presentan en los siguientes numerales los métodos que son referentes al presente trabajo de titulación.

2.4.1 Método descriptivo

La metodología descriptiva se utilizará en esta investigación por tener como cualidades que sirve para describir las variables de la investigación que son fruto del estudio orientando de manera asertiva a la búsqueda de respuestas a varias preguntas (Yanez, 2020, pág. 2). Por lo que los datos que se generarán por el tipo de estudio a realizarse serán analizados como indica el método.

2.5. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La recolección de datos o información requiere de la aplicación de varias técnicas, la investigación empleada en este estudio es basada en la observación indirecta, por medio de un sistema de monitoreo de presión y temperatura en tiempo real que permite almacenar datos por cada uno de los neumáticos de manera simultánea, empleando sistemas de procesamiento de datos mediante una conexión satelital entre el sistema de monitoreo TPMS, Raspberry y LabVIEW se logró el almacenamiento en archivos Excel los datos arrojados en las pruebas realizadas; de igual manera los instrumentos aplicados para la recolección de datos como el medidor de profundidad para medir el desgaste de los neumáticos luego de cada prueba como el analizador de gases para la medición de los mismos permitió la extracción y almacenamiento de los datos en tiempo real de manera efectiva. De igual manera por medio del analizador de gases de escape mediante una prueba estática se consiguió los datos requeridos para fines de estudio.

La recolección de datos de las variables temperatura y presión se efectuó en dos pruebas que constaron de diez vueltas el autódromo de Yahuarcocha cada una de ellas, con el fin de contrastar los resultados obtenidos en la primera prueba.

2.6. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Procesar información en investigación se refiere al conjunto de actividades que se llevan a cabo para analizar y organizar la información obtenida durante una investigación. Este proceso es esencial para obtener resultados precisos y confiables que permitan responder las preguntas de investigación planteadas.

2.6.1 Proceso análisis temperatura y presión

Para el presente proyecto se ha generado dos diagramas de flujo que explican el procesamiento de la información. Un diagrama de flujo es una técnica que permite representar gráficamente las operaciones y estructuras que se van a realizar, por medio de representaciones, empleando símbolos de los pasos de un proceso (Sauzo, 2016, pág. 17). Es necesario que cada uno de los

diagramas de flujo tengan un sentido de orden y coherencia para evitar malos entendidos y confusiones con el lector.

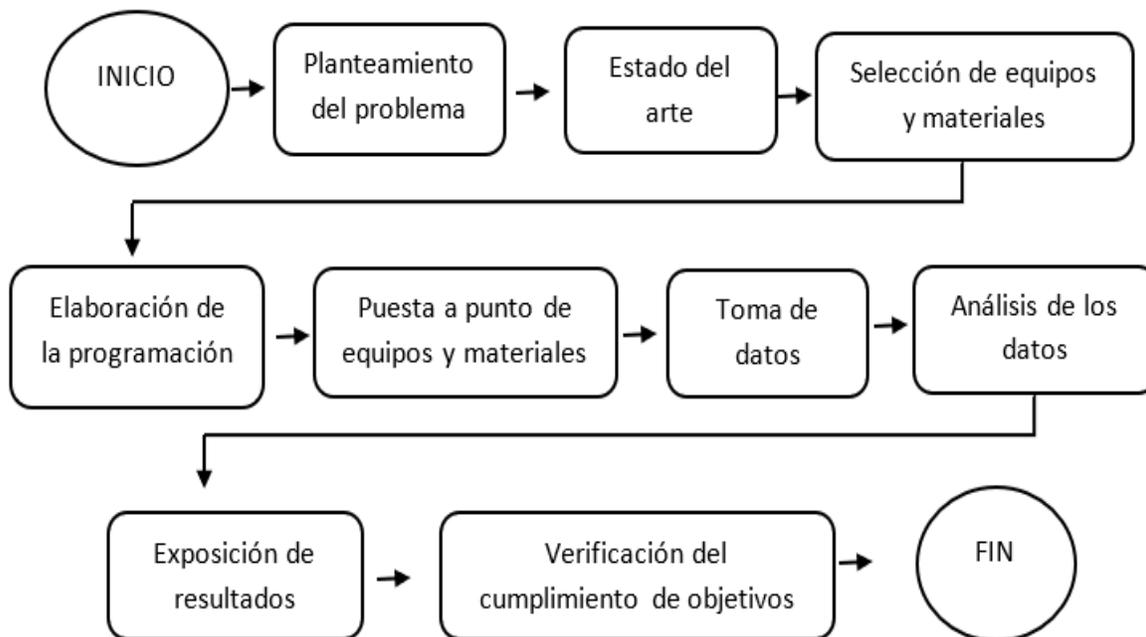


Figura 2. 11 Flujograma desarrollo del proyecto

La figura 2.11 representa el desarrollo completo del proyecto mediante un flujograma que facilita el entendimiento del mismo, al ser una descripción gráfica la secuencia del proceso es muy didáctico.

La información que se recoja mediante los instrumentos será organizada en tablas o figuras, para generar las comparativas de información, para ser interpretados de forma directa por el equipo investigador y así corroborar el funcionamiento del diseño.

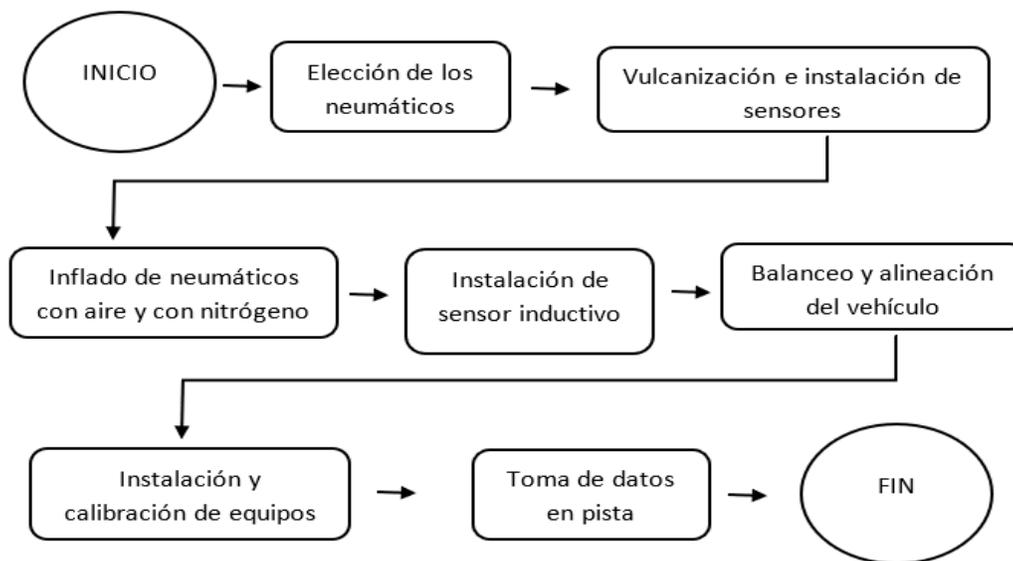


Figura 2. 12 Flujograma del proceso monitoreo presión y temperatura de neumáticos

El flujograma representado en la figura 2.12 muestra en detalle todo el proceso llevado a cabo para la adquisición de datos presión y temperatura.

La utilización de diferentes técnicas e instrumentos para obtener datos o información es lo que se conoce como recolección de datos. Se realizó una técnica de recolección de datos mediante investigación basada en la observación indirecta, es decir, se utilizaron sensores de medición TPMS o sistema de monitoreo de presión y temperatura en los neumáticos. Para adquirir los datos se incorporan los sensores en cada uno de los neumáticos, los mismos que tiene como finalidad medir la presión de inflado, la temperatura y realizar un monitoreo constante; específicamente un estudio determinado al análisis del comportamiento del aire, nitrógeno y su incidencia en el desgaste físico del neumático, influenciado por el cambio térmico al cual están expuestos.

Los pasos para la recolección de datos es la siguiente:

- Elección del vehículo
- Adquisición de los neumáticos
- Instalación de los sensores TPMS (vulcanización) y llenado de aire y nitrógeno
- Balanceo de los neumáticos y alineación del vehículo

- Instalación de equipos necesarios para el proyecto
- Calibración de equipos
- Recolección de datos en el autódromo José Tobar de Yahuarcocha

El desarrollo de este proceso optimizó el proceso práctico requerido para la adquisición de datos, además permitió seguir una ruta establecida y fiable para conseguir los objetivos planteados en el presente proyecto.

Fue necesario distribuir los neumáticos inflados con aire y nitrógeno de una manera que se pueda realizar el estudio en los neumáticos de arrastre y tracción bajo las mismas circunstancias, se decidió ubicar los neumáticos cruzados para tener resultados que favorezca a la hora de evaluar el rendimiento de los mismos.

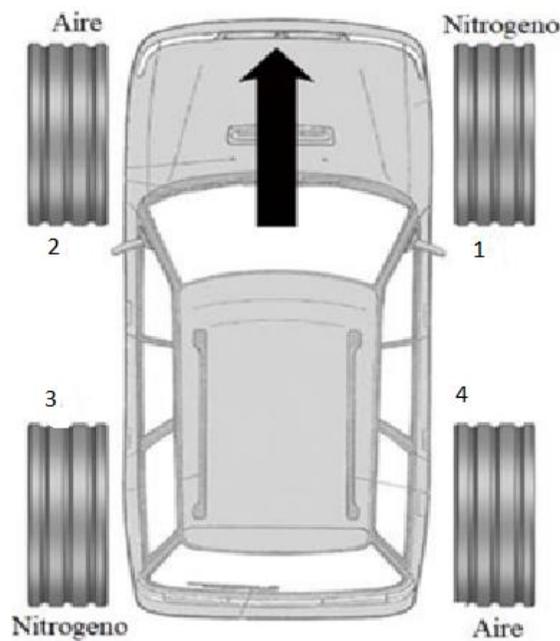


Figura 2. 13 Disposición del aire y nitrógeno en los neumáticos

En la figura 2.13 observamos la disposición asignada de los neumáticos que usan aire y nitrógeno respectivamente para las pruebas realizadas.

2.6.2 Proceso análisis de gases de escape

El procedimiento efectuado para la toma de datos prueba de análisis de gases de escape estática mediante el analizador de gases KANE AUTOplus, se realizó tomando en cuenta dos requerimientos:

El primero fue que el motor debe estar en la temperatura normal de funcionamiento (86° C a 91°C) aproximadamente. Como segundo requerimiento el régimen de trabajo (rpm), será en dos condiciones, en ralentí (800rpm) aproximadamente y a 2500 rpm.

Los pasos para la recolección de datos es la siguiente:

- Preparación del vehículo, llevarlo a la temperatura de funcionamiento normal
- Calibración del analizador de gases
- Realizar el análisis de gases de escape en las condiciones establecidas
- Análisis de resultados

Para mejor facilidad de entendimiento los procedimientos fueron elaborados gráficamente detallo el proceso de toma de datos de la medición de gases de escape en una prueba estática.

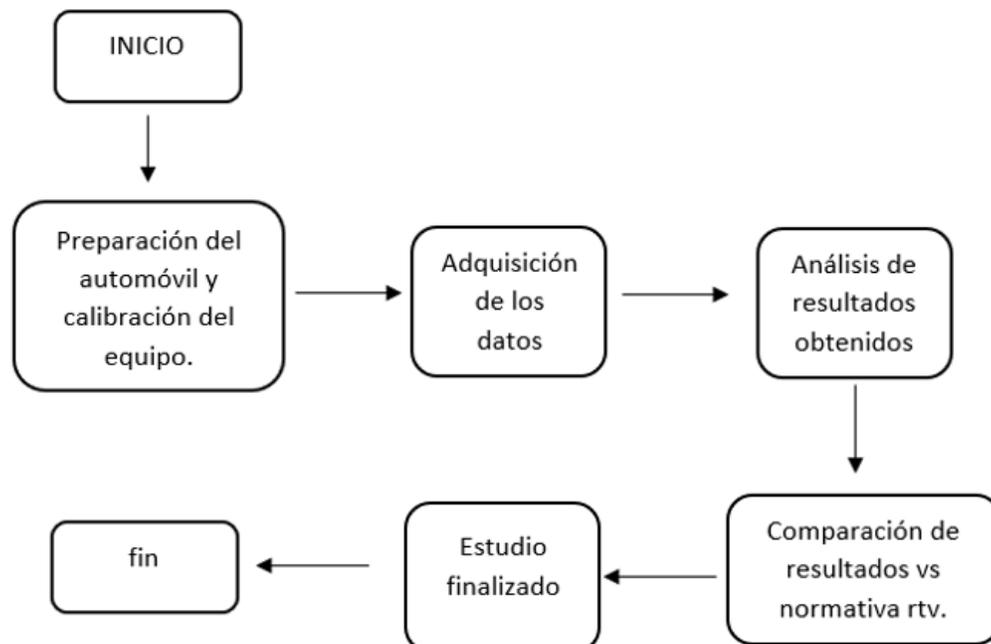


Figura 2. 14 Flujograma de proceso análisis de gases estática

En el flujograma representado en la figura 2.14 se detalla el procedimiento realizado para la medición y análisis de los gases de escape obtenidos.

2.7. RECOPIACIÓN DE DATOS

Para el presente proyecto el almacenamiento de datos se realizó un sistema de programación en LabVIEW y Raspberry, conjuntamente con una conexión satelital para obtener los datos de los sensores instalados en cada uno de los neumáticos en tiempo real y en cualquier parte que se encuentre mediante una conexión IP. En la figura 2.15 se observa la interfaz de la programación en LabVIEW.

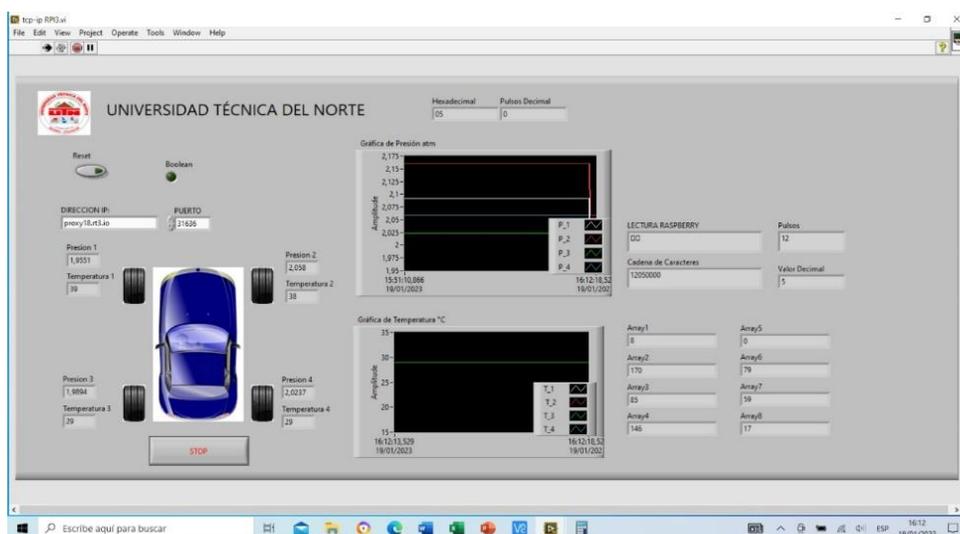


Figura 2. 15 Interfaz del programa

En la figura 2.15 se aprecia la interfaz creada en LabVIEW en la cual se puede observar en tiempo real los datos recibidos de los sensores TPMS.

De igual manera para la medición de gases de escape se efectuó con la ayuda del equipo Kane-AutoPlus cuya interfaz permite visualizar de manera digital y en tiempo real los datos arrojados además de obtener dichos resultados de manera física.

Una vez conocido el procedimiento para la obtención de datos se realizaron dos pruebas en la pista del autódromo internacional José Tobar Tobar, recorriendo diez vueltas la pista por cada

prueba, las velocidades fueron variables permitiendo el análisis del rendimiento de los neumáticos usando aire y nitrógeno como gas de inflado de los mismos.

2.8. DETALLE DEL PROCESO PARA LA TOMA DE DATOS

En el presente apartado a continuación se detallarán los puntos relevantes sobre el proceso que se realizó para la toma de datos empezando por la elección de los neumáticos, la vulcanización e instalación de los sensores, el inflado de los neumáticos, la instalación del sensor inductivo, el balanceo, la alineación del vehículo, la instalación, calibración de equipos, el seteo de los parámetros de adquisición de datos y la ejecución de pruebas generadas.

2.8.1 Elección de neumáticos

Al elegir neumáticos para pruebas e investigación, es importante considerar varios factores clave para asegurarse de que los resultados sean válidos y representativos. Para efecto del proyecto se utilizaron neumáticos seminuevos ubicando los de mejor estado en los ejes de tracción (delanteros), la marca aplicada fue Vitour presentada en la figura siguiente.



Figura 2. 16 Neumáticos utilizados

Las principales características de los neumáticos elegidos para las pruebas del proyecto son las siguientes:

- Dimensiones: 195/45 R15 gran área de contacto y adherencia con la calzada.
- Índice de carga: 78 (425kg)
- Índice de velocidad: H (210 km/h)
- Tread wear: 440

2.8.2 Vulcanización e instalación de sensores TPMS

Los sensores del sistema TPMS son internos por lo que su instalación requiere obligatoriamente de una vulcanización de los cuatro neumáticos, en la figura 2.17 se observa el proceso de vulcanización de los neumáticos y la instalación de los sensores del sistema TPMS.



Figura 2. 17 Vulcanizacion e instalación de los sensores

2.8.3 Inflado de los neumáticos

El inflado de los neumáticos se realizó mediante un equipo generador de nitrógeno marca BP de otra manera es imposible conseguir el llenado con este gas de manera convencional.



Figura 2. 18 Inflado de neumáticos con aire y nitrógeno

En la figura 2.18 se muestra el equipo BP que se usó para el proceso de inflado de los neumáticos con aire y con nitrógeno respectivamente.

2.8.4 Instalación del sensor inductivo

El sensor inductivo se instaló en la base de la mordaza del freno delantero, cumple la función de establecer la distancia total recorrida del vehículo en base a los rpm conseguidos por cada vuelta de la pista. En la figura continuación se observa la instalación del mismo.



Figura 2. 19 Instalación sensor inductivo

2.8.5 Balanceo y alineación del vehículo

El proceso de balanceo y alineación del vehículo es un proceso muy importante para evitar desperfectos de conducción y desgastes irregulares del neumático, los procesos antes mencionados se reflejan en las figuras 2.20 y 2.21.



Figura 2. 20 Proceso de balanceo

El balanceo del vehículo se refiere al equilibrio de las ruedas del vehículo. Si las ruedas no están balanceadas adecuadamente, pueden causar vibraciones incómodas en el volante, en el piso o en los asientos. Además, las ruedas no balanceadas pueden desgastar los neumáticos de manera irregular, lo que puede disminuir la vida útil de los neumáticos y afectar la seguridad del vehículo. Para balancear las ruedas, se colocan pequeños pesos en la llanta en puntos específicos para contrarrestar cualquier desequilibrio en la distribución del peso de la llanta y la rueda.



Figura 2. 21 Proceso de alineación

La alineación del vehículo se refiere a la posición relativa de las ruedas del vehículo y cómo se relacionan con el resto del vehículo. Si las ruedas no están alineadas adecuadamente, pueden causar un desgaste desigual en los neumáticos, una dirección imprecisa y una disminución de la eficiencia del combustible. Para alinear las ruedas, se ajustan los ángulos de las ruedas en relación con el chasis del vehículo. Los ángulos que se ajustan incluyen la inclinación, el avance y el ángulo de caída.

2.8.6 Instalación y calibración de los equipos

Una vez realizado la programación y puesto en punto el vehículo se procede a montar y calibrar el resto de equipos y elementos para la adquisición de datos. En la figura 2.22 se aprecia los elementos en cuestión.



Figura 2. 22 Instalación y calibración inversor y Raspberry

2.8.7 Parámetros para la adquisición de datos

Para fines comparativos se realizaron dos pruebas que consistió en recorrer diez vueltas el autódromo internacional José Tobar Tobar, mediante la programación realizada los registros de presión y temperatura se almacenaron en archivos Excel diferentes por cada vuelta recorrida, cada vuelta tiene una distancia aproximada de 3.6 km. En cuanto a la medición de desgaste del labrado del neumático se realizó de forma manual con un medidor de profundidad digital en dos ocasiones, al final de cada prueba realizada.

2.8.8 Ejecución de las pruebas de análisis de gases de escape

Mediante el analizador de gases KANE AUTOplus, se realizó la toma de datos en el vehículo de competencia teniendo en cuenta dos aspectos:

- El motor debe estar en la temperatura normal de funcionamiento (86° C a 91°C) aproximadamente
- El régimen de trabajo (rpm), será en dos condiciones, en ralentí (800rpm) aproximadamente y a 2500 rpm

2.8.9 Análisis de la información

Los datos obtenidos mediante la programación elaborada se presentan en archivos de Excel, con estos datos se realizó una comparación del rendimiento de los neumáticos con diferentes tipos de gas de inflado, aire y nitrógeno además de la comparación de los porcentajes de gases de escape obtenido con las normativas actuales de la revisión técnica vehicular (RTV), cumpliendo de esta manera con los objetivos planteados.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO

El sistema de monitoreo de presión y temperatura en los neumáticos es un sistema electrónico que permite medir y monitorear la presión y temperatura de los neumáticos en tiempo real. Este sistema está compuesto por sensores de presión y temperatura, transmisores de datos, una unidad central de monitoreo y fuentes de alimentación.

El uso de este sistema puede mejorar la seguridad en la carretera, ya que permite detectar y corregir problemas con la presión de los neumáticos antes de que causen un accidente o daños a los neumáticos. También puede mejorar el rendimiento del vehículo y aumentar la eficiencia de combustible al mantener la presión de los neumáticos en el nivel óptimo.

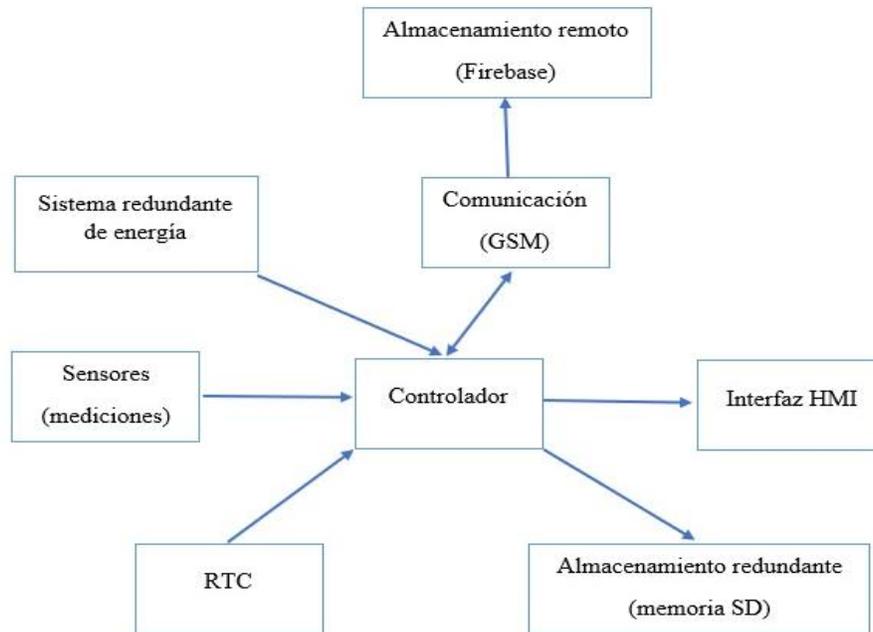


Figura 3. 1 Diagrama del funcionamiento del sistema implementado

En la figura 3.1 se muestra un diagrama que representa el diseño del sistema de monitoreo de presión y temperatura de los neumáticos.

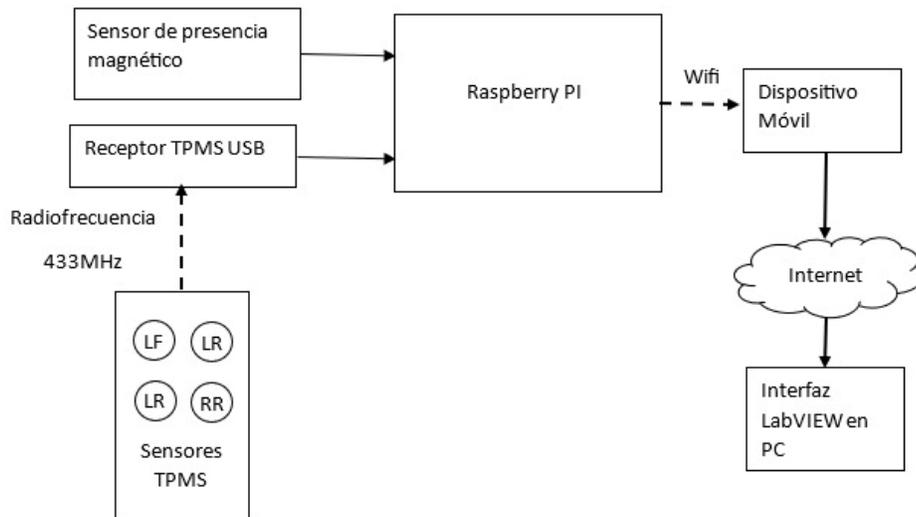


Figura 3. 2 Diseño de la implementación de Hardware

En la figura 3.2 se detalla el diseño de cómo están conectados los equipos y componentes del proyecto.

El funcionamiento de un sistema de monitoreo de presión y temperatura de neumáticos es el siguiente:

1. Instalación de los sensores: los sensores de presión y temperatura se instalan en los neumáticos, sustituyendo a las válvulas.
2. Medición de la presión y temperatura: los sensores miden la presión y temperatura actual de cada neumático y envían estos datos a la unidad central de monitoreo.
3. Procesamiento de datos: la unidad central de monitoreo recibe y procesa los datos de los sensores de presión y temperatura.
4. Visualización de datos: los datos procesados se presentan en la unidad central de monitoreo o en una pantalla incorporada en el tablero del automóvil, permitiendo al conductor ver la presión y temperatura de cada neumático en tiempo real.
5. Alerta de anomalías: si la presión o temperatura de algún neumático está fuera de los límites recomendados, la unidad central de monitoreo emitirá una señal de alerta para notificar al conductor.

El sistema de monitoreo de presión y temperatura en los neumáticos puede funcionar continuamente mientras el automóvil esté en funcionamiento, proporcionando información en tiempo real sobre el estado de los neumáticos. Esto ayuda a mejorar la seguridad en la carretera y aumentar la eficiencia de combustible.



Figura 3. 3 Implementación física del sistema

Como se puede apreciar en la figura 3.3, la instalación de un sistema de monitoreo de presión de los neumáticos (TPMS, por sus siglas en inglés) puede ser un proceso técnico que requiere conocimientos y herramientas especializadas. Aquí hay un resumen general del proceso de instalación:

1. Selección de un sistema TPMS compatible con su vehículo: existen diferentes tipos de sistemas TPMS que pueden ser compatibles con su vehículo. Es importante elegir un sistema que cumpla con los requisitos específicos de su automóvil.
2. Instalación de los sensores: los sensores TPMS se colocan en los neumáticos, generalmente en el interior de la rueda.
3. Conexión de los sensores a la unidad central de monitoreo: los sensores TPMS deben conectarse a la unidad central de monitoreo para transmitir los datos de presión de los neumáticos.

En la figura 3.4 se muestra la interfaz gráfica del programa LabVIEW, cómo están dispuestos todos los equipos y elementos utilizados para el desarrollo del proyecto.

3.3. IMPLEMENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El propósito de este estudio fue identificar y analizar qué gas aplicado en los neumáticos de un vehículo de competencia genera mayor desempeño mediante un sistema de monitoreo de presión, por lo tanto, la discusión se enfocará en los aspectos más relevantes obtenidos en esta investigación.



Figura 3. 5 Instalación del sistema en el Vehículo Chevrolet Corsa Wind

La instalación del equipo está representada en la figura 3.5 y se puede observar la instalación del gas de inflado y el equipo en el interior del vehículo.

3.4. RESULTADOS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de las pruebas realizadas mediante tablas y gráficas que permiten entender de mejor manera los resultados encontrados. Se tomó como referencia para el estudio y análisis las vueltas uno, seis, nueve y diez de cada prueba realizada.

3.4.1 Resultados prueba 1

En la tabla 3.1 se evidencia que la temperatura al concluir la primera vuelta es más estable en los neumáticos inflados con nitrógeno que los inflados con aire, 19°C alcanzaron los dos

neumáticos inflados con nitrógeno mientras que los inflados con aire llegaron a 20°C el neumático trasero y 22°C el delantero. En el caso de la presión de igual manera los neumáticos inflados con nitrógeno alcanzaron valores más bajos que los inflados con aire, 27.1 Psi alcanzó el neumático delantero inflado con nitrógeno y 27.2 Psi el trasero, los neumáticos inflados con aire terminaron con 27.6 Psi y 27.4 Psi delantero y trasero respectivamente.

Tabla3. 1 Resultados primera vuelta en el autódromo prueba 1.

		Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxigeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxigeno
Temperatura °C	Mínima	18	19	17	19
	Máxima	19	22	19	20
Presión Psi	Mínima	26.8	27.3	27.1	27.1
	Máxima	27.1	27.6	27.2	27.4

Para mejor detalle de los resultados se procedió a analizar en un diagrama de barras que se presenta en la figura 3.6.

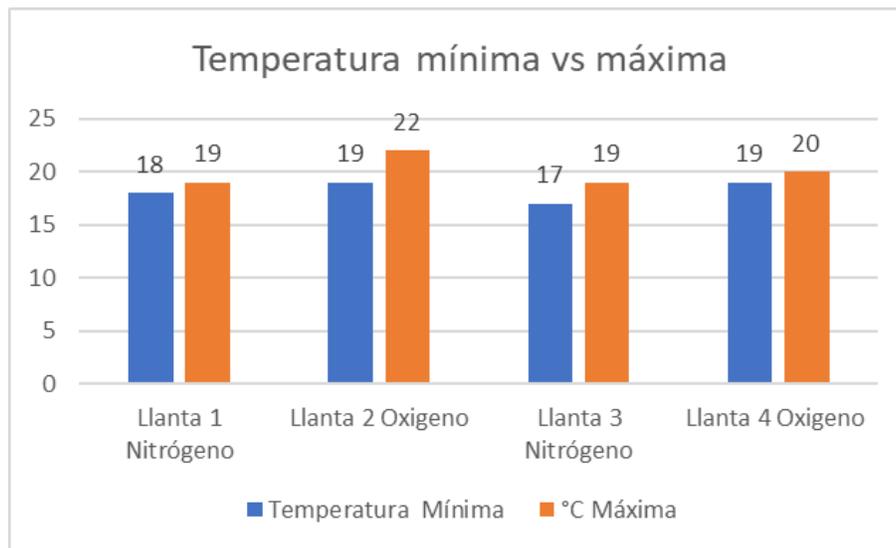


Figura 3. 6 Prueba 1 vuelta 1. Temperatura mínima vs máxima

En la figura 3.6 se presenta de manera gráfica los valores obtenidos de temperatura máxima y mínima de la primera vuelta en la prueba 1.

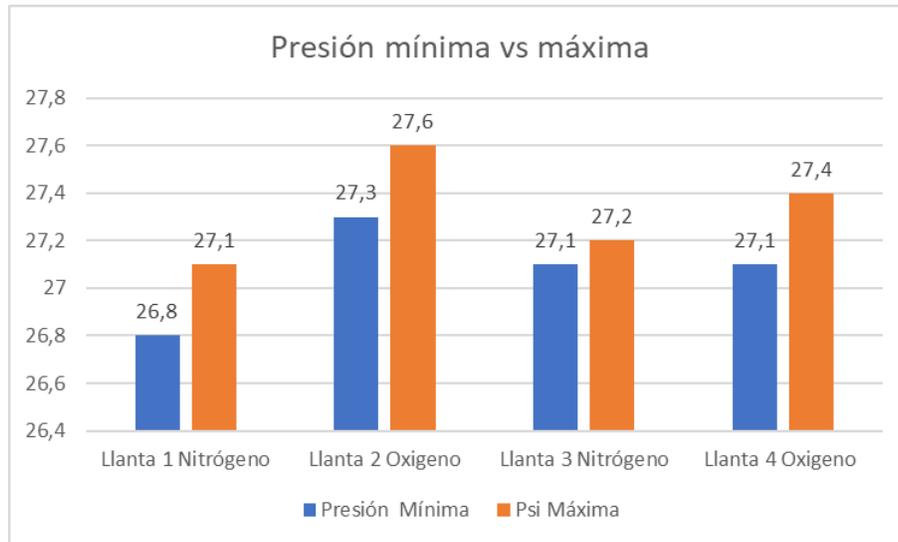


Figura 3. 7 Prueba 1 vuelta 1. Presión mínima vs máxima

En la figura 3.7 se represente mediante la gráfica los datos de temperatura y presión obtenidos de la primera vuelta en la prueba 1.

En la tabla 3.2 se evidencia que la temperatura al concluir la sexta vuelta es más baja en los neumáticos inflados con nitrógeno que los inflados con aire, 35°C alcanzó el neumático inflado con nitrógeno delantero y el trasero inflado con nitrógeno llegó a 34°C, los inflados con aire llegaron a 39°C en el trasero y delantero. La presión de igual manera los neumáticos inflados con nitrógeno alcanzaron valores más bajos que los inflados con aire, 28.8 Psi alcanzó el neumático delantero inflado con nitrógeno y 29.2 Psi el trasero, los neumáticos inflados con aire terminaron con 31 Psi y 30 Psi delantero y trasero respectivamente.

Tabla3. 2 Resultados Sexta vuelta en el autódromo prueba 1.

		Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxígeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxígeno
Temperatura °C	Mínima	32	37	31	35
	Máxima	35	39	34	39
Presión Psi	Mínima	28.50	30	28.90	29
	Máxima	28.8	31	29.2	30

Estos resultados fueron representados en gráficas de barras para su mayor comprensión.

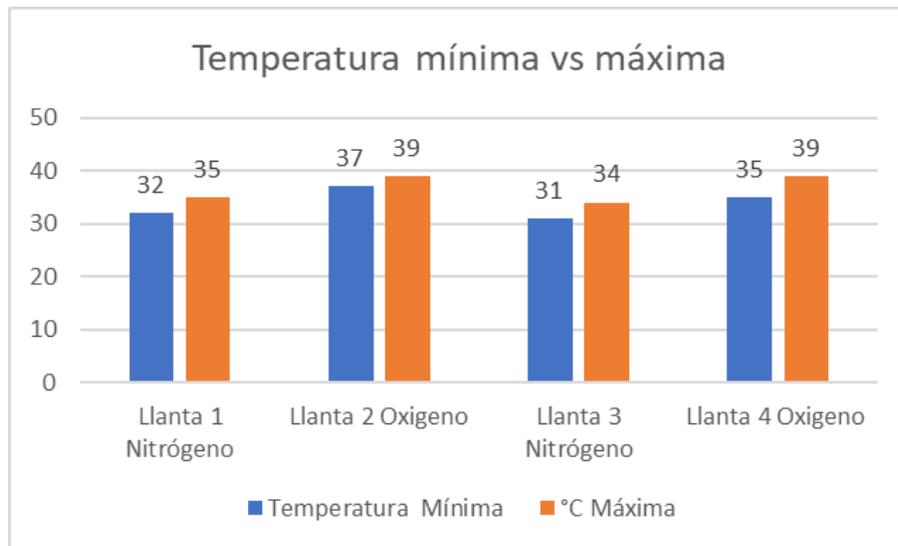


Figura 3. 8 Prueba 1 vuelta 6. Temperatura mínima vs máxima

La figura 3.8 representa los datos de temperatura al iniciar y al finalizar la sexta vuelta de la prueba 1.

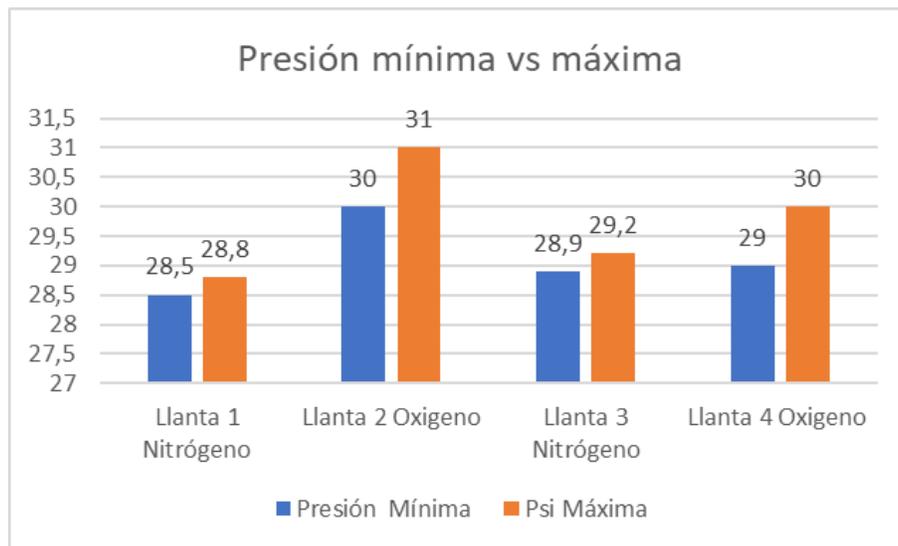


Figura 3. 9 Prueba 1 vuelta 6. Presión mínima vs máxima

La figura 3.9 representa gráficamente los valores de presión al inicio y al final de la sexta vuelta de la prueba 1.

En la tabla 3.3 se obtuvo los siguientes resultados, 45°C alcanzó el neumático inflado con nitrógeno delantero y el trasero inflado con nitrógeno llegó a 43°C, los inflados con aire llegaron

a 45°C el trasero y 47°C el delantero. La presión de los neumáticos inflados con nitrógeno alcanzó valores más bajos que los inflados con aire, 30.8 Psi alcanzó el neumático delantero inflado con nitrógeno y 30 Psi el trasero, los neumáticos inflados con aire terminaron con 31.5 Psi y 31 Psi delantero y trasero respectivamente.

Tabla 3. 3 Resultados, novena vuelta en el autódromo prueba 1.

		Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxigeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxigeno
Temperatura °C	Mínima	41	44	40	43
	Máxima	45	47	43	45
Presión Psi	Mínima	30.2	31	29	30.2
	Máxima	30.8	31.5	30	31

Los datos presentados, fueron graficados por separado para mejor entendimiento.

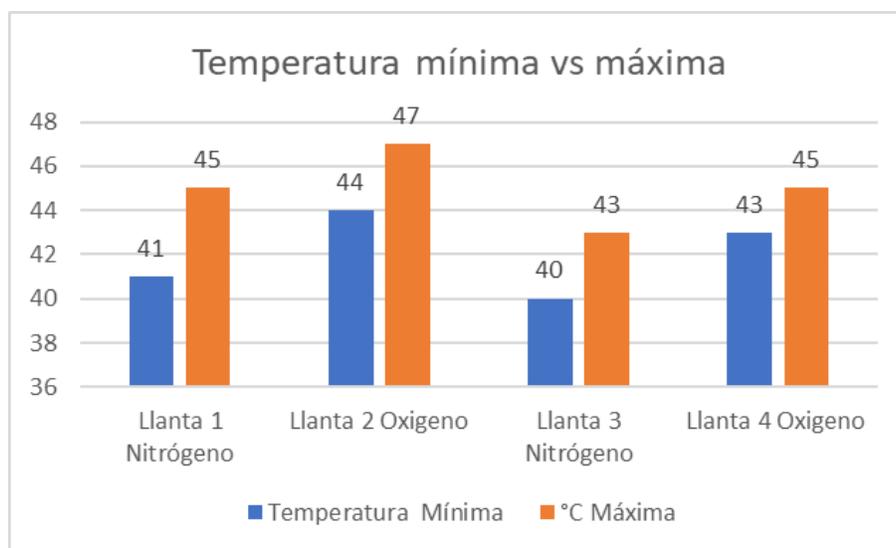


Figura 3. 10 Prueba 1 vuelta 9. Temperatura mínima vs máxima

En la figura 3.10 se detalla gráficamente los valores de temperatura inicial y final de la vuelta 9 en la primera prueba.

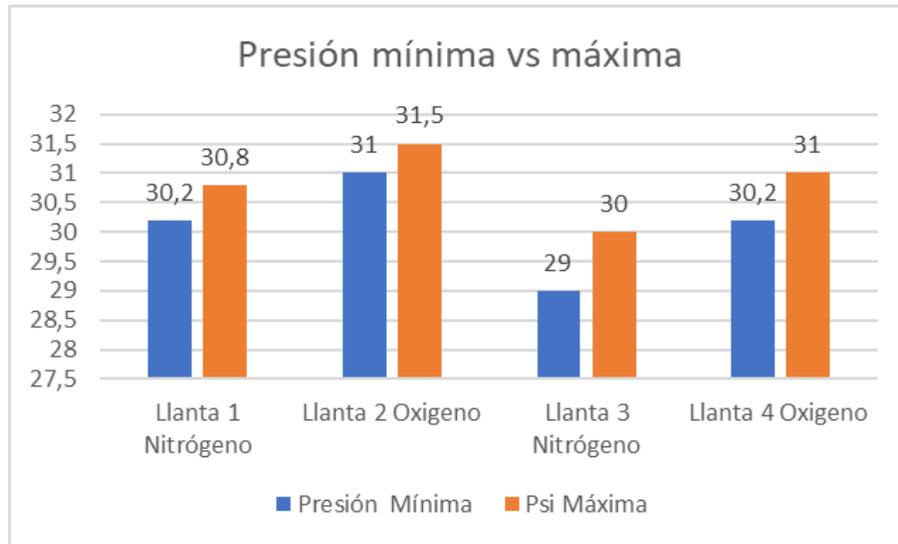


Figura 3. 11 Prueba 1 vuelta 9. Presión mínima vs máxima

La figura 3.11 muestra gráficamente los valores de presión inicial y final de la novena vuelta en la prueba 1.

En la tabla 3.4 se obtuvo los siguientes resultados, 46°C alcanzó el neumático inflado con nitrógeno delantero y el trasero inflado con nitrógeno llegó a 43°C, los inflados con aire llegaron a 46°C el trasero y 48°C el delantero. La presión de los neumáticos inflados con nitrógeno alcanzó los siguientes valores, 30.9 Psi alcanzó el neumático delantero y 30 Psi el trasero, los neumáticos inflados con aire terminaron con 31.6 Psi y 30.9 Psi delantero y trasero respectivamente.

Tabla3. 4 Resultados décima vuelta en el autódromo prueba 1.

		Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxígeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxígeno
Temperatura °C	Mínima	41	45	41	43
	Máxima	46	48	43	46
Presión Psi	Mínima	30.3	31.2	30	30.6
	Máxima	30.9	31.6	30	30.9

Para mejor entendimiento estos datos fueron representados en gráficas de barras de manera individual respecto a la variable medida.

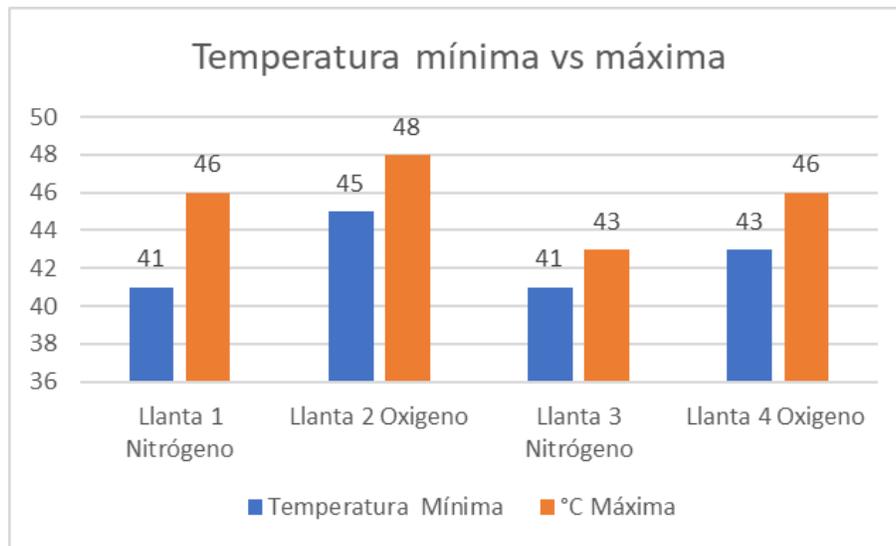


Figura 3. 12 Prueba 1 vuelta 10. Temperatura mínima vs máxima

En la figura 3.12 se muestra mediante un gráfico la temperatura inicial y la final de la última vuelta de la primera vuelta.

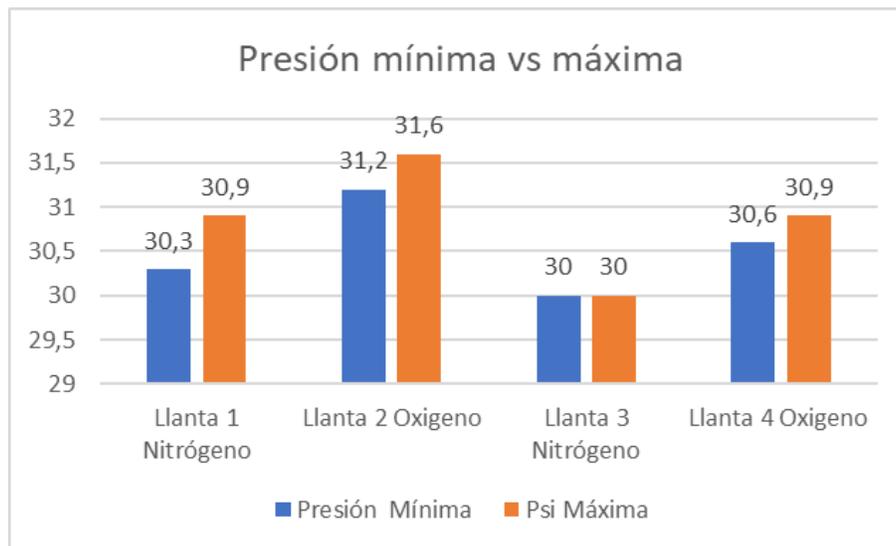


Figura 3. 13 Prueba 1 vuelta 10. Presión mínima vs máxima

La figura 3.13 muestra mediante una gráfica los valores de presión antes y después de la última vuelta de la prueba 1.

Entre la prueba final y la penúltima se puede apreciar una caída de presión y temperatura esto se debió al cambio climático del ambiente, empezó a lloviznar y la temperatura del asfalto se

vio afectada, sin embargo, al concluir la vuelta final hubo una recuperación de la temperatura perdida.

3.4.2 Resultados prueba 2

En la tabla 3.5 la temperatura alcanzada en los neumáticos inflados con nitrógeno es, 18°C el delantero y el trasero mientras que los inflados con aire llegaron a 18°C el neumático trasero y 19°C el delantero. En el caso de la presión, 27.1 Psi alcanzó el neumático delantero inflado con nitrógeno y 27.2 Psi el trasero, los neumáticos inflados con aire terminaron con 27.6 Psi y 27.5 Psi delantero y trasero respectivamente.

Tabla 3. 5 Resultados primera vuelta en el autódromo prueba 2.

		Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxigeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxigeno
Temperatura °C	Mínima	17	17	17	17
	Máxima	18	19	18	18
Presión Psi	Mínima	26.8	27.3	27.1	27.1
	Máxima	27.1	27.6	27.2	27.5

Para mejor entendimiento de los datos obtenidos se presentan gráficas de barras de la presión y temperatura por separados.

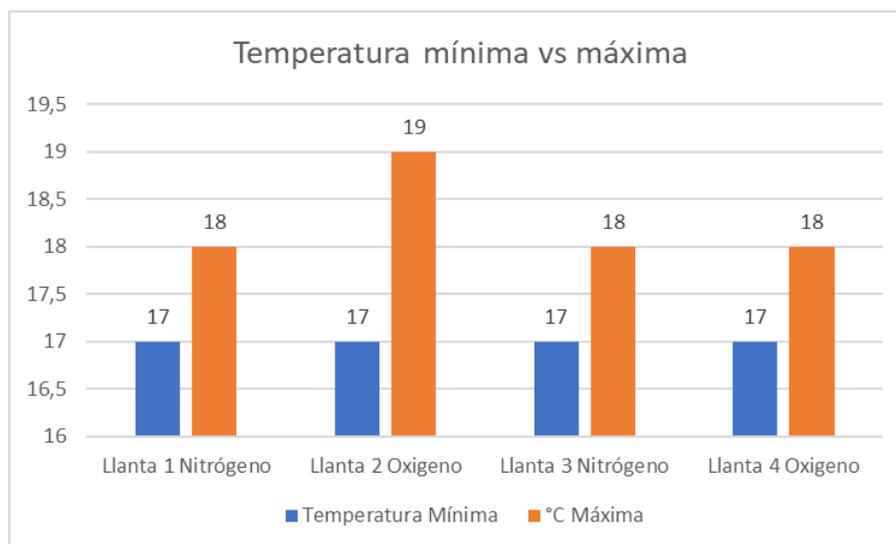


Figura 3. 14 Prueba 2 vuelta 1. Temperatura mínima vs máxima

En la figura 3.14 se muestra los datos de temperatura de la vuelta uno de la segunda prueba.

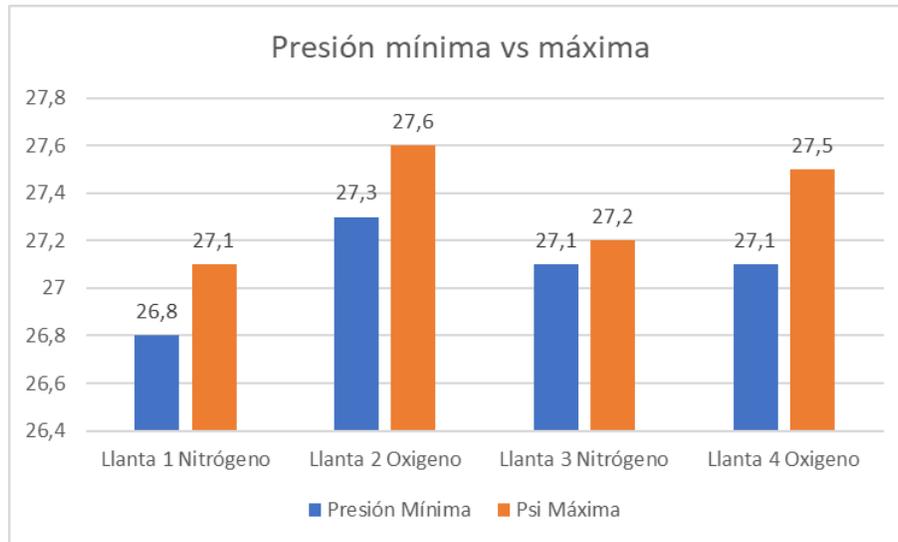


Figura 3. 15 Prueba 2 vuelta 1. Presión mínima vs máxima

La figura 3.15 representa gráficamente los valores de presión de la vuelta uno de la segunda prueba.

En la tabla 3.6 se obtuvo los siguientes resultados, 35°C alcanzó el neumático inflado con nitrógeno delantero y el trasero inflado con nitrógeno llegó a 34°C, los inflados con aire llegaron a 39°C el trasero y 36°C el delantero. La presión de los neumáticos inflados con nitrógeno alcanzó valores más bajos que los inflados con aire, 28.8 Psi alcanzó el neumático delantero inflado con nitrógeno y 29.3 Psi el trasero, los neumáticos inflados con aire terminaron con 30.7 Psi y 29.7 Psi delantero y trasero respectivamente.

Tabla3. 6 Resultados Sexta vuelta en el autódromo prueba 2.

		Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxígeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxígeno
Temperatura °C	Mínima	32	34	31	35
	Máxima	35	36	34	39
Presión Psi	Mínima	28.50	29.8	28.90	29
	Máxima	28.8	30.7	29.3	29.7

A demás de la tabla también se graficó un análisis de barras, los datos de temperatura y presión por separado para su mejor comprensión.

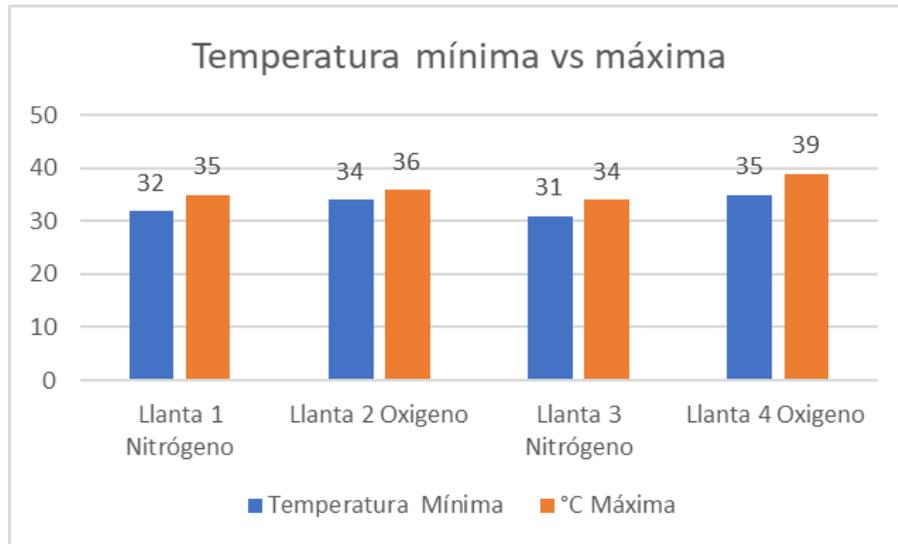


Figura 3. 16 Prueba 2 vuelta 6. Temperatura mínima vs máxima

En la figura 3.16 se aprecia los valores de temperatura de la sexta vuelta de la prueba 2.

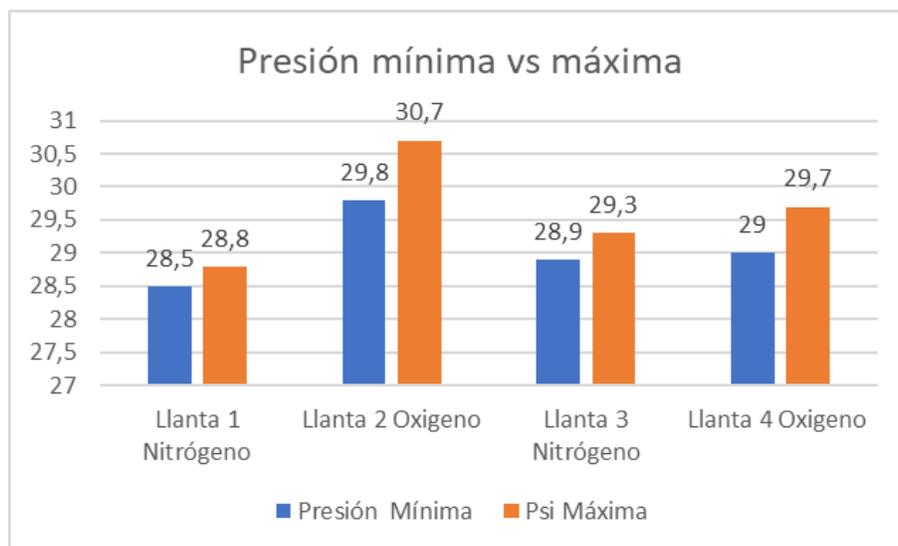


Figura 3. 17 Prueba 2 vuelta 6. Presión mínima vs máxima

En la figura 3.17 se muestran gráficamente los valores de presión de la sexta vuelta de la prueba 2.

En la tabla 3.7 se obtuvo los siguientes resultados, 45°C alcanzó el neumático inflado con nitrógeno delantero y el trasero inflado con nitrógeno llegó a 42°C, los inflados con aire llegaron a 45°C el trasero y 46°C el delantero. La presión de los neumáticos inflados con nitrógeno

alcanzó valores más bajos que los inflados con aire, 30.7 Psi alcanzó el neumático delantero inflado con nitrógeno y 30 Psi el trasero, los neumáticos inflados con aire terminaron con 31.3 Psi y 31 Psi delantero y trasero respectivamente.

Tabla 3. 7 Resultados novena vuelta en el autódromo prueba 2.

		Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxigeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxigeno
Temperatura °C	Mínima	42	44	41	44
	Máxima	45	46	42	45
Presión Psi	Mínima	30.5	31	29	30.2
	Máxima	30.7	31.3	30	31

Para un correcto análisis se procedió a realizar gráficas de barras con los datos obtenidos.

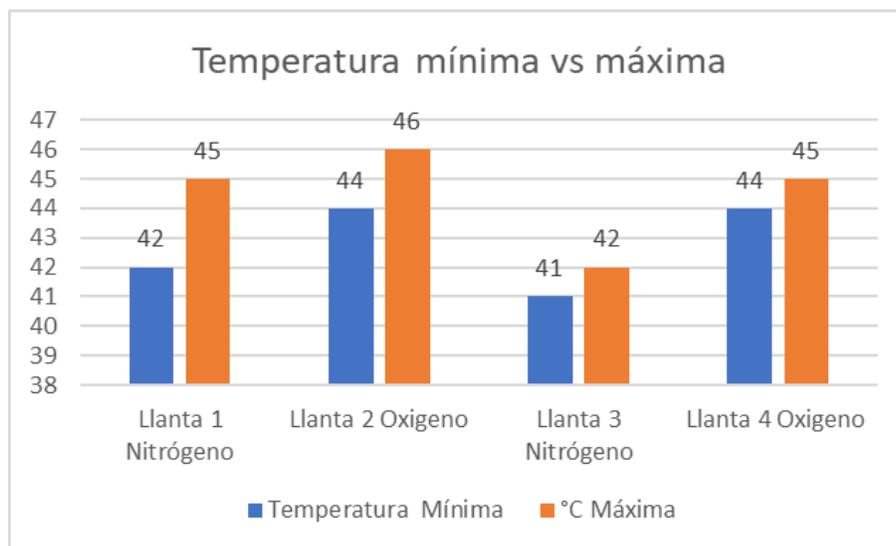


Figura 3. 18 Prueba 2 vuelta 9. Temperatura mínima vs máxima

En la figura 3.18 se detalla mediante la gráfica los datos de temperatura de la novena vuelta en la prueba 2.

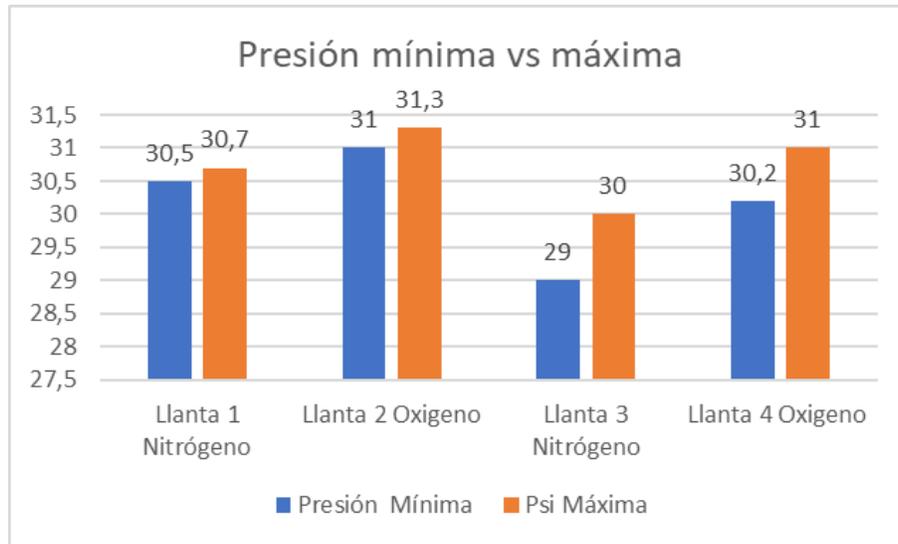


Figura 3. 19 Prueba 2 vuelta 9. Presión mínima vs máxima

La figura 3.19 representada por la gráfica muestra los valores de presión antes y después de la novena vuelta de la prueba 2.

En la penúltima vuelta no se obtuvo cambios significativos de presión en referencia a la sexta vuelta, sin embargo, la temperatura si sufrió cambios de hasta 10°C.

En la tabla 3.8 se obtuvo los siguientes resultados, 47°C alcanzó el neumático inflado con nitrógeno delantero y el trasero inflado con nitrógeno llegó a 45°C, los inflados con aire llegaron a 49°C en los dos casos. La presión de los neumáticos inflados con nitrógeno alcanzó valores más bajos que los inflados con aire, 31.1 Psi alcanzó el neumático delantero inflado con nitrógeno y 30.3 Psi el trasero, los neumáticos inflados con aire terminaron con 31.8 Psi y 31.7 Psi delantero y trasero respectivamente.

Tabla3. 8 Resultados de décima vuelta en el autódromo prueba 2.

		Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxígeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxígeno
Temperatura °C	Mínima	45	46	42	45
	Máxima	47	49	45	49
Presión Psi	Mínima	30,7	31,3	30	31
	Máxima	31,1	31,8	30,3	31,7

Para un mejor entendimiento de los datos se procedió a graficar por separado las variables de temperatura y presión de los neumáticos.

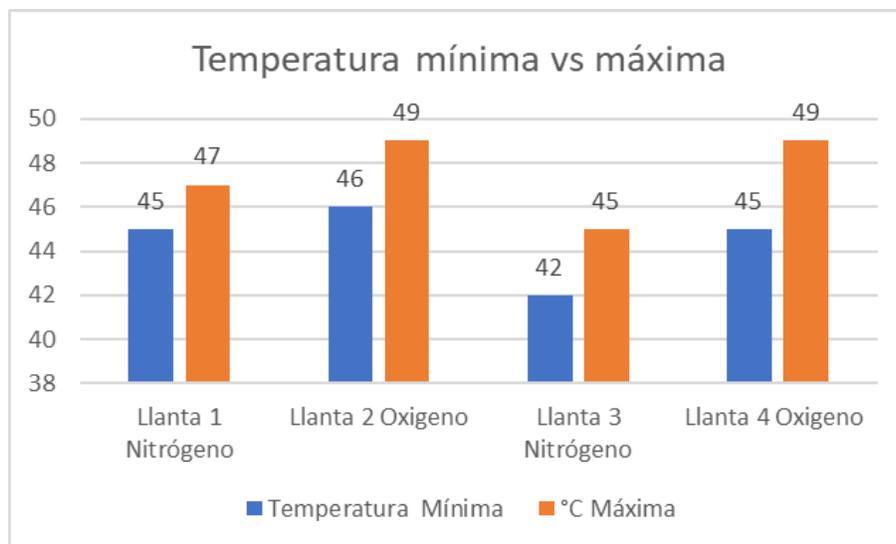


Figura 3. 20 Prueba 2 vuelta 10. Temperatura mínima vs máxima

En la figura 3.20 se plasma en una gráfica los valores de la temperatura obtenidos al inicio y al final de la última vuelta de la segunda prueba.

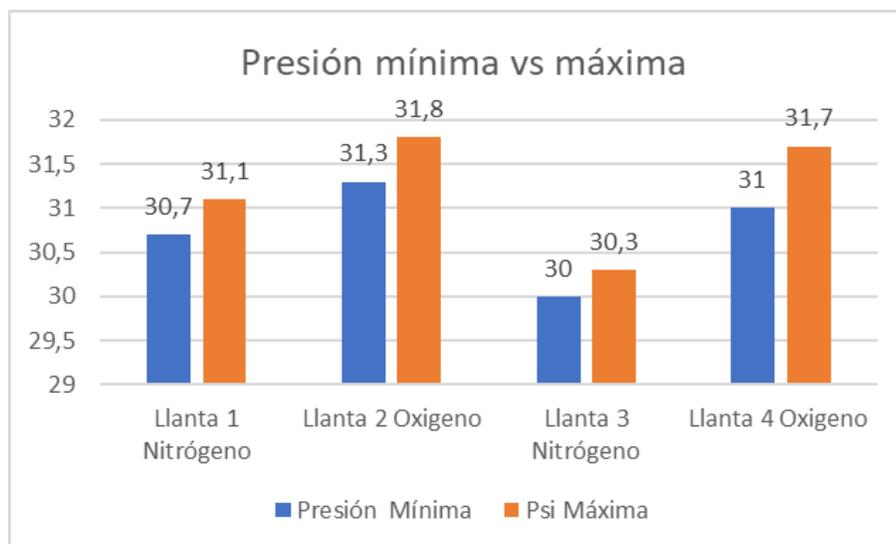


Figura 3. 21 Prueba 2 vuelta 10. Presión mínima vs máxima

La figura 3.21 muestra la gráfica representativa de los valores de presión de la última vuelta de la segunda prueba.

Al final de la segunda prueba los datos arrojados con respecto a la primera no tienen una gran variación, esto se debe a las condiciones establecidas como: el uso del mismo juego de neumáticos, mismo equipo de medición y condiciones climáticas similares.

En la experimentación se puede observar que las llantas delanteras generan más temperatura que las traseras, esto puede deberse a que son responsables de la mayoría de la carga y frenado del vehículo. Cuando el conductor frena, la energía cinética del vehículo se transforma en energía térmica en las pastillas de freno y los discos de freno, lo que genera una gran cantidad de calor en las llantas delanteras. Además, las llantas delanteras también soportan el peso del motor y la dirección del vehículo, lo que aumenta aún más la cantidad de calor que generan.

En las tabla 11 hasta la 18 se puede apreciar el comportamiento del gas nitrógeno y los neumáticos inflados con aire normal que el nitrógeno tiene un rango de estabilidad respecto a la presión en función de la temperatura más consistente en las medidas realizadas durante el experimento siendo que en las pruebas 1 y 2 se puede apreciar que tiene una variación máxima de 3.9 bares en un rango de temperatura que va desde los 17 a los 45° Celsius mientras que las llantas infladas con aire varían en 4.3 bares en un rango temperatura que se comprende desde los 17 °C a los 48° Celsius esto en la distancia recorrida de 36 km por vuelta realizadas en el autódromo Internacional de Yahuarcocha José Tobar Tobar.

Las ventajas que tienen la aplicación del gas nitrógeno en el inflado de los neumáticos y en sus resultados precisan que el uso del nitrógeno es un elemento a tener en cuenta como beneficioso para la vida útil de los neumáticos (Montalvo, F.; Fraga, J.; Otero, S., 2022, pág. 5).

En la misma línea de estudio existen datos de estudios que permiten realizar comparaciones como es el caso de un análisis de temperatura impresión en neumáticos inflados con nitrógeno mantienen por más tiempo la presión de inflado que los neumáticos inflados con aire llegando a encontrar que existe un desgaste promedio en la banda de rodadura de 0,89 mm por cada 2000 km mientras que los que estaban inflados con nitrógeno tienen un desgaste promedio de 0.71 mm en la misma cantidad de kilómetros recorridos (Lemache & Sangoquiza, 2021, pág. 56).

3.5. MEDICIONES RESPECTO A DESGASTE DE NEUMÁTICOS

Las siguientes mediciones se realizaron previo y luego de cada prueba para determinar el desgaste que existe en los neumáticos teniendo como referencia las medidas de los surcos internos y externos de las llantas, estas mediciones se las realizaron tomando como referencia dos ubicaciones en el neumático en extremos horizontales.

La tabla 3.9 muestra los siguientes resultados al término de la prueba uno, el neumático delantero inflado con nitrógeno tuvo un desgaste de 0.14mm, el neumático delantero inflado con aire sufrió un desgaste de 0.41mm, el neumático trasero inflado con nitrógeno tuvo un desgaste de 0.79mm, por último, el neumático trasero inflado con aire sufrió un desgaste de 0.28mm.

Tabla3. 9 Resultados Antes y después de la prueba 1.

Medidas en (mm)		Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxígeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxígeno
ANTES DE LA PRUEBA	Surco Interno	4.05	4.16	4.39	4.18
	Surco Externo	4.62	4.87	3.85	4.05
DESPUES DE LA PRUEBA	Surco Interno	3.97	3.97	4.04	3.8
	Surco Externo	4.41	4.23	3.63	3.87

Los datos fueron pasados a una gráfica que nos permite visualizar de mejor manera estos cambios en los desgastes.

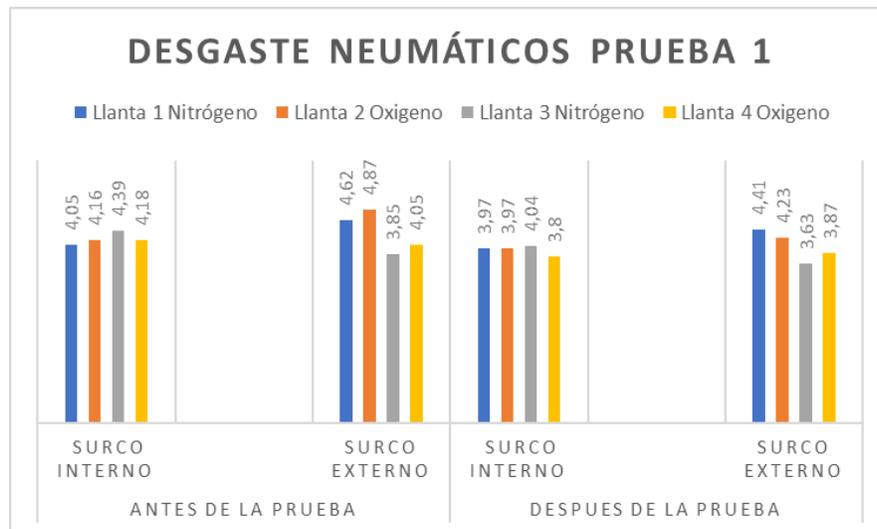


Figura 3. 22 Resultados Antes y después de la prueba 1

La figura 3.22 muestra los valores de desgaste de los neumáticos, tomados antes y después de la prueba uno.

La tabla 3.10 muestra los siguientes resultados al término de la segunda prueba, el neumático delantero inflado con nitrógeno tuvo un desgaste de 0.30mm, el neumático delantero inflado con aire sufrió un desgaste de 0.46mm, el neumático trasero inflado con nitrógeno tuvo un desgaste de 0.13mm, por último, el neumático trasero inflado con aire sufrió un desgaste de 0.21mm.

Tabla3. 10 Resultados Antes y después de la prueba 2.

Medidas en (mm)	Día 2	Llanta 1 Nitrógeno	Llanta 2 Oxígeno	Llanta 3 Nitrógeno	Llanta 4 Oxígeno
ANTES DE LA PRUEBA	Surco Interno	3.97	3.97	4.04	3.80
	Surco Externo	4.41	4.23	3.63	3.87
DESPUÉS DE LA PRUEBA	Surco Interno	3.55	3.30	3.92	3.61
	Surco Externo	4.20	3.99	3.48	3.64

Para mejor interpretación de los valores obtenidos en la tabla se procedió a plasmar los datos en una gráfica de barras donde se pueda apreciar de mejor manera los resultados.

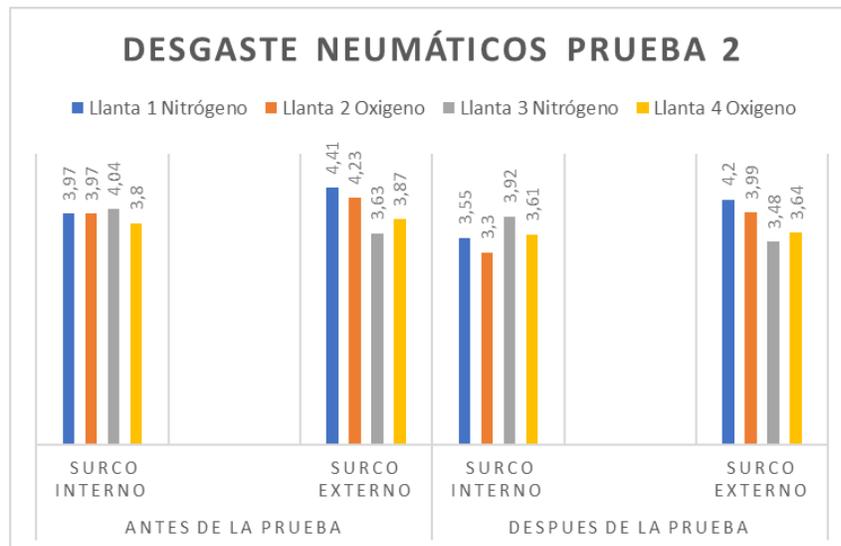


Figura 3. 23 Resultados Antes y después de la prueba 2

En la figura 3.23 se detalla gráficamente los valores del desgaste de los neumáticos antes y después de la segunda prueba.

Se estableció que en la prueba 2, existe un desgaste promedio de 0.225 mm en los neumáticos inflados con nitrógeno y un promedio de 0.3325 mm en los neumáticos inflados con aire, lo que representa una diferencia de desgaste menor en los neumáticos que usaban nitrógeno con un 32.33% menos en el periodo de prueba.

1.2.1 Resultados del análisis de gases

Para el análisis de gases se se consideró las mediciones de los siguientes gases:

- Dióxido de Carbono (CO₂)
- Monóxido de carbono (CO)
- Dioxígeno (O₂)
- Hidrocarburos (HC)

Estos son considerados como contaminantes y fueron comparados con los requerimientos actuales de la revisión técnica vehicular de la provincia.

En la primera prueba del análisis de gases de escape se evidencia como indica la tabla 3.11 valores muy por encima de un vehículo estándar en los datos de CO, CO₂ y HC.

Tabla3. 11 Resultados ralenti 800 rpm.

Temperatura	92 °C
CO ₂	1.6%
CO	4.97%
O ₂	0.13%
HC	6511ppm

La prueba realizada a 2500rpm es más crítica que la anterior, la tabla 3.12 muestra estos niveles en aumento y el único valor admisible comparando con las normativas de la RTV. Es el O₂

Tabla3. 12 Resultados a 2500 rpm.

Temperatura	93 °C
CO ₂	2.0%
CO	6.26%
O ₂	0.15%
HC	7553ppm

En la tabla 3.13 se evidencia una última toma de datos aumentando las revoluciones del vehículo alcanzando 4000 rpm, teniendo la misma línea de resultados, sus valores van en aumento a excepción del O₂.

Tabla3. 13 Resultados a 4000 rpm.

Temperatura	95 °C
CO ₂	3.1%
CO	8.24%
O ₂	0.16%
HC	8652ppm

Se concluyó que el único gas de escape que no percibe cambios y estaría dentro de los rangos permisivos por la revisión vehicular es el O₂.

VEHÍCULOS GASOLINA (EXCEPTO MOTOS) RALENTI Y ALTAS RPM					
AÑO	HC en PPM	CO en %	Oz en %	TIPO FALTA	RESULTADO
DEL 2000 EN ADELANTE	$0 \leq X < 160$	$0 \leq X < 0,6$	$0 \leq X < 3$	0	APROBADO SIN FALTAS
	$160 \leq X < 180$	$0,6 \leq X < 0,8$	$3 \leq X < 4$	1	APROBADO CON FALTA TIPO 1
	$180 \leq X < 200$	$0,8 \leq X < 1$	$4 \leq X < 5$	2	APROBADO CON FALTA TIPO 2
	$X \geq 200$	$X \geq 1$	$X \geq 5$	3	RECHAZADO
DE 1990 A 1999	$0 \leq X < 650$	$0 \leq X < 3,5$	$0 \leq X < 3$	0	APROBADO SIN FALTAS
	$650 \leq X < 700$	$3,5 \leq X < 4$	$3 \leq X < 4$	1	APROBADO CON FALTA TIPO 1
	$700 \leq X < 750$	$4 \leq X < 4,5$	$4 \leq X < 5$	2	APROBADO CON FALTA TIPO 2
	$X \geq 750$	$X \geq 4,5$	$X \geq 5$	3	RECHAZADO
DE 1989 Y ANTERIORES	$0 \leq X < 950$	$0 \leq X < 6$	$0 \leq X < 3$	0	APROBADO SIN FALTAS
	$950 \leq X < 1100$	$6 \leq X < 6,5$	$3 \leq X < 4$	1	APROBADO CON FALTA TIPO 1
	$1100 \leq X < 1200$	$6,5 \leq X < 7$	$4 \leq X < 5$	2	APROBADO CON FALTA TIPO 2
	$X \geq 1200$	$X \geq 7$	$X \geq 5$	3	RECHAZADO

VELOCIDAD DEL MOTOR	
RALENTI	RPM < 1100
ALTAS	RPM = 2500 (+/-50 RPM)

TIPO DE FALTA	0	CERO	VEHICULO SIN PROBLEMAS
	1	MODERADA	EL VEHICULO PASA
	2	GRAVE	EL VEHICULO PASA CONDICIONADO
	3	PELIGROSA	EL VEHICULO NO PASA

Figura 3. 24 Rangos permitidos de la revisión técnica vehicular (Globaltech., s.f., pág. 1)

En la figura 3.24 se detallan los valores de la revisión técnica vehicular en dos regímenes del motor, a ralentí y al 2500 rpm.

Según los datos de revisión técnica vehicular en ralentí o menos de 1000 rpm se considerará la tabla para vehículos del 200 en adelante, respecto a HC el automóvil, sería rechazado ya que emite 6511ppm y el máximo permitido es menos de 200ppm con falta tipo 2. En lo referente a CO también sería rechazado por que emite 4.97% y el máximo permitido es menos del 1% con falta tipo 2, y en lo referente al O2 el automóvil emite 0.13% que es en la única categoría que aprobaría sin faltas.

Es importante indicar que en nuestro medio como tal no existe un reglamento que limite la emisión de gases contaminantes y que esta regulación de emisiones de gases en vehículos de competición, caso contrario a lo que ocurre a nivel internacional que varía según el tipo de competición y la jurisdicción en la que se realiza. En general, las competiciones de motor suelen tener exenciones especiales o limitaciones en la aplicación de regulaciones ambientales debido a que se consideran actividades deportivas y de entretenimiento.

Sin embargo, hay ciertas regulaciones y límites que se aplican a las competiciones de motor para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. En Estados Unidos, por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) tiene un programa llamado "Programa de Certificación de Carreras de Vehículos" que establece regulaciones específicas para los vehículos de competición en relación a las emisiones.

Estas regulaciones pueden incluir límites de emisiones específicos para ciertos contaminantes, como óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono, así como requisitos para el uso de ciertos dispositivos, como catalizadores, para reducir la emisión de contaminantes. En la Unión Europea, las regulaciones de emisiones para vehículos de competición son establecidas por la Comisión Europea. En general, los organismos reguladores buscan encontrar un equilibrio entre la emoción y el entretenimiento que brindan los eventos deportivos de motor y la protección del medio ambiente.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.

- Se determinó mediante la investigación que las exigencias requeridas para los neumáticos dependen del tipo de carrera, superficie de la pista y condición climática, la temperatura alcanzada en la prueba uno usando nitrógeno en los neumáticos fue 3.57% menor que los neumáticos llenados con aire.
- Al investigar las propiedades del nitrógeno y aire empleado en neumáticos se encontró que al ser inflados con nitrógeno contienen un 95% de nitrógeno y 5% de oxígeno, mientras que en un inflado convencional contiene un 75% de nitrógeno y 21% de oxígeno obteniendo mejores prestaciones de los neumáticos con el uso de nitrógeno.
- En los neumáticos que utilizan nitrógeno tienen un desgaste menor, alrededor de un 34.94% que los inflados con aire debido a que el nitrógeno mantiene más estable la presión y su temperatura.
- Se estableció que la temperatura y presión de los neumáticos son directamente proporcionales, a medida que la temperatura sube la presión también va en aumento, por cada 10°C de aumento en la temperatura, la presión aumenta en 2.5 Psi aproximadamente.
- Se determinó que los niveles de gases de escape generados por un vehículo de competencia se encuentran muy por encima de los regulados, como indica los datos obtenidos en la prueba estática y a ralentí, HC=6511ppm siendo el máximo permitido menos de 200ppm, CO= 4.97% cuando el máximo permitido es menos del 1%.
- Se concluyó que el rendimiento de un neumático en un auto de competencia inflado con nitrógeno será siempre mayor que uno inflado con aire, se estima un 35% más de vida útil por cada 36 Km recorridos en pista.

4.2. RECOMENDACIONES.

- En estudios futuros se recomienda realizar más pruebas cambiando de rin y especificación de los neumáticos para determinar si los valores van en aumento o disminuyen en lo referente a la presión y temperatura generadas.
- En futuras investigaciones considerar la implementación de un catalizador de gases de escape con la finalidad de reducir las emisiones emitidas por el vehículo.
- En futuros proyectos utilizar neumáticos con un tread wear menor a 440 para evidenciar su influencia en los cambios de presión, temperatura y desgaste.
- El uso de la conexión GSM del dispositivo para tomar datos en tiempo real genera que exista fluctuaciones de conexión en determinadas partes de la pista en un futuro se espera tener en cuenta para lograr minimizar la pérdida de conexión a la hora de recibir los datos.
- En futuros proyectos se recomienda generar una normativa de regulación de emisiones para vehículos de competencia debido a la inexistencia de este en Ecuador, aporte que sería beneficioso en apoyo a políticas ambientales.
- En proyectos posteriores se recomienda realizar pruebas en diferentes tipos de vehículo para determinar la influencia de este aspecto en el rendimiento de los neumáticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguiló, I. (2012). Integración de la calidad del aire en la planificación física.
2. Álvarez, J. (2005). Motores alternativos de combustión interna. Edicions UPC.
3. Arevalo, A. (2018). Diseño arquitectónico de un parque autódromo para el cantón Catamayo. Obtenido de Repositorio Digital UIDE: <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2955>
4. Arroyo, E.; Cevallos, A.; Imbaquingo, R.; Melo, J. (2020). Estudio del efecto de la altitud sobre las emisiones de gases de escape de motores de combustión interna con encendido provocado. SciELO Analytics, 15.
5. Baratta, M.; Ferrari, A.; Zhang, Q. (1 de Noviembre de 2018). Multi-zone thermodynamic modeling of combustion and emission formation in CNG engines using detailed chemical kinetics. Obtenido de ScienceDirect: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.05.088>
6. Bautista, C., & Hernandez, J. (2021). Prototipo para Monitorear la Presión de los Neumáticos en vehículos. Juarez: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.
7. Bonnell-Kangas, A.; Brodsky, P.; Cline, J.; Lord, N.; Canova, M. (2015). System design and optimization of The Ohio State University Electric Motorcycle for the 2014 Isle of Man TT Zero Race. eBook Packages.
8. Cajamarca, D., & García, V. (Julio de 2010). Determinación de las ventajas ambientales que presenta un vehículo híbrido respecto a un vehículo normal de similares características. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4843>
9. Chalco, F., & Sinchi, E. (Julio de 2016). Estudio de la rigidez radial estática del neumático en vehículos de turismo y desarrollo de un modelo matemático para su obtención según las

características del neumático. Obtenido de Ups:
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12861>

10. Chelse, D. (2017). Vehículos híbridos, una solución interina para bajar los niveles de contaminación del medio ambiente causados por las emisiones provenientes de los motores de combustión interna. INNOVA RESEARCH JOURNAL, ISSN 2477-9024, 10.
11. Crespo, P., & Apolo, C. (2015). Diseño y construcción de un equipo analizador para gases de escape de los motores de gasolina. Obtenido de Dspace de la universidad del Azuay: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5072>
12. Daws, J. (1 de Junio de 2011). Nitrogen Inflation for Passenger Car and Light Truck Tires . Obtenido de Tire Science and Technology: <https://doi.org/10.2346/1.3593787>
13. Di Radio, G.; Daniel, P.; Gustavo, D. (Noviembre de 2013). ANALISIS DE LAS FUERZAS QUE ACTÚAN EN LA INTERFACE NEUMÁTICO – CARRETERA. MODELOS DE SIMULACIÓN DE. Obtenido de cimec: <https://cimec.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/4490/4420>
14. DOF. (2017). NORMA Oficial Mexicana NOM-167-SEMARNAT-2017. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5496105&fecha=05/09/2017#gsc.tab=0
15. Fedak. (Diciembre de 2020). REGLAMENTO GENERAL DEL CAMPEONATO NACIONAL DE CIRCUITOS 2019. Obtenido de fedak: <http://fedak.com.ec/index.php/estatutos-y-reglamentos/reglamento-general-de-circuitos-2019>
16. Ferrari, J. (2019). El neumático de lluvia cumple 50 años. Obtenido de EleconomistaEs.: <https://www.eleconomista.es/ecomotor/trafico/noticias/9862317/05/19/El-neumatico-de-lluvia-cumple-anos-como-funciona-cuando-usarlo-como-conducir-cuando-llueve.html>
17. Fygueroa, S., & Araque, M. (2005). EL PROCESO DE COMBUSTIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA. Mérida, Venezuela.: Venezolana.

18. Globaltech. (s.f.). TABLA LIMITE PARA GASOLINA. Obtenido de <https://globaltech-car.com/wp-content/uploads/2021/09/TABLA-LIMITE-PARA-GASOLINA-QUITO-2021-copia.pdf>
19. Gobierno Nacional del Ecuador. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida. Quito: Ministerio de Inclusión Económica y Social.
20. Gonzalez, D. (2015). MOTORES TERMICOS Y SUS SISTEMAS AUXILIARES. EDICIONES PARANINFO S.A.
21. Google. (s.f.). Ubicación del Autódromo de Yahuarcocha. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/Aut%C3%B3dromo+Internacional+Jos%C3%A9+Tobar/@0.38026,-78.1008216,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x8e2a24ba1b43d9d9:0x658ad9916277e8f8!8m2!3d0.38026!4d-78.0986329!16s%2Fm%2F05f5dwk?hl=es>
22. Hernandez, S. R., & Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación. México: Mc Graw Hill Education.
23. INEN. (Septiembre de 2002). GESTIÓN AMBIENTAL AIRE VEHÍCULOS AUTOMOTORES LÍMITES PERMITIDOS EN EMISIONES PRODUCIDAS POR FUERTES MÓVILES TERRESTRES QUE EMPLEAN GASOLINA. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2204.pdf>
24. Lemache, C., & Sangoquiza, G. (21 de Junio de 2021). Análisis del comportamiento del aire y del nitrógeno en neumáticos, y su incidencia en el desgaste por el cambio térmico al que están expuestos. Obtenido de Dspacepoch: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/15389>
25. Lenntech, (. (s.f.). Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente. Obtenido de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/n.htm>

26. Llanes, E., & Carguachi, J. (2018). Evaluación energética y exergética en un motor de combustión interna ciclo Otto de 1.6L. Quito: SEK.
27. Magazine. (2018). Final de Nacional de Circuitos y Copa CATI en Yahuarcocha. Obtenido de Automagazine.Ec: <https://automagazine.ec/finales-del-nacional-de-circuitos-y-de-la-copa-cati-en-yahuarcocha/>
28. Martinez, A. (2000). Manual De Information Técnica De Neumáticos. Obtenido de http://www.fivi.cat/archivos_fivi/manual_llantas.pdf
29. Merino, S. (2014). MODIFICACIÓN DE UN VEHICULO DE TURISMO PARA COMPETIR EN EL GRUPO R5 DE RALLY. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/tutorial94.pdf>
30. Michael, A., & Yunus, A. (2013). TERMODINÁMICA 7ED. McGraw-Hill.
31. Montalvo, F.; Fraga, J.; Otero, S. (Julio-Septiembre de 2022). Ventajas del uso de gas nitrógeno en los neumáticos de los vehículos. Obtenido de Dialnet: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i3>
32. Mueses, J. (Septiembre de 2017). ANÁLISIS DE LA REALIDAD DE LA COMPETICIÓN AUTOMOVILÍSTICA DEL ECUADOR Y SU APLICACIÓN EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE UN CENTRO DE PREPARACIÓN PARA PILOTOS. Obtenido de Dspace Universidad Indoamerica: <http://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/459>
33. Mundo deportivo. (15 de 01 de 2022). <https://www.mundodeportivo.com>. Obtenido de Clasificaciones del nuevo Mundial de Rally-Raid tras el Dakar: <https://www.mundodeportivo.com/motor/20220115/1001737721/clasificaciones-nuevo-mundial-rally-raid-dakar.html>
34. Oxford. (2020). Diccionario . Amsterdam: Google.

35. Pacuar, A. G. (Junio de 2012). Estudio del comportamiento, beneficios, ventajas y desventajas del uso de nitrógeno, para el inflado de los neumáticos en los vehículos del turismo de la ciudad de Cuenca. Cuenca, Ecuador: Politecnica Salesiana.
36. Rodríguez, D. (26 de 7 de 2019). <https://www.lifeder.com>. Obtenido de Investigación de laboratorio: qué estudia, tipos, ventajas, desventajas: <https://www.lifeder.com/investigacion-de-laboratorio/>
37. Rubio, N. M. (12 de octubre de 2020). Psicología y Mente. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiaymente.com/miscelanea/investigacion-documental>
38. Salazar, F. (12 de 6 de 2020). ANÁLISIS DE UN KART DE COMPETICIÓN Y DE SUS COMPONENTES. Obtenido de Zaguan.unizar: <https://zaguan.unizar.es/record/5673/files/TAZ-PFC-2011-125.pdf>
39. Sánchez, M., Guzmán, & M. (2018). Análisis de la Eficiencia Medioambiental del Recauchutado de Neumáticos. Madrid: Universitas.
40. Sauzo, C. (2016). DIAGRAMAS DE FLUJO O FLUJOGRAMAS. Obtenido de Academia Premium: https://www.academia.edu/13180020/DIAGRAMAS_DE_FLUJO_O_FLUJOGRAMAS
41. Serrano, D. (2016). Análisis e implementación de un sistema de transmisión y diferencial para un vehículo de competencia en circuito. Obtenido de Repositorio Digital UTE: <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/14105>
42. Shaout, A., & Yanez, V. (23 de Octubre de 2017). Model tire pressure sensor ID learning method using fuzzy logic. Obtenido de IEEE Xplore: <https://doi.org/10.1109/ICITECH.2017.8080012>
43. Yanez, D. (09 de septiembre de 2020). Lifeder. Obtenido de Lifeder: <https://www.lifeder.com/metodo-descriptivo/>

44. Zhang, C.; Zhang, M.; Wu, G.; Wang, Y.; Zhang, L. (2018). Radiation cross-linking and its application. Elsevier. Obtenido de In Radiation Technology for Advanced Materials: From Basic to Modern Applications.: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814017-8.00003-2>
45. Zheng, I. (2022). Sistema de Supervision De Prevision De Neumáticos. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Car-Tyre-Pressure-Monitoring-System-With-1600610143303.html>

ANEXOS

Anexo I: Código implementado en el dispositivo Raspberry

```
#!/usr/bin/env python #Es una línea de comentario especial que indica que el archivo debe ser ejecutado como un script de Python.
import socket #Importa el módulo socket para poder utilizar funciones de red en el código.
import serial #Importa el módulo serial para poder conectarse y comunicarse con un dispositivo serie.
import binascii #Importa el módulo binascii para poder convertir datos binarios a hexadecimales y viceversa.
import time #Importa el módulo time para poder utilizar la función sleep().
import RPi.GPIO as GPIO #Importa el módulo RPi.GPIO para poder interactuar con los pines GPIO en un dispositivo Raspberry Pi.

serial_Arduino = serial.Serial('/dev/ttyUSB0',19200) #Crea un objeto serial_Arduino conectando al dispositivo en el puerto /dev/ttyUSB0 a una velocidad de 19200 baudios.
serial_Arduino.flushInput() #Limpia cualquier entrada pendiente en el puerto serie.
socket_s = socket.socket() #Crea un objeto socket_s utilizando la función socket().
host = '' #Declara una variable host vacía que se utilizará más adelante para especificar la dirección del host
port = 9999 #Declara una variable port con el valor 9999 que se utilizará más adelante para especificar el puerto de la conexión.
backlog = 5 #Declara una variable backlog con el valor 5 que se utilizará más adelante para especificar el número máximo de conexiones pendientes permitidas.
socket_s.bind ((host,port)) #Asocia el socket_s al host y al puerto especificados
socket_s.listen(backlog) #Hace que el socket_s escuche por conexiones entrantes con un máximo de conexiones pendientes permitidas especificado por backlog.

#Configura el modo de direccionamiento de los pines GPIO en modo BCM.
GPIO.setmode(GPIO.BCM)

pin = 18 #Declara una variable pin con el valor 18 que se utilizará más adelante para especificar el pin a utilizar.
GPIO.setup(pin, GPIO.IN) # Configurar el puerto GPIO como entrada
contador=18 #Declara una variable contador con el valor 18 que se utilizará más adelante para llevar la cuenta de eventos en el pin
contador2=0

print("ESPERANDO UNA CONEXION ... :|") #imprime un mensaje indicando que el script está esperando una conexión.
socket_s, (host,port) = socket_s.accept() #Acepta una conexión entrante en el socket_s y asigna los valores del host y del puerto de la conexión a las variables host y port.
print("CONEXION ESTABLECIDA ..... :)") #Imprime un mensaje indicando que se ha establecido una conexión.

while True: #Inicia un bucle infinito
    try:
        state = GPIO.input(pin) #Asigna el estado actual del pin especificado a la variable state
```

```

    if not state: #Si el estado del pin es bajo (falso), entra en el bloque de código.
        # Señal digital activa (alto)
        print("Señal digital activa: ") #Imprime un mensaje indicando que la
        señal digital en el pin es activa
        contador=contador + 1 #Incrementa el contador en 1.
        if contador>100: #Si el contador es mayor a 100,
            contador=18 #Asigna el valor 18 al contador.

    if(serial_Arduino.inWaiting() > 0): #Si hay datos disponibles en el puerto serie
    conectado al Arduino, entra en el bloque de código.
        sArduino = serial_Arduino.read() #Lee los datos disponibles en el puerto
        serie y los asigna a la variable sArduino.
        data_hex = sArduino.hex() #Convierte los datos leídos en hexadecimal y los
        asigna a la variable data_hex
        print(data_hex) #Imprime los datos en hexadecimal.
        data = binascii.unhexlify(data_hex) #Convierte los datos en hexadecimal
        de nuevo a binario y los asigna a la variable data.
        formatted_num = "{:X}".format(contador) #Formatea el contador a
        hexadecimal y lo asigna a la variable formatted_num.
        num_str = "{}".format(formatted_num) #Formatea la variable formatted_num
        a una cadena y la asigna a la variable num_str.

        ascii_string = binascii.unhexlify(num_str)
        byte_enviar = b''.join([ascii_string, data])
        socket_s.send(byte_enviar) #Envía el dato a través del socket

        print("Envié datos ..... :)")
        time.sleep(0.1) #Pausa el código por 0.1 segundos
except:
    print("DESCONECTADO ..... :(")
    socket_s.close() #Cuando exista una excepción se imprime el mensaje desconectado y se
    cierra el socket
    break

```