



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**

**ESCOM**

*Trabajo Terminal*

**“SARCOMOTOR-Sistema de apoyo en la reducción indirecta  
de emisores contaminantes de un motor a gasolina”**

*2015-A005*

*Presentan*

**Jaramillo Olivares Daybelis**

**Salinas Lara Jorge**

*Directores*

**M. en C. Martha Rosa Cordero López**

**M. en C. Marco Antonio Dorantes González**



mayo 2016



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL  
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO  
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**



TT: 2015-A005

abril 2016

Documento Técnico

**“SARCOMOTOR-Sistema de apoyo en la reducción indirecta de emisores contaminantes de un motor a gasolina.”**

*Presentan*

**Jaramillo Olivares Daybelis<sup>1</sup>**

**Salinas Lara Jorge<sup>2</sup>**

*Directores*

**M. en C. Martha Rosa Cordero López**

**M. en C. Marco Antonio Dorantes González**

**RESUMEN**

En este reporte se presenta la documentación técnica del Trabajo Terminal 2015-A005 titulado “Sistema de apoyo en la reducción indirecta de emisores contaminantes de un motor a gasolina”, cuyo objetivo es implementar un sistema de apoyo para disminuir los gases emitidos por la congestión vehicular; ya que está trae muchos efectos negativos, tales como la dificultad de movilidad, el calentamiento global, emisión de contaminantes y efecto invernadero. Una alternativa para reducir indirectamente los emisores contaminantes, consiste en mejorar el rendimiento de los motores automotrices de manera indirecta recomendando el uso de lubricantes, filtros de aire y bujías. En función de lo anterior se creará un sistema de simulación el cual hará la medición de los gases contaminantes.

Palabras clave: Emisiones contaminantes, Ingeniería en Sistemas automotrices, Motor a gasolina de cuatro tiempos, Simulación de Sistemas.

---

<sup>1</sup> dabelis94@gmail.com

<sup>2</sup> j.salinas@gmail.com



**ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO**  
**SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA**  
**DEPARTAMENTO DE FORMACIÓN INTEGRAL E**  
**INSTITUCIONAL**  
**COMISIÓN ACADÉMICA DE TRABAJO TERMINAL**



México, D.F. a 07 de junio del 2016

**DR. FLAVIO ARTURO SÁNCHEZ GARFIAS**  
**PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA**  
**DE TRABAJO TERMINAL**  
**PRESENTE**

Por medio, del presente, se informa que los alumnos que integran el **TRABAJO TERMINAL: 2015-A005**, titulado “SARCOMOTOR-Sistema de apoyo en la reducción indirecta de emisores contaminantes de un motor a gasolina” concluyeron satisfactoriamente su trabajo.

Los discos (DVDs) fueron revisados ampliamente por sus servidores y corregido cubriendo el alcance y el objetivo planteados en el protocolo original y de acuerdo a los requisitos establecidos por la Comisión que Usted preside.

**ATENTAMENTE**

**NOMBRE Y FIRMA DE LA DIRECTORA  
DEL TRABAJO TERMINAL**

**NOMBRE Y FIRMA DE LA DIRECTOR  
DEL TRABAJO TERMINAL**

## **Advertencia**

*“Este documento contiene información desarrollada por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, a partir de datos y documentos con derecho de propiedad y por lo tanto, su uso quedará restringido a las aplicaciones que explícitamente se convengan.”*

La aplicación no convenida exime a la escuela su responsabilidad técnica y da lugar a las consecuencias legales que para tal efecto se determinen.

Información adicional sobre este reporte técnico podrá obtenerse en:

La Subdirección Académica de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional, situada en Av. Juan de Dios Bátiz s/n  
Teléfono: 57296000, extensión 52000.

# Agradecimientos

A nuestra directora M. en C. Martha Rosa Cordero López, que además de haber sido nuestra profesora, ha sido una madre para nosotros brindándonos su apoyo incondicional en la realización de nuestra vida profesional, y en realización de este proyecto, gracias.

A nuestro director M. en C. Marco Antonio Dorantes González, ha sido como un padre para nosotros, y nos dio la motivación y seguimiento para concluir esta etapa de nuestras vidas, gracias.

A nuestros amigos Juan Antonio Escudero Sánchez, Erik Javier Piña Nieto, Adrián Salazar Arellano, María Areli Sánchez García, con quienes formamos más que una amistad, una familia, logrando cumplir nuestras metas en conjunto, gracias.

A nuestros amigos Daniel “pups” Delgadillo Cruz, Gabriela Geraldine Grajales Mendoza, Luis Gonzalo Ochoa Rivera, Guadalupe Ruiz López, John Paul Vázquez, quienes nos han acompañado a lo largo de nuestra carrera profesional, aconsejándonos, acompañándonos y disfrutando de los buenos momentos juntos, gracias.

A nuestros profesores de ESCOM, quienes nos transmitieron sus conocimientos y experiencias a lo largo de la carrera, gracias.

Al Instituto Politécnico Nacional, por darnos la oportunidad de estudiar en esta maravillosa casa de estudios, permitirnos utilizar sus instalaciones, convirtiéndose en nuestro segundo hogar, gracias.

*Jaramillo Olivares Daybelis y Salinas Lara Jorge*

A mi mamá Nina Olivares Rodríguez y mi papá Renne Jaramillo Cázares por siempre estar a mi lado no sólo me dieron la vida sino también se han mantenido a lo largo de ella, siendo mi apoyo en todo momento y parte fundamental en mi desarrollo tanto personal como profesional lo cual me ha dado el impulso para llegar a donde estoy y ser quien soy, gracias por todos los días estar a mi lado, la vida que he tenido ha sido gracias al esfuerzo y dedicación que han tenido y me han enseñado a tener en cada aspecto de la vida, además de enseñarme a ser feliz.

A mis tíos Olga Olivares Rodríguez y Edgar Olivares Rodríguez quienes han sido como unos segundos padres para mí, siempre han estado apoyándome en distintos aspectos de mi vida, aconsejándome y apoyándome de la manera en que un padre lo hace, gracias por todos aquellos sabios consejos que me han dado a lo largo de mi vida.

A mis abuelos Eufrosina Rodríguez Román y a mi abuelo Ernesto Olivares Carpiointeiro quien a pesar de que la mayor parte de mi vida estuvieron a la distancia, siempre han estado procurándome desde mi infancia y han estado presentes en los momentos más importantes de mi vida, gracias por todo el apoyo que me han dado.

A mis tíos Nieves Olivares Rodríguez y Jorge Olivares Rodríguez por formar parte de mi vida y apoyarme cuando más lo necesito, gracias por siempre estar al pendiente de mí y procurarme.

A mi primo Pedro Olivares Herrera quien ha sido lo más cercano a un hermano de sangre para mí siempre ha estado presente en mi vida, desde la infancia hasta la actualidad, me ha enseñado en base a su experiencia además de cuidarme y protegerme como un hermano.

A mi compañero de trabajo y mejor amigo Jorge Salinas Lara quien me estuvo apoyando no sólo a lo largo de la realización de este trabajo sino también a lo largo de toda la carrera, él fue de las primeras personas que conocí al ingresar a esta institución y es un privilegio poder terminar esta etapa a su lado, gracias por tu amistad, también por todos aquellos buenos y malos momentos que han hecho que nuestra amistad sea más sólida que me han hecho saber que tengo tu apoyo tanto en momentos buenos como malos, y por ser un gran compañero de equipo.

A mi mejor amiga Sara Paulina Iza Lizárraga quien a pesar de la distancia siempre me ha estado presente en mi vida, porque más que una amiga es como una hermana, te agradezco por todos los momentos que hemos pasado no hay palabras para expresar todo lo que hemos pasado a lo largo de los años, entre risa, llanto y demás emociones, sé que habrá muchos momentos más, porque los años han pasado rápido y a pesar de todos los factores que hemos pasado, hemos atravesado la barrera del tiempo y la distancia, y nuestra amistad ha perdurado, gracias por llamarme hermana y dejarme llamarte hermana.

A mis amigos, quienes siempre han formado parte de mi vida, aunque la vida haya puesto a prueba nuestra amistad con barreras, nosotros hemos podido superarlas, una amistad es bidireccional así que agradezco que ustedes hayan pulido esta amistad tanto como yo, pasando risas y llanto a lo largo de los años, hemos cambiado y es parte de la vida, sin embargo, al poner a observar mi pasado y ver mi presente, ustedes siempre han estado presentes y eso es de lo que trata la amistad, gracias por festejar mis logros y duplicar mi felicidad así como ayudar a superar y afrontar los obstáculos que la vida nos pone enfrente.

A todas aquellas personas que no mencioné, pero que han formado parte de mi vida, porque debido a que todas aquellas personas que me han rodeado a lo largo de la vida es como he formado mi carácter, han influido en mi vida de alguna manera, gracias.

*Jaramillo Olivares Daybelis*

A mi mamá Esther Lara Martínez y a mi papá Jorge Salinas López, por darme la vida y ayudarme a formarme en mi vida académica, no tengo muchas palabras que describan que tan estoy agradecido con ustedes, sin embargo, puedo decir que los amo, por todo lo que han dado por mí y por mi hermana, siendo este logro conseguido un logro suyo también, sin ustedes, esto no sería posible, gracias.

A mi hermana Marisol Anaí Salinas Lara, quien ha estado conmigo desde mi infancia hasta la fecha, apoyándome en los buenos y malos momentos, a quien espero servir de inspiración a que concluya su carrera profesional, gracias.

A mis abuelos Luis Lara Rafael e Hilario Salinas González, quienes me estuvieron presentes desde mi nacimiento y siempre estarán presentes para mí, que en paz descansen, muchas gracias.

A mis abuelas Lucana Martínez Carrasco y Modesta López Gutiérrez, que me han acompañado desde que nací, y que pase lo que pase me siguen dando su apoyo y compañía, gracias.

A mi compañera de equipo Daybelis Jaramillo Olivares, a quien he tenido de amiga desde que inicié mi camino en la carrera, y con quien tuve el privilegio de trabajar durante año y medio en este proyecto, y que a pesar de los malos momentos que pudimos haber pasado, logramos sacar adelante nuestro proyecto y fortalecer nuestra amistad, gracias.

A Verónica Yadira Rodríguez Bustamante, quien, a pesar de la distancia, me ha acompañado desde antes de comenzar esta maravillosa etapa de mi vida, tanto en los buenos como en los malos momentos, motivándome a salir adelante y enseñándome a afrontar muchos de los retos que me puede presentar la vida, espero ser una motivación para que cumplas tus metas, gracias.

A Katherine Angélica Rafael Chuquimango, quien más que mi amiga ha sido una hermana para mí, animándome en los malos momentos y acompañándome en los buenos momentos, teniendo su apoyo incondicional en más de una ocasión, gracias.

Al Lic. Claudio Matamoros Lara, por darme la oportunidad de realizar mi servicio social, y darme la motivación para concluir mi etapa profesional y para cumplir mis objetivos, gracias.

A mis amigos, con quienes aprendí que la distancia, sea grande o sea pequeña, no es una barrera para forjar una gran amistad, y me han apoyado a lo largo de mi carrera, gracias.

Y a todos los que no mencioné, pero que estuvieron conmigo a lo largo de mi vida, desde mi infancia hasta la fecha y que moldearon mi vida de algún modo u otro, gracias.

Salinas Lara Jorge




# Índice

Índice .....	I
Índice de tablas .....	V
Índice de figuras .....	VI
Introducción .....	1
Estado del arte .....	2
Justificación .....	3
Objetivo general .....	4
Objetivos particulares .....	4
Capítulo 1 .....	5
Motor a cuatro tiempos de un automóvil .....	5
Funcionamiento del motor de cuatro tiempos .....	8
Tecnologías de motores .....	10
Motor SKYACTIV-G (MAZDA) .....	10
ECON Button (HONDA) .....	13
Ecoboost (FORD) .....	14
Capítulo 2 .....	16
Gases contaminantes .....	16
Monóxido de carbono (CO) .....	17
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) .....	17
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) .....	17
Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> ) .....	18
Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	18
Hidrocarburos (HC) .....	19
Contaminación del aire en el medio urbano particularmente por automotores .....	20
Monitoreo de contaminantes criterio .....	22
Normas técnicas .....	22
Capítulo 3 .....	24
Daños a la salud causada por los gases contaminantes .....	24
Gases contaminantes de acuerdo con la OMS .....	24
Partículas .....	24
Efectos sobre la salud .....	25
Enfermedades por gases contaminantes .....	25
Grupos vulnerables .....	26
Normas en materia de salud vigentes .....	27

Capítulo 4 .....	28
Sensores para gases contaminantes .....	28
Sensores electroquímicos .....	28
Sensor catalítico .....	29
Transmisores Infrarrojos .....	30
Sensores de gas .....	31
Familia de sensores MQ .....	31
Capítulo 5 .....	32
Análisis .....	32
Metodología .....	32
Lenguajes de programación .....	33
Herramientas utilizadas .....	35
Herramientas de diseño .....	35
Herramientas de software .....	40
Herramientas de hardware .....	43
Métricas y estimación .....	47
Modelo de estimación COCOMO .....	49
Precio estimado de desarrollo del sistema .....	50
Precio equipo de desarrollo .....	51
Precio equipo para el uso del sistema .....	51
Precio servicios .....	52
Precio artículos papelería .....	54
Precio prototipo 1 .....	55
Precio prototipo 2 .....	56
Precio total del sistema del prototipo 1 .....	58
Precio total del sistema del prototipo 2 .....	58
Análisis de riesgos .....	59
Planes de contingencia .....	62
Requerimientos del sistema .....	70
Reglas de negocio .....	70
Requerimientos funcionales .....	71
Requerimientos no funcionales .....	72
Actores .....	72
Capítulo 6 .....	73
Diseño .....	73

Diseño logo .....	73
Elección de color .....	73
Diseño del sistema.....	76
Arquitectura del sistema.....	76
Diagrama de clases.....	78
Diagrama casos de uso general .....	78
Diseño hardware.....	80
Diseño circuitos alimentación .....	80
Diseño circuitos regulación.....	82
Diseño de sensores .....	89
Diseño general sistema.....	97
Capítulo 7 .....	98
Prototipos.....	98
Prototipos sistema.....	98
Primer prototipo .....	98
Pantalla principal del sistema .....	98
Alerta validación de campos .....	99
Estado del automóvil.....	100
Recomendaciones estado del sistema.....	101
Inicio de sesión del administrador.....	102
Usuario y/o contraseña erróneos .....	103
Contraseña olvidada .....	104
Pantalla principal administrador.....	106
Mostrar reportes .....	107
Obtener estadísticas.....	109
Alta del automóvil.....	113
Modificar automóvil.....	115
Consulta de automóvil.....	118
Estado de sensores.....	120
Perfil administrador.....	121
Prototipos hardware sistema.....	124
Primer prototipo circuitos (Uso de rectificador) .....	124
Prototipo circuitos protoboard.....	124
Circuito alimentación .....	124
Prototipo circuitos placa impresa .....	128
Segundo prototipo circuitos (Uso batería).....	129

Prototipo circuitos protoboard.....	129
Prototipo circuitos placa impresa .....	129
Módulos software Arduino.....	131
Capítulo 8 .....	132
Resultados.....	132
Dimensiones.....	132
Base del sistema .....	132
Batería 12V 4A.....	134
Circuito regulador .....	134
Arduino Mega 2560 .....	135
Módulo L298N.....	135
Producto final.....	136
Contiene .....	136
Especificaciones técnicas .....	136
Modo de uso.....	137
 Importante.....	138
Aplicación de escritorio .....	139
SARCOMOTOR VERSIÓN 1 .....	139
Capítulo 9 .....	142
Pruebas .....	142
Circuitos de alimentación.....	142
Primera prueba .....	142
Segunda prueba .....	143
Pruebas LCD .....	144
Prueba funcionamiento del sistema.....	144
Capítulo 10 .....	145
Conclusiones.....	145
Capítulo 11 .....	146
Trabajo a futuro .....	146
Referencias .....	150
Lista de siglas y abreviaciones .....	154
Glosario .....	155
Apéndice.....	158

# Índice de tablas

TABLA 1. ESTADO DEL ARTE .....	2
TABLA 2. ESTADÍSTICAS DE VEHÍCULOS DE MOTOR [15]. .....	16
TABLA 3. COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE CO [16]. .....	17
TABLA 4. COMPARACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE SO <sub>2</sub> [16]. .....	17
TABLA 5. COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO [16] .....	18
TABLA 6. NORMAS TÉCNICAS VIGENTES [21]. .....	22
TABLA 7. MÉTODOS PARA EL MONITOREO DEL AIRE [22]. .....	23
TABLA 8. NORMAS EN MATERIA DE SALUD VIGENTES .....	27
TABLA 9. SENSORES DE LA FAMILIA MQ [23]. .....	31
TABLA 10. COMPARACIÓN DE LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN [25]. .....	33
TABLA 11. COMPARACIÓN ENTRE TARJETAS ARDUINO [33]. .....	46
TABLA 12. VALORES DE AJUSTE A LA COMPLEJIDAD .....	47
TABLA 13. CÁLCULO DE LOS PUNTOS DE FUNCIÓN .....	47
TABLA 14. MODELO COCOMO. ....	49
TABLA 15. EQUIPOS UTILIZADOS PARA EL DESARROLLO DE ESTE PROYECTO. ....	51
TABLA 16. EQUIPO UTILIZADO EN EL SISTEMA .....	51
TABLA 17. PRECIO DE LOS SERVICIOS. ....	52
TABLA 18. TARIFAS COMPAÑÍA DE LUZ CFE. ....	52
TABLA 19. PRECIOS DE ACUERDO CON LOS DATOS DE LA CFE. ....	53
TABLA 20. PRECIO DE ARTÍCULOS DE PAPELERÍA. ....	54
TABLA 21. PRECIO IMPRESIONES. ....	54
TABLA 22. PRECIO CIRCUITOS, RECTIFICADOR Y REGULADORES .....	55
TABLA 23. PRECIO MÓDULO DE LECTURA .....	55
TABLA 24. PRECIO CIRCUITO SENSORES .....	56
TABLA 25. PRECIO BASE SISTEMA .....	56
TABLA 26. PRECIO REGULADORES Y BATERÍA .....	56
TABLA 27. PRECIO MÓDULO DE LECTURA .....	57
TABLA 28. PRECIO CIRCUITO SENSORES .....	57
TABLA 29. PRECIO BASE SISTEMA .....	57
TABLA 30. PRECIO TOTAL DEL SISTEMA DEL PROTOTIPO 1 .....	58
TABLA 31. PRECIO TOTAL DEL SISTEMA DEL PROTOTIPO 2 .....	58
TABLA 32. ANÁLISIS DE RIESGOS. ....	60
TABLA 33. PROBABILIDAD DE IMPACTO DE RIESGO .....	61
TABLA 34. IMPACTO DE RIESGO. ....	61
TABLA 35. SEMÁFORO EN BASE AL ANÁLISIS DE RIESGOS. ....	62
TABLA 36. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R01. MALA COMUNICACIÓN ENTRE LOS INTEGRANTES. ....	62
TABLA 37. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R02. MALA COMUNICACIÓN CON EL CLIENTE. ....	63
TABLA 38. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R03. EL USUARIO NO ESTÁ CAPACITADO PARA OPERAR EL SISTEMA. ...	63
TABLA 39. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R04. PROBLEMAS DE SALUD DE ALGÚN INTEGRANTE DEL EQUIPO. ....	64
TABLA 40. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R05. AVERÍA DE ALGÚN SENSOR DURANTE EL PROYECTO. ....	64
TABLA 41. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R06. FALLO EN LA LECTURA DE SENSORES. ....	65
TABLA 42. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R07. PÉRDIDA DE DATOS ENTREGADOS POR LOS SENSORES. ....	65
TABLA 43. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R08. AVERÍA DEL SENSOR DURANTE LA EVALUACIÓN. ....	66
TABLA 44. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R11. EL AUTOMÓVIL NO SE PRESENTA EN CONDICIONES ADECUADAS. .	66
TABLA 45. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R12. RECURSOS FINANCIEROS INSUFICIENTES. ....	67
TABLA 46. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R13. APLAZO EN LA ENTREGA DE RECURSOS NECESARIOS. ....	67
TABLA 47. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R14. LA COMPUTADORA NO TIENE LA TECNOLOGÍA NECESARIA. ....	67
TABLA 48. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R15 AVERIÓ EN LA CONEXIÓN DEL HARDWARE CON EL SOFTWARE. ....	68
TABLA 49. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R16. FALLO EN LA CONEXIÓN DEL HARDWARE CON EL SOFTWARE. ....	68

TABLA 50. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R17. EL EQUIPO DE ENFRIAMIENTO SUFRA ALGÚN AVERIÓ.....	69
TABLA 51. HOJA DE INFORMACIÓN DE RIESGO R18. NO LOGRAR DISMINUIR LA TEMPERATURA.....	69
TABLA 52. REGLAS DE NEGOCIO.....	70
TABLA 53. REQUISITOS FUNCIONALES.....	71
TABLA 54. REQUISITOS NO FUNCIONALES.....	72
TABLA 55. ACTORES DEL SISTEMA.....	72
TABLA 56. COLORES UTILIZADOS EN EL LOGO.....	74
TABLA 57. FUNCIÓN PARTES ARQUITECTURA DE SISTEMA.....	76
TABLA 58. CONDUCTIVIDAD TÉRMICA MATERIALES [39].....	85
TABLA 59. FUNCIÓN DE LOS BOTONES APLICACIÓN DE ESCRITORIO.....	140

## Índice de figuras

FIGURA 1. GRÁFICA DE EMISIONES CONTAMINANTES [46].....	3
FIGURA 2. MOTOR A GASOLINA DE CUATRO TIEMPOS [8].....	5
FIGURA 3. DESPIEZO DE LA PARTE MECÁNICA DEL MOTOR [9].....	6
FIGURA 4.ESQUEMA DE LA DISPOSICIÓN TRADICIONAL DE UN MOTOR DE COMBUSTIÓN DE ÉMBOLO [10].....	7
FIGURA 5. TIEMPO DE ADMISIÓN [10].....	8
FIGURA 6. TIEMPO DE COMPRESIÓN [10].....	8
FIGURA 7. TIEMPO DE EXPANSIÓN [10].....	9
FIGURA 8. TIEMPO DE ESCAPE [10].....	9
FIGURA 9. MOTOR SKYACTIV G. [11].....	10
FIGURA 10. CÚPULA EN EL PISTÓN. TECNOLOGÍA SKYACTIV [47].....	11
FIGURA 11 INYECTOR DE COMBUSTIBLE DIRECTO. TECNOLOGÍA SKYACTIV [47].....	11
FIGURA 12. BOLSILLO TIPO VOLCÁN. TECNOLOGÍA SKYACTIV [47].....	12
FIGURA 13. SISTEMA DE ESCAPE LARGOS. TECNOLOGÍA SKYACTIV [47].....	12
FIGURA 14. ECON BUTTON HONDA [12].....	13
FIGURA 15. ECOBOOST.....	14
FIGURA 16. MOTOR ECOBOOST [13].....	14
FIGURA 17. INYECCIÓN DIRECTA DE GASOLINA ECOBOOST [14].....	15
FIGURA 18. TURBO CARGADORES [14].....	15
FIGURA 19. SECTORES CONTAMINANTES DEL AIRE DE LA ZMVM [1].....	16
FIGURA 20. COMPARACIÓN DE CONCENTRACIONES DE OZONO [16].....	19
FIGURA 21. ESQUEMA DE HIDROCARBUROS [48].....	20
FIGURA 22. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN EN LA SALUD HUMANA [16].....	25
FIGURA 23. GRUPOS SENSIBLES A LA CONTAMINACIÓN [16].....	26
FIGURA 24. SENSOR ELECTROQUÍMICO.....	28
FIGURA 25. SENSOR CATALÍTICO.....	29
FIGURA 26. SENSOR IR DEL POLYTRON IR MODELO 340, ESQUEMÁTICAMENTE.....	30
FIGURA 27. MODELO EN ESPIRAL [24].....	32
FIGURA 28. ARDUINO UNO [33].....	43
FIGURA 29. ARDUINO MEGA [33].....	45
FIGURA 31. ISOTIPO DEL SISTEMA.....	73
FIGURA 32. LOGOTIPO DEL SISTEMA.....	75
FIGURA 33. ISOLOGOTIPO DEL SISTEMA.....	75
FIGURA 34.ARQUITECTURA DEL SISTEMA.....	76
FIGURA 35. DIAGRAMA BLOQUES DEL ARDUINO.....	77
FIGURA 36. DIAGRAMA DE CASOS DE USO GENERAL.....	78
FIGURA 37. DIAGRAMA DE CLASES.....	78
FIGURA 38. CIRCUITO COMPLETO, RECTIFICADOR, REGULADOR 5 V Y 12 V.....	80
FIGURA 39. DISEÑO CIRCUITO RECTIFICADOR.....	81
FIGURA 40. DISEÑO CIRCUITO REGULADOR 5 V.....	81

FIGURA 41. DISEÑO CIRCUITO REGULADOR 12 V. ....	82
FIGURA 42. BATERÍA YT4L-BS (GEL). ....	83
FIGURA 43. DISEÑO CIRCUITO REGULACIÓN. ....	83
FIGURA 44. MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR. ....	84
FIGURA 45. DISIPADOR PARA ENCAPSULADOR TO. ....	88
FIGURA 46. DISIPADOR DE ALUMINIO. ....	88
FIGURA 47. SENSOR MQ-7 [40]. ....	89
FIGURA 48. TARJETA MQ-7 [40]. ....	90
FIGURA 49. ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL MQ-7. ....	90
FIGURA 50. MQ-135 [41]. ....	91
FIGURA 51. TARJETA MQ-135 [41]. ....	91
FIGURA 52. ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL MQ-135. ....	92
FIGURA 53. ESQUEMA CONEXIÓN SENSORES. ....	92
FIGURA 54. MÓDULO L298N. ....	93
FIGURA 55. ESQUEMA CONEXIÓN MÓDULO L298N. ....	94
FIGURA 56. ESQUEMA DE CONEXIÓN DEL LCD. ....	95
FIGURA 57. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA. ....	96
FIGURA 58. DISEÑO DE SISTEMA CON CORRIENTE. ....	97
FIGURA 59. DISEÑO DE SISTEMA CON BATERÍA. ....	97
FIGURA 60. PROTOTIPO DE PANTALLA DEL SISTEMA. ....	98
FIGURA 61. PROTOTIPO PANTALLA ALERTA VALIDACIÓN DE CAMPOS. ....	99
FIGURA 62. PROTOTIPO PANTALLA ESTADO DEL AUTOMÓVIL. ....	100
FIGURA 63. PROTOTIPO PANTALLA RECOMENDACIONES. ....	101
FIGURA 64. PROTOTIPO PANTALLA DE INICIO DE SESIÓN DEL ADMINISTRADOR. ....	102
FIGURA 65. PROTOTIPO DE AVISO ERROR DE INICIO DE SESIÓN. ....	103
FIGURA 66. PROTOTIPO PANTALLA CONTRASEÑA OLVIDADA. ....	104
FIGURA 67. PROTOTIPO PANTALLA CONTRASEÑA OLVIDADA, USUARIO NO EXISTENTE. ....	104
FIGURA 68. PROTOTIPO PANTALLA ALERTA DE RESTABLECER CONTRASEÑA. ....	105
FIGURA 69. PROTOTIPO PANTALLA PRINCIPAL ADMINISTRADOR. ....	106
FIGURA 70. PROTOTIPO PANTALLA MOSTRAR REPORTES ADMINISTRADOR BÚSQUEDA POR FOLIO. ....	107
FIGURA 71. PROTOTIPO PANTALLA MOSTRAR REPORTES ADMINISTRADOR BÚSQUEDA POR MATRÍCULA. ....	107
FIGURA 72. PROTOTIPO PANTALLA OBTENER ESTADÍSTICAS DEL ADMINISTRADOR. ....	109
FIGURA 73. PROTOTIPO PANTALLA ESTADÍSTICAS GASES CONTAMINANTES. ....	110
FIGURA 74. PROTOTIPO PANTALLA ESTADÍSTICAS POR MARCA DE AUTOMÓVIL. ....	110
FIGURA 75. PROTOTIPO PANTALLA ESTADÍSTICAS POR MODELO DEL AUTOMÓVIL. ....	111
FIGURA 76. PROTOTIPO PANTALLA ESTADÍSTICAS DEL SISTEMA. ....	111
FIGURA 77. PROTOTIPO PANTALLA ALTA DEL AUTOMÓVIL. ....	113
FIGURA 78. PROTOTIPO PANTALLA ALERTA ALTA AUTOMÓVIL. ....	113
FIGURA 79. PROTOTIPO PANTALLA CONFIRMACIÓN ALTA AUTOMÓVIL. ....	114
FIGURA 80. PROTOTIPO PANTALLA MODIFICAR AUTOMÓVIL BÚSQUEDA. ....	115
FIGURA 81. PROTOTIPO PANTALLA AUTOMÓVIL NO ENCONTRADO. ....	115
FIGURA 82. PROTOTIPO PANTALLA ALERTA MODIFICAR AUTOMÓVIL, REGISTRO NO ENCONTRADO. ....	116
FIGURA 83. PROTOTIPO PANTALLA MODIFICAR AUTOMÓVIL. ....	116
FIGURA 84. PROTOTIPO PANTALLA MODIFICAR AUTOMÓVIL AVISO. ....	117
FIGURA 85. PROTOTIPO PANTALLA CONSULTA AUTOMÓVIL. ....	118
FIGURA 86. PROTOTIPO PANTALLA CONSULTA AUTOMÓVIL, REGISTRO NO ENCONTRADO. ....	118
FIGURA 87. CONSULTA AUTOMÓVIL. ....	119
FIGURA 88. PROTOTIPO PANTALLA ESTADO DE SENSORES. ....	120
FIGURA 89. PROTOTIPO PANTALLA PERFIL ADMINISTRADOR. ....	121
FIGURA 90. PROTOTIPO PANTALLA MODIFICAR CONTRASEÑA. ....	121
FIGURA 91. PROTOTIPO PANTALLA SEGURIDAD DE CONTRASEÑA. ....	122

FIGURA 92. PROTOTIPO PANTALLA CONTRASEÑA ACTUAL ERRÓNEA. ....	122
FIGURA 93. PROTOTIPO PANTALLA NO EXISTE COINCIDENCIA ENTRA LA CONTRASEÑA NUEVA Y SU VERIFICACIÓN. ...	123
FIGURA 94. PROTOTIPO RECTIFICADOR .....	124
FIGURA 95. REGULADOR 5 V .....	125
FIGURA 96. REGULADOR 12 V .....	125
FIGURA 97. ESQUEMA COMPLETO CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN. ....	126
FIGURA 98. ESQUEMA PROTOTIPO 1. ....	127
FIGURA 99. CIRCUITO RECTIFICADOR PLACA IMPRESA. ....	128
FIGURA 100. CIRCUITO REGULADOR 12 V PLACA IMPRESA. ....	128
FIGURA 101. CIRCUITO REGULADOR 5 V PLACA IMPRESA. ....	128
FIGURA 102. CIRCUITO DE REGULACIÓN. ....	129
FIGURA 103. CIRCUITO REGULACIÓN, PLACA IMPRESA. ....	129
FIGURA 104. ESQUEMA PROTOTIPO 2. ....	130
FIGURA 105. MÓDULOS SOFTWARE ARDUINO.....	131
FIGURA 106. PLANO BASE DEL SISTEMA ALIMENTADO CON CORRIENTE.....	132
FIGURA 107. PLANO DISPOSITIVO ALIMENTADO CON CORRIENTE.....	132
FIGURA 108. PLANO BASE DEL SISTEMA ALIMENTADO CON BATERÍA.....	133
FIGURA 109. PLANO DISPOSITIVO ALIMENTADO CON SISTEMA CON BATERÍA.....	133
FIGURA 110. DIMENSIONES BATERÍA 12V A 4A. ....	134
FIGURA 111. DIMENSIONES CIRCUITO REGULADOR.....	134
FIGURA 112. DIMENSIONES ARDUINO MEGA [44].....	135
FIGURA 113. DIMENSIONES MÓDULO L298N [45].....	135
FIGURA 114. SARCOMOTOR PRODUCTO FINAL .....	136
FIGURA 115. PANTALLA PRINCIPAL, “MENÚ PRINCIPAL” .....	139
FIGURA 116. PANTALLA “EVALUAR”.....	140
FIGURA 117. PANTALLA “ACERCA DE” .....	141
FIGURA 118. PROTOTIPO REGULADOR 5V.....	142
FIGURA 119. PROTOTIPO CIRCUITO REGULADOR 12 V. ....	142
FIGURA 120. PRUEBA CIRCUITO 5 V.....	143
FIGURA 121. PRUEBA CIRCUITO 12V.....	143
FIGURA 122. PRUEBA LCD .....	144
FIGURA 123. PRUEBA CON UN AUTOMÓVIL. ....	144
FIGURA 124. DIAGRAMA DE BLOQUES CON MÓDULO WIFI ESP8266 .....	146
FIGURA 125. COMPARACIÓN DE USO ENTRE ANDROID, WINDOWS Y OTROS SO A TRAVÉS DE LOS AÑOS [46].....	147
FIGURA 126. PANTALLA PRINCIPAL, APLICACIÓN MÓVIL ANDROID .....	147
FIGURA 127. PANTALLA INICIAR SESIÓN ANDROID .....	148
FIGURA 128. PANTALLA PRINCIPAL DEL USUARIO.....	148
FIGURA 129. EJEMPLO PDF CREADA EN APLICACIÓN MÓVIL. ....	149
FIGURA 130. ENVÍO DE DATOS .....	149



# Introducción

Una de las mayores fuentes de contaminación es la vehicular, de acuerdo a la SEDEMA, las estadísticas obtenidas muestran que un 46% de la contaminación del aire de la ZMVM proviene del transporte, 21% proviene de la industria, 20% proviene de fuentes habitacionales, y el 13% de otras fuentes contaminantes [1].

La contaminación proveniente del transporte, contribuye con el 95% de monóxido de carbono, 75% de óxidos de nitrógeno, 50% de los hidrocarburos, 60% de partículas inhalables, 25% de dióxidos de azufre [2].

Desde hace algunos años ha habido un incremento en el uso de automóviles de combustión interna, este factor ha provocado una mayor contaminación en la Ciudad de México. Los vehículos automotores emiten gases contaminantes, los cuales son dañinos para la salud, son causantes de enfermedades respiratorias, cáncer e incluso la muerte prematura.

En marzo de 2016 se decretó a la Ciudad de México en contingencia ambiental debido a las alarmantes cantidades de contaminación en el aire, debido a que el nivel de ozono rebasó a 203 puntos del Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA), por lo cual se adoptaron medidas extremas, se prohibió el tránsito a miles de automóviles durante tres días, mediante el programa Hoy No Circula y el gobierno ofreció transporte gratuito para los capitalinos [3].

En la Ciudad de México existen normas que regulan la cantidad de gases que son permitidos por vehículo y existen lugares llamados verificentros establecidos por el gobierno para hacer la verificación del cumplimiento de estas normas, sin embargo, nos seguimos enfrentando a problemas de alta contaminación, lo cual afecta a la salud de todos los ciudadanos.

El Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. (IMCO) ha investigado acerca de las afectaciones a la salud causadas por la contaminación del aire en el país, las estadísticas indican que en la Ciudad de México se han registrado 1,723 muertes, 4,248 hospitalizaciones y 234,209 consultas, además de los efectos sobre la salud que trae la contaminación también trae pérdidas de productividad y gastos en la salud lo cual genera altos costos, se estima que hubo un costo anual \$1,361,498,319 pesos debido a la contaminación [4].

Este proyecto busca ser una alternativa para medir los niveles contaminantes de los gases presentes en los tubos de escape de los vehículos automotrices, debido a que son los que generan la mayor presencia como fuente de contaminación del aire, para de esta manera poder realizar acciones para la disminución de estas emisiones contaminantes.

Cabe mencionar que la regulación y verificación de los automóviles, así como el cambio de bujías, filtros, entre otros aditamentos, es importante ya que hoy en día es muy necesario para el correcto funcionamiento del automóvil, así poder reducir el consumo de combustible y contaminantes.

## Estado del arte

Entre los trabajos que se han desarrollado mostrando relación con este proyecto son:

1. Tesis UNAM, Facultad de Ingeniería. “Dinamómetro hidráulico para pruebas” [5].
2. Tesis IPN, ESIME Zacatenco. “Sistema de información para un verificentro de pruebas estáticas” [6].
3. Dr. Tool “Analizador de gases para la verificación vehicular” [7].

Producto	Características	Precio en el mercado
Dinamómetro para banco de pruebas.	Medición de parámetros importantes al realizar un ensayo de motores. Realización de pruebas sencillas sobre motores, utilizando el dinamómetro hidráulico Clayton Cam 250-E.	N/D
Sistema de información para un verificentro de pruebas estáticas.	Determinación de las concentraciones de contaminantes emitidos y al comparar estos valores con los establecidos por las normas, se puede establecer de forma automática si el automóvil es capaz de circular emitiendo una cantidad aceptable de contaminantes.	N/D
Analizador de gases para verificación vehicular.	Analizador de 4 o 5 gases con precisión BAR-97 empleando banca óptica Sensors mod. AMB-II. Equipo con gabinete metálico con ruedas para trabajo pesado. Lecturas proporcionadas: HC, CO, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , factor lambda.	90,000 M.N.

Tabla 1. Estado del arte

## Justificación

En la actualidad ha ido en incremento la contaminación en el ambiente en las últimas décadas, por lo cual ha habido una mayor preocupación en busca de herramientas que ayuden a la disminución de las emisiones contaminantes, debido a que la fuente móvil es de las mayores fuentes contaminantes. Para amortiguar el daño causado por estos, muchas ciudades, entre ellas, la Ciudad de México ha implementado acciones para su regulación. Entre estas acciones, se encuentra la implementación de verificentros, con los cuales se busca tener control sobre los vehículos que emiten más contaminantes de los que regularmente emite un motor.

Por otro lado, el mercado automotriz ahora se concentra en mejorar el diseño de los automóviles, con el propósito de disminuir el nivel de emisiones contaminantes, que surgirá de incrementar la eficiencia en el combustible, principalmente.

Por ello el tema del combustible se ha convertido en una problemática que con el avance del tiempo se ha vuelto motivo de múltiples conflictos sociales, económicos y científicos. Una de las soluciones que proporciona este trabajo es mejorar el rendimiento de un automóvil, y sugiriendo la realización de modificaciones menores, cada usuario decidirá cuales cambios recomendará al propietario de un automóvil.

En el presente trabajo consiste en el desarrollo de un instrumento para el control de emisiones contaminantes, donde se muestra, mediante un software, el control de una línea de verificación vehicular, aplicando el enfoque de sistemas, las personas que resultarán directamente beneficiadas, serán especialmente los propietarios de algún automóvil seminuevo o usado, los cuales podrán utilizar el sistema para buscar mejoras en sus vehículos, resultando directamente en un ahorro a largo plazo en cuanto a consumo de combustible, y en gastos de mantenimiento.

Una de las características relevantes del presente trabajo, será la utilización de métodos dinámicos, obteniendo las lecturas de contaminantes durante la fase de carga, la evaluación de los contaminantes se realiza obteniendo pequeñas muestras del gas de escape a lo largo de toda la prueba, determinando el resultado en unidades de masa de contaminante por distancia recorrida.

Además, se implementarán sensores de detección de humo, con los cuales se buscará obtener la densidad de los contaminantes, para poder determinar si el motor está realizando emisiones contaminantes.

La complejidad de este trabajo consta del diseño y la realización del hardware, la realización del software, el cual consiste en un sistema de simulación, además de ensamblar esto a la parte de la medición de los gases contaminantes para obtener los datos necesarios para el diagnóstico del motor y verificar si esta cumple las normas de control de emisiones, establecidas en la Ciudad de México.

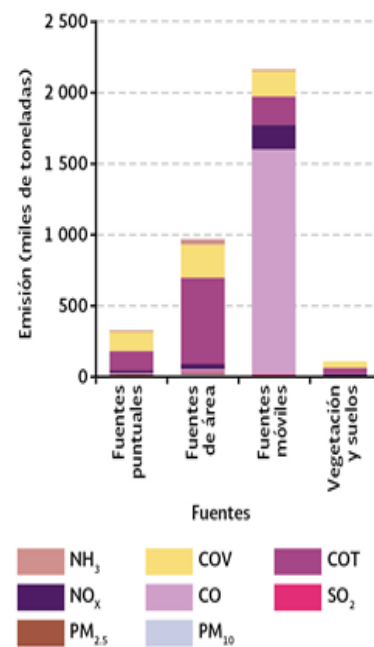


Figura 1. Gráfica de emisiones contaminantes [49].

## **Objetivo general**

Construir un sistema de simulación que permita medir los diferentes gases contaminantes encontrados en el escape de un vehículo automotor a gasolina, con el fin de verificar el cumplimiento de las normas establecidas por los órganos gubernamentales de la Ciudad de México.

## **Objetivos particulares**

- Proporcionar un dispositivo al usuario que le permita evaluar la contaminación generada por su automóvil.
- Analizar los gases emitidos por el automóvil.
- Desarrollar el software de apoyo a una verificación.

# Capítulo 1

## Motor a cuatro tiempos de un automóvil

---

El motor de un automóvil juega un papel fundamental para conocer los gases que este emite, el proceso que se lleva a cabo para que el automóvil funcione apropiadamente, por esto debemos conocer que es un motor de cuatro tiempos, las partes por las que éste está compuesto y el proceso que se lleva a cabo para que un automóvil se pueda mover a base de un combustible.

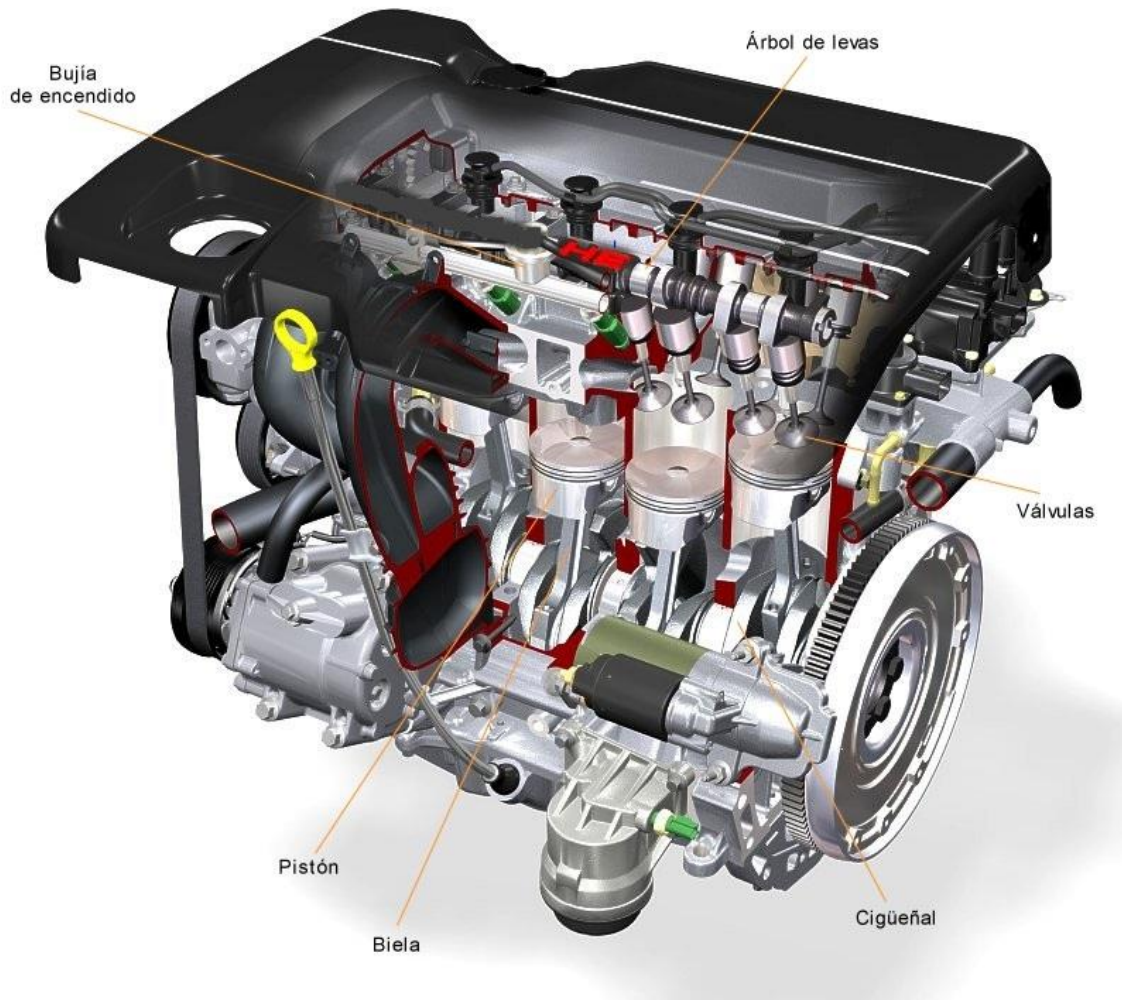


Figura 2. Motor a gasolina de cuatro tiempos [8].

Los motores de combustión interna son aquellos en que el trabajo se produce aprovechando para ello el calor desarrollado al quemarse un combustible tal como la gasolina o el diésel, se producen gases de combustión y calor. Si la combustión se realiza dentro de una cámara cerrada de gases originando una tendencia a expandirse (aumentar el volumen); esa tendencia puede transformarse en el movimiento de un mecanismo y éste aprovecharse como fuente de energía o fuerza motriz.

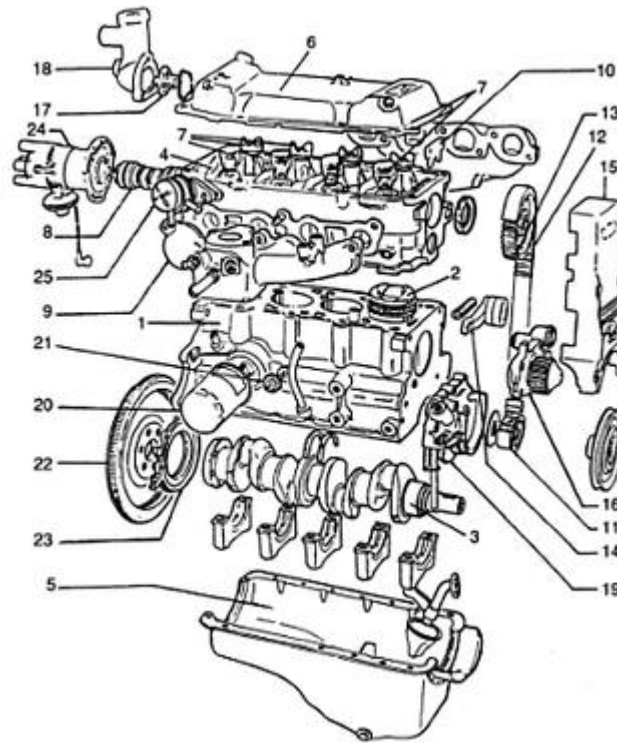
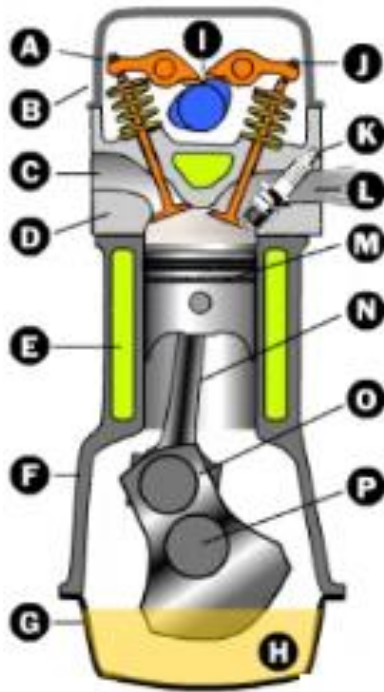


Figura 3. Despiece de la parte mecánica del motor [9].

1. Bloque de cilindros.
2. Émbolos y pistones.
3. Eje cigüeñal.
4. Culata.
5. Cárter de aceite.
6. Tapa de la culata.
7. Válvulas- empujadores.
8. Eje de las levas.
9. Colector de admisión.
10. Colector de escape.
11. Polea.
12. Correa de distribución transmite movimiento sin desplazamiento.
13. Árbol de levas.
14. Tensor.
15. Tapa de la correa de distribución.
16. Bomba de agua.
17. Válvula (termostato).
18. Pieza que aloja el termostato.
19. Bomba de aceite.
20. Filtro de aceite.
21. Interruptor de presión de aceite.
22. Volante de inercia.
23. Porta-retén de aceite.
24. Distribuidor de encendido.
25. Bomba de gasolina mecánica.

En la figura 3 se muestra una motor de combustión de émbolo, son los más empleados en los automóviles. En la cámara cilíndrica se realiza la combustión de una mezcla de combustión de aire, con lo cual se eleva la presión de esta cámara y el émbolo es empujado hacia abajo transmitiendo por medio de la biela, el movimiento de una manivela, con lo que se transforma en movimiento de giro del eje. La energía del giro se acumula en un volante, solidario del eje, hace que éste siga moviéndose empujando el émbolo hacia la parte superior del cilindro, que se ha puesto en este momento en comunicación con la atmósfera y expulsado así los gases quemados. Cuando el émbolo ha llegado a su parte superior, el mecanismo se halla en las mismas condiciones que al principio y puede repetirse el ciclo.



- A Balancín de válvula.
- B Tapa de válvulas.
- C Pasaje de admisión.
- D Culata de cilindros.
- E Cámara refrigeración.
- F Bloque de motor.
- G Carter de motor.
- H Lubricante.
- I Eje de levas.
- J Regulador de válvula.
- K Bujía de encendido.
- L Pasaje de Escape.
- M Pistón.
- N Biela.
- O Puño de biela.
- P Cigüeñal.

Figura 4. Esquema de la disposición tradicional de un motor de combustión de émbolo [10]

## Funcionamiento del motor de cuatro tiempos

### *Tiempo de admisión*

En la primera carrera hallándose el émbolo en el punto muerto superior y la válvula abierta por la cual se introduce la mezcla de combustible y aire (válvula de admisión), el émbolo se mueve arrastrado por el cigüeñal hacia el punto muerto inferior, llenándose el cilindro con la mezcla.

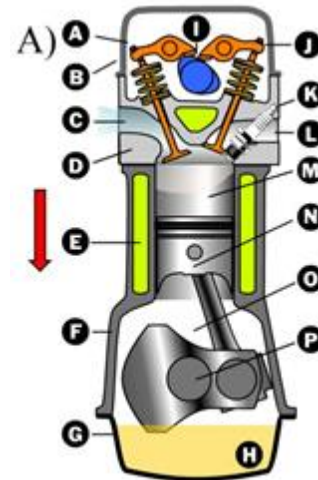


Figura 5. Tiempo de admisión [10].

### *Tiempo de compresión*

En la segunda carrera estando el émbolo en el punto muerto inferior y el cilindro lleno de la mezcla el aire combustible, se cierra la válvula de admisión y manteniendo también cerrada la otra, el émbolo sube hasta el punto muerto superior empujando por el cigüeñal, comprimiendo la mezcla.



Figura 6. Tiempo de compresión [10].



### *Tiempo de Expansión*

La tercera carrera se le denomina tiempo de explosión o tiempo de expansión y también tiempo de trabajo. En este tercer tiempo estando el émbolo en la parte superior y hallándose la mezcla comprimida en el espacio que queda entre la cara superior del émbolo y fondo del cilindro, espacio al cual se le da el nombre de cámara de combustión, se inicia la combustión que se producen de forma explosiva y el émbolo es empujado hacia abajo por la fuerza de expansión de los gases quemados, empujando el cigüeñal y produciendo así el movimiento.

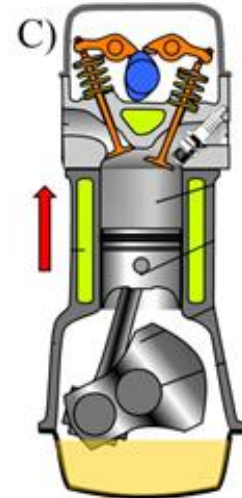


Figura 7. Tiempo de expansión [10].

### *Tiempo de escape*

Al finalizar el tercer tiempo, el émbolo se halla en el punto muerto inferior y el cilindro está lleno de gases quemados, se abre la válvula de escape y el émbolo, empujado por el cigüeñal, expulsa cilindro los gases quemados, enviándolos a la atmosfera; al finalizar la llegada del émbolo a su punto muerto superior se cierra la válvula de escape, se abre la de admisión y queda el motor en las mismas condiciones que al principio, para comenzar un nuevo ciclo.

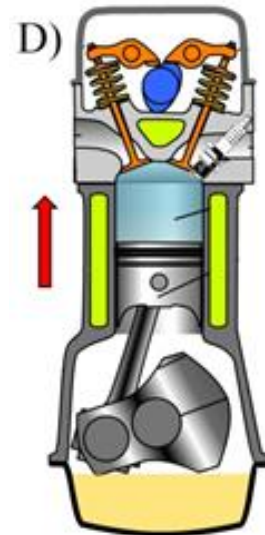


Figura 8. Tiempo de escape [10].

## Tecnologías de motores

### Motor SKYACTIV-G (MAZDA)



Figura 9. Motor SkyActiv G. [11].

La compañía MAZDA se preocupa por lograr más rendimiento y reducir menos emisiones al mismo tiempo. La compañía automotriz realizó investigaciones en las cuales encontró que los motores actualmente usados desperdician más del 70% de su potencial de energía. MAZDA creó la hipótesis que para solucionar esta problemática se debía mantener el motor de combustión interna, por lo que se propusieron a crear un motor que funcionaría de mejor manera, utilizaría menos combustible y emitiría menos CO<sub>2</sub>.

Debido a estas necesidades se crearon los siguientes motores:

- El motor SKYACTIV®-G de 2.0L produce de 10% a 15% más torque del rango bajo/mediano simultáneamente con una mejora de 15% en rendimiento y emisión de CO<sub>2</sub>.
- El motor SKYACTIV®-G de 2.5L en las versiones s.

MAZDA consiguió capturar más energía del combustible, realizando los siguientes cambios fundamentales:

1. Aumentar de la relación de compresión: Se creó una cúpula en cada pistón, porque entre más presión de la mezcla hay de combustible más energía generas en la combustión, esto aumenta la compresión 13:1.

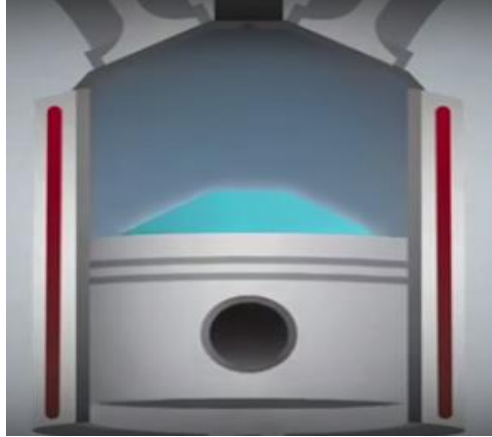


Figura 10. Cúpula en el pistón. Tecnología SKYACTIV [50].

Una desventaja de esta modificación es que una alta relación de compresión genera un golpeteo, esto quiere decir, que la mezcla de aire combustible se enciende antes de tiempo, esto calienta mucho la cámara.

2. Incluir un inyector de combustible directo: Se incluyó un inyector de combustible directo con seis agujeros de muy alta presión, este inyecta combustible en el cilindro a 3000 libras/pulgada<sup>2</sup> para ayudar a mantenerlo frío.

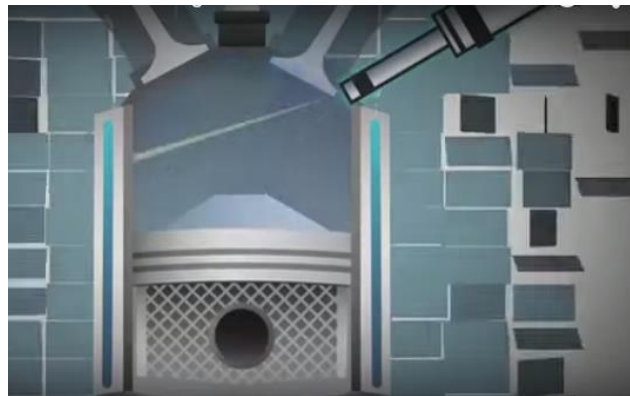


Figura 11 Inyector de combustible directo. Tecnología SKYACTIV [50].

3. Crear un bolsillo tipo volcán: Se creó un bolsillo tipo volcán en el pistón que mejora la eficiencia en la combustión sin gastar energía calentando la parte superior del pistón, para sacar el aire caliente.

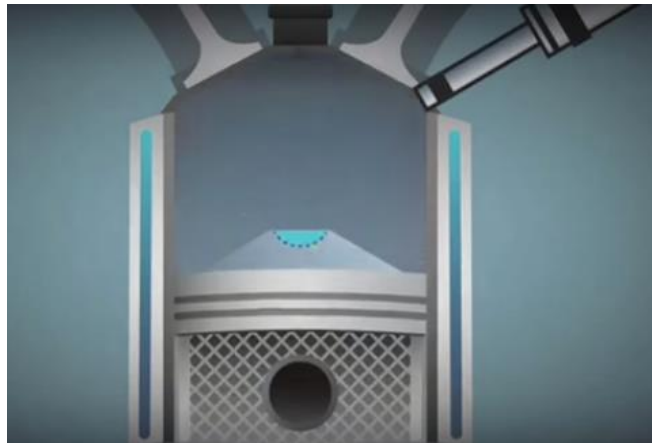


Figura 12. Bolsillo tipo volcán. Tecnología SKYACTIV [50]

4. Usar sistema de escape más largo: Se usó un sistema de escape más largo para que el aire caliente no entrara a otros cilindros.

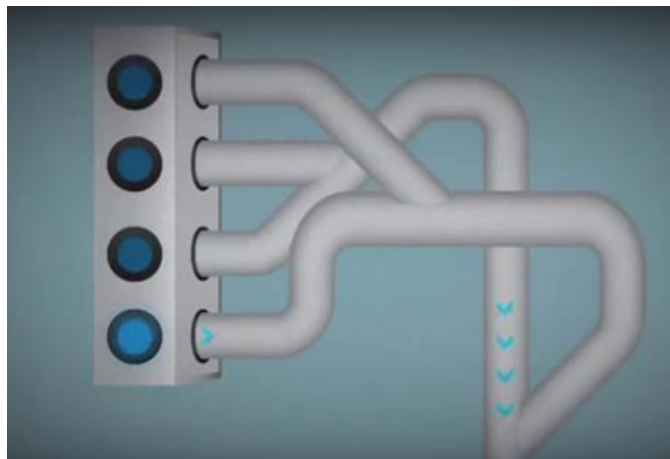


Figura 13. Sistema de escape largos. Tecnología SKYACTIV [50].

Sistema de escape 4-2-1, este sistema de escapes es usado en los coches de carrera llamado headers.

5. Reducir la fricción dentro del motor en un 30%.
  - a. Vástago, cigüeñal y pistones: 25%.
  - b. Tren de válvulas: 54%.
  - c. Reduce el esfuerzo que hace el motor al aspirar aire en un 13%.
  - d. Mejoro la bomba de aceite en un 74%.
  - e. Mejoro la bomba de agua en un 31%.

*ECON Button (HONDA)*

Figura 14. Econ Button Honda [12].

Honda ha diseñado el *Econ Button* el cual modifica la reacción del movimiento del pedal del acelerador con reacción al motor. De esta manera la abertura del acelerador aumentará más gradualmente.

Cuando se aprieta el botón el alcance del manejo práctico aumentará hasta un 17%, así se obtienen mejor performance con el más bajo consumo y también disminuye los emisores contaminantes. El Econ Button es recomendable usarlo en la ciudad, en donde las concentraciones vehiculares son una constante y no es prioridad el arranque explosivo, en carretera por otro lado podemos prescindir de él, ya que se necesita más fuerza para tener un desempeño ágil [12].

*EcoBoost (FORD)**Figura 15. EcoBoost.*

La compañía FORD promueve el motor EcoBoost, el cual promueve ahorro de combustible sin dejar atrás la importancia del desempeño de los vehículos. La importancia del motor es su reducción de consumo del combustible hasta en un 20% y ayuda a la reducción de emisores contaminantes.

El motor EcoBoost es una combinación de inyección directa de gasolina y turbocompresor es la clave de la eficiencia de combustible del motor pequeño con gran potencia del motor, además de que cuenta con un doble árbol de levas variables independiente. El motor está cubierto por aceites especiales que reducen la fricción y el uso de aluminio reduce el peso.

*Figura 16. Motor EcoBoost [13].*

### Inyección de gasolina

Cada gota de combustible se quema mediante la inyección de una cantidad altamente presurizada y precisa de combustible directamente en la cámara de combustión de cada cilindro del motor. Un sistema de control electrónico varía el tiempo y la intensidad de cada inyección para que coincida con las condiciones de funcionamiento del motor. Esto mejora la eficiencia de combustible y ofrece un rendimiento más suave.



Figura 17. Inyección directa de gasolina EcoBoost [14].

### Turbo cargadores

Utiliza los gases de escape del motor, que de otro modo se perdería, para empujar más aire altamente comprimido del motor en el motor. Cuanto más aire en la cámara de combustión, más aire puede salir.

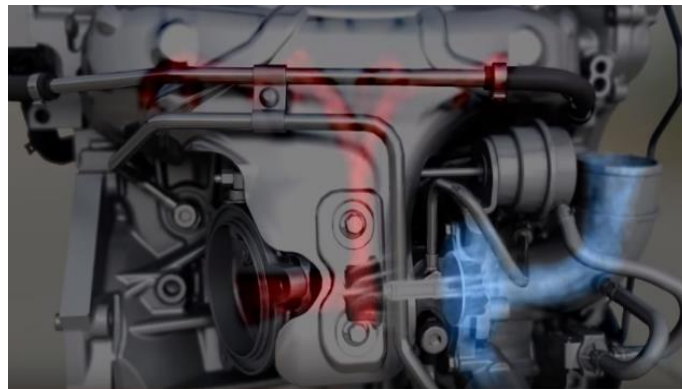


Figura 18. Turbo cargadores [14].

### Sincronización variable de la leva

Se genera un alto por bajo en el rango de revoluciones por minuto (rpm) y se mantiene la potencia en un amplio intervalo. Esto le da el poder de respuesta inmediata al acelerar.

### Válvulas de admisión de aire fresco

En conjunto con las válvulas de escape de aire caliente se superponen simultáneamente fluye de manera más aire a través de las cámaras de combustión para un muy fresco, carga densa que ayuda a construir torque en el motor. El flujo de aire adicional también ayuda a la turbina del turbocompresor para correr más rápido por lo que la potencia del motor se acumula muy rápidamente, lo que elimina el “turbo lag” o falta de respuesta de parte del turbo cargador [13].

## Capítulo 2

### Gases contaminantes

Varios sectores son los que contribuyen a las emisiones de contaminantes en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), a continuación, se muestra los porcentajes de emisión de contaminantes de cada sector.



Figura 19. Sectores contaminantes del aire de la ZMVM [1].

Se observa en la figura 19 que el transporte (transporte de carga, transporte público y transporte privado) es el sector que más contribuye a la creación de emisiones con un 46%, por lo cual es uno de los sectores que más preocupantes, seguido por la industria y la vivienda con 21% y 20% respectivamente.

En la tabla 2 se puede observar el aumento que ha habido en 13 años, el cual es un aumento considerable, ha aumentado casi el triple los automóviles a motor que registrados que circulan en la Zona Metropolitana del Valle de México comparado al año 2000.

Vehículos de motor		
	Vehículos de motor registrados en el 2000	Vehículos de motor registrados en el 2013
Distrito Federal	2 511 543	4 787 187
Estado de México	1 268 894	4 667 653
<b>ZMVM</b>	<b>3 780 437</b>	<b>9 454 840</b>

Tabla 2. Estadísticas de vehículos de motor [15].

Se han creado programas ambientales para motivar a las personas a ocupar menos transporte que emitan emisiones contaminantes, algunos de estos programas son ECOBICI, movilidad escolar, MUÉVETE EN BICI, hoy no circula, entre otros.



## Monóxido de carbono (CO)

Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es muy combustible y muy venenoso. Este se forma durante la combustión incompleta del material orgánico. En ambientes urbanos este contaminante se produce principalmente durante la combustión incompleta de gasolina en los vehículos.

Norma Oficial Mexicana: NOM-021-SSA1-1993.

	NORMA OFICIAL MEXICANA		OMS		U.S. EPA	
	Máximo 8 h	Máximo 1 h	Máximo 8 h	Máximo 1 h	Máximo 8 h	
Límite permisible	11 ppm	30 000 µg/m <sup>3</sup> *	10 000 µg/m <sup>3</sup> *	35 ppm	9 ppm	
Zona metropolitana	3.8 ppm	6731 µg/m <sup>3</sup>	3411 µg/m <sup>3</sup>	7.5 ppm	3.8 ppm	
Distrito Federal	3.8 ppm	6731 µg/m <sup>3</sup>	3411 µg/m <sup>3</sup>	7.5 ppm	3.8 ppm	
Estado de México	3.5 ppm	5565 µg/m <sup>3</sup>	3141 µg/m <sup>3</sup>	6.2 ppm	3.5 ppm	

\* Equivalencia a 18°C y 584 mmHg.

Tabla 3. Comparación de las concentraciones de CO [16].

## Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

El dióxido de azufre se forma por la oxidación del azufre contenido en las combustibles fósiles y la biomasa, se encuentra de manera natural en las emisiones volcánicas y el humo de los incendios forestales, y tiene un papel importante en la formación de aerosoles y de la lluvia ácida.

Norma Oficial Mexicana: NOM-022-SSA1-2010.

	NORMA OFICIAL MEXICANA			OMS	U.S. EPA
	Máximo 24 h	2° máximo 8 h	Promedio anual	Máximo 24 h	Promedio trianual percentil 99
Límite permisible	110 ppb	200 ppb	25 ppb	20 µg/m <sup>3</sup> *	75 ppb
Zona metropolitana	59 ppb	118 ppb	8 ppb	121 µg/m <sup>3</sup>	211 ppb
Distrito Federal	38 ppb	69 ppb	6 ppb	78 µg/m <sup>3</sup>	132 ppb
Estado de México	59 ppb	118 ppb	8 ppb	121 µg/m <sup>3</sup>	211 ppb

\* Equivalencia a 18°C y 584 mmHg.

Tabla 4. Comparación de las concentraciones de SO<sub>2</sub> [16].

## Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)

El dióxido de nitrógeno puede ser de origen primario, a partir de la oxidación del nitrógeno atmosférico durante la combustión, o secundario. Por la oxidación en la atmósfera del óxido nítrico (NO). Es emitido principalmente por vehículos automotores.

Norma Oficial Mexicana: NOM-023-SSA1-1993.

	NORMA OFICIAL MEXICANA	OMS		U.S. EPA	
	No exceder el máximo de 1 h	Máximo 1 h	Promedio anual	Promedio trianual del percentil 99	Promedio anual
Límite permisible	210 ppb	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	110 ppb	53 ppb
Zona metropolitana	0 h	206 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	129 ppb	34 ppb
Distrito Federal	0 h	206 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	119 ppb	34 ppb
Estado de México	0 h	187 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	129 ppb	32 ppb

\* Equivalencia a 18°C y 584 mmHg.

Tabla 5. Comparación de concentraciones de dióxido de nitrógeno [16]

## Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

Los óxidos de nitrógeno son un grupo de gases que contienen oxígeno y nitrógeno, como el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) entre otros. Se forman principalmente durante la combustión además están involucrados en la formación de ozono troposférico, aerosoles y lluvia ácida.

Norma Oficial Mexicana: NOM-023-SSA1-1993 establece un límite para el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) de 210 ppb para el promedio de una hora.

## Ozono (O<sub>3</sub>)

El ozono es un compuesto que se encuentra de manera natural en el aire en concentraciones entre 0 y 50 ppb a nivel de superficie y su concentración aumenta con la altitud, hasta alcanzar un máximo en la capa de ozono que se encuentra en la estratósfera a una altitud entre 20 y 30 km. En ambientes urbanos, el ozono se forma como un producto de reacciones químicas en la atmósfera que involucran a los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos, emitidos principalmente por los vehículos y la industria, en presencia de la luz solar.

La Ciudad de México es susceptible a altas concentraciones de ozono, debido a que la presencia de montañas que rodean la cuenca limita considerablemente la dispersión de la contaminación, y su latitud y altitud contribuyen a que reciba una cantidad importante de radiación solar durante la mayor parte del año. La gran capacidad oxidativa de la atmósfera de la cuenca favorece una rápida producción de ozono durante las horas de mayor intensidad solar. En días soleados y con escasa dispersión, la concentración de ozono supera con facilidad los valores límite para la protección de la salud humana.

El ozono junto con las partículas suspendidas, son los contaminantes que con mayor frecuencia superan los valores límite de las normas de la calidad del aire. La complejidad de los procesos secundarios involucrados en su formación en la atmósfera dificulta el diseño de políticas efectivas para su control. La caracterización de este contaminante requiere, no sólo de la medición del contaminante, también de la caracterización de los principales precursores y además del conocimiento de las características físicas y químicas de la atmósfera.

Norma Oficial Mexicana: NOM-020-SSA1-2014.

	NORMA OFICIAL MEXICANA		OMS	U.S. EPA
	No exceder el máximo de 1 h	5° máximo 8 h	Máximo 8 h	Promedio trianual del 4° máximo
Límite permisible	110 ppb	80 ppb	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ *	75 ppb
Zona metropolitana	358 h	109 ppb	192 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	112 ppb
Distrito Federal	304 h	109 ppb	192 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	112 ppb
Estado de México	180 h	105 ppb	188 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	107 ppb

\* Equivalencia a 18°C y 584 mmHg.

Figura 20. Comparación de concentraciones de ozono [16].

## Hidrocarburos (HC)

La Real Academia de la Lengua Española define que los hidrocarburos son compuestos resultantes de la combinación del carbono con el hidrógeno [17].

Compuestos orgánicos formados por átomos de carbono e hidrógeno. Los hidrocarburos se clasifican en dos grupos en alifáticos y en aromáticos. Los hidrocarburos alifáticos se dividen en tres grupos: alcanos, alquenos y alquinos. Los hidrocarburos aromáticos son los que incluyen al benceno y a los compuestos que contienen grupos alifáticos o aromáticos unidos a anillos aromáticos [18].

Los átomos de carbono se enlazan químicamente entre sí formando largas cadenas lineales o ramificadas, que van desde unos cuantos átomos o hasta miles de ellos o bien anillos de todos tamaños, a esta propiedad del carbono se le conoce como concatenación.

Los hidrocarburos tienen dos tipos de clasificación:

Alifáticos: Son HC de cadenas abiertas o cerradas y se califican en saturados e insaturados dependiendo de la cantidad de átomos de hidrógeno y está determinado por las uniones carbono-carbono, simples, dobles y triples llamados alcanos, alquenos, alquinos respectivamente.

- Hidrocarburos saturados: Los HC saturados son aquellos compuestos que tienen el máximo de átomos de hidrógeno en su estructura molecular, es decir están saturados de hidrógeno, estos compuestos solamente presentan enlaces sencillos. C-C o C-H, los HC saturados también son llamados Alcanos o parafinas.
- Hidrocarburos insaturados: Los HC son aquellos compuestos que tienen al menos un enlace doble o triple entre los átomos de carbono que los forman; debido a que los átomos de carbono al unirse entre sí con enlaces múltiples agotan las posibilidades de enlazarse con el hidrógeno. La cantidad de átomos de hidrógeno que tienen los HC insaturados es siempre menos a la de los saturados de igual número de átomos de C. De esta forma, los HC saturados se subdividen en alquenos y alquinos.

En la siguiente figura se muestra un esquema de la clasificación de los hidrocarburos.

Las emisiones de hidrocarburos hay que atribuirlos a una combustión incompleta de la mezcla de aire y combustible por falta de oxígeno. En la combustión pueden originarse pero también se crean nuevos compuestos de hidrocarburos que no se encontraban originalmente en el combustible [19].

### Contaminación del aire en el medio urbano particularmente por automotores

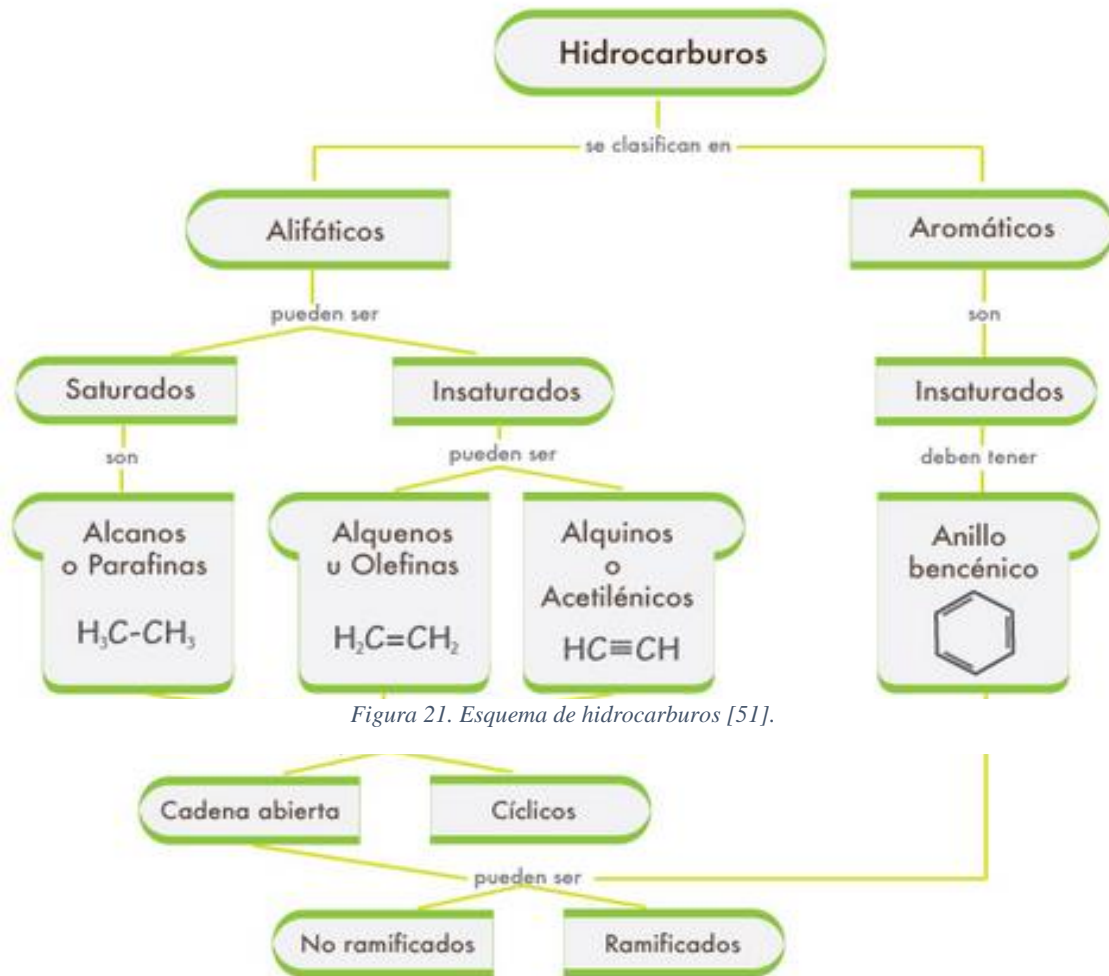


Figura 21. Esquema de hidrocarburos [51].

Los vehículos de motor emiten directamente en la atmósfera un cierto número de contaminantes potencialmente nocivos: óxido de carbono, plomo, óxidos de nitrógeno, aldehídos, etileno y tal vez hidrocarburos aromáticos. Por otra parte, los hidrocarburos alifáticos distintos del etileno se consideran inofensivos, salvo cuando intervienen en el fenómeno de la contaminación fotoquímica.

La importancia de cada una de esas fuentes en la contaminación general del aire de una zona urbana depende enteramente de las aportaciones respectivas. Por lo que se deben adoptar medidas para neutralizar la acción de los vehículos de motor, su importancia, en tanto que fuente de contaminación, seguirá inevitablemente aumentando.

En el automóvil de tipo corriente se sabe que existen cuatro fuentes de contaminación que son el tubo de escape, el cárter, el carburador y el depósito de gasolina.

En los vehículos, la distribución de los contaminantes según su fuente es la siguiente:

- a) Pérdidas por evaporación en el depósito y en el carburador: 20% de los hidrocarburos.
- b) Respiradero del cárter: 25% de los hidrocarburos;
- c) Tubo de escape: 55% de los hidrocarburos y casi la totalidad del plomo, del monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno.

Aunque el tipo y estado del motor influyen considerablemente sobre la naturaleza de las emisiones de gases.

La composición de los gases de escape de los vehículos con motor de gasolina sin dispositivo de depuración es aproximadamente la siguiente: contiene 900 ppm de hidrocarburos, además 3.5% de partículas son de monóxido de carbono, contiene 1500 ppm de óxidos de nitrógeno.

A partir de las cifras globales antes indicadas, se ha calculado que un vehículo sin dispositivos de depuración que recorra aproximadamente 20,000 Km al año emite 140 Kg de hidrocarburos por medio del tubo de escape, 60 Kg por el cárter y 40 Kg por medio de la evaporación de gases, 270 Kg de monóxido de carbono, 40 Kg de óxidos de nitrógeno,

Las variaciones de las concentraciones de contaminantes en función de las condiciones de utilización de los vehículos no aportan una indicación exacta de las cantidades emitidas ya que el volumen de los gases de escape también varía.

El peso de los contaminantes emitidos por unidad de tiempo o por distancia recorrida es un índice más satisfactorio. Tomándolo como base, son función de la velocidad media del vehículo en un itinerario dado [20].

## Monitoreo de contaminantes criterio

Los contaminantes del aire se han clasificado como contaminantes criterio y contaminantes no criterio. Los contaminantes criterios se han identificado como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos, se ha establecido niveles permisibles que protejan la salud, el medio ambiente y el bienestar de la población [20].

En el monitoreo de los contaminantes criterio se utilizan equipos que cumplen con las características requeridas, para un *método de referencia* o *método equivalente*. Esto asegura que se usen instrumentos capaces de generar resultados reproducibles y trazables, con características técnicas evaluadas y aprobadas por una autoridad en el tema.

### Normas técnicas

Las NOM (Normas) técnicas definen los métodos de medición recomendados para el monitoreo de los contaminantes criterio. Estos métodos de medición pueden ser de referencia o equivalentes.

Las NOM técnicas vigentes son las que se mencionan a continuación:

Contaminante	NOM	Publicación	Descripción
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	NOM-038-SEMARNAT-1993	18 de octubre de 1993	Método equivalente: fluorescencia ultravioleta
Monóxido de carbono (CO)	NOM-034-SEMARNAT-1993	18 de octubre de 1993	Método de referencia: absorción en el infrarrojo
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	NOM-037-SEMARNAT-1993	18 de octubre de 1993	Método de referencia: quimioluminiscencia en fase gaseosa
Ozono (O <sub>3</sub> )	NOM-036-SEMARNAT-1993	18 de octubre de 1993	Método equivalente: fotometría ultravioleta
Partículas suspendidas totales (PST)	NOM-035-SEMARNAT-1993	18 de octubre de 1993	Muestreo: alto volumen Análisis: gravimetría
Partículas menores a 10 micrómetros (PM <sub>10</sub> )	No se cuenta con una NOM de métodos de medición, sin embargo, se considera el método equivalente que recomienda la US EPA.		Gravimetría o atenuación de radiación beta
Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM <sub>2.5</sub> )	No se cuenta con una NOM de métodos de medición, sin embargo, se considera el método equivalente que recomienda la US EPA.		Gravimetría o atenuación de radiación beta
Plomo (Pb)	No se cuenta con una NOM de métodos de medición.		

Tabla 6. Normas técnicas vigentes [21].

El principio de operación de cada instrumento está determinado por alguna propiedad física o química del compuesto a analizar. Generalmente son métodos específicos y con una interferencia mínima.

Contaminante	Principio de operación	Descripción del método
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Fluorescencia UV	Método equivalente: medición de la fluorescencia emitida por las moléculas de SO <sub>2</sub> cuando son excitadas por una fuente de radiación ultravioleta.
Monóxido de carbono (CO)	Absorción en el infrarrojo	Método de referencia: medición de la absorción de luz infrarroja por parte del monóxido de carbono en una celda de correlación.
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Quimioluminiscencia	Método de referencia: medición de la luz emitida durante la reacción entre el NO y el O <sub>3</sub> . La separación de las especies nitrogenadas se realiza a través de la medición diferencial de NO y NO <sub>2</sub> . El valor de NO <sub>x</sub> corresponde a la suma de NO+NO <sub>2</sub>
Ozono (O <sub>3</sub> )	Fotometría UV	Método equivalente: absorción de la luz ultravioleta en una longitud de onda de 254 nm, la disminución en la intensidad es proporcional a la concentración de ozono de acuerdo a la ley de Beer-Lambert.
Partículas suspendidas. PM10, PM2.5	Gravimetría	Método equivalente: determinación de la masa de partículas presente en un flujo de aire, las partículas son separadas de la corriente y depositadas sobre un filtro colocado en un elemento oscilante, la variación en la frecuencia de oscilación es proporcional a la masa. El tamaño de la partícula está determinado por la entrada selectiva y el flujo de muestra.
	Atenuación de la radiación beta	Método equivalente: atenuación en la intensidad de la radiación beta por las partículas depositadas sobre un filtro continuo.

Tabla 7. Métodos para el monitoreo del aire [22].

## Capítulo 3

# **Daños a la salud causada por los gases contaminantes**

### **Gases contaminantes de acuerdo con la OMS.**

Las Directrices de la OMS sobre la Calidad del Aire publicadas en 2005 ofrecen orientación general relativa a umbrales y límites para contaminantes atmosférica.

Las Directrices señalan que mediante la reducción de la contaminación con partículas (PM10) de 70 a 20 microgramos por metro cúbico es posible reducir en un 15% el número de defunciones relacionadas con la contaminación del aire.

Las Directrices se aplican en todo el mundo y se basan en la evaluación, realizada por expertos, de las pruebas científicas actuales concernientes:

- ✓ partículas (PM)
- ✓ ozono (O<sub>3</sub>)
- ✓ dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y
- ✓ dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), en todas las regiones de la OMS.

### **Partículas**

Las partículas más perjudiciales para la salud son las de 10 micrones de diámetro, o menos ( $\leq PM_{10}$ ), que pueden penetrar y alojarse en el interior profundo de los pulmones. La exposición crónica a las partículas agrava el riesgo de desarrollar cardiopatías y neumopatías, así como cáncer de pulmón.

Generalmente, las mediciones de la calidad del aire se notifican como concentraciones medias diarias o anuales de partículas  $PM_{10}$  por metro cúbico ( $m^3$ ) de aire. Las mediciones sistemáticas de la calidad del aire describen esas concentraciones de PM expresadas en microgramos ( $\mu$ )/ $m^3$ . Cuando se dispone de instrumentos de medición suficientemente sensibles, se notifican también las concentraciones de partículas finas ( $PM_{2,5}$  o más pequeñas).



## Efectos sobre la salud

### Efectos de la contaminación en la salud humana

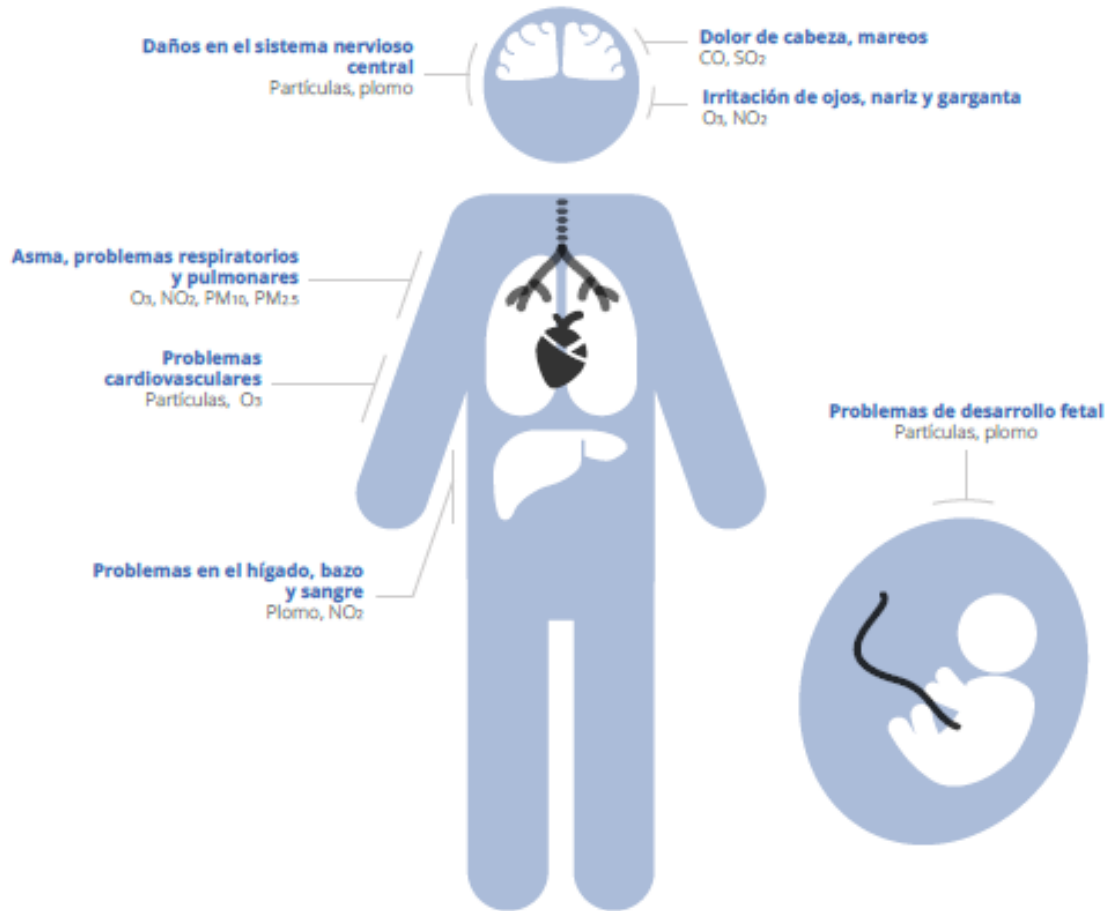


Figura 22. Efectos de la contaminación en la salud humana [16].

### Enfermedades por gases contaminantes

#### Monóxido de carbono (CO)

En altas concentraciones puede provocar asfixia, debido a que la hemoglobina de la sangre tiene una gran afinidad por este compuesto, compitiendo con el oxígeno durante la respiración.

La exposición prolongada a concentraciones moderadas puede provocar desde dolor de cabeza hasta la pérdida de conocimiento. La presencia de monóxido de carbono en altas concentraciones dentro de espacios cerrados y con poca ventilación, puede provocar intoxicación grave, incluso la muerte.

#### Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

El dióxido de azufre es un gas irritante y tóxico. Los efectos en la salud van desde irritación en las vías respiratorias hasta la agudización de síntomas de enfermedades respiratorias o cardiovasculares existentes.

La exposición prolongada a altas concentraciones de este contaminante puede provocar irritación en las vías respiratorias, bronco-constricción y síntomas en personas con asma.

### Dióxido de nitrógeno

En altas concentraciones provoca inflamación en las vías respiratorias y aumento de síntomas respiratorios en personas con asma.

### Ozono

El ozono es un poderoso oxidante y reacciona fácilmente con cualquier compuesto o superficie. Su presencia en altas concentraciones en el aire provoca irritación ocular y de las vías respiratorias y puede activar episodios de asma. Existe una asociación directa entre el incremento en la concentración de ozono y la disminución en la función respiratoria, se sabe también que una exposición crónica a niveles moderados puede incrementar la mortalidad, principalmente en los grupos más sensibles de la población.

### Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

La exposición a bajas concentraciones puede ocasionar irritación en las vías respiratorias o agravar los síntomas de enfermedades respiratorias como bronquitis y pulmonía y altas concentraciones puede ocasionar el daño a la membrana celular, del tejido pulmonar.

### Hidrocarburos (HC)

Los hidrocarburos se manifiestan en diferentes combinaciones y actúan de diverso modo en el organismo. Alguno de ellos irrita los órganos sensoriales, mientras otros los cancerígenos.

### Grupos vulnerables

La contaminación nos afecta a todos, sin embargo existen grupos que son más vulnerables a estos gases contaminantes.



Figura 23. Grupos sensibles a la contaminación [16].

*Normas en materia de salud vigentes*

Las NOM en materia de salud que son vigentes son las siguientes:

Contaminante	NOM	Publicación	Descripción
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	NOM-022-SSA1-2010	8 de septiembre de 2010	0.110 ppm, máximo promedio de 24 horas.
			0.200 ppm, segundo máximo anual como promedio móvil de 8 horas.
			0.025 ppm, promedio anual
Monóxido de carbono (CO)	NOM-021-SSA1-1993	23 de diciembre de 1994	11.0 ppm, máximo anual como promedio móvil de 8 horas.
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	NOM-023-SSA1-1993	23 de diciembre de 1994	0.210 ppm, promedio horario.
Ozono (O <sub>3</sub> )	NOM-020-SSA1-2014	19 de agosto de 2014	0.095 ppm, promedio horario.
			0.070 ppm, máximo anual del promedio móvil de 8 horas.
Partículas suspendidas totales (PST)			Derogado.
Partículas menores a 10 micrómetros (PM <sub>10</sub> )	NOM-025-SSA1-2014	20 de agosto de 2014	75 µg/m <sup>3</sup> , promedio 24 horas.
			40 µg/m <sup>3</sup> , promedio anual.
Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM <sub>2.5</sub> )	NOM-025-SSA1-2014	20 de agosto de 2014	45 µg/m <sup>3</sup> , promedio 24 horas.
			12 µg/m <sup>3</sup> , promedio anual.
Plomo (Pb)	NOM-026-SSA1-1993	23 de diciembre de 1994	1.5 µg/m <sup>3</sup> , en un periodo de tres meses como promedio aritmético.

Tabla 8. Normas en materia de salud vigentes

# Capítulo 4

## Sensores para gases contaminantes

---

Los sensores para la detección de gases y vapores son transductores que usan ciertas propiedades de los gases para la conversión en una señal eléctrica adecuada.

En la actualidad hay tres tipos de medición de gases que han sido dominantes para la detección de gases: sensores electroquímicos, sensores de perla catalítica y sensores infrarrojos.

### Sensores electroquímicos

El sensor electroquímico es un micro-reactor, que con la presencia de gases reactivos produce electrones como una batería. Consiste como mínimo de dos electrodos que tienen contacto eléctrico de dos maneras diferentes: por un lado, vía un medio eléctricamente conductivo llamado electrolito, por otro lado, vía un circuito de corriente eléctrica externa.

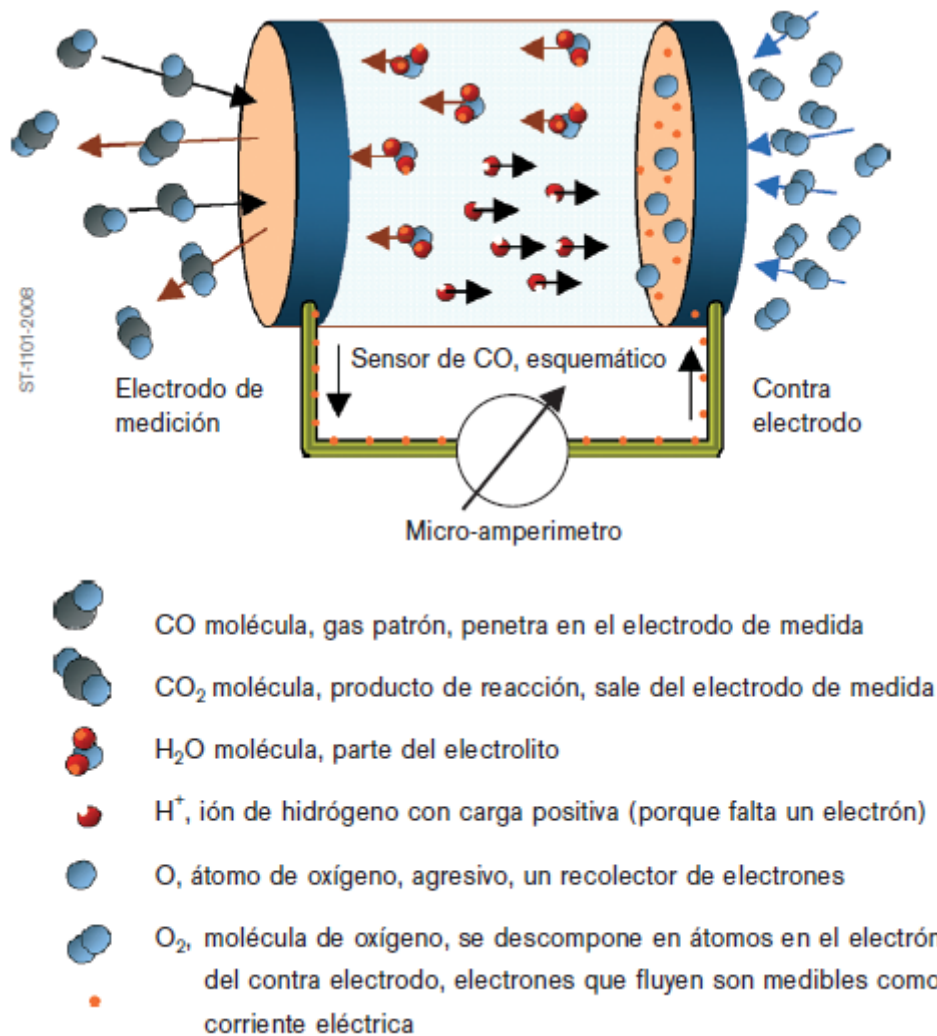


Figura 24. Sensor electroquímico.

Los electrodos están fabricados de un material especial que también tiene características catalíticas haciendo posibles reacciones químicas en la llamada zona de 3 fases, donde hay presencia de gas, catalizador sólido y electrolito líquido.

El recolector de electrones oxígeno necesario para esta reacción proviene del aire ambiente. Se conocen más recolectores de electrones, por ejemplo, cloro, flúor, ozono o dióxido de nitrógeno. Así la corriente de los sensores utilizados para estos gases fluye en dirección invertida. La corriente se puede medir con un micro-amperímetro.

## Sensor catalítico

Bajo ciertas circunstancias los gases y vapores inflamables se pueden oxidar mediante el oxígeno del aire para liberar calor de la reacción. Normalmente esto se consigue por un material catalizador especial y adecuadamente calentado, que aumenta ligeramente su temperatura por el calor de la reacción. Este aumento de temperatura es una medida para la concentración de gas.

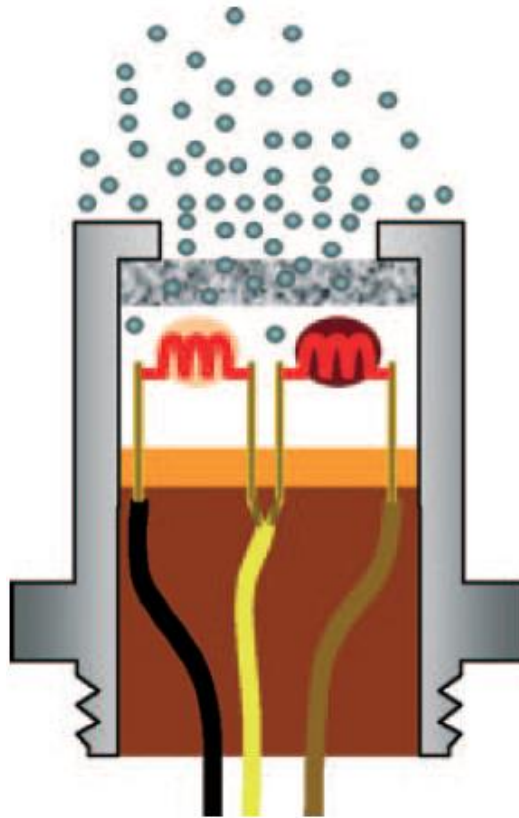


Figura 25. Sensor catalítico.

## Transmisores Infrarrojos

El principio de medición es sencillo: los hidrocarburos absorben la radiación de infrarrojos (IR) en el rango de longitud de ondas de 3.3 a 3.5 micrómetros ( $\mu\text{m}$ ), más o menos, dependiendo del espectro de absorción del gas en cuestión. Sin embargo, la atenuación de la radiación infrarroja es muy pequeña y un reto con respecto a la técnica de medición. Y, desafortunadamente, la reducción de la intensidad también puede ocurrir por otras circunstancias, por ejemplo por óptica contaminada o reducción de la intensidad de la fuente de radiación de infrarrojos.

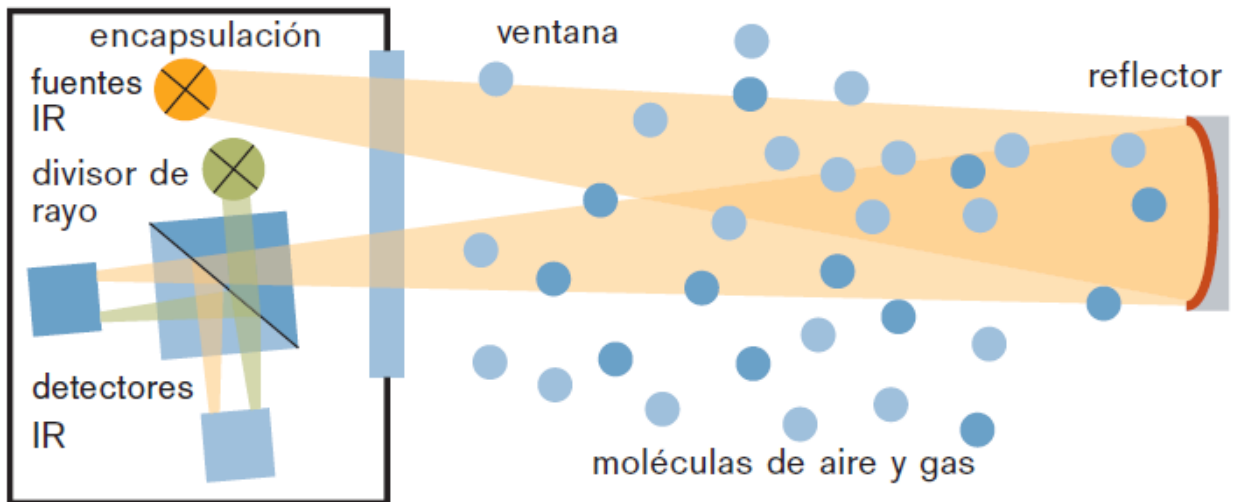


Figura 26. Sensor IR del Polytron IR modelo 340, esquemáticamente.

## Sensores de gas

### *Familia de sensores MQ*

La serie de sensores MQ, son sensores de gas que utilizan un pequeño calentador en el interior con un sensor electro-químico.

En la tabla 9 se muestran algunos de los sensores de la familia MQ, y que gases miden.

Modelo	Gas a medir
MQ-2	Gas combustible
MQ-3	Alcohol
MQ-4	Gas natural, metano
MQ-5	LPG, Gas natural.
MQ-6	LPG, propano.
MQ-7	Monóxido de carbono (CO).
MQ-8	Hidrogeno.
MQ-9	Monóxido de carbono y gas combustible.
MQ-131	Ozono.
MQ-135	Calidad de aire (NH <sub>3</sub> , benceno, alcohol).
MQ-136	Ácido sulhH <sub>2</sub> S.
MQ-137	Amoniaco (NH <sub>3</sub> ).
MQ-138	VOC (benceno, aldehídos, queroseno, éster).
MQ-303A	Alcohol.
MQ-306A	LPG, propano.
MQ-309A	Monóxido de carbono, gas inflamable.

*Tabla 9. Sensores de la familia MQ [23].*

# Capítulo 5

## Análisis

---

### Metodología

La metodología que se utilizará en el proyecto, será la de espiral, debido a que esta metodología nos permitirá llevar un control de avances del sistema de medición y la aplicación, contemplando que los avances van ir acorde con los riesgos que se nos presenten en la creación del dinamómetro y la interacción con la aplicación.

El modelo en espiral, es un modelo de proceso de software evolutivo que conjuga la naturaleza iterativa de construcción de prototipos con los aspectos controlados y sistemáticos del modelo lineal secuencial. Durante las primeras iteraciones, la versión incremental puede ser un modelo de papel o un prototipo. Durante las últimas iteraciones, se producen versiones cada vez más completas del sistema diseñado [24].

A continuación, se muestra un esquema de las fases de la metodología en espiral. Empezando en el eje de punto de entrada de proyecto hasta llegar a la evaluación con el cliente, y se pueden hacer cambios en el proyecto en cada vuelta de ser necesario.

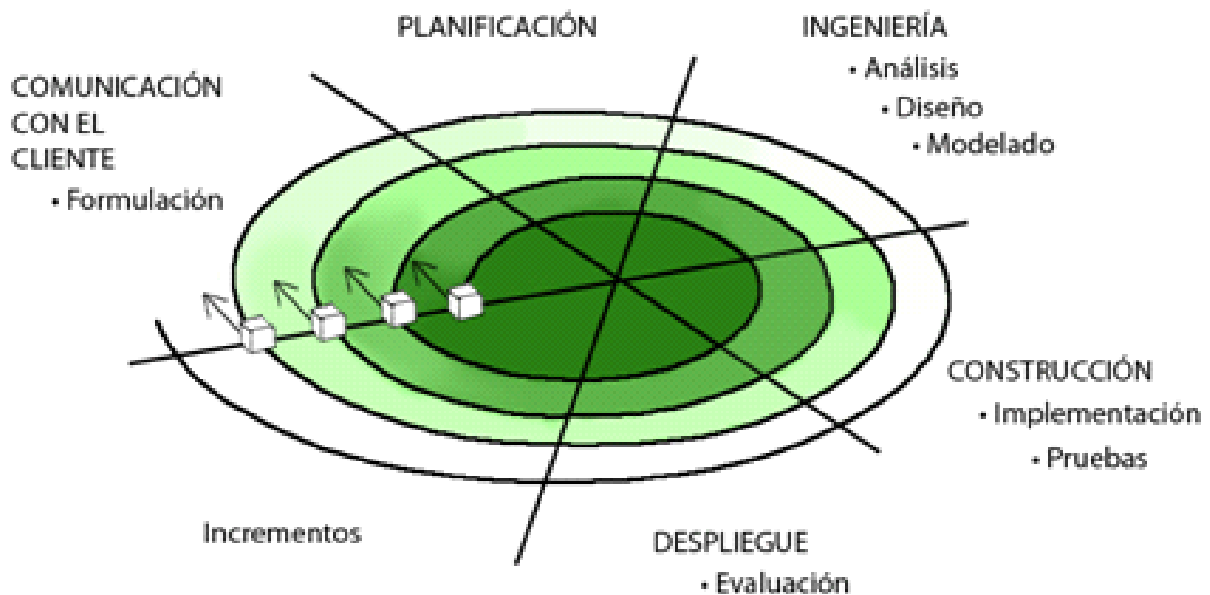


Figura 27. Modelo en espiral [25].



## Lenguajes de programación

### Lenguaje de programación C

C es lenguaje es ampliamente disponible, independiente de la plataforma. Utiliza además funciones de la biblioteca estándar de ANSI en lugar de escribir sus propias funciones similares, puede mejorar el rendimiento del programa.

Entre las ventajas que podemos encontrar a la hora de utilizar este lenguaje son su potencia y eficiencia lo cual permite que obtengamos programas que son más rápidos y compactos, además de que permite tener control completo y libertad de organización del trabajo.

Algunas de las desventajas que se pueden encontrar es su complejidad, ya que es más complicado que aprender que otros lenguajes de programación, requiere experiencia para poder aprovechar su máximo su rendimiento.

### Lenguaje de programación C++

C++ es un lenguaje de programación orientado a objetos, este lenguaje proporciona un conjunto de características que pulen a C. Es dominante en la industria y en las universidades, al igual que C es multiplataforma.

Mantiene ventajas de C en cuanto a la riqueza de operadores y expresiones, flexibilidad, concisión y eficiencia, es multiparadigma y al igual que C es de procedimientos secuenciales.

### Lenguaje de programación JAVA

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, juega un papel importante en el desarrollo de páginas Web interactivas y con multimedia. Tiene prominencia al desarrollar aplicaciones para Internet e intranets.

### Comparación de los lenguajes de programación

	Paradigma	Función	Sistema operativo	Licencia
<b>C</b>	Procedimientos secuenciales, estructurado.	Lenguaje estructurado, complejo, rápido y compacto.	Multiplataforma	GNU
<b>C++</b>	Multiparadigma: Procedimientos secuenciales Orientado a objetos Programación genérica.	Lenguaje híbrido que sirve para la manipulación de objetos	Multiplataforma	Bell Labs
<b>JAVA</b>	Orientado a objetos Procedimientos secuenciales	“Escríbelo una vez en cualquier lugar”	Multiplataforma	GNU GLP/Java community Process.

Tabla 10. Comparación de lenguajes de programación [26].

El lenguaje utilizado para la programación de la tarjeta Arduino fue C++, debido a que ofrece características encontradas en el lenguaje C y librerías que nos permiten implementar el sistema correctamente, manteniendo un tiempo de respuesta eficaz, debido a que el sistema requiere interactuar con los datos recibidos por los sensores en tiempo real. Además, es un lenguaje de bajo nivel, a diferencia de Java, lo cual nos permite tener una mejor comunicación con el microcontrolador, el cual utiliza un lenguaje de programación de bajo nivel para interactuar con la interfaz.

## Herramientas utilizadas

Las herramientas que fueron usadas para la realización del sistema, además se mencionarán las características de éstas, para explicar el por qué el uso de estas herramientas.

### *Herramientas de diseño*

#### **CorelDRAW**

Es una aplicación de diseño gráfico vectorial. Utilizado para la creación del isotipo, logotipo e isologotipo.



# CorelDRAW<sup>®</sup>

## GRAPHICS SUITE X6

### CARACTERÍSTICAS

- Software de pago.
- Un único pago de \$9,500.00 M.N.
- NOVEDAD Administración de fuentes.
- NOVEDAD Compatibilidad con Windows 10 y pantallas 4K.
- Utiliza dibujo, maquetación de páginas para la impresión y/o la publicación web.
- CorelDraw guarda y exporta los documentos en los siguientes formatos: AI, BMP, CAL, CDR, CDT, CDX, CGX, CGM, CLK, CMX, CPT, CPX, CSL, DES, DOC, DOCX, DWG, DXF, EMF, EPS, FMV, FPX, GIF, JPG, MAC, PAT, PCT, PCX, PDF, PIC, PLT, PNG, PPT, PSD, PSP, PUB, RAW, RIFF, SVG, SCGZ, SWF, TGA, TIF, TXT, WI, WK.

Herramientas profesionales de diseño, edición de fotografías y diseño de páginas [27].

## Herramientas diseño de software

### Balsamiq Mockups 3

Balsamiq Mockups 3 es una herramienta para el diseño de interfaces. Utilizado para la creación del prototipo para la interfaz del sistema.



# balsamiq®

#### CARACTERÍSTICAS

- Software de pago.
- Un único pago de \$89.00 dólares, lo que equivale \$1,592.41 pesos.
- Herramienta para la creación rápida del diseño de interfaces.
- Bosqueja las interfaces para dar una idea general del resultado.
- Contiene muchos elementos de aplicaciones móviles, sitios web e interfaces de software que pueden ser utilizados con sólo arrastrar los objetos a la pantalla.

Balsamiq Mockups es una herramienta rápida para la creación del diseño de interfaces de software, sitios web y aplicaciones móviles.

Soporta exportar diagramas a PDF en varios tamaños de página, en imágenes; esto se puede hacer con todos los diagramas a la vez [28].

## StarUML

StarUML es una herramienta para el moldeado en los estándares UML. El modelado UML es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema.



CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Software libre</li> <li>• Define elementos propios para los diagramas, que no necesariamente que no pertenezcan a StarUML.</li> <li>• Genera códigos a partir de los diagramas y viceversa, es compatible con los principales lenguajes de programación como Java, C # y C ++.</li> <li>• Patrones GOF (Gang Of Four), EJB (Enterprise JavaBeans) y personalizados.</li> </ul>
-----------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

StarUML 2 es compatible con el estándar UML 2.x y apoya totalmente 11 tipos de diagramas UML: clase, objeto, casos de uso, componentes, distribución, estructura compuesta, secuencia, comunicación, statechart, actividad y perfil diagrama.

Soporta exportar diagramas a PDF en varios tamaños de página, en imágenes; esto se puede hacer con todos los diagramas a la vez [29].

## Herramientas diseño de hardware

### Livewire

Software para el diseño y simulación de circuitos [30].



#### CARACTERÍSTICAS

- Diseño y Simulador de circuitos electrónicos.
- Muestra el comportamiento de un circuito.
- No hay conexiones sueltas o componentes defectuosos.
- Si los valores exceden a los valores nominales máximos, se indicara haciendo referencia a que explotarían.

### PCB Wizard 3

Software de la familia de New Concepts, complementario a Livewire., usado para el diseño de los circuitos en tarjeta impresa [31].



#### CARACTERÍSTICAS

- Provee soluciones cubriendo todos los pasos en la producción de PCB.
- Dibujo esquemático.
- Captura esquemática.
- Posicionamiento de componentes
- Creación de rutas automático.
- Reporte del Precio de los materiales

### Fritzing

Software usado para la documentación de los prototipos electrónicos [32].



#### CARACTERÍSTICAS

- Es una iniciativa de hardware de código abierto.
- Ofrecen una herramienta de software y un sitio web de la comunidad.
- Esta especialmente enfocado en los servicios de Arduino.
- Es una herramienta que ayuda a documentar prototipos.
- Diseño y fabricación de PCB profesionales.

*Herramientas de software*

**MYSQL**

Sistema gestor de bases de datos, que fue utilizado para la creación, integración y gestión adecuada de la información obtenida por el sistema.



PORTABILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usa GNU Automake, Autoconf, y Libtool para portabilidad.</li> <li>• Multiplataforma</li> <li>• API's disponibles para C, C++, Eiffel, Java, Perl, PHP, Python, Ruby, y Tcl.</li> <li>• Uso completo de multi-threaded mediante threads del kernel.</li> <li>• Relativamente sencillo de añadir otro sistema de almacenamiento. Esto es útil si desea añadir una interfaz SQL para una base de datos propia.</li> <li>• Un sistema de reserva de memoria muy rápido basado en threads.</li> <li>• Joins muy rápidos usando un multi-join de un paso optimizado.</li> <li>• Usan una librería altamente optimizada y deben ser tan rápidas como sea posible.</li> <li>• El servidor está disponible como un programa separado para usar en un entorno de red cliente/servidor.</li> </ul>
SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un sistema de privilegios y contraseñas que es muy flexible y seguro, y que permite verificación basada en el host. Las contraseñas son seguras porque todo el tráfico de contraseñas está cifrado cuando se conecta con un servidor.</li> </ul>
ESCALIBILIDAD Y LÍMITES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soporte a grandes bases de datos. Usamos MySQL Server con bases de datos que contienen 50 millones de registros. También conocemos a usuarios que usan MySQL Server con 60,000 tablas y cerca de 5,000,000,000,000 de registros.</li> </ul>
CONECTIVIDAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los clientes pueden conectar con el servidor MySQL usando sockets TCP/IP en cualquier plataforma.</li> <li>• Los servidores Windows soportan conexiones con memoria compartida.</li> <li>• La interfaz para el conector ODBC (MyODBC) proporciona a MySQL soporte para programas clientes que usen conexiones ODBC (Open Database Connectivity).</li> </ul>



LOCALIZACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La interfaz para el conector J MySQL proporciona soporte para clientes Java que usen conexiones JDBC. Estos clientes pueden ejecutarse en Windows o Unix.</li> <li>•</li> <li>• El servidor puede proporcionar mensajes de error a los clientes en muchos idiomas.</li> <li>• Soporte completo para distintos conjuntos de caracteres.</li> <li>• Todos los datos se guardan en el conjunto de caracteres elegido.</li> <li>• Todas las comparaciones para columnas normales de cadenas de caracteres son case-insensitive.</li> </ul>
--------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Visual Studio**



**ES UN IDE EXTENSIBLE Y GRATUITO PARA CREAR APLICACIONES MODERNAS PARA WINDOWS, ANDROID E IOS, ADEMÁS DE APLICACIONES WEB Y SERVICIOS EN LA NUBE [33].**

LENGUAJES	C#, Visual Basic, F#, C++, HTML, JavaScript, Python y mucho más.
FLEXIBILIDAD	Multiplataforma.
PRODUCTIVIDAD	Diseñadores, editores, depuradores y generadores de perfiles.
APLICACIONES PARA DISPOSITIVOS	Herramientas de Apache Cordova, Xamarin y Unity pueden descargarse para poder codificar, probar, depurar, compartir y reutilizar en más plataformas.
HERRAMIENTAS WEB	Desarrolle en web con ASP.net, Node.js, Python y JavaScript. Se usa con marcos web potentes como Angular JS, jQuery, Bootstrap, Django y Backbone.js

**Arduino**

Es una plataforma de prototipado de software libre basado en hardware y software fácil de usar. Las tarjetas Arduino se programan por medio de un microcontrolador instalado en la tarjeta. Para poder programar las tarjetas Arduino se debe de utilizar el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el IDE de Arduino Software basado en Processing [34].



Arduino fue inventado en el Interaction Design Institute Ivrea como una herramienta fácil para el prototipado rápido.

<p>PRECIOS ACCESIBLES</p>	<p>Son relativamente baratos en comparación con otras plataformas de microcontroladores.</p>
<p>COMPATIBILIDAD CON MÚLTIPLES PLATAFORMAS</p>	<p>Arduino (IDE) se ejecuta en Windows, Macintosh y Linux.</p>
<p>ENTORNO DE PROGRAMACIÓN SIMPLE</p>	<p>Es fácil de usar para usuarios no experimentados, pero también es flexible para los usuarios avanzados.</p>
<p>CÓDIGO ABIERTO Y SOFTWARE EXTENSIBLE</p>	<p>Es de código abierto, disponible en línea para los programadores.  El idioma se puede ampliar a través de las bibliotecas de C++, además también se puede manejar la programación C AVR en la que se basa.</p>
<p>HARDWARE AMPLIABLE</p>	<p>Los planos de las tarjetas Arduino también son de públicos bajo la licencia de Creative Commons, por lo que los diseñadores de circuitos experimentados pueden hacer su propia versión del módulo, ampliarlo e incluso mejorarlo.</p>

## Herramientas de hardware

### Arduino

Anteriormente se mencionó que Arduino es una herramienta tanto de software como de hardware, profundizaremos sobre el hardware que se usó.

Al principio había dos opciones de Arduino que se podrían ocupar, el Arduino UNO y el Arduino Mega, así que lo primero que se hizo fue una comparación de las características de estos dos elementos, para ver cual se acoplaba mejor a las necesidades del sistema.

### Arduino UNO

El Arduino UNO es una tarjeta basada en el microcontrolador ATmega328P.

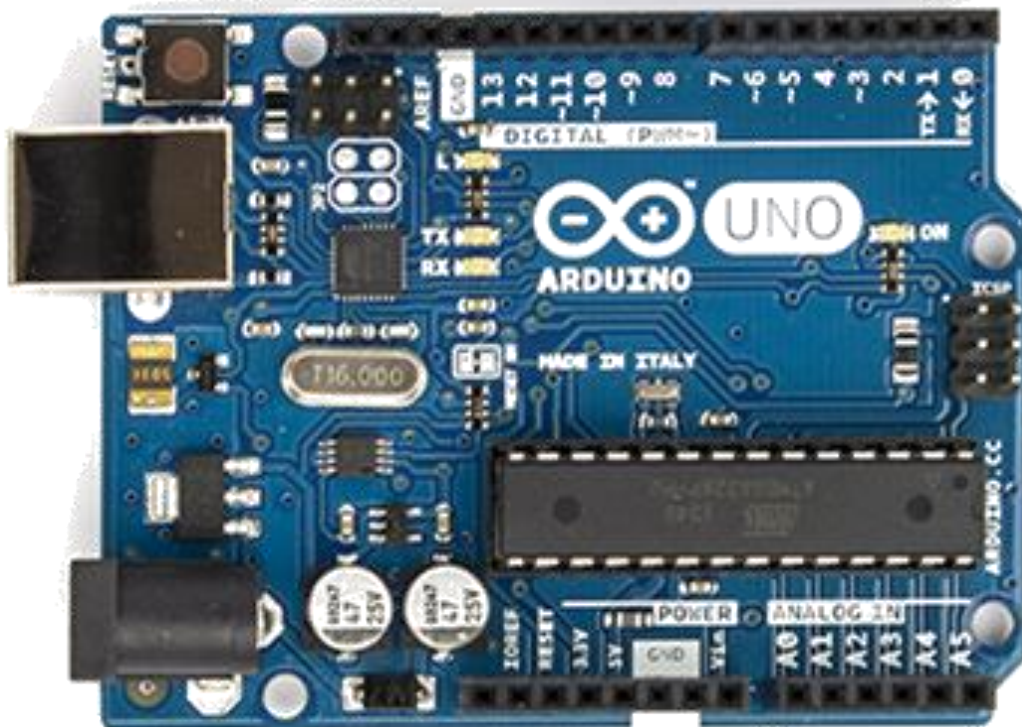


Figura 28. Arduino UNO [34].

Especificaciones técnicas:

Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines digitales I/O	14 (of which 6 provide PWM output)

Pines PWM Digitales I/O	6
Pines de entrada analógicos	6
Corriente DC por pin I/O Pin	20 mA
Corriente DC por pin de 3.3V	50 mA
Memoria flash	32 KB (ATmega328P) de los cuales 0.5 KB son usados por bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Velocidad de reloj	16 MHz
Largo	68.6 mm
Ancho	53.4 mm
Peso	25 g

Además de las características anteriores también incluye pines SDA y SCL al lado del pin AREF., también agrega dos nuevos pines colocados cerca del pin RESET. Una gran ventaja que podemos observar es que no requiere drivers para Linux o Mac.

El precio de esta tarjeta es de \$380.00 M.N [35].

## Arduino Mega

El Arduino Mega 2560 es una tarjeta basado en el microcotrolador ATmega2560.

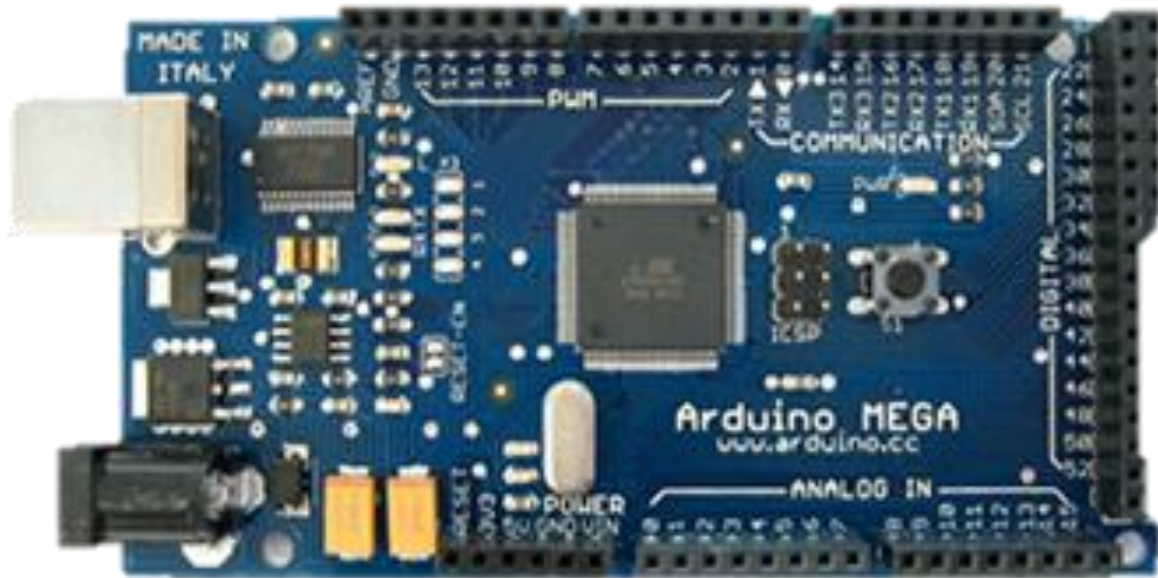


Figura 29. Arduino Mega [34].

Especificaciones técnicas:

Microcontrolador	ATmega2560
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines digitales I/O	54 (15 producen PWM de salida)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC por pin I/O	20 mA
Corriente DC por pin de 3.3V	50 mA
Memoria Flash	256 KB de los cuales 8 KB son usados por bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB

Velocidad del reloj	16 MHz
Largo	101.52 mm
Ancho	53.3 mm
Peso	37 g

El precio de esta tarjeta es de \$840.00 M.N [35].

### Comparación entre los Arduino

A continuación, haremos una comparación con las características mencionadas anteriormente.

Nombre	Procesador	V operación/ V entrada	Velocidad CPU	In/Out Analógicas	IO/PWM Digitales	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	UART
Mega	ATmega2560	5 V / 7-12 V	16 MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
UNO	ATmega328P	5 V / 7-12 V	16 MHz	8/0	14/6	1	2	32	Regular	1

Tabla 11. Comparación entre tarjetas Arduino [34].

Se utilizó Arduino Mega por la cantidad de salidas digitales que tiene, ya que se adecua más para los propósitos del proyecto al conectar los sensores, el puente H y la pantalla LCD.

## Métricas y estimación

Se utilizará una métrica orientada a la función, esta métrica se basa en la complejidad y la funcionalidad del software utilizada como unidad a los (PF) puntos de función.

Valores de ajuste de la complejidad	
¿Requiere el sistema copias de seguridad y recuperación fiables?	5
¿Se requiere comunicación de datos?	5
¿Existen funciones de procesamiento distribuido?	0
¿Es crítico el rendimiento?	5
¿Se ejecuta el sistema en un entorno operativo existente y fuertemente utilizado?	5
¿Requiere el sistema entrada de datos interactiva?	5
¿Requiere la entrada de datos interactiva que las transacciones de entrada se lleven a cabo sobre múltiples pantallas u operaciones?	5
¿Se actualizan los archivos maestros de forma interactiva?	5
¿Son complejas las entradas, las salidas, los archivos o las peticiones?	4
¿Es complejo el procesamiento interno?	5
¿Se ha diseñado el código para ser reutilizable?	2
¿Están incluidas en el diseño la conversión y la instalación?	5
¿Se ha diseñado el sistema para soportar múltiples instalaciones en diferentes organizaciones?	0
¿Se ha diseñado la aplicación para facilitar los cambios y para ser fácilmente utilizada por el usuario?	5
Cuenta total ( $\sum fi$ )	56

0 No aplicable a 5 sumamente esencial.

Tabla 12. Valores de ajuste a la complejidad

Cálculo de los puntos de función					
Conteo		Parámetros			
		Simple	Medio	Complejo	Total
Nº de entradas	2	3	4	6	8
Nº de Salidas	4	4	5	7	20
Nº de peticiones	1	3	4	6	4
Nº de archivos	2	7	10	15	20
Nº de interfaces externas	2	5	7	10	14
Cuenta total					66

Tabla 13. Cálculo de los puntos de función

### Entradas

1. Lectura de CO.
2. Lectura de CO<sub>2</sub>.

### Salidas

1. Display LCD.
2. Generación de folios por vehículo.
3. Generación de informes de gases contaminantes.

4. Generación de reportes estadísticos.

### Peticiones

1. Consulta de lectura de gases.

### Archivos

1. Base de datos.
2. Reporte de estadísticas.

### Número de interfaces

1. Interfaz Gráfica de Usuario (GUI).
2. Microcontrolador.

$$PF = \text{cuenta total} \times \left[ 0.65 + 0.01 \times \sum f_i \right] \quad (9)$$

Donde:

PF: Puntos de función

$\sum f_i$ : Valores de ajuste a la complejidad

Sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación (9)

$$PF = 66 \times [0.65 + 0.01 \times 56] = 66 \times [0.65 + 0,56] = 66 \times 1.21 = 79.86 \quad (10)$$

$$\text{Lenguaje a utilizar C++} \left( \frac{LDC}{PF(\text{media})} \right) = 64. [36] \quad (11)$$

$$LDC = PF \times \frac{LDC}{PF(\text{media})} \quad (12)$$

Donde:

PF: Puntos de función

$\sum f_i$ : Valores de ajuste a la complejidad

LDC: Líneas de código

Sustituyendo en las ecuaciones (10) y (11) en (12)

$$LDC = 79.86 \times 64 = 5111.04 \approx 5,112 \quad (13)$$

Teniendo esto, calculamos las KLDC, que son los miles de líneas de código:

$$KLDC = \frac{LDC}{1000} \quad (14)$$

Sustituyendo (13) en (14)

$$KLDC = \frac{5,112}{1000} = 5.112 \quad (15)$$



**Modelo de estimación COCOMO**

Barry Boehm, en su libro sobre “economía de la ingeniería del software”, introduce una jerarquía de modelos de estimación de software con el nombre de COCOMO, por Constructive Cost Model (Modelo Constructivo de Coste) [36].

Dado que el producto está en su primera fase de construcción, se utilizará COCOMO básico, el cual calcula el esfuerzo (y el coste) del desarrollo de software en función del tamaño del programa, expresada en las líneas estimadas de código (LDC).

Los modelos COCOMO están definidos para tres tipos de proyectos:

- Modo orgánico: Proyectos de software relativamente pequeño y sencillo.
- Modo semiacoplado: Proyectos de software intermedio, con variados niveles de experiencia, que deben satisfacer requisitos poco o medio rígido.
- Modo empotrado: proyectos de software que deben ser desarrollados en un conjunto de hardware, software y restricciones operativas muy restringidas [36].

Debido al que el proyecto no es pequeño, y tampoco requiere restricciones operativas muy restringidas, se ha seleccionado el modo semiacoplado, puesto que sí tiene requisitos medianamente rígidos.

En la siguiente tabla podemos notar el uso de COCOMO Básico debido a la complejidad del trabajo.

<b>Modelo COCOMO</b>	<b>Básico</b>			
Proyecto de software	a <sub>b</sub>	b <sub>b</sub>	c <sub>b</sub>	d <sub>b</sub>
Orgánico	3.2	1.05	2.5	0.38
Semiacoplado	3.0	1.12	2.5	0.35
Empotrado	2.8	1.2	2.5	0.32

Tabla 14. Modelo COCOMO.

Posteriormente se procede a realizar las ecuaciones de COCOMO básico:

Esfuerzo (dado en persona-mes)

$$E = a_b KLDC^{b_b} \tag{16}$$

Sustituyendo los valores de la tabla de COCOMO básico en (16), se tiene

$$E = (3.0) (5.112^{1.12}) = 18.6528 \frac{\text{persona}}{\text{mes}} \tag{17}$$

Posteriormente se calcula el tiempo de desarrollo (en meses) mediante la siguiente fórmula

$$t_d = c_b E^{d_b} \tag{18}$$

Sustituyendo los valores de la tabla de COCOMO básico en (18), se tiene

$$t_d = (2.5) (18.6527^{0.35}) = 6.961 \approx 7 \text{ meses} \quad (19)$$

Pero, debido la duración que tendrá este trabajo, el tiempo será de 9 meses.

Por medio de las dos ecuaciones previamente utilizadas, se pueden obtener la cantidad de personas requeridas para realizar el proyecto

$$P = \frac{E}{t} \quad (20)$$

Sustituyendo (17) y (19) en (20)

$$P = \frac{18.6527}{9} = 2.0725 \approx 2 \text{ personas} \quad (21)$$

Los resultados arrojan que el tiempo en el que se debe desarrollar el proyecto en 9 meses con 2 personas.

### Precio estimado de desarrollo del sistema

Con base en los resultados que obtuvimos al realizar la estimación de COCOMO, se realizará un estimado del precio de desarrollo sistema (PS) mediante la siguiente fórmula:

$$PS = StP \quad (22)$$

Donde S = al salario medio de un profesionista en pesos brutos mensuales.

A partir de una recopilación de SG Buzz de estudios de salarios en noviembre del 2014 por medio de páginas como México FIRST, KELLY Services, Softtek, Dawcons, el salario medio de un profesionista de software en esta región del Distrito Federal es de \$26,000 M.N. pesos brutos mensuales [37].

Sustituyendo el dato anterior, (19) y (21) en (22)

Tiempo de desarrollo = 9 meses

Número de personas = 2 personas

Salario bruto mensual = \$26,000 pesos brutos mensuales

$$PS = (26,000)(9) (2) = \$468,000 \text{ M.N} \quad (23)$$

Por lo tanto:

Precio de desarrollo del Sistema = \$468,000 M.N.

### Precio equipo de desarrollo

Aunado al costo de desarrollo del sistema, también tenemos el costo de todas aquellas herramientas o equipos utilizados, a continuación, se muestra en la tabla 15 los equipos ocupados, así como sus características y el precio.

Cantidad	Equipo	Características	Precio
1	Laptop Toshiba Satellite U40T-A4168SM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesador Intel Core i3-4010U (1.7 GHz) 4ta Generación</li> <li>• Memoria 6 GB DDR3L</li> <li>• D.D. de 500 GB,</li> <li>• Video Intel HD Graphics 4400</li> <li>• Windows 8.1 (64 Bits)</li> </ul>	\$12, 999.00 M.N.
1	Laptop Toshiba Tecra A10-S3501	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Core 2 Duo T9400 (2.53 Ghz)</li> <li>• 4 GB</li> <li>• 200Gb</li> <li>• Windows Vista (32 bits)</li> <li>• HDD NVIDIA NVS 150M</li> </ul>	\$2,000.00 M.N.
Precio total			\$14, 999.00 M.N.

Tabla 15. Equipos utilizados para el desarrollo de este proyecto.

### Precio equipo para el uso del sistema

El sistema necesita una computadora o laptop para su funcionamiento. El sistema no consta de operaciones que necesite mucho procesamiento, por lo cual una computadora básica será lo ideal, de tal manera que reduciríamos costos.

Equipo	Características	Precio
Laptop Toshiba Tecra A10-S3501	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Core 2 Duo T9400 (2.53 Ghz)</li> <li>• 4 GB</li> <li>• 200Gb</li> <li>• Windows Vista (32 bits)</li> <li>• HDD NVIDIA NVS 150M</li> </ul>	\$2,000.00 M.N.

Tabla 16. Equipo utilizado en el sistema

**Precio servicios**

Servicio	Características	Precio por mensual	Precio total
Paquete Telmex (Internet y telefonía)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infinitum (Exceso de velocidad)</li> <li>• 150 Minutos a celular 044 y 045</li> <li>• 100 Llamadas locales</li> <li>• 150 Minutos LADA a EE.UU.</li> <li>• 50 Minutos LADA Mundial</li> <li>• 1 TB en Nube</li> <li>• Larga Distancia Nacional gratuita</li> </ul>	\$399.00 M.N.	\$3,591.00 M.N.
Luz		Varía según las tarifas establecidas por la CFE	\$5, 423.26 M.N.
Precio total			\$9,014.26 M.N.

Tabla 17. Precio de los servicios.

**Luz (CFE)**

La compañía de luz tiene las siguientes tarifas de cobro de acuerdo a los lineamientos marcados.

Tarifa 5A													
CARGOS POR ENERGÍA (\$/KWH)													
Tensión	Dic./2014	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Media	2.315	2.326	2.337	2.348	2.359	2.37	2.381	2.393	2.405	2.417	2.429	2.441	2.453
Baja	2.755	2.768	2.781	2.794	2.807	2.821	2.835	2.849	2.863	2.877	2.891	2.905	2.919

Tabla 18. Tarifas compañía de luz CFE.

La estimación se creó con 8 horas diarias, la cantidad de días que tenga el mes, por los factores que tenemos en la tabla anterior.

Periodo	Precio
agosto 15	\$596.44 M.N.
septiembre 15	\$580.08 M.N.
octubre 15	\$602.392 M.N.
noviembre 15	\$585.84 M.N.
diciembre 15	\$608.344 M.N.
enero 16	\$618.512 M.N.
febrero 16	\$601.20 M.N.
marzo 16	\$623.968 M.N.
abril 16	\$606.48 M.N.
Precio total	\$5, 423.26 M.N.

Tabla 19. Precios de acuerdo con los datos de la CFE.

**Precio artículos papelería****Artículos de papelería**

Cantidad	Producto	Precio	Precio total
1	Computadora a escala	\$50.00 M.N.	\$50.00 M.N.
1	Escritorio para computadora	\$46.90 M.N.	\$46.90 M.N.
1	Pliego de papel batería	\$45.50 M.N.	\$45.50 M.N.
1	Coche a escala	\$36.66 M.N.	\$36.66 M.N.
1	Bote silicón frío 250 ml	\$36.90 M.N.	\$12.00 M.N.
1	Pistola de silicón	\$54.00 M.N.	\$30.00 M.N.
1	Paquete Tubo silicón Pascua	\$16.00 M.N.	\$16.00 M.N.
1	Madera balsa #4	\$11.50 M.N.	\$11.50 M.N.
1	Bote VINCI pintura plateada	\$19.50 M.N.	\$19.50 M.N.
1	Metro de cable	\$2.00 M.N.	\$2.00 M.N.
1	Cutter	\$15.00 M.N.	\$15.00 M.N.
1	Tijeras	\$25.00 M.N.	\$25.00 M.N.
1	Pincel	\$10.00 M.N.	\$10.00 M.N.
1	Paquete palo de madera	\$22.50 M.N.	\$22.50 M.N.
1	Pliego papel bond verde	\$1.14 M.N.	\$1.14 M.N.
1	Impresión a color	\$8.00 M.N.	\$8.00 M.N.
Precio total			\$400.60 M.N.

Tabla 20. Precio de artículos de papelería.

**Impresiones**

Cantidad	Característica	Precio	Precio total
400	Impresiones B/N	\$0.59 M.N.	\$236.50 M.N.
1	Impresión medio plotter	\$30.00 M.N.	\$30.00 M.N.
6	Impresión en CD (incluye venta CD)	\$50.00 M.N.	\$300.00 M.N.
Precio total			\$566.50 M.N.

Tabla 21. Precio impresiones.

Precio total papelería = \$966.60 M.N.

*Precio prototipo 1***Circuitos Rectificador, Regulador 5 V, Regulador 12 V.**

Cantidad	Característica	Precio	Total
3	Placa 5x5	\$ 5.00 M.N.	\$ 15.00 M.N.
3	Papel couche	\$ 2.00 M.N.	\$ 6.00 M.N.
1	Cloruro férrico	\$28.00 M.N.	\$28.00 M.N.
2	LM350T	\$ 17.50 M.N.	\$ 35.00 M.N.
2	TIP41C	\$ 15.00 M.N.	\$ 30.00 M.N.
2	R220w2	\$ 4.50 M.N.	\$ 9.00 M.N.
4	Capacitor 1 $\mu$ F	\$ 1.50 M.N.	\$ 6.00 M.N.
2	Capacitor 0.1 $\mu$ F	\$ 2.00 M.N.	\$ 4.00 M.N.
1	Cable clavija	\$ 15.00 M.N.	\$ 15.00 M.N.
1	Transformador 12 V 3 AM	\$ 165.00 M.N.	\$ 165.00 M.N.
2	R1k w1/2	\$ 0.50 M.N.	\$ 1.00 M.N.
2	R330 w1/2	\$ 0.50 M.N.	\$ 1.00 M.N.
1	R560 w1/2	\$ 0.50 M.N.	\$ 0.50 M.N.
4	Diodos 1N5400	\$ 3.00 M.N.	\$12.00 M.N.
1	Capacitor 3300 $\mu$ F	\$ 7.00 M.N.	\$ 7.00 M.N.
1	R1k w1	\$ 1.00 M.N.	\$ 1.00 M.N.
1	Mica transistor	\$ 2.00 M.N.	\$ 2.00 M.N.
1	Disipador de calor transistor	\$ 29.00 M.N.	\$ 29.00 M.N.
1	Disipador de aluminio	\$8.00 M.N.	\$8.00 M.N.
Precio total			\$ 376.50 M.N.

Tabla 22. Precio circuitos, rectificador y reguladores

**Módulo de lectura**

Cantidad	Característica	Precio	Total
1	Ventilador 12 V	\$ 65.00 M.N.	\$ 65.00 M.N.
1	Caimán	\$ 10.00 M.N.	\$ 10.00 M.N.
1	Tubo PVC 4 in 1.5 mts	\$ 45.00 M.N.	\$ 45.00 M.N.
4	Metro manguera gasolina motocicleta	\$ 15.00 M.N.	\$ 60.00 M.N.
1	Motoreductor	\$ 55.00 M.N.	\$ 55.00 M.N.
3	Tapa de PVC	\$ 15.00 M.N.	\$ 45.00 M.N.
1	Cemento para tubo de PVC	\$ 85.00 M.N.	\$ 85.00 M.N.
2	LED'S	\$1.50 M.N.	\$3.00 M.N.
1	USB Hembra-Macho	\$15.00 M.N.	\$15.00 M.N.
1	Extensión USB	\$15.00 M.N.	\$15.00 M.N.
3	RR330w1/2	\$0.50 M.N.	\$1.50 M.N.
1	Tubo silicón para plomería	\$31.00 M.N.	\$31.00 M.N.
2	Coples PVC	\$7.00 M.N.	\$14.00 M.N.
Precio total			\$446.00 M.N.

Tabla 23. Precio Módulo de lectura

**Circuito sensores**

Cantidad	Característica	Precio	Total
1	LCD	\$ 35.00 M.N.	\$ 35.00 M.N.
1	Módulo MQ7	\$ 130.00 M.N.	\$ 130.00 M.N.
1	Módulo MQ135	\$ 145.00 M.N.	\$ 145.00 M.N.
1	Arduino Mega	\$ 840.00 M.N.	\$ 840.00 M.N.
1	Módulo L298	\$ 100.00 M.N.	\$ 100.00 M.N.
Precio total			\$ 1,250.00 M.N.

Tabla 24. Precio circuito sensores

**Base sistema**

Cantidad	Característica	Precio	Total
1	Madera Triplay	\$ 145.00 M.N.	\$ 145.00 M.N.
4	Rueda para mueble	\$ 20.00 M.N.	\$ 80.00 M.N.
1	Varilla ¼ in	\$ 59.00 M.N.	\$ 59.00 M.N.
4	Rondanas ¼ in	\$ 10.00 M.N.	\$ 10.00 M.N.
4	Tuerca hexagonal ¼ in	\$ 19.91 M.N.	\$ 79.64 M.N.
4	Tuerca hexagonal fin ¼ in	\$ 20.60 M.N.	\$ 82.40 M.N.
1	Pintura aerosol	\$ 69.00 M.N.	\$ 69.00 M.N.
4	Topes aluminio	\$ 6.00 M.N.	\$ 24.00 M.N.
1	Paquete clavos	\$28.50 M.N.	\$28.50 M.N.
1	Paquete tornillos para máquina	\$21.00 M.N.	\$21.00 M.N.
Precio total			\$ 628.54 M.N..

Tabla 25. Precio base sistema

Precio total prototipo 1: \$2, 701.04 M.N.

**Precio prototipo 2****Circuitos Rectificador, Regulador 5 V, Regulador 12 V.**

Cantidad	Característica	Precio	Total
1	Placa 5x5	\$ 5.00 M.N.	\$ 15.00 M.N.
1	Papel couche	\$ 2.00 M.N.	\$ 6.00 M.N.
1	Cloruro férrico	\$28.00 M.N.	\$28.00 M.N.
1	LM7805	\$ 15.00 M.N.	\$ 15.00 M.N.
1	LM7812	\$ 15.00 M.N.	\$ 15.00 M.N.
1	Batería de motocicleta	\$ 395.00 M.N.	\$ 395.00 M.N.
2	Disipador de calor transistor	\$ 29.00 M.N.	\$ 29.00 M.N.
1	Disipador de aluminio	\$8.00 M.N.	\$8.00 M.N.
Precio total			\$ 526.00 M.N.

Tabla 26. Precio reguladores y batería



**Módulo de lectura**

Cantidad	Característica	Precio	Total
1	Ventilador 12 V	\$ 65.00 M.N.	\$ 65.00 M.N.
1	Caimán	\$ 10.00 M.N.	\$ 10.00 M.N.
1	Tubo PVC 4 in 1.5 mts	\$ 45.00 M.N.	\$ 45.00 M.N.
4	Metro manguera gasolina motocicleta	\$ 15.00 M.N.	\$ 60.00 M.N.
1	Motoreductor	\$ 55.00 M.N.	\$ 55.00 M.N.
3	Tapa de PVC	\$ 15.00 M.N.	\$ 45.00 M.N.
1	Cemento para tubo de PVC	\$ 85.00 M.N.	\$ 85.00 M.N.
2	LED'S	\$ 1.50 M.N.	\$ 3.00 M.N.
1	USB Hembra-Macho	\$ 15.00 M.N.	\$ 15.00 M.N.
1	Extensión USB	\$ 15.00 M.N.	\$ 15.00 M.N.
3	RR330w1/2	\$ 0.50 M.N.	\$ 1.50 M.N.
1	Tubo silicón para plomería	\$ 31.00 M.N.	\$ 31.00 M.N.
2	Coples PVC	\$ 7.00 M.N.	\$ 14.00 M.N.
Precio total			\$ 446.00 M.N.

Tabla 27. Precio Módulo de lectura

**Circuito sensores**

Cantidad	Característica	Precio	Total
1	LCD	\$ 35.00 M.N.	\$ 35.00 M.N.
1	Módulo MQ7	\$ 130.00 M.N.	\$ 130.00 M.N.
1	Módulo MQ135	\$ 145.00 M.N.	\$ 145.00 M.N.
1	Arduino Mega	\$ 840.00 M.N.	\$ 840.00 M.N.
1	Módulo L298	\$ 100.00 M.N.	\$ 100.00 M.N.
Precio total			\$ 1,250.00 M.N.

Tabla 28. Precio circuito sensores

**Base sistema**

Cantidad	Característica	Precio	Total
1	Madera Triplay	\$ 145.00 M.N.	\$ 145.00 M.N.
4	Rueda para mueble	\$ 20.00 M.N.	\$ 80.00 M.N.
1	Varilla ¼ in	\$ 59.00 M.N.	\$ 59.00 M.N.
4	Rondanas ¼ in	\$ 10.00 M.N.	\$ 10.00 M.N.
4	Tuerca hexagonal ¼ in	\$ 19.91 M.N.	\$ 79.64 M.N.
4	Tuerca hexagonal fin ¼ in	\$ 20.60 M.N.	\$ 82.40 M.N.
1	Pintura aerosol	\$ 69.00 M.N.	\$ 69.00 M.N.
4	Topes aluminio	\$ 6.00 M.N.	\$ 24.00 M.N.
1	Paquete clavos	\$ 28.50 M.N.	\$ 28.50 M.N.
1	Paquete tornillos para máquina	\$ 21.00 M.N.	\$ 21.00 M.N.
Precio total			\$ 628.54 M.N..

Tabla 29. Precio base sistema

Precio total prototipo 2: \$2, 797.54 M.N.

*Precio total del sistema del prototipo 1*

Sistemas	Precio
Prototipo 1	\$2, 701.04 M.N.
Desarrollo proyecto	\$468, 000.00 M.N.
Equipos de desarrollo	\$14, 999.00 M.N.
Servicios	\$9, 014.26 M.N.
Papelería	\$966.60 M.N.
Equipo para el uso del sistema	\$2, 000.00 M.N.
Precio Total	\$497, 680.90 M.N.

Tabla 30. Precio total del sistema del prototipo 1

*Precio total del sistema del prototipo 2*

Sistemas	Precio
Prototipo 1	\$2, 797.54 M.N.
Desarrollo proyecto	\$468, 000.00 M.N.
Equipos de desarrollo	\$14, 999.00 M.N.
Servicios	\$9, 014.26 M.N.
Papelería	\$966.60 M.N.
Equipo para el uso del sistema	\$2, 000.00 M.N.
Precio Total	\$497, 777.40 M.N.

Tabla 31. Precio total del sistema del prototipo 2.

## Análisis de riesgos

Se identificaron los riesgos que pueden presentarse en el sistema, tanto aquellos de fabricación, como de uso, para de esta manera analizar la viabilidad de la creación del proyecto, además de poder crear planes de contingencia e intentar evitar problemas o contrarrestarlos.

En el contexto del estudio de análisis de riesgos definiremos los componentes de riesgo de la siguiente manera:

- Riesgo de rendimiento: Grado de incertidumbre con el que producto encontrara sus requisitos y se adecue para su empleo pretendido.
- Riesgo de costo: Grado de incertidumbre que mantendrá el presupuesto de proyecto.
- Riesgo de soporte: Grado de incertidumbre de la facilidad de software para corregirse, adaptarse y ser mejorado.
- Riesgo de la planificación temporal: Grado de incertidumbre con el que se podrá mantener la planificación temporal y de que el producto se entregue a tiempo.

En la tabla 32 se puede observar la tabla de riesgos, en la cual se realiza el análisis de riesgos, identificamos la categoría de riesgos, la probabilidad de ocurrencia de esta, el impacto que tendría en nuestro proyecto si el riesgo llegase a ocurrir y un plan de contingencia en caso de que el caso llegase a ocurrir.

Análisis de riesgo					
ID	Riesgos	Categoría	Probabilidad	Impacto	RSGR
R01	Mala comunicación con los integrantes del proyecto	PD	100%	2	Realizar un calendario de actividades, y tener una comunicación constante.
R02	Mala comunicación con el cliente	PD	30%	3	Revisar dudas puntuales constantemente.
R03	El usuario no está capacitado para operar el sistema	SS	20%	2	Brindar capacitación al usuario.
R04	Problemas de salud de alguno de los integrantes.	SS	10%	2	Dividir las actividades con las personas restantes para entregar objetivos en tiempo.
R05	Avería del sensor al momento de la realización del proyecto	DE	40%	2	Comprar nuevamente los sensores.
R06	Fallo en la lectura de los sensores	DE	40%	2	Hacer pruebas de verificación del funcionamiento.
R07	Pérdida de datos entregados por los sensores	DE	40%	2	Verificar que las condiciones de los sensores sean óptimas.

R08	Un sensor se llegará a averiar durante la evaluación	DE	20%	2	Tener soporte para el sistema de la manera más inmediata posible.
R09	El automóvil no se presenta en condiciones adecuadas para realizar la prueba	BI	20%	4	Informar con anticipación al usuario de los requisitos para hacer uso del servicio.
R10	Recursos financieros insuficientes	SC	30%	2	Solicitar préstamo.
R11	Aplazo en la entrega de recursos necesarios para la realización del proyecto	PD	20%	2	Mandar a pedir los sensores con anticipación. Buscar métodos indirectos para la medición de los gases contaminantes.
R12	La computadora no cuenta con la tecnología necesaria.	TB	25%	3	Comunicar los requisitos de hardware y software para el uso del sistema.
R13	La conexión del hardware con el software sufra algún averió.	DE	10%	2	Tener soporte para el sistema de la manera más inmediata posible.
R14	Fallo al realizar la conexión de hardware con el software al momento de la realización del proyecto	DE	20%	1	Realizar pruebas de manera separada del hardware y software para descartar posibles fallos en alguno de ellos.
R15	El equipo de enfriamiento sufra algún averió	DE	10%	1	Tener soporte para el sistema de la manera más inmediata posible.
R16	El equipo de enfriamiento no funcione adecuadamente.	TB	30%	2	Verificar que las temperaturas disminuyan de tal manera que los sensores soporten.

Tabla 32. Análisis de riesgos.

Valores de impacto: 1: Catastrófico, 2: Crítico, 3: Marginal, 4: Despreciable.

Categorías de los riesgos: BI: Impacto del negocio, DE: Medio de desarrollo, SS: Capacitación y tamaño del personal, PD: Definición del proceso, PS: Tamaño del producto, SC: Características de los participantes, TB: Tecnología a crear.

Para tener un mejor entendimiento de la tabla anterior, describimos en las siguientes tablas los valores de probabilidad de ocurrencia y los valores de impacto.

Los valores de probabilidad de ocurrencia utilizados en la tabla de análisis de riesgos, como se puede observar en la tabla 33 el 1% es la probabilidad de ocurrencia bajo y el 99% es la probabilidad de ocurrencia alto, cabe destacar que el 0% y el 100% no son tomados como valores de probabilidad.

Probabilidad de ocurrencia	
Probabilidad de ocurrencia	Alfás
1% - 10%	Muy bajo
11% - 20%	Bajo
21% - 35%	Bajo-Medio
36% - 55%	Medio
56% - 80%	Medio-Alto
81% - 90%	Alto
91% - 99%	Muy Alto

Tabla 33. Probabilidad de impacto de riesgo.

Los valores de impacto utilizados fueron los siguientes:

Valores de impacto		
ID	Clasificación	Descripción
1	Catastrófico	Si llegará a presentarse algún riesgo de este tipo daría por terminado y se consideraría fracaso por lo cual se debería volver a planificar sus bases (tecnologías y requisitos) y comenzar de nuevo el proyecto.
2	Serio	Este tipo de impacto es muy perjudicial para el proyecto, ya que no sólo e perderá el tiempo y recursos el trabajo, sino que también puede llegar a posponer el tiempo de realización del proyecto o incluso a hacer un replanteamiento de la solución del problema.
3	Tolerable	Es aquel impacto en el cual aun incluyendo el problema no afecta de manera significativa al proyecto pudiendo superarse completamente sin embargo nos hará perder tiempo y recursos, además de hacer el rediseño de algunos módulos.
4	Despreciable	Es un tipo de impacto que llega a general problemas pero no tiene relevancia ya que sólo afecta parcialmente en módulos o entidades que no son de gran importancia para el funcionamiento del proyecto.

Tabla 34. Impacto de riesgo.

Una vez identificado los problemas que se pueden presentar en el proyecto, procedemos a la realización del semáforo de riesgos, como se puede observar en la tabla 35, éste indica los niveles en los que se encuentran ubicados todos los riesgos previamente identificados del proyecto. Basándonos en la probabilidad y en el valor de impacto ubicaremos los riesgos y así podremos la viabilidad de la realización de este proyecto.

		Insuficiente	Menor	Moderado	Mayor	Extremo
		1	2	3	4	5
<b>Raro</b>	1	R09	R12	R03 R13	R01 R04 R08 R15	R14
<b>Casi nunca</b>	2		R02	R11	R10 R12 R16	
<b>Moderado</b>	3			R05 R06 R07	R13	
<b>Mayormente</b>	4					
<b>Casi seguro</b>	5					

Tabla 35. Semáforo en base al análisis de riesgos.

### Planes de contingencia

A continuación, se muestran la hoja de información de los riesgos con sus respectivos planes de contingencia detallados, estos siempre deben de ser contemplados en caso de que algún riesgo llegase a ocurrir, para de esta manera poder eliminar o mitigar los riesgos de ser alarmantes para la realización del proyecto.

Hoja de información de riesgo			
<b>ID: R01</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 10%	Impacto: Catastrófico
Descripción: Mala comunicación con los integrantes del proyecto.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Conflictos debido a tiempo insuficiente para reuniones formales de requisitos para identificar el ámbito de proyecto.			
Subcondición 2: Conflictos con los horarios para realizar reuniones y revisiones del proyecto.			
Subcondición 3: Diferencias en las opiniones en el cómo realizar el proyecto.			
Reducción/supervisión:			
1. Utilizar medios tecnológicos de ser necesario como última opción para realizar reuniones de esta manera el cliente podrá comunicarse con los desarrolladores.			
2. Acordar una hora para así poder corroborar los requisitos necesarios de manera presencial o usando medios tecnológicos.			
3. Hacer una lluvia de ideas y después de manera democrática tomar decisiones.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Revisar puntualmente y de manera constante el sistema en conjunto con el cliente.			

Tabla 36. Hoja de información de riesgo R01. Mala comunicación entre los integrantes.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R02</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 30%	Impacto: Marginal
Descripción: Mala comunicación con el cliente.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Conflictos debido a tiempo insuficiente para reuniones formales de requisitos para identificar el ámbito de proyecto.			
Subcondición 2: Conflictos con los horarios para realizar reuniones y revisiones del proyecto.			
Subcondición 3: Dificultades para el cliente de tener una idea formal de lo es el proyecto y lo que éste requiere.			
Subcondición 4: Dificultades para la adaptación a la forma de trabajar del cliente.			
Reducción/supervisión:			
1. Utilizar medios tecnológicos de ser necesario como última opción para realizar reuniones de esta manera el cliente podrá comunicarse con los desarrolladores.			
2. Acordar una hora para así poder corroborar los requisitos necesarios de manera presencial o usando medios tecnológicos.			
3. Preguntar puntualmente y hacer sugerencias al cliente de esta manera podrían las dos partes entender de una mejor manera el proyecto.			
4. Interactuar de manera continua con el cliente para ver su forma de trabajo e intentar adaptarse a él.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Revisar puntualmente y de manera constante el sistema en conjunto con el cliente.			

Tabla 37. Hoja de información de riesgo R02. Mala comunicación con el cliente.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R03</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 20%	Impacto: Marginal
Descripción: El usuario no está capacitado para operar el sistema.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Falta de información para operar el equipo, en el manual de usuario.			
Subcondición 2: Falta de capacitación del personal que estará usando el sistema.			
Reducción/supervisión:			
1. Informar de manera clara y concisa acerca de cómo se debe operar el sistema, de esta manera se evitan confusiones por parte del usuario.			
2. Capacitar a los usuarios que estarán usando el sistema, acerca de las funciones y las medidas de seguridad que deben tomarse al usar el sistema.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Brindar capacitación al usuario sobre todo lo que implica el sistema, para que éste pueda operarlo.			

Tabla 38. Hoja de información de riesgo R03. El usuario no está capacitado para operar el sistema.

Hoja de información de riesgo			
<b>ID: R04</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 10%	Impacto: Crítico
Descripción: Problemas de salud grave de alguno de los integrantes del equipo durante la realización del trabajo.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Alguno de los integrantes padece de alguna enfermedad de gravedad y por lo tanto no pueda contribuir a la realización del proyecto.			
Reducción/supervisión:			
1. Redistribuir la carga del trabajo para evitar retrasos y entregar el trabajo en tiempo y forma cumpliendo los objetivos.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Dividir las actividades que estaban a cargo del integrante, para así cubrir con todas las tareas previamente programadas.			

Tabla 39. Hoja de información de riesgo R04. Problemas de salud de algún integrante del equipo.

Hoja de información de riesgo			
<b>ID: R05</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 40%	Impacto: Crítico
Descripción: Avería de algún sensor al momento de la realización del proyecto.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Mala realización de cálculos para el funcionamiento de este.			
Subcondición 2: El sensor haya salido defectuoso de fábrica.			
Subcondición 3: Descuido en el armado del acondicionamiento del sensor.			
Reducción/supervisión:			
1. Simular los circuitos para disminuir el margen de error, de esta manera podemos observar posibles fallos.			
2. Realizar pruebas básicas antes de conectar al circuito de acondicionamiento para ver el buen funcionamiento del sensor.			
3. Verificar antes de empezar la etapa de pruebas, el buen armado del circuito de acondicionamiento.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Comprar nuevos sensores, para la realización de los circuitos.			

Tabla 40. Hoja de información de riesgo R05. Avería de algún sensor durante el proyecto.



Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R06</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 40%	Impacto: Crítico
Descripción: Fallo en la lectura de los sensores.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Problemas con el acondicionamiento del sensor.			
Subcondición 2: Condiciones no óptimas del sensor.			
Subcondición 3: Mal funcionamiento del circuito.			
Reducción/supervisión:			
1. Realizar pruebas con los sensores previos y posteriores al diseño del circuito de acondicionamiento.			
2. Revisar de manera física que el sensor esté en condiciones óptimas para su funcionamiento.			
3. Realizar simulación de los diseños del circuito, bajo situaciones ideales, y probar su funcionamiento.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Hacer pruebas de verificación de su funcionamiento previo al acondicionamiento del circuito, así como posteriores, para poder de esta manera reducir los riesgos del fallo de la conexión.			

Tabla 41. Hoja de información de riesgo R06. Fallo en la lectura de sensores.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R07</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 40%	Impacto: Crítico
Descripción: Pérdida de datos entregados por los sensores.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Condiciones no idóneas del medio para que los sensores se encuentren operando.			
Subcondición 2: Condiciones no óptimas del sensor.			
Reducción/supervisión:			
1. Revisar que se encuentre en las condiciones idóneas el medio en el que se encuentran los sensores.			
2. Revisar de manera física que el sensor esté en condiciones óptimas para su funcionamiento.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Verificar que las condiciones sean óptimas y realizar una inspección del sensor y del medio que se encuentra.			

Tabla 42. Hoja de información de riesgo R07. Pérdida de datos entregados por los sensores.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R08</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 20%	Impacto: Crítico
Descripción: Avería del sensor durante la evaluación			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Condiciones no idóneas del medio para que los sensores se encuentren operando.			
Subcondición 2: Condiciones no óptimas del sensor.			
Subcondición 3: Sobrecarga de los circuitos.			
Reducción/supervisión:			
1. Revisar que se encuentre en las condiciones idóneas el medio en el que se encuentran los sensores.			
2. Revisar de manera física que el sensor esté en condiciones óptimas para su funcionamiento.			
3. Revisar si es que no hay algún tipo de sobrecarga en el circuito. Probar el funcionamiento del sensor y en caso de que funcione hacer soporte, en caso contrario tener un sensor para reemplazar.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Verificar que las condiciones sean óptimas y realizar una inspección del sensor y del medio que se encuentra. Realizar soporte de la manera más inmediata posible. Tener un sensor de emergencia para poder reemplazar el sensor averiado.			

Tabla 43. Hoja de información de riesgo R08. Avería del sensor durante la evaluación.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R09</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 20%	Impacto: Despreciable
Descripción: El automóvil no se presenta en condiciones adecuadas para realizar la prueba.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: El usuario tomo en cuenta los requisitos para hacer dichas pruebas.			
Subcondición 2: El automóvil tenga algún problema que sea desconocido por el usuario.			
Reducción/supervisión:			
1. Verificar que el automóvil realice sus funciones básicas			
2. Hacer la verificación física para descubrir posibles fallos, desconocidos por el usuario.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Informar al usuario de los requisitos que debe cumplir el automóvil. Realizar una rápida verificación física de los problemas que presentan comúnmente los automóviles.			

Tabla 44. Hoja de información de riesgo R11. El automóvil no se presenta en condiciones adecuadas.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R10</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 40%	Impacto: Catastrófico
Descripción: Recursos financieros insuficientes.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Debido a un error de cotización.			
Subcondición 2: Tipo de cambio.			
Subcondición 3: Pago a la aduana.			
Reducción/supervisión:			
1. Realizar una cotización con base a los requerimientos del sistema.			
2. El tipo de cambio aumente y no tener eso previsto en la cotización.			
3. Aduana retiene los recursos que se pretenden utilizar.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Obtener fondos de ventas o de actividades, solicitar un préstamo			

Tabla 45. Hoja de información de riesgo R12. Recursos financieros insuficientes.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R11</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 40%	Impacto: Crítico
Descripción: Aplazo en la entrega de los recursos necesarios para la realización del proyecto.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Detención de los recursos en la aduana.			
Subcondición 2: Entrega tardía de los recursos por parte del correo de la ciudad.			
Reducción/supervisión:			
1. Pedir con anticipación los sensores para evitar retrasando contemplando posibles contratiempos.			
2. Rastrear el paquete cuando se encuentre en la ciudad y de ser necesario ir por el paquete.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Pedir con anticipación los recursos que necesitarán ser transportados para tener contemplados posibles contratiempos.			

Tabla 46. Hoja de información de riesgo R13. Aplazo en la entrega de recursos necesarios.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R12</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 25%	Impacto: Marginal
Descripción: La computadora no cuenta con la tecnología necesaria.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Falta de actualización de la misma.			
Subcondición 2: El sistema utiliza características relacionadas con equipos recientes.			
Reducción/supervisión:			
1. Realizar las actualizaciones pertinentes para el buen funcionamiento de la computadora.			
2. Revisar cuales son las características mínimas necesarias para el funcionamiento del sistema.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Obtener un equipo que cuente con las características necesarias para ejecutar el sistema, las características están especificadas en las reglas de negocio.			

Tabla 47. Hoja de información de riesgo R14. La computadora no tiene la tecnología necesaria.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R13</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 10%	Impacto: Crítico
Descripción: La conexión del hardware con el software sufra algún averío.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Daños físicos de la conexión del sistema.			
Subcondición 2: Cambio del medio en el que se encuentran.			
Subcondición 3: Fallo en el hardware, no envía los datos correctos al software.			
Subcondición 4: Fallo en el software, no realiza bien los cálculos para obtener la información que requiere.			
Reducción/supervisión:			
1. Revisar que no existan daños físicos en la conexión.			
2. Verificar que las condiciones que se encuentra el sistema sean las adecuadas para su buen funcionamiento.			
3. Verificar el buen funcionamiento del hardware.			
4. Verificar el buen funcionamiento del software.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Tener soporte para el sistema de la manera más inmediata posible.			

Tabla 48. Hoja de información de riesgo R15 Averío en la conexión del hardware con el software.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R14</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 20%	Impacto: Crítico
Descripción: Fallo en la conexión del hardware con el software.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Daños físicos de la conexión del sistema.			
Subcondición 2: Cambio del medio en el que se encuentran.			
Subcondición 3: Fallo en el hardware, no envía los datos correctos al software.			
Subcondición 4: Fallo en el software, no realiza bien los cálculos para obtener la información que requiere.			
Subcondición 5: Mala elección de los recursos utilizados en el hardware.			
Reducción/supervisión:			
1. Revisar que no existan daños físicos en la conexión.			
2. Verificar que las condiciones que se encuentra el sistema sean las adecuadas para su buen funcionamiento.			
3. Verificar el buen funcionamiento del hardware.			
4. Verificar el buen funcionamiento del software.			
5. Revisar las diferentes posibilidades, para ver que no haya habido un error a la hora de la elección de los recursos, en caso de encontrar una mejor posibilidad utilizarla.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Revisar que todo esté conectado correctamente, en caso de ser así reconsiderar diferentes posibilidades para realizar esta conexión.			

Tabla 49. Hoja de información de riesgo R16. Fallo en la conexión del hardware con el software.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R15</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 10%	Impacto: Catastrófico
Descripción: El equipo de enfriamiento sufra algún averío.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Daños físicos en el equipo de enfriamiento.			
Reducción/supervisión:			
1. Revisar que no existan daños físicos en la conexión.			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Tener soporte para el sistema de la manera más inmediata posible.			

Tabla 50. Hoja de información de riesgo R17. El equipo de enfriamiento sufra algún averío.

Hoja de información de riesgo			
ID: <b>R16</b>	Fecha: 15/septiembre/2015	Probabilidad: 20%	Impacto: Catastrófico
Descripción: El equipo de enfriamiento no logre disminuir a la temperatura idónea.			
Refinamiento/contexto:			
Subcondición 1: Daños físicos en el equipo de enfriamiento.			
Subcondición 2: Mala construcción del equipo de enfriamiento.			
Subcondición 3: Mala elección de los materiales usados en la construcción del equipo de enfriamiento			
Reducción/supervisión:			
1. Revisar que no existan daños físicos.			
2. Verificar que tenga la construcción del equipo de enfriamiento sea de calidad.			
3. Reconsiderar utilizar otros materiales para el equipo de enfriamiento			
Gestión/Plan de contingencia/acción: Verificar que las temperaturas disminuyan de tal manera que los sensores soporten.			

Tabla 51. Hoja de información de riesgo R18. No lograr disminuir la temperatura.

## Requerimientos del sistema

La información utilizada para el análisis de los requerimientos fue recopilada gracias a las técnicas de recolección: revisión de registros.

La revisión de registros fue recaudada de páginas oficiales del gobierno del Distrito Federal en donde se detallan las funciones que se llevan a cabo en un verificentro y las normas de cuanto son los niveles de contaminación que los automóviles no deben sobrepasar, de la OMS donde nos indican los daños perjudiciales que tienen estos contaminantes a la salud.

No se descarta que con el posible crecimiento del sistema puedan llegar a surgir e incluso eliminarse algunos de los requerimientos del sistema, sin embargo, siempre deben cumplir el objetivo y apegarse a los recursos humanos, tecnológicos y financieros disponibles.

### Reglas de negocio

ID	Descripción
RN1	Capacitar al personal para el uso adecuado del sistema.
RN2	El vehículo a evaluar, tiene que correr a 4,000 revoluciones (rpm) para obtener las lecturas adecuadas del sistema.
RN3	El sistema se limitará a la ZMVM.
RN4	Se deben respetar los lineamientos establecidos por la NOM-041-SEMARNAT-2014 para la emisión de gases contaminantes.
RN5	El sistema no debe permitir que se modifique el contenido de los resultados de la evaluación.
RN6	El usuario administrador será el único que podrá modificar datos dentro del sistema, sin ser estos los de los resultados de la evaluación.

Tabla 52. Reglas de negocio.

Los lineamientos establecidos por la NOM-041-SEMARNAT-2014 son los siguientes:

Año – Modelo vehicular	Hidrocarburos (HC hppm)	Monóxido de carbono (CO % vol.)	Oxígeno (O2 % vol.)	Óxidos de Nitrógeno (Nox ppm)	Dilución (CO+CO2 % vol.)		Factor Lamba máximo
					Mínimo	Máximo	
1990 y anteriores	350	2,5	2,0	2 500	13	16,5	1,05
1991 y posteriores	100	1,0	2,0	1 500	13	16,5	1,05

Equivalencias ppm o hppm ( $\mu\text{mol/mol}$ ) y % vol. ( $\text{cmol/mol}$ )

*Requerimientos funcionales*

ID	Nombre	Descripción
RF1	Arranque del motor	Encender el automóvil de forma que el motor se pueda inicializar.
RF2	Registro del automóvil	Generar un número de folio por cada automóvil que utilice sus servicios, el cual contendrá la matrícula, el fabricante, la marca y el modelo automóvil, y el e-mail del propietario, los cuales serán proporcionados por el usuario.
RF3	Reportes estadísticas	Generar un reporte de estadísticas, el cual puede ser de gases contaminantes, de la marca o modelo del automóvil o del sistema SARCOMOTOR.
RF4	Lectura de datos	Obtener, las señales provenientes de los gases contaminantes y la temperatura emitidas por el automóvil, para calcular los parámetros.
RF5	Alta del automóvil	Almacenar en la base de datos las características del vehículo.
RF6	Modificación de datos del automóvil	Modificar los datos, previamente dados de alta en la base de datos, de un automóvil por medio de su fabricante, marca y modelo
RF7	Autenticación de administrador	Introducir un usuario y contraseña correctos para poder ingresar como administrador.
RF8	Consulta de automóvil	Buscar por marca, modelo o fabricante las características de un automóvil en la base de datos.
RF9	Estado de sensores	Emitir una alerta que informe si está calibrado cada uno de los sensores y dinamómetro.
RF10	Comparación con las NOM	Se compara las emisiones contaminantes provenientes de los sensores, con las establecidas por las NOM-022-SSA1-2010.
RF11	Obtención de estadísticas	El administrador podrá obtener las estadísticas de los reportes generados.
RF12	Presentación de resultados LCD	El LCD mostrará los valores promedio de cada gas contaminante.

Tabla 53. Requisitos funcionales

**Requerimientos no funcionales**

ID	Nombre	Descripción
RNF1	Restricción	Únicamente los administradores podrán obtener estadísticas de los resultados, por lo cual tendrá una restricción de usuarios.
RNF2	Rendimiento	Debe tener un rendimiento tal que soporte el uso intensivo
RNF3	Disponibilidad	El sistema estará disponible en el momentos que los usuarios (previamente capacitados) lo requieran.
RNF4	Confidencialidad	Todos los datos proporcionados por los usuarios deben ser confidenciales, sólo el administrador podrá tener acceso a este tipo de datos, debe tomarse en cuenta que el administrador no podrá hacer mal uso de estos datos. El sistema deberá mantener la integridad de los datos personales de los usuarios siguiendo los estándares constitucionales.
RNF5	Usabilidad	El sistema manejará vistas interactivas lo cual hará que el usuario lo pueda usar con facilidad.
RNF7	Costo	El costo debe ser una recuperación de los recursos que se usan como lo es el personal de soporte. El costo será menor al de un analizador de gases.
RNF8	Concurrencia	El sistema realizará simultáneamente la medición de algunos de los gases más contaminantes para el medio ambiente, los cuales son encontrados en los automóviles a motores a gasolina.
RNF9	Mantenibilidad del sistema de simulación	El sistema deberá de tener un mantenimiento para resolver problemas si es que se llegasen a encontrar.
RNF10	Interfaz	Será una interfaz interactiva.

Tabla 54. Requisitos no funcionales

**Actores**

Actores	Descripción
<b>Automóvil</b>	Recibirá el servicio brindado por el sistema, el cual es solicitado por el usuario o responsable del automóvil.
<b>Usuario</b>	Interactúa con el sistema, realiza las solicitudes para la generación de reportes.

Tabla 55. Actores del sistema



# Capítulo 6

## Diseño

---

A continuación, se muestra el diseño del sistema SARCOMOTOR, el cual consta de dos partes, el diseño del software, el diseño del hardware.

- El diseño de software implica el diseño de un sistema de simulación.
- El diseño de hardware implica el diseño de los circuitos de los sensores, y del módulo de lectura.

### Diseño logo

El diseño del logotipo del sistema, lo primero fue crear una abreviación para el sistema por lo que “Sistema de apoyo en la reducción indirecta de emisores contaminantes de un motor a gasolina” fue abreviado a “SARCOMOTOR”. A partir de la abreviación de está fue que se creó el logotipo.

La fuente también es fundamental, es muy minimalista, el tipo de letra es Juice ITC.



*Figura 30. Isotipo del sistema.*

### *Elección de color*

La elección del color es muy importante ya que refleja el espíritu de la empresa, por lo cual se hizo una investigación acerca de los colores y su significado, de esta manera se podía hacer de una mejor manera la elección del color para la creación del logotipo [38].



#### **Verde**

El verde es el color del crecimiento, la renovación y el renacimiento. Está asociado con la salud, la frescura, la paz y la solución de los problemas ambientales.

Existen aproximadamente 100 tonalidades de este color, surge de la mezcla del color azul con el amarillo. Es un color muy versátil ya que dependiendo con que colores se le combine es que muestra aspectos positivos o negativos.



#### **Negro**

El negro es un color fuerte, asociado a la muerte, la violencia, el misterio, la elegancia y hasta cierto punto la sensualidad.

Existen aproximadamente 50 tonos de este color. El negro es la ausencia de los demás colores. En muchos aspectos es un color apreciado tanto por las personas jóvenes como por las mayores.



**Blanco**

El blanco es el color asociado a la inocencia, el bien, el espíritu y lo femenino. El blanco es la suma de todos los colores, por eso también simboliza la integridad. Asimismo, es el color de lo nuevo, los comienzos, el olvido, limpieza, la resurrección y la verdad.

Existen aproximadamente 67 tonos de este color. El blanco es el color del diseño minimalista, de la objetividad y la neutralidad. Simboliza el vacío y lo ligero.

Los colores utilizados para la creación del logo fueron los siguientes:

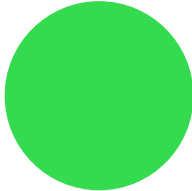
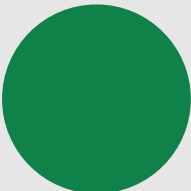
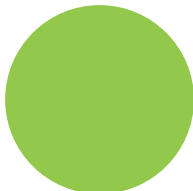
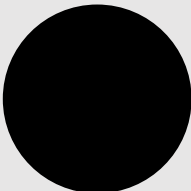
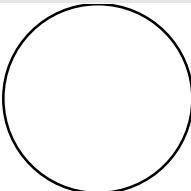
Color	Muestra	RGB	Hexadecimal
Verde		R: 53 G: 219 B: 78	#35DB4E
		R: 17 G: 129 B: 74	#11814B
		R: 146 G: 200 B: 76	#92C84C
Negro		R: 0 G: 0 B: 0	#000000
Blanco		R: 255 G: 255 B: 255	#FFFFFF

Tabla 56. Colores utilizados en el logo

El logotipo se compone por una llanta y una hoja, la llanta es un simbolismo para representar al automóvil y la hoja para representar a la naturaleza. En la figura 32 se muestra el logotipo del sistema.



Figura 31. Logotipo del sistema.

El isotipo se compone por el logotipo y el isotipo, a continuación se muestra el isotipo del sistema, se eligió de esta manera por su simplicidad, además los colores como anteriormente se mencionan son clave importante del diseño y la idea de ser amigable con el medio ambiente.



Figura 32. Isologotipo del sistema.

## Diseño del sistema

A continuación, se describe la arquitectura propuesta del sistema, así como los elementos que está contiene:

### Arquitectura del sistema

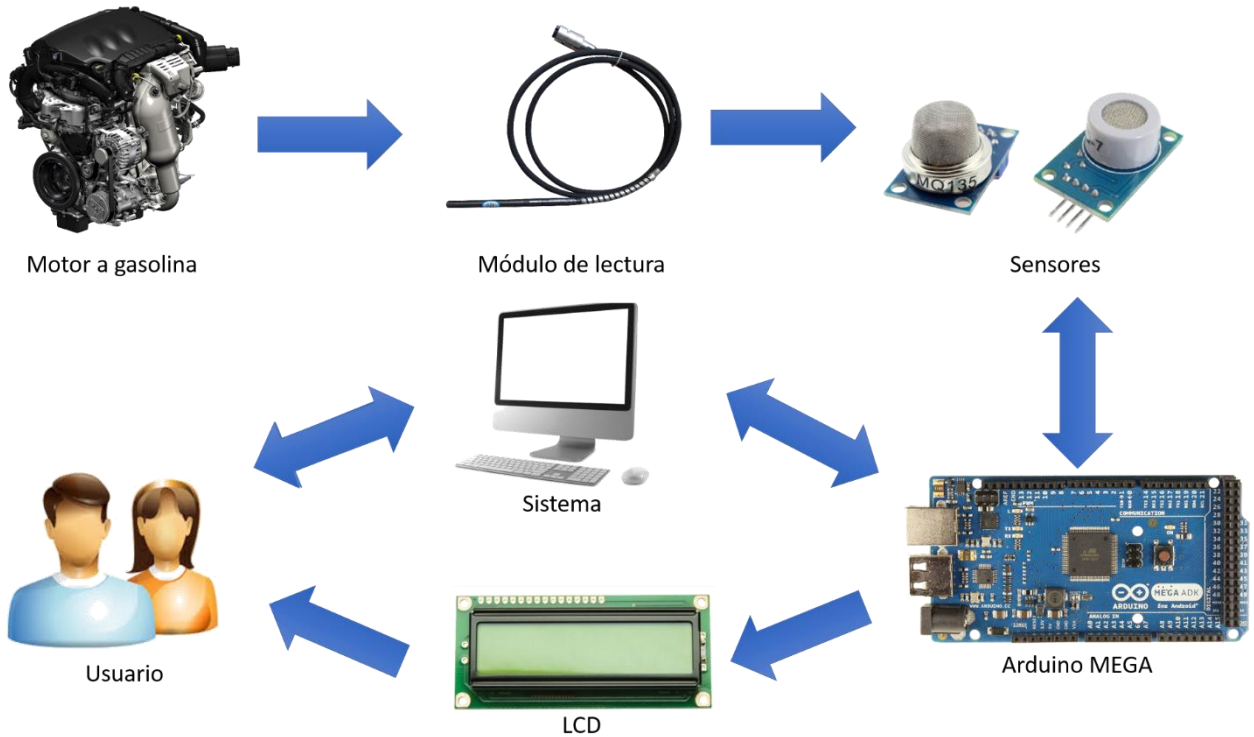


Figura 33.Arquitectura del sistema.

El motor a gasolina emite los gases que posteriormente pasan por el módulo de lectura, son medidos por los sensores y los datos se envían al Arduino, de ahí los datos recopilados y se envían al sistema o a la LCD para que el usuario pueda visualizarlos.

Arquitectura del sistema	Función
Motor a gasolina	Es el que genera los gases contaminantes y los expulsa a través del tubo de escape.
Módulo de lectura	Se encarga de enfriar los gases contaminantes para que los sensores soporten su temperatura.
Sensores	Los sensores son los encargados de hacer la medición de los distintos gases contaminantes.
Arduino Mega	El Arduino es el encargado de transformar los datos y procesar la información y enviarlo a la computadora y el LCD.
LCD	Muestra la información una vez que el Arduino se la envía.
Sistema simulación	Muestra la información y hace el procesamiento de datos para las estadísticas
Usuario	El que solicita el servicio y visualiza la información.

Tabla 57. Función partes arquitectura de sistema.

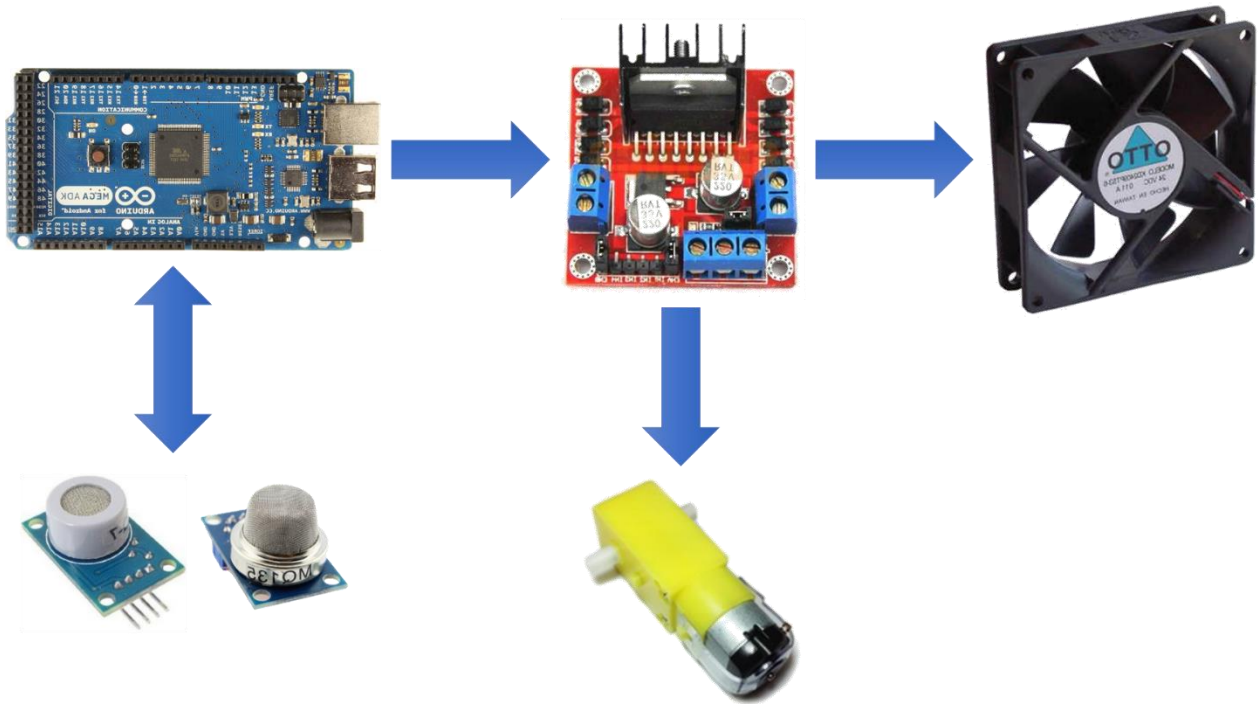


Figura 34. Diagrama bloques del Arduino

El Arduino se conecta tanto a los sensores como a un puente H que mueve un motor y un ventilador. El motor tiene la función de abrir y cerrar una compuerta, a su vez esta compuerta tiene la función de obturación del gas cuando se encuentra cerrada y cuando está se encuentra abierta se hará la ventilación, ya que el ventilador enciende únicamente cuando la compuerta se encuentra abierta.

Diagrama de casos de uso general

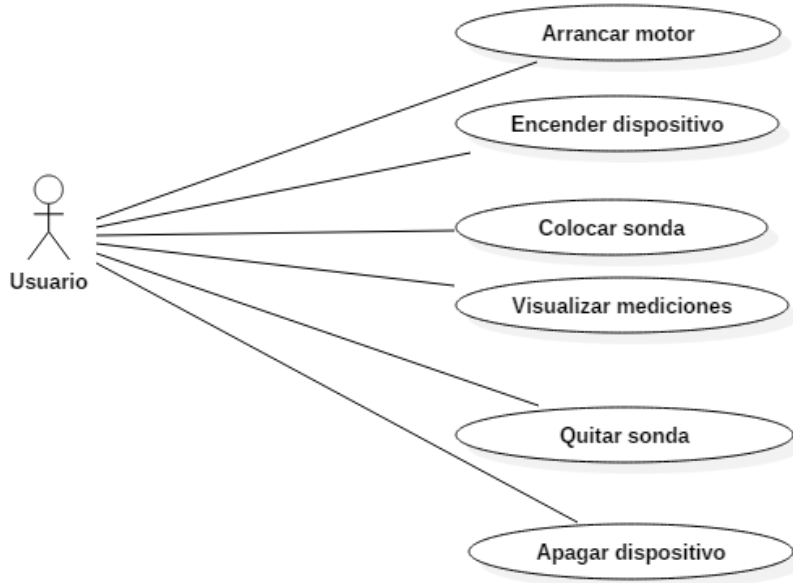


Figura 35. Diagrama de casos de uso general

Diagrama de secuencias

Diagrama de clases

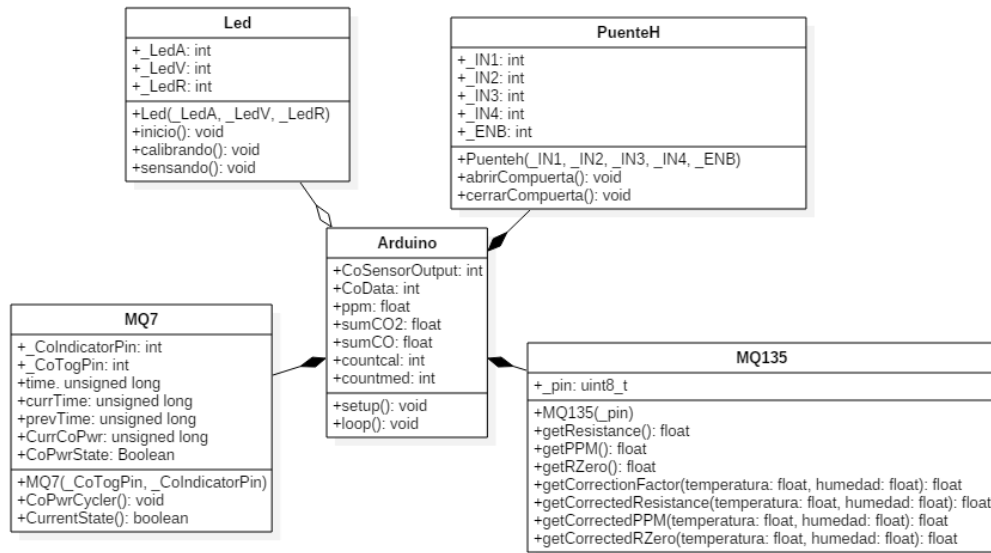


Figura 36. Diagrama de clases

Diagrama de estados

---

*Diagrama de actividades*

# Diseño hardware

## Diseño circuitos alimentación

### Circuito rectificador, regulador 12 V y 5 V

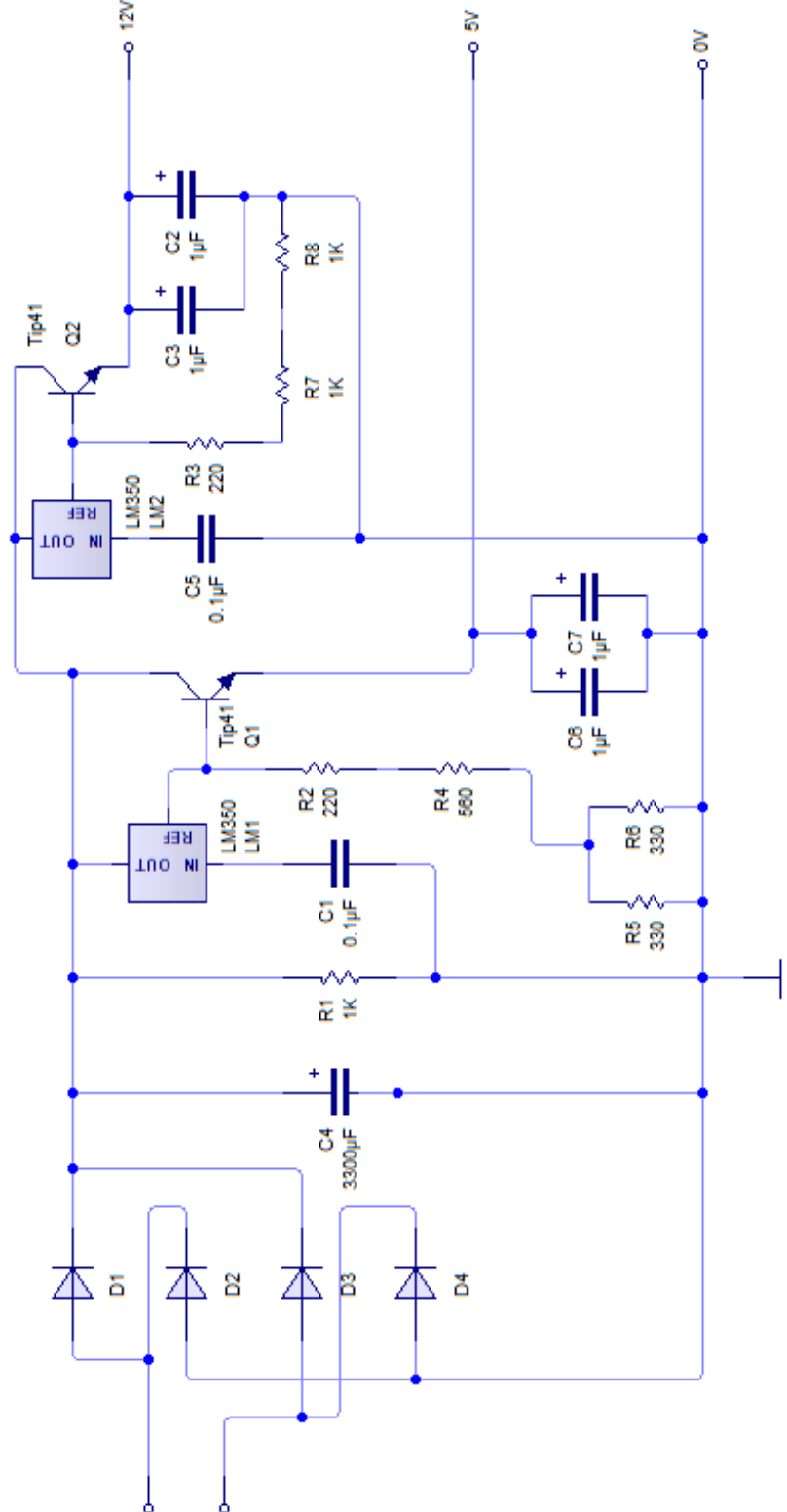


Figura 37. Circuito completo, rectificador, regulador 5 V y 12 V.



**Circuito rectificador de voltaje**

- 4 Diodos 1N5400
- 1 Capacitor electrolítico 3300  $\mu\text{F}$
- 1 Resistencia 1K $\Omega$

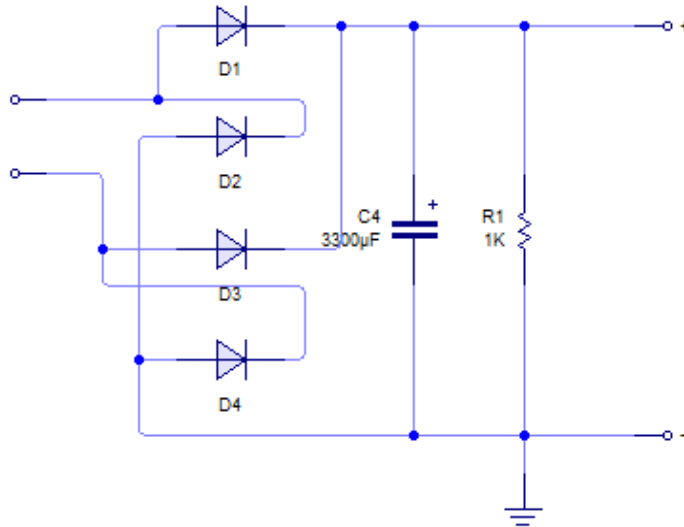


Figura 38. Diseño circuito rectificador.

**Circuito 5 V**

- 1 TIP41C
- 1 Capacitor 0.1  $\mu\text{F}$  (lenteja)
- 1 Resistencia de 220  $\Omega$
- 1 Resistencia de 560  $\Omega$
- 2 Resistencias de 330  $\Omega$
- 2 Capacitores 1  $\mu\text{F}$  (electrolíticos)
- 1 LM350T

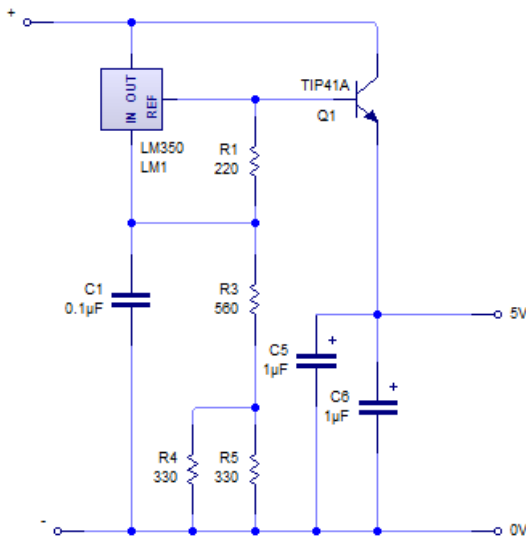


Figura 39. Diseño circuito regulador 5 V.

$$R1 = 220 \Omega$$

El LM350T es un regulador de voltaje positivo ajustable, por lo cual se tuvo que calcular la resistencia para poder obtener la cantidad de voltaje deseado, en este caso se buscó  $R2 = 725\Omega$ .

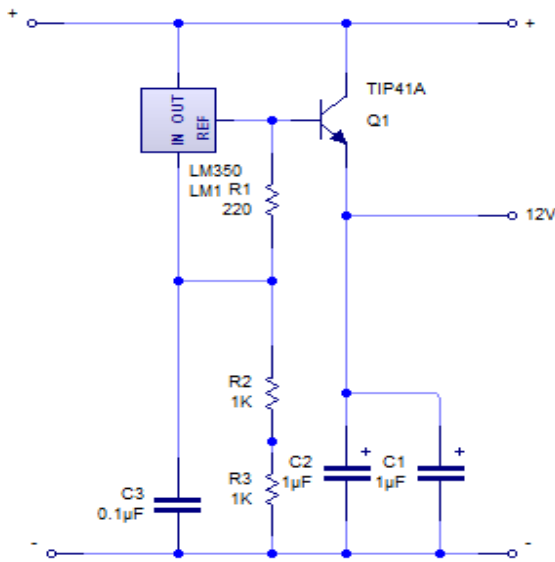
$$R2 = 725 \Omega$$

$$R2 = 560 \Omega + \frac{1}{\frac{1}{330 \Omega} + \frac{1}{330 \Omega}}$$

$$V_{medido} = 4.94 V$$

**Circuito 12 V**

- 1 TIP41C
- 1 Capacitor 0.1  $\mu\text{F}$  (lenteja)
- 2 Resistencias de 1  $\text{k}\Omega$
- 1 Resistencia de 220  $\Omega$
- 2 Capacitores 1  $\mu\text{F}$  (electrolíticos)
- 1 LM350T



$$R1 = 220 \Omega$$

Al igual que en el regulador anterior, se utilizó el regulador de voltaje ajustable LM350T, por lo que se buscó obtener un arreglo de resistencias que nos den 2k $\Omega$ .

$$R2 = 2 \text{ k}\Omega$$

$$R2 = 1 \text{ k}\Omega + 1 \text{ k}\Omega$$

$$V_{medido} = 12.25 \text{ V}$$

Figura 40. Diseño circuito regulador 12 V.

**Diseño circuitos regulación**

**Batería o acumulador eléctrico.**

La alimentación utilizada para energizar el sistema es una batería de motocicleta, el cual entrega 12 V de carga y una corriente de hasta 4A.

Las especificaciones del acumulador utilizado son: 110L/67W/85H C/6.



Figura 41. Batería YT4L-BS (GEL).

Métodos de carga:

- Rápido: Suministrar 3A por 30 minutos.
- Estándar: 0.3A de 5-10 horas.

Dimensiones:

- 9 cm alto
- 6.8 cm ancho
- 11 cm largo

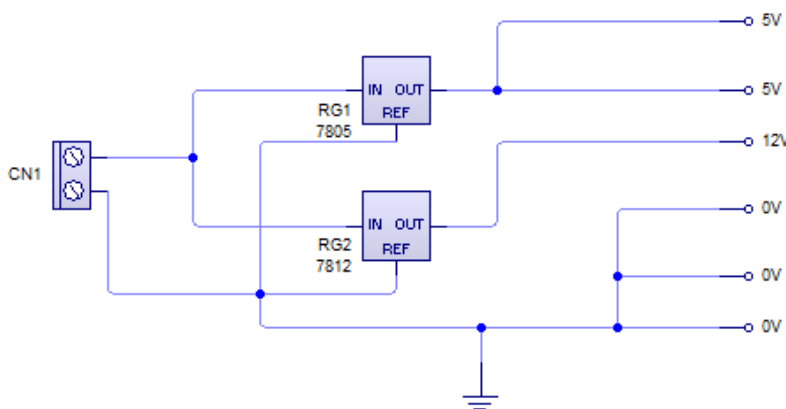
Es recomendable utilizar el método de carga estándar para mayor vida de la batería.

C6 se refiere al periodo (6 horas) que se tarda en realizar la descarga de la máxima corriente enviada, en este caso son 4A, por lo que tenemos 24Ah.

### Regulador 12 V y 5 V

- 1 LM7085
- 1 LM7812

En la figura 43 se muestra el diseño del circuito utilizado, con el fin de ocupar una batería de 12V como alimentación del sistema.



Se debe aclarar que se incluyó en el diseño un regulador de 12V, aunque la batería emite 12V, esto es por seguridad respecto a los picos de voltaje, que se pueden llegar a generar.

Hay que destacar que se agregó un disipador al diseño de regulación, para evitar que exista calentamiento y asegurar un buen funcionamiento.

Figura 42. Diseño circuito regulación.

### Disipador

Un disipador es un componente metálico, generalmente de aluminio, que se utiliza para evitar que algunos dispositivos electrónicos como transistores bipolares, reguladores, circuitos integrados etc. se calienten y se dañen [39]. Los disipadores funcionan con el principio de transferencia de calor.

### **Transferencia de calor**

Cuando dos cuerpos tienen distintas temperaturas se ponen en contacto entre sí, se produce una transferencia de calor desde el cuerpo de mayor temperatura al de menor temperatura. La transferencia de calor se puede realizar por tres mecanismos: conducción, convección y radiación. En la figura 44 se ilustran estos mecanismos.



Figura 43. Mecanismos de transferencia de calor.

#### **Conducción**

La conducción es el mecanismo de transferencia de calor en escala atómica a través de la materia por actividad molecular, por el choque de unas moléculas con otras donde las partículas más energéticas le entregan energía a las menos energéticas, produciéndose un flujo de calor desde las temperaturas más altas a las más bajas. Los mejores conductores de calor son los metales.

Es importante destacar que la conducción sólo ocurre si hay diferencias de temperatura entre dos partes del medio conductor. Dependiendo del material y su conductividad térmica es la rapidez y la disipación del calor que existe.

La Conductividad térmica, representada por  $k$ , es la capacidad de un material para transferir calor. La conducción térmica es el fenómeno por el cual el calor se transporta de regiones de alta temperatura a regiones de baja temperatura dentro de un mismo material o entre diferentes cuerpos. La unidad de conductividad térmica es  $(W/(m \cdot K))$ .

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA MATERIALES	
Material	Conductividad térmica (W/( m·K))
Acero	47-58
Agua	0,58
Aire	0,026
Aluminio	209-232
Bronce	116-186
Carbón	0,238
Cinc	106-140
Cobre	372-385
Diamante	2300
Estaño	64
Fibra de vidrio	0,035
Hierro	72
Lana de vidrio	0,036-0,040
Latón	81-116
Litio	301,2
Madera	0,13
Mármol	2,09
Mica	0,523
Níquel	52,3
Oro	308,2
Plata	418
Plomo	35
Porcelana	0,81
Vidrio	0,81

Tabla 58. Conductividad térmica materiales [40].

### Convección

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia. Puede ser natural producida solo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro, por ejemplo, el aire de un ventilador o el agua con una bomba. Sólo se produce en líquidos y gases donde los átomos y moléculas son libre de moverse en el medio.

### Radiación

La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera de todas direcciones. Esta energía es producida por los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constitutivos y transportada por ondas electromagnéticas o fotones, por lo que recibe el nombre de radiación electromagnética.

La radiación electromagnética es independiente de la materia para su propagación, de hecho, la transferencia de energía por radiación es más efectiva en el vacío.

## Diseño disipador

Para realizar los cálculos respecto al disipador, es necesario utilizar la Ley de Ohm Térmica:

$$T_j - T_a = P_d R_{ja} \dots (24)$$

Siendo:

$T_j$  = Temperatura de junta;

$T_a$  = Temperatura ambiente;

$P_d$  = Potencia Disipada;

$R_{ja}$  = Resistencia térmica entre la junta y el ambiente.

$R_{ja}$  es un dato mencionado en la hoja de especificaciones

$$R_{ja} = 65 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W} \dots (25)$$

La temperatura ambiente es, en condiciones ideales,  $25^\circ\text{C}$ , por tanto:

$$T_a = 25^\circ\text{C} \dots (26)$$

La potencia disipada se puede calcular utilizando la fórmula de la Potencia:

$$P_d = VI \dots (27)$$

Donde:

$I$  = la corriente total consumida por el circuito

$$V = V_i - V_o \dots (28)$$

Donde:

$V_i$  = Voltaje de entrada

$V_o$  = Voltaje de Salida.

Siendo  $V_i$  el voltaje de la batería (12V) y  $V_o$  el voltaje del regulador LM7805 (5V).

Sustituyendo en (28) los valores anteriores:

$$V = 12 - 5 = 7V \dots (29)$$

El valor de la corriente consumida por el circuito, de acuerdo con las mediciones, es de 500mA.

Sustituyendo el valor de la corriente y (6) en (4):

$$P_d = (7)(0.5) = 3.5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W} \dots (30)$$

Despejando de (24):

$$T_j = P_d R_{ja} + t_a \dots (31)$$

Sustituyendo (25), (26) y (7) en (31)

$$T_j = (3.5)(65) + 25 = 202.5^\circ\text{C} \dots (32)$$

Para obtener la máxima potencia que puede disipar el dispositivo, se despeja de (24)

$$P_{dmax} = \frac{T_j - T_a}{R_{ja}} \dots (33)$$

Teniendo:

$$T_j = 125^\circ\text{C} \dots (34)$$

El cual está mencionado en la hoja de especificaciones como el valor máximo recomendado.

$$T_a = 25^\circ\text{C} \dots (35)$$

$$R_{ja} = 65^\circ\text{C}/\text{W} \dots (36)$$

Calculamos en (33):

$$P_{dmax} = \frac{125 - 25}{65} = 1.5384^\circ\text{C}/\text{W} \dots (37)$$

Comparando (30) y (37), podemos observar:

$$3.5^\circ\text{C}/\text{W} > 1.5384^\circ\text{C}/\text{W}$$

Es decir,

$$P_d > P_{dmax}$$

Debido a esto, es necesario calcular el tipo de disipador que puede utilizar para evitar sobrecalentamiento. Para ello requerimos utilizar las siguientes variables

$R_{jc}$  = Resistencia térmica entre la junta y la carcasa.

$R_{cd}$  = Resistencia térmica entre la carcasa y el disipador.

Para poder obtener el valor de:

$R_{da}$  = Resistencia térmica entre el disipador y el ambiente.

En la hoja de especificaciones, podemos encontrar:

$$R_{jc} = 5^\circ\text{C}/\text{W} \dots (38)$$

$$R_{cd} = 0.8^\circ\text{C}/\text{W} \dots (39)$$

Para calcular  $R_{da}$ , es necesario la siguiente ecuación:

$$R_{da} = \frac{T_j - T_a}{P_d} - R_{jc} - R_{cd} \dots (40)$$

Sustituyendo (30), (34), (35), (38) y (39) en (40)

$$R_{da} = \frac{125 - 25}{3.5} - 15 - 0.8 = 22.77^{\circ}\text{C}/\text{W} \dots (41)$$

Esto quiere decir, que la disipación máxima que debe tener el disipador que se va a colocar, debe ser menor a  $22.77^{\circ}\text{C}/\text{W}$ .

El diseño de los disipadores fue el siguiente:



Figura 44. Disipador para encapsulador TO.

Los disipadores propios para el encapsulado TO-220, como el de los reguladores utilizados LM7805 y LM7812, no fueron lo suficientemente grandes para realizar la disipación del calor producido por el circuito, por lo que se diseñó un disipador para poder disipar todo el calor producido por los circuitos.



Figura 45. Disipador de aluminio.

El aluminio es un buen conductor térmico, es económico y de una fácil obtención, por lo cual es usualmente utilizado para la creación de disipadores, en este caso utilizamos un disipador de aluminio, en forma circular con un diámetro de 6.6 cm, el cual se puede observar en la figura 46.



## Diseño de sensores

### Sensor MQ-7

Uno de los sensores que ocuparemos como se mencionó en capítulo 4 es el MQ-7.

El MQ-7 es un sensor de monóxido de carbono (CO) que funciona con un pequeño calentador que tiene un sensor electroquímico, este sensor tiene importantes características a destacar:

- Sensibilidad: 20 - 2000 ppm.
- Temperatura de funcionamiento:  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+50^{\circ}\text{C}$ .
- Alimentación: 5V DC.
- Tiene un sistema de precalentado.

En la figura 40 se muestra una imagen con el sensor MQ-7.

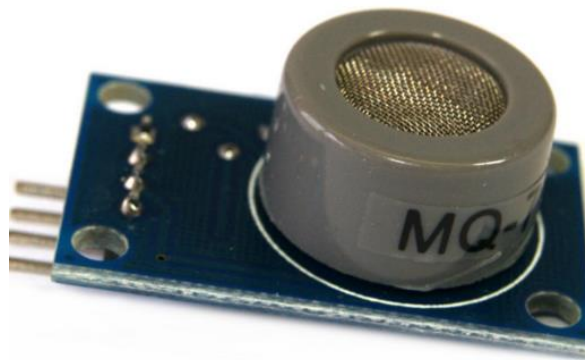


Figura 46. Sensor MQ-7 [41].

El sensor también está en el mercado como una tarjeta, lo cual hace más fácil su implementación, evitando realizar circuitos más grandes. Esto es de gran ventaja, debido a que, al haber menos conexiones, hay menor probabilidad de errores.

El sistema de precalentado es utilizado para ajustar la sensibilidad del valor de resistencia del sensor y es necesario para diferenciar los gases y su concentración. Es recomendable que el calibre del detector de CO sea de 200 ppm en el valor del aire.

La sensibilidad programa de ajuste:

- a) Conectar el sensor al circuito de aplicación.
- b) Conectar a la alimentación por 48 horas.
- c) Ajustar la resistencia de carga hasta obtener el valor que corresponda con cierta concentración de monóxido de carbono, al pasar los 90 segundos de preparación del sensor.
- d) Ajustar otra resistencia de carga hasta obtener el valor con el que corresponde las concentraciones de CO, después de los 60 segundos de medición.

Es importante destacar su diseño, como se puede ver contiene una malla por la cual pasaran los gases contaminantes y de esta manera llegará a la parte interna del sensor en donde el calentador hará su función de sensado del CO.

Podemos observar en la figura siguiente, en esta se muestra la imagen por la parte de debajo de la tarjeta con el sensor MQ-7, y debemos destacar las salidas y entradas, las cuales son las siguiente cuatro:

1. GND
2. DOUT (Digital Output)
3. AOUT (Analog Output)
4. VCC = 5V



Figura 47. Tarjeta MQ-7 [41].

**Esquema de conexión MQ-7**

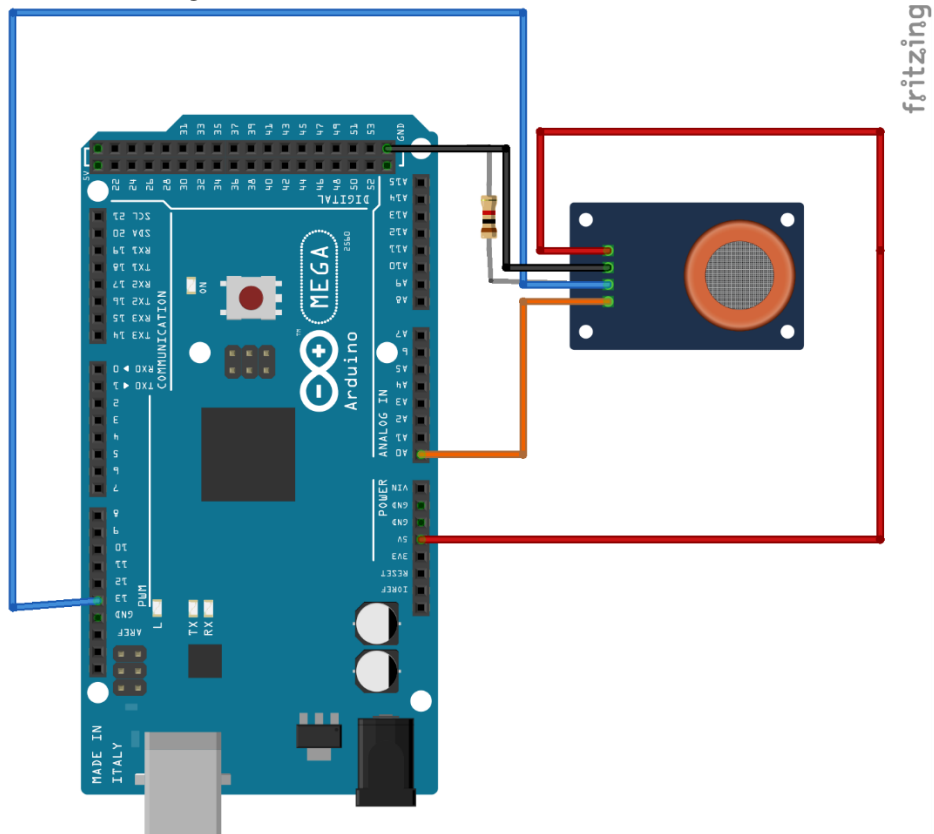


Figura 48. Esquema de conexión del MQ-7.

El precio del sensor es de 159 M.N. [42].

## Sensor MQ-135

Sensor de gas Amoniaco, Óxido de Nitrógeno, ideal para detección del mismo gas. Tiene la sensibilidad ajustable para tener una lectura adecuada al sistema particular. El sensor tiene un tamaño pequeño y es muy práctico y sencillo de utilizar. El módulo tiene una salida digital a través de un comparador con umbral ajustable, y una salida analógica que la puedes medir con cualquier microcontrolador o tarjeta de desarrollo con ADC.

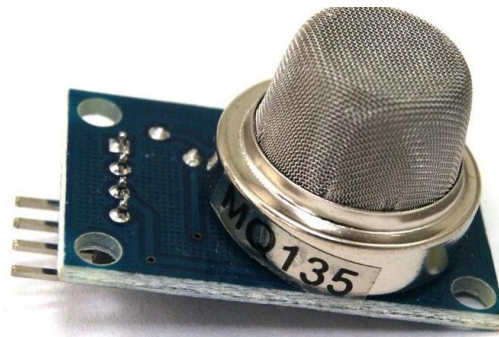


Figura 49. MQ-135 [42].

Podemos observar en la figura siguiente, en esta se muestra la imagen por la parte de debajo de la tarjeta con el sensor MQ-135, y debemos destacar las salidas y entradas, las cuales son las siguiente cuatro:

1. DOUT (Digital Output)
2. AOUT (Analog Output)
3. GND
4. VCC = 5V

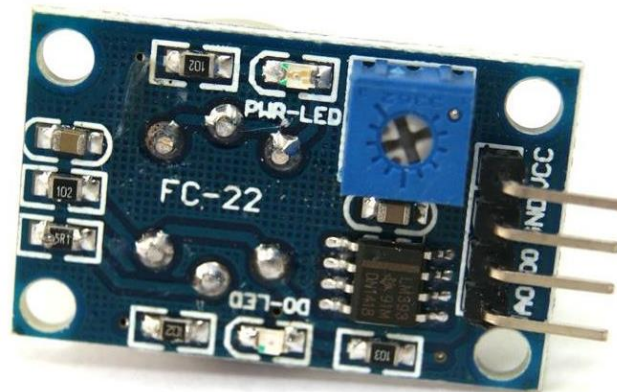


Figura 50. Tarjeta MQ-135 [42].

El precio del sensor es de 152 M.N. [42].

### Esquema de conexión MQ-135

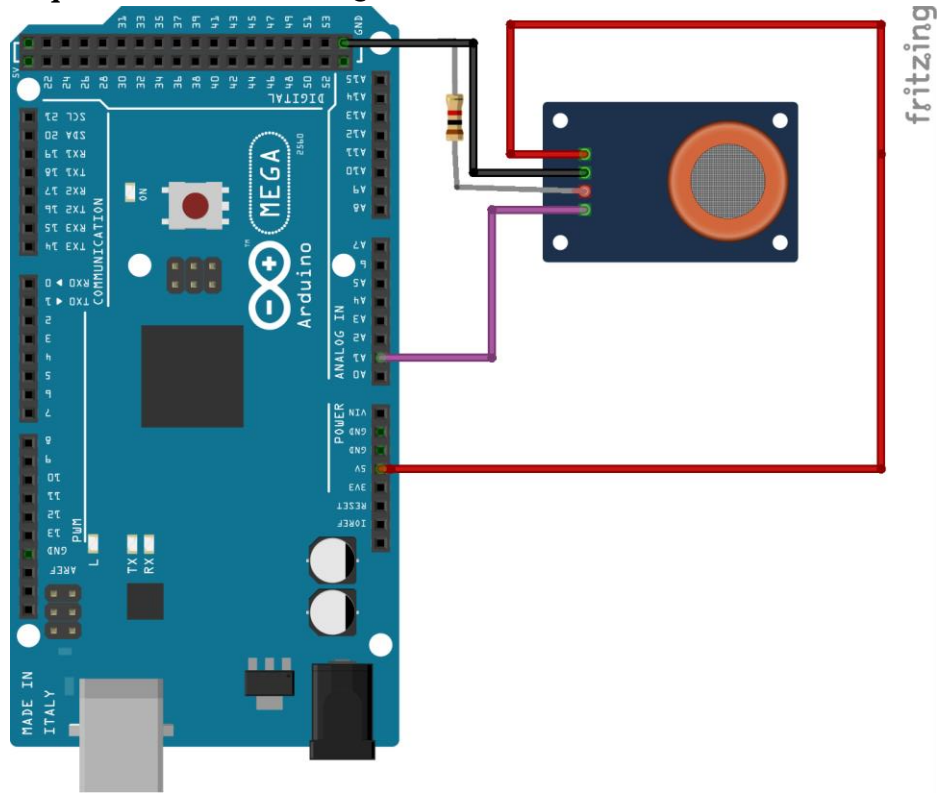


Figura 51. Esquema de conexión del MQ-135.

### Esquema general de sensores

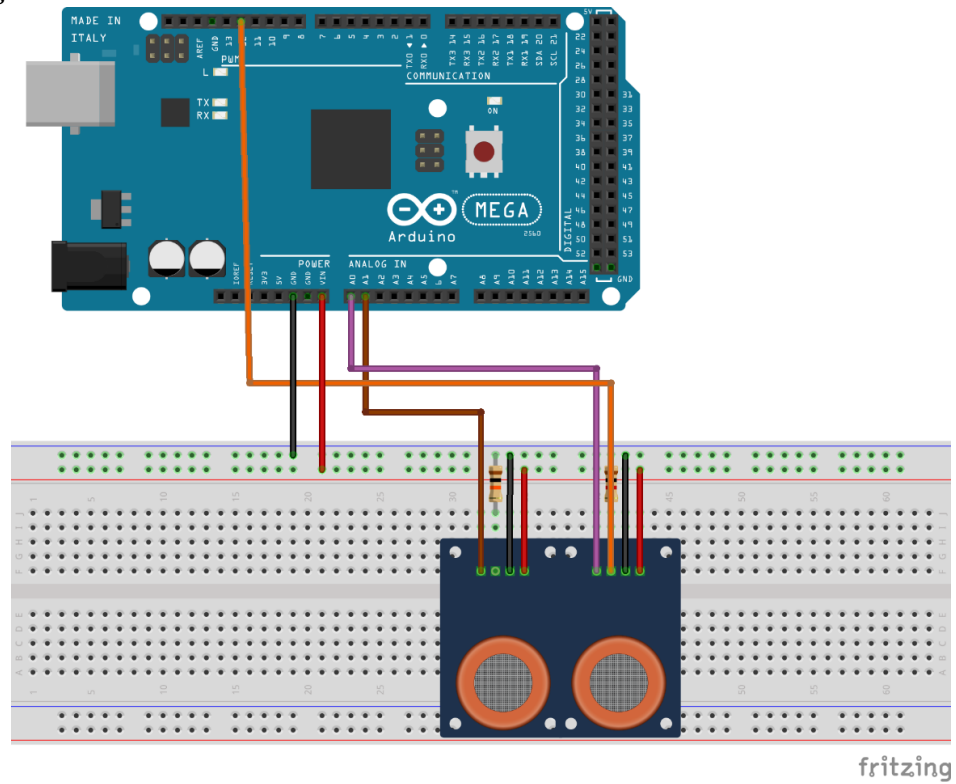


Figura 52. Esquema conexión sensores.

### Módulo L298N- Puente H

Este módulo, basado en el chip L298N, permite controlar dos motores de corriente continua o un motor paso a paso bipolar de hasta 2 Amperes.

El módulo cuenta con todos los componentes necesarios para funcionar sin necesidad de elementos adicionales. Cuenta con pines de selección para habilitar cada una de las salidas del módulo (A y B). La **salida A** está conformada por **OUT1** y **OUT2** y la **salida B** por **OUT3** y **OUT4**. Los pines de habilitación son **ENA** y **ENB** respectivamente.

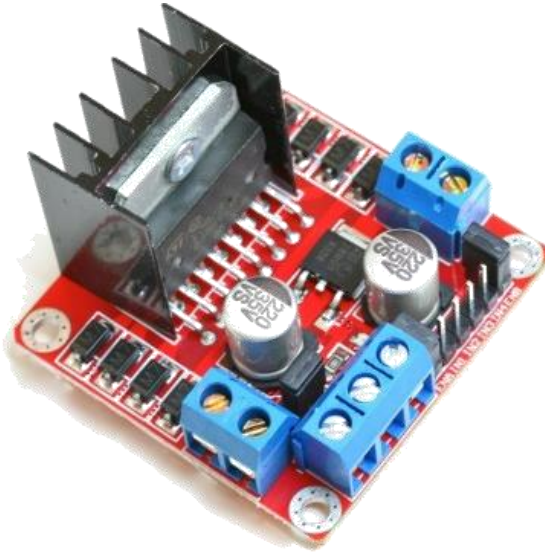
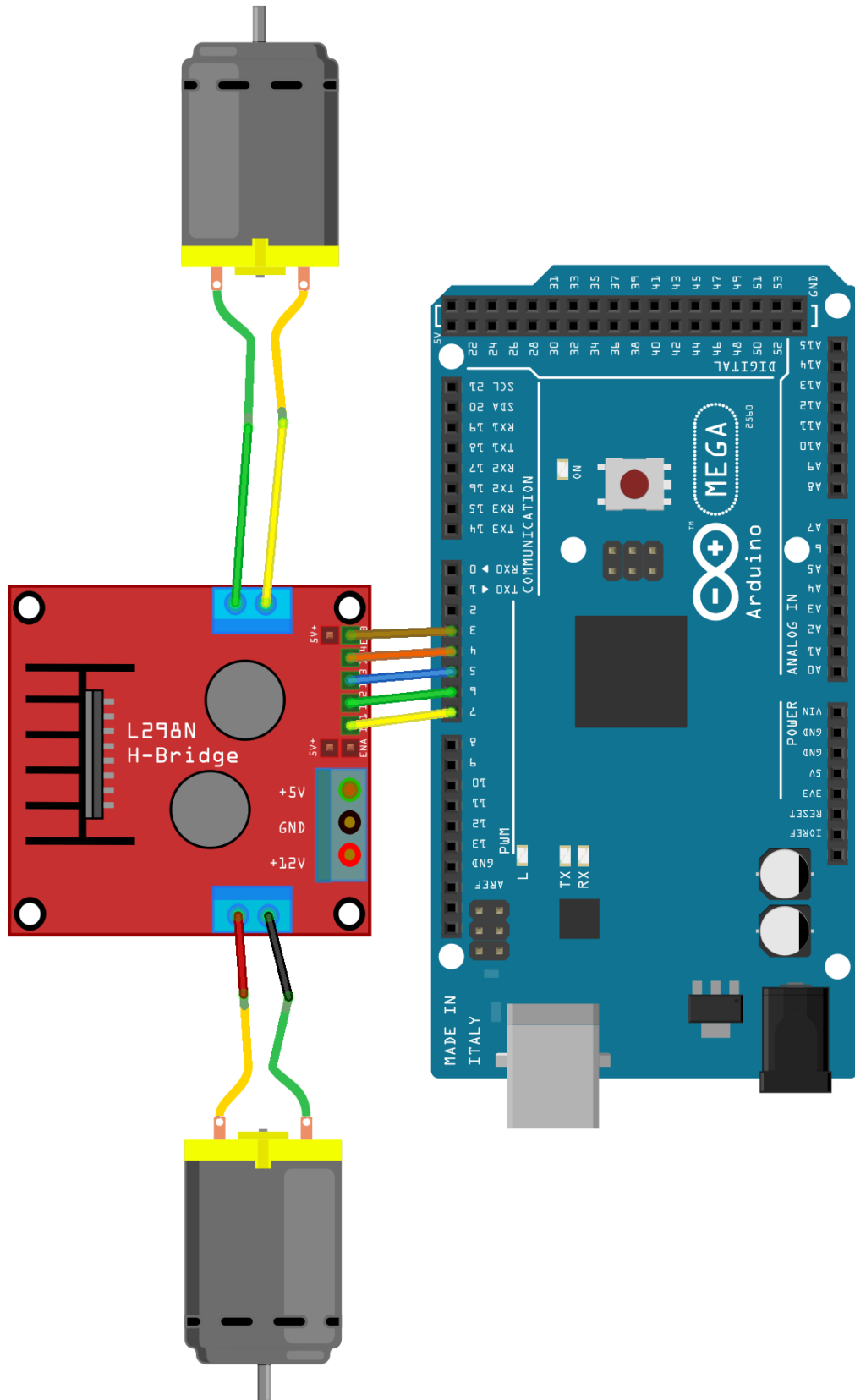


Figura 53. Módulo L298N.

<b>Interfaz de potencia</b>	7V~46V
<b>Corriente máxima</b>	2A por canal
<b>Voltaje de control</b>	5V
<b>Nivel de entrada de señal de control</b>	· Nivel alto $2.3V \leq V_{in} \leq V_{ss}$ · Nivel bajo: $-0.3V \leq V_{in} \leq 1.5 V$
<b>Corriente de control</b>	36mA
<b>Potencia de salida</b>	25W
<b>Luces indicadoras</b>	Encendido, control, dirección
<b>Temperatura de operación</b>	$-20^{\circ}C \sim +135^{\circ}C$

El precio del módulo es de 98.28 M.N. [43].

### Esquema de conexión del módulo L298N



fritzing

Figura 54. Esquema conexión módulo L298N

## LCD

La biblioteca LiquidCrystal permite controlar el display LCD.

Los LCDs tienen una interfaz en paralelo, esto significa que el microcontrolador tiene que controlar varias salidas al mismo tiempo para poder controlar el display. La interfaz consta de los siguientes pines:

**Pin de seleccionar registro:** Controla el lugar de la memoria de la pantalla LCD que está escribiendo los datos. Puede seleccionar el registro de datos que contiene lo que sucede en la pantalla, o un registro de instrucción, que es donde el controlador de la pantalla LCD busca para obtener instrucciones.

**Pin lectura/escritura:** Selecciona el modo en que funciona el LCD, modo escritura o lectura.

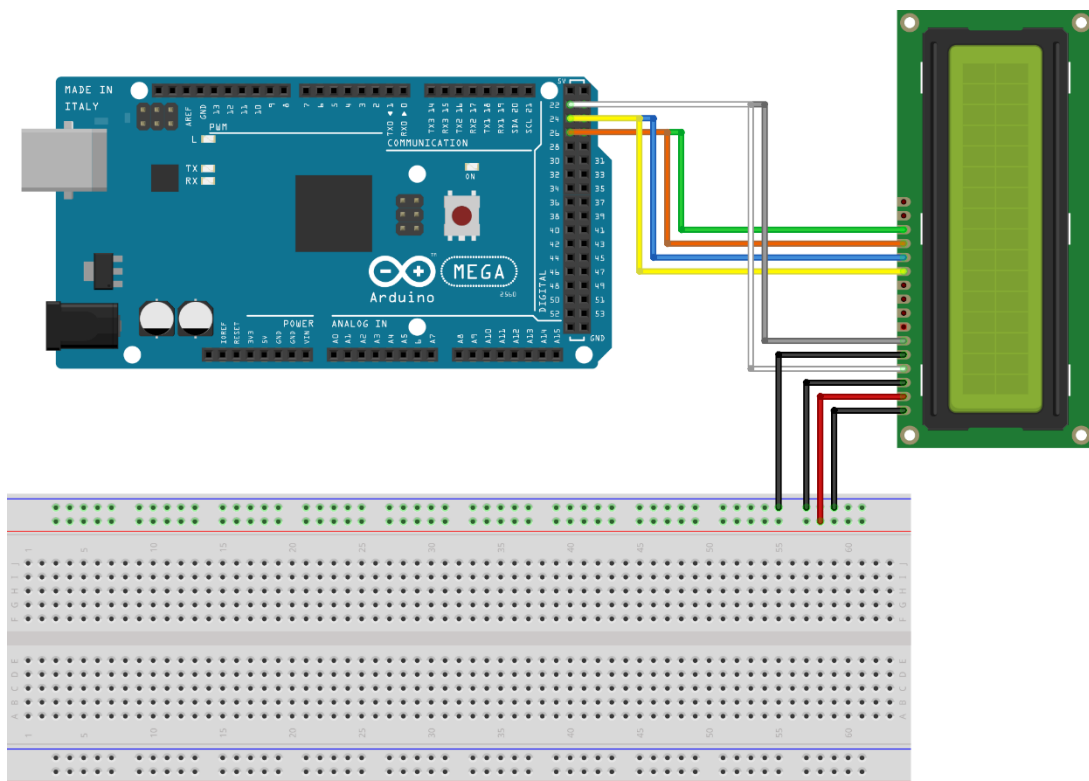
**Pin habilitación:** Permite la escritura de registros.

**8 Pines de datos (D0-D7):** Los estados de los pines alto o bajo (high or low), son de los bits que se escribirán en el registro cuando este en modo escritura, o los valores que se leerán en modo lectura.

**Display contraste (V<sub>0</sub>):** Controla el contraste de display.

**Pines de suministro de energía:** Se usan para energizar la LCD, utiliza 5 V de alimentación.

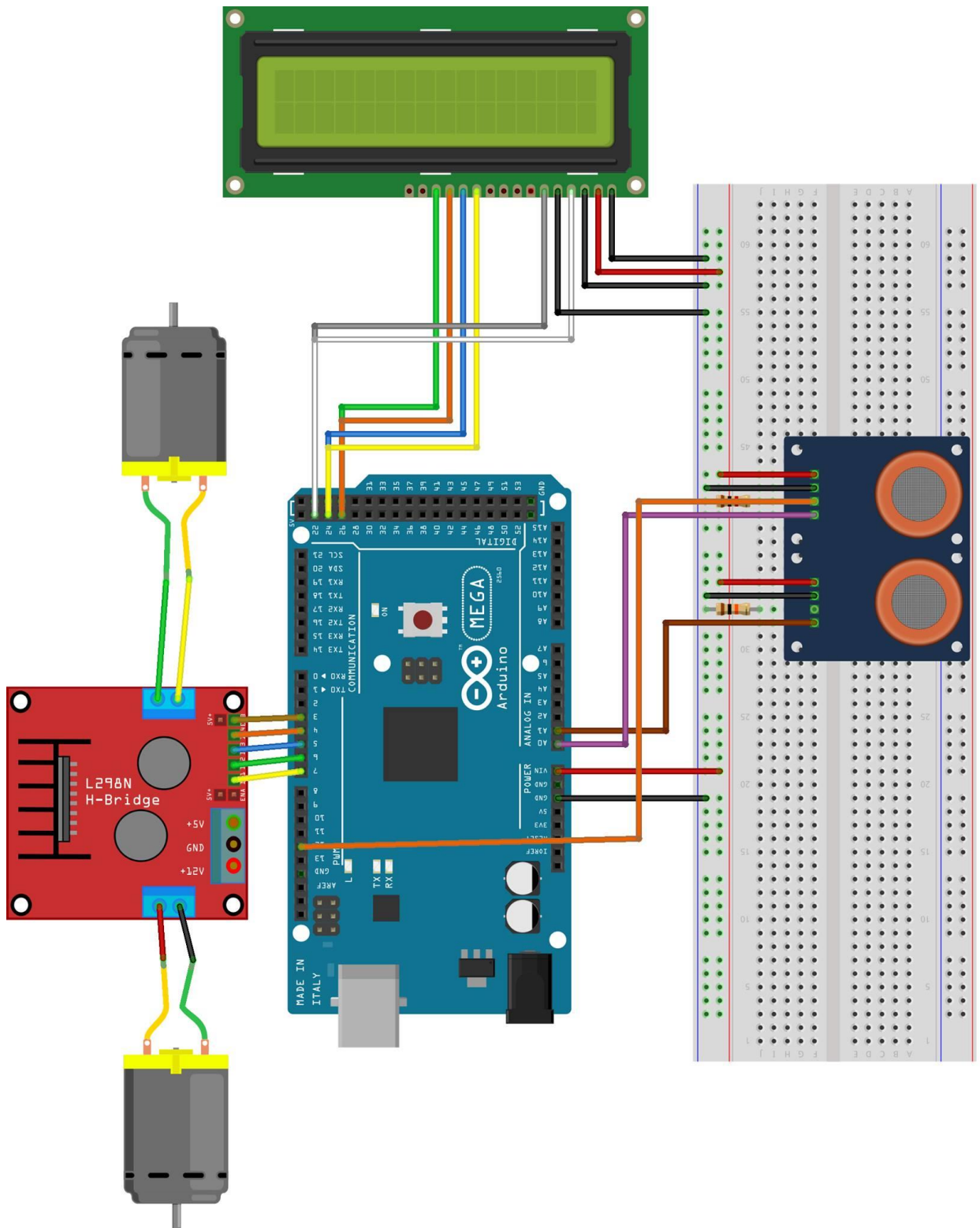
**Retroiluminación LED:** Se usa para encender y apagar la luz del fondo LED (Bklt+ y Bklt-).



fritzing

Figura 55. Esquema de conexión del LCD.

### Esquema general de conexión con Arduino



fritzing

Figura 56. Esquema general del sistema



*Diseño general sistema*

En la figura 58 se muestra el diseño del módulo de lectura con alimentación a la corriente. Esta contiene los circuitos de rectificación y el transformador que convierte los 127 V a 12 V.

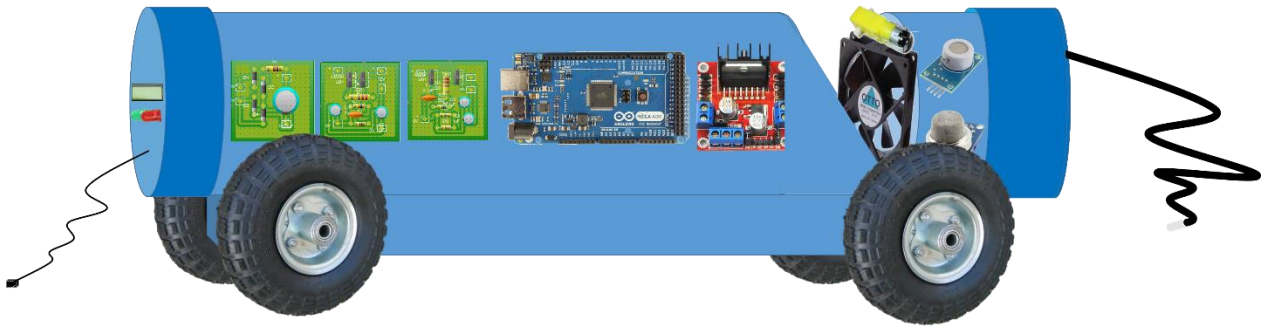


Figura 57. Diseño de sistema con corriente.

En la figura 59 se muestra el diseño del módulo de lectura con alimentación a la batería de 12 V, este también tiene circuitos para regular el voltaje para alimentar todo el circuito.

Se puede observar como tiene un menor tamaño que el diseño del dispositivo con los circuitos de alimentación que va a corriente, sin embargo, la desventaja es el tamaño de la batería, el cual hace que el diseño tenga más altura.



Figura 58. Diseño de sistema con batería.

# Capítulo 7

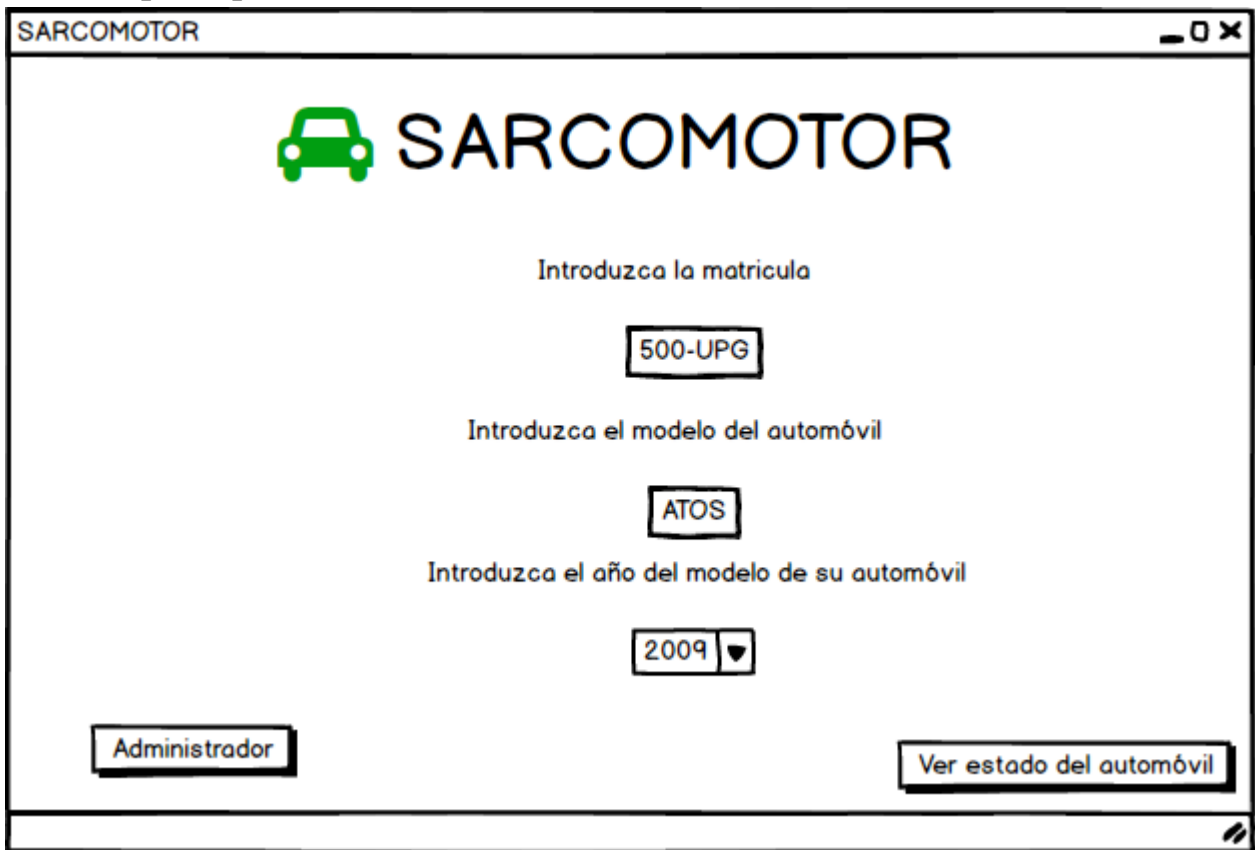
## Prototipos

---

### Prototipos sistema

#### Primer prototipo

##### *Pantalla principal del sistema*



The image shows a web browser window titled "SARCOMOTOR". The main content area features a green car icon to the left of the text "SARCOMOTOR". Below this, there are three input fields for user data: "Introduzca la matricula" with the value "500-UPG", "Introduzca el modelo del automóvil" with the value "ATOS", and "Introduzca el año del modelo de su automóvil" with a dropdown menu showing "2009". At the bottom of the form, there are two buttons: "Administrador" on the left and "Ver estado del automóvil" on the right. The browser window includes standard window controls (minimize, maximize, close) in the top right corner and a scrollbar in the bottom right corner.

Figura 59. Prototipo de pantalla del sistema.

En la figura 60 se puede observar el prototipo de la pantalla principal del sistema, en donde se registrará el automóvil, se tendrá que introducir la matrícula, la marca y el modelo del automóvil. Después de introducir todos los datos correctamente el usuario presionará el botón *Ver el estado del automóvil*, en donde se mostrará el estado del automóvil y algunas recomendaciones para mejorar la relación potencia consumo del automóvil.

El administrador puede entrar a su interfaz a partir de esta pantalla. Al presionar el botón *Administrador*, el sistema redirigirá a otra pantalla en donde se encuentra un inicio de sesión para poder autenticar al administrador.

*Alerta validación de campos*

Figura 60. Prototipo pantalla alerta validación de campos.

El sistema debe validar que los datos que el usuario haya introducido sean correctos. En caso de que los datos que se hayan introducidos no sean correctos o el formulario este incompleto, se mostrará una alerta como se ve en la figura 61 cuando el usuario presione *Ver estado del automóvil*.

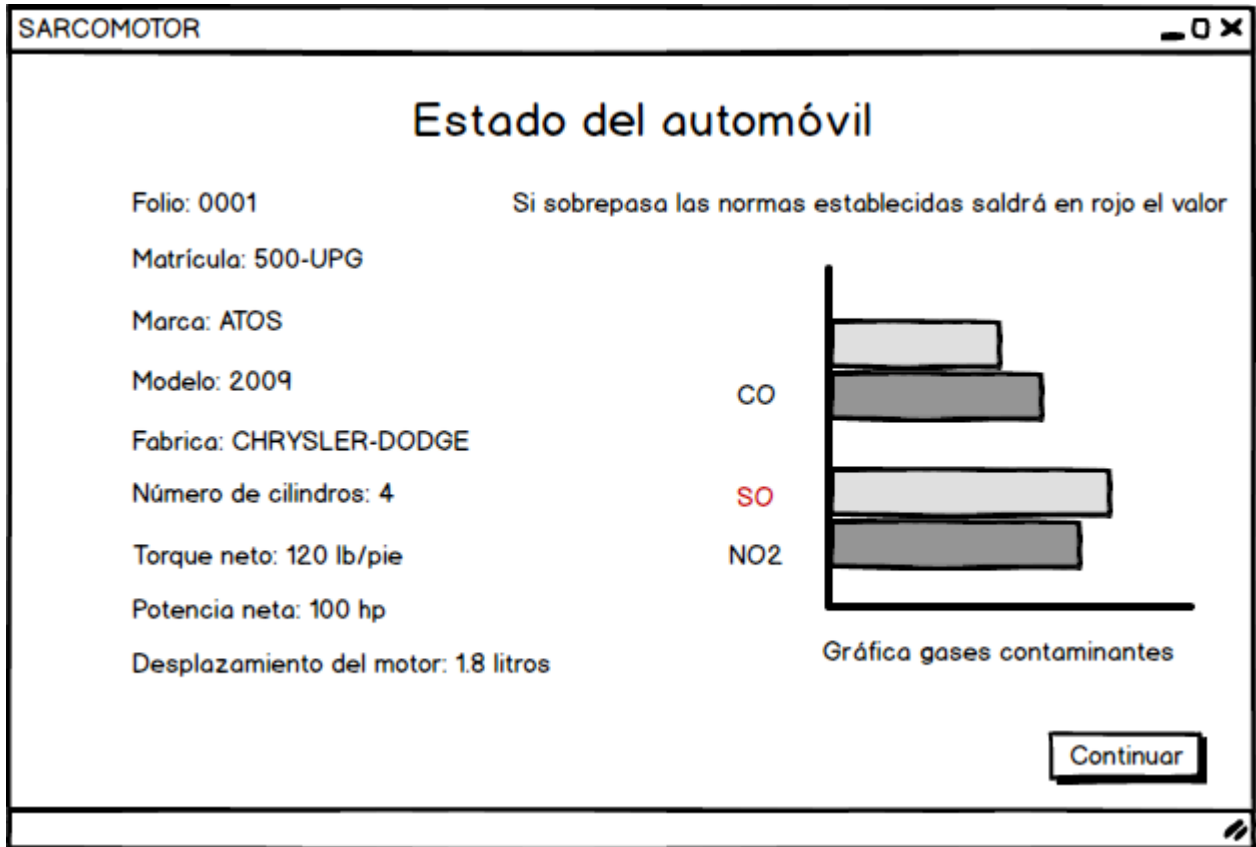
*Estado del automóvil*

Figura 61. Prototipo pantalla estado del automóvil.

En caso de que los datos que se hayan introducidos sean correctos y el formulario este completo entonces el sistema mostrará la pantalla de la figura 62 en donde podremos ver el estado en el cual se encuentra el automóvil.

El sistema hará la comparación de las características con los valores obtenidos de fábrica, para así poder calcular cuan deteriorado está el vehículo a evaluar.

Se mostrará características del automóvil y el resultado de los cálculos realizados, además se mostrará de manera gráfica los niveles de los gases contaminantes para que el usuario pueda visualizarlos e interpretarlos más amigablemente.

Al presionar el botón *Continuar* se nos dirigirá a otra pantalla en donde se mostrarán las recomendaciones que el sistema hace al usuario a partir de los datos obtenidos para apoyar de manera indirecta al mejor desempeño del automóvil en relación a la potencia consumo.

Recomendaciones estado del sistema

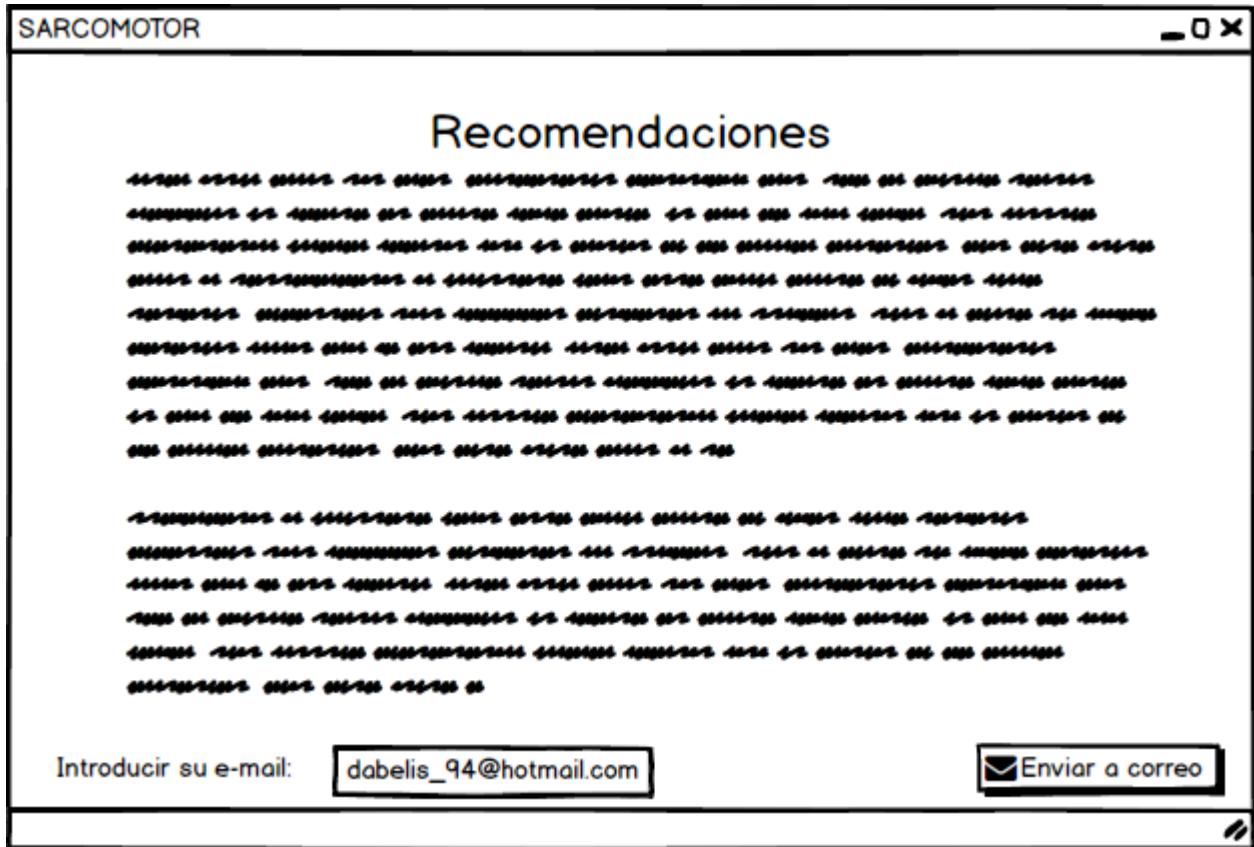


Figura 62. Prototipo pantalla recomendaciones.

Al presionar el botón *Continuar* en la pantalla anterior nos redirigirá a esta pantalla mostrada en la figura 63 aquí se mostrarán algunas recomendaciones que el sistema hace al usuario a partir de los datos obtenidos para apoyar de manera indirecta al mejor desempeño del automóvil en relación a la potencia consumo.

Hay un campo para introducir la dirección de e-mail de esta manera al presionar el botón *Enviar a correo* se puede mandar un correo al usuario con el archivo en formato PDF con todos los datos mostrados anteriormente, esto debido a que el sistema es ecologista e intentará disminuir el uso de papel.

## Inicio de sesión del administrador



SARCOMOTOR

# Inicio sesión

Introducir usuario y contraseña.

Usuario:

Contraseña:

[¿Olvidó su contraseña?](#)

Figura 63. Prototipo pantalla de inicio de sesión del administrador.

En la figura 64 podemos observar el prototipo de la pantalla de inicio de sesión del administrador. El administrador deberá introducir los datos de usuario y contraseña.

El usuario del administrador corresponde al CURP del administrador, y la contraseña será elegida por el administrador.

En esta pantalla se muestra la opción de *¿Olvidó su contraseña?* la cual redirige a una pantalla en donde el administrador podrá restablecer su contraseña.

Al presionar el botón *Ingresar* el sistema validará los datos y si estos son correctos entonces se mostrará la vista del administrador.

Al presionar el botón *Regresar* volverá a la pantalla principal del sistema.

*Usuario y/o contraseña erróneos*

SARCOMOTOR

## Inicio sesión

El usuario y/o la contraseña son incorrectos.  
Asegúrate de introducir correctamente los datos.

Usuario:

Contraseña:

[¿Olvidó su contraseña?](#)

Figura 64. Prototipo de aviso error de inicio de sesión.

Si el usuario y/o contraseña son erróneas entonces se enviará un aviso para informar al usuario acerca de su error y lo pueda modificar. En la figura 65 podemos ver un ejemplo de esto ya que el usuario es un nombre, cuando debería ser la CURP del administrador, por lo cual enviará un error de inicio de sesión.

Contraseña olvidada

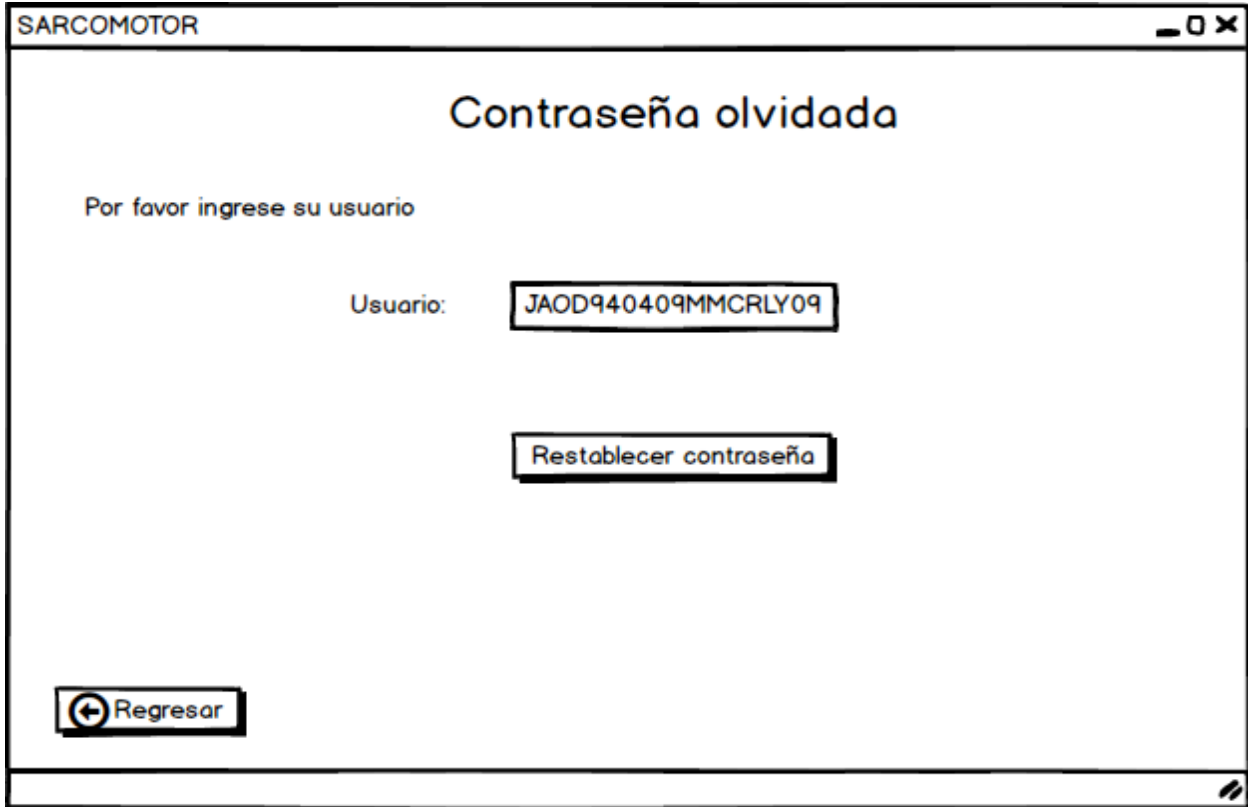


Figura 65. Prototipo pantalla contraseña olvidada.

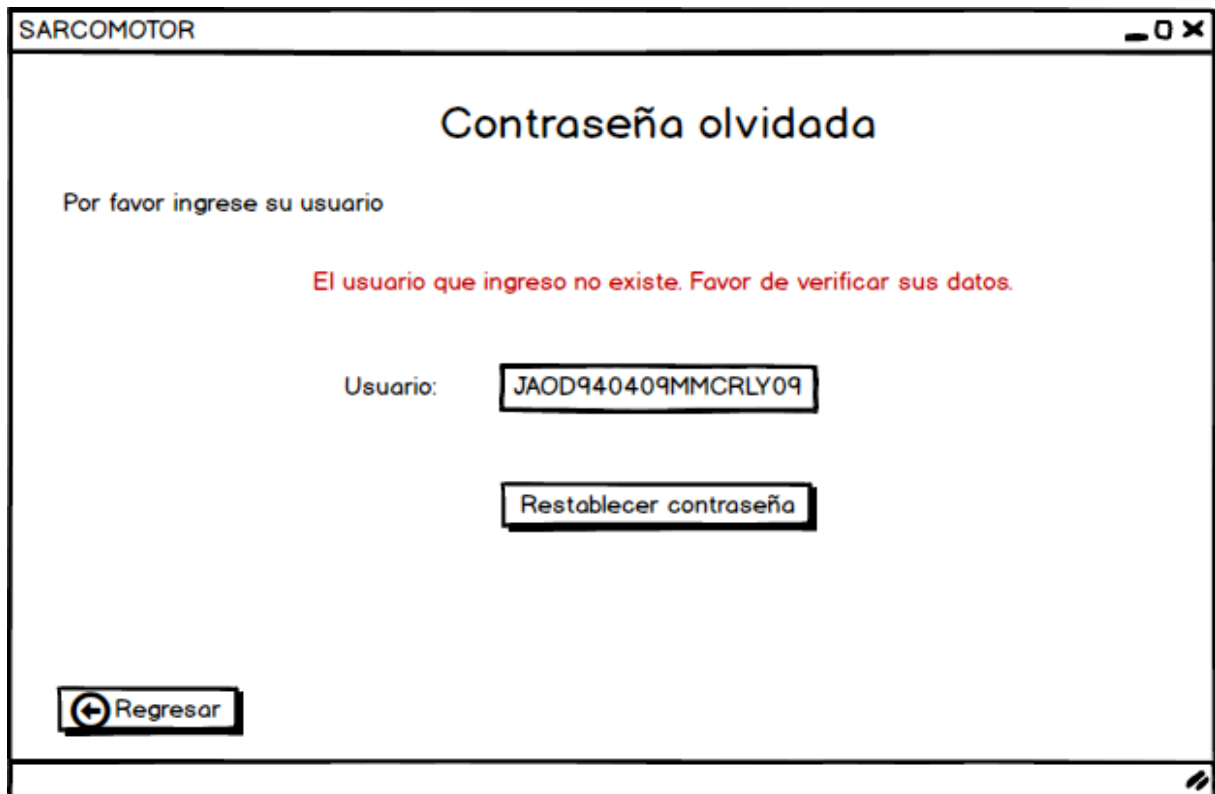


Figura 66. Prototipo pantalla contraseña olvidada, usuario no existente



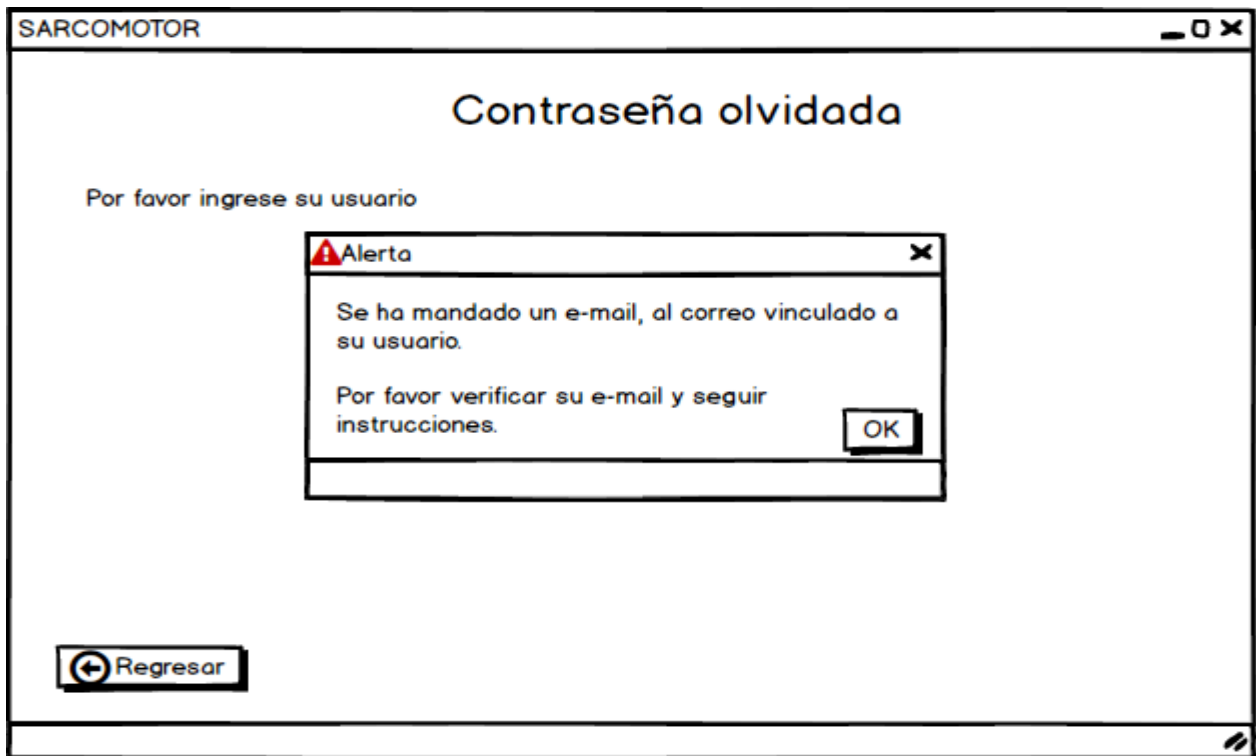


Figura 67. Prototipo pantalla alerta de restablecer contraseña.

El hipervínculo del prototipo de pantalla de inicio de sesión te redirige a la pantalla que se muestra en la figura 66 en la cual el administrador ingresa su usuario y podrá restablecer su contraseña.

Al presionar el botón *Restablecer contraseña*, entonces se enviarán instrucciones vía e-mail al correo asociado a la cuenta, el usuario administrador tendrá que seguir las instrucciones para recuperar su cuenta y restablecer su contraseña.

Al presionar el botón de *Regresar*, el administrador podrá regresar a la pantalla de inicio de sesión en caso de que se hubiera equivocado al apretar el hipervínculo de *¿Olvidó contraseña?* En la figura 67 se muestra una aviso que se emitirá si es que el usuario ingreso su usuario incorrectamente, ya que no existirá la validación en la base de datos.

Se muestra en la figura 68 la alerta que se emitirá después de presionar el botón *Restablecer contraseña*, esto para que el usuario verifique que una acción fue realizada e indicarle los pasos a seguir para poder restablecer su contraseña.

Por seguridad entonces para poder restablecer la contraseña el usuario deberá ingresar a su correo de e-mail asociado y será una validación para poder autenticar al administrador.

*Pantalla principal administrador*

Figura 68. Prototipo pantalla principal administrador.

En la figura 69 se muestra el prototipo de la pantalla principal de la vista del administrador. Al iniciar sesión se mostrará una bienvenida al administrador.

También en esta vista se puede ver el encabezado que tendrá siempre la vista del administrador, el cual contendrá la imagen de identificación del administrador, el nombre del administrador, además de la fecha y hora en tiempo real.

El administrador aquí podrá moverse libremente sin ninguna restricción, no se volverá a pedir ninguna otra autenticación, a menos que se cierre la sesión.

El sistema después de 15 minutos de no ocuparse cerrará sesión automáticamente, en caso que el administrador lo haya olvidado.

Mostrar reportes

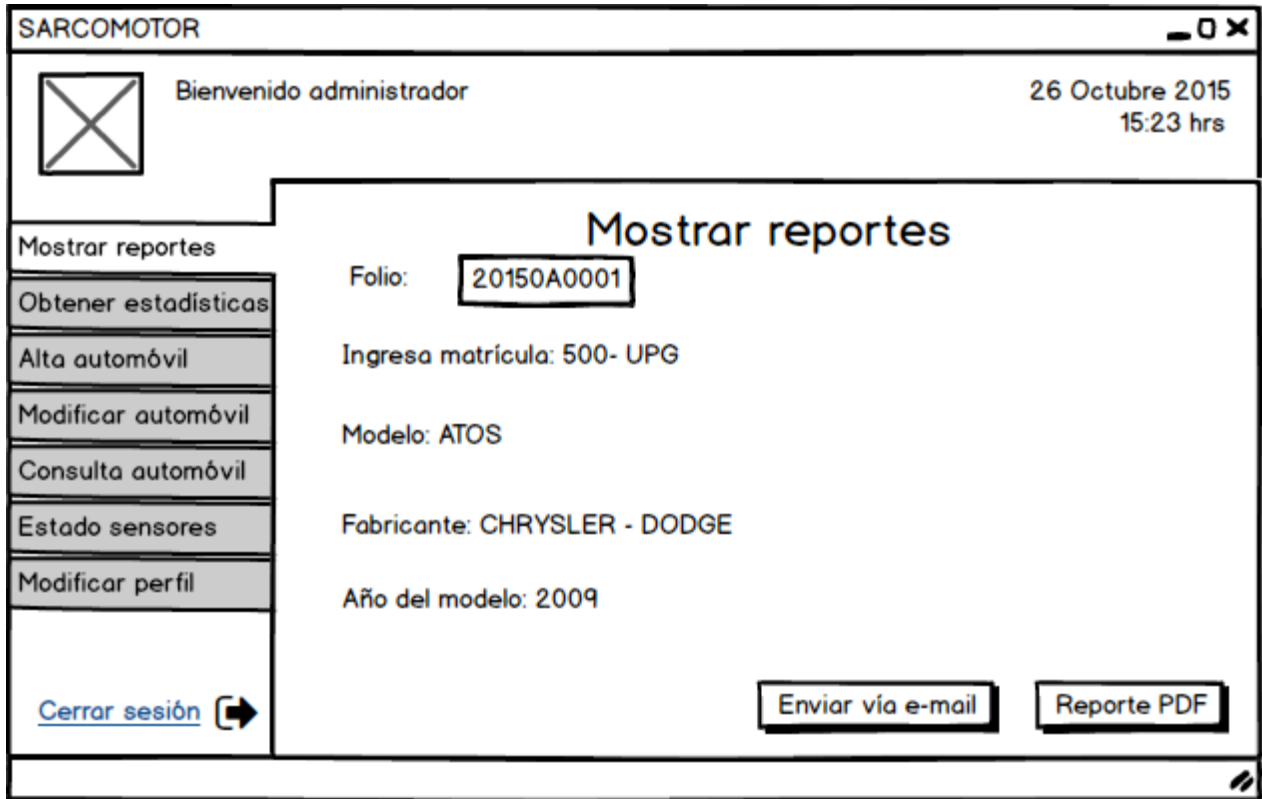


Figura 69. Prototipo pantalla mostrar reportes administrador búsqueda por folio.

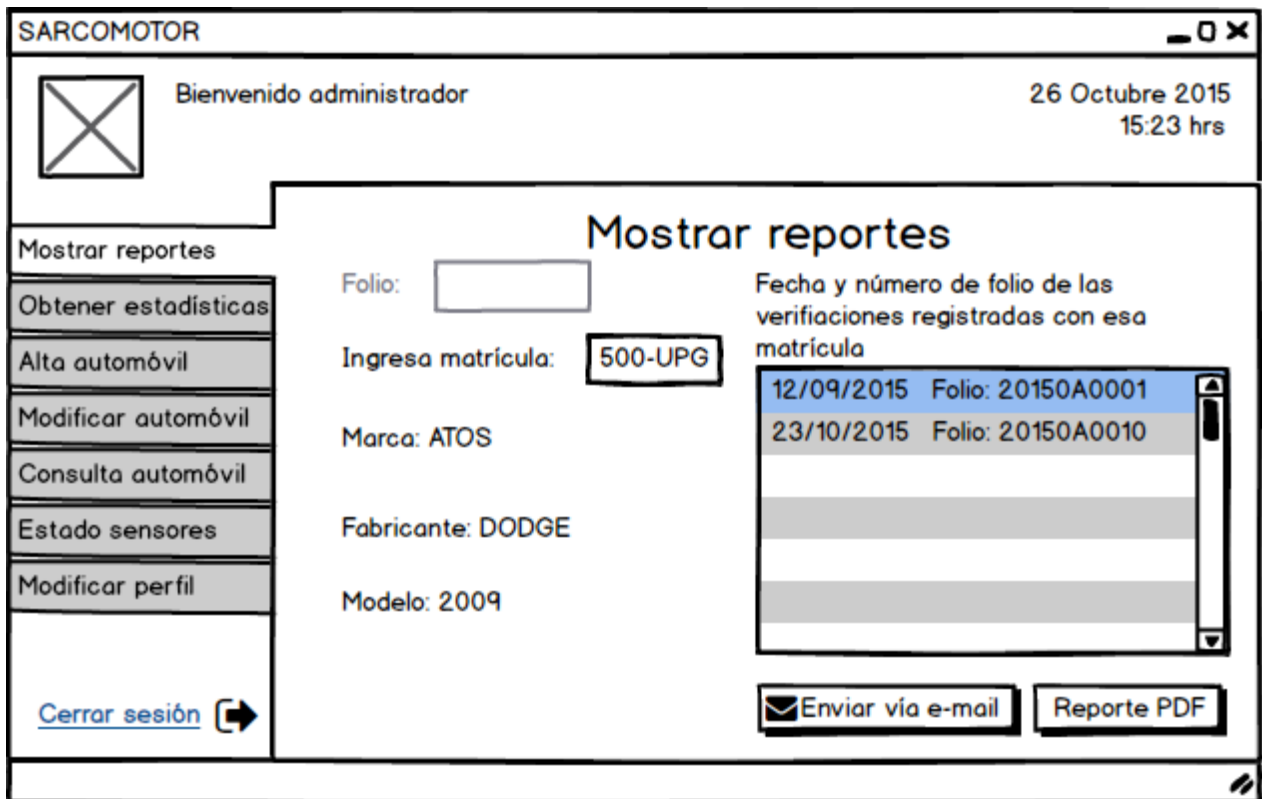


Figura 70. Prototipo pantalla mostrar reportes administrador búsqueda por matrícula.

El administrador tendrá acceso al historial de reportes y para mostrar los reportes deberá acceder a la opción de *Mostrar reportes* que se muestra en la parte izquierda de la pantalla. Se muestra en el prototipo de la pantalla anterior como al presionar mostrar reporte se puede buscar en el historial del sistema, ya sea por folio o por matrícula.

El folio está construido de la siguiente manera:

Año IdCentro NúmeroRegistro

En donde las X muestra el campo que sustituyen.

XXXX010001 - Año

2015XX0001 - Id de centro

201501XXXX - El número de registro

Ejemplo:

2015010001

En el año 2015, en el centro con id 01, el número de registro 0001.

En la figura 67 se muestra la búsqueda por folio. Al realizar la búsqueda por medio de folio, el sistema regresará algunos de los datos del automóvil para verificar que si sea el que se solicitó y que no hubo ningún error en la captura de los datos.

En la figura 68 se muestra la búsqueda por matrícula. Al realizar la búsqueda por matrícula, el sistema devolverá los datos del automóvil, deshabilitará la opción de folio, además se mostrará una lista con todas las fechas y folios que el automóvil con esa matrícula utilizó el sistema SARCOMOTOR, de esta manera el administrador podrá seleccionar el que necesite.

Al presionar el botón de *Enviar vía e-mail*, el sistema abrirá una ventana en donde se pedirá una dirección e-mail para poder enviar el archivo en formato PDF.

Al presionar el botón de *Reporte PDF* entonces se podrá observar el archivo en formato PDF ya sea para visualizarlo únicamente o mandarlo a imprimir.

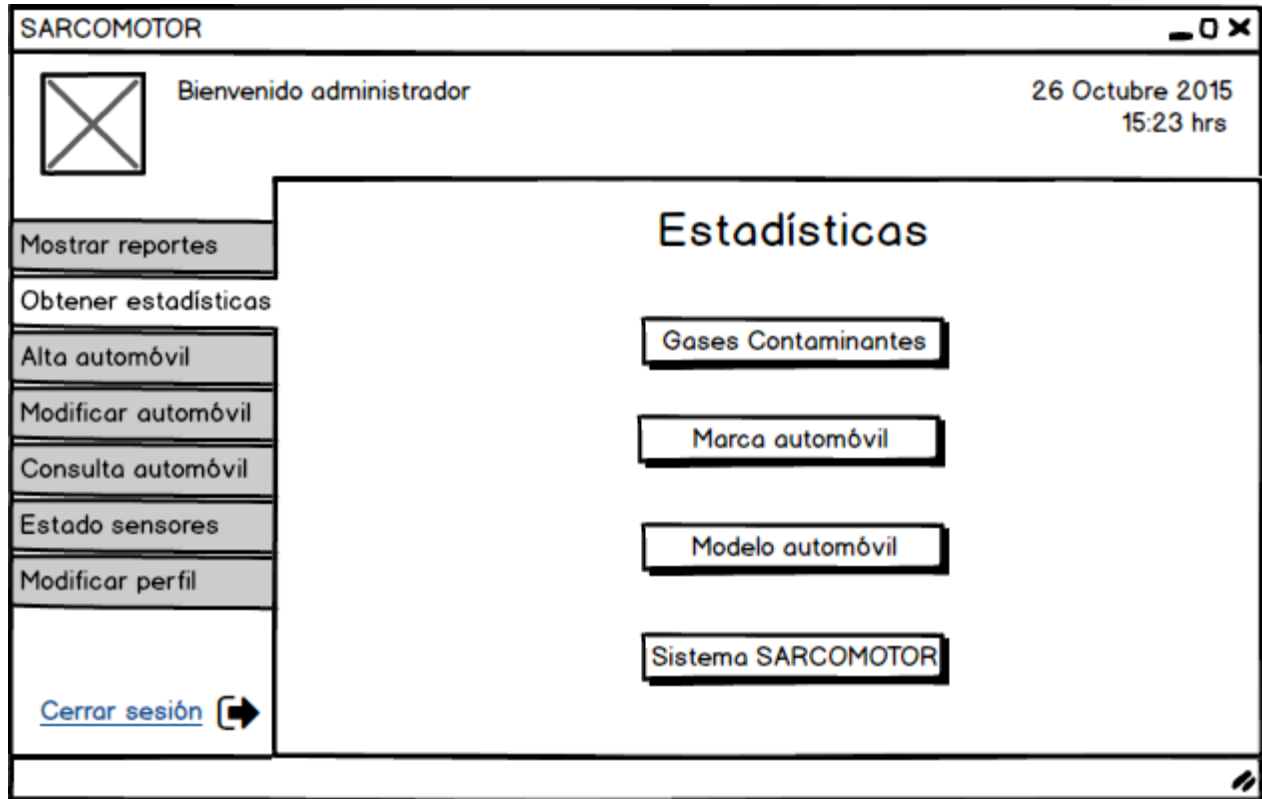
*Obtener estadísticas*

Figura 71. Prototipo pantalla obtener estadísticas del administrador.

El administrador podrá observar el prototipo de pantalla que se muestra en la figura 72 en la opción de Obtener estadísticas, diferentes formas de obtener estadísticas, por gases contaminantes, por marca de automóvil, por el modelo o estadísticas propias del sistema como son número de autos que han utilizado el sistema.

Cada botón nos redirigirá a una nueva pantalla mostrando sus correspondientes gráficas de acuerdo a las estadísticas que se hayan obtenido por medio de los datos recopilados.

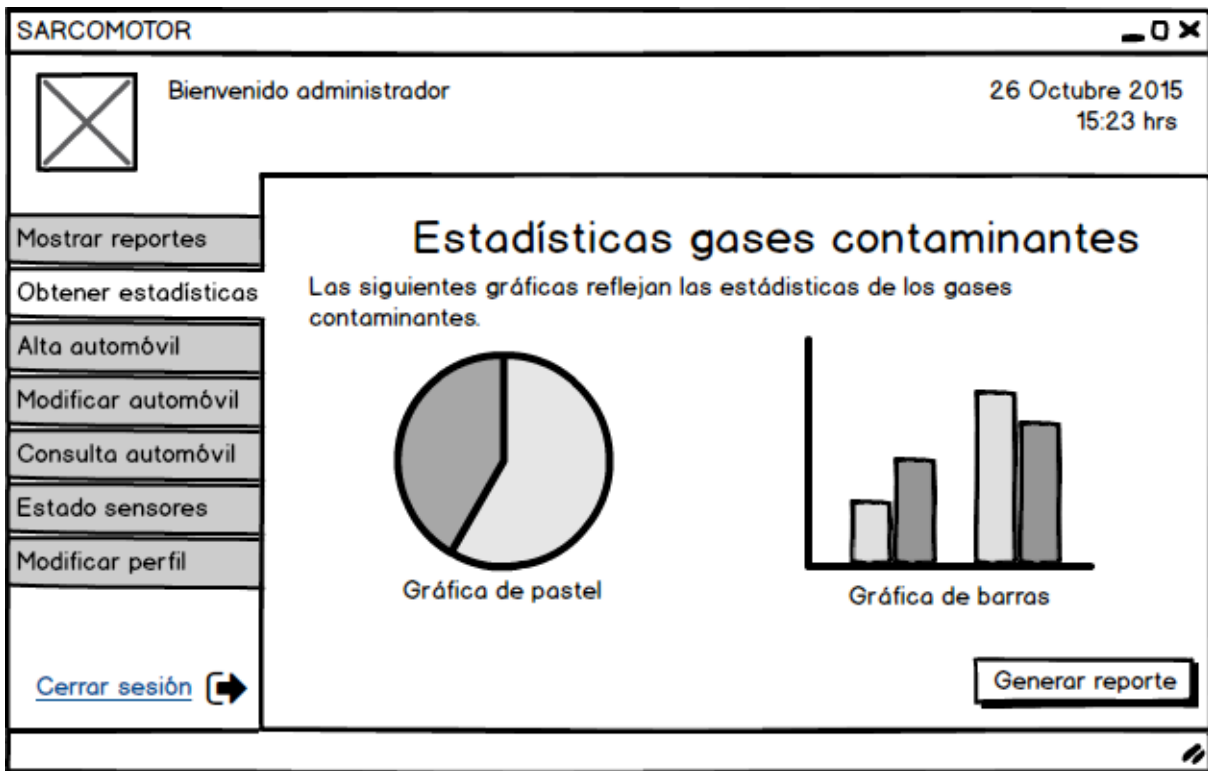


Figura 72. Prototipo pantalla estadísticas gases contaminantes.

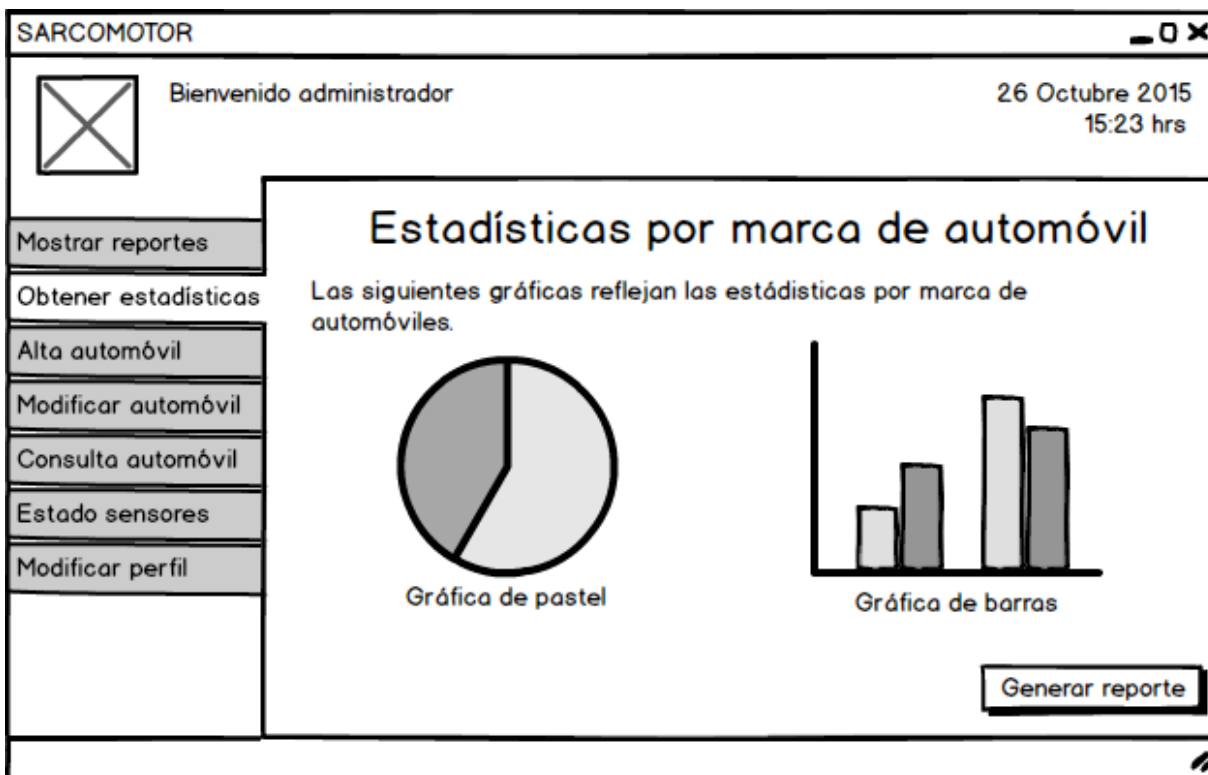


Figura 73. Prototipo pantalla estadísticas por marca de automóvil.

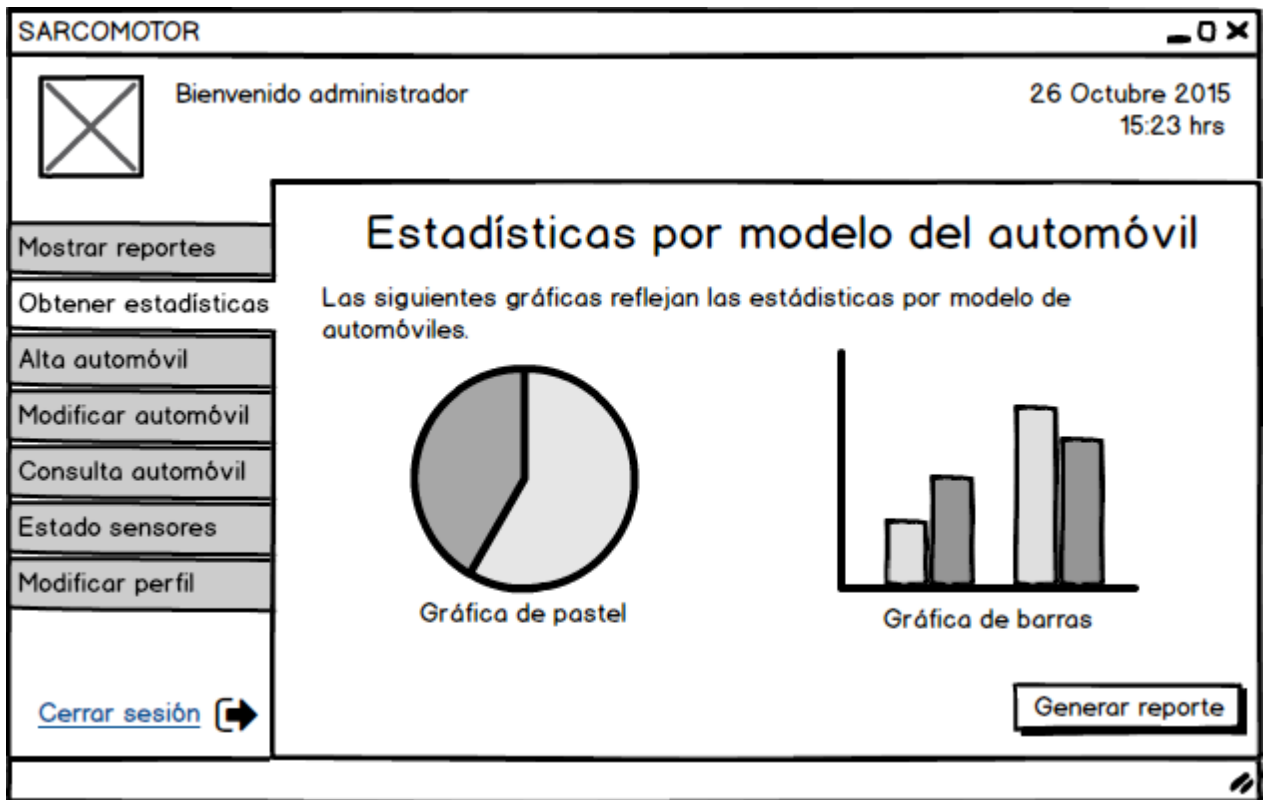


Figura 74. Prototipo pantalla estadísticas por modelo del automóvil.

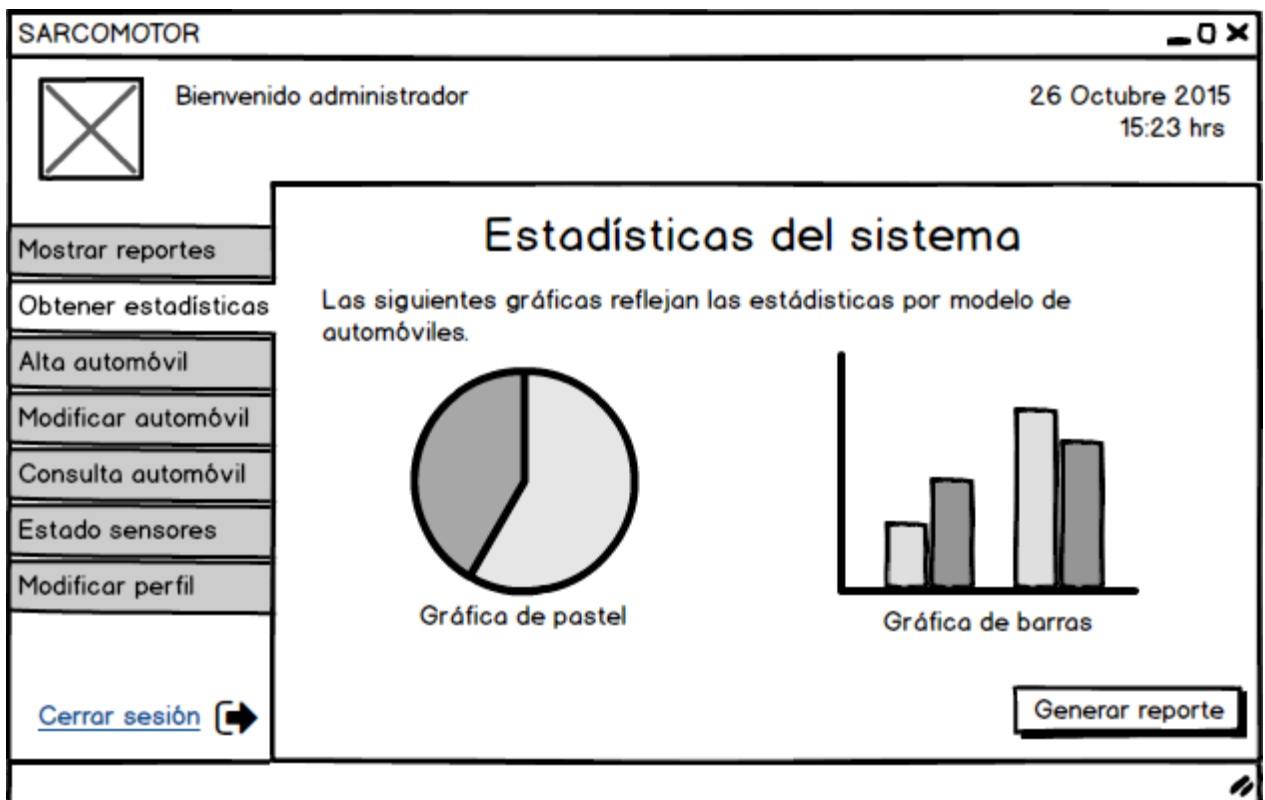


Figura 75. Prototipo pantalla estadísticas del sistema.

Al presionar el botón de *Gases Contaminantes* en el prototipo de pantalla mostrada en la figura 72, redirigirá a esta pantalla mostrada en la figura 73 en donde se ven dos tipos de gráficas la de pastel y la gráfica de barras, conforme a los datos que hemos copilado de los automóviles de esta manera se podrá observar cual gas predomina en los automóviles, y también en que porcentaje.

Al presionar el botón de *Marca automóvil* en el prototipo de pantalla mostrada en la figura 72 redirigirá a esta pantalla mostrada en la figura 74 en donde se ven dos tipos de gráficas la de pastel y la gráfica de barras, conforme a los datos que hemos copilado de los automóviles de esta manera se podrá observar cual gas predomina en los automóviles, y también en que porcentaje.

Al presionar el botón de *Modelo automóvil* en el prototipo de la pantalla mostrada en la figura 72, redirigirá a esta pantalla mostrada en la figura 75 en donde se ven dos tipos de gráficas la de pastel y la gráfica de barras, conforme a los datos que hemos copilado de los automóviles de esta manera se podrá observar cual gas predomina en los automóviles, y también en que porcentaje.

Al presionar el botón de *Sistema SARCOMOTOR* en el prototipo de pantalla mostrada en la figura 72, redirigirá a esta pantalla mostrada en la figura 76, donde se ven dos tipos de gráficas la de pastel y la gráfica de barras, conforme a los datos que hemos copilado de los automóviles de esta manera se podrá observar cual gas predomina en los automóviles, y también en que porcentaje.

Al presionar el botón de *Generar reporte* en cualquiera de los prototipos de las pantallas antes mencionadas, se generará un reporte en formato PDF el cual el administrador podrá visualizar o mandar a imprimir las gráficas mostradas.



Alta del automóvil

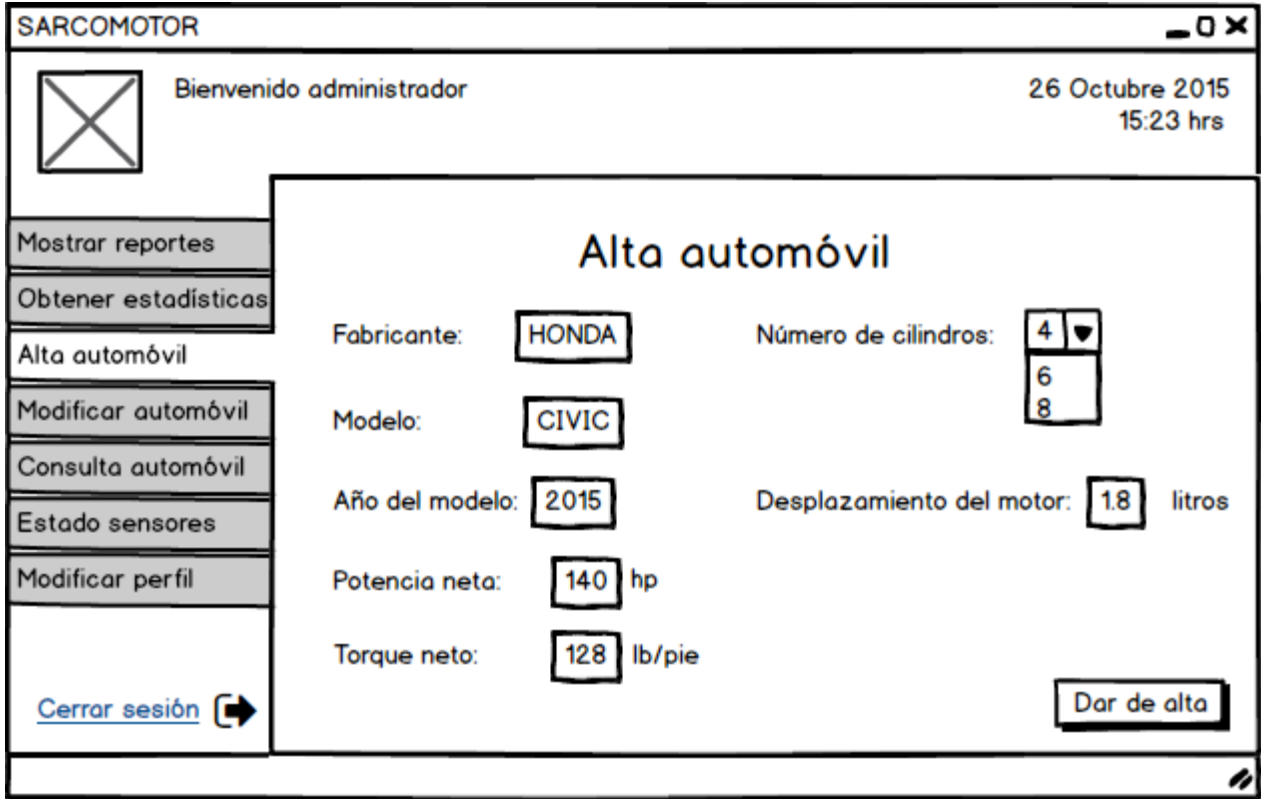


Figura 76. Prototipo pantalla alta del automóvil.

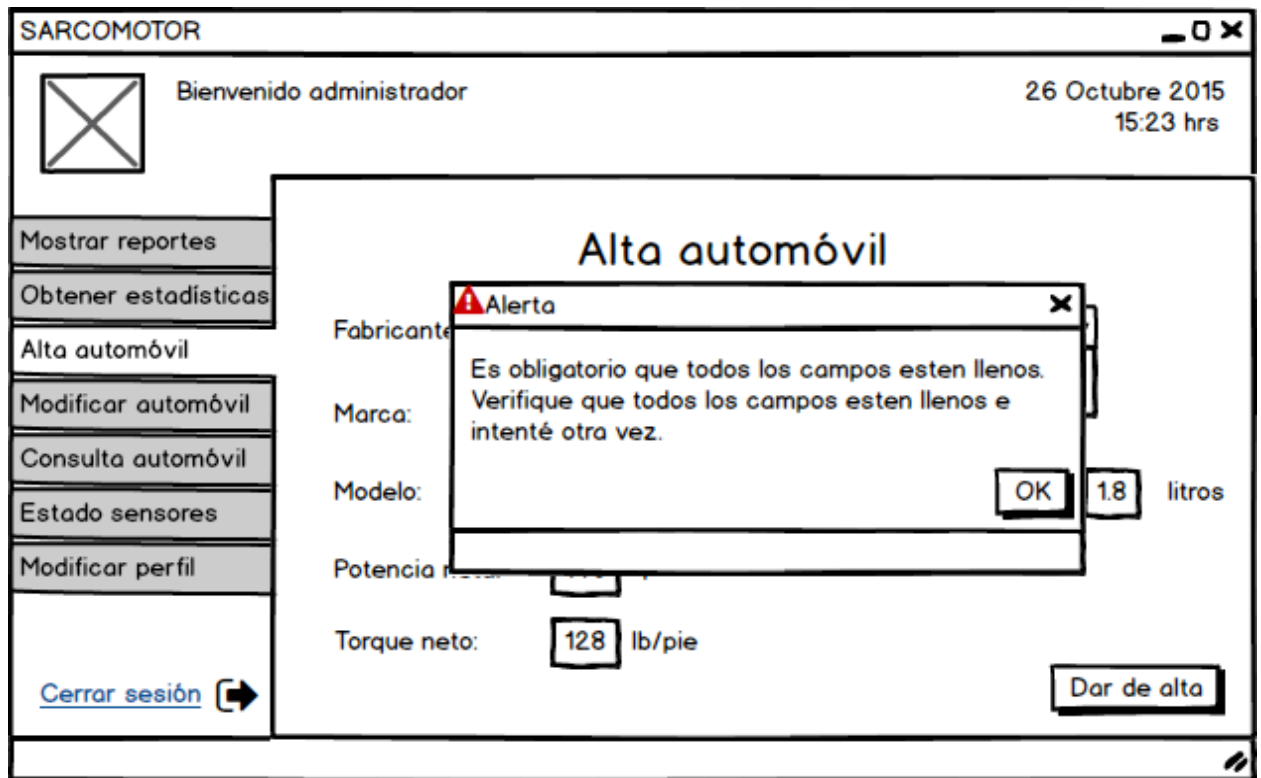


Figura 77. Prototipo pantalla alerta alta automóvil.

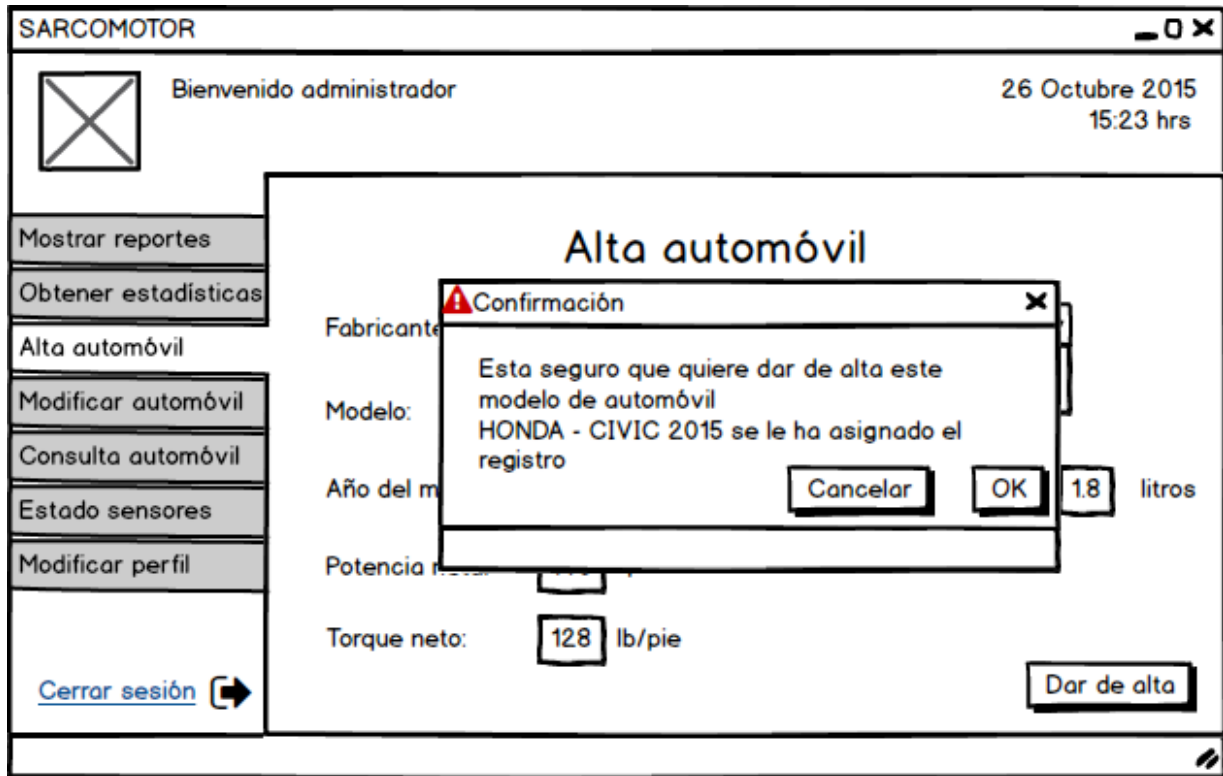


Figura 78. Prototipo pantalla confirmación alta automóvil.

En la figura 77 se muestra el prototipo de pantalla en el cual el administrador ingresa los datos para dar de alta un automóvil a la base de datos.

En caso de que no estén campos llenos el sistema hará una validación de datos y mandará una alerta al administrador para que verifique que todos los campos estén llenos como se muestra en la figura 78, por el contrario si es que los campos sí son correctamente validados, entonces manda una confirmación de seguridad al administrador, él puede registrar al presionar el botón *OK* o puede cancelar el registro al presionar el botón *Cancelar* como se muestra en la figura 79.

El registro se creará automáticamente a partir de ciertas características del vehículo.

Las primeras dos consonantes del fabricante del vehículo, seguido del modelo del automóvil y por último las iniciales de la marca del automóvil.

Modificar automóvil

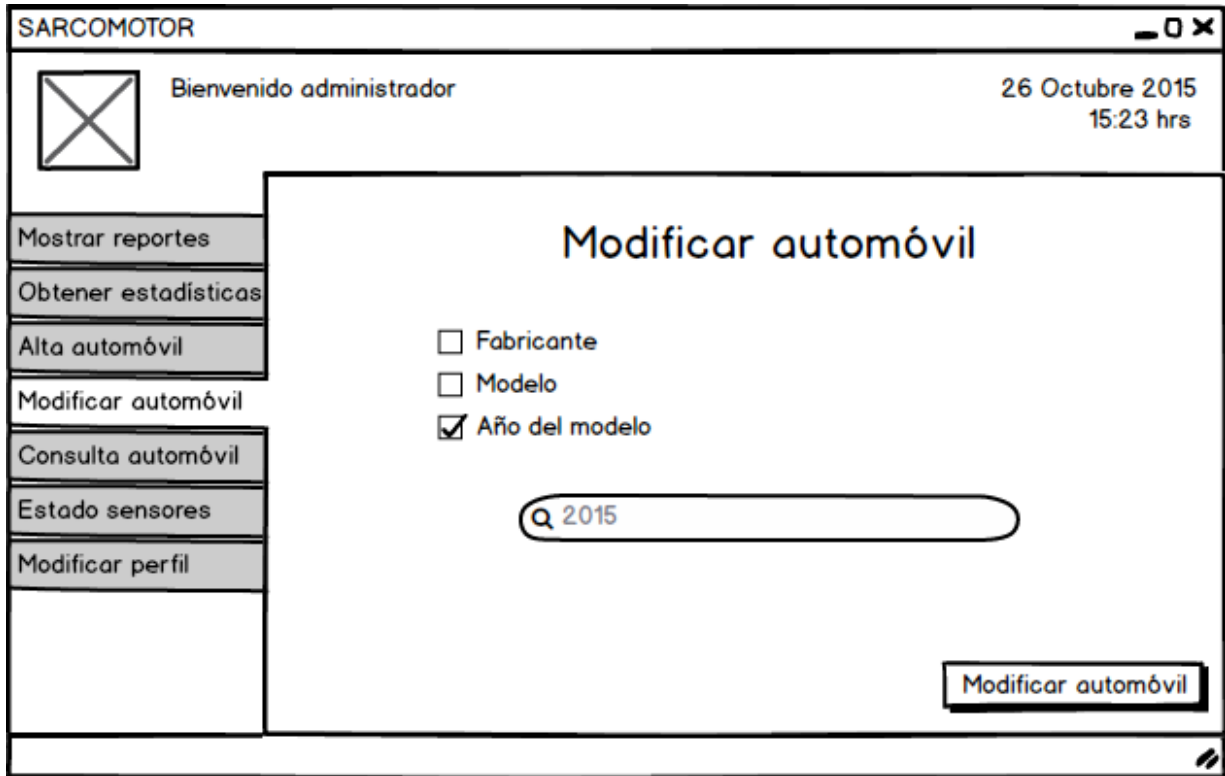


Figura 79. Prototipo pantalla modificar automóvil búsqueda.

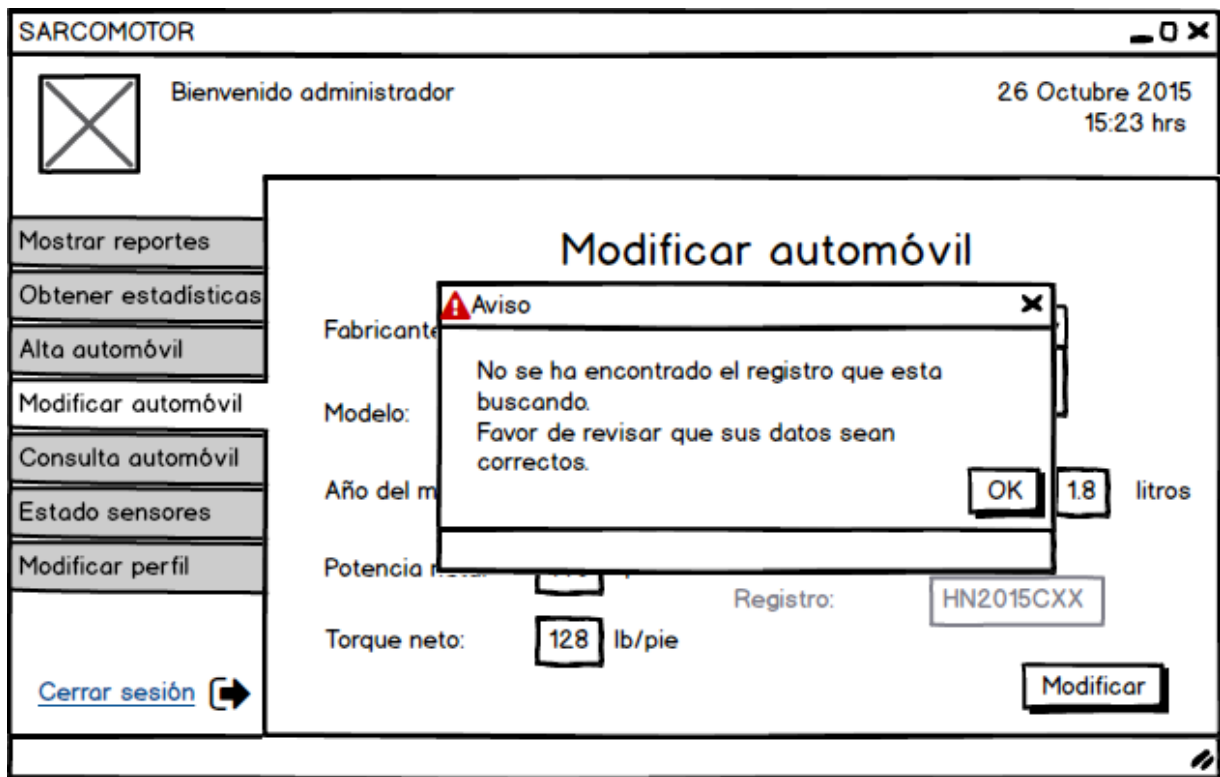


Figura 80. Prototipo pantalla Automóvil no encontrado

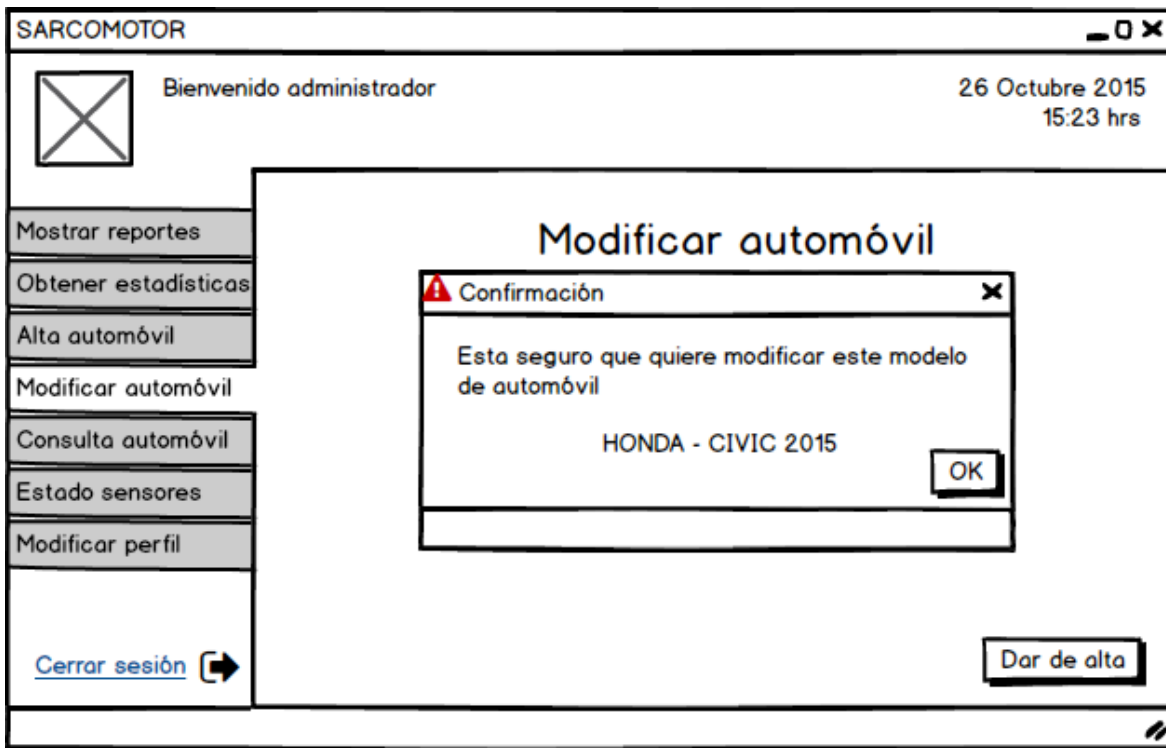


Figura 81. Prototipo pantalla alerta modificar automóvil, registro no encontrado.

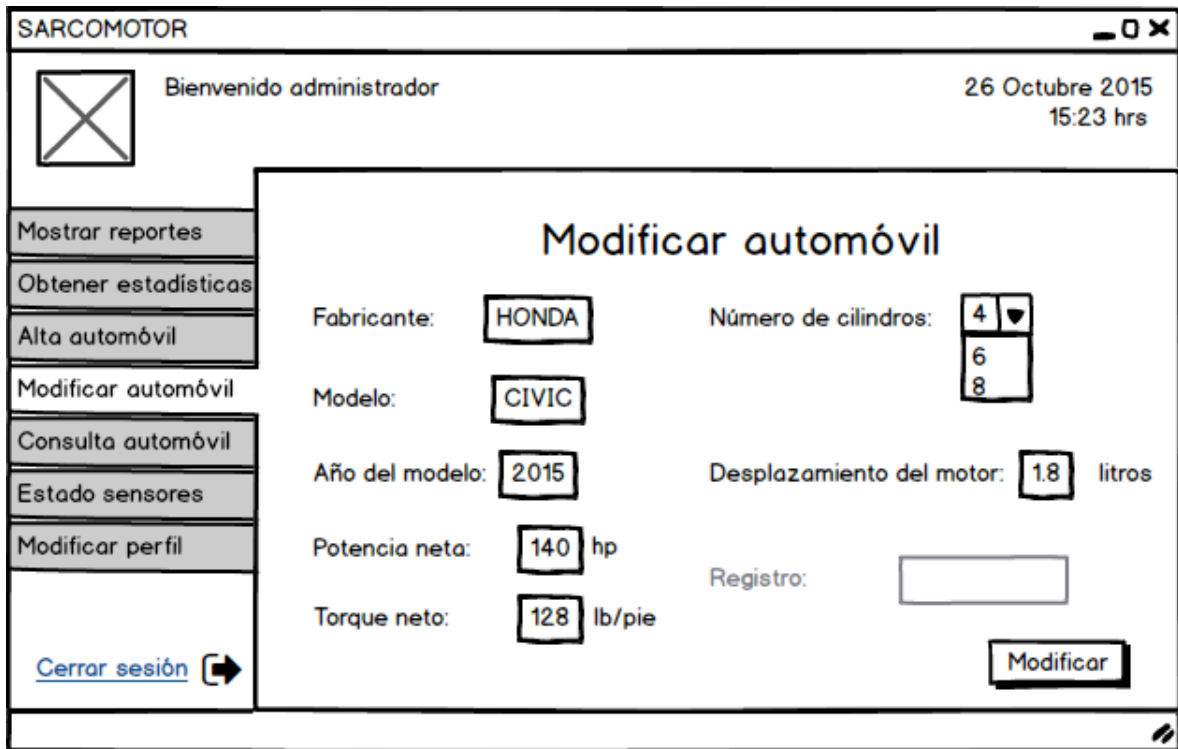


Figura 82. Prototipo pantalla modificar automóvil.

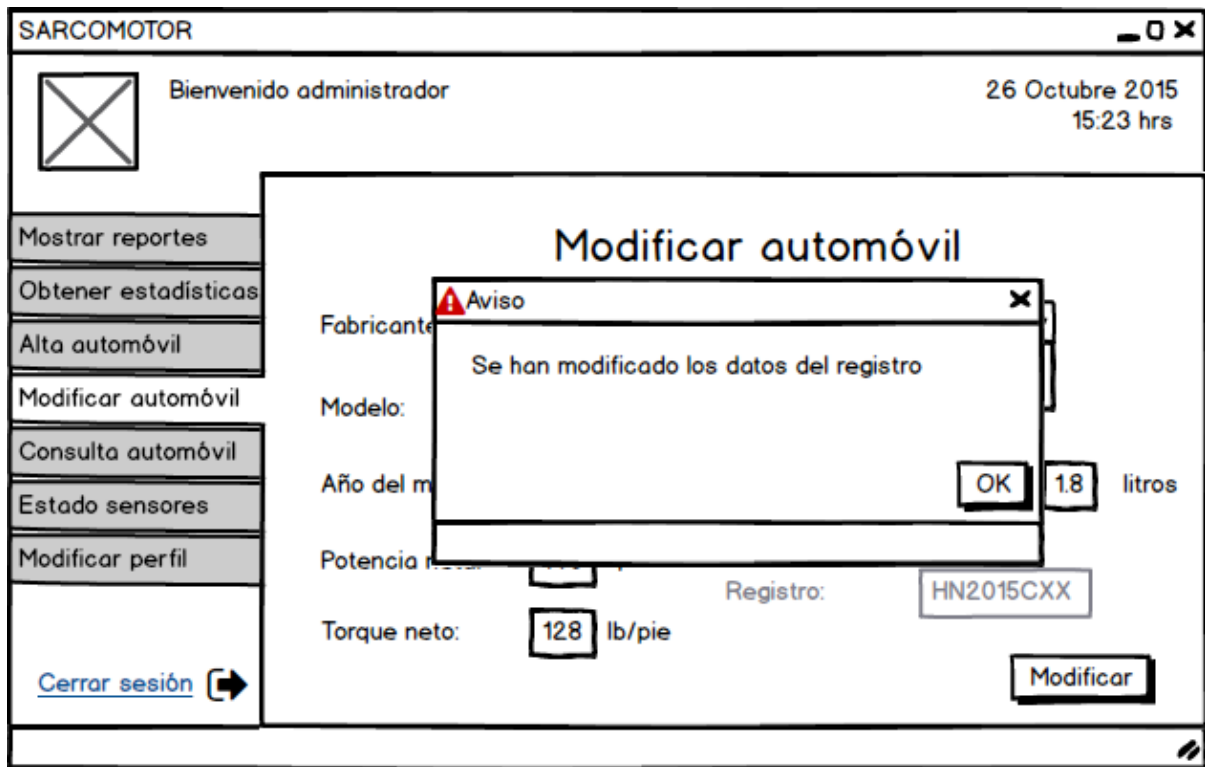


Figura 83. Prototipo pantalla modificar automóvil aviso.

En la figura 80 se muestra el prototipo de pantalla en el cual el administrador podrá buscar un registro para poder modificar sus características del automóvil.

En caso de que no se encuentre el registro el sistema mandará una alerta al administrador como se puede observar en la figura 81, en el caso contrario de que sí se encuentre el registro entonces nos mandará una alerta para verificar que sea el registro que el administrador desee como se muestra en la figura 82 redirigirá a una nueva pantalla como se muestra en el prototipo de pantalla en la figura 83 en donde tendremos los datos, y los podremos modificar, al presionar el botón de *Modificar* se actualizarán los nuevos datos en el sistema y nos aparecerá una alerta de que los datos han sido modificados como se puede ver en la figura 84.

El único registro que no se puede modificar es el número de registro, este es el ID que nuestra base de datos registra para ese automóvil.

Consulta de automóvil

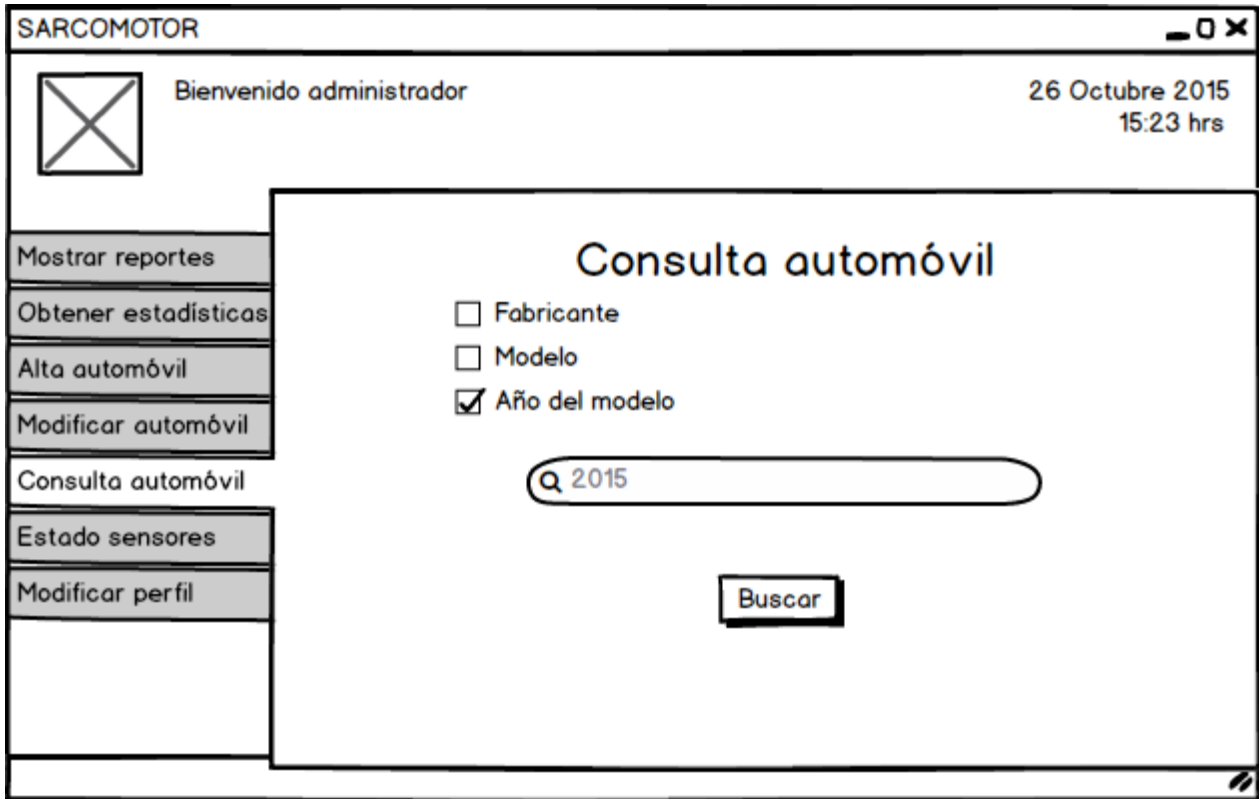


Figura 84. Prototipo pantalla consulta automóvil.

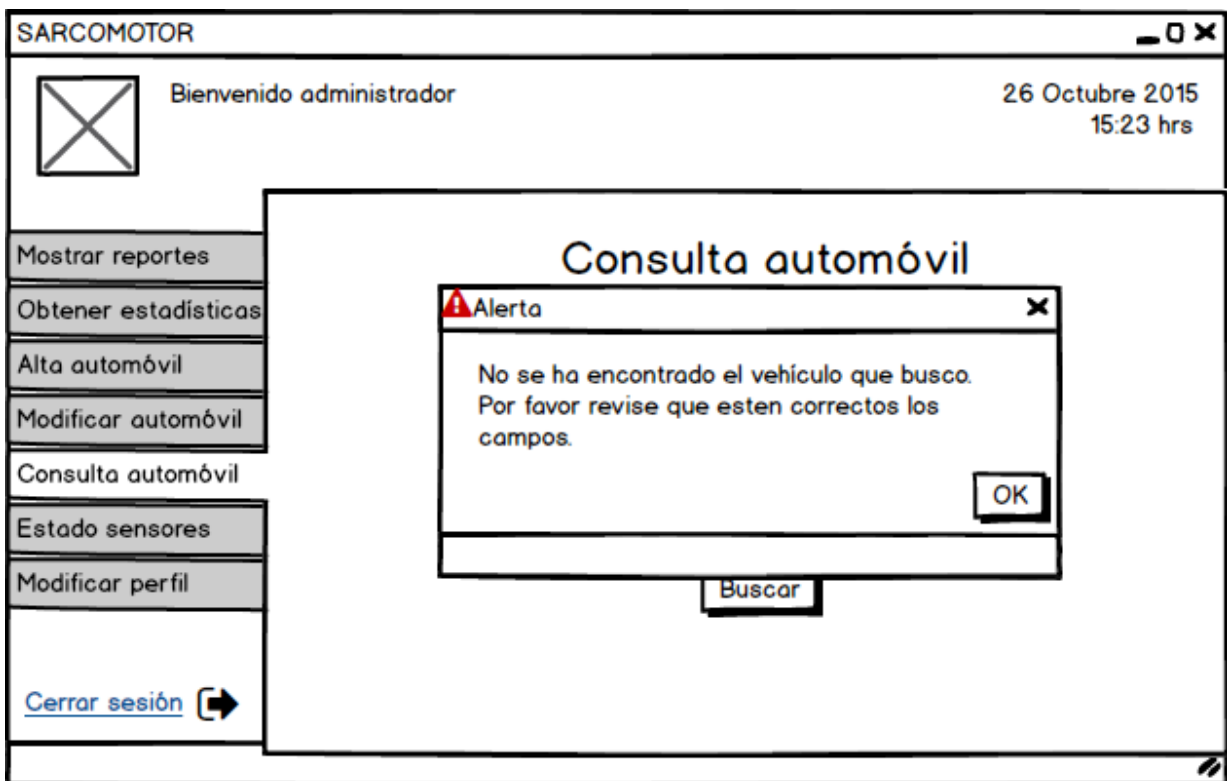


Figura 85. Prototipo pantalla consulta automóvil, registro no encontrado.

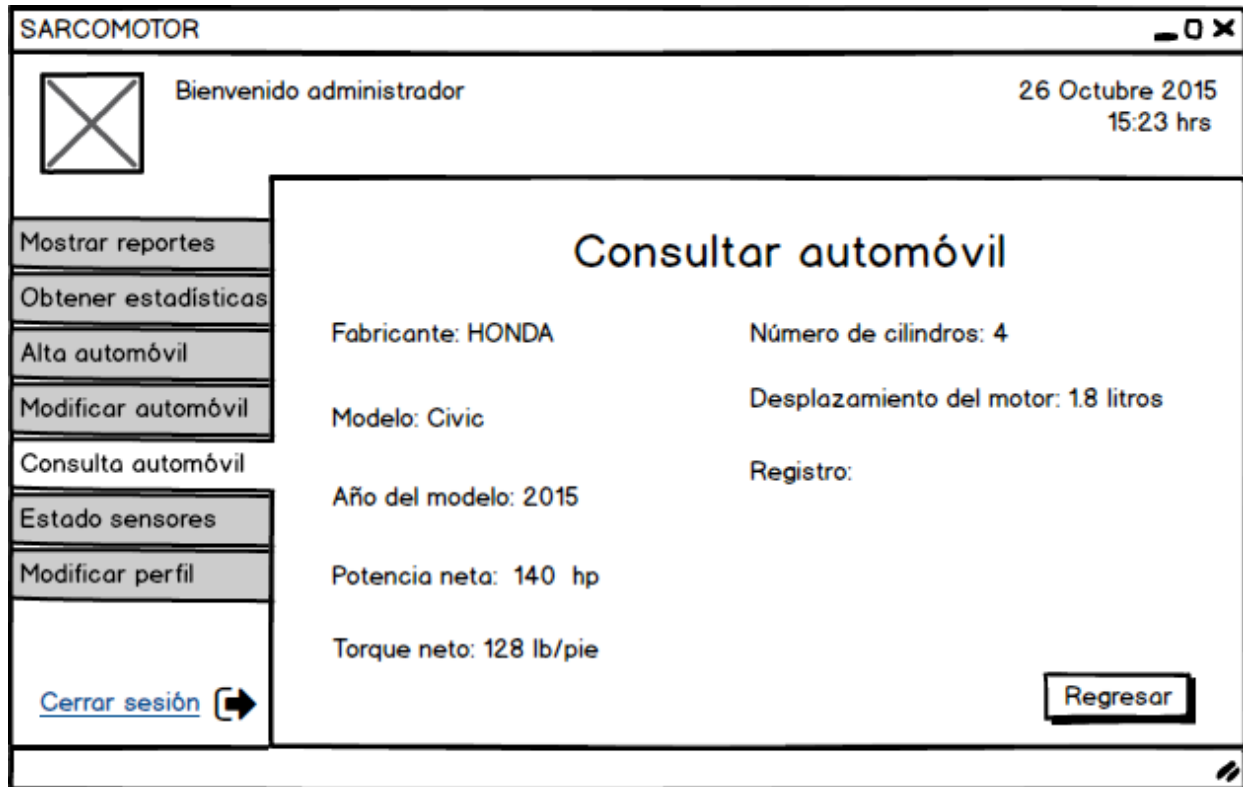


Figura 86. Consulta automóvil

En la figura 85 se muestra el prototipo de pantalla en el cual el administrador podrá buscar un automóvil para consultar las características del automóvil sus características.

En caso de que no se encuentre el registro el sistema mandará una alerta al administrador como se puede observar en la figura 86, por el contrario, si sí se encuentra el registro entonces redirigirá a otra pantalla en donde aparecerán las características del automóvil como se muestra en la figura 87.

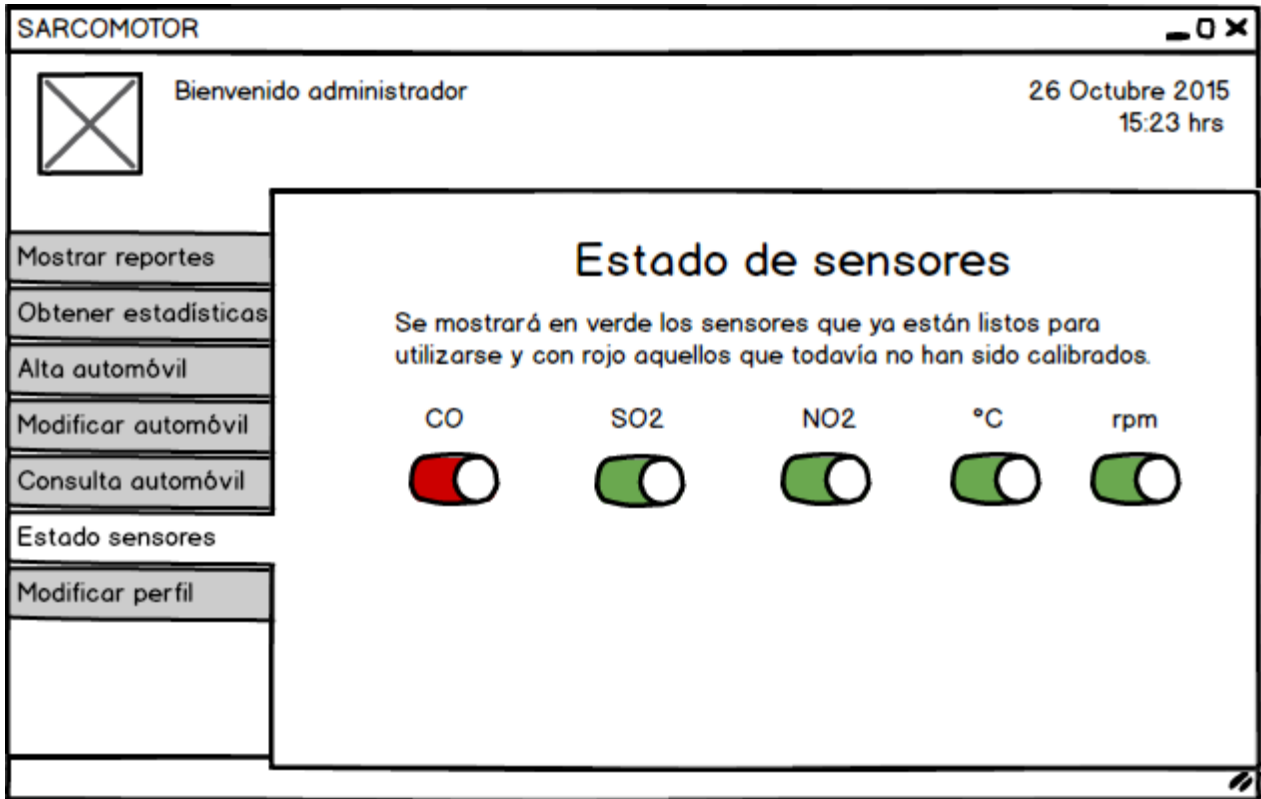
*Estado de sensores*

Figura 87. Prototipo pantalla estado de sensores.

En la figura 88 se muestra el prototipo de la pantalla del estado de sensores, en donde el administrador podrá observar si los sensores están calibrados y listos para poder ser utilizados nuevamente.

Se indicará con color rojo que los sensores no están listos para ser utilizados y con color verde aquellos que están listos para ser utilizados.



Perfil administrador

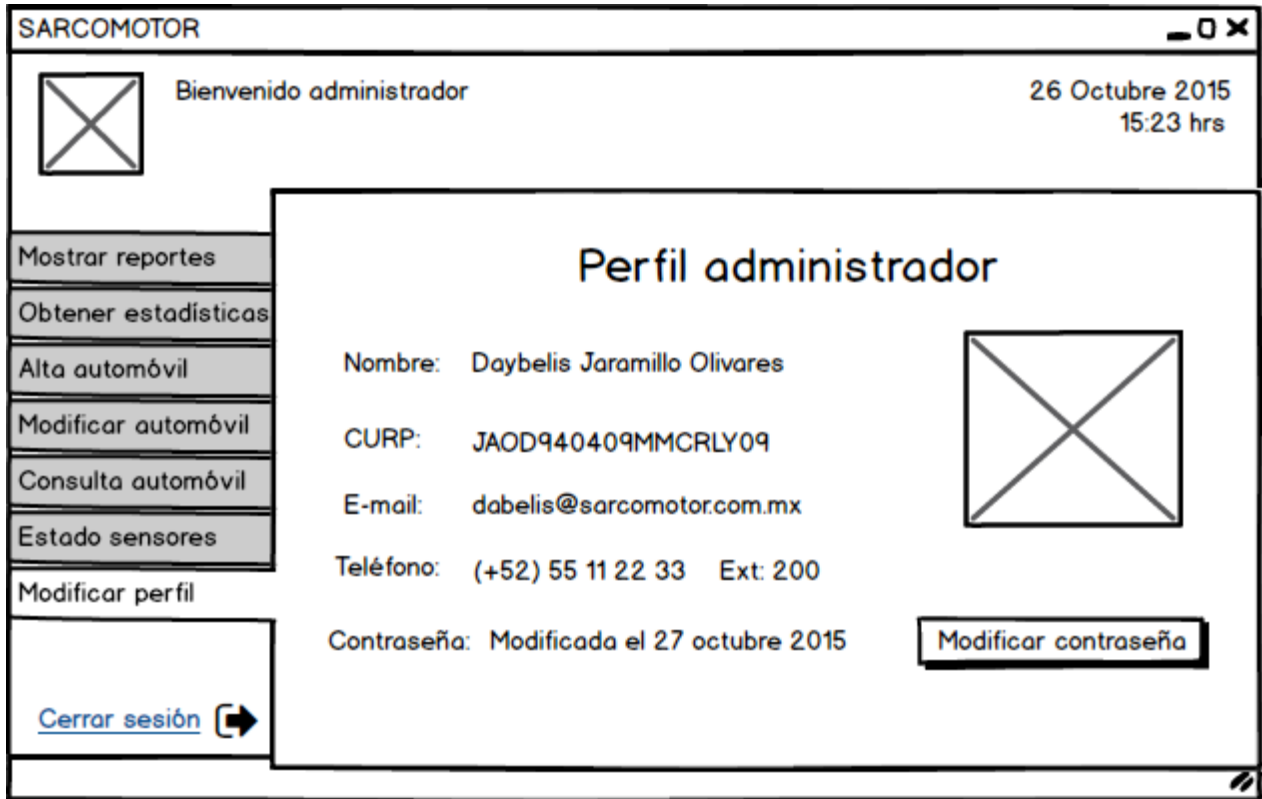


Figura 88. Prototipo pantalla perfil administrador.

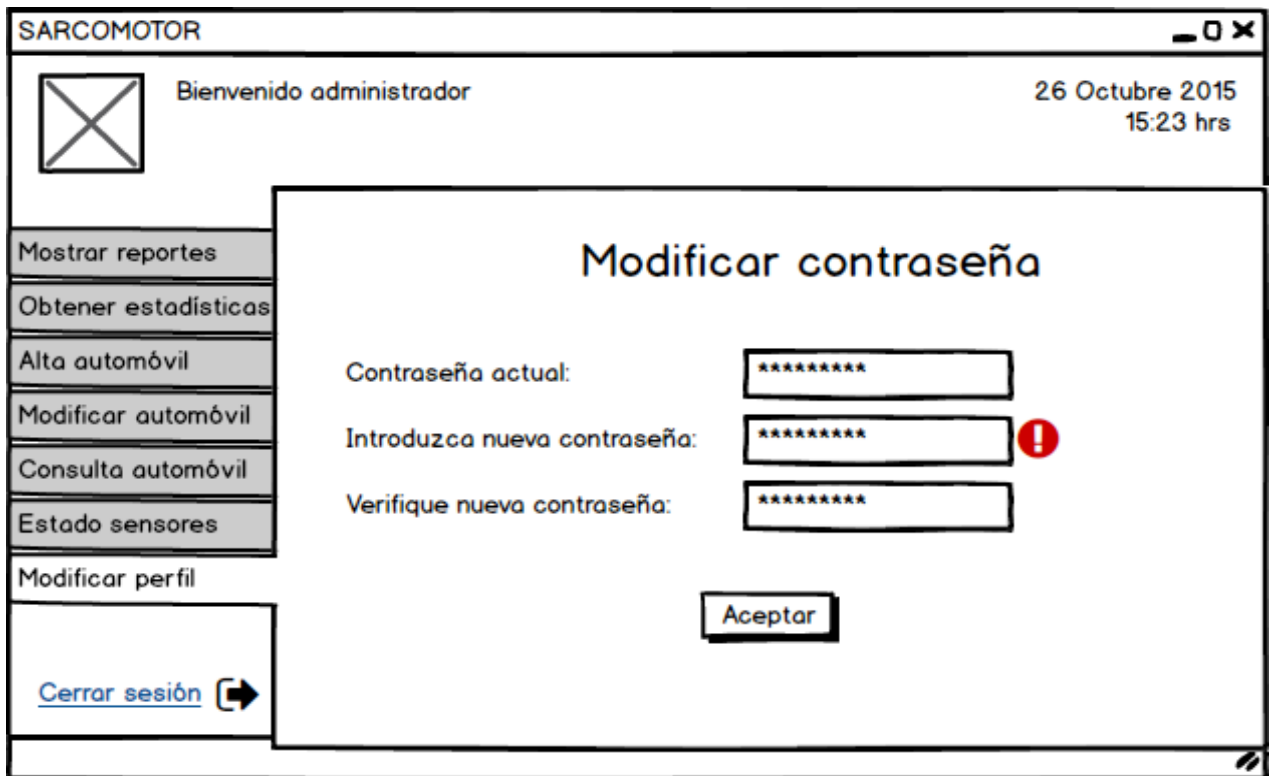


Figura 89. Prototipo pantalla modificar contraseña.

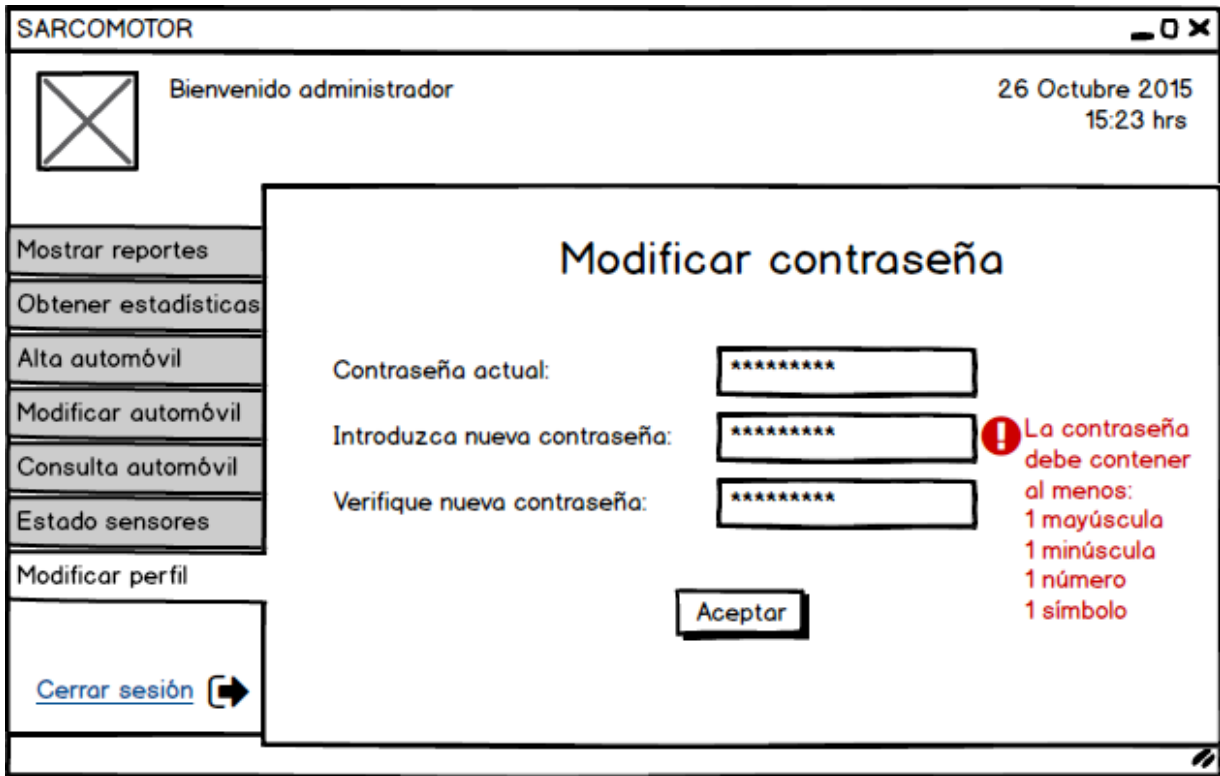


Figura 90. Prototipo pantalla seguridad de contraseña.

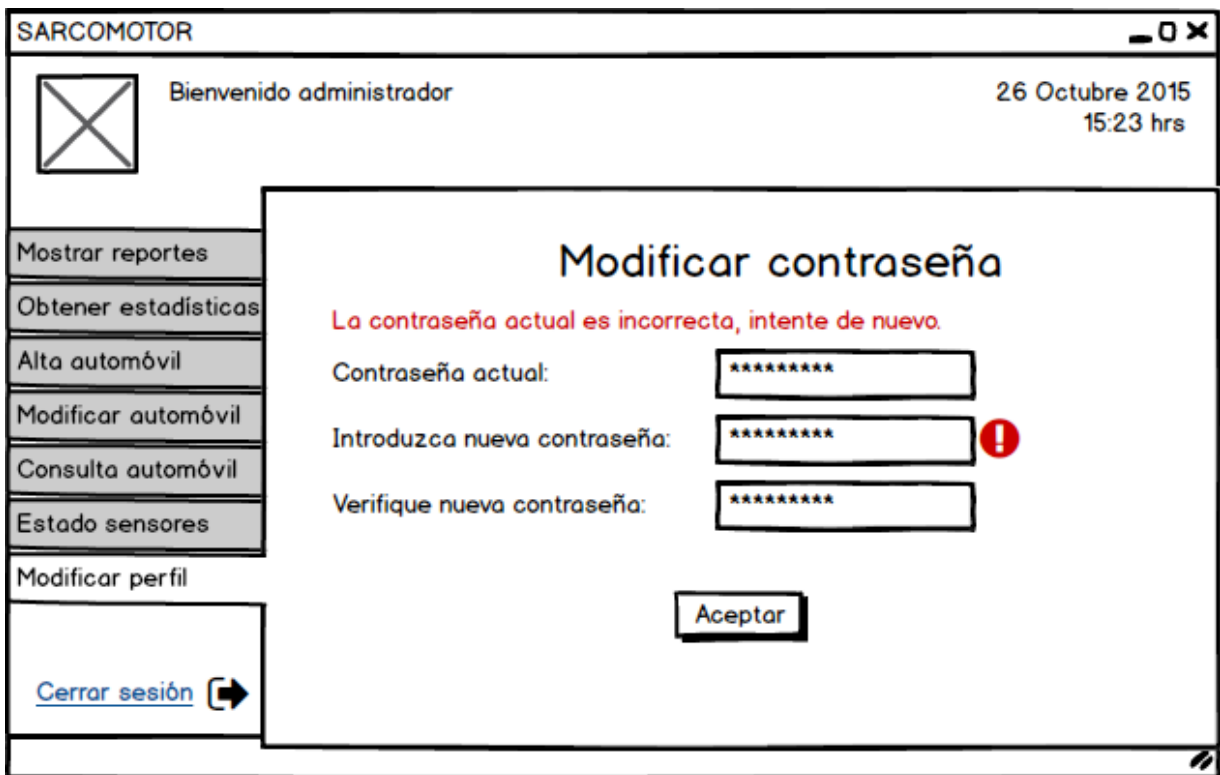


Figura 91. Prototipo pantalla contraseña actual errónea.

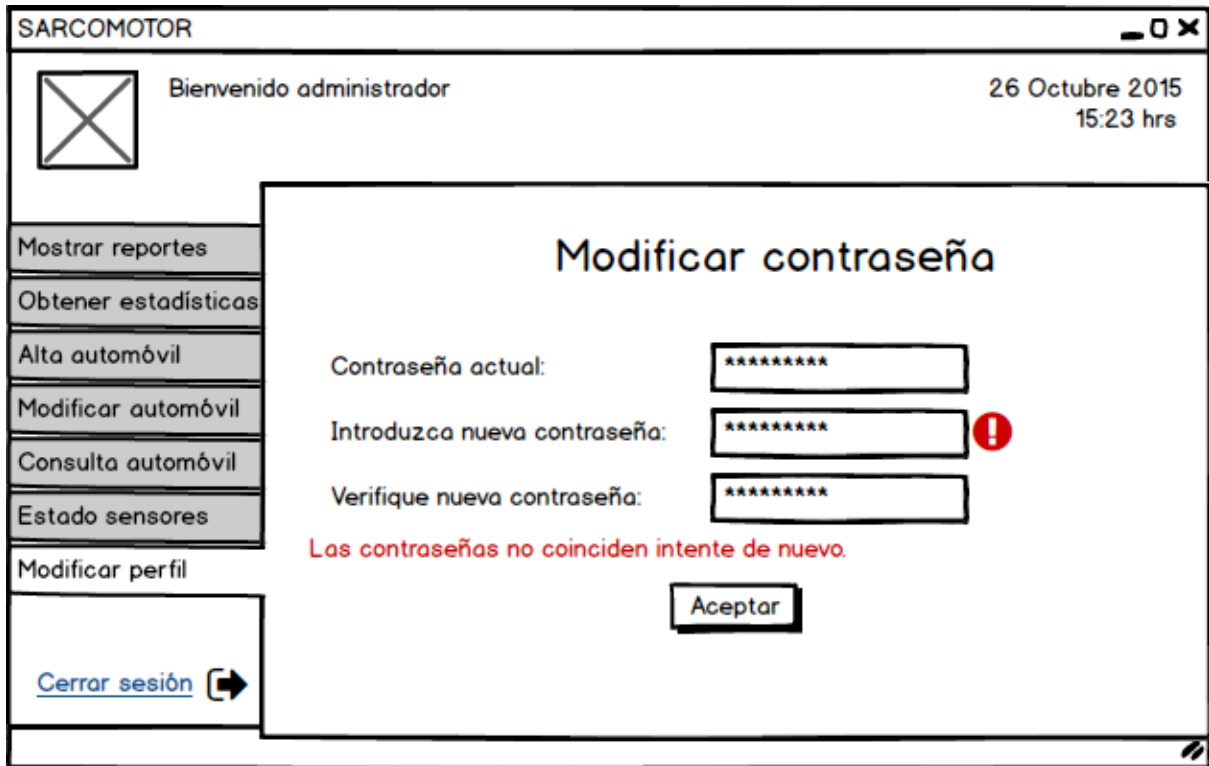


Figura 92. Prototipo pantalla no existe coincidencia entra la contraseña nueva y su verificación.

En la figura 89 se muestra el prototipo pantalla del perfil del administrador en donde podrá observar sus datos personales, su cuenta de correo asociada, el número de teléfono con su respectiva extensión en su área de trabajo y su fotografía de identificación en el sistema.

El administrador podrá cambiar su contraseña cuando lo desee al presionar *Modificar* contraseña en esta pantalla, lo cual le pedirá su contraseña pasada, por seguridad y le pedirá pedir la contraseña actual para poder asignarla como se muestra en la figura 90.

En la figura 91 se muestra la alerta, aquí se indica al administrador, implementando seguridad al sistema, los elementos por los que debe de estar compuesta su contraseña.

En caso de que la contraseña actual que el administrador haya introducida sea incorrecta se enviará un mensaje como se muestra en la figura 92.

En caso de que la contraseña nueva no coincida con la verificación de la contraseña nueva se enviará un mensaje como se puede observar en la figura 93.

# Prototipos hardware sistema

## Primer prototipo circuitos (Uso de rectificador)

### *Prototipo circuitos protoboard*

#### *Circuito alimentación*

Se realizaron dos circuitos reguladores, uno de 5 y otro de 12 V como se mencionó en el diseño de los circuitos, a continuación, se muestra el prototipo funcional de estos, además del circuito rectificador para convertir la señal AC a DC, a continuación se muestran los prototipos.

#### **Circuito rectificador**

Un rectificador es un circuito que tiene la capacidad de convertir Corriente Alterna (C.A.) en Corriente Directa (C.D.), transformando así una corriente bidireccional a una unidireccional [44]. Esto se realiza debido a que el circuito diseñado para la medición consume una corriente mayor a la que le podría otorgar Arduino directamente desde la tarjeta; sin embargo, como el tipo de corriente otorgado por las compañías de luz es de C.A, ésta requiere ser convertida para adaptarse a los dispositivos que utilizan C.D.

Para conseguirlo, se realizó un rectificador de onda completa por medio de un puente de diodos, o puente de Graetz, con lo se puede aprovechar el voltaje otorgado por el transformador a utilizar, y de esta manera obtener una corriente pulsante. Pero, debido que el circuito no puede trabajar con una corriente de este tipo, se tiene que filtrar por medio de un capacitor, el cual otorga una Corriente muy cercana a la Corriente Directa, salvo por una pequeña variación llamada Rizado [44].

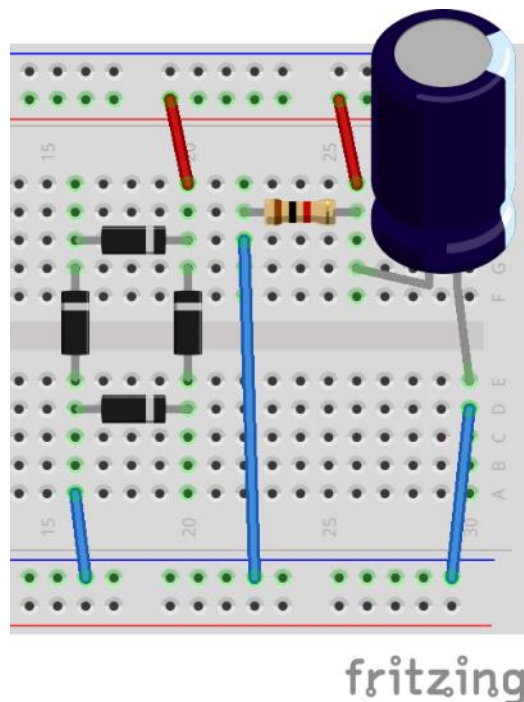


Figura 93. Prototipo rectificador

**Circuito regulador 5 V**

Posteriormente, dado que se requiere alimentar la tarjeta Arduino, los sensores y la pantalla LCD con 5 V, es necesario realizar un circuito regulador de voltaje, como el mostrado en la figura 95 el cual utiliza un regulador LM350 para soportar la corriente de 3A que circula por el circuito.

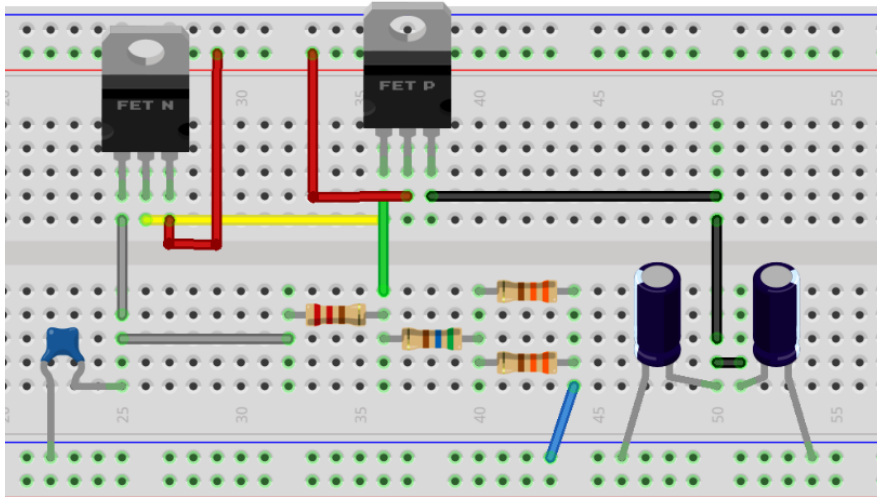
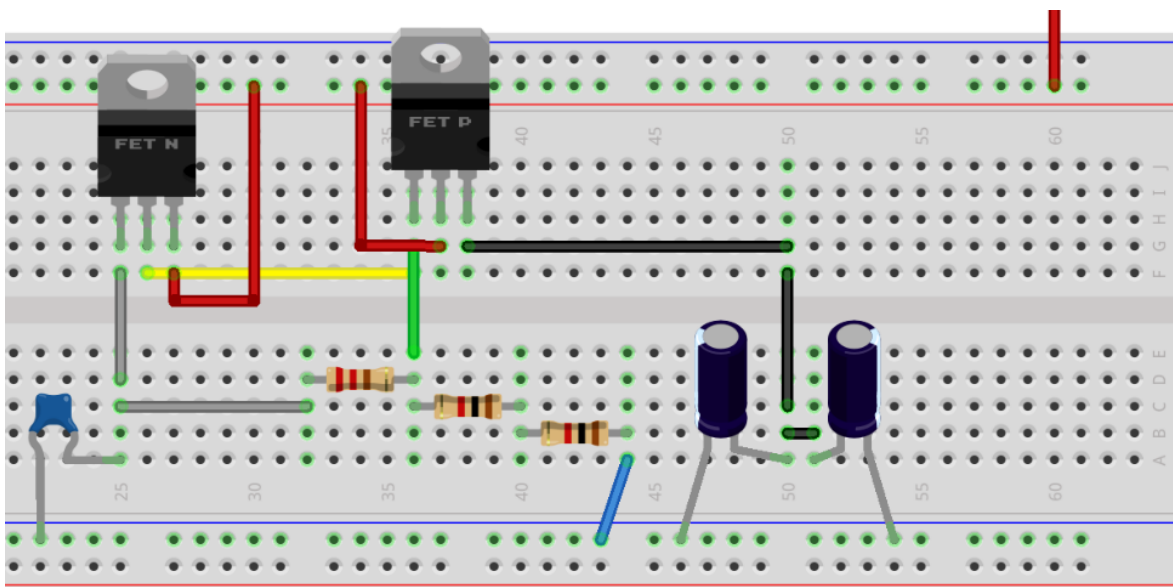


Figura 94. Regulador 5 V

**Circuito regulador 12 V**

De igual forma, se requiere alimentar un puente H, que se encarga de girar un ventilador para limpiar el área de sensado y un motor para abrir y cerrar la compuerta del área, por lo que se debe realizar también un circuito regulador de voltaje, como se muestra en la figura 96, utilizando el LM350.



fritzing

Figura 95. Regulador 12 V

**Esquema general del circuito**

Finalmente, al unir cada parte del circuito de alimentación, quedó un circuito como el que se muestra en la figura 97.

Este circuito está conectado a un transformador de que convierte 127 V a 12 V en C.A. en la entrada. Se conectó el transformador al circuito rectificador, para que de esta manera, como se mencionó antes, se convierta de A.C. a D.C. y llega a los circuitos reguladores por lo que se tienen dos salidas de voltaje en este circuito una de 5 V y otra de 12 V, con estos voltajes se alimenta toda la circuitería del sistema.

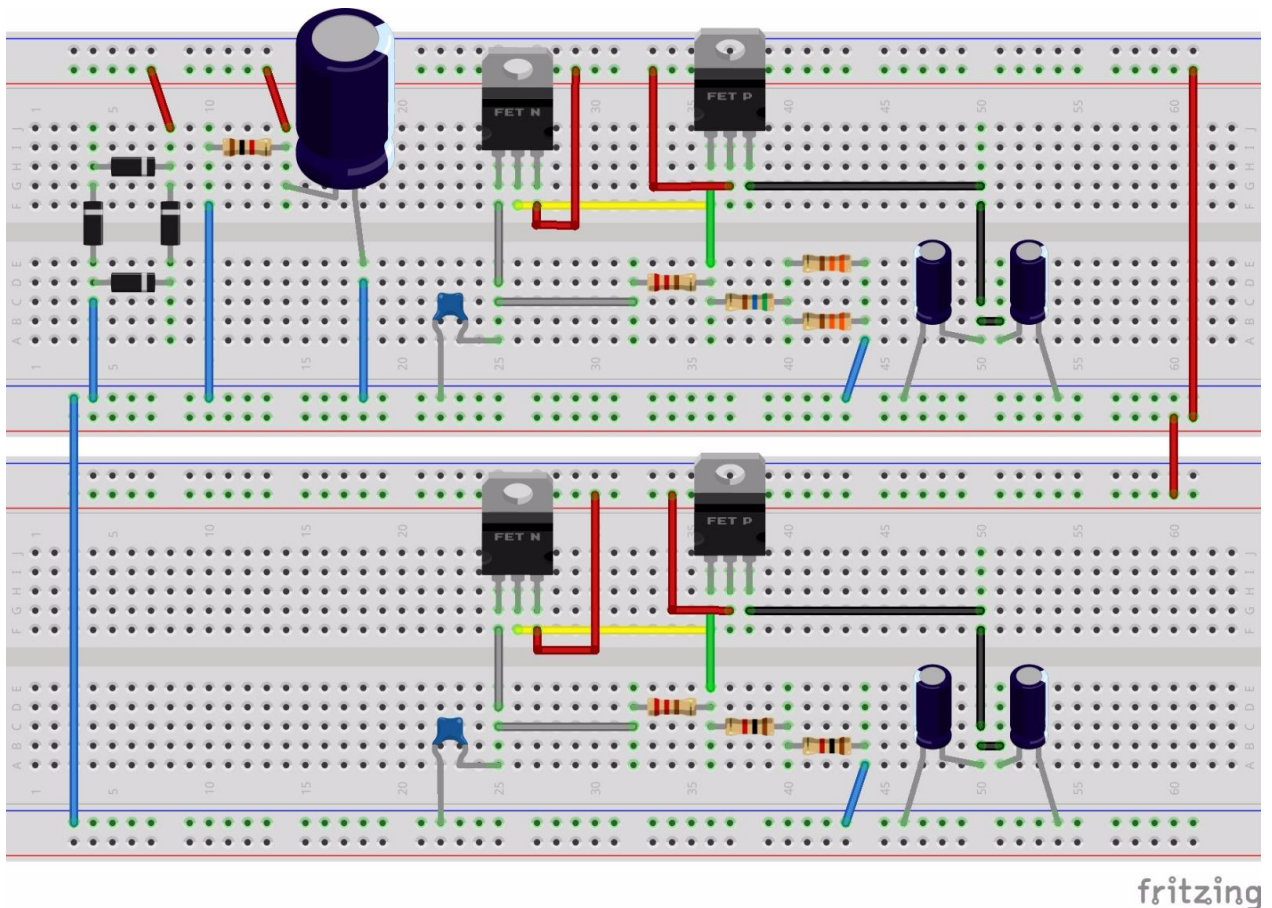


Figura 96. Esquema completo circuito de alimentación.

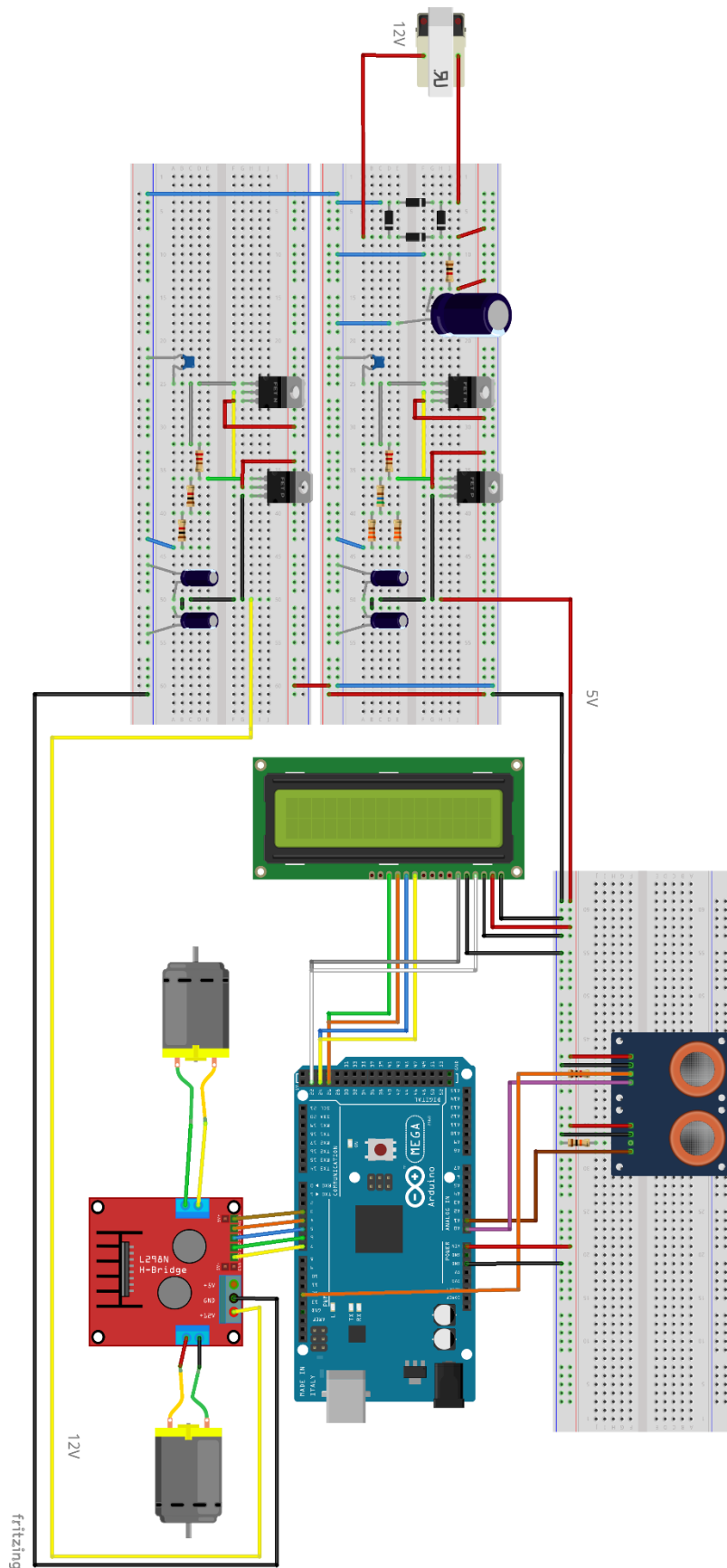


Figura 97. Esquema prototipo 1.

Prototipo circuitos placa impresa

Circuito rectificador

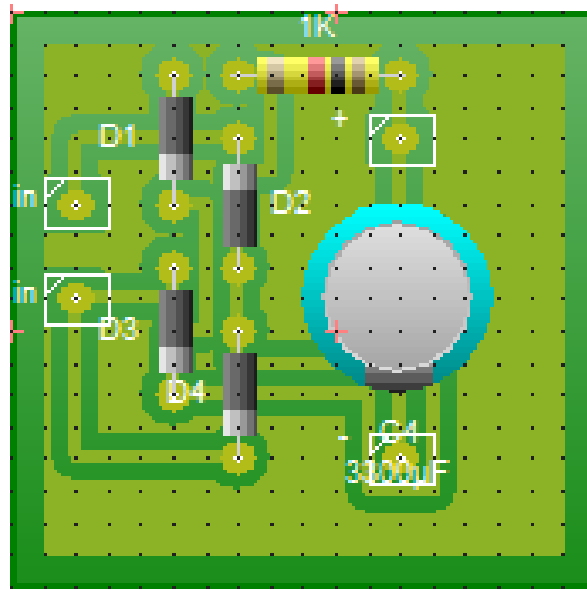


Figura 98. Circuito rectificador placa impresa.

Circuitos reguladores

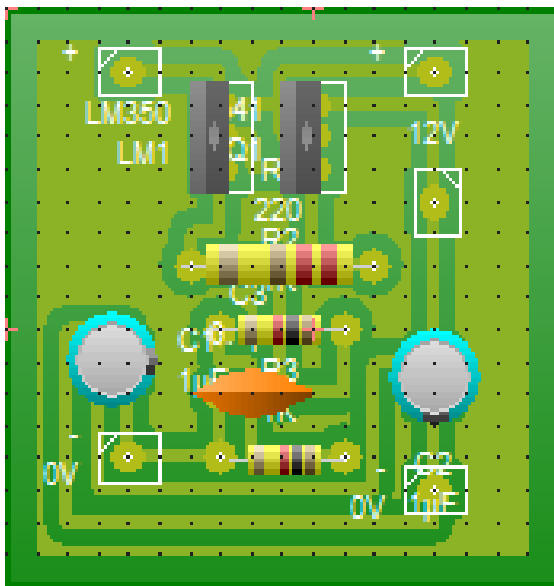


Figura 99. Circuito regulador 12 V placa impresa.

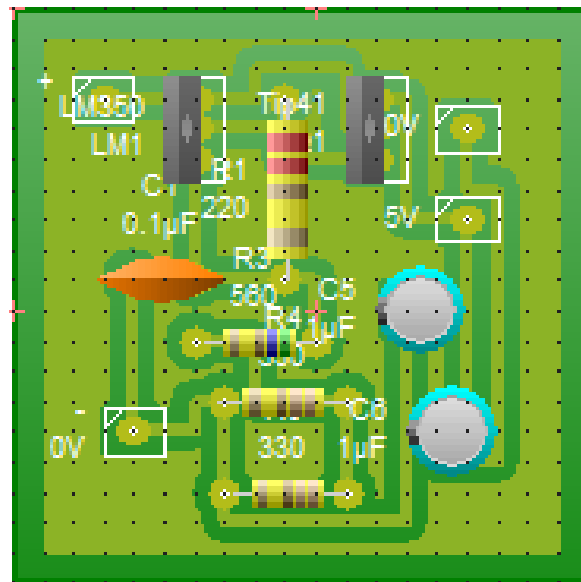


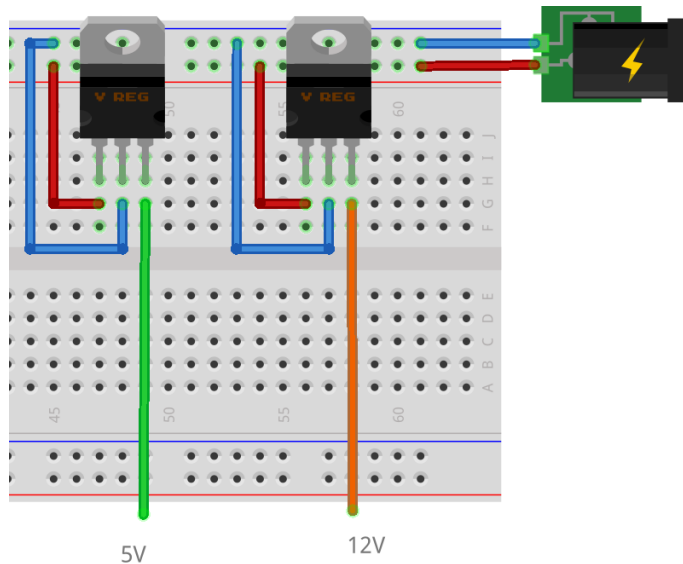
Figura 100. Circuito regulador 5 V placa impresa.



## Segundo prototipo circuitos (Uso batería)

### Prototipo circuitos protoboard

#### Circuito de regulación



fritzing

Figura 101. Circuito de regulación.

### Prototipo circuitos placa impresa

#### Circuito de regulación

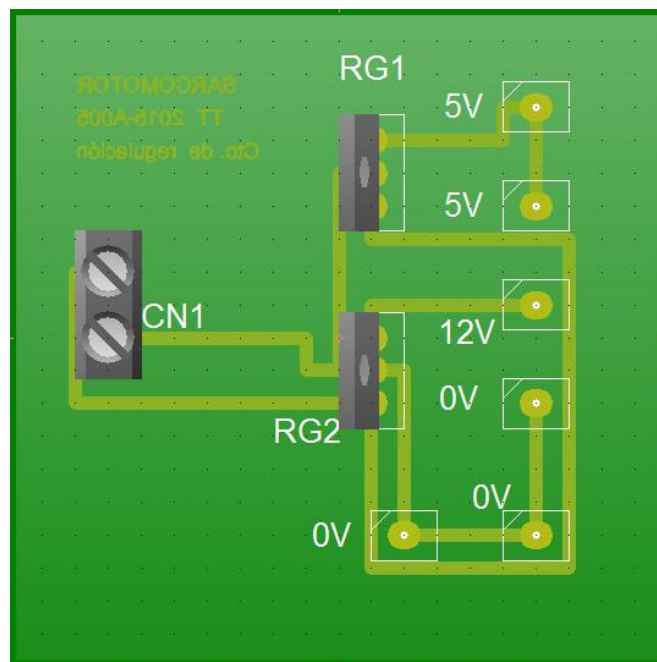


Figura 102. Circuito regulación, placa impresa.

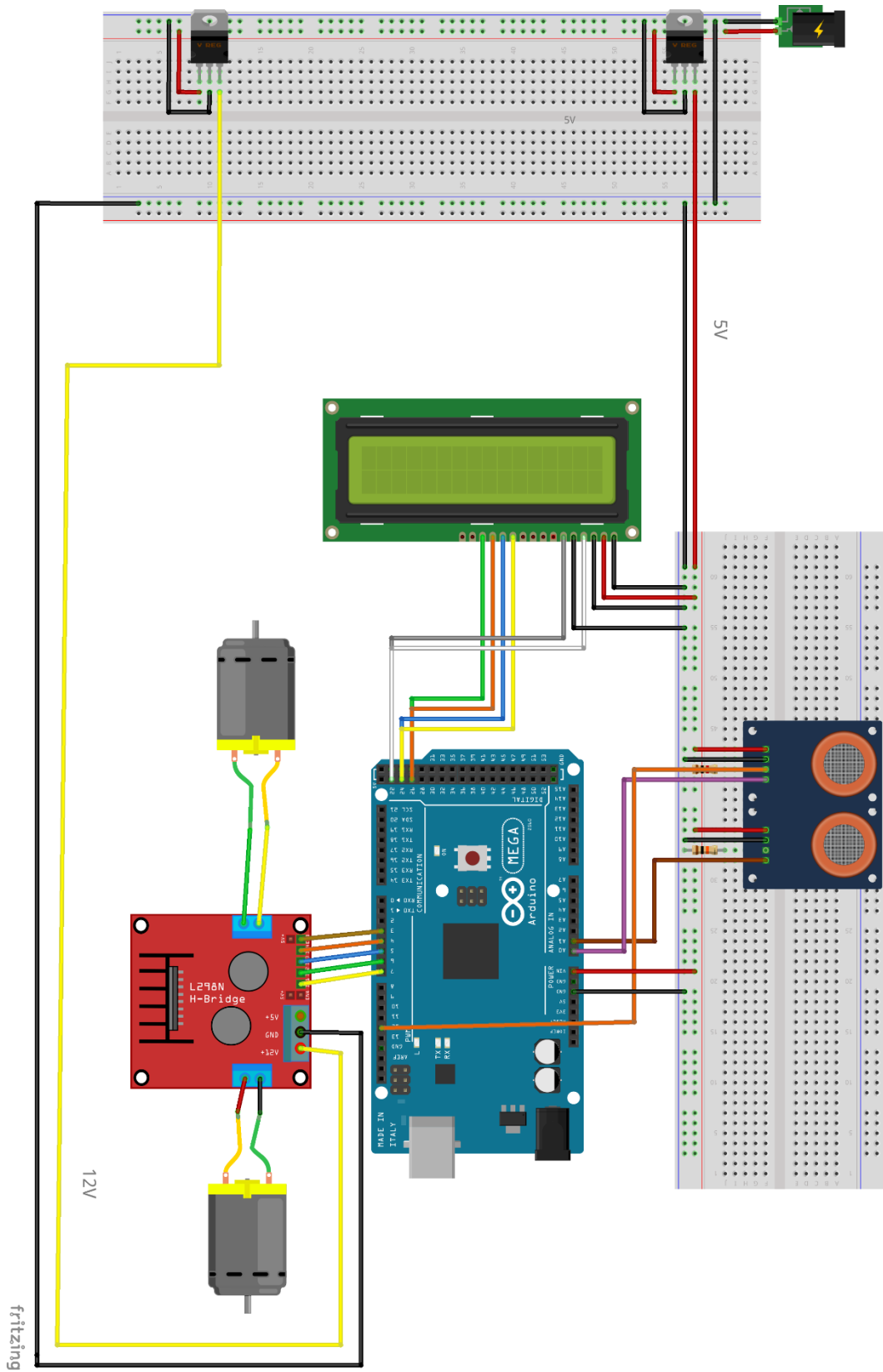


Figura 103. Esquema prototipo 2.

## Primera versión software Arduino

### Módulos software Arduino



Figura 104. Módulos software Arduino

Se adecuaron los siguientes módulos en la programación del dispositivo Arduino, se utilizó una programación orientada a objetivos para la realización de este software, además del uso de la librería LCD (Liquid Crystal Display), incluida en Arduino.

En la figura 105 se muestran los módulos creados, fueron seleccionados de esta manera para la distribución de tareas y la realización de módulos, esto hará más fáciles modificaciones futuras del sistema, si es que hubiera el caso de actualización de normas o escalamiento del proyecto.

# Capítulo 8

## Resultados

### Dimensiones

#### Base del sistema

#### Prototipo 1: Sistema base corriente

Se construyó una base a la medida para el sistema.

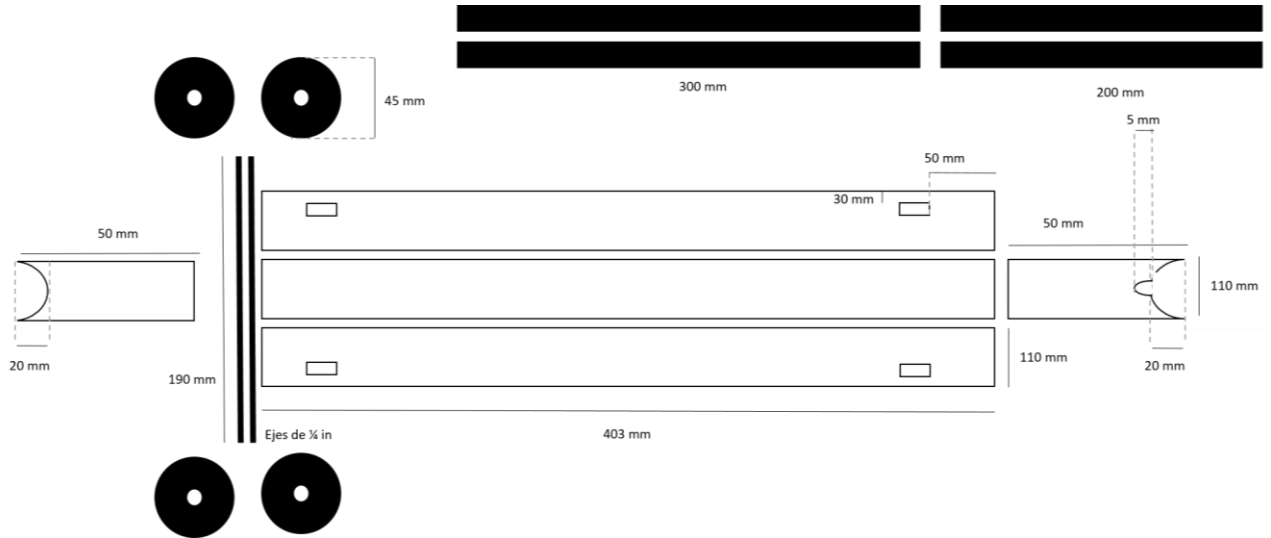


Figura 105. Plano base del sistema alimentado con corriente.

En la figura 106 se muestra el diseño el sistema de corriente se utiliza una base en la cual se colocan los ejes para las ruedas, y se tiene compartimiento para guardar la manguera de obtención de gases y la extensión de USB.

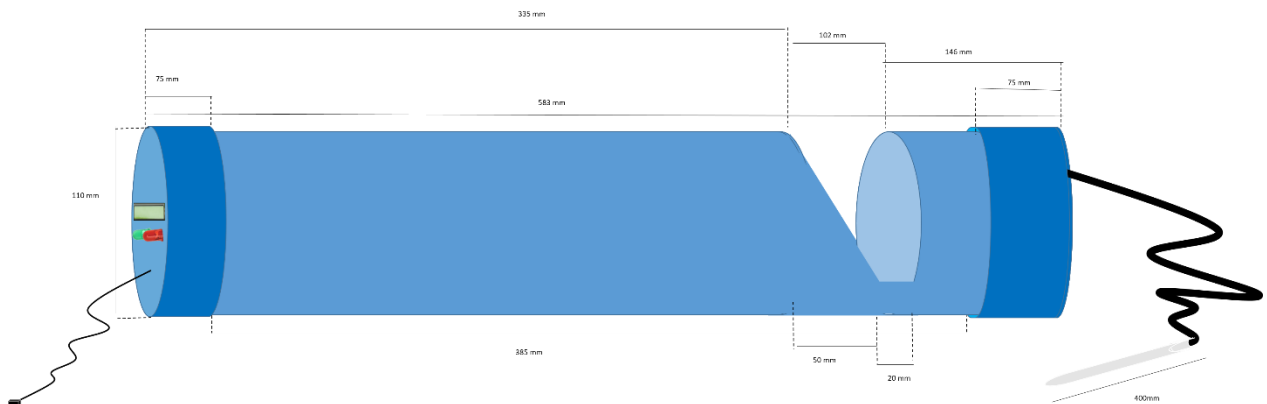


Figura 106. Plano dispositivo alimentado con corriente.

En la figura 107 se muestra el diseño del módulo de lectura en el cual se colocaron los dispositivos para el funcionamiento de éste, de la misma forma se observa el cable de corriente y la manguera de 4 metros del escape del coche al dispositivo para analizar los gases.

Prototipo 2: Sistema base batería

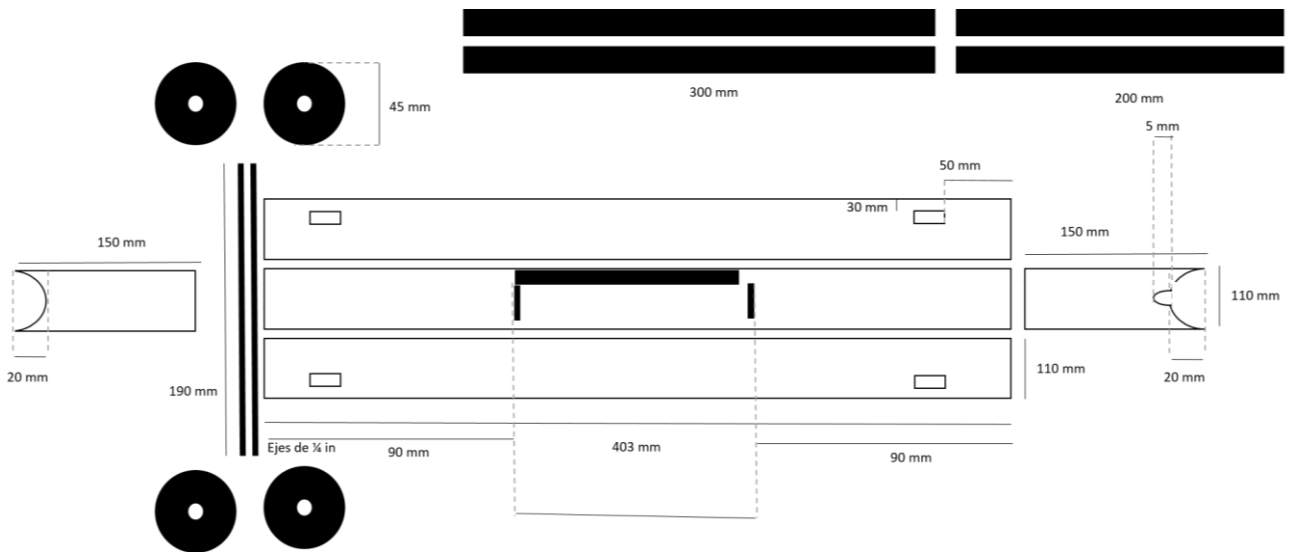


Figura 107. Plano base del sistema alimentado con batería.

En la figura 108 se muestra el diseño para el sistema de batería se utiliza una base en la cual se colocan los ejes para las ruedas, además de una base para la batería, y tenemos compartimiento para guardar la manguera y la extensión de USB.

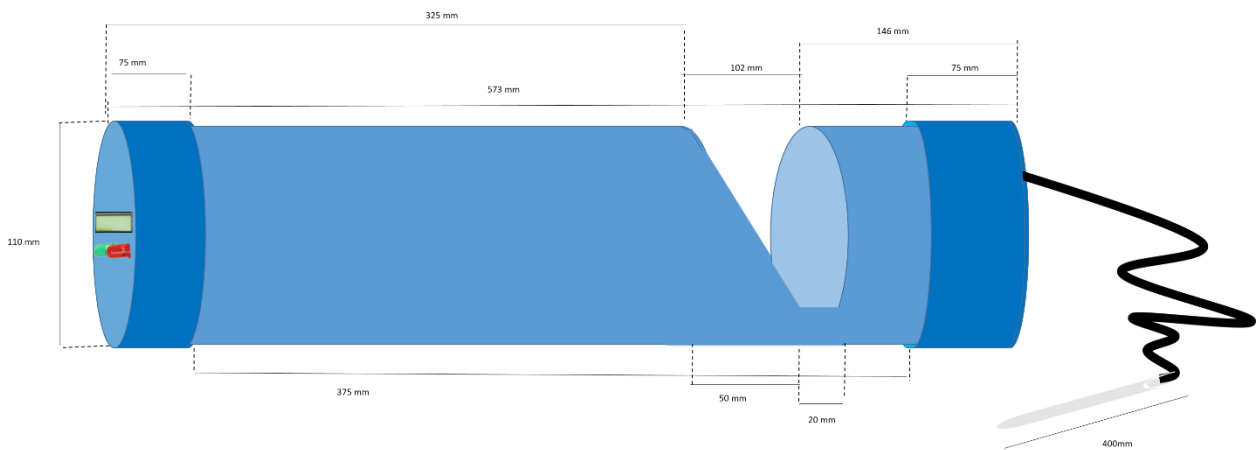


Figura 108. Plano dispositivo alimentado con sistema con batería.

En la figura 109 se muestra el diseño del módulo de lectura, en el cual se colocaron los dispositivos para el funcionamiento de este, este dispositivo a cambio del prototipo 1, no tiene cable de corriente ya que este contiene una batería, también llamado acumulador de motocicleta de 12V y de la misma forma que el prototipo anterior tiene una manguera de 4 metros del escape del coche al dispositivo para analizar los gases.

**Batería 12V 4A**

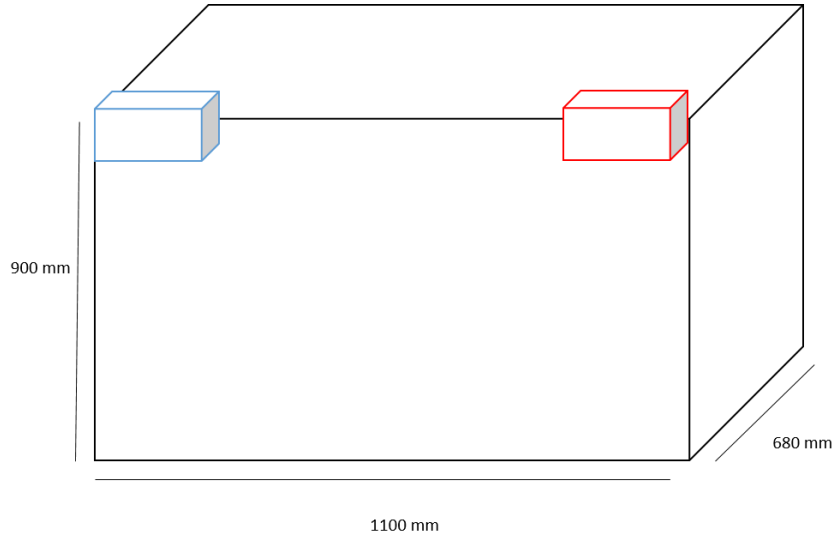


Figura 109. Dimensiones batería 12V a 4A.

**Circuito regulador**

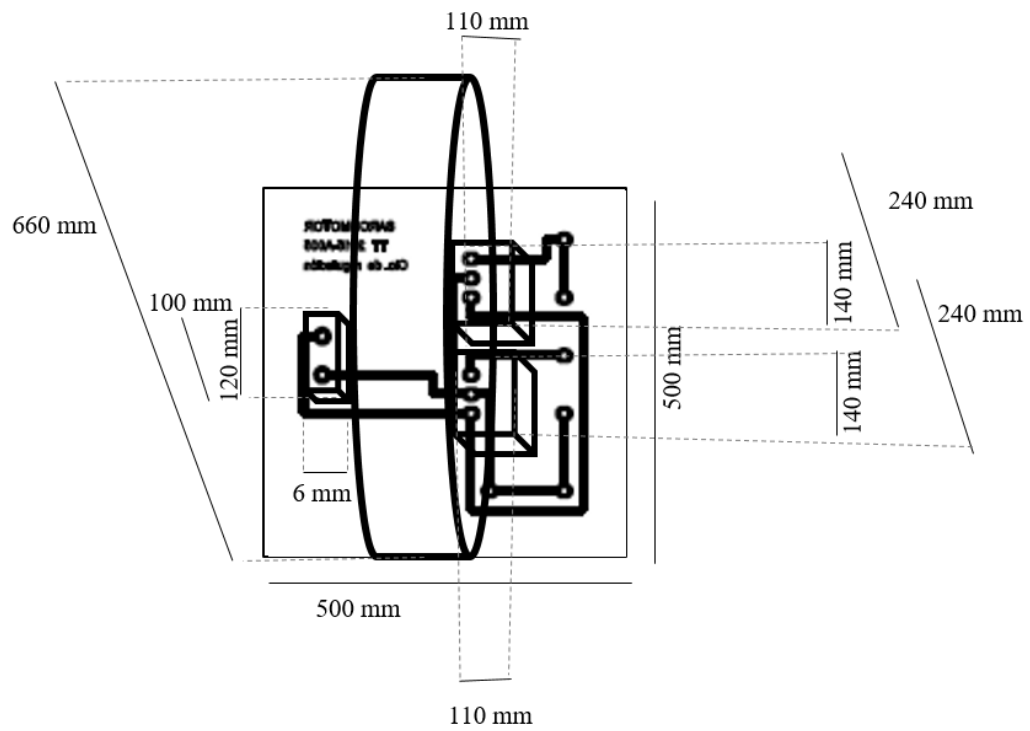


Figura 110. Dimensiones circuito regulador.

Arduino Mega 2560

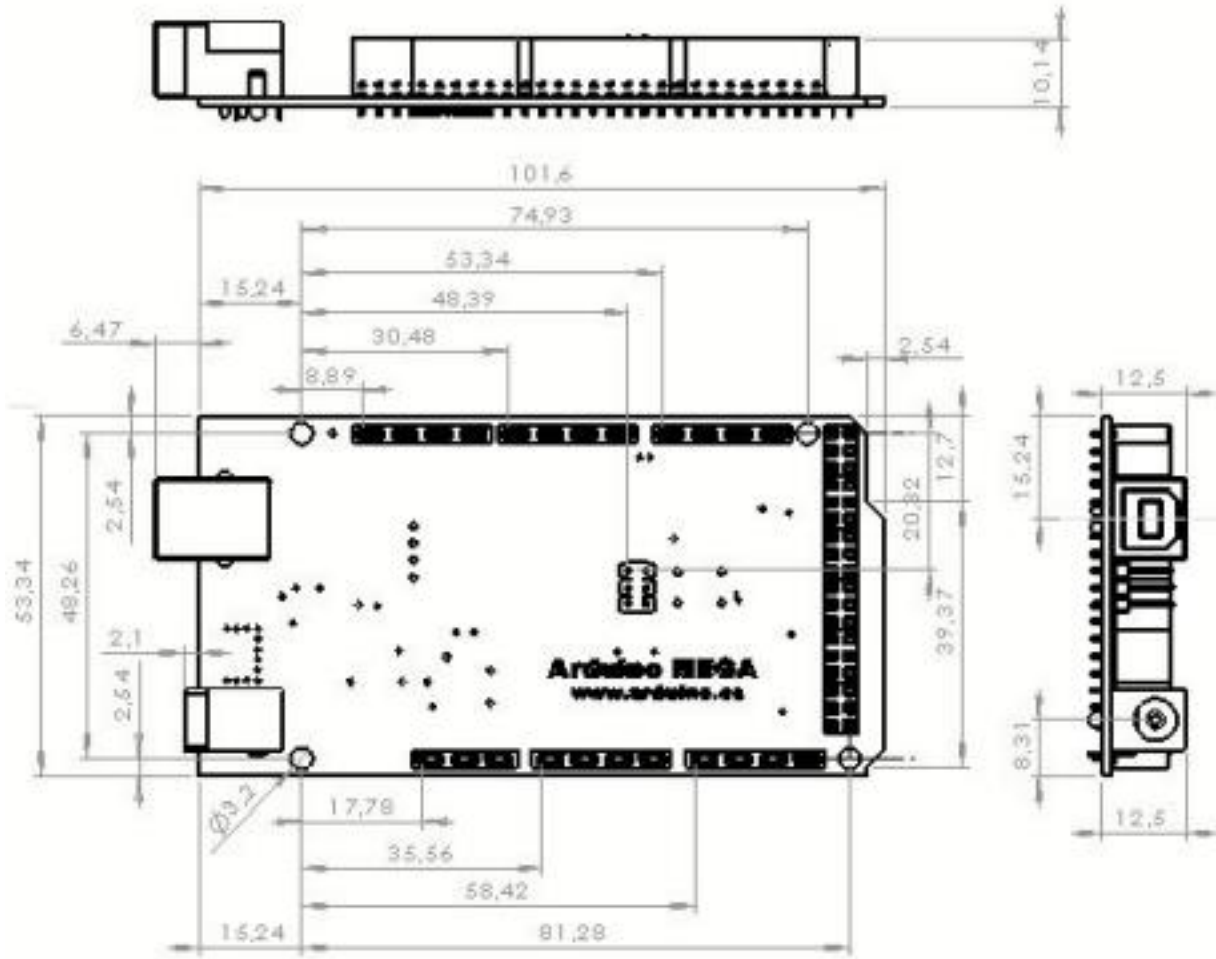


Figura 111. Dimensiones Arduino MEGA [45].

Módulo L298N

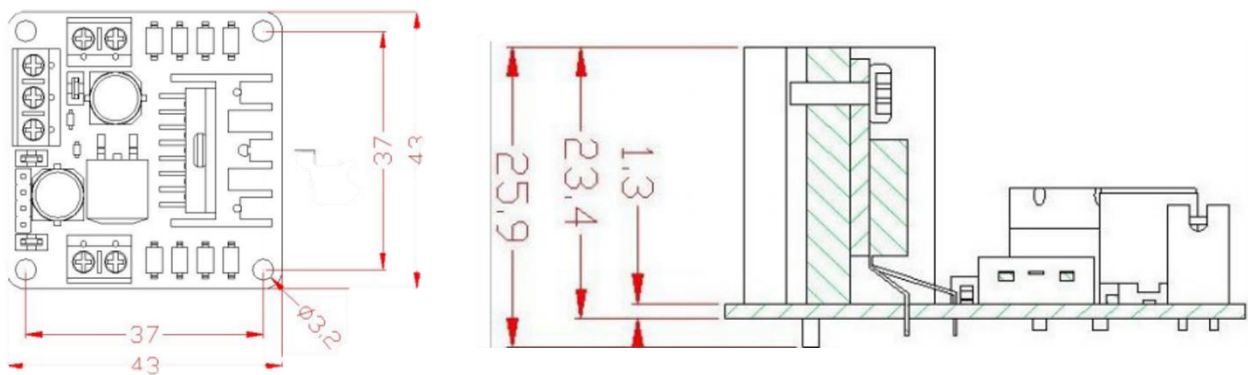


Figura 112. Dimensiones módulo L298N [46].

## Producto final

Como resultado se tiene el producto final es el siguiente sistema mostrado en la figura 114, en la cual se muestra el dispositivo armado, es un dispositivo completamente portátil, cuenta con llantas que hacen su movimiento más fácil, además de contar espacio de almacenamiento en su base, debido a su material es resistente si es que llegara a ocurrir algún accidente, sin embargo debe tratarse con cuidado.



Figura 113. SARCOMOTOR producto final

### Contiene

- 1 ventilador.
- 1 motorreductor.
- 1 manguera de 4 metros.
- 1 caimán de seguridad.
- 1 batería o acumulador de 12V.
- 1 tubo de cobre de ½” de 40 cm de largo.
- Funda de neopreno para el dispositivo.

### Especificaciones técnicas

- Color negro.
- Tamaño: 573 mm X 282.5 mm x 190 mm.
- Peso: 1.3 kg.
- Materiales: neopreno, madera, manguera resistente al calor, tubo de cobre.
- Marca: SARCOMOTOR.
- Completamente portátil, con ruedas para su fácil desplazamiento.
- Analiza la cantidad de gases contaminantes (CO y CO2) emitidos por los automóviles, para conocer si es que cumplen o no con las normas establecidas por la SEMARNAT.
- Precio: \$2,797.60 M.N.



### Modo de uso

A continuación, se explica los pasos a seguir para la medición de los gases contaminantes emitidos por el automóvil.

**1**

Se debe encender el automóvil y dejar que caliente durante 3 minutos.

**5**

Se tiene que esperar durante 90 segundos a que se realicen las mediciones de sensado, en este momento el dispositivo medirá la cantidad de los gases contaminantes emitidos por el automóvil.

**2**

Se enciende el sistema SARCOMOTOR.

ESTÁNDAR: Se debe sin velocidad alguna, en modo neutral.

AUTOMÁTICO: Se debe dejar sin velocidad, en modo parking.

**6**

El led verde se apagará y el rojo se encenderá, en este momento se puede sacar la manguera del escape del automóvil.

**3**

Verificar el led amarillo, el cual indica que se encuentra encendido, al mismo tiempo se enciende un led rojo, este nos indica que el dispositivo no está preparado para hacer mediciones, por lo cual se tiene que esperar 60 segundos.

**7**

En ese momento se pueden observar los datos obtenidos y calculados por el sistema, esta medición queda en pantalla por los siguientes 60 segundos

**4**

Pasados los 60 segundos, se hace el cierre de la compuerta, el led rojo se apaga y el verde se enciende, indicando el inicio de la etapa de sensado, en este momento en el que se debe introducir el tubo de cobre en el escape del automóvil.

**8**

Esperar a que el led indicador verde encienda, esto quiere decir que la compuerta se cierra, y el ventilador ya habrá limpiado todos los residuos, en este momento se procede a apagar el sistema.

 **Importante**

- NO cargar la batería mientras esté en funcionamiento.
- NO se debe de tapar la ventilación, mientras este encendido el sistema.
- NO apagar hasta que termine un ciclo completo, y el módulo de medición quede completamente ventilado, para eliminar todos los residuos, ya que de no ser así estos se pueden solidificar y causar averías al sistema, o mediciones erróneas.
- NO mover el dispositivo mientras se encuentre en funcionamiento.
- Carga recomendable a 0.3A durante 8 horas.
- Carga rápida a 3A durante 30 minutos.
- Debido a que cuenta con dispositivos electrónicos NO debe entrar en contacto con el agua en ningún momento.
- Debido a que cuenta con dispositivos electrónicos, debe de tratarse con fragilidad.
- Su tiempo de descarga es de 48 horas en uso continuo, en condiciones óptimas de la batería, es recomendable recargar después de 40 horas de funcionamiento para resultados con mayor exactitud.



## Aplicación de escritorio

### *SARCOMOTOR VERSIÓN 1*

La aplicación de escritorio fue creada con Visual Studio 2015 con el lenguaje de programación C++, esta nos será de apoyo en el uso de sistema SARCOMOTOR, el sistema puede funcionar por sí sólo, sin embargo, ayuda a realizar la comparación en caso de que el usuario no tenga conocimientos de las normas.

#### Menú Principal



Figura 114. Pantalla principal, "Menú principal"

Botón	Nombre	Función
	Evaluar	El botón de Evaluar abrirá la pantalla <i>Evaluar</i> en la cual se evaluará la cantidad de contaminantes que el automóvil emite y hará la comparación con las normas vigentes en la ZMVM.
	Acerca de	El botón <i>Acerca de</i> abrirá la pantalla <i>Acerca de</i> en donde se mostrará información de la aplicación.

Tabla 59. Función de los botones aplicación de escritorio.

## Evaluar

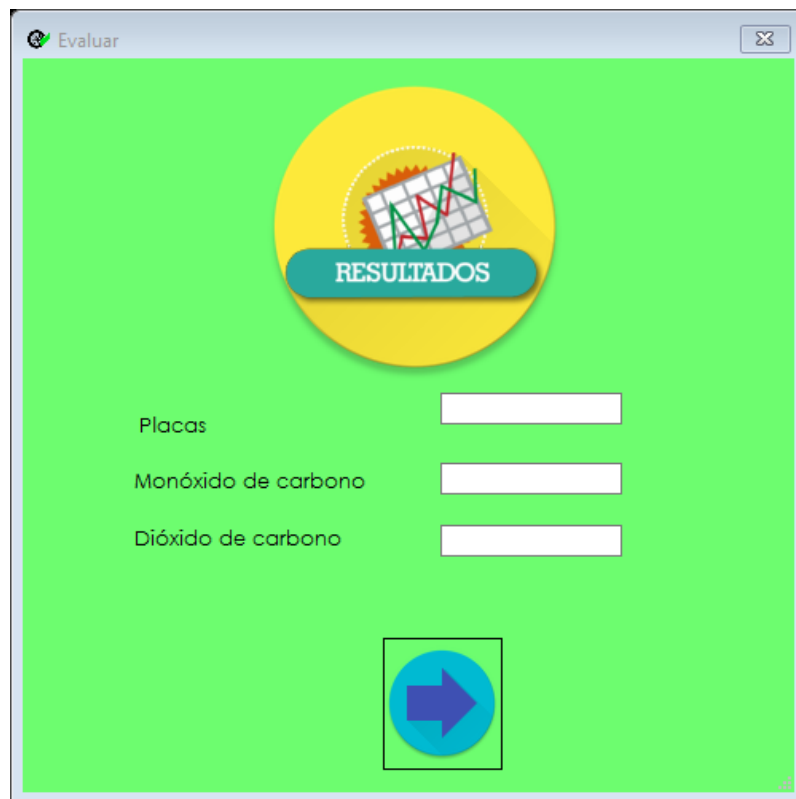


Figura 115. Pantalla "Evaluar"

Acerca de

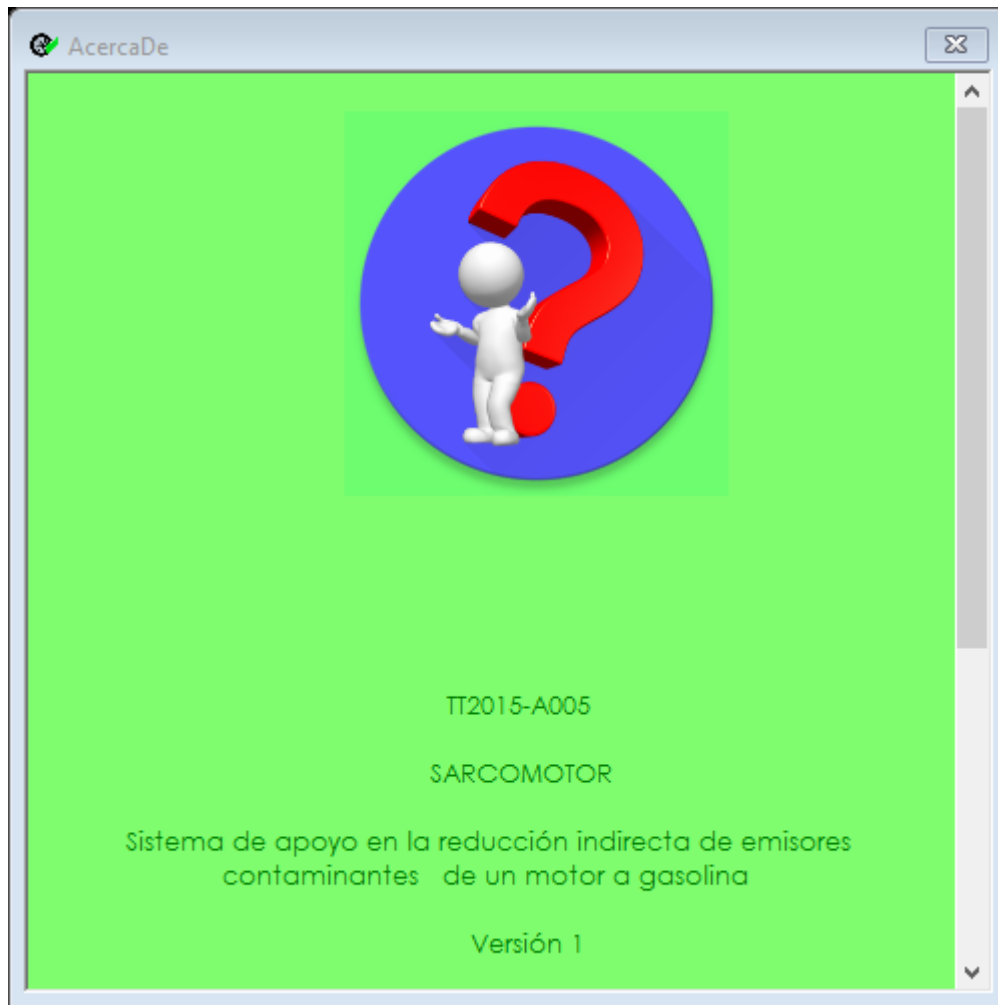


Figura 116. Pantalla "Acerca de"

# Capítulo 9

## Pruebas

---

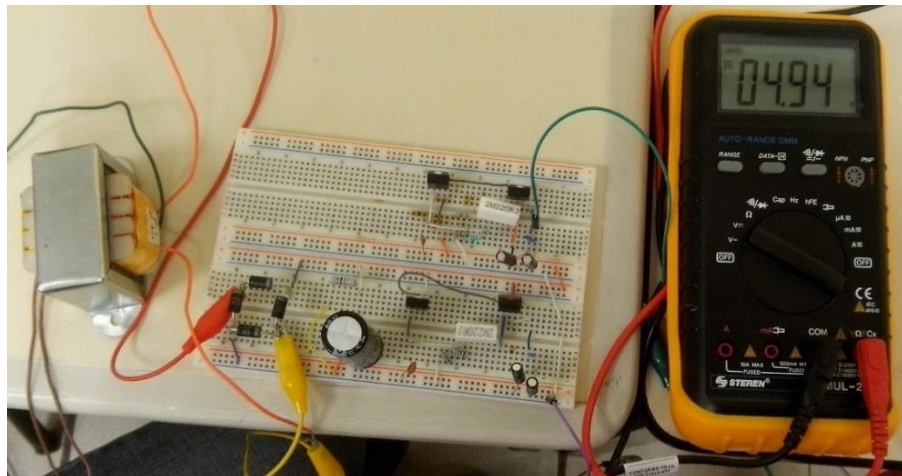
A continuación, se mostrarán las pruebas del funcionamiento del sistema.

### Circuitos de alimentación

#### *Primera prueba*

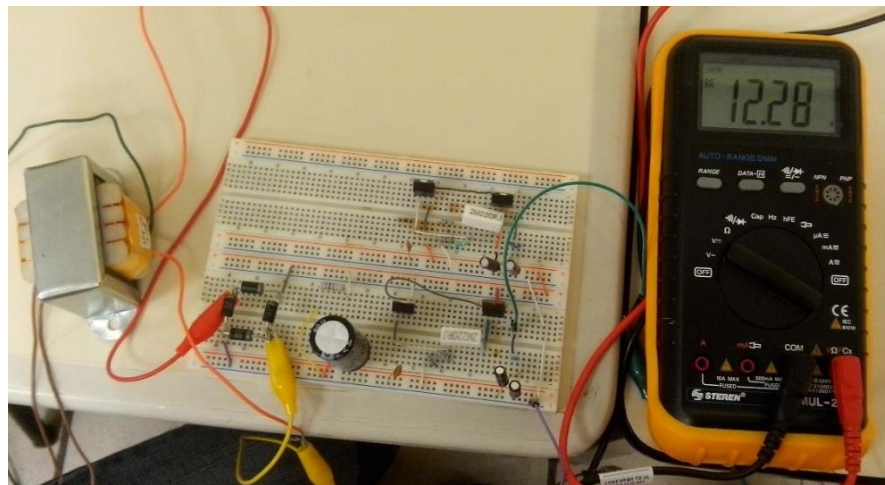
##### **Circuitos en protoboard**

Se puede observar en la siguiente imagen la prueba del prototipo regulador de 5 V, el cual nos arroja un voltaje de 4.94 V, lo cual está dentro del rango del 5% de exactitud, el error obtenido es de -1%.



*Figura 117. Prototipo regulador 5V.*

Se puede observar en la siguiente imagen la prueba del prototipo regulador de 12 V, el cual nos arroja un voltaje de 12.28 V, lo cual está dentro del rango del 5% de exactitud, el error obtenido es de +2.5%.



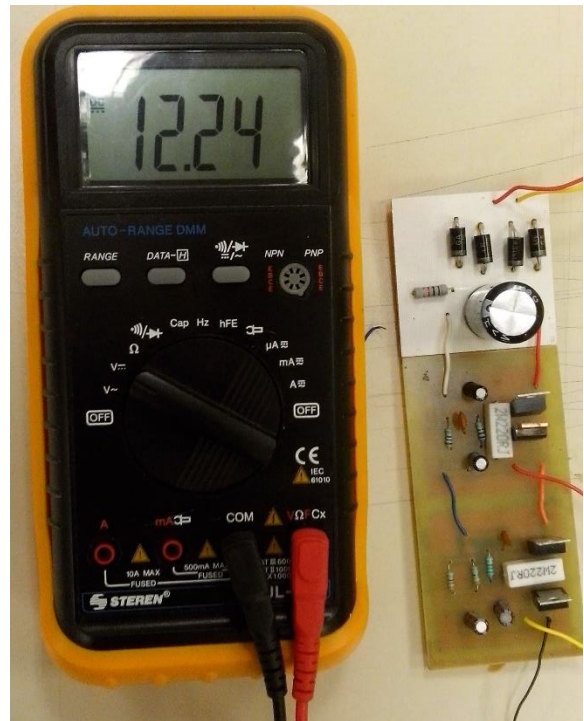
*Figura 118. Prototipo circuito regulador 12 V.*

*Segunda prueba***Circuitos impresos***Figura 119. Prueba circuito 5 V*

En la figura se muestra el voltaje de salida de nuestro regulador de 12 V, obteniendo una salida de 12.24 V.

Después de haber comprobado el correcto funcionamiento de los prototipos del circuito, se procedió a realizar el circuito impreso, como se muestra en el diseño de circuitos.

En la figura se muestra el voltaje de salida de nuestro regulador de 5 V, obteniendo una salida de 4.95 V.

*Figura 120. Prueba circuito 12V*

## Pruebas LCD

Las pruebas de funcionamiento del LCD se muestran en la figura 122.

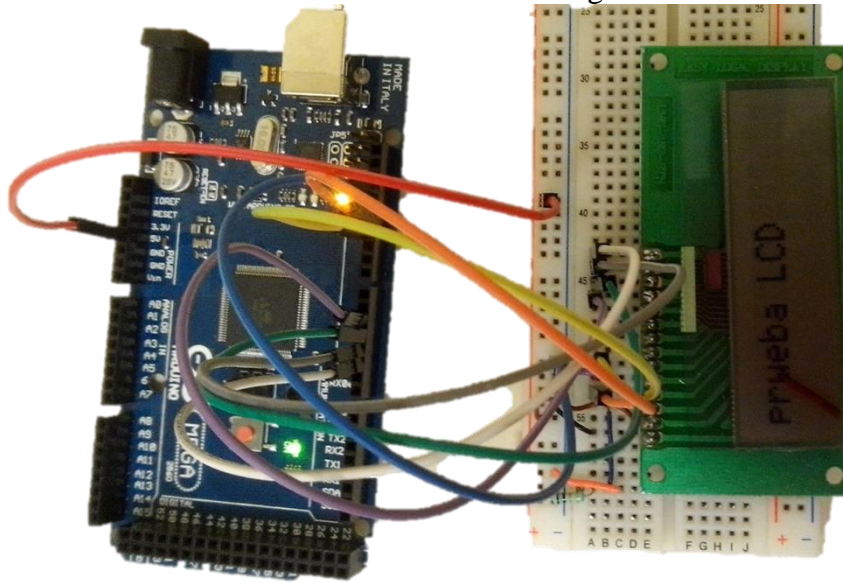


Figura 121. Prueba LCD

## Prueba funcionamiento del sistema

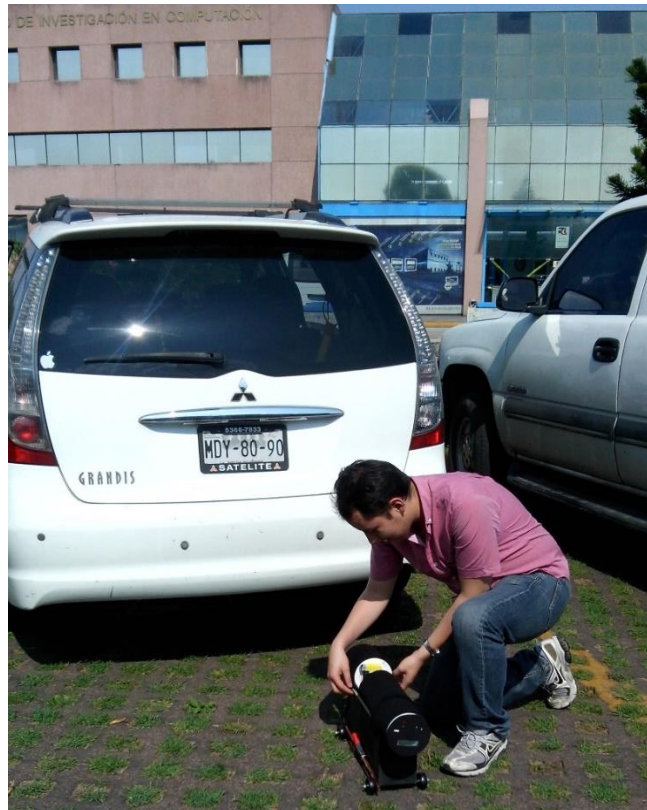


Figura 122. Prueba con un automóvil.



# Capítulo 10

## Conclusiones

---

Actualmente, la contaminación en la Ciudad de México se ha elevado considerablemente, siendo los automóviles la fuente principal de contaminación emitiendo una gran cantidad de contaminantes, debido al gran incremento de automóviles en circulación que se ha dado en los últimos años.

Con la realización de este trabajo, se pudo crear una medida tanto económica como eficiente para realizar la medición de los gases contaminantes emitidos por los automóviles, de esta manera podemos saber la cantidad de contaminantes que cada automóvil emite, los cuales, al compararse con las Normas Oficiales Mexicanas, determinarán si es adecuado que el automóvil siga en circulación, o si debe tener reparaciones.

Aunado a la revisión constante de los automóviles para disminuir los contaminantes y prevenir que contaminen de manera excesiva, se deben tomar medidas alternativas para ayudar a la disminución de contaminación ambiental, por ejemplo, el uso de transporte público (que emite bajas emisiones contaminantes) como lo son el metro o trolebús, el uso de bicicleta.

La ingeniería aplica sus conocimientos científicos para la invención, diseño, perfeccionamiento y manejo de nuevos procedimientos en la industria y otros campos de aplicación científicos, al igual que se puede aplicar en cualquier campo. La ingeniería no se separa del ámbito social y con este trabajo se puede comprobar, ya que se aplicó en un problema social de importancia mundial, y de igual manera se puede observar como la ingeniería en sistemas computacionales posee interrelación con otras disciplinas con el fin de llegar a un resultado esperado.

# Capítulo 11

## Trabajo a futuro

---

SARCOMOTOR es un sistema que tiene una gran escalabilidad en varios aspectos, cabe mencionar que es un proyecto que tiene interés social, con gran impacto en el presente y en el futuro de la sociedad si es mejorado y ocupado pertinentemente. En la actualidad la contaminación es uno de los problemas más escuchados debido al impacto que tiene en la salud y en la economía de las poblaciones, por lo cual se han buscado métodos de rescate y prevención de la ecología, entre ellos la reducción de gases contaminantes, el reciclado de materiales, la conservación de reservas naturales y de especies en peligro de extinción.

A lo largo del trabajo ya se ha mencionado el objetivo de este sistema, el cual es el análisis de gases emitidos por los automóviles, uno de los mayores contribuidores de contaminación a nivel mundial, y hacer buen uso de la información para que el usuario realice la prevención de incumplir las NOMs y cuidar los límites de emisión de emisores contaminantes.

En primera instancia se busca que el sistema pueda realizar la medición de más gases contaminantes, los cuales pueden ajustarse a las Normas Oficiales actuales y que se puedan actualizar. En los últimos años se ha registrado mayores cantidades de contaminación, teniendo más reciente los problemas surgidos en el transcurso del año, en el cual la contaminación ha llegado a niveles alarmantes por lo cual se han implementado medidas como el Hoy No Circula de manera más estricta y pre contingencias, el sistema debe poder actualizarse en caso de que exista un cambio.

Por otra parte, este trabajo puede escalar de modo que sirva para ayudar al mantenimiento y de manera indirecta mejorar el rendimiento de un motor de gasolina a cuatro tiempos, con base a una relación potencia-consumo, para esto se tenía que implementar el uso de un dinamómetro que mida el rpm de un automóvil de esta manera se podrá hacer la verificación de los datos, la comparación de potencia-consumo, y el sistema podrá emitir recomendaciones al usuario acerca del estado del automóvil.

Otra propuesta para trabajo a futuro es la implementación de una aplicación Android y un módulo WiFi, para tener una mayor portabilidad, además de un mayor alcance. Los smartphone con sistema operativo Android son los más utilizados incluso más que una laptop, debido a su costo y a los diferentes usos que estos dispositivos proveen.

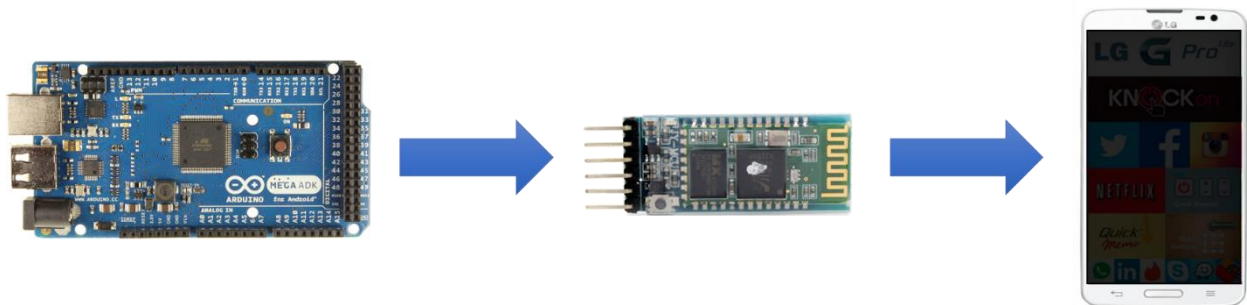


Figura 123. Diagrama de bloques con módulo Wifi ESP8266

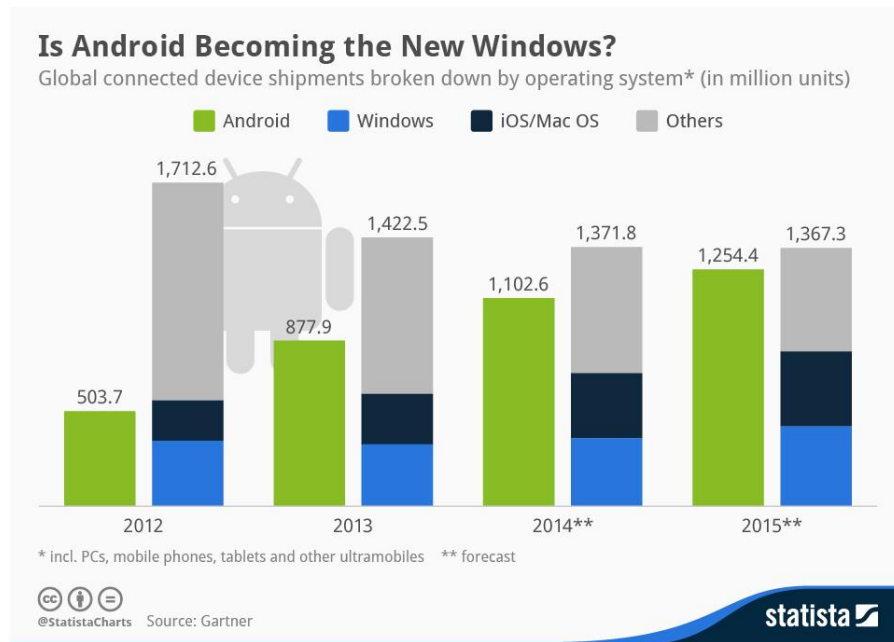


Figura 124. Comparación de uso entre Android, Windows y otros SO a través de los años [47].

A continuación, se le muestra una propuesta de solución para la implementación de una aplicación Android.



Figura 125. Pantalla principal, aplicación móvil Android

Esta es una vista previa de la aplicación Android que puede llegar a implementarse como trabajo a futuro. Se muestra la información de la aplicación y el usuario podrá ingresar a su sesión, para poder visualizar los datos.

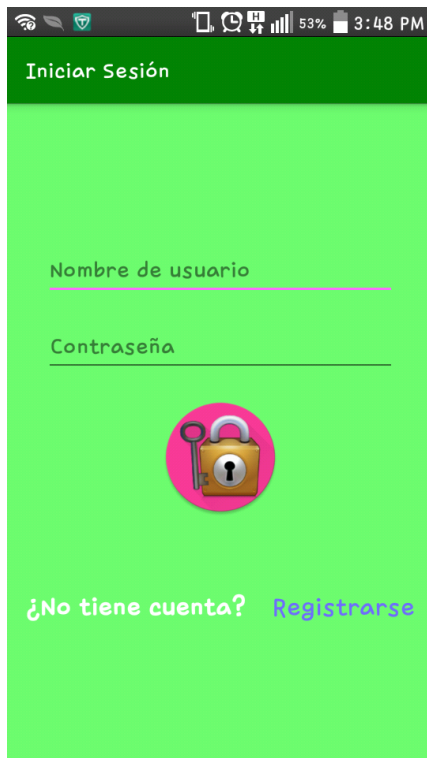


Figura 126. Pantalla iniciar sesión Android



Figura 127. Pantalla principal del usuario

La aplicación móvil deberá contar con una base de datos y seguridad, esto es debido a que los datos serán mejor cuidados de esta manera, en caso de algún robo o extravío del celular. Una opción es la creación de un servidor para la administración de la base de datos.

Podemos observar en la figura 127 la pantalla de inicio de sesión la cual validará el usuario y la contraseña, dotando a la aplicación con seguridad.

Al validar el usuario y la contraseña el usuario podrá hacer uso de la aplicación, así como acceder a su historial personal.

La pantalla que se muestra en la figura 128 nos muestra las diferentes partes que el usuario podrá acceder, después de haber iniciado sesión.

El usuario deberá poder conocer y modificar sus datos de manera fácil, como se muestra en el primer botón, la opción de perfil.

La aplicación deberá tener un historial de resultados, a la cual el usuario fácil acceso, el cual podemos contemplar en el botón de resultados, este historial deberá ser almacenado al menos en el dispositivo usado.

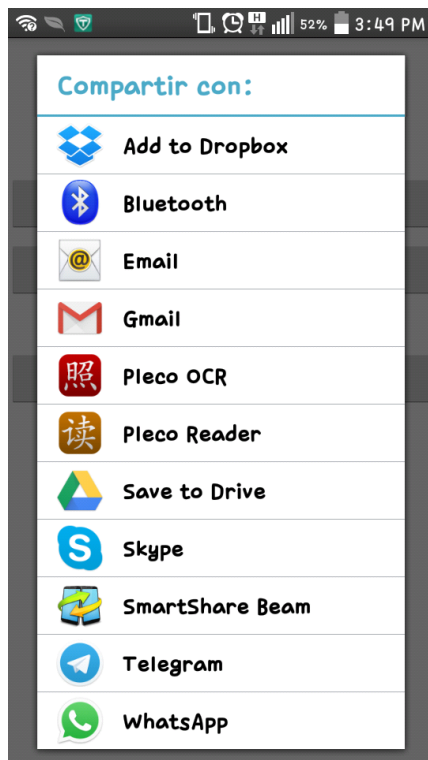
Como se muestra en el botón de estadísticas, el usuario podrá ver las estadísticas de su propio automotor, además de saber si su automóvil cumple las Normas Oficiales establecidas en la ZMVM.

Al final podemos ver las configuraciones de la aplicación.



La figura 129 muestra un ejemplo de la creación de un PDF, en el cual como se muestra tendría un folio, la fecha, la hora y las Normas Oficiales que debe cumplir y los datos de los datos contaminantes entregados por el automóvil.

Figura 128. Ejemplo PDF creada en aplicación móvil.



Los PDF mostrados anteriormente se deberán poder subir o enviar por medio de internet, la figura 130 muestra un ejemplo de los diferentes medios por los cuales se puede compartir la información.

Figura 129. Envío de datos

# Referencias

- [1] Sistema de Monitoreo atmosférico de la ciudad de México, SEDEMA, «¿Quién contamina el aire de la ZMVM?,» SEDEMA, [En línea]. Available: <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27ZKBhnmI=%27>. [Último acceso: Julio 28 2015].
- [2] SEMARNAT, «Emisiones atmosféricas del transporte,» 19 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestion-ambiental/calidad-del-aire/emisiones-atmosfericas-del-transporte>. [Último acceso: 22 Abril 2015].
- [3] BBC MUNDO, «¿Por qué encienden las alarmas de contaminación en la Ciudad de México después de 13 años?,» *BBC MUNDO*, 16 marzo 2016.
- [4] IMCO, «IMCO,» 2016. [En línea]. Available: [http://imco.org.mx/medio\\_ambiente/la-contaminacion-del-aire-un-problema-que-dana-la-salud-y-la-economia/](http://imco.org.mx/medio_ambiente/la-contaminacion-del-aire-un-problema-que-dana-la-salud-y-la-economia/). [Último acceso: 18 marzo 2016].
- [5] H. G. Chale, Dinamómetro hidráulico para pruebas, México, D.F.: Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM, 1993.
- [6] G. Paniagua, Sistema de información para un verificentro de pruebas estáticas, México, D.F.: Tesis de Maestría, ESIME, IPN, 2011.
- [7] DrTool, «Analizador de Gases para Verificación Vehicular.,» México D.F., 2014.
- [8] Javier, «Tecnoblogueando,» 18 abril 2012. [En línea]. Available: <http://tecnoblogueando.blogspot.com/2012/04/motor-de-gasolina.html>. [Último acceso: 19 marzo 2016].
- [9] V. M. De Castro, Nueva enciclopedia del automóvil., 1998: ceac, Barcelona.
- [10] I.E.S José Hierro, «Motor de cuatro tiempos,» How Stuff Work, Inc., 2000. [En línea]. Available: <http://www.iesjosehierrogetafe.com/dep/tecnologia/motores/motor%204%20tiempos.htm>. [Último acceso: 19 marzo 2016].
- [11] MAZDA, «Presentando la tecnología SKYACTIV,» Mazda Mexico, [En línea]. Available: <http://www.mazdamexico.com.mx/mexico/skyactiv>. [Último acceso: 12 Octubre 2015].
- [12] TodoAutos, «TodoAutos.com,» 18 Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://www.todoautos.com.pe/portal/honda/6546-ahorro-eficiencia-honda-econ>. [Último acceso: 13 Octubre 2015].
- [13] FORD, «Motor EcoBoost,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.ford.mx/camiones/lobo/reveal/motor-ecoboost>. [Último acceso: 13 Octubre 2015].
- [14] FORD, «Youtube. Ford engine animation,» Ford, 15 Septiembre 2009. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=wmHxiY2J8Ok>. [Último acceso: 13 Octubre 2015].

- [15] INEGI, «Registros administrativos. Estadísticas económicas. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación.» 22 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mamb202&s=est&c=21691>. [Último acceso: 28 Julio 2015].
- [16] SEDEMA, «Calidad del aire en la Ciudad de México. INFORME 2014,» 2014. [En línea]. Available: [http://www.sedema.df.gob.mx/flippingbook/informe\\_anual\\_calidad\\_aire\\_2014/#p=1](http://www.sedema.df.gob.mx/flippingbook/informe_anual_calidad_aire_2014/#p=1). [Último acceso: 19 marzo 2016].
- [17] Real Academia Española, «Hidrocarburo,» [En línea]. Available: <http://buscon.rae.es/dra/srv/search=?id=mKkiM2VCvDXX2F2KxrfV>. [Último acceso: 28 Julio 2015].
- [18] W. S. Seese y G. W. Daub, Química, Quinta edición ed., H. Acevedo Espinosa, Ed., México: PRENTICE-HALL HISPOANAMERICANA, S.A., 1989.
- [19] D. R. Ortmann, D. W. Haming, D. I. B. Mencher, D. I. W. Hess, D. I. M. Knirsch, D. I. E. Schnabel, D. I. C. Köhler, D. M. Egger, D. I. G. König, D. P. a. d. p. R. H. Behrens, D. I. R. Rehage, D. I. V. Engel, R. Heinzmann y D. I. H.-G. WeiBhaar, Técnica de gases de escape para motores de gasolina, vol. 2a edición, Alemania: Bosch, 2003.
- [20] SEMARNAT, INECC, «Contaminantes criterio,» [En línea]. Available: <http://www.inecc.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio>. [Último acceso: 29 Julio 2015].
- [21] Sistema de monitoreo atmosférico, SEDEMA, «Normatividad,» [En línea]. Available: <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnml=&dc=%27Yw==>. [Último acceso: 09 Noviembre 2015].
- [22] Sistema de monitoreo atmosférico, SEDEMA, «Monitoreo de contaminantes en criterio,» [En línea]. Available: <http://www.aire.df.gob.mx/default.php?opc=%27ZaBhnml=&dc=%27Yg==>. [Último acceso: 28 Julio 2015].
- [23] Sh&wRange, «Gas sensor,» Sh&wRange, [En línea]. Available: <http://www.china-total.com/Product/meter/gas-sensor/Gas-sensor.htm>. [Último acceso: 26 Abril 2016].
- [24] R. S. Pressman, «Ingeniería del Software: un enfoque práctico,» McGraw-Hill/Interamericana de España S. A. U., 2002, p. 24.
- [25] Universidad Carlos II de Madrid, «Modelo en espiral,» Universidad Carlos II de Madrid, [En línea]. Available: <http://labda.inf.uc3m.es/awa/es/node/144>. [Último acceso: 25 Noviembre 2015].
- [26] D. Deitel, C/ C++ Y JAVA. COMO PROGRAMAR, 4a edición ed., Distrito Federal: Prentice Hall Mexico, 2004.
- [27] CorelDRAW, «CorelDRAW,» CorelDRAW, [En línea]. Available: <http://www.coreldraw.com/la/product/diseno-grafico-creativo/>. [Último acceso: 2 mayo 2016].

- [28] balsamiq, «Balsamiq Mockups,» balsamiq®, 2008-2016©. [En línea]. Available: <https://balsamiq.com/products/mockups/>. [Último acceso: 05 mayo 2016].
- [29] «StarUML,» MKLab, 2014-2015. [En línea]. Available: <http://staruml.io/>. [Último acceso: 9 Noviembre 2015].
- [30] New Concepts, «Livewire,» New Concepts, [En línea]. Available: <http://www.new-wave-concepts.com/ed/livewire.html>. [Último acceso: 16 Abril 2016].
- [31] New Concepts, «PBC Wizard 3,» New Concepts, [En línea]. Available: <http://www.new-wave-concepts.com/ed/wizard.html>. [Último acceso: 16 Abril 2016].
- [32] Fritzing, «Fritzing,» Fritzing, [En línea]. Available: <http://fritzing.org/home/>. [Último acceso: 20 Abril 2016].
- [33] Visual Studio, «Visual Studio Community,» [En línea]. Available: <https://www.visualstudio.com/products/visual-studio-community-vs>. [Último acceso: 20 marzo 2016].
- [34] «ARDUINO,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/>. [Último acceso: 9 Noviembre 2015].
- [35] 330 ohms, «330 ohms,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.330ohms.com/>. [Último acceso: 30 noviembre 2015].
- [36] R. S. Pressman, Ingeniería de software: un enfoque práctico, vol. 4a ed., México, D.F.: Mc-Graw Hill, 1998.
- [37] P. Galván, «Estudio de Salarios 2014,» SG BUZZ, Diciembre 2014. [En línea]. Available: <http://sg.com.mx/revista/46/estudio-salarios-2014#.VI6RLPkve01>. [Último acceso: 13 noviembre 2015].
- [38] «Significado de los colores,» Significado de los colores, [En línea]. Available: <http://significadodeloscolores.info/que-significa/>. [Último acceso: 2 mayo 2016].
- [39] Electronica Completa, «Disipadores,» [En línea]. Available: <http://electronicaCompleta.com/lecciones/disipadores/>. [Último acceso: 16 mayo 2016].
- [40] Miliarium.com, «Ingeniería civil y de medio ambiente.,» [En línea]. Available: <http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/Quimica/PropiedadesTermicas.asp>. [Último acceso: 15 mayo 2016].
- [41] Learning about Electronics, «MQ-7 Carbon Monoxide Sensor Circuit Built with an Arduino,» [En línea]. Available: <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/MQ-7-carbon-monoxide-sensor-circuit-with-arduino.php>. [Último acceso: 02 diciembre 2015].
- [42] HETPRO, «Sensor de Gas MG-811 MG811 (CO2) Dioxido de Carbono,» [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/sensor-de-gas-mg-811-mg811-co2-dioxido-de-carbono/>. [Último acceso: 2015 diciembre 03].



- [43] Creative Shop 3D, «Creative Shop 3D,» Creative Shop 3D, [En línea]. Available: <https://createc3d.com/shop/es/>. [Último acceso: 12 Marzo 2016].
- [44] UNAD, «Universidad Nacional Abierta y a Distancia,» Universidad Nacional Abierta y a Distancia, [En línea]. Available: [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/243006/Contenidos/Circuitos\\_con\\_diodos/circuitos\\_rectificadores.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/243006/Contenidos/Circuitos_con_diodos/circuitos_rectificadores.html). [Último acceso: 26 Febrero 2016].
- [45] «Arduino MEGA2560,» [En línea]. Available: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>. [Último acceso: 2016 mayo 15].
- [46] Sun-Pec, «Dual Bridge DC Stepper Motor Drive Controller Board Module L298N,» [En línea]. Available: <https://www.surplustronics.co.nz/product/MOT0375/info-603.pdf?1417135682>. [Último acceso: 18 mayo 2016].
- [47] Statista, [En línea]. Available: <https://www.statista.com/>. [Último acceso: 16 Mayo 2016].
- [48] INEGI. Instituto Nacional de estadística y geografía, «Vehiculos de motor registrados en circulación,» [En línea]. Available: [http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general\\_ver4/MDXQueryGrafica.asp?#Regreso&c=13158](http://www.inegi.org.mx/lib/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryGrafica.asp?#Regreso&c=13158). [Último acceso: 28 Julio 2015].
- [49] GDF, *Inventario de emisiones contaminantes criterio de la Zona Metropolitana del Valle de México 2010*, México, 2012.
- [50] MAZDA, «Youtube,» MAZDA, 08 noviembre 2012. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?t=113&v=llpWodot5w>. [Último acceso: 12 octubre 2015].
- [51] Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México., «Hidrocarburos,» 2013. [En línea]. Available: [http://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica2/u2/carbano\\_alimentos/hidrocarburos](http://portalacademico.cch.unam.mx/alumno/quimica2/u2/carbano_alimentos/hidrocarburos). [Último acceso: 28 Julio 2015].

## Lista de siglas y abreviaciones

CEMDA	Centro Mexicano de Derecho Ambiental A.C.
CO	Monóxido de carbono.
HC	Hidrocarburos.
IMCO	Instituto Mexicano para la Competitividad A.C.
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
Km	kilómetros
NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno.
O <sub>2</sub>	Oxígeno.
O <sub>3</sub>	Ozono.
OMS	Organización Mundial de la Salud.
ppb	Partículas por billón.
SEDEMA	Secretaría del medio ambiente.
SERMANAT	Secretaría del medio ambiente y recursos naturales.
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México.

## Glosario

Automóvil	Recibe el nombre de automóviles los vehículos de cuatro ruedas dispuestos para el transporte de personas, que pueden circular sin necesidad de railes y se hallan dotados de una máquina automotora (el motor) capaz de proporcionarles la fuerza necesaria para permitirles el desplazamiento por caminos o carreteras.
CEMDA	Centro Mexicano de Derecho Ambiental A.C. Es una organización no gubernamental, apolítica y sin fines de lucro fundado en 1993, en el contexto de la firma del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá (TCL), que trabaja para la defensa del medio ambiente y los recursos naturales.
ECOBICI	ECOBICI es un sistema de bicicletas públicas de cuarta generación, que implemento el Gobierno del Distrito Federal como parte de la Estrategia de Movilidad en Bicicleta. Desde la puesta en marcha en febrero del 2010, es gestionado por la Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal, inicio operaciones con 85 cicloestaciones y actualmente cuenta con 444 con un área de cobertura de 32 km <sup>2</sup> en 42 colonias de las Delegaciones Benito Juárez, Cuauhtémoc y Miguel Hidalgo, con una proyección de crecimiento. ECOBICI, una alternativa de movilidad, que funciona como eficaz complemento a los sistemas de transporte. Es un factor de cambio que ayuda a resolver problemas de movilidad en una de las ciudades más grandes del mundo.
Hidrocarburos, (HC)	Compuestos orgánicos formados por átomos de carbono e hidrógeno. La estructura molecular consiste en un esqueleto de átomos de carbono a los que se unen los átomos de hidrógeno.
IMCO	Instituto Mexicano para la Competitividad A.C. Fundado en 2004 es un centro de Investigación aplicada basada en evidencia. La misión institucional es ser consultores de la sociedad mexicana en materia de las políticas públicas. Es una institución independiente, apartita y sin fines de lucro, dedicada a elaborar propuestas viables para mejorar la capacidad de México para atraer y retener talento e inversiones.
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Tiene como antecedente el INE (Instituto Nacional de Ecología), es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Desarrollo Social, con contribuciones técnicas y normativas en materia de ecología.
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Organismo autónomo del gobierno mexicano, dedicado a la coordinación del Sistema Nacional de Información Estadística y Geografía del país.

Mezcla pobre	Combinación de comburente y combustible cuya relación está un 25% por debajo de la relación de máxima potencia, limitando las características ideales de funcionamiento de un vehículo a gasolina.
Monóxido de carbono, CO	Gas incoloro, inodoro e insípido, producido en la combustión de sustancias orgánicas, el cual se considera tóxico por su capacidad para unirse a la hemoglobina, impidiendo que capte y transporte el oxígeno.
OMS	Organización Mundial de la Salud. Autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas.
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	Término genérico referido a un grupo de gases que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones tales como el óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno.
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	Compuesto químico diatómico que se compone de dos átomos del elemento químico gaseoso, que es inodoro, incoloro e insípido.
Programa de verificación vehicular	La verificación vehicular es una actividad de control de emisión de contaminantes a la atmósfera, a través de la inspección y mantenimiento de los vehículos automotores.
SEDEMA	Secretaria del medio ambiente. Trabaja para la protección del entorno ambiental y para promover un desarrollo sustentable del medio ambiente urbano, con metas y acciones claras para el aprovechamiento integral y eficiente del capital natural y una nueva gobernanza ambiental que nos permita invertir, mantener y hacer una buena gestión de nuestros recursos naturales.
SERMANAT	Secretaría del medio ambiente y recursos naturales. Dependencia del gobierno federal encargada de impulsar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales y bienes y servicios ambientales de México, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable.
Sistema de tiempo real	Un Sistema de tiempo real es aquel en el que para que las operaciones computacionales sean correctas no solo es necesario que la lógica e implementación de los programas computacionales sea correcto, sino también el tiempo en el que dicha operación entregó su resultado. Donal Gillies
Verificentro	Lugar en donde se realizan los programas de verificación vehicular, establecidas por el gobierno.

Zona Metropolitana  
del Valle de México,  
ZMVM

El área integrada por las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal; los siguientes municipios del Estado de México: Atizapán de Zaragoza, Acolman, Atenco, Coacalco, Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Valle de Chalco Solidaridad, Chalco, Chicoloapan, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, Jaltenco, La Paz, Melchor Ocampo, Naucalpan de Juárez, Nextlalpan, Nezahualcóyotl, Nicolás Romero, Tecámac, Teoloyucan, Tepotzotlán, Texcoco, Tlalnepantla de Baz, Tultepec, Tultitlán y Zumpango.

## **Apéndice**

Vehículos de motor registrados.....	127
Gráficas de las estadísticas de los vehículos registrados en el Distrito Federal.....	128
NOM-047-SEMARNAT-2014.....	129
NOM-041-SEMARNAT-2015.....	158
Hoja de información MQ-7.....	178

## Estadísticas de los vehículos de motor registrados en los diferentes estados de la República Mexicana.

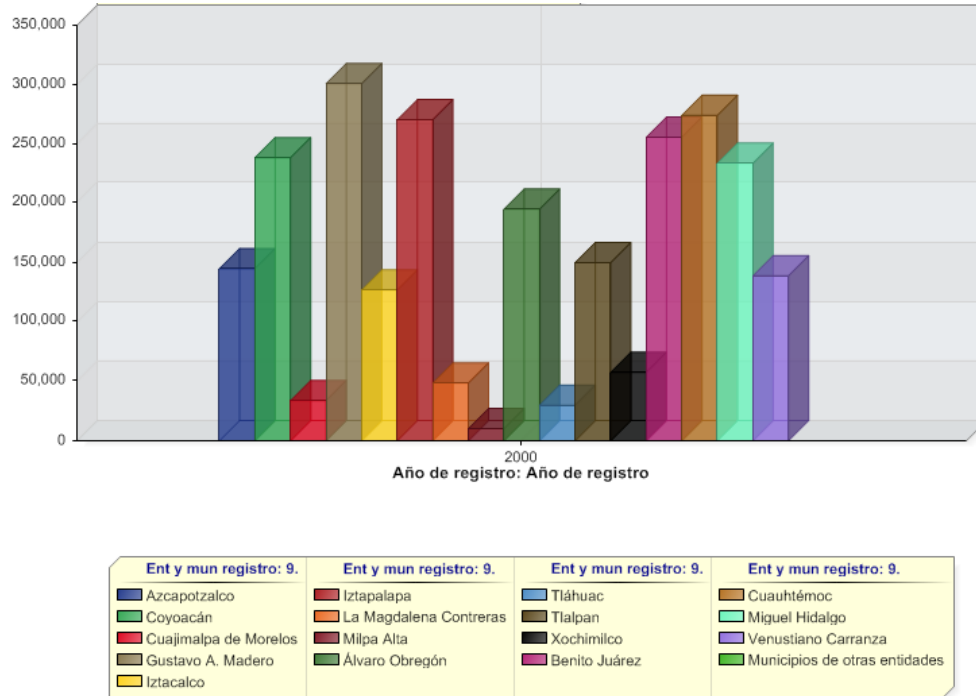
Entidad federativa	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 P
Estados Unidos Mexicanos	15 611 916	17 300 530	18 784 594	19 806 960	20 878 438	22 138 478	24 907 229	26 747 197	29 287 903	30 890 136	31 636 258	33 278 309	34 874 655	36 742 180
Aguascalientes	198 046	226 097	244 032	265 690	295 160	316 559	347 133	375 438	397 205	411 864	430 807	444 099	453 992	470 891
Baja California	752 607	869 588	983 260	1 209 643	1 061 369	1 187 451	1 281 923	1 362 035	1 442 539	1 475 939	887 957	917 710	1 017 113	1 072 808
Baja California Sur	185 233	204 063	230 767	257 872	292 890	321 122	373 955	401 796	435 130	470 410	492 316	516 102	403 051	413 192
Campeche	73 644	80 316	90 883	106 062	131 339	97 928	164 682	175 095	195 759	169 739	193 774	192 858	216 918	240 445
Coahuila de Zaragoza	334 131	490 912	623 416	589 957	620 900	622 732	626 344	646 417	703 447	679 745	707 121	689 216	706 416	724 207
Colima	73 137	112 672	124 629	135 382	146 937	160 842	179 888	193 409	207 707	214 082	224 012	239 191	272 760	289 011
Chiapas	222 570	237 304	257 404	294 936	285 207	304 827	331 147	470 461	526 651	561 920	597 072	631 045	669 892	689 542
Chihuahua	811 990	959 742	992 990	985 442	934 523	1 001 292	1 105 386	1 099 296	1 135 634	1 181 161	1 214 904	1 183 578	1 229 197	1 329 358
Distrito Federal	2 511 543	2 407 362	2 321 702	2 260 123	2 556 032	2 696 220	3 079 690	3 423 719	3 922 587	4 120 535	4 166 756	4 396 912	4 615 276	4 787 187
Durango	164 791	239 412	240 631	289 369	301 701	309 947	353 509	375 933	385 321	432 122	434 032	448 891	482 018	502 479
Guajuato	599 774	685 177	768 381	812 978	887 591	914 635	1 019 987	1 100 872	1 202 989	1 251 246	1 292 029	1 345 165	1 413 600	1 511 212
Guerrero	346 367	338 715	381 599	424 190	553 945	417 576	543 549	561 705	608 415	666 071	714 651	766 356	828 907	897 975
Hidalgo	363 565	423 860	468 833	514 220	565 852	613 043	683 753	753 772	806 457	821 939	850 074	869 079	890 710	919 436
Jalisco	1 303 109	1 376 637	1 681 096	1 814 156	1 940 129	2 066 373	2 207 186	2 381 424	2 592 027	2 659 712	2 754 043	2 861 984	2 902 432	2 954 474
México	1 268 894	1 352 233	1 184 969	1 363 360	1 229 299	1 473 208	2 162 035	2 212 903	2 592 796	2 913 512	3 116 697	3 651 210	4 188 044	4 667 653
Michoacán de Ocampo	686 611	738 595	821 588	962 836	971 331	1 012 983	1 187 286	1 262 453	1 430 938	1 499 714	1 631 215	1 705 626	1 787 512	1 935 650
Morelos	221 609	164 261	198 490	235 420	255 719	289 315	257 477	306 824	353 255	358 219	393 444	430 372	457 404	496 008
Nayarit	118 177	138 186	160 290	159 730	203 966	234 897	259 769	271 408	296 467	309 753	327 257	344 019	357 431	370 302
Nuevo León	952 866	1 134 033	1 248 474	1 336 726	1 455 463	1 451 581	1 605 120	1 743 646	1 812 944	1 890 350	1 975 586	2 084 551	2 183 614	2 297 443
Oaxaca	184 556	220 228	270 916	287 696	243 231	284 563	260 788	294 396	308 847	356 439	383 385	410 571	436 995	459 248
Puebla	523 127	581 218	604 097	624 306	703 813	751 523	863 728	970 154	1 065 016	1 138 679	1 207 576	1 274 347	1 334 844	1 351 836
Querétaro	231 004	266 288	298 504	325 081	251 256	271 896	296 942	329 617	395 483	426 844	458 836	469 595	506 714	503 222
Quintana Roo	142 093	139 661	122 894	119 925	188 329	224 246	307 823	358 642	400 961	427 389	452 198	477 732	510 952	544 365
San Luis Potosí	330 168	403 958	440 586	466 055	485 313	547 556	611 205	691 005	744 984	776 561	804 579	837 275	873 672	920 466
Sinaloa	386 732	527 086	577 708	521 294	537 275	573 867	677 608	753 206	818 547	854 368	874 178	921 540	981 918	1 038 837
Sonora	514 396	566 820	662 100	706 384	804 810	599 007	709 713	798 405	855 110	889 176	928 336	891 539	744 447	779 137
Tabasco	187 642	207 108	218 025	217 777	224 046	250 576	287 137	322 139	358 228	388 266	412 009	424 349	455 002	483 749
Tamaulipas	734 129	861 147	1 104 059	961 311	996 448	971 514	1 054 922	876 005	892 820	932 874	974 099	1 011 735	1 038 216	1 074 382
Tlaxcala	96 942	101 056	113 018	108 612	124 732	130 649	182 229	184 388	192 799	207 279	212 363	227 680	249 495	276 973
Veracruz de Ignacio de la Llave	611 618	672 891	735 328	800 799	930 605	1 004 913	1 138 977	1 244 242	1 316 781	1 420 654	1 506 327	1 595 319	1 650 671	1 733 364
Yucatán	214 190	238 881	265 907	295 795	337 669	344 530	342 447	382 235	422 204	492 699	513 792	546 483	575 850	605 560
Zacatecas	266 655	335 023	348 018	353 833	361 558	391 107	403 891	424 157	468 855	490 875	504 833	482 190	439 592	421 768

P Cifras preliminares.

Fuente: INEGI. Registros administrativos. Estadísticas económicas. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación. Consulta interactiva de datos 2013. (Consulta: 22 de Septiembre de 2014).

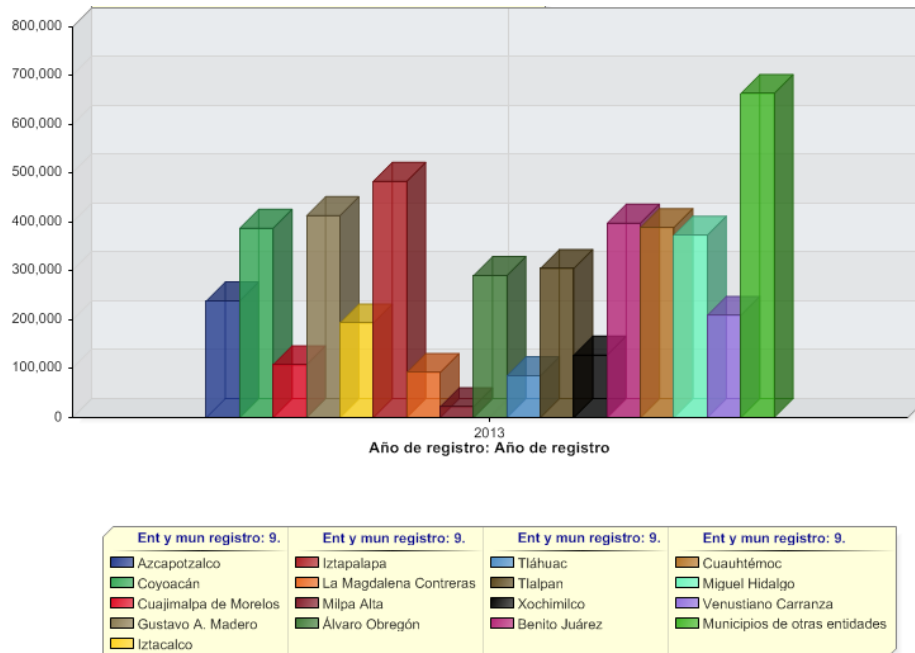
Figura Anexos 1 Vehículos de motor en circulación [48].

## Gráficas de las estadísticas de los vehículos registrados en el Distrito Federal



FUENTE: INEGI. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación.

Figura Anexos 2 Vehículos registrados en el 2000 en el Distrito Federal [48]



FUENTE: INEGI. Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación.

Figura Anexos 3 Vehículos de motor registrados en el 2013 en el Distrito Federal [48]



*NOM-047-SEMARNAT-2014*

## **SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

**NORMA Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-2014, Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.**

---

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CUAUHTÉMOC OCHOA FERNÁNDEZ, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5 fracción V, 6, 7 fracciones III y XIII, 8 fracción XII, 9, 36 fracciones I y II, 37, 37 Bis, 111 fracción IX, 112 fracciones V y VII y 113, de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7 fracción II de su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 38 fracción II, 40 fracciones III, X y XIII, 47, 51 y demás aplicables de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 8 fracciones III y IV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y

### **CONSIDERANDO**

Que con fecha 10 de mayo de 2000, se publicó la NOM-047-SEMARNAT-1999, Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos;

Que después de 12 años de la publicación de la NOM-047-SEMARNAT-1999, el problema que se generó fue que la tecnología la superó, por lo que era necesaria su modificación para la efectiva protección del medio ambiente en su respectivo campo de aplicación y se requirió inscribirla en el Programa Nacional de Normalización 2012, para ser modificada;

Dicha norma no coadyuvaba efectivamente al control de la contaminación del aire proveniente de estas fuentes móviles, ya que no consideraba en el método dinámico y en el método estático las actualizaciones de las especificaciones técnicas de los gases de calibración rutinaria, así como los empleados en la verificación de la calibración de los equipos, el problema que generó la ausencia de regular estas medidas, fue que al no tener un patrón de referencia, se obtenían variaciones en las mediciones, ocasionando que éstas no fuesen confiables y los Programas de Verificación Vehicular no contaban con una misma base técnica, por lo que resultaba necesario la obtención de medidas reales para tener un mejor control de las emisiones de las fuentes móviles que se regulan a través de esta norma, por lo que se propuso su actualización;

Asimismo, no se consideraba una herramienta efectiva para el control de la contaminación del aire proveniente de estos automotores en circulación, ya que la misma no contenía, dentro del método dinámico, las especificaciones técnicas actualizadas para la aplicación del dinamómetro, el problema que generó la ausencia de regular estas medidas, fue que se contaba con una diversidad de valores de mediciones de potencia, tiempo y ciclos de manejo, contra las que eran probados los vehículos, por lo que era necesario contar con un criterio uniforme que permitiera comparar los valores registrados a nivel nacional y establecer que las medidas de control ambiental fuesen eficientes, por lo que se consideró necesaria su actualización;

Por otra parte, la norma resultaba, en los términos publicados en el año 2000, ineficiente para detectar las condiciones operativas de los vehículos, ya que no incluía en el método dinámico el factor Lambda como un parámetro a considerar como criterio de rechazo en los vehículos que operan con mezcla pobre al momento de la prueba, el problema que generaba la ausencia de regular esta medida, fue que se rechazaban los vehículos que no debían de ser rechazados, porque desde fábrica, éstos operan en condición de mezcla pobre, por lo que es necesario diferenciar a los vehículos que funcionan adecuadamente desde el punto de vista ambiental y los que no, con lo cual se tendrá mayor certidumbre en las mediciones, por lo que se incluyó en la presente actualización;

Los términos en que se encontraba la norma publicada en el año 2000, generaba incertidumbre jurídica en su observancia, ya que no contenía el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC), el problema que generaba la ausencia de esta medida, es que no se contaba con un criterio uniforme en la aplicación de la norma, por lo que con la modificación se da certeza jurídica a los centros y unidades de verificación; (Primera Sección) DIARIO OFICIAL Miércoles 26 de noviembre de 2014

Asimismo, la versión de la norma del año 2000, no consideraba medidas de cumplimiento ambiental para los vehículos de procedencia extranjera que se introducen al país para su importación definitiva, el problema que generó la ausencia de regular estas medidas, fue que se permitía que los vehículos automotores ingresaran a territorio nacional contaminando el medio ambiente, por lo que fue necesario incluir medidas de control ambiental desde el país de origen de dichos vehículos.

También se detectó que la norma en su versión anterior fue ineficaz en controlar las crecientes emisiones vehiculares, las cuales se han incrementado debido al crecimiento y envejecimiento del parque vehicular, lo anterior debido a que su obsolescencia tecnológica provocó una baja observancia de la normatividad en diversas entidades federativas, por disponer de equipos de lenta y baja resolución y/o a la falta de equipo de verificación para atenderlos, estableciendo de esta manera, diferentes niveles en los avances tecnológicos en la República Mexicana, por lo que se estimó necesario establecer una base de datos de emisiones vehiculares y homologar los sistemas de operación, de vigilancia y de control vehicular, lo que permitirá reducir y controlar la contaminación por fuentes móviles en circulación;

Que la presente norma busca conocer las condiciones ambientales de los vehículos de prueba simulando condiciones reales, por lo que se incluyen dentro del método dinámico, las especificaciones técnicas actualizadas para la aplicación del dinamómetro, lo cual tendrá como beneficio, contar con un instrumento modelo preestablecido, el cual registrará mediciones confiables y comparables a nivel nacional, lo que permitirá mejorar los PVVO;

Que la presente norma busca reducir las incertidumbres de los instrumentos y de sus mediciones en beneficio del medio ambiente y la calidad de la verificación, por lo que plantea especificaciones técnicas de los gases de calibración rutinaria, así como los empleados en la verificación de la calibración de los instrumentos, lo que aportará ventajas al contar con un gas estándar, y permitirá tener una calibración y exactitud conocidas del instrumento de medición que será empleado en todas las evaluaciones que se realicen; el beneficio será para el medio ambiente y para los poseedores de los vehículos automotores, al tener mediciones con exactitud conocida;

Que la presente norma establece las condiciones de operación de los vehículos para la aplicación de la prueba de emisiones de gases, por lo cual incorpora el factor Lambda como parámetro a considerar como criterio de rechazo en los vehículos que operan con mezcla pobre al momento de realizar la prueba, lo cual beneficia a vehículos que cuenten con esta tecnología y permitirá que la prueba sea más equitativa en todas las evaluaciones que se realicen, y se evitará la manipulación y el trapeo, por ser innecesarios y detectables, controlando de mejor manera las emisiones al medio ambiente;

Que la presente modificación a la norma busca la efectiva protección al medio ambiente e incorpora el Procedimiento de Evaluación de la Conformidad (PEC), lo que generará transparencia y legitimidad a la actuación del Gobierno Federal, los gobiernos de los estados y del Gobierno del Distrito Federal en los Programas de Verificación Vehicular Obligatoria;

Que la presente norma persigue la protección al medio ambiente y plantea medidas de cumplimiento ambiental para los vehículos que se deseen importar de manera definitiva al país, lo que establece medidas de control ambiental desde su origen y en términos ambientales, representa un ahorro neto de emisiones a la atmósfera en México;

Que la presente norma, atendiendo a que el cuidado del medio ambiente puede hacerse de manera más precisa, económica y eficiente con los avances tecnológicos en la materia, actualiza las características del instrumento de medición, la integración de los avances tecnológicos como son el OBD y el dinamómetro, las especificaciones técnicas de los gases de calibración rutinaria, la verificación de la calibración de los equipos, la inclusión del PEC y la incorporación de medidas de cumplimiento ambiental para los vehículos de procedencia extranjera que se introduzcan al país para su importación definitiva;

Que el Objetivo 4.4 del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, establece el impulsar y orientar un crecimiento verde incluyente y facilitador que preserve nuestro patrimonio natural al mismo tiempo que genere riqueza, competitividad y empleo y específicamente en lo relativo a la Estrategia 4.4.3. Fortalecer la política nacional de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono, se plantea la línea de acción de Promover el uso de sistemas y tecnologías avanzadas, de alta eficiencia energética y de baja o nula generación de contaminantes o compuestos de efecto invernadero; en este sentido, reviste especial importancia el reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), por lo que se hace necesario, además del ajuste constante o la actualización de los límites máximos permisibles de emisiones de gases provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, la actualización de los métodos y de los equipos de medición;

Que la norma incluye el control de la emisión de gases GEI por parte de las fuentes móviles, lo que permite a los PVVO funcionar de mejor manera y evitar que los componentes de los GEI se emitan sin control a nivel nacional;

Que en cumplimiento con lo establecido en el Artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con fecha 7 de enero de 2013, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, con carácter de proyecto de modificación NOM-047-SEMARNAT-1999, Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, con el fin que dentro de los 60 días naturales siguientes a su publicación, los interesados presentaran sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, sito en Boulevard Adolfo Ruiz Cortines 4209, piso 5o. ala B, colonia Jardines en la Montaña, código postal 14210, Delegación Tlalpan, México, Distrito Federal o enviarse al correo electrónico: jose.wilson@semarnat.gob.mx;

Que durante el citado plazo de consulta pública, la Manifestación de Impacto Regulatorio correspondiente estuvo a disposición del público para su consulta en el domicilio antes señalado, de conformidad con el artículo 45 primer párrafo de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que en el plazo de los 60 días antes señalados, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto en cuestión, los cuales fueron analizados en el citado Comité, realizándose las modificaciones correspondientes al mismo, por lo que las respuestas a los comentarios recibidos fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el día 15 del mes de julio de 2014;

Que, de conformidad con lo establecido en el artículo 28 fracción II, inciso d) del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el año de la clave cambia a 2014, debido a que el instrumento regulatorio se presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, para su aprobación en ese año;

Que habiéndose cumplido con lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en sesión ordinaria de fecha 1 del mes abril de 2014 aprobó la NOM-047-SEMARNAT-2014, Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

Por lo expuesto y fundado, se expide la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-047-SEMARNAT-2014, QUE ESTABLECE LAS CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Y EL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN PARA LA VERIFICACIÓN DE LOS LÍMITES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES, PROVENIENTES DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACIÓN QUE USAN GASOLINA, GAS LICUADO DE PETRÓLEO, GAS NATURAL U OTROS COMBUSTIBLES ALTERNOS**

**PREFACIO**

En la elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- AMERICAN MEX GROUP: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPO DE VERIFICACIÓN.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE DISTRIBUIDORES DE AUTOMOVILES (AMDA).
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ (AMIA).
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE AUTOBUSES, CAMIONES Y TRACTOCAMIONES, A.C. (ANPACT).
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE TRANSPORTE PRIVADO (ANTP).
- CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACIÓN (CANACINTRA).
- CENTRO MARIO MOLINA PARA ESTUDIOS ESTRATÉGICOS SOBRE ENERGÍA Y MEDIO AMBIENTE, A.C.
- COCA COLA FEMSA, S.A. DE C.V.
- COMERCIAL AUTOINDUSTRIAL, S.A. DE C.V.

- COMISION AMBIENTAL METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (CAM).
- CORPORATIVO SAN ÁNGEL, S.C.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS PRODUCTS DE MÉXICO, S.A. DE C.V.
- FUNDACIÓN HOMBRE NATURALEZA, A.C.
- GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL (GDF).
  - SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE.
  - DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO (GEDOMEX).
  - SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE.
  - DIRECCIÓN GENERAL DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO (IMP).
  - LABORATORIO DE EMISIONES VEHICULARES Y ENSAYO DE MOTORES.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE (IMT).
- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (IPN).
  - ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS (ESIQIE).
- MZ COMERCIALIZACIÓN, S.A. DE C.V.
- PRAXAIR MÉXICO, S. DE R.L. DE C.V.
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT).
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA (SE).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS.
  - DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIAS PESADAS Y DE ALTA TECNOLOGÍA.
- SECRETARÍA DE ENERGÍA (SENER).
  - COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA (CONUEE).
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE FOMENTO AMBIENTAL, URBANO Y TURÍSTICO (DGFAUT).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES (DGGCARETC).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA (DGI).
- PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFPA).
  - SUBPROCURADURÍA DE INSPECCIÓN INDUSTRIAL.
- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (INECC).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN URBANA Y REGIONAL.
  - DIRECCIÓN GENERAL DEL CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y CAPACITACIÓN AMBIENTAL (DGCENICA).
- SECRETARÍA DE SALUD.
  - COMISIÓN FEDERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS (COFEPRIS).
- TSTES, S.A. DE C.V.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM).
  - INSTITUTO DE INGENIERÍA.
- VITESSE MOTORS DE MÉXICO S.A. DE C.V.

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

### NÚMERO DEL CAPÍTULO

1. Objetivo y campo de aplicación
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Método dinámico
6. Método estático
7. Registro de datos
8. Especificaciones del equipo
9. Procedimiento para la Evaluación de la conformidad
10. Bibliografía
11. Concordancia con normas internacionales
12. Observancia de esta Norma

#### Transitorios

1. Objetivo y campo de aplicación

La presente Norma Oficial Mexicana establece las características del equipo y el procedimiento de medición, para la verificación de los límites máximos permisibles de emisión de contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación equipados con motores que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, es de observancia obligatoria para los responsables de los Centros de Verificación o Unidades de Verificación Vehicular autorizados, proveedores de equipos de verificación, de insumos y laboratorios de calibración.

2. Referencias

Para la aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, deben consultarse las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes o las que las sustituyan.

NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002).

NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de marzo de 2007).

NOM-042-SEMARNAT-2003, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3 857 kilogramos que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2005).

NOM-050-SEMARNAT-1993, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de octubre de 1993).

ACUERDO por el que se modifican los límites establecidos en las tablas 3 y 4 de los numerales 4.2.1 y 4.2.2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. (Publicado en el Diario Oficial de la Federación en el 28 de diciembre de 2011).

### 3. Definiciones

#### 3.1 Ajuste a cero:

Proceso automatizado de suministro al sistema de medición, de una mezcla de gas libre o con las siguientes cantidades mínimas conocidas establecidas de los componentes, O<sub>2</sub> 21.0 cmol/mol (%), CO < 0.06 cmol/mol (%), CO<sub>2</sub> < 0.5 cmol/mol (%), HC < 15  $\mu$ mol/mol (ppm) y NO<sub>x</sub> < 32  $\mu$ mol/mol (ppm) con el objeto de restablecer la indicación del equipo de verificación al valor cero (condiciones iniciales o cero del equipo de medición) considerado en esta Norma Oficial Mexicana.

#### 3.2 Ajuste del equipo de verificación:

Conjunto de operaciones realizadas para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados equivalentes a los de la magnitud a medir.

#### 3.3 Auto verificación del equipo:

Proceso automatizado de suministro, de una mezcla de gas de concentración conocida, que contiene el (los) componente(s) de interés, con el objeto de restablecer la indicación de la respuesta para la siguiente prueba funcional de la verificación vehicular.

#### 3.4 Calibración del equipo:

Conjunto de operaciones, que bajo condiciones específicas, establece en una primera etapa, una relación entre los valores y sus incertidumbres de medida asociadas, obtenidas a partir de los patrones de medida, y las correspondientes indicaciones con sus incertidumbres asociadas y; en una segunda etapa, utiliza esta información para establecer una relación que permite obtener un resultado de medida a partir de una indicación.

#### 3.5 Carrocería:

Es el exterior del vehículo, establece el peso, las proporciones, la forma, las superficies y volúmenes del vehículo, incluyen la configuración del motor y del tren motriz y su ubicación; es básica para definir el uso del vehículo y conocer su peso sin carga.

#### 3.6 Centro de Verificación:

El establecimiento de servicio autorizado por las autoridades competentes en el que se presta el servicio de medición de emisiones contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación.

#### 3.7 Comprobante de resultado:

Documento expedido en algún Centro de Verificación o Unidad de Verificación Vehicular que contiene el resultado obtenido en la evaluación de las emisiones vehiculares.

#### 3.8 Conector de diagnóstico (DLC Diagnostic Link Connector):

Es el elemento de comunicación entre el Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD) del vehículo y el dispositivo de exploración electrónica.

#### 3.9 Dispositivo de exploración electrónica:

Aparato electrónico que al ser programado explora los códigos del Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD).

#### 3.10 Gas patrón de referencia para la calibración rutinaria:

Material cuyo valor de concentración e incertidumbre son conocidos, con trazabilidad de la magnitud fracción de cantidad de sustancia al Sistema Internacional de Unidades (SI), que se emplea para la calibración rutinaria de los equipos analizadores de gases, con una incertidumbre expandida menor o igual a  $\pm 2\%$ , expresada con un nivel de confianza al 95%.

#### 3.11 Gas patrón de referencia para verificación de la calibración:

Material, cuyo valor e incertidumbre son conocidos, con trazabilidad de la magnitud fracción de cantidad de sustancia al Sistema Internacional de Unidades (SI), que es empleado para la verificación de la calibración de los equipos analizadores de gases con una incertidumbre expandida menor o igual al  $\pm 1.5\%$ , expresada con un nivel de confianza al 95%.

### 3.12 Gases de escape:

Son las emisiones de la combustión que emiten los vehículos automotores. Para efecto de esta Norma Oficial Mexicana se fiscalizarán los siguientes compuestos:

#### 3.12.1 Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>):

Gas incoloro e inodoro, cuya molécula consiste en un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno.

#### 3.12.2 Hidrocarburos:

Compuestos orgánicos formados por hidrógeno y carbono, reportados como propano/hexano (FEP).

#### 3.12.3 Monóxido de Carbono (CO):

Gas incoloro e inodoro, producido en combustiones de sustancias orgánicas.

#### 3.12.4 Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>):

Término genérico referido a un grupo de gases que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones tales como el óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno.

#### 3.12.5 Oxígeno (O<sub>2</sub>):

Compuesto químico que se compone de dos átomos del elemento químico gaseoso, que es inodoro, incoloro e insípido.

### 3.13 Instrumento de verificación:

Conjunto de diversos componentes combinados que cumple con las especificaciones establecidas para la medición y registro de emisiones vehiculares de la presente Norma Oficial Mexicana.

### 3.14 Luz Indicadora de Falla (Señal MIL por sus siglas en inglés Malfunction Indicator Light):

Testigo luminoso, ubicado en el tablero de equipos del vehículo, que se encenderá debido a un fallo del vehículo detectado por el Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD).

### 3.15 Peso Bruto Vehicular (PBV):

Característica máxima del vehículo especificada por el fabricante, consistente en el peso nominal del vehículo sumado al de su máxima capacidad de carga, con el tanque de combustible lleno a su capacidad nominal, expresada en kilogramos.

### 3.16 Peso Vehicular sin Carga:

Característica real del vehículo automotor en función de su carrocería expresada en kilogramos.

### 3.17 Repetibilidad:

Precisión de medida bajo un conjunto de condiciones, procedimiento de medida, los mismos operadores, el mismo sistema de medida, las mismas condiciones de operación y el mismo lugar, así como mediciones repetidas del mismo objeto o de un objeto similar en un periodo corto de tiempo.

### 3.18 Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD):

Módulo electrónico formado por un conjunto de rutinas y monitores diseñado para diagnosticar el funcionamiento de los componentes relacionados con el sistema de emisiones contaminantes y otros sistemas del vehículo.

### 3.19 Tablas auxiliares para el funcionamiento del equipo de verificación vehicular:

Archivos electrónicos que contienen información de catálogos para operar los equipos de verificación vehicular.

### 3.20 Temperatura normal de operación:

Magnitud física que expresa en Grados Celsius el nivel de calor del motor alcanzado después de operar un mínimo de 10 minutos medido en el aceite del motor.

### 1.21 Trazabilidad:

Propiedad de un resultado de medida, por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida.

### 3.22 Vehículo automotor en circulación:



Unidad de transporte terrestre de carga o de pasajeros, propulsado por su propia fuente motriz, que funciona con gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos; enajenado por lo menos en una ocasión y que cuenta con permiso para circular por vialidades públicas; cuya clasificación, para efectos de esta Norma Oficial Mexicana, se lista a continuación:

#### 3.22.1 Camión Ligero (CL1):

Unidad con peso bruto vehicular de hasta 2,722 kilogramos (kg) y con peso de prueba de hasta 1,701 kg.

#### 3.22.2 Camión Ligero (CL2):

Unidad con peso bruto vehicular de hasta 2 722 kg y con peso de prueba mayor de 1,701 kg y hasta 2,608 kg.

#### 3.22.3 Camión Ligero (CL3):

Unidad con peso bruto vehicular mayor de 2 722 kg y hasta 3 856 kg y con peso de prueba de hasta 2,608 kg.

#### 3.22.4 Camión Ligero (CL4):

Unidad con peso bruto vehicular mayor de 2,722 kg y hasta 3,856 kg con peso de prueba mayor de 2,608 kg y hasta 3,856 kg.

#### 3.22.5 Camión Mediano:

Unidad con peso bruto vehicular mayor de 3,856 kg y hasta 8,864 kg.

#### 3.22.6 Camión Pesado:

Unidad con peso bruto vehicular mayor de 8,864 kg.

#### 3.22.7 Vehículo de Pasajeros (VP):

Automóvil o su derivado, excepto la unidad de uso múltiple o utilitario y remolque, diseñado para el transporte de hasta 10 pasajeros.

#### 3.22.8 Vehículo de Uso Múltiple o Utilitario:

Unidad diseñada para el transporte de personas y/o productos, con o sin chasis o con equipo especial para operar ocasionalmente fuera del camino. Para efectos de prueba se clasifican igual que los camiones ligeros.

### 4. Especificaciones

#### 4.1 Generalidades.

Los métodos para medir las emisiones provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, son los que a continuación se especifican:

4.1.1 En los Centros de Verificación y en las Unidades de Verificación de emisiones vehiculares del país, se deberá aplicar el método dinámico a todos los vehículos automotores definidos en esta Norma Oficial Mexicana, salvo aquellos que por sus características técnicas operativas estén imposibilitados de ser revisados bajo condiciones de carga y/o velocidad, en cuyo caso se les aplicará el método estático (capítulo 6) de la presente Norma Oficial Mexicana.

4.1.2 La evaluación de las emisiones vehiculares que se realicen en vialidad deberán hacerse bajo el método estático de la presente Norma Oficial Mexicana.

4.1.3 Los responsables de la verificación deberán de informar a los usuarios que la realización de pruebas dinámica o estática a un vehículo, implica la aplicación de carga externa vía dinamómetro o aceleraciones a máximas RPM (Revoluciones Por Minuto) respectivamente.

#### 4.2 Preparación para las pruebas.

4.2.1 Se debe llevar a cabo una preparación del equipo de prueba antes de iniciar el método de medición. Referente al equipo, se deberá:

4.2.1.1 Mantener el equipo siempre en las condiciones óptimas de funcionamiento que permitan realizar las mediciones, con las tolerancias marcadas en esta Norma Oficial Mexicana.

4.2.1.2 Operar de acuerdo con las indicaciones del manual del fabricante. Miércoles 26 de noviembre de 2014  
DIARIO OFICIAL (Primera Sección)

4.2.1.3 Calibrar de acuerdo a las indicaciones del manual del fabricante y las especificaciones contenidas en esta Norma Oficial Mexicana.

4.2.1.4 Eliminar de los filtros y sondas cualquier partícula extraña, agua o humedad que se acumule.

4.2.2 Capturar en el equipo de verificación de emisiones vehiculares la marca, la submarca, el año modelo, el número de cilindros del motor, la clasificación del vehículo y el tipo de carrocería del vehículo automotor.

4.2.3 Se deberá realizar una revisión visual de la existencia y adecuada operación de los siguientes dispositivos:

4.2.3.1 Sistema de escape. Se deberá revisar que no existan fugas en el sistema de escape.

4.2.3.2 Portafiltro de aire y el filtro de aire.

4.2.3.3 Tapón del dispositivo de aceite.

4.2.3.4 Tapón de combustible.

4.2.3.5 Bayoneta de medición del nivel de aceite en el cárter.

4.2.3.6 Fuga de fluidos. Se deberá revisar que no exista fuga de aceite del motor, aceite de transmisión o de líquido refrigerante.

4.2.3.7 Neumáticos. Se deberá revisar que los neumáticos no se encuentren carentes de dibujo en cualquier punto de la banda de rodadura, o que presenten desperfectos, cortes, erosiones, abombamientos, o dimensiones del neumático incorrectas, o diferente tipo de neumático en un mismo eje.

4.2.3.8 Revisar que ningún componente de control de emisiones del automóvil haya sido desconectado o alterado.

4.2.3.9 Si se detecta la inexistencia o, en su caso, alguna fuga de los elementos establecidos en los incisos 4.2.3.1 al 4.2.3.8 de la presente Norma Oficial Mexicana la prueba de emisiones vehiculares se dará por concluida y se deberá entregar un comprobante de resultado de rechazo por no aprobar la revisión visual del motor.

4.2.4 Sistema de Diagnóstico a Bordo.

Los vehículos 2006 y posteriores que cuenten con OBD deberán realizar una rutina del mismo como parte de la prueba y los datos relativos de emisiones serán registrados en la base de datos.

4.2.4.1 Revisar que los dispositivos siguientes se encuentran en buen estado, a través de la lectura de los códigos de falla presentes en el sistema OBD.

- El sistema de ventilación del motor.
- El filtro de carbón activado.
- Las mangueras de conexión al motor y al tanque de combustible.
- Temperatura del refrigerante del motor.
- Presión absoluta del múltiple de admisión.
- Posición del acelerador.
- Masa y flujo de aire.
- Sensores de oxígeno.
- Convertidor catalítico.
- Funcionamiento de un cilindro.
- Válvula recicladora de aire (EGR).

4.2.4.2 Revisión de la Luz Indicadora de Falla (MIL).

Colocar la llave de encendido en posición de accesorios (interruptor abierto), cerciorarse que la luz indicadora de falla MIL enciende de manera continua o intermitente durante 10 segundos, en caso de que no se apague o no encienda registrar el resultado de esta revisión visual.

4.2.4.3 Revisión Electrónica del Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD).

Con el vehículo apagado, conectar el dispositivo de exploración electrónica a través del conector de diagnóstico, encender el vehículo y registrar los códigos de falla y continuar con la evaluación de emisiones.

4.3 Acondicionamiento del vehículo para la prueba.

Se deberá llevar a cabo una preparación del vehículo antes de iniciar la prueba de medición.

4.3.1 Revisar que el control del ahogador no se encuentre en operación.

4.3.2 Revisar que los accesorios del vehículo estén apagados. Esto incluye las luces, el aire acondicionado, el antiempañante del parabrisas y el radio. Existen algunos modelos de los vehículos automotores que por las especificaciones de su fabricante, siempre tienen las luces prendidas; en estos vehículos se deberá realizar la prueba con las luces prendidas.

4.3.3 Asegurarse que el motor del vehículo funcione a su temperatura normal de operación.

4.3.4 En el caso de transmisiones automáticas, el selector deberá estar en posición de estacionamiento o neutral, y en el caso de transmisiones manuales o semiautomáticas, el selector debe estar en posición neutral y sin presionar el pedal del embrague.

## 5. Método dinámico

Son las mediciones de los gases (HC, CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y NOX) en el escape de los vehículos en circulación equipados con motores que usen gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, bajo condiciones de aceleraciones simuladas mediante la aplicación de una carga externa controlada por el dinamómetro.

Se deberá utilizar para todos los vehículos, salvo a aquellos que han sido identificados por sus fabricantes como inoperables en el dinamómetro.

Consiste en tres etapas:

- Revisión visual de humo a 24 kilómetros por hora (km/h)
- Prueba a 24 km/h
- Prueba a 40 km/h

Todas las etapas anteriores, se realizan con el eje de tracción del vehículo en movimiento y aplicación externa de carga. Para alcanzar dichas velocidades se deberá acelerar en forma gradual en un intervalo de 10 segundos.

### 5.1 Posicionamiento del vehículo en el dinamómetro.

Antes de la prueba funcional de cada vehículo, es importante realizar las siguientes acciones:

5.1.1 La posición de los neumáticos motrices del vehículo en los rodillos del dinamómetro de chasis deben garantizar que las llantas del vehículo giren en condiciones de seguridad.

5.1.2 Opcionalmente puede colocarse un ventilador enfrente del radiador del vehículo, cuando éste sea necesario para asegurar que el vehículo no se sobrecaliente durante el desarrollo de la secuencia de pruebas.

### 5.2 Fase de revisión visual de humo.

5.2.1 El equipo de verificación de emisiones deberá fijar automáticamente la carga de camino, potencia que se aplicará al vehículo automotor utilizando información de una tabla auxiliar que para tal efecto deberá otorgar la autoridad ambiental.

5.2.2 La carga de camino que debe aplicarse al vehículo durante la prueba de revisión visual del humo será calculada por el equipo de verificación de emisiones con la siguiente fórmula; tomando como referencia un diámetro de rodillo de 21.9 cm y con base a la inercia equivalente del vehículo automotor (IE); aplicando para ello la tabla auxiliar establecida anteriormente.

$$Carga\ de\ camino = \frac{IE}{250}$$

$$IE = \frac{Peso\ vehicular\ sin\ carga + 136\ kg}{0.4536} = Potencia\ (BHP)$$

5.2.3 En caso de que la base de datos no cuente con los datos de potencia mencionados, el programa seleccionará en la Tabla 1 la potencia a aplicarse por el dinamómetro sobre la base del número de cilindros del

motor, la clasificación del vehículo y su carrocería. Los datos de la Tabla 1, corresponden a dinamómetros con rodillos de 21.9 centímetros de diámetro.

Tabla 1- Carga de camino: Potencia (BHP) que se debe aplicar al vehículo en las pruebas visual de humo y PAS 5024.

Clasificación del vehículo automotor	Tipo de carrocería	Número de cilindros del motor				
		1 a 3	4	5 a 6	7 a 8	9 o más
		Potencia (bhp)*				
Vehículo de pasajeros	Sedán	7.9	11.4	13.8	16.4	16.0
Vehículo de pasajeros	Guayón	8.1	11.7	13.8	16.1	16.1
Camión ligero (CL1)	Pick up (carrocería abierta)	9.6	13.1	16.4	19.2	21.1
CL1, CL2, CL3, CL4 y vehículos de uso múltiple o utilitario	Carrocería cerrada	10.1	13.4	15.5	19.4	21.1
Vehículo de pasajeros, CL1 y vehículo de uso múltiple o utilitario	Minivan	10.2	14.1	15.8	17.9	18.2
CL1 y camión mediano o pesado	Plataforma, panel, van o estaquitas	10.3	13.9	17.7	19.6	20.5

\*bhp= Caballo de potencia al freno (brake horse power).

5.2.4 Aplicando la carga de camino correspondiente de acuerdo a lo establecido en el apartado 5.2.1 o 5.2.2, con una tolerancia de  $\pm 5\%$  cuando se apliquen cargas superiores a 10 caballos de potencia al freno o de  $\pm 1/2$  caballo de potencia al freno al aplicar cargas menores, se acelera el vehículo automotor hasta alcanzar 24 km/h  $\pm 2.4$  km/h. Mantener esta velocidad por 60 segundos.

5.2.4.1 La aceleración debe hacerse, en el caso de transmisión manual, en segundo o tercer engrane (seleccionar aquel que permita una operación del motor en condiciones estables y sin forzarse), en el caso de transmisiones automáticas la aceleración se efectúa en segundo engrane.

5.2.5 En los últimos 30 segundos en el dinamómetro de esta etapa, observar si se emite humo negro o azul y si se presenta de manera constante por más de 10 segundos, no se continuará con el método de medición y deberá de considerarse que la prueba ha concluido emitiéndose el certificado de rechazo, explicitando en el mismo la causa.

5.2.5.1 La emisión de humo azul es indicativa de la presencia de aceite en el sistema de combustión y la emisión de humo negro es indicativa de exceso de combustible no quemado y, por lo tanto, cualquiera de las dos indican altos niveles de emisiones de hidrocarburos entre otros contaminantes.

5.2.6 En esta etapa de prueba y hasta en tres excursiones de velocidad, si no se alcanza la estabilidad del funcionamiento del motor, también se podrá dar por concluida la prueba y el vehículo será rechazado ya que se encuentra fuera de especificaciones del fabricante, por lo que se deberá emitir un resultado de rechazo.

### 5.3 PAS Fase 5024.

5.3.1 En caso de haberse superado la prueba visual de humo, en el vehículo se deberá introducir la sonda de muestreo al escape del mismo a una profundidad mínima de 25 cm (centímetros). Si el diseño del escape del vehículo no permite que sea instalado a esta profundidad, se requerirá el uso de una extensión al escape. Tratándose de escapes múltiples, usar sondas para el muestreo simultáneo de todos los escapes. La potencia que debe aplicarse al vehículo automotor durante la fase 5024 será la misma que se aplique en la fase de revisión visual de humo definido en el apartado 5.2.

5.3.2 Con la carga correspondiente se deberá acelerar el vehículo hasta alcanzar 24 km/h. Cuando dicha velocidad se mantenga constante dentro de un intervalo de  $\pm 2.4$  km/h durante 5 segundos consecutivos y la carga permanezca en un intervalo de  $\pm 5\%$  de la carga establecida cuando se apliquen cargas superiores a 10 caballos de potencia al freno, o de  $\pm 1/2$  caballo de potencia al freno al aplicar cargas menores, el equipo deberá dar inicio a la prueba, marcándose este momento como tiempo inicial ( $t = 0$ ).

5.3.2.1 En una transmisión manual la aceleración debe hacerse, en segundo o tercer engrane (seleccionar aquel que permita una operación del motor en condiciones estables y sin forzarse), en el caso de transmisiones automáticas la aceleración se efectúa en segundo engrane.

5.3.2.2 El vehículo deberá permanecer dentro de los intervalos de velocidad y carga correspondiente por un máximo de 60 segundos. Para cada segundo a partir de  $t = 0$  se deberá registrar el valor de los gases de escape corregidos por dilución y por humedad cuando esto aplique; así como el valor del coeficiente de aire o factor Lambda y del factor de dilución.

5.3.3 A partir de la medición de 30 segundos, el equipo debe realizar un promedio aritmético de los valores de cada uno de los gases evaluados, así como el valor del coeficiente de aire o factor Lambda y del factor de dilución de los últimos 10 segundos previamente registrados; es decir, los valores comprendidos entre  $t = 21$  a  $t = 30$ .

$$\text{Promedio aritmético} = \sum_{t=21}^{t=30} \frac{Xt}{N}$$

Promedio aritmético = Suma de los valores de las mediciones obtenidas del segundo 21 al segundo 30 entre N (en este caso 10).

5.3.4 El resultado del promedio aritmético calculado en  $t = 30$  deberá compararse con los límites correspondientes. Si el promedio aritmético para cada uno de los gases evaluados, valor del coeficiente de aire o factor Lambda y del factor de dilución, cumple con los límites máximos permisibles del ACUERDO por el que se modifican los límites establecidos en las tablas 3 y 4 de los numerales 4.2.1 y 4.2.2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre 2011; o, según proceda con las tablas 3 y 4 del numeral 5.3 de la NOM-050-SEMARNAT-1993, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible, publicado en Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003, o con las normas oficiales mexicanas que las sustituyan, referidas en el apartado 2 de esta Norma Oficial Mexicana; concluirá la fase 5024, debiendo iniciar la aplicación de la fase 2540.

5.3.4.1 Si esta condición no se cumple, al siguiente segundo se deberá calcular un nuevo promedio aritmético considerando las lecturas de los últimos 10 segundos. La medición se continuará realizando hasta que se alcance el promedio móvil que cumpla con los límites máximos permisibles del ACUERDO por el que se modifican los límites establecidos en las tablas 3 y 4 de los numerales 4.2.1 y 4.2.2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre 2011; o, según proceda con las tablas 3 y 4 del numeral 5.3 de la NOM-050-SEMARNAT-1993, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible, publicado en Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003, o con las normas oficiales mexicanas que las sustituyan, referidas en el apartado 2 de esta Norma Oficial Mexicana; hasta que se alcancen 60 segundos.

$$\text{Segundo promedio aritmético} = \sum_{t=22}^{t=31} \frac{Xt}{N}$$

Segundo promedio aritmético = Suma de valores de las mediciones obtenidas del segundo 22 al segundo 31 entre N (en esta caso diez).

$$\text{Último promedio aritmético} = \sum_{t=51}^{t=60} \frac{Xt}{N}$$

Último promedio aritmético = Suma de valores de las mediciones obtenidas del segundo 51 al 60 entre N (en este caso diez).

5.3.5 Si al llegar al segundo 60 de la fase, el promedio aritmético de cada uno de los gases, del valor del coeficiente de aire o factor Lambda y del factor de dilución no cumplen con los límites permisibles establecidos por el ACUERDO por el que se modifican los límites establecidos en las tablas 3 y 4 de los numerales 4.2.1 y 4.2.2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2011 o, según proceda con

las tablas 3 y 4 del numeral 5.3 de la NOM-050-SEMARNAT-1993, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible, publicado en Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003, o con las normas oficiales mexicanas que las sustituyan, referidas en el apartado 2 de esta Norma Oficial Mexicana; se concluirá la fase 5024 considerándose reprobada dicha fase y deberá iniciar la aplicación de la fase 2540.

5.3.5.1 Se deberá registrar como resultado de la fase 5024 el resultado del último promedio aritmético de los gases, del valor del coeficiente de aire o factor Lambda y del factor de dilución.

5.4 PAS Fase 2540.

5.4.1 Inmediatamente terminada la fase 5024 y sin detener el vehículo automotor, independientemente del resultado de la fase 5024, el vehículo automotor debe acelerarse hasta alcanzar una velocidad de 40 km/h ± 4 km/h.

El equipo de verificación de emisiones deberá ajustar de forma inmediata la carga de camino, potencia de la prueba utilizando la Tabla 2 y los datos del número de cilindros del motor.

**Tabla 2- Carga de camino: Potencia que debe aplicarse en la FASE 2540**

<b>Número de cilindros</b>	<b>Potencia aplicada. (Caballos de Potencia al Freno)</b>
4 o menos	3.5
5 a 6	7.6
7 o más	9.6

5.4.2 Acelerar el vehículo en tercer o cuarto engrane, seleccionando aquel que permita una operación del motor en condiciones estables y sin forzarse, hasta que el vehículo alcance la velocidad de 40 km/h ± 4 km/h.

5.4.2.1 Cuando dicha velocidad se mantenga constante dentro de un intervalo de ± 4 km/h durante 5 segundos consecutivos y la carga permanezca en un intervalo de ± 1/2 caballo de potencia al freno, el equipo deberá dar inicio a la fase 2540 marcándose este momento como tiempo inicial (t = 0).

5.4.3 El vehículo deberá permanecer dentro de los intervalos de velocidad y carga correspondiente por un máximo de 60 segundos. Para cada segundo a partir de t = 0 se deberá registrar el valor de los gases de escape corregidos por dilución y por humedad cuando esto aplique; así como el valor del coeficiente de aire o factor Lambda y del factor de dilución.

5.4.3.1 A partir de 30 segundos, el equipo debe realizar un promedio aritmético de los valores de cada uno de los gases evaluados, así como el valor del coeficiente de aire o factor Lambda y del factor de dilución de los últimos 10 segundos previamente registrados; es decir, los valores comprendidos entre t = 21 a t = 30.

$$Promedio\ aritmético = \sum_{t=21}^{t=30} \frac{X_t}{N}$$

Promedio aritmético = Suma de los valores de las mediciones obtenidas del segundo 21 al segundo 30 entre N (en este caso 10).

5.4.4 El resultado del promedio aritmético calculado en t = 30, deberá compararse con los límites máximos permisibles de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006 o la que la sustituya. Si el promedio aritmético para cada uno de los gases evaluados, del valor del coeficiente de aire o factor Lambda y del factor de dilución, cumplen con lo establecido en el ACUERDO por el que se modifican los límites establecidos en las tablas 3 y 4 de los numerales 4.2.1 y 4.2.2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2011 o, según proceda con las tablas 3 y 4 del numeral 5.3 de la NOM-050-SEMARNAT-1993, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible, publicado en Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003, o con las normas oficiales mexicanas que las sustituyan, referidas en el apartado 2 de esta Norma Oficial Mexicana, anteriormente mencionado, concluirá satisfactoriamente la fase 2540.

5.4.4.1 Si esta condición no se cumple, al siguiente segundo se deberá calcular un nuevo promedio aritmético móvil considerando las lecturas de los últimos 10 segundos. Esta acción se continuará realizando hasta que se alcancen valores que cumplan con los límites máximos permisibles establecidos en el ACUERDO por el que se modifican los límites establecidos en las tablas 3 y 4 de los numerales 4.2.1 y 4.2.2 de la Norma Oficial Mexicana

NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2011 o, según proceda con las tablas 3 y 4 del numeral 5.3 de la NOM-050-SEMARNAT-1993, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible, publicado en Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003, o con las normas oficiales mexicanas que las sustituyan, referidas en el apartado 2 de esta Norma Oficial Mexicana; hasta que se alcancen los 60 segundos.

$$\text{Promedio aritmético} = \sum_{t=22}^{t=31} \frac{Xt}{N}$$

Segundo promedio aritmético = Suma de valores de las mediciones obtenidas del segundo 22 al segundo 31 entre N (en este caso diez).

$$\text{Promedio aritmético} = \sum_{t=51}^{t=60} \frac{Xt}{N}$$

Último promedio aritmético = Suma de valores de las mediciones obtenidas del segundo 51 al 60 entre N (en este caso diez).

5.4.5 Si al llegar a los 60 segundos de la fase, el promedio aritmético de cada uno de los gases, del valor del factor de Lambda o del factor de dilución no cumplen con los límites establecidos en el ACUERDO por el que se modifican los límites establecidos en las tablas 3 y 4 de los numerales 4.2.1 y 4.2.2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2011 o, según proceda con las tablas 3 y 4 del numeral 5.3 de la NOM-050-SEMARNAT-1993, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible, publicado en Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003, o con las normas oficiales mexicanas que las sustituyan, referidas en el apartado 2 de esta Norma Oficial Mexicana; se concluirá la fase 2540 considerándose como no aprobada.

5.4.5.1 Se deberá registrar como resultado de la fase 2540 el resultado del último promedio aritmético de los gases, del valor del factor de Lambda y del factor de dilución.

#### 5.5 Análisis de resultados.

5.5.1 El vehículo automotor será aprobado solamente si cumple con la revisión de componentes del mismo y aprueba las tres etapas del método dinámico establecidas en los numerales 4.2.3.9, 5.2.5 y 5.2.6. Se deberá entregar un comprobante de resultado al finalizar la prueba.

5.5.2 En caso que el vehículo automotor no sea aprobado, el equipo deberá generar un comprobante en el cual se deberá especificar la etapa o etapas en las que el vehículo automotor no aprobó; y en su caso, las emisiones registradas del mismo.

#### 6. Método estático

Consiste en un método de medición de los gases (HC, CO, CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>) en el escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motores que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos estando el vehículo estacionado.

Este método se debe utilizar para los vehículos que sean definidos por su fabricante como inoperables en el dinamómetro. Consiste en tres etapas:

- Revisión visual de humo.
- Prueba de marcha crucero.
- Prueba de marcha lenta en vacío.

6.1 Capturar en el equipo de verificación de emisiones vehiculares la marca, la submarca, el año modelo, la clasificación del vehículo y el tipo de carrocería del vehículo automotor.

6.1.1 Revisar que los accesorios del vehículo estén apagados, lo cual incluye las luces, el aire acondicionado, el desempañador del parabrisas y el radio. En el caso de los vehículos automotores que por diseño siempre tienen las luces prendidas, la prueba se deberá realizar con las luces encendidas.

6.2 En el caso de transmisiones automáticas, el selector se deberá colocar en posición de estacionamiento o neutral, y en el caso de transmisiones manuales o semiautomáticas, dicho selector deberá colocarse en neutral y sin presionar el pedal del embrague.

6.3 Fase de revisión de componentes del vehículo automotor.

6.4 Se deberá realizar una revisión de la existencia y, en su caso, operación de los siguientes dispositivos:

6.4.1 Sistema de escape. Se deberá revisar que no existan fugas en el sistema de escape.

6.4.2 Tapón del dispositivo de aceite. Se deberá revisar la existencia de este elemento.

6.4.3 Tapón de combustible. Se deberá revisar la existencia de este elemento.

6.4.4 Bayoneta de medición del nivel de aceite en el cárter. Se deberá revisar la existencia de este elemento.

6.4.5 Fuga de fluidos. Se deberá revisar que no exista fuga de aceite de motor, aceite de transmisión o de líquido refrigerante.

6.4.6 La prueba de emisiones vehiculares se dará por concluida y se deberá entregar un comprobante de resultado de rechazo de la prueba si se detecta la inexistencia o la falla de los elementos establecidos en los apartados 6.4.1 al 6.4.5;

6.4.7 En caso que todos los componentes revisados en los apartados 6.4.1 al 6.4.6 estén correctos, realizar un acondicionamiento del motor acelerándolo a  $2\ 500 \pm 250$  RPM y mantener la aceleración por cuatro minutos. Este acondicionamiento del motor no será necesario si el vehículo presenta una temperatura normal de operación.

6.5 Revisión Electrónica del Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD): Con el vehículo apagado, conectar el dispositivo de exploración electrónica a través del conector de diagnóstico, encender el vehículo y registrar los códigos de falla y continuar con la evaluación de emisiones.

6.5.1 Revisar que los dispositivos indicados en el numeral 4.2.4.1 del presente instrumento se encuentren en buen estado, a través de la lectura de los códigos de falla presentes en el sistema OBD.

6.5.2 Revisar que la luz indicadora de falla (MIL):

Colocar la llave de encendido en posición de accesorios (interruptor abierto), cerciorarse que la luz indicadora de falla MIL enciende de manera continua o intermitente durante 10 segundos, en caso de que no se apague o no encienda registrar el resultado de esta revisión visual.

6.5.3 Revisión Electrónica del Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD):

Con el vehículo apagado, conectar el dispositivo de exploración electrónica a través del conector de diagnóstico, encender el vehículo y registrar los códigos de falla y continuar con la evaluación de emisiones.

6.6 Fase de revisión visual de humo.

6.6.1 Conectar alguno de los tacómetros del equipo de verificación para registrar las RPM del vehículo automotor.

6.6.2 Efectuar una aceleración a  $2\ 500 \pm 250$  RPM y mantenerla por un mínimo de 30 segundos.

6.6.3 Si se observa emisión de humo negro o azul y éste se presenta de manera constante por más de 10 segundos, no se debe continuar con el método de medición y deberá extenderse el certificado de rechazo especificando esta causa.

6.7 Etapa de marcha crucero.

6.7.1 Mantener conectado el tacómetro del equipo al vehículo automotor.

6.7.2 Introducir la sonda de muestreo de gas al escape del vehículo automotor a una profundidad mínima de 25 centímetros. Si el diseño del escape del vehículo no permite que sea insertado a esta profundidad, se requiere el uso de una extensión al escape.



6.7.3 En el caso de aquellos vehículos con más de un escape, siendo éstos funcionalmente independientes, es obligatorio usar sondas múltiples para el muestreo de todos los escapes de forma simultánea.

6.7.4 Acelerar el motor del vehículo hasta alcanzar una velocidad de  $2\ 500 \pm 250$  RPM, y mantenerla por un mínimo de 30 segundos.

6.7.5 Después de 25 segundos consecutivos bajo estas condiciones de operación, el equipo debe determinar la lectura promedio de los gases de escape y de la dilución, utilizando las lecturas de los gases de escape registradas en los 26, 27, 28, 29 y 30 segundos.

6.7.6 El equipo deberá registrar el valor promedio de los gases de escape.

6.8 Etapa de marcha lenta en vacío.

6.8.1 Quitar el pie del acelerador y permitir que el motor se estabilice en las RPM correspondientes a su marcha lenta en vacío, la cuales deberán estar comprendidas entre 350 y 1 100 RPM.

6.8.2 Mantener el vehículo en marcha lenta en vacío, un mínimo de 30 segundos. Posterior a los 25 segundos consecutivos bajo estas condiciones de operación, el equipo debe determinar la lectura promedio de los gases de escape y del factor de dilución, utilizando las lecturas de los gases de escape registradas en los 26, 27, 28, 29 y 30 segundos.

6.8.3 El equipo deberá registrar el valor promedio de los gases de escape.

6.9 Análisis de resultados.

6.9.1 Si el vehículo es aprobado, el equipo deberá generar un comprobante de resultados en que se mencione que ninguno de los valores promedio registrados en las lecturas de las fases en marcha en cruce o en marcha lenta en vacío no rebasa el límite máximo permisible especificado en el numeral 4.1.1 y 4.1.2 (Tabla 1 y Tabla 2) Método Estático de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006 o, según proceda con las Tablas 1 y 2 del numeral 5.1 de la NOM-050-SEMARNAT-1993, Que establece los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos como combustible, publicado en Diario Oficial de la Federación el 23 de abril de 2003, o con las normas oficiales mexicanas que las sustituyan, referidas en el apartado 2 de esta Norma Oficial Mexicana. Siempre y cuando hubiese aprobado la fase de revisión de componentes del vehículo y de revisión visual de humo, establecidos en los numerales 6.5.1 y 6.6.3 de la presente Norma Oficial Mexicana.

6.9.2 Si el vehículo es rechazado, el equipo deberá generar un comprobante, el cual, deberá presentar el motivo por el cual el vehículo automotor no aprobó.

## 7. Registro de datos

Los datos mínimos requeridos son:

<b>Datos del Centro de Verificación. Descripción</b>	<b>Formato</b>	<b>Caracteres</b>
No. de folio del certificado	N	8
Entidad Federativa del Centro (según INEGI) o Unidad de Verificación Vehicular	N	2
No. Centro o Unidad de Verificación Vehicular	N	4
Fecha de la prueba	F	8
Hora de la prueba	A	5
Tipo de verificación	A	1

<b>Datos del propietario del vehículo</b>	<b>Formato</b>	<b>Caracteres</b>
<b>Descripción</b>		
Nombre o Razón Social	A	25
Domicilio (opcional)	A	25
Colonia	A	15
Ciudad	A	10
Código Postal	N	5
Delegación o municipio	N	3
Estado	N	2

<b>Datos del vehículo</b>	<b>Formato</b>	<b>Caracteres</b>
<b>Descripción</b>		
No. de tarjeta de circulación	A	20
Lectura del odómetro (km)	N	7
Año modelo del vehículo	N	2
Placas	A	7
Clase	N	2
Tipo de combustible	N	1
Marca	N	3
Submarca	S	8
Número de identificación vehicular	A	17
Tipo de servicio	N	2
Número de cilindros	N	1
Tipo de carrocería	N	1

<b>Datos de la Prueba</b>	<b>Descripción</b>	<b>Formato</b>	<b>Caracteres</b>
	Método de Prueba	A	4
	HC Marcha lenta en vacío o PAS 5024	N	4
	CO Marcha lenta en vacío o PAS 5024	N	7 (2decimales)
	CO <sub>2</sub> Marcha lenta en vacío o PAS 5024	N	6 (1 decimal)
	O <sub>2</sub> Marcha lenta en vacío o PAS 5024	N	6 (1 decimal)
	NO <sub>x</sub> Marcha lenta en vacío o PAS 5024	N	4 (2 decimales)
	Valor del factor Lambda 5024	N	4 (2 decimales)
	RPM Marcha lenta en vacío o PAS 5024	N	4
	K.P.H. PAS 5024	N	4
	T.H.P. Marcha lenta en vacío o PAS 5024	N	6 (1 decimal)
	FCDIL Marcha lenta en vacío o PAS 5024	N	7 (2 decimales)
	FCNOX Marcha lenta en vacío o PAS 5024	N	8 (3 decimales)
	HC Marcha crucero o PAS 2540	N	4
	CO Marcha crucero o PAS 2540	N	7 (2 decimales)
	CO <sub>2</sub> Marcha crucero o PAS 2540	N	6 (1 decimales)
	O <sub>2</sub> Marcha crucero o PAS 2540	N	6 (1 decimales)
	NO <sub>x</sub> Marcha crucero o PAS 2540	N	4
	Valor del factor Lambda 2540	N	4 (2 decimales)
	RPM Marcha crucero o PAS 2540	N	4
	K.P.H. Marcha crucero o PAS 2540	N	4
	T.H.P. Marcha crucero o PAS 2540	N	6 (1 decimales)
	FCDIL Marcha crucero o PAS 2540	N	7 (2 decimales)
	FCNOX Marcha crucero o PAS 2540	N 8	(3 decimales)

<b>Resultados de la verificación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Formato</b>	<b>Caracteres</b>
	Emissiones por el escape (Aprobado, No aprobado)	A	1
	Sellado del tapón (Aprobado, No aprobado)	A	1

El equipo de verificación de las emisiones debe cumplir con las siguientes especificaciones:

8.1 Gases a analizar.

8.1.1 Gases a analizar

El analizador utilizado debe determinar la concentración de HC (base hexano), CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> medidos como NO, en los gases provenientes del escape del vehículo.

8.1.2 El principio de medición para HC, CO y CO<sub>2</sub> debe ser mediante luz de rayos infrarrojos no dispersivos, el NO<sub>x</sub> mediante celda electroquímica o luz ultravioleta no dispersiva y el O<sub>2</sub> mediante celda electroquímica.

8.2 Escala de medición.

El analizador deberá cumplir con los intervalos de operación y requerimientos de exactitud contenidos en la Tabla 3.

El ruido absoluto máximo se define como la diferencia promedio de las lecturas obtenidas de pico a pico a una sola fuente durante 20 segundos.

$$Ruido = \frac{\sqrt{\sum (xi - x)^2}}{n}$$

En donde:

Xi= lectura (L) del conjunto de lecturas.

x = el promedio aritmético del conjunto de lecturas.

n = el número total de lecturas.

**Tabla 3- Intervalos de operación y requerimientos de exactitud de los analizadores**

Parámetro	Intervalo	Unidad	Exactitud (absoluto)	Ruido absoluto máximo
HC	0 -400	µmol/mol (*ppmh)	12	6
HC	401-1 000	µmol/mol (ppmh)	30	10
HC	1 001-2 000	µmol/mol (ppmh)	80	20
CO	0 - 2.0	cmol/mol (%)	0.06	0.02
CO	2.01 - 5.0	cmol/mol (%)	0.15	0.06
CO	5.01 - 9.99	cmol/mol (%)	0.40	0.10
CO <sub>2</sub>	0 - 4.0	cmol/mol (%)	0.6	0.20
CO <sub>2</sub>	4.1 - 14.0	cmol/mol (%)	0.5	0.20
CO <sub>2</sub>	14.1 - 16.0	cmol/mol (%)	0.6	0.20
O <sub>2</sub>	0 - 10.0	cmol/mol (%)	0.2	0.30
O <sub>2</sub>	10.1 - 25.0	cmol/mol (%)	0.7	0.60
NO <sub>x</sub>	0 - 1 000	µmol/mol (ppm)	32	16
NO <sub>x</sub>	1 001 -2 000	µmol/mol (ppm)	60	25
NO <sub>x</sub>	2 001 -4 000	µmol/mol (ppm)	120	50

### 8.3 Resolución del analizador.

Para una carga de camino de 0.1 caballos de potencia al freno que permita, un régimen de giro del motor de 1 revolución por minuto, la escala debe ser de 1  $\mu\text{mol/mol}$  (micro mol sobre mol) o ppm (partes por millón), de acuerdo a lo señalado en la NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida (publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002) o la que la sustituya, en los casos de HC y NO<sub>x</sub>; de 0.01  $\text{cmol/mol}$  (centimol sobre mol) o % (por ciento) para el CO; y de 0.1  $\text{cmol/mol}$  o % en el caso del CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.

### 8.4 Repetibilidad del analizador.

8.4.1 Caracteriza la habilidad del equipo de verificación para dar lecturas consistentemente similares, cuando se mide repetidamente un mismo gas de concentración conocida.

8.4.2 En las pruebas de repetibilidad la diferencia de las lecturas tiene una tolerancia de  $\pm 3\%$ .

### 8.5 Tiempo de respuesta del analizador.

8.5.1 El tiempo de respuesta desde la sonda hasta la exhibición en la pantalla de una lectura de HC, CO o CO<sub>2</sub>, no puede exceder de 25 segundos a 90% de la lectura esperada, ni exceder de 30 segundos a 95% de la lectura esperada.

8.5.2 Para los analizadores de NO<sub>x</sub> y O<sub>2</sub> el tiempo de respuesta no debe exceder de 35 segundos a 90% de la lectura esperada, ni exceder de 45 segundos a 95% de la misma.

8.5.3 Para NO<sub>x</sub> el tiempo de recuperación de la respuesta desde una lectura estable hasta un 10% del valor de esta lectura, no debe exceder los 30 segundos.

8.5.4 El tiempo de respuesta para O<sub>2</sub>, desde una lectura estabilizada de 19.5% a 0.1% no debe exceder de 40 segundos.

8.5.5 El tiempo de respuesta para O<sub>2</sub>, desde un valor de cero a 19.5% de lectura estabilizada, no debe exceder 45 segundos desde la sonda de verificación.

### 8.6 Efectos de interferencia en la medición de gases.

Los analizadores utilizados en la prueba dinámica para los efectos de la interferencia de los gases de no interés, no deberán exceder  $\pm 4 \mu\text{mol/mol}$  (ppmh) para HC,  $\pm 0.02 \text{ cmol/mol}$  (%) para el CO,  $\pm 0.2 \text{ cmol/mol}$  (%) para el CO<sub>2</sub> y  $\pm 20 \mu\text{mol/mol}$  (ppm) para NO<sub>x</sub>.

### 8.7 Tiempo de calentamiento del analizador.

Deberá alcanzar la estabilidad en la medición desde una temperatura de 2 grados Celsius, de las concentraciones de HC, CO, CO<sub>2</sub>, NO y O<sub>2</sub> en un tiempo de 30 minutos, en caso de no lograr la estabilidad, el analizador deberá permanecer bloqueado para realizar pruebas de verificación de emisiones hasta en tanto no se alcance la misma.

### 8.8 Características del equipo.

8.8.1 Contar con una placa permanente de identificación grabada y colocada por el fabricante en la parte exterior del mismo, en la que se precise: Nombre y dirección del fabricante, modelo y números de serie de los módulos que lo componen, requerimientos de energía eléctrica y límites de voltaje de operación.

8.8.2 Sus controles deben ser accesibles a los operadores.

8.8.3 Debe estar diseñado para soportar un servicio continuo de trabajo mínimo de 16 horas por día.

8.8.4 El analizador, incluyendo todo el software y equipo dentro del gabinete y fuera del mismo, debe cumplir con las especificaciones de comportamiento descritas en esta Norma Oficial Mexicana, en las temperaturas ambientales desde 5 grados Celsius, a 40 grados Celsius y con una humedad relativa (w) hasta con el 95%.

En el caso de que las condiciones meteorológicas locales sean extremas se deberán realizar los ajustes para que los equipos funcionen adecuadamente o en su defecto hacer las adecuaciones en las instalaciones de verificación que permitan a los equipos operar en dichas condiciones meteorológicas.

8.8.5 El llenado de los gases de escape se hace con una bomba de toma de muestra, la presión de ésta no debe ser superior en 1500 Pa (15 milibares) de la presión ambiente, y la presión de los gases que se usan para la comprobación de la calibración diaria no debe diferir de la presión de la bomba en 400 Pa (4 milibares).

Para el efecto de la presión atmosférica sobre la muestra, debe proveer de compensación barométrica. La compensación debe funcionar para presiones barométricas desde 666.61 hPa (hectopascuales) o 500 mmHg

(milímetros de mercurio) hasta 1066.58 hPa o 800 mmHg. A una altitud y temperatura dadas, las lecturas del analizador, no deben verse afectadas por variaciones en la presión barométrica de  $\pm 66.66$  hPa o 50 mmHg.

Ser hermético en todas sus conexiones.

8.8.7 Las lecturas del analizador, no deben ser afectadas por variaciones de voltaje nominal de  $\pm 10\%$ .

8.8.8 Los aditamentos internos que estén en contacto con el gas de muestra deben ser resistentes a la corrosión y contar con dispositivos o trampas para la eliminación o disminución de partículas y agua, a fin de evitar modificaciones que afecten el análisis de gases. El recipiente para eliminar el agua debe ser de material transparente, con posibilidades de drenado y que pueda desmontarse fácilmente para su limpieza.

8.8.9 Los aditamentos externos consisten en:

8.8.9.1 Una sonda diseñada de modo tal que la punta se extienda un mínimo de 40 centímetros que incorpore medios positivos de retención para evitar que se salga del escape cuando esté en uso, y

8.8.9.1.1 Una línea flexible de muestreo con una longitud máxima de 7.60 m (metros), la manguera para una sonda auxiliar debe contar con la misma medida, tomada desde la conexión al gabinete hasta su conexión a la sonda.

8.8.10 Las autoridades locales podrán establecer especificaciones adicionales para el analizador, con el objeto de mejorar la confiabilidad de los resultados y la seguridad en el manejo de los comprobantes y calcomanías en su caso.

8.9 Calibración de rutina del analizador.

Se realizará un ajuste del equipo de verificación conforme a lo siguiente:

8.9.1 Revisión de fugas:

8.9.1.1 El equipo debe efectuar automáticamente una revisión de fugas del sistema de muestreo cada 24 horas y se utilizará el método de caída de presión en ambas puntas.

8.9.1.2 Sin un resultado satisfactorio en la prueba de fugas, el equipo no podrá ser utilizado para verificar las emisiones de vehículos automotores.

8.9.2 Comprobación del cero.

8.9.2.1 El analizador debe efectuar una comprobación del cero para HC, CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> y para O<sub>2</sub> debe comprobar que tenga un valor de 21, con un error de  $\pm 0.5$ .

8.9.2.2 Esta operación permite asegurar que el analizador pueda iniciar una próxima prueba de verificación vehicular independiente de la que precede. En caso de que no se cumpla con este requisito de residuales después del tercer intento, el equipo de medición deberá quedar bloqueado para realizar pruebas de verificación.

8.9.2.3 El equipo debe quedar bloqueado prohibiendo su uso para pruebas de verificación vehicular hasta que el aire ambiente muestreado vía sonda tenga menos de 15  $\mu\text{mol/mol}$  (ppm) de HC, 0.02  $\text{cmol/mol}$  (%) de CO y 25  $\mu\text{mol/mol}$  (ppm) de NO<sub>x</sub>; y la diferencia entre las lecturas del aire ambiente muestreado vía sonda y el aire ambiente muestreado vía el puerto de calibración de aire tenga menos de 7  $\mu\text{mol/mol}$  (ppm) de HC.

8.9.2.4 En caso de no cumplir con las condiciones anteriores, se deberá realizar una limpieza del equipo utilizando un generador de aire o aire sintético, con el fin de eliminar los residuos del sistema para poder realizar el ajuste a cero.

8.9.2.5 El ajuste a cero de los componentes HC, CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, así como la calibración del sensor de O<sub>2</sub> se deberá realizar con un gas patrón de referencia de acuerdo a lo especificado en la Tabla 4.

Tabla 4- Especificaciones del gas patrón de referencia del aire cero

Parámetro	Especificación
O <sub>2</sub>	21.0 $\text{cmol/mol} \pm 0.5 \text{ cmol/mol}$ (%) <sup>(1)</sup>
HC (Metano)	< 1 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
CO	< 1 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
CO <sub>2</sub>	< 200 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
NO <sub>x</sub>	< 1 $\mu\text{mol/mol}$ (ppm)
N <sub>2</sub>	Balance

(1) El valor de  $\pm 0.5 \text{ cmol/mol}$  es una tolerancia de preparación del aire cero.

### 8.9.3 Calibración.

8.9.3.1 Se debe efectuar automáticamente un ajuste del equipo de verificación con el gas patrón de referencia de intervalo para calibración rutinaria de los parámetros de HC, CO, CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> cada 24 horas; y realizar un ajuste a cero para el O<sub>2</sub> con el gas patrón de referencia del aire cero.

8.9.3.2 La calibración con el gas patrón de referencia rutinaria de la Tabla 5 debe comprobar que el equipo analizador cumple con las especificaciones de exactitud y que su curva está dentro de los límites, y establece una relación entre los valores de los patrones, y las correspondientes indicaciones/respuestas del equipo dentro del límite permisible de tolerancia. Lo anterior, proporcionará al equipo de verificación las indicaciones prescritas correspondientes.

8.9.3.3 Si no se cumplen los límites máximos permisibles en la calibración con los gases patrón de referencia para la calibración rutinaria, el equipo no aprueba la calibración y no podrá ser utilizado para verificar las emisiones de los vehículos automotores.

8.9.3.4 Todos los gases patrón de referencia que se utilicen para la calibración de los equipos de verificación, deberán ser trazables en la magnitud fracción de cantidad de sustancia al Sistema Internacional de Unidades, a través de los patrones nacionales, con el objeto de establecer la confiabilidad y comparabilidad de las mediciones.

8.9.3.5 El valor de referencia de estos gases patrón deberá encontrarse dentro del  $\pm 2\%$  del valor requerido para cada componente (Tabla 5), y con una incertidumbre expandida menor o igual al 2%, expresada con un nivel de confianza al 95%.

Cuando se requiera verificar qué equipos importados o nacionales funcionen en las condiciones ambientales y con las exigencias operativas en México, se debe realizar una comprobación del cumplimiento de los intervalos de operación y requerimientos de exactitud de los analizadores descritos en la Tabla 3; ésta a través de mediciones realizadas a solicitud del interesado en un laboratorio de prueba tal como lo considera la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, vigentes.

- 1.9.3.6 La calibración de HC, es realizada en base propano por lo que es necesario utilizar el factor de conversión FEP (Factor de Equivalencia del Propano/Hexano) proporcionado por el fabricante del analizador, para expresar la lectura en base a hexano.

**Tabla 5-Gases patrón de referencia de intervalo para calibración rutinaria.**

Parámetro	Especificación	
	A	B
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	80 $\mu\text{mol/mol}$	900 $\mu\text{mol/mol}$
CO	0.3 $\text{cmol/mol}$	3.5 $\text{cmol/mol}$
CO <sub>2</sub>	7.0 $\text{cmol/mol}$	16.0 $\text{cmol/mol}$
NO	300 $\mu\text{mol/mol}$	3 000 $\mu\text{mol/mol}$
N <sub>2</sub>	Balance	Balance

### 8.10 Verificación de la calibración del analizador.

La verificación de la calibración del analizador deberá realizarse cada tres meses en condiciones normales de operación, por un laboratorio de calibración, debidamente aprobado y acreditado en los términos que marca la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, independientemente de que se realice cada vez que haya sido sometido a mantenimiento o reparación.

8.10.1 Se deben introducir los gases patrón de referencia de intervalos señalados en la Tabla 6, a través de la sonda, a una presión de 400 a 900 pascales (3.0 a 6.75 mmHg) mayor que la atmosférica. Cuando la respuesta del analizador se ha estabilizado, imprimir los resultados junto con los datos del día y la hora, del Centro o Unidad de Verificación Vehicular y de la línea de verificación, así como del FEP (Factor de Equivalencia del Propano/Hexano) del óptico en cuestión.

8.10.2 El valor de referencia de estos gases patrón deberá encontrarse dentro del  $\pm 1\%$  del valor requerido para cada componente (Tabla 6) y con una incertidumbre expandida menor o igual al 1.5%, expresada con un nivel de confianza al 95%.

**Tabla 6-Gases patrón de referencia de intervalo para comprobación de la calibración.**

Parámetro	Especificación			
	Bajo	Medio Bajo	Medio Alto	Alto
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	80 µmol/mol	300 µmol/mol	600 µmol/mol	900 µmol/mol
CO	0.3 cmol/mol	1.0 cmol/mol	2 cmol/mol	3.5 cmol/mol
CO <sub>2</sub>	7.0 cmol/mol	10.0 cmol/mol	14.0 cmol/mol	16.0 cmol/mol
NO	300 µmol/mol	1 000 µmol/mol	1 800 µmol/mol	3 000 µmol/mol
N <sub>2</sub>	Balance	Balance	Balance	Balance

8.10.3 Se deben realizar tres mediciones con cada gas patrón de Referencia y comparar las lecturas de cada componente con los valores del gas patrón utilizando la siguiente relación:

$$A\% = \frac{\text{Lectura promedio} - \text{valor del gas patrón de referencia}}{\text{Valor del gas patrón de referencia}} 100$$

$$A\% = \text{Tolerancia en \%}$$

8.10.3.1 Para los HC, se debe determinar (A%) después de haber dividido la lectura de los HC, por su factor FEP, proporcionado por el fabricante del analizador.

8.10.3.2 El valor máximo permisible de A% para considerar al equipo dentro de la tolerancia, debe ser de ± 8% para la prueba dinámica y para la prueba estática en todos los parámetros.

8.10.4 Para equipos analizadores utilizados para la prueba estática, se deben utilizar los gases especificados en las Tablas 4, 5 y 6, para su calibración rutinaria, ajuste a cero y verificar su calibración respectivamente.

#### 8.11 Especificaciones de los gases patrón de referencia.

8.11.1 Las mezclas de gases patrón de referencia empleadas en la presente Norma Oficial Mexicana, deberán cumplir con las características establecidas en las Tablas 4, 5 y 6 para cada aplicación, además de contar con la carta de trazabilidad otorgada por un laboratorio aprobado y acreditado para demostrar su trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades, a través de patrones nacionales, de conformidad a los acuerdos de reconocimiento mutuos vigentes. Del mismo modo, cada mezcla tendrá un informe de medición que permita identificar el número de Material de Referencia Certificado (MRC) y Material de Referencia Primario (MRP) su lote y número de cilindro en su caso, además de todos los MRC usados en la medición de cada gas patrón de referencia, que permita identificar su trazabilidad. Los Centros y Unidades de Verificación deberán conservar los originales de tales informes de medición.

Tratándose de aire cero proveniente de generadores éste deberá cumplir con las especificaciones de la Tabla 4 y sus atributos metroológicos señalados.

8.11.2 Los gases patrón de referencia deberán ser medidos de conformidad con el "Protocolo de Medición para Mezclas de Gases Patrón de Referencia" para la asignación del valor de referencia y la estimación de la incertidumbre, reconocido por el Centro Nacional de Metrología (CENAM).

#### 8.12 Especificaciones del tacómetro.

8.12.1 El equipo debe de determinar RPM, sin la intervención del técnico con un sensor para cable de bujía o un sensor de no contacto.

8.12.2 El tacómetro debe tener la capacidad de medir la velocidad angular del motor expresada en RPM con una precisión de ± 3% y con un tiempo de respuesta de un segundo.

8.12.3 En su caso, se pueden tomar las RPM del OBD.

#### 8.13 Ajuste por condiciones atmosféricas.

El equipo debe tener los factores de ajuste en sus lecturas por humedad relativa, presión y temperatura atmosféricas y para ello deberá de contar con los sensores que segundo a segundo le proporcionen las variaciones locales de estos factores, como son higrómetro y termómetro.

Para pruebas de verificación bajo protocolo dinámico, de detectarse cambios bruscos (diferencias de más de 50% entre ellas), en su medición de humedad o temperatura, de una lectura a otra, se deberá bloquear el funcionamiento del equipo de verificación hasta en tanto no se estabilicen sus lecturas.

#### 8.14 Especificaciones del dinamómetro.

8.14.1 Tendrá los rodillos necesarios para soportar las ruedas motrices de los vehículos que serán examinados y permitir su rotación continua. La potencia generada por el motor del vehículo que pasa a los rodillos a través de las llantas, deberá ser transmitida a un aparato de absorción de energía. Las características físicas del diseño de la unidad de absorción de energía deben permitir variar y controlar la carga aplicada al motor.

8.14.2 El marco y los conjuntos de rodillos deberán estar controlados al nivel del piso, de forma tal que permitan que los vehículos de cualquier marca sean colocados fácilmente y los frenos de los rodillos permitan una entrada y salida rápida de los vehículos al dinamómetro. El diseño del dinamómetro debe permitir la prueba segura de todos los vehículos.

#### 8.14.3 Capacidades del dinamómetro:

8.14.3.1 La capacidad de carga de los rodillos debe soportar un peso mínimo de 3 500 kilogramos en el eje durante la prueba funcional de verificación.

8.14.3.2 Cada rodillo debe tener un diámetro de 21.082 centímetros (8.3 pulgadas),  $\pm 0.762$  centímetros (0.3 pulgadas).

8.14.3.3 La distancia entre los ejes de un par de rodillos debe conformarse con la siguiente expresión:

$$\text{Distancia entre ejes} = (61.913 + D) * \text{Sen (función Seno)} 31.62^\circ.$$

Donde: D = Diámetro del rodillo en centímetros.

8.14.3.4 Los rodillos deben alojar vehículos con una separación mínima interior entre los neumáticos de 86 centímetros y una distancia máxima entre las caras exteriores de los neumáticos de 250 centímetros.

8.14.3.5 La inercia total rotativa del dinamómetro debe ser al menos de 907.18 kilogramos (2 000 libras) con una tolerancia de  $\pm 18.14$  kilogramos (40 libras).

8.14.3.6 Debe tener la capacidad de absorber 19 kw (kilowatts) a cualquier velocidad que sea superior a 22 km/h de forma continua en pruebas con una duración de 5 minutos con 30 segundos de reposo entre prueba y prueba.

8.14.3.7 Debe permitir la realización de pruebas a cualquier velocidad comprendida entre 0 y 100 km/h.

8.14.3.8 La temperatura de trabajo del dinamómetro no debe exceder los 90 grados Celsius.

8.14.3.9 Incertidumbre de medición del dinamómetro.

8.14.3.10 La unidad de absorción de potencia debe ajustar la potencia absorbida en incrementos de 0.1 kw. La incertidumbre de la medición en el sistema total debe ser inferior a  $\pm 0.186$  kw o  $\pm 2\%$  de la carga requerida, lo que resulte mayor. Para auditorías en campo, el límite para aprobación es  $\pm 0.37$  kw.

8.14.3.10.1 El error por simulación de inercia debe ser menor o igual 1% para velocidades entre 15 km/h y 100 km/h.

8.14.3.10.2 La medición de la velocidad debe contar con una incertidumbre inferior a 0.1 km/h.

8.14.3.10.3 La resolución de la señal debe cumplir con los siguientes criterios:

Velocidad: 0.1 km/h.

Potencia al freno: 0.1 kw.

#### 8.15 Expresión de carga del dinamómetro.

La carga del dinamómetro durante una prueba depende de la siguiente expresión:

$$POTPOT = POTIND + PERPAR + RESROD$$

En donde:

POTPOT=potencia total en la prueba;

POTIND=potencia indicada al dinamómetro (valor establecido al dinamómetro);

PERPAR=pérdidas parásitas dentro del dinamómetro debido a fricciones, y

RESROD=resistencia al rodamiento entre el neumático y el rodillo.



El dinamómetro debe compensarse automáticamente por el término PERPAR.

Así mismo, se deben determinar para cada vehículo el valor adecuado de RESROD para asegurar que la potencia aplicada al motor cumple con lo especificado en la presente Norma Oficial Mexicana, en condiciones de temperatura ambiental.

#### 8.16 Calibración de rutina del dinamómetro.

##### 8.16.1 Calibración estática.

8.16.1.1 El dinamómetro debe requerir automáticamente una calibración estática cada 24 horas como máximo.

8.16.1.2 Para ello se utilizarán pesas de 68.1 kg (150 libras), auditadas cada año por un laboratorio aprobado y acreditado.

8.16.1.3 Sin un resultado satisfactorio en la calibración estática, el dinamómetro no podrá ser utilizado para verificar las emisiones en los vehículos automotores.

##### 8.16.2 Calibración dinámica.

8.16.2.1 El dinamómetro debe requerir automáticamente una calibración dinámica cada 30 días, o cuando no se apruebe la calibración estática. La cual debe realizarse conforme a las especificaciones del fabricante del dinamómetro.

8.16.2.2 Sin un resultado satisfactorio en la calibración dinámica el dinamómetro no podrá ser utilizado para verificar las emisiones de los vehículos automotores.

8.16.2.3 El instrumento deberá ser auditado cada seis meses por un laboratorio aprobado y acreditado conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Los valores de aprobación de la calibración estática y dinámica deben quedar registrados en la bitácora del instrumento.

#### 8.17 Especificaciones del Escáner del Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD).

8.17.1 Consiste en un escáner con un conector trapezoidal conocido por sus siglas como DLC que al conectarse al vehículo permite el autodiagnóstico y mediante la señal MIL permite registrar e identificar las fallas de operación de los componentes relacionados con las emisiones.

8.17.2 Debe contar con un programa y una configuración física que permita la comunicación con el equipo de verificación, compatible con diferentes versiones del mismo.

#### 8.18 Datos que los equipos deben registrar en la Tabla 7:

**Tabla 7- Datos que el equipo debe registrar.**

DESCRIPCIÓN DEL CAMPO	FORMATO	NÚMERO DE CARACTERES
Folio del comprobante.	Numérico	8
Entidad federativa del Centro o Unidad de Verificación Vehicular. (según INEGI)	Numérico	2
Número del Centro o Unidad de Verificación Vehicular. (asignado por cada programa de verificación)	Numérico	4
Fecha de la prueba.	Numérico	8
Hora de inicio de la prueba.	Alfanumérico	5
Tipo de verificación.	Alfanumérico	1
Nombre del propietario (opcional).	Alfanumérico	25
Domicilio.	Alfanumérico	25
Colonia.	Alfanumérico	15
Ciudad.	Alfanumérico	10
Código postal.	Numérico	5
Delegación o municipio.	Numérico	3
Estado.	Numérico	2
Número de tarjeta de circulación.	Alfanumérico	20
Lectura del odómetro.	Numérico	7
Modelo del vehículo.	Numérico	2
Placas.	Alfanumérico	7
Clase.	Numérico	2
Tipo de combustible.	Numérico	1

Marca. (catálogo)	Numérico	3
Submarca. (catálogo)	Alfanumérico	8
Número de serie.	Alfanumérico	17
Tipo de servicio.	Numérico	2
Número de cilindros.	Numérico	2
Cilindrada (cm3)	Numérico	4
Alimentación de combustible.	Numérico	1
Tipo de carrocería.	Numérico	1
Método	Alfanumérico	4
HC marcha lenta en vacío.	Numérico	4
CO marcha lenta en vacío.	Numérico	7
CO2 marcha lenta en vacío.	Numérico	6
O2 marcha lenta en vacío.	Numérico	6
NOx marcha lenta en vacío.	Numérico	4
RPM marcha lenta en vacío.	Numérico	4
HC marcha crucero.	Numérico	4
CO marcha crucero.	Numérico	7
CO2 marcha crucero.	Numérico	6
O2 marcha crucero.	Numérico	6
NOx marcha crucero.	Numérico	4
RPM marcha crucero.	Numérico	4
HC 5024 sin corregir y corregidos por dilución.	Numérico	4
CO 5024 sin corregir y corregidos por dilución.	Numérico	7
NOx 5024 sin corregir y corregidos por dilución y humedad.	Numérico	4
CO2 5024.	Numérico	6
O2 5024.	Numérico	6
Valor del factor Lambda 5024.	Numérico	6
Lectura de emisiones segundo a segundo.	Numérico	4
Carga 5024.	Numérico	4
Velocidad 5024.	Numérico	4
Factor de dilución 5024.	Numérico	4
Factor de corrección por humedad 5024.	Numérico	4
Temperatura 5024.	Numérico	4
Humedad 5024.	Numérico	4
Presión barométrica 5024.	Numérico	4
HC 2540 sin corregir y corregidos por dilución.	Numérico	4
CO 2540 sin corregir y corregidos por dilución.	Numérico	4
NOx 2540 sin corregir y corregidos por dilución y humedad.	Numérico	4
CO2 2540.	Numérico	4
O2 2540.	Numérico	4
CO + CO2 2540.	Numérico	4
Lambda 2540.	Numérico	4
Lectura de emisiones segundo a segundo.	Numérico	4
Carga 2540.	Numérico	4
Velocidad 2540.	Numérico	4
Factor de dilución 2540.	Numérico	4
Factor de corrección por humedad 2540.	Numérico	4
Temperatura 2540.	Numérico	4
Humedad 2540.	Numérico	4
Presión barométrica 2540.	Numérico	4
Calibración de analizadores.	Numérico	6
Auditoría de analizadores.	Numérico	6
Calibración de dinamómetro.	Numérico	7
Auditoría de dinamómetro.	Numérico	7
Interface y resultados del OBD.	Numérico	6

## 9. Procedimiento para la evaluación de la conformidad

### 9.1 Disposiciones Generales.

9.1.1 Los gobiernos estatales, municipales, del Distrito Federal y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes establecerán, en el ámbito de su competencia, los Programas de Verificación Vehicular Obligatorios en donde se definirán las características de operación de los mismos.

9.1.2 Los gobiernos estatales, del Distrito Federal y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, en el ámbito de sus respectivas competencias, operarán y/o autorizarán el funcionamiento de los Centros de Verificación y en su caso de las Unidades de Verificación Vehicular.

9.1.3 El propietario, el legal poseedor o el conductor del vehículo automotor materia de la presente Norma Oficial Mexicana, deberán presentarlos a evaluación de sus emisiones contaminantes en los Centros de Verificación y en su caso en las Unidades de Verificación Vehicular acreditadas y aprobadas, de acuerdo al calendario y con los documentos que establezca el Programa de Verificación Vehicular Obligatorio que le corresponda y que para tal efecto emita cada autoridad ambiental.

9.1.4 Los vehículos automotores usados sólo podrán ser importados de manera definitiva si cuentan con OBDII o sus equivalentes, EOBD y JOBD, los cuales no deberán tener encendida la luz indicadora de falla del motor (MIL) y demostrar con el certificado respectivo el cumplimiento del punto 4.2.4 de la presente norma oficial mexicana.

### 9.2 Del equipo de verificación de las emisiones.

9.2.1 La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y la Secretaría de Economía podrán evaluar el cumplimiento, con lo establecido en la presente Norma Oficial Mexicana, en el capítulo

9.2.2 Los gobiernos de los estados, el Gobierno del Distrito Federal y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes podrán autorizar el uso, en su programa, de equipos de medición para la verificación de las emisiones; siempre y cuando:

9.2.2.1 La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, y la Secretaría de Economía no hayan autorizado equipos de verificación de emisiones de la presente Norma Oficial Mexicana.

9.2.2.2 Requiera de elementos especiales, no contemplados en esta Norma Oficial Mexicana, para la operación de su Programa de Verificación Vehicular Obligatorio. Siempre que estos elementos no contravengan ninguna disposición establecida en esta Norma Oficial Mexicana.

9.2.2.3 Los equipos de medición para la verificación de las emisiones utilizados en los Centros o Unidades de Verificación Vehicular de emisiones provenientes de los vehículos en circulación, deberán estar calibrados con trazabilidad a los Patrones Nacionales con base a los numerales 8.9 al 8.17 de la presente Norma Oficial Mexicana.

### 9.3 De los Centros y Unidades de Verificación Vehicular.

9.3.1 En el caso de los centros operados por la autoridad, éstos deberán contar con el equipamiento que cumpla con lo dispuesto en esta Norma Oficial Mexicana; establecidos en el numeral 8 Especificaciones del Equipo.

9.3.2 Los centros autorizados y operados por particulares, deberán demostrar que cuentan con el equipamiento establecido en el Programa de Verificación Vehicular y que le permite cumplir con el capítulo 5 Método Dinámico y el capítulo 6 Método Estático de la presente Norma Oficial Mexicana.

9.3.3 Los centros autorizados y operados por particulares, que apliquen la presente Norma Oficial Mexicana, deberán adquirir la figura jurídica de Unidad de Verificación Vehicular en el plazo que establezca la Autoridad Competente que autorice, para lo cual deberá cumplir con lo que se establece en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

9.3.4 Las disposiciones anteriores se verán complementadas por las especificaciones establecidas por las autoridades Federales, estatales y del Gobierno del Distrito Federal correspondientes en sus Programas de Verificación Vehicular Obligatorios, que para tal efecto emitan.

### 9.4 De los Laboratorios de Calibración.

9.4.1 Los Laboratorios de Calibración, deberán contar con todos los requisitos establecidos para su aprobación y acreditación para el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, de acuerdo a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento.

9.4.2 Los Laboratorios de Calibración, deberán verificar las especificaciones que se establecen para el cumplimiento de los límites y niveles máximos permisibles de vehículos propulsados por gasolina, gas natural, gas licuado de petróleo y otros combustibles alternos contemplados en la NOM-041-SEMARNAT-2006 o la que la sustituya

y la NOM-050-SEMARNAT-1993 o la que la sustituya; así como el método de prueba, características del equipo y calibración del mismo, establecido en la presente Norma Oficial Mexicana.

## 10. Bibliografía

### Nacional

10.1 Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Diario Oficial de la Federación 1 junio 1992. Última Reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 9 de abril 2012.

10.2 Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera. Nuevo Reglamento publicado en el Diario Oficial de la Federación el 25 de noviembre de 1988. Texto Vigente. Última Reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de junio de 2004.

10.3 NMX-AA-023-1986, Protección al Ambiente.- Contaminación Atmosférica Terminología. (Declaratoria de vigencia publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986).

10.4 Publicación Técnica CNM-MMM-PT-003 - El Sistema Internacional de Unidades (SI). CENAM, Héctor Nava Jaimes y colaboradores, mayo 2001.

10.5 Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios, Cuantificación de los Beneficios en Salud por la Modificación a la NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, 2012.

10.6 Lacy Tamayo Rodolfo, 2008. Centro Internacional de Exposiciones México, D.F. Presentación de la Evaluación de la normativa NOM-041 y NOM-047.

10.7 Lezama, José Luis y Graizbord, Boris. Los Grandes Problemas de México. IV Medio Ambiente. 1a. Edición. México, D.F. El Colegio de México. 2010.

10.8 Secretaría de Medio Ambiente, GDF, Estimación de ozono asociado con la aplicación del Programa de Verificación Vehicular Obligatorio en la ZMVM, 2012; Dirección General de Prevención de la Contaminación Atmosférica.

### Internacional

10.9 Agencia de Protección Ambiental. EUA. Monitoreo de Aire Ambiente. Programa de Verificación del Protocolo Gas. AA-PGVP Plan de Implementación Abril/2010. (U.S.E.P.A. Ambient Air Monitoring Protocol Gas Verification Program Implementation Plan. AA-PGVP Implementation Plan April/2010).

10.10 Buro Internacional de Pesas y Medidas. (BIPM por sus siglas en inglés. Criterios para la Comparación de Bases de Datos). The BIPM key comparison database.

10.11 Código Federal de Regulaciones. Protección del Ambiente. CFR-40, Apartados 86 a 99, revisado el 1 de julio de 1997, Estados Unidos de América. (Code of Federal Regulations. Protection of Environment. 40, Parts 86 to 99, revised July 1, 1997, U.S.A).

10.12 Código de Regulaciones de California, Estados Unidos de Norteamérica. Título 16 Capítulo 33. (California Code of Regulations, United States of America. Title 16 Chapter 33).

10.13 ISO Estándares. Recomendación Internacional. Los instrumentos para medir las emisiones de escape de los vehículos. Parte 1: Requisitos metrológicos y técnicos 2: controles metrológicos y pruebas de rendimiento. Organización Internacional de Metrología Legal. OIML. R 99-1 & 2. Edición 2008. (E). (ISO. Standards International Recommendation. Instruments for measuring vehicle exhaust emissions. Part 1: Metrological and technical requirements Part 2: Metrological controls and performance tests. Organization of Legal Metrology. OIML R 99-1 & 2. Edition 2008 E).

10.14 Procedimientos y Especificaciones para la Certificación, para la Calibración y para la Auditoría de Gases. Usados en el Programa de Inspección Mantenimiento del Estado de California. Junio de 1997. Revisión B Julio 2004. (Specifications and Certification Procedures for Calibration and Audit Gases). Used in the California Emissions I/M Program - June 1997. Revisión B-July 2004).

10.15 Vocabulario Internacional de Metrología-Términos Asociados. Conceptos Generales y Básicos. Tercera Edición 2012. (International Vocabulary Metrology- Basic and General Concepts and Associate Terms. VIM, 3RD Edition JCGM 200:2012. 2008 version with minor corrections).

## 11. Concordancia con normas internacionales

Esta norma no coincide con ninguna Norma Internacional, por no existir Norma Internacional sobre el tema tratado.

## 12. Observancia de esta norma

12.1 La vigilancia general del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, le corresponde al Gobierno Federal a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el Gobierno del Distrito Federal, los gobiernos estatales y, en su caso, de los municipios, en el ámbito de sus respectivas atribuciones.

12.2 La vigilancia de la presente Norma Oficial Mexicana, en materia de instrumentos de verificación le corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Secretaría de Economía, a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a los gobiernos de los estados, el Distrito Federal y, en su caso, de los municipios, en el ámbito de sus respectivas atribuciones.

12.3 Las violaciones a la misma serán sancionadas en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y los demás ordenamientos jurídicos que resulten aplicables.

## TRANSITORIOS

PRIMERO. La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días naturales siguientes de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO. La presente Norma Oficial Mexicana cancela a la Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-1999, Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

TERCERO. Los estados que en la actualidad usen el método estático dispondrán de 1 año para implementar el método dinámico, a partir de la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana.

CUARTO. Los estados que inicien su Programa de Verificación Vehicular Obligatorio deberán hacerlo con el método dinámico; así como el estático en el caso de los vehículos que no pueden ser verificados en dinamómetro, a la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana.

QUINTO. Los Centros de Verificación y Unidades de Verificación, dispondrán de hasta 1 año para adoptar el uso del Sistema de Diagnóstico a Bordo (OBD) a partir de la entrada en vigor de la presente Norma.

SEXTO. Las autoridades competentes dispondrán de un plazo de 60 días naturales posteriores a la publicación de la presente Norma Oficial Mexicana, en el Diario Oficial de la Federación para establecer la implementación del "Protocolo de medición para mezclas de Gases Patrón de Referencia" de los gases utilizados en la verificación de la calibración de la presente Norma Oficial Mexicana.

SÉPTIMO. Las autoridades del Distrito Federal, estatales o municipales en el ámbito de sus atribuciones, publicarán en la gaceta local, que los centros autorizados y operados por particulares, que apliquen la presente Norma Oficial Mexicana, deberán adquirir la figura jurídica de Unidad de Verificación Vehicular acreditada y aprobada, en el plazo que establezca la Autoridad Competente que los haya autorizado, y no deberá exceder de 3 años a partir de la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana.

OCTAVO. Con fundamento en lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales revisará las especificaciones del equipo de medición y en su caso los métodos de prueba previstos en la presente Norma Oficial Mexicana en el momento en que se requiera mejorar su aplicación, o existan causas justificadas para modificar o adecuar algunas disposiciones contenidas en la misma.

NOVENO. El ACUERDO por el que se modifican los límites establecidos en las tablas 3 y 4 de los numerales 4.2.1 y 4.2.2 de la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de dos mil once quedará sin efectos una vez que la modificación de la misma entre en vigor.

México, D.F., a los dieciocho días del mes de agosto de dos mil catorce.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Cuauhtémoc Ochoa Fernández.- Rúbrica.

*NOM-041-SEMARNAT-2015*

**PODER EJECUTIVO****SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES**

**NORMA Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CUAUHTÉMOC OCHOA FERNÁNDEZ, Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5 fracciones V y XII, 6, 7 fracciones III y XIII, 8 fracciones III y XII, 9, 36 fracciones I y II, 37 Bis, 110, 111 fracción IX, 112 y 113 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7 fracción X y XIII de su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 38 fracción II, 40 fracciones X y XIII, 41, 43, 47 y 51 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 33 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, artículo 8, fracciones III y IV del Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y

**CONSIDERANDO**

Que con fecha 6 de marzo de 2007, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Que en el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, en lo relativo a la Meta Nacional denominada México Próspero, se plantea específicamente como Estrategia 4.4.3 Fortalecer la política de cambio climático y cuidado al medio ambiente para transitar hacia una economía competitiva, sustentable, resiliente y de bajo carbono, por lo que se hace necesario el ajuste constante o la actualización de los límites máximos permisibles de emisiones de gases provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Que la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece entre otras cosas, las bases para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar; definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación; la preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente, así como la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.

Que la calidad del aire en diversas ciudades de México, se ha deteriorado significativamente en las últimas décadas, debido a factores climatológicos, geográficos, procesos de urbanización, crecimiento poblacional, así como, a las actividades económicas desarrolladas por la población en general, ocasionado un incremento en la flota vehicular y un aumento en su registro de emisiones a la atmósfera. Los principales contaminantes generados por los automóviles son: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx) e hidrocarburos no quemados (HC).

Que el sector transporte en México es el responsable por casi la quinta parte (18%) de las emisiones de GEI que se emiten en el país, siendo uno de los mayores generadores de CO. Durante el año 2006 en el D.F., los automóviles particulares emitieron aproximadamente el 80% de los NOx y el 50% de las emisiones de CO.

Que la norma en su versión anterior posibilitó el control y registro de las emisiones de fuentes móviles, que sirvieron de base para los Programas de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO), cuya aplicación data de hace más de 30 años. Lo cual requiere su actualización considerando, que las fuentes móviles emisoras a la atmósfera (vehículos automotores) se han incrementado con una tasa de 7,7%, llegando alrededor de 30 millones de unidades, las cuales circulan a nivel nacional, siendo esta tasa superior al PIB  $\leq$  3,5% anual e incluso a la tasa de población nacional que es  $\leq$  2%.

Que la información disponible sobre la observancia de la norma en su versión anterior registra el 48% de cumplimiento ambiental, considerando que sólo 19 entidades operan el PVVO, en términos de la cantidad de vehículos verificados y aprobados con las normas respectivas, su desempeño es del 42,7%. En comparación, con el Sistema Urbano Nacional, en mega ciudades se tiene un cumplimiento del 100%; en grandes ciudades es del 62.5%, en ciudades intermedias es del 45% y en ciudades medias es del 46%, lo que refleja que hay entidades federativas que no han podido instrumentar total o parcialmente sus respectivos PVVO. Se han identificado 13 estados que después de 30 años, por diversas causas, no han logrado la consolidación de sus PVVO que les permita observar la normatividad vigente.

Que la norma en su versión publicada en el año 2007, establecía dos tipos de métodos de prueba; el Método Dinámico aplicable en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), y el Método Estático de aplicación en el resto del país, los cuales determinan los límites máximos permisibles de emisión de gases provenientes del escape del vehículo en circulación que usan gasolina como combustible.

Que la norma publicada en el año 2007, clasificaba a los vehículos automotores en uso particular y vehículos de pasajeros de la siguiente manera: Camiones Ligeros (CL1), Camiones Ligeros (CL2), Camiones Ligeros (CL3), Camiones Ligeros (CL4), Camión Mediano, Camión Pesado, Vehículo de Pasajeros y Vehículo de Usos Múltiples o Utilitario.

Que la norma publicada en el año 2007, establecía dentro del método estático para modelos 1993 y anteriores los siguientes valores de contaminantes criterio: HC de 300 a 450 ppm, CO de 2,5% a 4,0% de concentración, Oxígeno (O<sub>2</sub>) de 3% de concentración. Para modelos 1994 y posteriores, de HC de 100 ppm, CO de 1% de concentración y O<sub>2</sub> del 3% de concentración.

Que la norma publicada en el año 2007, establecía dentro del Método Dinámico para modelos 1990 y anteriores los siguientes valores de contaminantes criterio: HC 150 ppm, CO de 1,5% de concentración, O<sub>2</sub> de 3% de concentración y NO<sub>x</sub> 2 500 ppm. Para modelos 1991 y posteriores, de HC de 100 ppm, CO de 1% de concentración, O<sub>2</sub> de 3% de concentración y NO<sub>x</sub> de 1 500 ppm.

Que la norma publicada en el año 2007, especificaba que el Método Dinámico sólo aplicaba en la ZMVM, y no permitía la medición nacional de los NO<sub>x</sub>.

Que en la norma publicada en el año 2007, los valores de emisión para vehículos 1993 y anteriores con el método dinámico no podían ser cumplidos dado que la tecnología con la que fueron fabricados no les permitía alcanzar los establecidos; no incluía en el método dinámico el Factor Lambda, como un parámetro a considerar como criterio de rechazo en los vehículos que operan con mezcla pobre; tampoco incluía medidas de cumplimiento ambiental para los vehículos de procedencia extranjera que se introducen al país para su importación definitiva y no consideraba los avances tecnológicos, como el uso y aplicación del Sistema de Diagnóstico Abordo (OBD) para la verificación vehicular.

Que en la presente norma se considera únicamente la tecnología vehicular como criterio para la clasificación de los vehículos automotores y no el uso en la circulación de los mismos, logrando una simplificación en la aplicación de la norma.

Que en la presente la norma se establecen los límites máximos permisibles de emisiones de gases provenientes del escape de vehículos a gasolina en circulación con el Método Dinámico a nivel nacional.

Que en la presente norma se considera la aplicación del Método Dinámico a nivel nacional, lo que permitirá la medición y control de NO<sub>x</sub> que es el precursor por excelencia de ozono, lo que conlleva a tener beneficios ambientales y en la salud humana a nivel nacional.

Que en la presente norma se establece en el Método Dinámico la incorporación del Factor Lambda como parámetro a considerar, en el criterio de rechazo de los vehículos que operen con mezcla pobre al momento de realizar la prueba.

Que en la presente norma, se busca la incorporación de los avances tecnológicos como es el OBD.

Que uno de los beneficios, de la presente norma, será el contar con información de campo sobre el registro de la emisión de NO<sub>x</sub> de las fuentes móviles, los cuales podrán ser registrados en el Inventario General de Emisión a la Atmósfera y el Inventario de GEI.

Que en la presente norma se establece la actualización de los valores de emisión para vehículos 1993 y anteriores con el método dinámico los cuales serán acordes a la tecnología con la que fueron fabricados.

Que la presente norma persigue la actualización de los límites máximos permisibles de emisión de gases provenientes del escape de vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, con el Método Dinámico a nivel nacional, así como, la integración de los avances tecnológicos y la incorporación de medidas de cumplimiento ambiental, para los vehículos de procedencia extranjera que se introducen al país para su importación definitiva como medidas de protección al medio ambiente, al ser humano y sus ecosistemas.

Que de conformidad a lo dispuesto en el Artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, con fecha 6 de febrero de 2014 se publicó el Proyecto de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-041- SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, en el Diario Oficial de la Federación, con el fin de que los interesados en el tema en un plazo de sesenta días naturales, posteriores a la fecha de su publicación presentaran sus comentarios ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, sito en Boulevard Adolfo Ruiz Cortines 4209, piso 5 ala B, Colonia Jardines en la Montaña, Código Postal 14210, Delegación Tlalpan, México Distrito Federal o al correo electrónico: jose.wilson@semarnat.gob.mx.

Que durante el plazo de consulta pública, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 45, primer párrafo de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Manifestación de Impacto Regulatorio del citado Proyecto de



Modificación de la Norma, estuvieron a disposición del público para su consulta en el domicilio del Comité antes señalado.

Que en el plazo de los 60 días antes señalados, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto en cuestión, los cuales fueron analizados en el citado Comité, realizándose las modificaciones correspondientes al mismo, por lo que las respuestas a los comentarios recibidos fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el día 13 del mes de mayo de 2015.

Que de conformidad con lo establecido en el artículo 28 fracción II, inciso d) del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el año de la clave de esta norma oficial mexicana, cambia a 2015, debido a que el instrumento regulatorio se presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales para aprobación en el presente año.

Que habiéndose cumplido con lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en sesión ordinaria de fecha 14 del mes de abril de 2015 aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Por lo expuesto y fundado, he tenido a bien expedir la siguiente:

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-041-SEMARNAT-2015, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIÓN DE GASES CONTAMINANTES PROVENIENTES DEL ESCAPE DE LOS VEHÍCULOS AUTOMOTORES EN CIRCULACIÓN QUE USAN GASOLINA COMO COMBUSTIBLE**

#### PREFACIO

En la elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- AMBIENTALIS, S. A. DE C. V.
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE DISTRIBUIDORES DE AUTOMÓVILES (AMDA).
- ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ (AMIA).
- ASOCIACIÓN NACIONAL DE PRODUCTORES DE AUTOBUSES, CAMIONES Y TRACTOCAMIONES, A. C. (ANPACT).
- CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACIÓN (CANACINTRA).
- CENTRO MARIO MOLINA PASQUEL.
- COCA COLA FEMSA, S. A. DE C. V.
- COMERCIAL AUTOINDUSTRIAL, S. A. DE C. V.
- COMISIÓN AMBIENTAL METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO (CAM).
- CORPORATIVO SAN ÁNGEL, S. C.
- FUNDACIÓN HOMBRE NATURALEZA, A. C.
- GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL (GDF).
  
- o SECRETARÍA DEL MEDIO AMBIENTE.
- GOBIERNO DEL ESTADO DE MÉXICO (GEDOMEX).
- GOBIERNO DEL ESTADO DE PUEBLA.
- HQ TECHNOLOGY.
- INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO (IMP).
  
- o LABORATORIO DE EMISIONES VEHICULARES Y ENSAYO DE MOTORES.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE (IMT).

- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (IPN).
  - o ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS (ESIQIE).
- MZ COMERCIALIZACIÓN, S. A. DE C. V.
- PRAXAIR MÉXICO, S. DE R. L. DE C. V.
  
- SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE AUTOTRANSPORTE FEDERAL.
  - SECRETARÍA DE ECONOMÍA (SE).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS
  - DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIAS PESADAS Y DE ALTA TECNOLOGÍA.
  - SECRETARÍA DE ENERGÍA (SENER).
  - COMISIÓN NACIONAL PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA (CONUEE).
  - SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE FOMENTO AMBIENTAL, URBANO Y TURÍSTICO (DGFAUT).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE CALIDAD DEL AIRE Y REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES (DGGCARETC).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA (DGI).
  - PROCURADURÍA FEDERAL DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE (PROFEPA).
  - SUBPROCURADURÍA DE INSPECCIÓN INDUSTRIAL.
  - INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO (INECC).
  - DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA CONTAMINACIÓN URBANA Y REGIONAL (DGGICUR).
  - SECRETARÍA DE SALUD.
- o COMISIÓN FEDERAL PARA LA PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS (COFEPRIS).
  - TSTES, S. A. DE C. V.
  - UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM).

o INSTITUTO DE INGENIERÍA.

#### ÍNDICE DEL CONTENIDO

- 1.- Objetivo y Campo de Aplicación
- 2.- Referencias
- 3.- Definiciones
- 4.- Especificaciones
- 5.- Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad
- 6.- Bibliografía

7.- Concordancia con Normas Internacionales

8.- Vigilancia de esta Norma

Transitorios.

1. Objetivo y Campo de Aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno; así como el nivel mínimo y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono y el Factor Lambda. Es de observancia obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país o sean importados definitivamente al mismo, que usan gasolina como combustible, así como para los responsables de los Centros de Verificación, y en su caso Unidades de Verificación Vehicular, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kg (kilogramos), motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y de la minería.

2. Referencias

Para la correcta utilización de esta Norma Oficial Mexicana es necesario consultar y aplicar las Normas Oficiales Mexicanas siguientes, o la que las sustituyan:

NOM-042-SEMARNAT-2003, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de septiembre de 2005).

NOM-047-SEMARNAT- 2014, Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos. (Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de noviembre de 2014).

3. Definiciones

3.1 Año-modelo:

El periodo comprendido entre el inicio de la producción de determinado tipo de vehículo automotor y el 31 de diciembre del año calendario con que dicho fabricante designe al modelo en cuestión.

3.2 Centro de Verificación:

El establecimiento de servicio autorizado por las autoridades competentes en el que se presta el servicio de medición de emisiones contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación.

3.3 Comprobante de resultado:

Documento expedido por el Centro o Unidad de Verificación Vehicular y que contiene el resultado obtenido en la evaluación de las emisiones vehiculares.

3.4 Constancia de Inspección y Mantenimiento (I/M):

Documento expedido por la autoridad competente en los Estados Unidos de América o Canadá que avala que el vehículo automotor usado cumple con la normatividad correspondiente en materia de emisiones contaminantes a la atmósfera (I/M Inspection & Maintenance Programs, por sus siglas en el idioma Inglés).

3.5 Factor Lambda:

También conocido como coeficiente de aire. Es el resultado de dividir el volumen de aire aspirado entre la necesidad teórica de aire y se obtiene al correlacionar los gases de escape mediante la fórmula de Brettschneider.

$$\lambda = \frac{CO_2 + \frac{CO}{2} + \frac{NO}{2} + O_2 + \left[ 0.45425 \left( \frac{35}{35 + \frac{CO}{CO_2}} \right) \right] (CO + CO_2)}{1.45425(CO_2 + CO + HC)}$$

$\lambda =$  Factor lambda

### 3.6 Gases:

Son los producidos de la combustión que emiten los vehículos automotores. Para efecto de la presente Norma Oficial Mexicana se fiscalizarán los siguientes compuestos:

#### 3.6.1 Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>):

Gas incoloro, inodoro y con un ligero sabor ácido, cuya molécula consiste en un átomo de carbono unido a dos átomos de oxígeno.

#### 3.6.2 Hidrocarburos (HC):

Compuestos orgánicos formados por hidrógeno y carbono, expresados con base al hexano (hppm).

#### 3.6.3 Monóxido de Carbono (CO):

Gas incoloro, inodoro e insípido, producido en la combustión de sustancias orgánicas, el cual se considera tóxico por su capacidad para unirse a la hemoglobina, impidiendo que capte y transporte el oxígeno

#### 3.6.4 Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>):

Término genérico referido a un grupo de gases que contienen nitrógeno y oxígeno en diversas proporciones tales como el óxido nítrico y el dióxido de nitrógeno.

#### 3.6.5 Oxígeno (O<sub>2</sub>):

Compuesto químico diatómico que se compone de dos átomos del elemento químico gaseoso, que es inodoro, incoloro e insípido.

### 3.7 Mezcla Pobre:

Combinación de comburente y combustible cuya relación está un 25% por debajo de la relación de máxima potencia, limitando las características ideales de funcionamiento de un vehículo a gasolina.

### 3.8 Programa de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO):

Documento oficial en donde se establecen las reglas de operación de la verificación de emisiones vehiculares, los cuales deberán establecer como mínimo la frecuencia de revisión de los límites de emisión, el calendario de presentación a verificación de los automotores, la tarifa por el servicio y las sanciones por incumplimiento.

### 3.9 Unidad de Verificación Vehicular (UVV):

Persona física o moral, acreditada y aprobada por la autoridad competente en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, que opera de acuerdo con las condiciones establecidas en los Programas de Verificación Vehicular Obligatoria (PVVO).

### 3.10 Vehículo automotor en circulación:

Vehículo de transporte terrestre de carga o de pasajeros, propulsado por su propia fuente motriz, enajenado por lo menos en una ocasión y que cuenta con permiso para circular por vialidades públicas.

## 4. Especificaciones

4.1 El Gobierno Federal, el Gobierno del Distrito Federal, los gobiernos estatales y municipales, de conformidad con las disposiciones legales aplicables, deberán instrumentar sus PVVO, aplicando el método de prueba dinámica, procedimiento de medición de la NOM-047-SEMARNAT-2014 o la que la sustituya.

4.2 Límites máximos permisibles de emisiones provenientes del escape de vehículos en circulación en el país, que usan gasolina como combustible.

4.2.1 Los límites máximos permisibles de emisiones de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno, óxidos de nitrógeno, límites mínimos y máximos de dilución provenientes del escape; así como el valor del Factor Lambda de vehículos en circulación que usan gasolina como combustible, en función del método de prueba dinámica y el año modelo, son los establecidos en la TABLA 1 de la presente Norma Oficial Mexicana.

**TABLA 1.- Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Dinámico**

Año - modelo vehicular	Hidrocarburos (HC hppm)	Monóxido de Carbono (CO % vol.)	Oxígeno (O <sub>2</sub> % vol.)	Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> ppm)	Dilución (CO + CO <sub>2</sub> % vol.)		Factor Lambda Máx.
					Mín.	Máx.	
1990 y Anteriores	350	2,5	2,0	2 500	13	16,5	1,05
1991 y posteriores	100	1,0	2,0	1 500	13	16,5	1,05

Nota de equivalencias: 1.- ppm o hppm ( $\mu\text{mol/mol}$ ) y 2.- % vol. ( $\text{cmol/mol}$ ).

gasolina como combustible, establecidos en el Método de prueba estática procedimiento de medición, de la NOM-047-SEMARNAT-2014 o la que la sustituya; en función del año-modelo, son los establecidos en el numeral 4.2.2, (TABLA 2) de la presente Norma Oficial Mexicana y serán aplicables de acuerdo al transitorio quinto de la misma.

**TABLA 2.- Límites Máximos Permisibles de Emisión del Método Estático**

Año modelo vehicular	Hidrocarburos (HC hppm)	Monóxido de Carbono (CO % vol.)	Oxígeno (O <sub>2</sub> % vol.)	Dilución (CO + CO <sub>2</sub> % vol.)		Factor Lambda Máx.
				Mín.	Máx.	
1993 y Anteriores	400	3,0	2,0	13	16,5	1,05
1994 y posteriores	100	1,0	2,0	13	16,5	1,05

4.2.2.1 No aplicará el valor del Factor Lambda en el caso de la prueba en marcha mínima.

4.3 Quedan exceptuados del criterio de Factor Lambda establecido en el numeral 4.2.1. (TABLA 1) y el numeral 4.2.2 (TABLA 2) de la presente Norma Oficial Mexicana los vehículos que por diseño operen con mezcla pobre, conforme a las especificaciones establecidas por el fabricante y del conocimiento de la autoridad competente.

4.4 Las autoridades responsables de los PVVO, deberán complementar la evaluación de la operación del vehículo y del sistema de control de emisiones del mismo, con las prestaciones tecnológicas que brinda el OBD, para vehículos cuyos modelo sean 2006 y posteriores, con base a lo señalado en la NOM-042-SEMARNAT-2003, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diésel, así como las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos, o la que la sustituya.

4.5 Los vehículos nuevos podrán quedar exentos de la verificación vehicular obligatoria por un periodo de hasta dos años posteriores a partir de su adquisición, y de acuerdo a lo establecido en las disposiciones expedidas por las autoridades federales y/o locales competentes. Estas autoridades podrán ampliar el beneficio de exención de acuerdo a las políticas de promoción de vehículos con nuevas tecnologías de control de emisiones.

## 5. Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad

### 5.1 Procedimiento.

5.1.1 El Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, los gobiernos estatales, municipales y del Distrito Federal, establecerán en el ámbito de su competencia, los PVVO en donde se definirán las características de operación de los mismos para el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana.

5.1.2 Para el cumplimiento de los límites establecidos en la presente Norma Oficial Mexicana, los Gobiernos, Federal, estatales, municipales y del Distrito Federal operarán y, en su caso, autorizarán la operación de los Centros de Verificación o bien de las Unidades de Verificación Vehicular.

5.1.3 El propietario, el legal poseedor o el conductor de los vehículos automotores, para el cumplimiento de los límites máximos permisibles, materia de la presente Norma Oficial Mexicana, deberán presentarlos a evaluación de sus emisiones contaminantes en los Centros de Verificación y en su caso en las Unidades de Verificación Vehicular acreditadas y aprobadas, de acuerdo al calendario y con los documentos que establezca el Programa de Verificación Vehicular que le corresponda y que para tal efecto emita cada autoridad ambiental.

5.1.4 El Centro de Verificación o en su caso la Unidad de Verificación Vehicular, realizarán los procedimientos de prueba para medir las emisiones provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación, que usan gasolina como combustible, establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-047-SEMARNAT-2014 o la que la sustituya.

5.1.5 Se considera que un vehículo cumple con la presente Norma Oficial Mexicana, cuando sus valores de emisión no rebasan ninguno de los límites permisibles establecidos en el numeral 4.2.1 (TABLA 1) y el numeral 4.2.2 (TABLA 2), según sea el caso, y aprueba los criterios establecidos en el método de prueba estática procedimiento de medición y el método de prueba dinámica procedimiento de medición, según sea el caso, de la NOM-047-SEMARNAT-2014 o la que la sustituya.

5.1.6 El Centro de Verificación o Unidad de Verificación Vehicular, entregará al propietario o conductor del vehículo, el documento oficial en donde se haga constar el resultado de la prueba. En caso que los límites de emisión no cumplan con lo establecido en el numeral 5.1.5, de la presente Norma Oficial Mexicana, el propietario o conductor del automotor deberán dar el mantenimiento vehicular necesario y reiniciar el procedimiento en el numeral 5.1.3 de la presente Norma Oficial Mexicana, hasta que se obtenga el documento aprobatorio.

## 5.2 Cumplimiento ambiental en los puntos de entrada al país.

5.2.1 El vehículo de procedencia extranjera que se introduce al país para su importación definitiva, no deberá tener restricciones de circulación en su país de procedencia así como por incumplimiento de la regulación ambiental aplicable, lo cual se demostrará a través de la constancia de inspección y mantenimiento vigente. Ambas informaciones serán validadas mediante los sistemas de consulta pública u oficial disponibles del país de procedencia, conforme a los lineamientos comerciales aplicables.

5.2.2 El cumplimiento del apartado anterior, en los puntos de entrada al país, no exime al vehículo importado de cumplir las disposiciones ambientales requeridas por la autoridad competente donde sea dado de alta.

5.2.3 Para la circulación definitiva dentro del país los vehículos que se importen de manera definitiva deberán cumplir con el numeral 5.1.5 establecido en la presente Norma Oficial Mexicana.

## 6. Bibliografía

6.1 De Nevers, Noel. Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. (Trad. José Hernán Pérez Castellanos). McGraw-Hill Interamericana Editores, S. A de C. V. Primera edición, México, 1997.

6.2 Instituto Nacional de Ecología y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Manual Técnico de Verificación Vehicular. Frega, S. A. de C. V. Primera edición, Capítulo 4. México, 2003.

6.3 Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992. Última Reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 14 de julio de 2014.

6.4 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de febrero de 1988. Última Reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de enero de 2014.

6.5 Lezama, José Luis y Graizbord, Boris. Los Grandes Problemas de México. IV Medio Ambiente. 1a. Edición. México, D.F. El Colegio de México. 2010.

6.6 NMX-AA-023-1986, Protección al Ambiente.- Contaminación Atmosférica Terminología. Declaratoria de vigencia publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.

6.7 Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de enero de 1999.

6.8 Bosch, Robert. Manual de la Técnica del Automóvil. (Trad. Jens-U. H. Schweitzer). URMO, S. A. Primera edición española, España, 1980 (original en alemán, 1976).

6.9 Código Federal de Regulaciones 40, partes de la 86 a la 99, revisado en julio de 1994, Estados Unidos de América. (Code of Federal Regulations 40, Parts 86 to 99, Revised July 1994, U.S.A.).

6.10 Código de Reglamentos de California, Estados Unidos de América (Título 16, Cap. 33). 2008. (California Code of Regulations, United States Title 16, Chapter 33. 2008).

6.11 Estándares Europeos. Euro III. Directiva Final 1999/96/EC. Parlamento Europeo. Publicada el 16 de febrero de 2000.

6.12 Gobierno de California, E.U.A. Curso Avanzado en Diagnóstico de Emisiones. (Trad. MZ Comercialización, S.A. de C.V.). Capacitación Técnica Automotriz, S. A. de C. V. El Triángulo de Emisiones. 2008. (California Government E.U.A. Advanced Course in Diagnostic Emissions 2008).

6.13 Heywood, John. Fundamentos de Ingeniería de la Combustión Interna. (Internal Combustion Engine Fundamentals). McGraw-Hill. Primera edición, E.U.A., 1988.

6.14 Schmidt, Alois y List, Harvey. Balances de Materiales y Energía. (Material and Energy Balances). Prentice-Hall, Inc. E.U.A., Capítulo 10. 1962.

6.15 Serie de Normas Ambientales. Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes para Vehículos Automotores que Circulen en la Red Vial. Decreto Supremo No. 047-2001-MTC. Consejo Nacional del Ambiente. Perú. (2001).

#### 7. Concordancia con Normas Internacionales

Esta norma no coincide con ninguna Norma Internacional, por no existir Norma Internacional sobre el tema tratado.

#### 8. Vigilancia de esta Norma

8.1 La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde al Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, a los gobiernos de los estados, municipios y del Distrito Federal, en el ámbito de sus respectivas atribuciones.

8.2 Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento y los demás ordenamientos jurídicos que resulten aplicables.

#### TRANSITORIOS

PRIMERO La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor 90 días después de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

SEGUNDO La presente Norma Oficial Mexicana deja sin efectos la Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de marzo de 2007.

TERCERO La presente Norma Oficial Mexicana debe colocarse en un lugar visible en los Centros de Verificación Autorizados y Unidades de Verificación Vehicular acreditadas y aprobadas.

CUARTO Las empresas autorizadas como Centro de Verificación, deberán obtener la acreditación como Unidad de Verificación Vehicular en un periodo no mayor de 2 años a partir de la publicación de la presente Norma Oficial Mexicana.

QUINTO Todos los estados que en la actualidad operen únicamente con el método estático, dispondrán de hasta 3 años para implementar el método dinámico para evaluar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en el numeral 4.2.1 (TABLA 1) de la presente Norma Oficial Mexicana.

De igual manera las autoridades que a partir de la entrada en vigor de la presente Norma Oficial Mexicana inicien un Programa de Verificación Vehicular Obligatorio deberán adoptar los límites establecidos en el numeral 4.2.1 (TABLA 1) y el numeral 4.2.2 (TABLA 2) según sea el caso establecido de la presente Norma Oficial Mexicana, deberán adoptar también, el método de prueba estática procedimiento de medición y el método de prueba dinámica procedimiento de medición, establecidos en la NOM-047-SEMARNAT-2014 o la que la sustituya.

SEXTO Con fundamento en lo dispuesto por la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales revisará los límites de emisión y en su caso los procedimientos de prueba y las especificaciones del instrumento previstos en la presente Norma Oficial Mexicana, en el momento que se requiera mejorar su aplicación, o existan causas justificadas para modificar o adecuar algunas disposiciones contenidas en la misma.

México, D.F., a los dieciocho días del mes de mayo de dos mil quince.- El Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Cuauhtémoc Ochoa Fernández.- Rúbrica.

# Hoja de especificaciones MQ-7



**TECHNICAL DATA****MQ-7 GAS SENSOR****FEATURES**

- \* High sensitivity to carbon monoxide
- \* Stable and long life

**APPLICATION**

They are used in gas detecting equipment for carbon monoxide (CO) in family and industry or car.

**SPECIFICATIONS**

## A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	5V ± 0.1	Ac or Dc
V <sub>H</sub> (H)	Heating voltage (high)	5V ± 0.1	Ac or Dc
V <sub>H</sub> (L)	Heating voltage (low)	1.4V ± 0.1	Ac or Dc
R <sub>L</sub>	Load resistance	Can adjust	
R <sub>H</sub>	Heating resistance	33 Ω ± 5%	Room temperature
T <sub>H</sub> (H)	Heating time (high)	60 ± 1 seconds	
T <sub>H</sub> (L)	Heating time (low)	90 ± 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

## B. Environment conditions

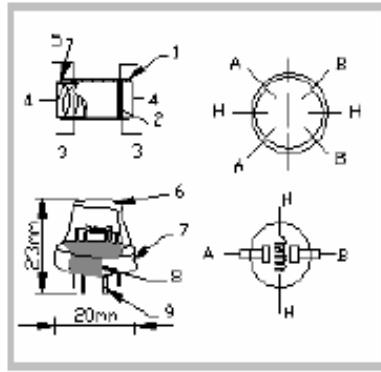
Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
T <sub>ao</sub>	Using temperature	-20°C-50°C	
T <sub>as</sub>	Storage temperature	-20°C-50°C	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O <sub>2</sub>	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

## C. Sensitivity characteristic

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
R <sub>s</sub>	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
a (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	R <sub>s</sub> (300ppm)/R <sub>s</sub> (100ppm)
Standard working condition	Temperature -20°C ± 2°C	relative humidity 65% ± 5%	RL:10K Ω ± 5%
	Vc:5V ± 0.1V	VH:5V ± 0.1V	VH:1.4V ± 0.1V
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

## D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ceramic tube, Tin Dioxide (SnO<sub>2</sub>) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.



Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO <sub>2</sub>
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

Fig.1

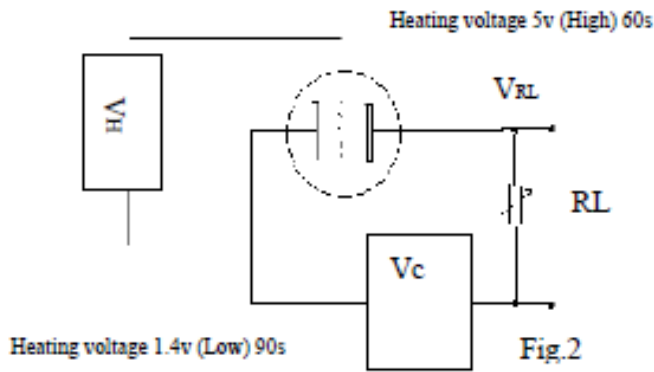
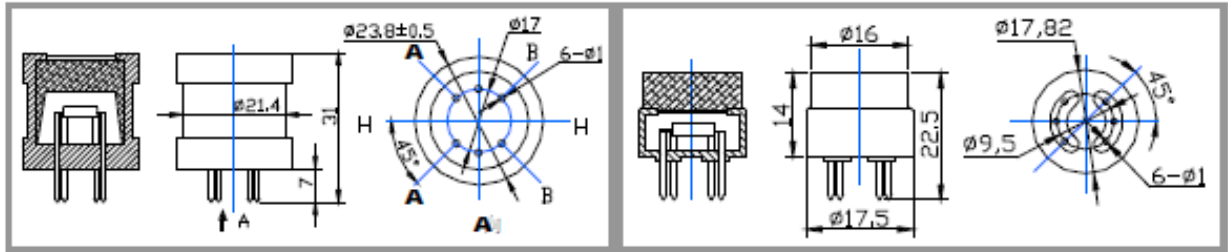


Fig.2

**Standard circuit:**

As shown in Fig 2, standard measuring circuit of MQ-7 sensitive components consists of 2 parts. One is heating circuit having time control function (the high voltage and the low voltage work circularly). The second is the signal output circuit, it can accurately respond changes of surface resistance of the sensor.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

**E. Sensitivity characteristic curve**

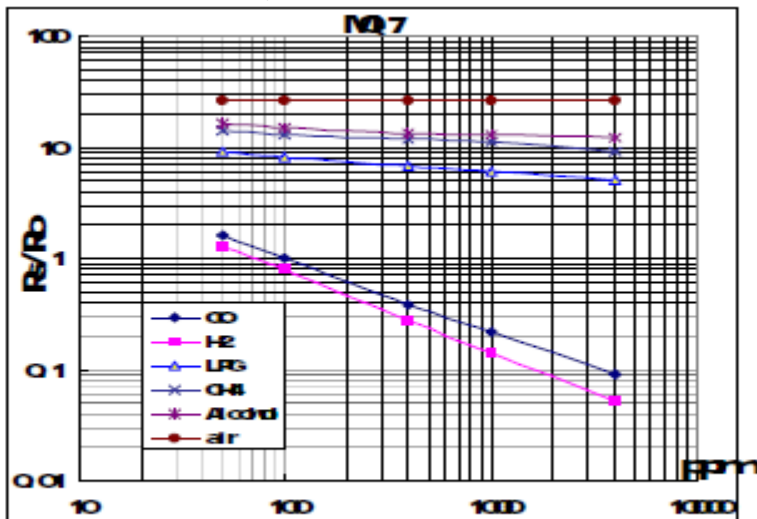


Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-7

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-7 for several gases.

in their: Temp: 20°C,  
Humidity: 65%,  
O<sub>2</sub> concentration 21%  
RL=10k Ω

R<sub>0</sub>: sensor resistance at 100ppm CO in the clean air.

R<sub>s</sub>: sensor resistance at various concentrations of gases.

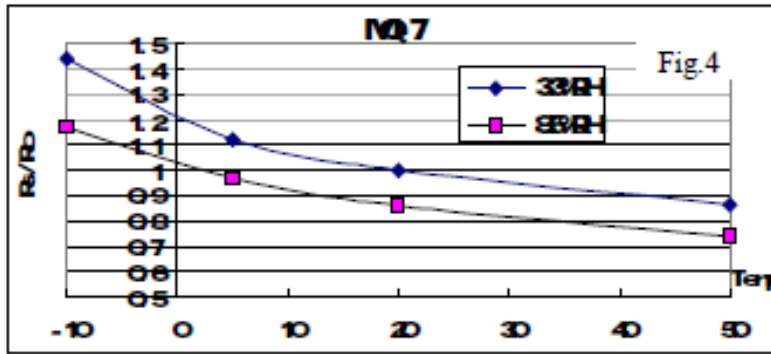


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-7 on temperature and humidity.

R<sub>0</sub>: sensor resistance at 100ppm CO in air at 33%RH and 20degree.

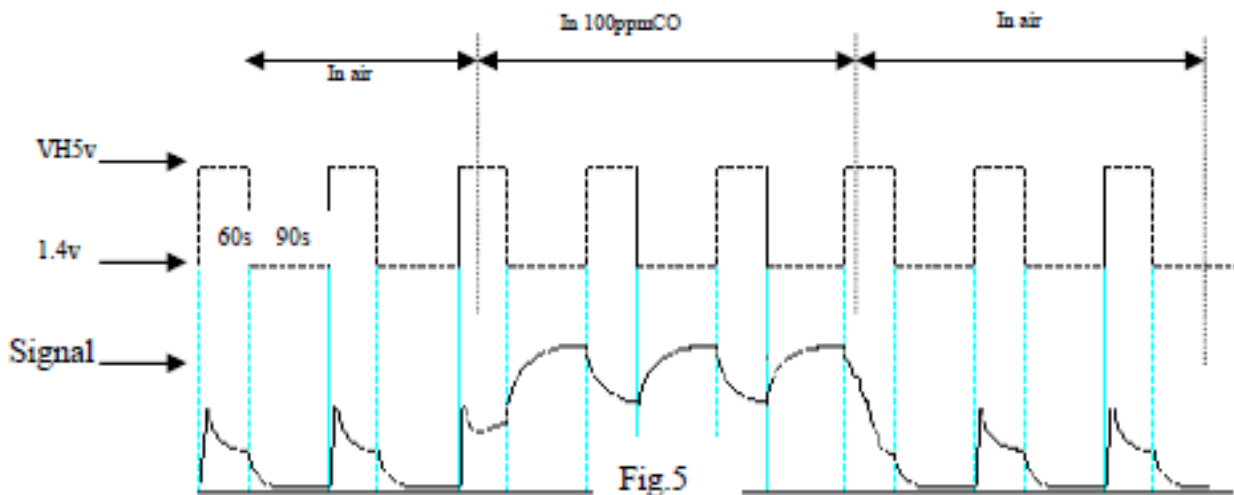
R<sub>s</sub>: sensor resistance at 100ppm CO at different temperatures and humidities.

### OPERATION PRINCIPLE

. The surface resistance of the sensor R<sub>s</sub> is obtained through effected voltage signal output of the load resistance R<sub>L</sub> which series-wound. The relationship between them is described:

$$R_s \setminus R_L = (V_c - V_{RL}) / V_{RL}$$

Fig. 5 shows alterable situation of R<sub>L</sub> signal output measured by using Fig. 2 circuit output



signal when the sensor is shifted from clean air to carbon monoxide (CO), output signal measurement is made within one or two complete heating period (2.5 minute from high voltage to low voltage).

Sensitive layer of MQ-7 gas sensitive components is made of SnO<sub>2</sub> with stability, So, it has excellent long term stability. Its service life can reach 5 years under using condition.

### SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-7 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 200ppm CO in air and use value of Load resistance that( R<sub>L</sub>) about 10 KΩ (5KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence. The sensitivity adjusting program:

- Connect the sensor to the application circuit.
- Turn on the power, keep preheating through electricity over 48 hours.
- Adjust the load resistance R<sub>L</sub> until you get a signal value which is respond to a certain carbon monoxide concentration at the end point of 90 seconds.
- Adjust the another load resistance R<sub>L</sub> until you get a signal value which is respond to a CO concentration at the end point of 60 seconds .

[Supplying special IC solutions, More detailed technical information, please contact us.](#)