

**Sistema de monitoreo electrónico de temperatura integrado en motores de combustión
interna**

Ferney Adrian Ramírez González

Asesor

Jorge Enrique Arboleda Puerta

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2025

Resumen

El proyecto tiene como propósito desarrollar un dispositivo que permita monitorear de forma precisa y en tiempo real la temperatura del motor en vehículos que carecen de indicadores de temperatura adecuados. Esto responde a una problemática identificada en algunos modelos de marcas como Chevrolet, Kia y Mazda, Hyundai, los cuales solo cuentan con indicadores luminosos para indicar sobrecalentamiento en el motor, lo que los expone a daños graves, reparaciones costosas y tiempos prolongados de inactividad por daños generados por el sobrecalentamiento. El diseño del sistema se desarrolla y valida utilizando software especializado como Proteus, Arduino IDE para simular el sistema y diseñar la PCB antes de su implementación física. Este enfoque asegura precisión y fiabilidad, optimizando los recursos para el desarrollo. La solución propuesta utiliza un sensor de temperatura NTC para medir la temperatura en el motor. La señal obtenida se acondiciona y se procesa en un microcontrolador integrado a la placa Arduino Uno para gestionar todo el sistema. Los datos entregados por el sensor se muestran en una pantalla LCD con mensajes claros para el conductor del vehículo indicando como está operando este. Además, el sistema permite personalización de mensajes y actualizaciones de software, adaptándose a los parámetros de fábrica del vehículo. El sistema es energizado por la batería del vehículo y entra en funcionamiento cuando el vehículo está encendido, operando de manera eficiente sin generar descargas parásitas en la batería.

Si ocurre una el sobretemperatura en vehículo se mostrará una serie de mensajes en la pantalla LCD indicando al conductor “!Peligro!, alta temperatura, deténgase de forma segura, inspección nivel de refrigerante, si temperatura no baja, apague motor”. Con esto se busca

proteger tanto al conductor como al motor de combustión, ya que el sobrecalentamiento no va ser prolongado, por lo que el motor no se verá afectado.

El proyecto reduce riesgos por sobrecalentamiento, evita costos elevados en reparaciones y contribuye a la sostenibilidad al disminuir los tiempos de inactividad y el impacto ambiental asociado a reparaciones automotrices. Además, representa un aporte importante al campo de la ingeniería electrónica aplicada al área automotriz.

Palabras clave: Sensor de temperatura, coeficiente térmico negativo, motor de combustión, caracterización, electrónica automotriz.

Abstract

The project's goal is to develop a device capable of accurately and real-time monitoring engine temperature in vehicles lacking adequate temperature indicators. This addresses a problem identified in some models of brands such as Chevrolet, Kia, Mazda, and Hyundai, which only include warning lights to signal engine overheating. This limitation exposes engines to severe damage, costly repairs, and extended downtime due to overheating-related failures. The system's design is developed and validated using specialized software such as Proteus and Arduino IDE to simulate the system and design the PCB prior to physical implementation. This approach ensures precision and reliability while optimizing development resources. The proposed solution employs an NTC temperature sensor to measure engine temperature. The sensor's signal is conditioned and processed by a microcontroller integrated into the Arduino Uno board, which manages the entire system. The data provided by the sensor is displayed on an LCD screen with clear messages for the vehicle's driver, indicating the engine's operating condition. The system allows for message customization and software updates, adapting to the vehicle manufacturer's parameters. The system is powered by the vehicle's battery and operates only when the vehicle is running, ensuring efficient performance without causing parasitic battery discharges.

If an overheating occurs in the vehicle, a series of messages will appear on the LCD screen to alert the driver: "Danger! high temperature. stop safely. check coolant level. if temperature does not drop, turn off engine." This aims to protect both the driver and the combustion engine, ensuring that the overheating will not be prolonged, thus preventing damage to the engine.

The project reduces the risk of overheating, prevents high repair costs, and contributes to sustainability by minimizing downtime and the environmental impact associated with automotive repairs. Additionally, it represents a significant contribution to the field of electronic engineering applied to the automotive sector.

Keywords: Temperature sensor, negative thermal coefficient, combustion engine, characterization, automotive electronics.

Tabla de Contenidos

Introducción.....	12
Justificación.....	13
Impacto Ambiental.....	14
Impacto Social.....	15
Impacto Tecnológico.....	16
Objetivos.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivo específico.....	17
Marco teórico.....	18
Sensores de Temperatura.....	18
El Sistema de Refrigeración.....	20
Fallas en el Sistema de Refrigeración de un Motor de Combustión Interna.....	21
Escáner Automotriz.....	22
Marco conceptual.....	24
Adquisición y Acondicionamiento de Señal.....	24
Arduino Uno.....	24
Interfaz Gráfica con Usuario.....	25
¿Qué es OBD II?	26
Antecedentes.....	27
Metodología.....	29
Recursos.....	30

Costo-beneficio del sistema.....	34
Cronograma de actividades.....	35
Caracterización del sensor de temperatura Automotriz.....	36
Diseño y simulación del circuito electrónico.....	46
Gráfica Característica del Sensor de Temperatura Amphenol.....	48
Diseño del algoritmo.....	54
Simulación del sistema.....	60
Diseño del electrónico.....	61
Diseño de tarjeta de circuito (PCB).....	62
Resultados Obtenidos.....	65
Recomendaciones para los usuarios.....	68
Plan de mantenimiento.....	69
Mantenimiento Preventivo.....	70
Mantenimiento Correctivo.....	71
Discusión.....	74
Conclusiones.....	75
Trabajos futuros.....	78
Referencias bibliográficas.....	79

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Estudio de Mercado Elementos</i>	31
Tabla 2 <i>Recursos Necesarios</i>	33
Tabla 3 <i>Cronograma para el Diseño e Implementación de la Solución</i>	35
Tabla 4 <i>Datos de Resistencia y Temperatura</i>	40
Tabla 5 <i>Datos de Resistencia Vs Temperatura Sensor NTC</i>	47

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Gráfica Sensor de Temperatura NTC</i>	19
Figura 2 <i>Sistema de Refrigeración</i>	20
Figura 3 <i>Escáner Automotriz</i>	22
Figura 4 <i>Metodología</i>	30
Figura 5 <i>Punto de Ebullición del Agua</i>	36
Figura 6 <i>Caracterización NTC 24°C</i>	37
Figura 7 <i>Montaje Caracterización NTC</i>	37
Figura 8 <i>Aumento de Temperatura Caracterización NTC</i>	38
Figura 9 <i>Caracterización NTC 92°C</i>	39
Figura 10 <i>Caracterización NTC Temperatura Descendente</i>	39
Figura 11 <i>Curva Característica Sensor NTC</i>	41
Figura 12 <i>Relación entre la Resistencia y la Temperatura</i>	45
Figura 13 <i>Sensor NTC Automotriz</i>	46
Figura 14 <i>Curva Característica Sensor NTC Amphenol</i>	48
Figura 15 <i>Puente de Wheatstone Equilibrado</i>	51
Figura 16 <i>Salida de 5 Voltios AD620</i>	52
Figura 17 <i>Salida de 0 Voltios AD620</i>	53
Figura 18 <i>Algoritmo Declaración de Variables</i>	54
Figura 19 <i>Algoritmo Rangos de Temperatura</i>	55
Figura 20 <i>Algoritmo Pines de Salida</i>	56
Figura 21 <i>Algoritmo Conversor Análogo</i>	56

Figura 22 <i>Algoritmo Mensaje Función de la Interfaz Gráfica</i>	57
Figura 23 <i>Algoritmo Instrucciones por Alta Temperatura</i>	58
Figura 24 <i>Resultados de Simulación</i>	58
Figura 25 <i>Simulación Interfaz Gráfica con el Usuario</i>	62
Figura 26 <i>Serigrafía PCB</i>	63
Figura 27 <i>Componentes y Pistas de PCB</i>	63
Figura 28 <i>Vista 3D PCB</i>	64
Figura 29 <i>Diagrama de Bloque Sistema de Monitoreo de Temperatura</i>	65
Figura 30 <i>Módulo de Simulación Sistema de Monitoreo de Temperatura</i>	67
Figura 31 <i>Conexión del Sistema al Vehículo</i>	68
Figura 32 <i>Registro de Datos del Vehículo</i>	70
Figura 33 <i>Mantenimiento Sistema de Monitoreo de Temperatura</i>	71
Figura 34 <i>Mantenimiento Correctivo Sistema de Monitoreo de Temperatura</i>	72

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Manual del Propietario CHEVOLET SPARK GT</i>	82
Apéndice B <i>Datasheet Sensor NTC</i>	84

Introducción

Según indica la asociación nacional de movilidad sostenible (ANDEMOS), para octubre de 2024 se vendieron 154.013 unidades de vehículos en Colombia, (Registro Informes Interactivos, 2024). Algunas marcas de vehículos no cuentan con un indicador análogo o digital que muestren el estado de temperatura a la que está operando el motor.

El proyecto de investigación aplicada “Sistema de Monitoreo Electrónico de Temperatura Integrado en Motores de Combustión Interna” responde a una necesidad por parte de los conductores que requieren un monitoreo efectivo de la temperatura de funcionamiento del motor de combustión interna, pues algunas marcas solo cuentan con un indicador luminoso, esta deficiencia no solo afecta el rendimiento y la durabilidad de los motores, sino que también tiene implicaciones en los costos de mantenimiento, seguridad y confiabilidad de los vehículos. Esta situación puede llevar a fallos graves en el motor y, en consecuencia, a reparaciones costosas y tiempos prolongados de inactividad del vehículo.

El proyecto desarrolla un sistema que ofrece una solución eficiente a esta problemática. Este sistema incorpora una interfaz de usuario que facilita el análisis de los datos de temperatura del motor. Asimismo, el proyecto propone una solución innovadora al personalizar su funcionamiento con los parámetros de temperatura del fabricante del vehículo como si el sistema que se va desarrollar estuviera integrado de fábrica. Esto se logra con la verificación del sistema mediante un escáner automotriz, promoviendo la eficiencia en la operación de los vehículos y ayudando a reducir el impacto económico y ambiental asociado a reparaciones por sobrecalentamiento del motor de combustión.

Justificación

El proyecto de investigación aplicada en ingeniería electrónica que se presenta, surge de la necesidad de abordar un problema real que se presenta en varias marcas de vehículos que se comercializan en Colombia. Algunos modelos que presentan falta de monitoreo efectivo de la temperatura del motor de combustión interna son: Chevrolet Spark GT (primera y segunda generación), Chevrolet Tracker (primera y segunda generación), Chevrolet Sonic (primera y segunda generación), Chevrolet Onix, Kia Rio (primera generación), Mazda 2 (primera y segunda generación), Renault Twingo (primera generación). Esta problemática afecta no solo aspectos técnicos de los vehículos, sino también implica consideraciones económicas, de seguridad y de garantía de funcionamiento del vehículo. Como profesional en el área automotriz con 24 años de experiencia logro identificar una oportunidad para mejorar el diseño del sistema original de monitoreo de la temperatura del motor en estos vehículos.

La implementación de un sistema electrónico de monitoreo de temperatura contribuye a la reducción del riesgo por sobrecalentamiento en estas marcas y representa una contribución significativa al campo de la ingeniería electrónica, puesto que implica la integración de conocimientos en electrónica, telecontrol, sistemas de instrumentación, control aplicado al área automotriz. Con ello, se va a generar un nuevo producto, aportando de manera significativa al sector productivo automotriz, contribuyendo directamente a prevenir situaciones de sobrettemperatura (sobrecalentamiento) en dichos vehículos, impactando de forma positiva a propietarios y plataformas de transporte, pues se va a prevenir daños en el motor de combustión lo que va evitar que se generen costosos procesos de reparación y tiempos prolongados de inactividad.

Impacto Ambiental

Con el desarrollo del proyecto se contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible que tienen que ver con el Trabajo Decente y Crecimiento Económico (número 8), Industria, Innovación e Infraestructura (número 9), y Producción y Consumo Responsable (número 12). Al contar con un sistema electrónico de monitoreo de temperatura se va proteger la vida útil del motor de combustión, dando como resultado que se mitigue la generación de residuos producidos por daños por sobrecalentamiento como: cambio de empaquetaduras, mangueras, radiador, líquido refrigerante, daños mecánicos, entre otros. De este modo, se va a prevenir daños significativos en los motores de los vehículos que implementen el sistema de monitoreo electrónico de temperatura integrado en motores de combustión interna.

Impacto Social

El desarrollo del proyecto aporta nuevos conocimientos a ingenieros, técnicos y tecnólogos del sector automotriz de la región. Asimismo, se motiva la creatividad, el desarrollo y la innovación de los estudiantes UNADISTAS, aprovechando el talento de las nuevas generaciones para un desarrollo social y sostenible. El proyecto presentado tiene un nicho de mercado y se puede comercializar de manera eficiente ya que aporta a la solución de un problema de diseño relacionado con la obsolescencia programada, convirtiéndose en una fuente de ingresos viable. Asimismo, va mejorar la calidad de vida de los propietarios, quienes van a proteger su patrimonio con un sistema que advertirá sobre cualquier problema de temperatura en el vehículo.

Impacto Tecnológico

Día a día se observa un crecimiento tecnológico en el mundo con la aparición de nuevos dispositivos que nos hacen la vida cada vez más fácil a las personas, y el prototipo a desarrollar no es la excepción ya que con él se implementará sistemas de visualización de temperatura en un módulo de simulación de automóvil, los cuales le darán al proyecto un plus en materia de desarrollo tecnológico en la electrónica del automóvil. Además, al desarrollar nuevos sistemas que se integren de manera eficiente con el vehículo, ya que se puede personalizar para adaptarse a la temperatura a la que opera el vehículo.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema electrónico de monitoreo de temperatura que se integre de manera eficiente en motores de vehículos de combustión interna o módulo de simulación.

Objetivos Específicos

Caracterizar sensor de temperatura aplicado en motores de combustión interna.

Diseñar un sistema electrónico de monitoreo de temperatura para motores de combustión interna.

Instalar los componentes del sistema en el motor de combustión interna y/o módulo de simulación configurando el sistema de monitoreo de temperatura.

Validar el sistema electrónico de monitoreo de temperatura en el motor de combustión interna y/o módulo de simulación.

Marco Teórico

Sensores de Temperatura

Los sensores para la medición de temperatura, se pueden clasificar en tres grupos: termopares, RTD (Resistance Temperature Detector), termistores PTC (Positive Temperature Coefficient) y NTC (Negative Temperature Coefficient); siendo estos últimos los más utilizados en el área automotriz.

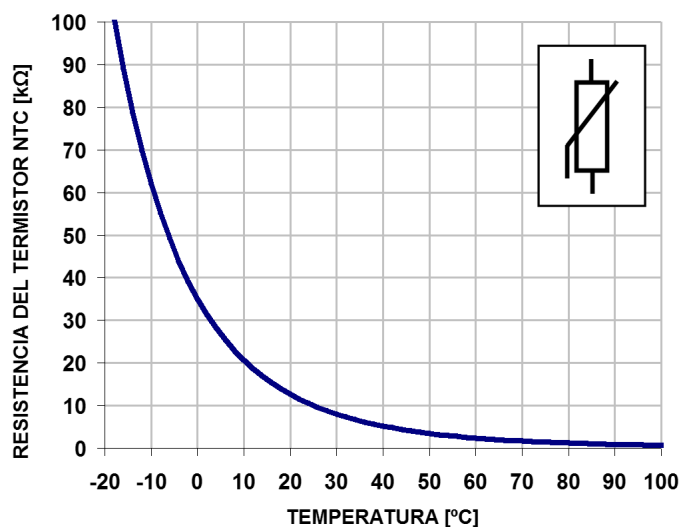
La temperatura es el parámetro que se mide con mayor frecuencia en aplicaciones automotrices, ya que los diferentes módulos de control electrónico requieren esta información para monitorear el comportamiento de los diferentes componentes del vehículo, como por ejemplo: la temperatura del refrigerante del motor, la temperatura del aceite del motor, la temperatura del aire que ingresa al motor, la temperatura del aire que está al interior de la admisión del motor, la temperatura de salida de los gases de escape, la temperatura del aceite de la transmisión, la temperatura del aceite del diferencial, la temperatura del habitáculo (para el control del aire acondicionado), la temperatura de la batería de servicio, la temperatura de la batería de tracción en el caso de los vehículos híbridos y eléctricos, entre otras. La medición de temperatura, a pesar de ser una de las variables físicas sencillas de medir, puede verse afectada debido a factores que pueden generar afectaciones en la medida como la masa térmica, el tiempo, el ruido, tipo de sensor etc. Sin embargo, esto se puede mitigar al realizar un montaje en el vehículo haciendo uso de cableado trenzado, el cual garantiza que las interferencias no intervengan en la señal que envía el sensor.

Los sensores de temperatura NTC son dispositivos que presentan una disminución en su resistencia eléctrica a medida que aumenta la temperatura. Su principio de funcionamiento se

basa en la variación de la resistencia de materiales semiconductores, cerámicos u óxidos metálicos. Los NTC pueden tener una alta precisión y estabilidad en un rango de temperatura específico, lo que los hace adecuados para diferentes aplicaciones.

Figura 1

Gráfica Sensor de Temperatura NTC



Nota. Sensor de temperatura (2024).

En la Figura 1 se muestra la Curva de temperatura Vs resistencia. Como se aprecia en la imagen en los sensores de coeficiente térmico negativo (NTC) la resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura.

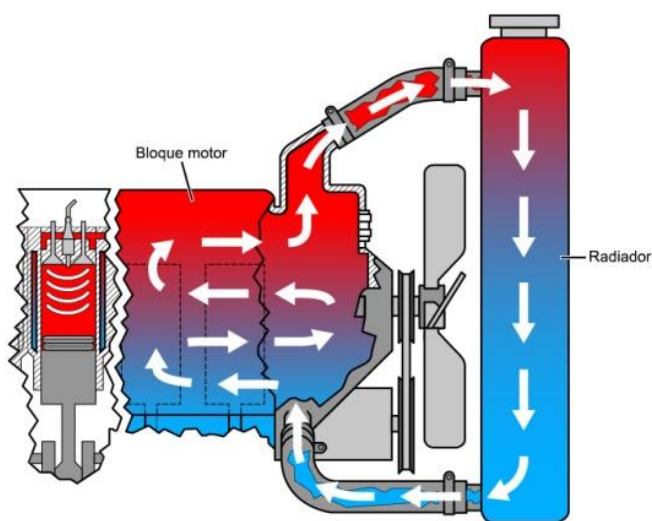
Los NTC tienen una alta sensibilidad a los cambios de temperatura, lo que permite mediciones precisas en un rango específico. Además, tienen una respuesta rápida a los cambios de temperatura, lo que los hace útiles en aplicaciones que requieren una rápida detección de cambios de temperatura. Asimismo, son dispositivos robustos y duraderos, lo que los hace adecuados para una variedad de entornos y aplicaciones industriales.

Los NTC son comunes en aplicaciones electrónicas, como en termostatos, dispositivos de seguridad contra sobrecalentamiento, sistemas de gestión térmica en dispositivos electrónicos, tales como computadoras y teléfonos móviles. También se utilizan en vehículos para medir la temperatura del refrigerante del motor, del aire de admisión, y para controlar el sistema de calefacción y aire acondicionado.

El Sistema de Refrigeración

Figura 2

Sistema de Refrigeración



Nota Fuente. Mnk, P. (2024)

El sistema de refrigeración de un motor de combustión está diseñado para mantener el motor de combustión interna en el rango de temperatura óptimo, regular la temperatura del motor evita el sobrecalentamiento en su operación. Este sistema funciona mediante un circuito cerrado donde intervienen varios elementos como: el refrigerante (mezcla de agua, etilenglicol y aditivos), la bomba de agua, el termostato, el electro ventilador, el depósito de expansión, el radiador, el radiador de calefacción, las tuberías, las mangueras, entre otros. La bomba de agua

hace circular el refrigerante por el interior del motor absorbiendo el calor generado por la combustión del combustible en interior del motor, al abrir el termostato de forma mecánica recircula el refrigerante por el radiador disipándolo al ambiente, al tiempo que el ventilador enciende extrayendo la alta temperatura del motor de combustión, luego que la temperatura baja el termostato cierra y el ventilado apaga, hasta que vuelve a abrir de forma manual el termostato y de forma electrónica el ventilador, todo esto es detectado por parte del sensor ECT (Engine Coolant Temperature), este sensor se encarga de informar al cuadro de instrumentos la temperatura del motor, al tiempo que informa a la computadora el motor de combustión para regular combustible y para hacer que el ventilador encienda o apague dependiendo de la temperatura del motor.

Fallas en el Sistema de Refrigeración de un Motor de Combustión Interna

Cualquier elemento del sistema de refrigeración que falle va a provocar sobrecalentamiento del motor, lo cual va a generar daños en componentes internos del motor, pérdida de potencia, problemas de encendido, mayor consumo de combustible. A continuación, se muestran algunas posibles causas que hacen que el motor se sobrecaliente:

Bajo nivel de refrigerante debido a fugas en el radiador, bomba de agua, mangueras o conexiones. Termostato defectuoso pegado en posición cerrada lo que hace que el refrigerante no circule con facilidad lo que hace que se expandan las mangueras, Bomba de agua dañada, desgastada en rodamientos o propela, haciendo que no exista flujo de agua en el interior del motor. Ventilador eléctrico defectuoso daño mecánico o eléctrico lo que no deja extraer la temperatura del motor, radiador obstruido por suciedad, acumulación de óxido o sedimentos al utilizar solo agua en el sistema, evita la recirculación del refrigerante. Tapa del radiador en mal estado, incapaz

de mantener la presión adecuada del sistema. Sensor o interruptor de temperatura defectuoso lo cual da una lectura incorrecta al conductor del vehículo.

Como se indica cualquier elemento del sistema que presente fallas va hacer que aumente la temperatura, si el conductor no está atento a esto puede generar daños en el motor por exceso de temperatura.

Escáner Automotriz

El escáner automotriz es una herramienta de exploración de todos los componentes eléctricos del vehículo como lo son: motor, transmisión, carrocería, frenos, suspensión, dirección entre otros. En Colombia, estos sistemas se desde 1996 con la incursión de los vehículos de inyección electrónica. Además, el escáner detecta fallos eléctricos que se pueden presentar en el ordenador de a bordo (computadora), gracias a la acción de los sensores que registran los errores de funcionamiento mediante un patrón o código. *¿Qué Es el Escáner Automotriz? (2020).*

Figura 3

Escáner Automotriz.



Nota. Fuente. Hernández, G. (2022).

Como indica Ortega - Galarza H.A., (2017) Para hacer verificación de señales de sensores automotrices “es necesario contar con el equipo (Escáner automotriz) ya que nos

ayudará a detectar las posibles fallas en los sistemas de sensores y actuadores, el software del equipo (Escáner automotriz) compara los datos del fabricante junto con los valores que nos arroje el equipo de medición”.

Marco Conceptual

En el siguiente apartado se recopila la fundamentación de conceptos sustentados en teorías, artículos, proyectos de grado, los cuales se consideraron necesarios para la realización y desarrollo del proyecto, desde su fase inicial hasta su finalización. Los términos asociados a la investigación son: adquisición y acondicionamiento de señal, placa de desarrollo de código abierto Arduino Uno, interfaz gráfica con usuario, OBD II.

Adquisición y Acondicionamiento de Señal

La adquisición y el acondicionamiento de la señal de un sensor de temperatura NTC (Coeficiente Térmico Negativo) es un proceso que se realiza para sistemas de medición y control basados en la variación de la resistencia del sensor de temperatura. Un sensor NTC es un tipo de termistor cuya resistencia disminuye de manera no lineal al aumentar la temperatura, lo que lo hace adecuado para aplicaciones de medición de temperatura precisas y sensibles. Para obtener la señal, primero se requiere un circuito adecuado que permita convertir los cambios de resistencia en variaciones de voltaje mediante un puente de Wheatstone. Este voltaje se acondiciona mediante el amplificador de instrumentación AD620. Finalmente, la señal acondicionada se digitaliza, utilizando un convertidor analógico-digital (ADC), permitiendo su procesamiento en sistemas electrónicos como Arduino Uno.

Arduino Uno

La placa de desarrollo de código abierto Arduino Uno es una herramienta versátil y ampliamente utilizada en proyectos de electrónica, automatización y control. Es ideal para estudiantes, ingenieros y aficionados. Basada en el microcontrolador ATmega328P, esta placa ofrece pines digitales (compatibles con PWM), entradas analógicas y una interfaz de

programación sencilla a través de su entorno de desarrollo integrado (IDE). Su diseño de código abierto permite a los usuarios personalizar tanto hardware como software, facilitando la creación de prototipos en áreas como la industria automotriz, el internet de las cosas (IoT), la robótica y el control industrial. Además, cuenta con comunicación USB y compatibilidad con numerosos sensores, módulos y shields de diversos fabricantes, lo que la convierte en una plataforma accesible para aprender y desarrollar proyectos electrónicos innovadores.

Interfaz Gráfica con Usuario

La interfaz gráfica con usuario basada en una pantalla LCD de 2x16 es una solución práctica y económica para la visualización de información en proyectos de electrónica. Este tipo de pantallas puede mostrar hasta 32 caracteres distribuidos en dos líneas, lo que la hace ideal para aplicaciones que requieren la presentación de datos como temperatura, estado del sistema o mensajes personalizados. Integrar una LCD de 2x16 con microcontroladores como Arduino Uno es sencillo gracias a la implementación de librerías como LiquidCrystal.h, que simplifican el control de los pines y comandos de la pantalla. Además, estas interfaces permiten mejorar la interacción con el usuario al combinarse con botones, potenciómetros o teclados matriciales, posibilitando la navegación por menú o la configuración de parámetros en tiempo real, su versatilidad y bajo costo hacen de la pantalla LCD de 2x16 sea un dispositivo común en proyectos de electrónica, robótica, sistemas embebidos, entre otros.

¿Qué es OBD II?

OBD II es el acrónimo de On-Board Diagnostic II (Diagnóstico a Bordo II), la segunda generación de requisitos de equipo de autodiagnóstico a bordo para vehículos livianos y medianos de California. Las capacidades de diagnóstico a bordo están incorporadas en el

hardware y software de la computadora a bordo de un vehículo para monitorear prácticamente todos los componentes que pueden afectar el rendimiento de las emisiones (sensores y actuadores). Cada componente se verifica mediante una rutina de diagnóstico para verificar que esté funcionando correctamente. Si se detecta un problema o un mal funcionamiento, el sistema OBD II enciende una luz de advertencia en el panel de instrumentos del vehículo para alertar al conductor y queda registrado el código de falla del elemento en cuestión, a continuación, se muestran algunos códigos de falla relacionados con el sistema de refrigeración los cuales se van a mostrar en la herramienta de exploración (escáner automotriz), se conecta al puerto de diagnóstico del vehículo, se busca la marca, el modelo y se verifican los códigos de falla almacenados en la memoria de la computadora de motor.

P0115 Mal funcionamiento en el circuito de temperatura del refrigerante del motor.

P0116 Rango/operación en el circuito de temperatura del refrigerante del motor.

P0117 Entrada baja en el circuito de temperatura del refrigerante del motor.

P0118 Entrada alta en el circuito de temperatura del refrigerante del motor.

P0119 Intermitente en el circuito de temperatura del refrigerante del motor.

P0125 Temperatura del refrigerante del motor insuficiente para control de combustible.

P0126 Temperatura del refrigerante del motor insuficiente para operación estable.

P1116 Sensor de temperatura del refrigerante del motor fuera del rango de auto prueba.

P1117 Intermitente en circuito del sensor de temperatura del refrigerante del motor.

Según Leyva, R. E. C., Mayorga, T., & Criollo, P. (2023). “Los dispositivos electrónicos de control y monitoreo representan un gran avance, a nivel tecnológico, en el campo industrial pues permiten medir cuantitativamente las variables físicas que intervienen en un proceso” (p. 2), con lo que se permite realizar controles precisos a los procesos.

Portilla – Flores R.F. (2017), resalta la importancia del funcionamiento del sistema de refrigeración del automóvil, “el sistema de refrigeración del motor de combustión interna trabaja con una presión generada por una bomba de agua, comandada por correa y hace circular el refrigerante a través de la culata y el bloque de cilindros” (p. 67).

Antecedentes

El estudio realizado por Llanes-Cedeño, E. A., Guardia-Puebla, Y., de la Rosa-Andino, A., Cevallos-Carvajal, S., & Rocha-Hoyos, J. (2019) demostró que “la presión y la temperatura son indicadores significativos en las fallas de los motores, además de que el

número de fallas detectadas por temperatura fueron más significativas que las reportadas por la presión de inyección” (p. 1). Demuestra así que el control que realiza el módulo de control del motor sobre la temperatura es vital para el correcto funcionamiento del motor de combustión interna.

El autor Ortega R. (2023) nos da pautas para que en los motores de combustión interna no se generen sobretemperatura (sobrecalentamiento) que pueden generar daños en este, “Mantener la temperatura del motor de tu auto dentro de los límites seguros es esencial para prolongar su vida útil y prevenir daños costosos, dado que, además de ser una pieza esencial para el funcionamiento de nuestro auto, las reparaciones suelen ser bastante caras.” (p. 1), con lo que muestra claramente que el sistema de refrigeración es susceptible a daños a causa de no identificar de forma clara la temperatura a la cual está operando el motor de combustión interna.

Según indica El País (2023). “El testigo de temperatura del motor, a menudo representado como un termómetro, alerta sobre problemas de sobrecalentamiento del motor. Si se enciende, es importante detenerse de inmediato y verificar el sistema de enfriamiento, haciendo al menos una inspección visual por parte del conductor donde verifique nivel de refrigerante, que no tenga fugas de este; Ignorar este testigo podría provocar daños graves en el motor y un alto riesgo de avería en la carretera.” (p. 1), sin embargo, no especifica que al

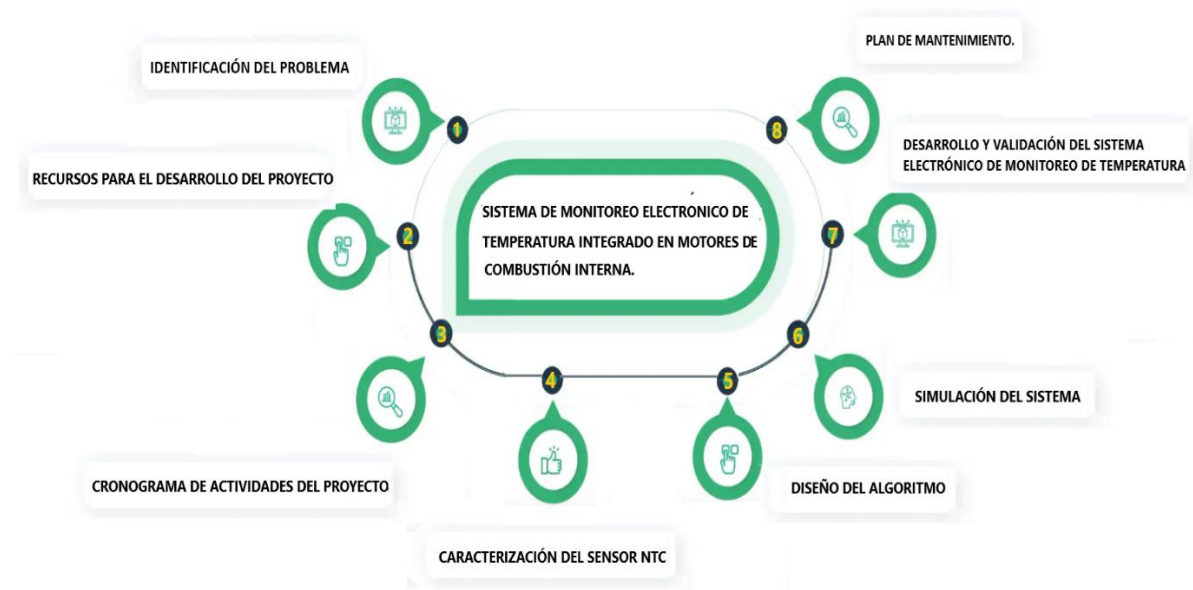
encender el testigo ya el motor está sufriendo sobretemperatura lo que lo va llevar a un daño mecánico.

Metodología

En el presente proyecto se desarrolla una investigación aplicada en el área automotriz donde se diseña e implementa el sistema electrónico de monitoreo de temperatura en motores de vehículos de combustión interna, el cual se puede instalar en un vehículo en el cual haya ausencia de sistema de monitoreo de temperatura en tiempo real como los que se muestran en la identificación del problema o en un módulo de simulación automotriz donde se verifique su funcionamiento a diferentes temperaturas, siendo este tipo de investigación dirigida fundamentalmente hacia un objetivo práctico específico como se presenta según Minciencias (2024).

Figura 4

Metodología



Nota. Autoría propia.

Recursos

De acuerdo con el diseño del proyecto, se realiza un estudio de mercado, en el que se verifica el precio online de los elementos que hacen parte del proyecto, siendo un insumo importante para presupuestar el costo del proyecto y analizar su viabilidad financiera. Para esto se verifica el precio de los elementos en tres empresas que los comercializan: Sensor de temperatura automotriz, pantalla LCD, diodos leds, Arduino Uno, cables dupont, relevador, buzzer, transistor 2n3904, resistencia.

Tabla 1

Estudio de Mercado Elementos

Elemento	Empresa		
Sensor de Temperatura Spark GT	https://donrepuestos.com/producto/sensor-temperatura-chevrolet-spark-gt/	https://www.importadorasasociadas.com/sensor-temperatura-chevrolet-spark-gt-beat-cruze-sonic-tracker-onix-cobalt-travers/p	https://articulo.mercadolibre.com.co/mco-871983745-pera-temperatura-chevrolet-spark-gt-_jm#position=5&search_layout=stack&type=item&tracking_id=fc606960-0db4-414b-8f46-def511899349
	\$ 22.500	\$ 212.541	\$ 69.000
Sensor de Temperatura Hyundai i10	https://autopartes.pelaezhermanos.com/inicio/16480-r4162-pera-temperatura.html	https://www.importadorasasociadas.com/sensor-temperatura-i10-1538-39220-02510/p	https://articulo.mercadolibre.com.co/mco-1891506194-pera-temperatura-para-accent-vision-grand-i10
	\$ 29.617	\$ 58.798	\$ 64.000

Elemento	Empresa		
Pantalla LCD	https://yorobotics.co/producto/display-1602-lcd-pantalla-162-backlight-azul-arduino	https://www.vistronica.com/display/lcd-16x2-backlight-azul-detail.html	https://www.electronicaplugandplay.com/optoelectronica/product/548-display-lcd-16x2-hd44780-backlight-azul
	\$ 14.500	\$ 10.500	\$ 16.500
Diodos Leds	https://www.electronicaplugandplay.com/optoelectronica/product/131-led-de-chorro-amarillo-5mm?search=led	https://www.vistronica.com/componentes-activos/diodos/led/led-amarillo-5mm-chorro-detail.html	https://yorobotics.co/producto/led-chorro-5mm-100-unidade-rojo-purpura-azul-blanco-naranja
	\$ 200	\$ 140	\$ 120
Arduino Uno	https://www.electronicaplugandplay.com/sistemas-embedidos/product/406-ard-uno-wifi-rev2?search=arduino%20uno%20	https://www.vistronica.com/board-desarrollo/arduino/board/arduino-uno-r3-compatible-detail.html	https://yorobotics.co/producto/arduino-uno-r3-atmega328p-5v-atmega16u2-robotica-sin-cable
	\$ 435.000	\$ 40.000	\$ 75.000
Cables Dupont	https://www.electronicaplugandplay.com/accesorios/product/829-jumper-cable-dupont-ff-40lines?search=cables%20dupont	https://www.vistronica.com/busqueda?controller=search&s=cables+dupont	https://yorobotics.co/?s=cables+dupont&post_type=product
	\$ 6.500	\$ 6.800	\$ 6.000
Relevador	https://yorobotics.co/producto/sensor-infrarrojo-llama-flama-5v-5cm-con-relevo	https://www.vistronica.com/potencia/modulo-relevo-de-1-canal-detail.html	https://www.electronicaplugandplay.com/modulos-plug-and-play/product/440-relaymodule-1ch-5v-10a?search=rele
	\$ 15.000	\$ 5.350	\$ 7.900
Buzzer	https://www.electronicaplugandplay.com/audio/product/561-buzzer-alarma-activo-5v?search=buzzer	https://yorobotics.co/producto/zumbador-buzzer-pasivo-ps1240-3-30v-70db-12x6mm-ps1240p02bt	https://articulo.mercadolibre.com.co/mco-592500114-buzzer-5v-_jm#is_advertising=true&position=1&search_layout=stack&type=pad&tracking_id=43037310-fb0d-4f31-907d-86e177a8c762&is_advertising=true&ad_domain=vqcatcore1st&ad_position=1&ad_click_id=ywe5yti5nwqtnddkmc00zgiyltlkmjatmmyyzjg3yzu4yjmx
	\$ 2.200	\$ 7.500	\$ 8.000

Elemento	Empresa		
Resistencia	https://articulo.mercadolibre.com.co/mco-534821020-50-resistencias-14-watt-valores-surtidos-_jm?searchvariation=174822747400#searchvariation=174822747400&position=5&search_layout=stack&type=item&tracking_id=5052e583-8926-4996-a3fc-b7de916f0053	https://www.electronicaplugandplay.com/componentes-pasivos/product/416-resistencia-1-ohm-1-4-watt?search=resistencia	https://yrobotics.co/producto/kit-resistencias-precision-metal-1-4w-600-unidades-10ohm-1mohm
Amplificador de Instrumentación AD620	\$ 200 https://www.mactronica.com.co/amplificador-de-instrumentacion-ad620	\$ 100 https://www.zamux.co/ad620-amplificador-de-instrumentacion	100\$ https://ferretronica.com/products/ad620-amplificador-de-instrumentacion-de-precision-dip8
	\$ 20.000	\$ 29.900	\$ 25.000

Nota. Esta tabla se muestra los precios de elementos necesarios para el proyecto.

Teniendo en cuenta el estudio de mercado (precios de elementos online) se indica a continuación cuales elementos son los que se van a utilizar en el desarrollo del proyecto.

Tabla 2

Recursos Necesarios

Recurso	Descripción	Presupuesto
Equipo Humano	Tecnólogo en electrónica Ferney A. Ramírez G. dedicado al desarrollo del proyecto, con una intensidad de 40H semanales	4.000.000\$
Equipos y Software	Multímetro, Escáner automotriz, estación de soldadura, fuente de alimentación	13.000.000\$
Viajes y Salidas de Campo	Salidas de campo para la verificación en el vehículo	200.000\$

Recurso	Descripción	Presupuesto
Materiales y suministros	Sensor de temperatura Chevrolet spark GT, pantalla LCD, diodos LEDs, Arduino Uno, cables dupont, relevador, buzzer, transistor 2n3904, Resistencias, amplificador de instrumentacionad620	300.000\$
TOTAL		17.500.000\$

Nota. En esta tabla se muestra el total de los recursos necesarios.

Costo-Beneficio del Sistema

El sistema de monitoreo electrónico de temperatura integrado en motores de combustión interna, tiene un costo inicial aproximado de 350.000\$ incluyendo la instalación, la relación costo beneficio es de más de 1000% en cuanto al costo que va generar una reparación por sobrettemperatura en un motor, por ejemplo para el Chevrolet Spark GT los costos de reparación pueden ser alrededor de 5.000.000\$ en una Pymes variando considerablemente si se buscan otras opciones como una serviteca donde esta misma reparación puede estar alrededor de 7.000.000\$ y en un concesionario puede estar alrededor de 10.000.000\$, estos costos se extraen de las visitas técnicas programadas, los mismos incluyen cambio de repuestos como radiador, mangueras, empaquetaduras, silicona, mecanizado y trabajos en culata, bloque, mano de obra, no se tienen en cuenta tiempos muertos, inactividad del vehículo o costos por uso diario del vehículo mientras está en proceso de reparación, por lo que el sistema de monitoreo de temperatura se vuelve un elemento que va proteger la inversión del dueño del vehículo al este identificar claramente la temperatura a la cual está operando su vehículo y evitar sobrecalentamiento en el motor.

Cronograma de Actividades

Para dar cumplimiento a cada una de los objetivos planteados en el proyecto a continuación, se muestra el cronograma de actividades del proceso a realizar, con la cantidad de meses de inicio y finalización, actividades propuestas por objetivos.

Tabla 3

Cronograma Para El Diseño e Implementación de la Solución.

1. Cronograma de Actividades			
Actividad	Mes 1	Mes 2	
Análisis y caracterización de sensor de temperatura automotriz.	X		
Diseño y simulación del circuito electrónico y algoritmo para la visualización y monitoreo de la temperatura en el vehículo.		X	
Realizar pruebas y ajustes que garanticen la precisión y confiabilidad del dispositivo a diferentes condiciones de temperatura del vehículo.		X	

Nota. En esta tabla se muestra las actividades a desarrollar en el proyecto.

Caracterización del Sensor de Temperatura Automotriz

Para realizar la caracterización del sensor NTC automotriz se tienen en cuenta que el agua hierve a diferentes temperaturas, esto va depender de la altura sobre el nivel del mar (presión atmosférica), La ley de Dalton establece que la presión total de una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones parciales de cada gas. En la atmósfera, esto significa que la presión total es la suma de las presiones parciales de gases como el nitrógeno, oxígeno, y otros, *Khan Academy*. (s/f). (2024).

El punto de ebullición del agua depende de la presión atmosférica. A nivel del mar (1 atm), el agua hierve a 100 °C. Si la presión disminuye (como en altitudes elevadas), el punto de ebullición es menor; si la presión aumenta, el punto de ebullición sube. Esto se debe a que la ebullición ocurre cuando la presión de vapor del agua iguala la presión atmosférica.

A continuación, se relaciona una imagen la cual muestra este fenómeno natural.

Figura 5

Punto de Ebullición del Agua



Nota. tomado de TOMi.digital (2024).

Para la caracterización del sensor de temperatura Automotriz tipo NTC se realiza el siguiente montaje.

Figura 6

Caracterización NTC 24°C.



Nota. Autoría propia.

Se ubican los elementos (termómetro, multímetro, cableado, sensor) de forma que no exista ninguna interferencia en lo que va estar sensando el sensor de temperatura automotriz.

Figura 7

Montaje Caracterización NTC.



Nota. Autoría propia.

Iniciamos con la medición de la resistencia a temperatura ambiente en la ciudad de Armenia, Quindío 24°C, la temperatura la verificamos con termómetro análogo, termómetro infrarrojo y cámara termográfica, la resistencia se mide con multímetro Fluke 176 en escala de ohmios, se realiza lectura cada 2 grados Celsius para un total de 35 mediciones.

Figura 8

Aumento de Temperatura Caracterización NTC.



Nota. Autoría propia.

Se tienen en cuenta varios aspectos para la toma de las medidas de resistencia, entre estos está lograr que la temperatura vaya subiendo de forma gradual, esto se logra encendiendo la estufa de gas por poco intervalos de tiempo 30 segundos aproximadamente, se realiza la toma de medidas hasta que el agua hierbe, 92°C

Figura 9

Caracterización NTC 92°C.



Nota. Autoría propia.

Para la segunda medición se realiza dejando que el sensor se vaya enfriando hasta temperatura ambiente, esto lo realizamos apagando la estufa y dejando que vaya bajando la temperatura, ya cuando la temperatura no descienda de forma gradual vamos sacando el agua de recipiente por medio de una jeringa y vamos agregando con esta agua a temperatura ambiente hasta que finalmente descienda la temperatura a 24°C.

Figura 10

Caracterización NTC Temperatura Descendente.



Nota. Autoría propia.

El ingreso de agua a temperatura ambiente debe hacerse de forma gradual y alejada del sensor logrando que el agua vaya bajando su temperatura de forma gradual hasta conseguir la medición en 24°C.

Con los datos de temperatura recopilados de forma ascendente y descendente se realiza una tabulación, la cual nos entrega el comportamiento propio del sensor de coeficiente térmico negativo, una curva descendente a mayor temperatura menor resistencia.

Tabla 4*Datos de Resistencia y Temperatura*

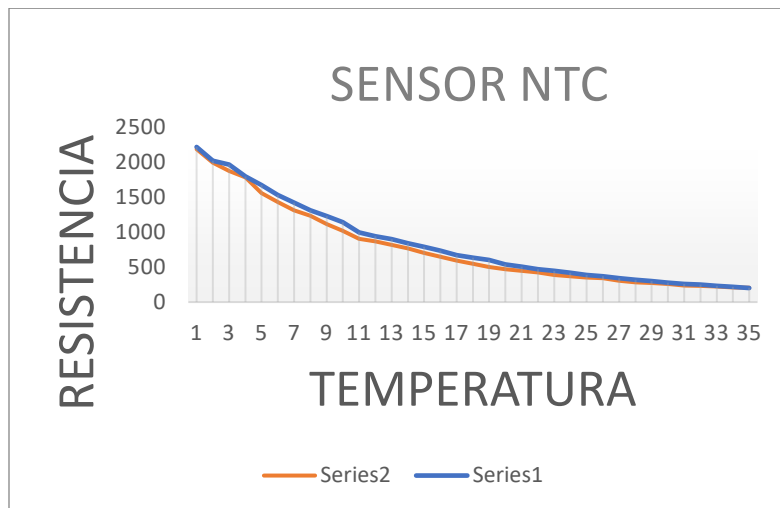
Datos	Resistencia	Temperatura	Resistencia	Temperatura
1	2210	24	2179	24
2	2015	26	1986	26
3	1957	28	1869	28
4	1789	30	1776	30
5	1666	32	1554	32
6	1525	34	1424	34
7	1416	36	1309	36
8	1309	38	1231	38
9	1225	40	1110	40
10	1136	42	1014	42
11	993	44	903	44
12	937	46	865	46
13	898	48	815	48
14	838	50	762	50
15	787	52	701	52
16	731	54	645	54
17	667	56	590	56
18	632	58	545	58
19	601	60	500	60
20	537	62	470	62
21	504	64	445	64
22	468	66	422	66
23	443	68	384	68
24	420	70	367	70
27	342	76	305	76
28	319	78	280	78
29	297	80	272	80
30	275	82	257	82
31	257	84	236	84
32	247	86	230	86
33	230	88	221	88
34	215	90	210	90
35	200	92	205	92

Nota. En esta tabla se muestra los datos obtenidos en la caracterización del sensor NTC.

Con los datos obtenidos en las mediciones realizadas se crea la curva característica de un sensor NTC.

Figura 11

Curva Característica Sensor NTC



Nota. Autoría propia.

A continuación, se hace uso de la ecuación de Steinhart-Hart, el sistema ecuación de Steinhart-Hart es una fórmula que se utiliza para calcular la relación entre la resistencia y la temperatura en NTC termistores.

Cálculos para verificar los coeficientes de Steinhart-Hart (A, B, C) y el coeficiente β , datos iniciales.

$$\text{Resistencia } R_1 = 2210\Omega \quad R_2 = 993\Omega \quad R_3 = 366\Omega$$

$$\text{Temperatura en grados Celsius } T_1 = 24^\circ\text{C} \quad T_2 = 44^\circ\text{C} \quad T_3 = 74^\circ\text{C}$$

Convertir temperaturas a Kelvin:

$$T_1 = 24 + 273.15 = 297.15\text{K}$$

$$T_2 = 44 + 273.15 = 317.15\text{K}$$

$$T_1 = 74 + 273.15 = 347.15K$$

Calculamos $\frac{1}{T}$

$$\frac{1}{T_1} = \frac{1}{297.15} = 0.003365226337$$

$$\frac{1}{T_2} = \frac{1}{317.15} = 0.003153681267$$

$$\frac{1}{T_3} = \frac{1}{347.15} = 0.002881279317$$

Calculamos $\ln(R)$

$$\ln(R_1) = \ln(2210) = 7.703903216$$

$$\ln(R_2) = \ln(993) = 6.899723585$$

$$\ln(R_3) = \ln(366) = 5.900903341$$

Calculamos $[\ln(R)]^3$

$$[\ln(R_1)]^3 = (7.703903216)^3 = 457.2685191$$

$$[\ln(R_2)]^3 = (6.899723585)^3 = 328.9747648$$

$$[\ln(R_3)]^3 = (5.900903341)^3 = 205.4131577$$

Ecuación de Steinhart-Hart es:

$$\frac{1}{T} = A + B\ln(R) + C[\ln(R)]^3$$

El sistema se representa como:

$$\frac{1}{0.003365226337} = A + B(7.703903216) + C(457.2685191)$$

$$\frac{1}{0.003153681267} = A + B(6.899723585) + C(328.9747648)$$

$$\frac{1}{0.002881279317} = A + B(5.900903341) + C(205.4131577)$$

Se resuelve el sistema de ecuaciones

Resolviendo, obtenemos:

$$A = 1.159808561 \times 10^{-3} \quad B = 2.988352318 \times 10^{-4} \quad C = -2.096928368 \times 10^{-3}$$

Cálculo del coeficiente β

Usamos la ecuación simplificada:

$$\beta = \frac{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}$$

Calculamos $\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$

$$\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) = \ln\left(\frac{993}{2210}\right) = \ln(0.449321645) = -0.7990056298$$

Calculamos $\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}$

$$\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} = 0.003153681267 - 0.003365226337 = -0.000211545070$$

Resolvemos β

$$\beta = \frac{-0.7990056298}{-0.000211545070}$$

$$\beta = 3769.725620$$

Finalmente obtenemos

Coefficientes de Steinhart-Hart:

$$A = 1.159808561 \times 10^{-3} \quad B = 2.988352318 \times 10^{-4} \quad C = -2.096928368 \times 10^{-3}$$

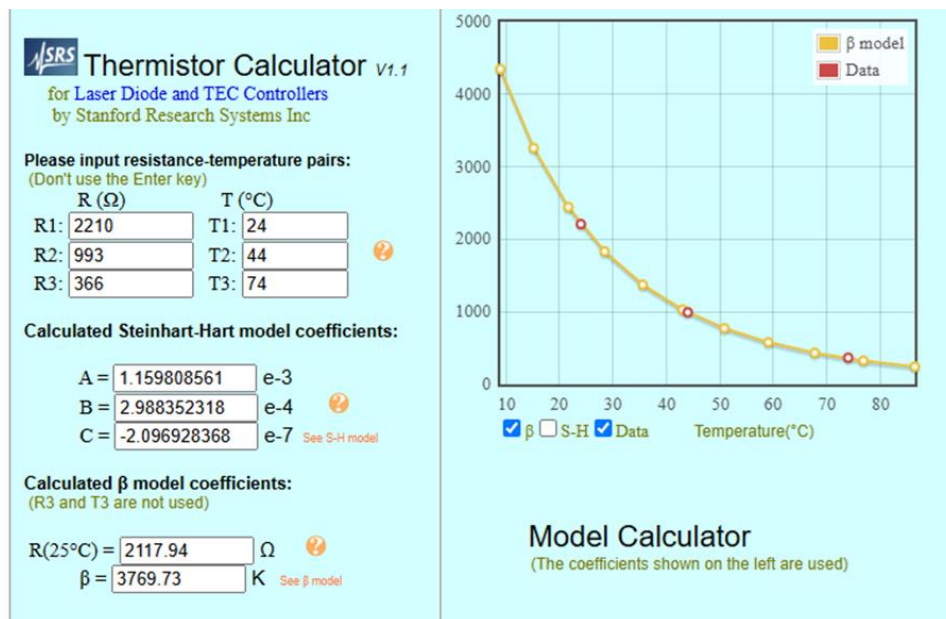
Coefficiente β

$$\beta = 3769.725620 \text{ K}$$

A continuación, se realiza verificación con la herramienta Thermistor Calculator V1.1

Figura 12

Relación entre la Resistencia y la Temperatura en NTC.



Nota: SRS Thermistor Calculator. (2024)

Se encuentra que los Coeficientes de Steinhart-Hart son iguales a los calculados, con los parámetros de la caracterización del sensor NTC utilizado.

Diseño y Simulación del Circuito Electrónico

Los vehículos en los que se puede implementar el sistema electrónico de monitoreo de temperatura operan con una batería de 12 VDC al ser automóviles, con un voltaje igual trabaja el módulo de simulación, el sensor de temperatura de coeficiente térmico negativo que se va utilizar tiene un rango de medición desde

-30°C hasta 150°C, salida analógica la cual se va a condicionar para que el voltaje de salida opere de 0VDC a 5VDC, la placa de desarrollo Arduino Uno trabaja con un Voltaje de entrada de 7 a 20 VDC, contiene pines de E/S digitales, pines de entrada analógica, corriente DC por Pin de E/S: 20 mA.

Inicialmente seleccionamos el sensor de temperatura automotriz NTC (Amphenol 0703-1272-76-S10) que se va a utilizar, identificando diferentes características de trabajo de este.

Especificaciones:

Voltaje de operación: 12VDC

Rango de trabajo: -30°C hasta 150°C

Peso: 28gr

Resistencia a 25°C: 2129Ω

Figura 13

Sensor NTC Automotriz



Nota. Autoría propia.

Después de la selección del sensor automotriz se procede a acondicionar la señal que entrega el sensor de temperatura pues el sensor NTC es análogo y su señal de salida no es lineal lo que dificulta el procesamiento de la variable medida, para realizar la caracterización de la señal de temperatura, se utiliza un puente de Wheatstone, para dar inicio al acondicionamiento, mediante un amplificador de instrumentación AD620 se amplifican la señal de salida del sensor, entregando una señal de salida una escala de 0 a 5 voltios, proporcional al rango de temperatura del sensor.

Se realizar los cálculos matemáticos para el acondicionamiento y la amplificación de la señal entregada por el sensor, se siguen los siguientes pasos:

Determinamos las características del sensor NTC Valor nominal de resistencia a 20°C: 2600 ohmios, configuramos el puente de Wheatstone con cuatro resistencias: dos resistencias de valor comercial 10kΩ y dos que incluyen la resistencia del NTC.

Tabla 5

Datos De Resistencia Vs Temperatura Sensor NTC

Temperature °C	R: 148 ohm at 110 °C	Resistance accuracy (+/- %)	Temperature accuracy (+/- °C)
-10	9779	7	1.42
0	6117	6.33	1.37
10	3935	5.67	1.31
20	2598	5	1.23
25	2129	4.87	1.23

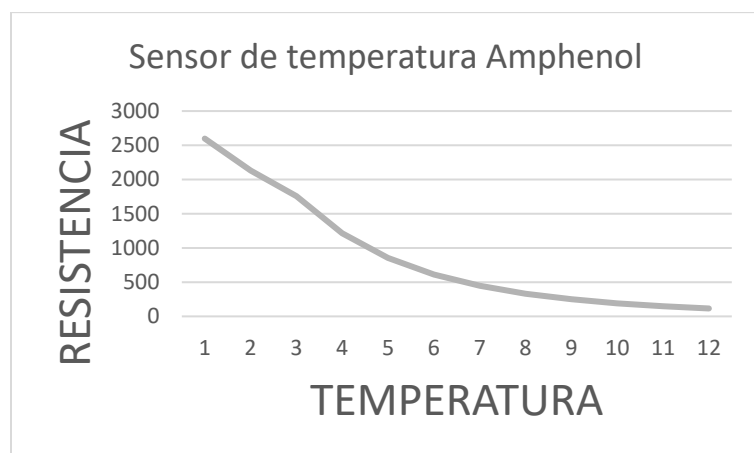
Temperature °C	R: 148 ohm at 110 °C	Resistance accuracy (+/- %)	Temperature accuracy (+/- °C)
60	613.8	4.11	1.26
70	448.3	3.94	1.27
80	332.6	3.78	1.29
90	250.5	3.63	1.30
100	191.3	3.48	1.30
110	148	3.38	1.32
120	115.9	3.60	1.47
130	91.76	3.82	1.16

Nota. En esta tabla se muestra los datos de resistencia y temperatura sensor NTC

Gráfica Característica del Sensor de Temperatura Amphenol

Figura 14

Curva Característica Sensor NTC Amphenol.



Nota. Autoría propia.

Resistencia variable R4: es el NTC de $2,6k\Omega$ a 20°C , el puente de Wheatstone se va equilibrar a 20°C ya que da una resistencia de $2.6k$ como se indica en la tabla de temperatura Vs resistencia del fabricante, alimentando el circuito a 12v tenemos que:

$$I = \frac{V}{R}$$

$$I = \frac{12}{2600}$$

$$I = 0,004\text{A}$$

$$I = 4.6\text{mA}$$

Iniciamos calculando el valor de R3 con el fin de limitar el flujo de corriente a través de Rx, para esto diseñamos el puente con una alimentación de 12VDC

$$I_{\rightarrow} = 0 \quad I_1 = I_2; \quad I_3 = I_x; \quad V_A = V_B;$$

$$\frac{V_{CA}}{V_{AD}} = \frac{I_1 R_1}{I_2 R_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

$$\frac{V_{CB}}{V_{BD}} = \frac{I_3 R_3}{I_X R_X} = \frac{R_3}{R_X}$$

$$V_A = V_B \quad \frac{V_{CA}}{V_{AD}} = \frac{V_{CB}}{V_{BD}} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_X}$$

$$R_X = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_X = 10k\Omega \frac{2600\Omega}{10k\Omega}$$

$$R_X = 2600\Omega$$

El voltaje entre los nodos A y B (V_{BA}) debe ser 0 VDC por lo tanto se tiene que

$$V_{BA} = V_B - V_A = V_{IN} \left(\frac{R_X}{R_X + R_3} \right) - V_{IN} \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right)$$

$$\left(\frac{R_X}{R_X + R_3} \right) = \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right)$$

$$R_X = \left(\frac{R_2 * R_3}{R_1} \right)$$

Teniendo en cuenta que $R_3 = 2600\Omega$ se asume que es igual a R_1 por su posición en las ramas del puente equilibrado, tenemos que el valor de R_2 esta dado por

$$R_X = \left(\frac{R_2 * R_3}{R_1} \right)$$

$$R_2 = \left(\frac{R_X * R_1}{R_3} \right)$$

$$R_2 = \left(\frac{2600 * 10K\Omega}{10K\Omega} \right)$$

$$R_2 = 2600\Omega$$

Realizando la simulación con proteus nos da que para que el puente quede equilibrado R_X debe ajustarse a 2600Ω , finalmente se comprueba que el voltaje entre los nodos A y B (V_{BA}) es 0 VDC por lo tanto se tiene que

$$V_{BA} = V_{IN} \left(\frac{R_X}{R_X + R_3} \right) - V_{IN} \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right)$$

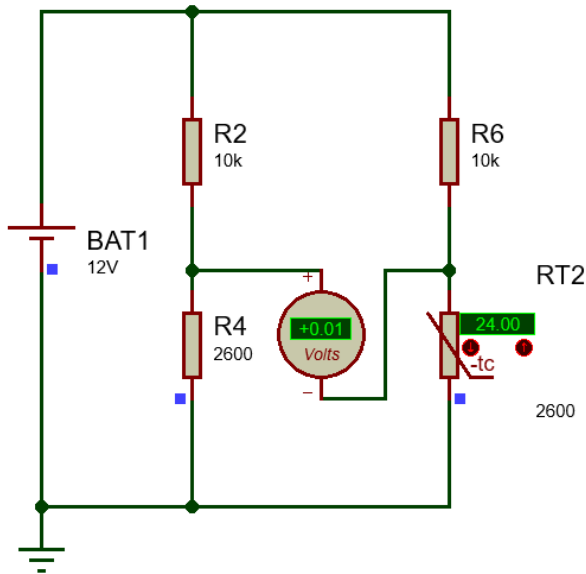
$$V_{BA} = 12 \left(\frac{2600\Omega}{2600\Omega + 10K\Omega} \right) - 12 \left(\frac{2600\Omega}{2600\Omega + 10K\Omega} \right)$$

$$V_{BA} = 2.47 - 2.47$$

$$V_{BA} = 0$$

Figura 15

Puente de Wheatstone Equilibrado.



Nota. Autoría propia.

Para amplificar la pequeña señal del puente de Wheatstone, usaremos un amplificador de instrumentación AD620. La ganancia del amplificador (A) se determina de la siguiente manera:

$$A = \left(\frac{R4}{R3}\right) * \left(1 + 2 * \frac{R2}{R1}\right)$$

En este caso, deseamos una ganancia que permita una salida de 0 a 5 voltios cuando la resistencia del NTC varía desde su valor nominal (2600Ω) hasta su valor mínimo a la temperatura máxima de interés. la temperatura máxima, la resistencia del NTC alcanza 60Ω (la resistencia disminuye a medida que aumenta la temperatura). Entonces, para obtener una salida de 0 a 5 voltios, podemos configurar R4 de manera que:

$$G = \frac{V_o}{V_i}$$

$$G = \frac{5v}{2.47v}$$

$$G = 1 + \frac{49400\Omega}{R_G}$$

$$G - 1 = \frac{49400\Omega}{R_G}$$

$$R_G = \frac{49400\Omega}{G - 1}$$

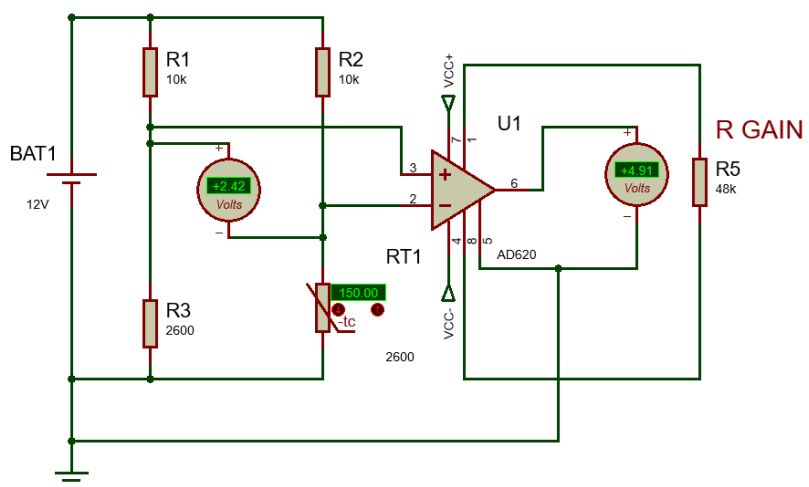
$$R_G = \frac{49400\Omega}{2.02 - 1}$$

$$R_G = 48.431\Omega$$

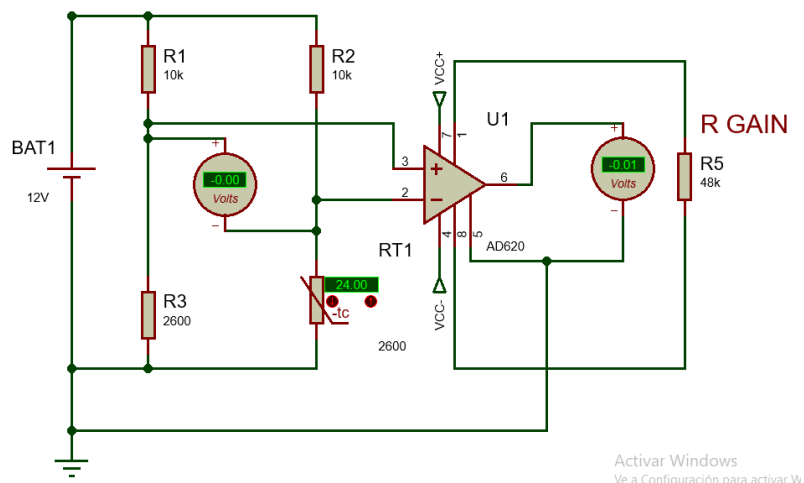
$$R_G = 48k\Omega$$

Figura 16

Salida 5 Voltios AD620.



Nota. Autoría propia.

Figura 17*Salida de 0 Voltios AD620**Nota. Autoría propia.*

Diseño del Algoritmo

En el contexto de nuestro proyecto de diseño de un indicador de temperatura automotriz, Arduino se presenta como una opción ideal pues se integra fácilmente con el software Proteus, al generar el software que se va a cargar en la tarjeta de desarrollo Arduino Uno que se simula en el Proteus integrando la simulación de sistemas electrónicos.

Al finalizar el acondicionamiento de la señal se debe procesar esta, para esto se hace uso de la placa de desarrollo de código abierto basado en el microchip ATmega328P Arduino Uno a la cual se le ingresa la señal acondicionada que entrega el sensor de temperatura automotriz a través de su puerto análogo A0.

Al tener acondicionado y amplificado el valor que entrega el sensor de temperatura NTC voltaje de salida opere de 0VDC a 5VDC, desarrollamos el algoritmo para la señal que genera el sensor de temperatura y que se visualice en una interfaz amigable con el usuario final para esto nos apoyamos en el IDE (Integrated Development Environment), el IDE que se va a utilizar es el software propio de Arduino.

Figura 18

Algoritmo Declaración de Variables



```

1
2 #include <LiquidCrystal.h> //SE DEFINE LA LIBRERIA PARA LA PANTALLA LCD
3 LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2); //LOS PINES DEL ARDUINO A UTILIZAR CON LA PANTALLA
4
5 int temperatura= 0; //VARIABLES y pines a utilizar
6 int LED_Rojo= 8; //VARIABLES y pines a utilizar
7 int LED_Verde= 9; //VARIABLES y pines a utilizar
8 int LED_Amarillo= 13; //VARIABLES y pines a utilizar
9 int BUZZER= 18; //VARIABLES y pines a utilizar
10
11 void setup()
12 {
13   if(temperatura >=185) //Si la temperatura es > a 185°C, en el LED debe aparecer ON LED rojo y ON el zumbador.
14   {
15     lcd.clear();
16     digitalWrite(BUZZER,HIGH); //manda un voltaje alto
17     digitalWrite(LED_Rojo,HIGH); //manda un voltaje alto
18     digitalWrite(LED_Verde,LOW); //manda un voltaje bajo
19     digitalWrite(LED_Amarillo,LOW); //manda un voltaje bajo
20
21     lcd.setCursor(0,0);
22     lcd.print(" PELIGRO ");
23     lcd.setCursor(0,1);
24     lcd.print("ALTA TEMPERATURA");
25     delay(4000);
26
27 }

```

Nota. Autoría propia.

Iniciamos declarando las variables y los pines de salida de la placa de desarrollo que se van a utilizar como se muestra en la figura 18.

Figura 19

Algoritmo Rangos de Temperatura



```

TEMPERATURA | Arduino IDE 2.1.2-nightly-20230712
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
TEMPERATURA.ino
25 // ...
26 // ...
27 // ...
28 else if ((temperatura >=90) && (temperatura<=100)) //Si la temperatura esta entre 90°C y 100°C, en el LCD debe aparecer termostato ON
29 {
30   lcd.clear();
31   digitalWrite(BUZZER,LOW); //manda un voltaje bajo
32   digitalWrite(LED_Verde,LOW); //manda un voltaje alto
33   digitalWrite(LED_Rojo,LOW); //manda un voltaje bajo
34   digitalWrite(LED_Amarillo,HIGH); //manda un voltaje bajo
35
36   lcd.setCursor(0,0);
37   lcd.print("TEMP. DE TRABAJO");
38   lcd.setCursor(0,1);
39   lcd.print("ABRE TERMOSTATO");
40   delay(400);
41   lcd.setCursor(0,0);
42   lcd.print(" ENCIENDE ");
43   lcd.setCursor(0,1);
44   lcd.print(" VENTILADOR ");
45   delay(400);
46 }
47
48 else if ((temperatura >=20) && (temperatura<=89)) //Si la temperatura esta entre 20°C y 89°C, en el LCD debe aparecer "Normal" y ON un LED Verde.
49 {
50   // ...
51 }
52 }
53
Output
Ln 98, Col 115 Arduino Uno [not connected]

```

Nota. Autoría propia.

Se crea un rango de trabajo donde el motor de combustión interna trabaja de manera adecuada, iniciando con una temperatura ambiente de 20°C a medida que va calentando el vehículo se visualiza la mediante la LCD y los leds que va indicando si la temperatura es correcta o está fuera de los parámetros de trabajo, este parámetro de fabricante lo conseguimos haciendo uso del escáner automotriz, ya que se analiza el comportamiento del sistema de refrigeración mediante el flujo de datos que envía el sensor de temperatura original a la computadora del vehículo, el termostato del vehículo abre a la misma temperatura que enciende el electro ventilador, es por lo que se tienen en cuenta este funcionamiento para programarlo en el micro controlador de la placa Arduino Uno.

Figura 20

Algoritmo Pines de Salida

```

TEMPERATURA.ino
48 else if ((temperatura >=20) && (temperatura<=30)) //Si la temperatura esta entre 20°C y 30°C, en el LCD debe aparecer "normal" y un LED verde.
49 {
50   lcd.clear();
51   digitalWrite(BUZZER,LOW); //manda un voltaje bajo
52   digitalWrite(LED_Verde,HIGH); //manda un voltaje alto
53   digitalWrite(LED_Rojo,LOW); //manda un voltaje bajo
54   digitalWrite(LED_Amarillo,LOW); //manda un voltaje bajo
55
56   lcd.setCursor(0,0);
57   lcd.print(" TEMPERATURA DE ");
58   lcd.setCursor(0,1);
59   lcd.print(" MOTOR NORMAL ");
60   delay(400);
61 }
62
63 }
64
65 void setup()
66 {
67   pinMode(LED_Verde,OUTPUT); //se declaran el pin como salida para el led
68   pinMode(LED_Rojo,OUTPUT); //se declaran el pin como salida para el led
69   pinMode(LED_Amarillo,OUTPUT); //se declaran el pin como salida para el led
70   pinMode(BUZZER,OUTPUT); //se declaran el pin como salida para el buzzer
71   ///////////////////////////////////////////////////////////////////
72   lcd.clear();
73   lcd.begin(16,2);
  
```

Nota. Autoría propia.

Se declaran los pines de salida para los LEDs y la alarma que se hacen necesarios para la visualización de indicadores y alarma auditiva como se muestra en la figura 20.

Figura 21

Algoritmo Conversor Análogo

```

TEMPERATURA.ino
72   lcd.clear();
73   lcd.begin(16,2);
74
75   lcd.setCursor(0,0);
76   lcd.print(" MONITOREO DE "); //Mensaje inicial del LCD
77   lcd.setCursor(0,1);
78   lcd.print(" TEMP. DE MOTOR "); //Mensaje inicial del LCD
79   delay(500);
80
81 }
82
83
84 void loop()
85 {
86   // Conversor analógico-digital convierte el valor entregado por el sensor en un valor de tensión de 0 a 5 voltios
87   temperatura=((5.0*analogRead(0)*100)/1023); // lee la temperatura del sensor grados Celsius
88   TEMP(); //llama a la función
89   ///////////////////////////////////////////////////////////////////
90
91   lcd.clear();
92   lcd.setCursor(0,0);
93   lcd.print("TEMPERATURA EN");
94   lcd.setCursor(0,1); //Texto en segunda fila (1)
95   lcd.print("GRADOS: "); //Texto GRADOS:,temperatura(lectura de sensor),233,C se visualiza GRADOS °C
96   lcd.print(temperatura);
97
  
```

Nota. Autoría propia.

En la figura 21 se muestra la creación del mensaje de bienvenida indicando cuál es la función que tiene la interfaz gráfica, con el fin que cualquier usuario se familiarice con el funcionamiento de la interfaz, así como sus indicadores luminosos.

Figura 22

Algoritmo Mensaje Función de la Interfaz Gráfica



```
TEMPERATURA | Arduino IDE 2.1.2-nightly-20230712
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno

TEMPERATURA.ino
82
83
84 void loop()
85 {
86   // Conversor analógico-digital convierte el valor entregado por el sensor en un valor de tensión de 0 a 5 voltios
87   temperatura=((5.0*analogRead(0)*100)/1023); // lee la temperatura del sensor grados Celcius
88   TEMP(); //llama a la función
89
90   ///////////////////////////////////////////////////
91
92   lcd.clear();
93   lcd.setCursor(0,0);
94   lcd.print("TEMPERATURA EN");
95   lcd.setCursor(0,1); //Texto en segunda fila (1)
96   lcd.print("GRADOS: "); //Texto GRADOS, temperatura(lectura de sensor),233,C se visualiza GRADOS °C
97   lcd.print(temperatura);
98   lcd.write(byte(223)); //SÍMBOLO ASCII DE °
99   lcd.print("C");
100  delay (500);
101  lcd.clear();
102
103  ///////////////////////////////////////////////////
104
105 }
106

Output
```

Nota. Autoría propia.

Los pines análogos de la tarjeta de código abierto registran valores desde 0 hasta 1023 como se muestra en la figura 22, es decir un total de 1024 posibilidades, inicialmente se determina el voltaje que tenemos en la entrada analógica, esto se obtiene multiplicando los 5 voltios de alimentación por el valor que tenemos en la entrada analógica, seguido a esto lo dividimos entre 1023, que es la cantidad de valores posibles de esta entrada analógica

Figura 23

Algoritmo Instrucciones por Alta Temperatura

```

TEMPERATURA.ino
42  lcd.print("ALTA TEMPERATURA");
43  delay(500);
44
45  lcd.setCursor(0,0);
46  lcd.print(" !PELIGRO! ");
47  lcd.setCursor(0,1);
48  lcd.print("ALTA TEMPERATURA");
49  delay(500);
50
51  lcd.setCursor(0,0);
52  lcd.print(" DETENGASE DE ");
53  lcd.setCursor(0,1);
54  lcd.print(" FORMA SEGURA ");
55  delay(500);
56
57  lcd.setCursor(0,0);
58  lcd.print("¡INSPECCIONE NIVEL");
59  lcd.setCursor(0,1);
60  lcd.print("DE REFRIGERANTE");
61  delay(500);
62
63  lcd.setCursor(0,0);
64  lcd.print(" SI TEMPERATURA ");
65  lcd.setCursor(0,1);
66  lcd.print("NO BAJA, APAGUE");
67  delay(500);
68
69  }
    
```

Nota. Autoría propia.

Se crean mensajes con instrucciones para el conductor si ocurre un sobrecalentamiento en el motor del vehículo indicado en la figura 23.

Figura 24

Resultados de Simulación

```

TEMPERATURA.ino
43  delay(500);
44
45  lcd.setCursor(0,0);
46  lcd.print(" !PELIGRO! ");
47  lcd.setCursor(0,1);
48  lcd.print("ALTA TEMPERATURA");
49  delay(500);
50
51  lcd.setCursor(0,0);
52  lcd.print(" DETENGASE DE ");
53  lcd.setCursor(0,1);
54  lcd.print(" FORMA SEGURA ");
55  delay(500);
56
57  lcd.setCursor(0,0);
58  lcd.print("¡INSPECCIONE NIVEL");
59  lcd.setCursor(0,1);
60  lcd.print("DE REFRIGERANTE");
61  delay(500);
62
63  lcd.setCursor(0,0);
64  lcd.print(" SI TEMPERATURA ");
65  lcd.setCursor(0,1);
66  lcd.print("NO BAJA, APAGUE");
67  delay(500);
68
69  }
    
```

Output

El sketch usa 4880 bytes (14%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32256 bytes.
 Las variables globales usan 375 bytes (18%) de la memoria dinámica, dejando 1673 bytes para las variables locales. El máximo es 2048 bytes.

Nota. Autoría propia.

Al finalizar el algoritmo se genera una simulación para analizar el funcionamiento que va a tener el antes de implementar el sistema electrónico de monitoreo de temperatura para motores de vehículos de combustión interna, indicando que El Sketch usa 4800 bytes (14%) del espacio de almacenamiento de programa, las variables Globales usan 375 bytes (18%) de la memoria dinámica, dejando 1673 bytes para las variables locales.

Simulación del Sistema

Sistema de monitoreo electrónico de temperatura integrado en motores de combustión interna, se hace uso del Arduino Uno ya que la versatilidad y facilidad de uso la convierte en una herramienta de diseño fundamental, permite implementar controladores simples, sistemas de adquisición de datos, interfaces gráficas, bajo consumo energético, al ser de código abierto se encuentran un sinnúmero de ayudas técnicas que se logran integrar en el sistema propuesto de manera eficiente, por ejemplo, nuestra interfaz gráfica de usuario por medio de una pantalla LCD y el sistema de adquisición de datos del sensor de temperatura integrado en una sola placa, adicional a esto la tarjeta de desarrollo cuenta con la serigrafía la cual nos indica alimentaciones de 5 voltios, negativos (GND), pines análogos y digitales, ente otras.

Las etapas correspondientes al diseño consistieron en caracterizar el sensor de temperatura automotriz, diseño y simulación del sistema electrónico de monitoreo de temperatura, desarrollo del algoritmo para la señal que genera el sensor de temperatura y que se visualice en una interfaz gráfica de usuario (GUI) realizada en una pantalla LCD de 2x16, finalmente se realizan pruebas de funcionamiento al sistema para ser instalado en el vehículo y/o módulo de simulación.

Diseño Electrónico

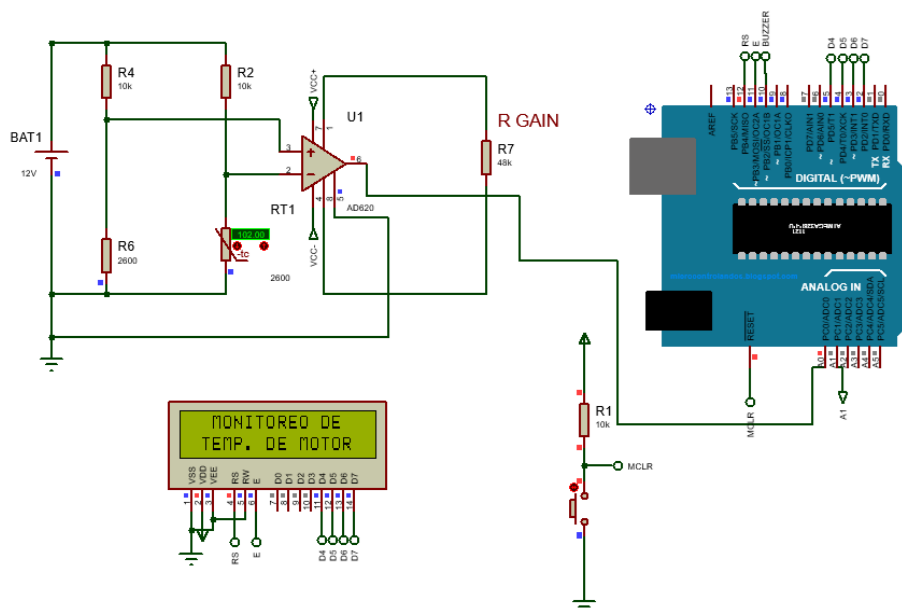
El diseño y desarrollo del sistema electrónico de monitoreo de temperatura propuesto requiere una herramienta de simulación de circuitos antes de su implementación física, es por esto que se decide utilizar el software Proteus ya que nos ofrece la capacidad de diseñar y simular este sistema de manera eficiente antes de construir el prototipo físico.

Para el diseño del sistema en Proteus se crea un circuito electrónico que incluye los componentes necesarios, como son: tarjeta de desarrollo Arduino Uno, sensor de temperatura, pantalla de cristal líquido (LDC), leds, transistores, entre otros.

Una vez construido el circuito electrónico se realiza la simulación en el software especializado (Proteus) donde se verifica el funcionamiento del mismo, se crean diferentes condiciones de temperatura y se verifica cómo responde el sistema a estos cambios, asegurándonos de que funcione correctamente en todas las situaciones previstas, y que entregue la información mediante la interfaz del usuario que se desarrolla con la pantalla LCD, así como las alarmas visuales programadas, con lo que podemos estar seguros que si funciona correctamente en la simulación se va a comportar de la misma manera cuando se implemente de forma física.

Figura 25

Simulación Interfaz Gráfica con el Usuario



Nota. Autoría propia.

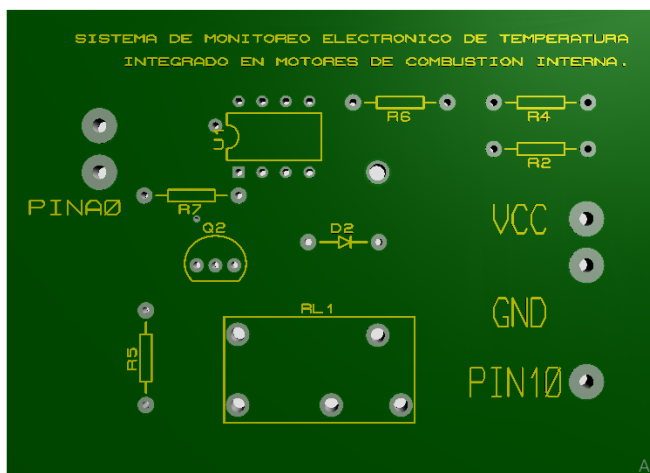
En el diagrama se visualiza el sensor de temperatura NTC conectado al Arduino, el Arduino tiene cargado el algoritmo generado y se verifica en la pantalla LCD los diferentes mensajes de funcionamiento del sistema, con lo que se concluye que el siguiente paso es implementar el sistema electrónico de monitoreo de temperatura físico y que el mismo se integre de manera eficiente en motores de vehículos de combustión interna específicos, para nuestro caso particular CHEVROLET SPARK GT, se toma como referencia este vehículo pues es uno de las marcas y modelos que presentan ausencia de indicador de temperatura de motor en su cuadro de instrumentos tanto en la primera generación como en la segunda, adicional a esto se cuenta con un cuadro de instrumentos en el que se verifica lo muestra el planteamiento del

problema y se diseña el sistema de monitoreo de temperatura en un módulo de simulación como se indica en los objetivos.

Diseño de Tarjeta de Circuito (PCB)

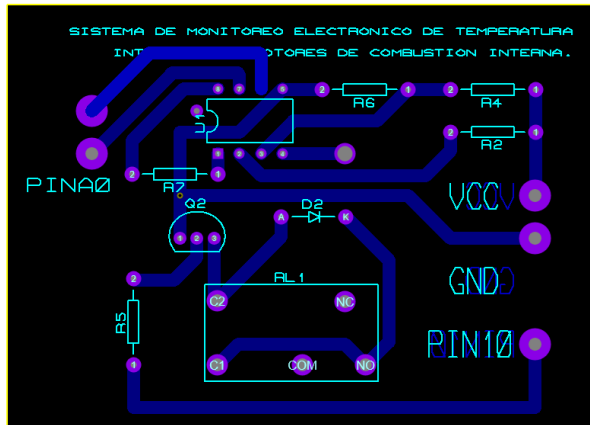
Figura 26

Serigrafía PCB

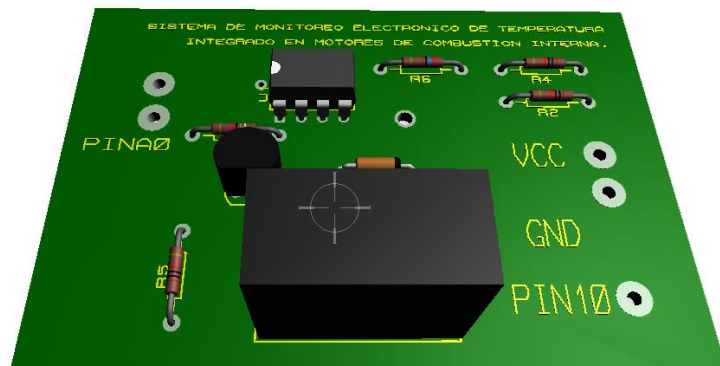


Nota. Autoría propia.

Con el software Proteus Ares se realiza la serigrafía de cada componente electrónico que va ser instalado en la PCB, se determinan los diámetros de estos componentes y se aumenta el tamaño para los cables de conexión.

Figura 27*Componentes y Pistas de PCB**Nota.* Autoría propia.

Con el software Proteus Ares se realizan las pistas que van a conducir el voltaje positivo como negativo realizando estas de con un grosor que permita el flujo de la corriente, así mismo que no intervenga con las demás pistas de cada componente electrónico.

Figura 28*Vista 3D PCB**Nota.* Autoría propia.

Finalmente se verifica con el software Proteus Ares la altura de los componentes para determinar el tamaño de la caja de proyectos que lo va a contener, y que no intervenga con los demás componentes electrónicos que van a ser instalados en la PCB.

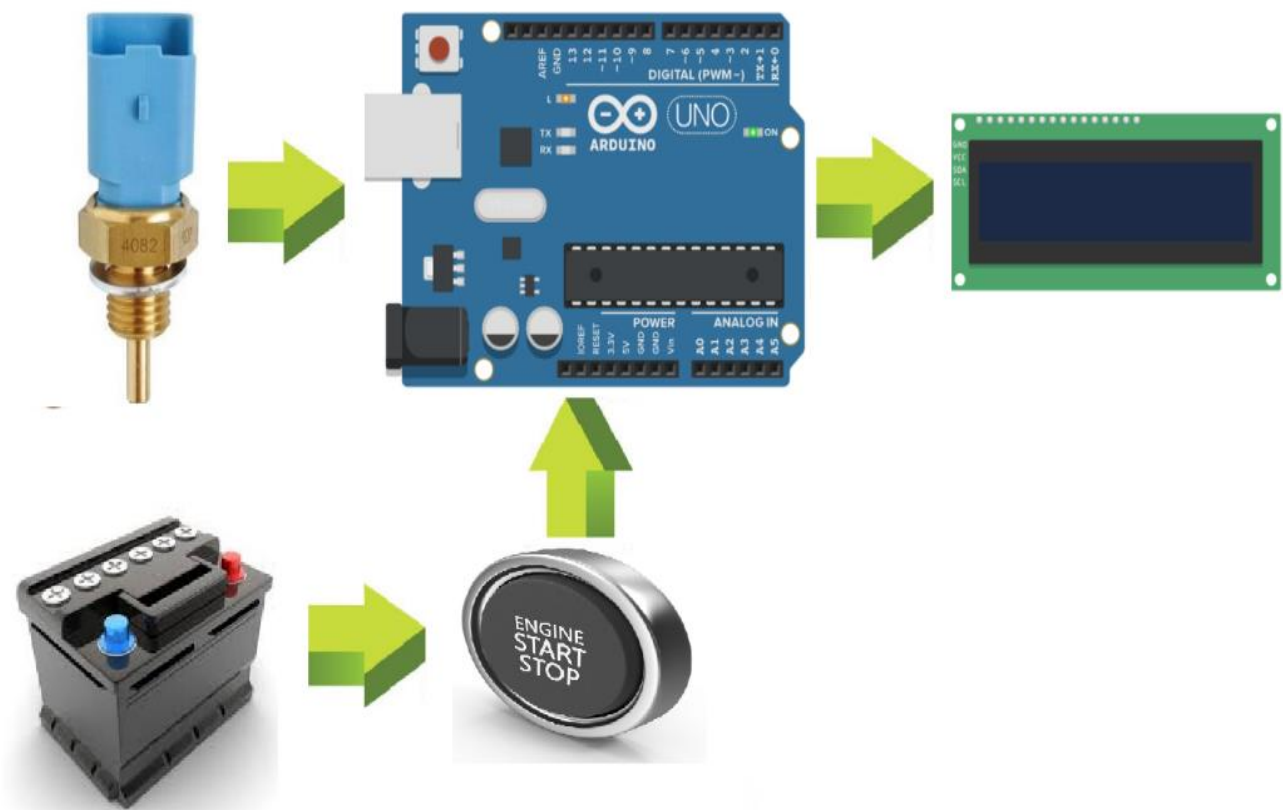
Se diseña la tarjeta electrónica (PCB Printed circuit board) en software especializado Proteus Ares, donde se integran todos los elementos del sistema, Amplificador de instrumentación, buzzer, relevador, elementos pasivos (resistencias, diodo) el cual da un acabado profesional, se evita falso contactos por ejemplo como se da en un protoboard, todos los elementos electrónicos van soldados con estaño a esta tarjeta electrónica.

Resultados Obtenidos

Validación del sistema electrónico de monitoreo de temperatura, el proyecto en este caso está instalado en un módulo de simulación, trabajamos con un voltaje de 12 voltios de CC provenientes de la batería para alimentar el sistema, el mismo no va a generar ninguna descarga prematura en la batería ya que solo funciona cuando se da el encendido con la llave, igual que en el vehículo.

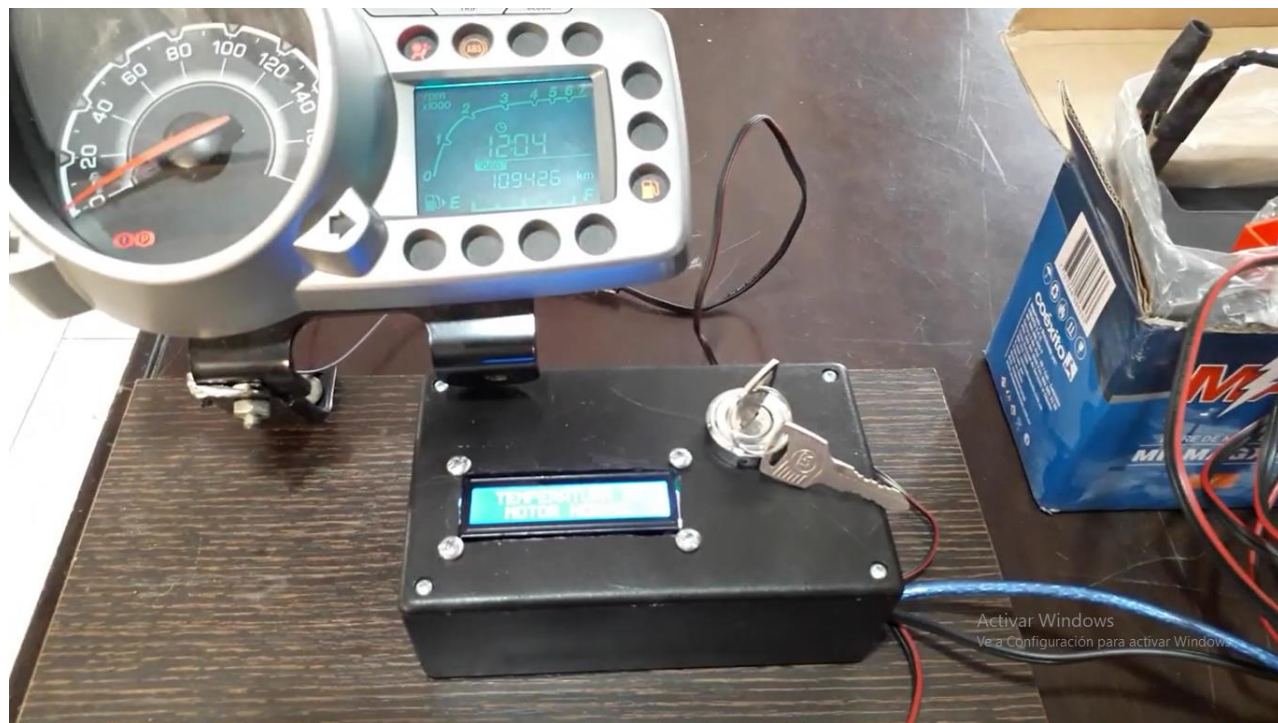
Figura 29

Diagrama de Bloque Sistema de Monitoreo de Temperatura



Nota. Autoría propia.

Cuando el sistema está encendido se ilumina el tablero de instrumentos de este, en el cual no tenemos ningún reloj o ningún indicador que nos indique la temperatura real del motor, solamente en este se va a encender un piloto o testigo cuando ya el vehículo tiene un sobrecalentamiento, nuestro sistema al encender el vehículo nos va dar un mensaje de bienvenida, el sensor de temperatura va a ir variando su resistencia a medida que cambia la temperatura y esta se va ir visualizando en la pantalla LCD, a medida que el motor adquiere su temperatura de funcionamiento se va calentando el sensor debe ir variando la temperatura en nuestra pantalla LCD indicándonos que la temperatura de funcionamiento se encuentra en parámetros, a medida que va subiendo la temperatura nos aparecen otros mensajes cuando entran el electro ventilador y termostato a funcionar, si el sistema detecta una sobretemperatura por encima del funcionamiento normal vamos a escuchar una alarma generada por el buzzer del sistema y vamos a ver los mensajes de advertencia e instrucciones para el conductor de lo que puede hacer en ese caso específico de sobre calentamiento. El módulo simulador del sistema de monitoreo de temperatura cuenta con conexión externa si necesitamos realizar alguna actualización del algoritmo o si el conductor requiere alguna personalización de los mensajes.

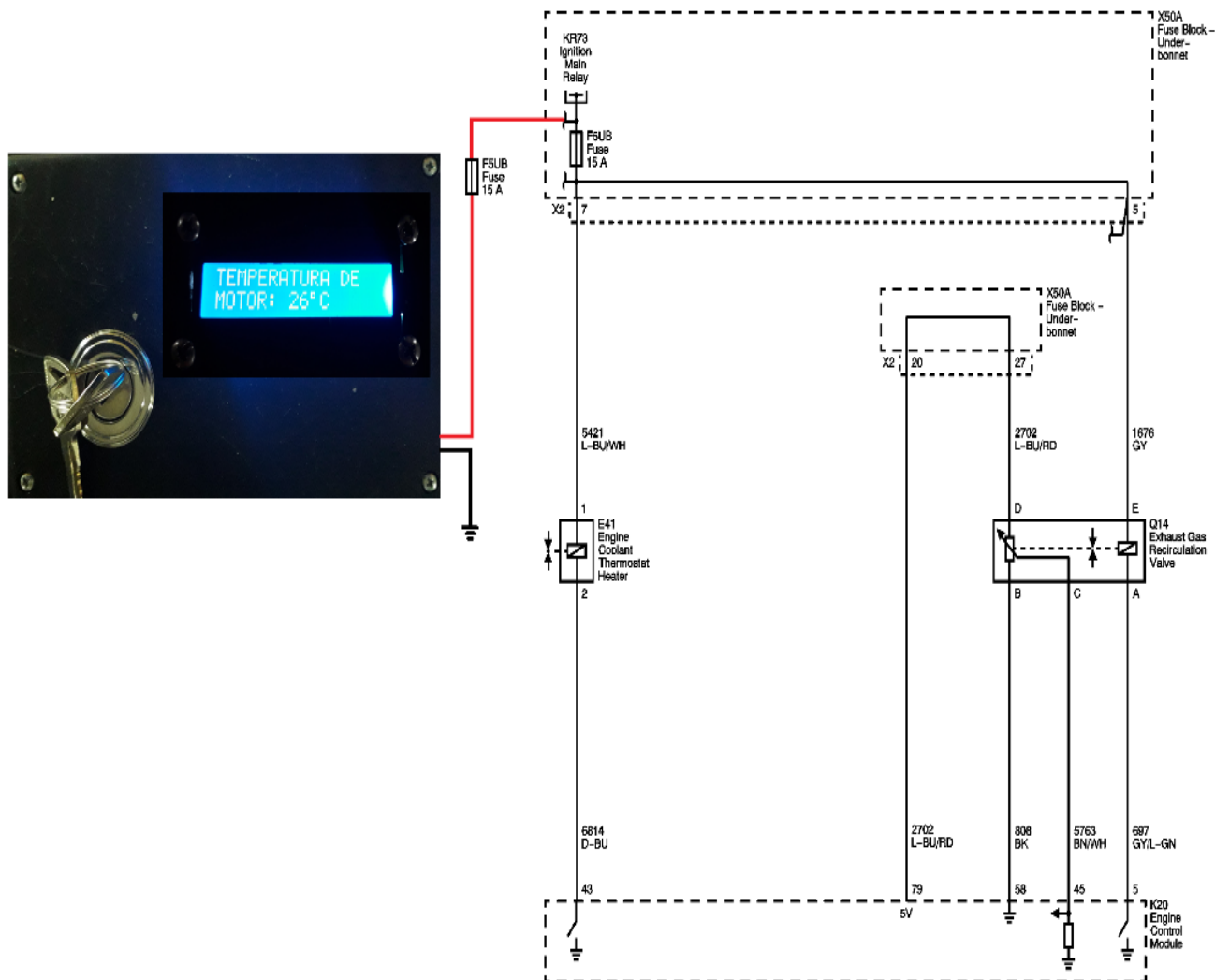
Figura 30*Módulo de Simulación*

Nota. Autoría propia.

Para optimizar el consumo energético si se realiza la instalación en un vehículo, se instala para que el sistema solo funcione cuando el vehículo está encendido, con esto se va a garantizar que el sistema de monitoreo de temperatura no genere descargas parásitas en la batería del vehículo con lo que se va a optimizar el uso de la energía y prolongar la duración de la batería del automóvil, para lo cual en la instalación se conecta a la línea de ignición 2 del vehículo (ignition main relay), esta solo está con voltaje cuando el vehículo está encendido, como se muestra en la figura 31.

Figura 31

Conexión del Sistema al Vehículo



Nota. Autoría propia.

Recomendaciones para los Usuarios

Para hacer uso de manera eficiente del sistema de monitoreo electrónico de temperatura integrado en motores de combustión interna, se debe verificar la temperatura de funcionamiento en la pantalla LCD la cual va a indicar la temperatura del motor, si por algún motivo no está pendiente de esta pantalla se va a encender una alarma auditiva la cual va a indicar si el motor está sufriendo un sobre calentamiento, se va a indicar con mensajes en la pantalla LCD, para esto debe orillarse al lado de la carretera, accionar la luz estacionaria y detener el vehículo, dejar el motor al ralentí entre 700 y 1000 RPM durante unos minutos, realizar una inspección visual del nivel de refrigerante, fugas de este o elementos como correas, ventilador en mal estado, si la temperatura que indica la pantalla no baja a una temperatura de funcionamiento normal, debe apagar el motor consultar a un taller lo antes posible.

Mantenimiento Preventivo

Figura 33

Mantenimiento Sistema de Monitoreo de Temperatura



Nota. Trujillo, A. (2021, diciembre 17).

Realizar inspección cada 5000Km o cada vez que se realice un servicio de mantenimiento al vehículo. Secundino, E. (2011)], la inspección consiste en revisar los siguientes puntos:

Revisar el sistema electrónico de monitoreo de temperatura (interfaz gráfica con el usuario, pantalla LCD).

Verificar el estado físico del sensor de temperatura NTC y verificar las conexiones eléctricas (cables y conectores), adicional a esto es recomendable verificar el km del vehículo para relacionarlo con el kilometraje del sensor, para analizar si este requiere cambio. Eurofed, W. by. (2020).

Mediante la verificación de códigos de falla con escáner automatizado asegurar que el sistema de refrigeración del motor esté operando correctamente, se analiza el funcionamiento del termostato y electro ventilador.

Verificar el flujo de datos en el escáner automotriz entregado por el sensor de temperatura del vehículo, estos datos correspondan con la temperatura real del motor.

Verificar el correcto funcionamiento de las alarmas auditivas y visuales (LEDs).

Limpieza del sistema de monitoreo Caja integrada (Arduino Uno, pantalla LCD y los demás componentes electrónicos del sistema) con lo que se evita acumulación de suciedad que generar aislamiento de voltaje, caídas de voltaje lo que pueda afectar el funcionamiento del sistema.

Mantenimiento Correctivo

Figura 34

Mantenimiento Correctivo Sistema de Monitoreo de Temperatura



Nota. Mundial, M. (2023).

Reparar o reemplazar los componentes defectuosos o dañados, como pueden ser: sensor de temperatura NTC, cableado, tarjeta de desarrollo Arduino Uno, microcontrolador Arduino, buzzer, leds, resistencias.

Si se identifican problemas relacionados con el algoritmo o calibraciones de este dependiendo del vehículo a trabajar, realizar actualizaciones o correcciones en el código lo que va garantizar el rendimiento del sistema.

Discusión

Después de realizar el análisis y caracterización de sensor de temperatura automotriz, se obtienen los insumos necesarios para el diseño y simulación del circuito electrónico, así como el algoritmo para la visualización y monitoreo de la temperatura en el vehículo, finalmente al realizar las simulaciones tanto de la parte electrónica como la programación del sistema y después de no encontrar ningún problema se procede a realizar el montaje y desarrollo del circuito y módulo de simulación, se continúa con las pruebas y ajustes del sistema para garantizar la precisión y confiabilidad del dispositivo a diferentes condiciones de temperatura del vehículo, con lo que se evalúan los mensajes que va visualizar el conductor, así como la alarma auditiva y los mensajes de sobrecalentamiento, con lo que el sistema funciona correctamente como se planificó desde el inicio del proyecto.

Conclusiones

Durante la caracterización del sensor de temperatura aplicado en motores de combustión analizamos que es un sensor de trabajo pesado ya que su encapsulado así lo muestra, así mismo los intervalos de cambio de este tipo de sensores son de alto kilometraje.

Al diseñar el sistema electrónico de monitoreo de temperatura vemos que los softwares para la simulación nos permiten darnos cuenta del comportamiento de cada uno de los componentes del sistema, reduciendo costos a la hora de la implementación, ya que si funciona correctamente en la simulación va tener el mismo comportamiento en el montaje del sistema físico.

El sistema diseñado se puede instalar en un vehículo funcional o en un módulo de simulación, permitiendo configurar el sistema de monitoreo de temperatura directamente en el vehículo o módulo de simulación.

Al validar el sistema electrónico de monitoreo de temperatura en el motor de combustión interna logramos comprender la importancia de los sensores de temperatura para diferentes aplicaciones, en este caso la automotriz, se obtienen los resultados esperados en funcionamiento lo que lo convierte en un sistema que se va a comercializar con facilidad.

Se genera una propuesta para la solución de una problemática real que presentan algunos vehículos de marcas reconocidas que se comercializan en el país, en esta propuesta se indican algunas causas y efectos de la problemática planteada.

Es importante tener en cuenta las características del sensor de temperatura ya que con esto se garantiza la correcta aplicación del sensor disminuyendo costos y garantizar la calidad de las mediciones de temperatura en el motor de combustión interna.

Se realizó la caracterización de los sensores de temperatura, de tal forma que los datos obtenidos, permitieron enviar la señal a través de la tarjeta de desarrollo Arduino Uno hacia la interfaz del usuario (GUI) mediante la pantalla LCD, con las pruebas realizadas, al sistema se visualiza la información suficiente para que el usuario (Conductor) conozca el comportamiento de la temperatura del motor de combustión interna.

La optimización del consumo energético garantizará un uso eficiente de la energía de la batería del vehículo, prolongando su duración y reduciendo el riesgo de descargas parásitas al utilizar un nuevo elemento de consumo como lo es el sistema propuesto.

El plan de mantenimiento preventivo y correctivo establecido garantizará el funcionamiento óptimo y la fiabilidad a largo plazo del sistema de monitoreo de temperatura.

La creación de un registro digital de mantenimiento facilitará el seguimiento y la gestión de las intervenciones realizadas en cada vehículo que se implemente el sistema.

Los sensores de temperatura son de los más utilizados en procesos productivos pues la aplicación de estos es variada, control de calderas, producción de pintura, tratamiento de productos del cuero, hornos de fundición, hornos de secado de madera, procesos de soldadura entre otros, automóviles donde el control de temperatura es esencial para garantizar los procesos que se desarrollan.

El sistema desarrollado solamente es necesario conectar positivo después de contacto o ignición 2, un negativo y el sensor, con lo que su facilidad de instalación lo convierte en un dispositivo que cualquier persona siguiendo las indicaciones del diagrama eléctrico puede conectar.

Con el sistema propuesto se reduce costos de reparaciones por fallos en el sistema de refrigeración, ya que va advertir al conductor de un posible sobrecalentamiento, con lo que va a mejorar la seguridad del vehículo al prevenir este tipo de fallas por sobrecalentamiento del motor.

Trabajos Futuros

Ya que en el mundo de la electrónica nada está escrito, siempre vamos a tener oportunidades de mejora, como proyección en la investigación desarrollada en el presente proyecto puede ser la implementación del sistema creado en un vehículo funcional y realizar la integración de más sensores vitales para la vida del motor de combustión interna como lo puede ser un sensor de nivel de aceite, sensor de presión de aceite, adicional a estas señales el sistema va contar con mensajes de advertencia si hay baja presión de aceite o bajo nivel de este, con lo que el motor de combustión interna va tener una vida útil prolongada ya que va tener múltiples sistemas que van evitar fallas catastróficas pues le va indicar al conductor cada una de estas, se tiene presente que los vehículos cuentan con un sensor de presión de aceite de motor, sin embargo advertencias en dispositivos como pantallas no, así mismo, el uso de alarmas hace que el conductor esté más atento al funcionamiento del motor.

Referencias Bibliográficas

- Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2016). *Sensores y actuadores: Aplicaciones con Arduino*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/39464?page=186>
- ¿Cuáles son los testigos principales de un carro? (2023, octubre 9). *El País*. <https://login.bdigital.sena.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/newspapers/cuáles-son-los-testigos-principales-de-un-carro/docview/2875295747/se-2>
- Eurofed, W. by. (2020, julio 6). When to replace the coolant temperature sensor in your VW. *Eurofed Automotive*; Autosshop Solutions. <https://eurofedautomotive.com/when-to-replace-the-coolant-temperature-sensor-in-your-vw/>
- Hernández, G. (2022, enero 13). Scanner automotriz. *Elperito.com*. <https://elperito.com/scanner-automotriz/>
- Investigación aplicada. (s.f.). *Minciencias*. <https://minciencias.gov.co/glosario/investigacion-aplicada>
- Khan Academy. (s.f.). *Khanacademy.org*. <https://es.khanacademy.org/science/ap-chemistry/gases-and-kinetic-molecular-theory-ap/ideal-gas-laws-ap/a/daltons-law-of-partial-pressure>
- Leyva, R. E. C., Mayorga, T., & Criollo, P. (2023). Sistema de monitoreo remoto para mantenimiento predictivo en un motor eléctrico, 128-144. <https://login.bdigital.sena.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/scholarly-journals/sistema-de-monitoreo-remoto/docview/2828439770/se-2>

- Llanes-Cedeño, E. A., Guardia-Puebla, Y., de la Rosa-Andino, A., Cevallos-Carvajal, S., & Rocha-Hoyos, J. (2019). Detección de fallas en motores de combustión mediante indicadores de temperatura y presión de inyección. *Ingenius*, (22), 38-46.
<https://doi.org/10.17163/ings.n22.2019.04>
- Mnk, P. (2024, junio 3). Revisión y cambio de sistemas de enfriamiento para autos. *Proauto*.
<https://proauto.com.mx/servicio-mecanico-automotriz/sistemas-de-enfriamiento>
- Mundial, M. (2023, noviembre 3). ¿Qué es el sensor ECT y para qué sirve? *Blog Motor MAPFRE*. <https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/consejos-de-mantenimiento/sensor-ect/>
- Ortega-Galarza, H. A. (2017). Diseño del manual de operación del scanner automotriz G-Scan 2 para diagnóstico electrónico en sistemas de inyección electrónica a gasolina, 8-9.
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2319/1/T-UIDE-162.pdf>
- Ortega, R. (2023, marzo 2). Cómo bajar la temperatura del motor de tu vehículo. *La Opinión*.
<https://login.bdigital.sena.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/newspapers/cómo-bajar-la-temperatura-del-motor-de-tu/docview/2781395238/se-2>
- Portilla-Flores, R. F. (2017). Diseño e implementación de un control adaptativo para temperatura de un motor de combustión interna utilizando la técnica de identificación basada en mínimos cuadrados recursivos, 45-48.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14953/1/UPS-CT007375.pdf>
- ¿Qué es el escáner automotriz? (2020, noviembre 13). *Renting Finders*.
<https://rentingfinders.com/glosario/escaner-automotriz/>

Registro informes interactivos. (2024, noviembre 25). *Andemos*.

<https://www.andemos.org/registroinformesinteractivos>

Secundino, E. (2011). *Motores*. Madrid, Macmillan Iberia, S.A. <https://elibro->

net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/lc/unad/titulos/101844

Sensor de temperatura. (2024, marzo 17). *Picuíno*. <https://www.picuíno.com/es/control-sensor->

[temp.html](https://www.picuíno.com/es/control-sensor-temp.html)

SRS Thermistor Calculator. (s.f.). *Thinksrs.com*.

<https://www.thinksrs.com/downloads/programs/Therm%20Calc/NTCCalibrator/NTCcalculator.htm>

TOMi.digital. (s.f.). ¿Por qué se dice que el agua se debe hervir por cinco minutos?

TOMi.digital. https://tomi.digital/es/es/56292/por-que-se-dice-que-el-agua-se-debe-hervir-por-cinco-minuto?utm_source=google&utm_medium=seo

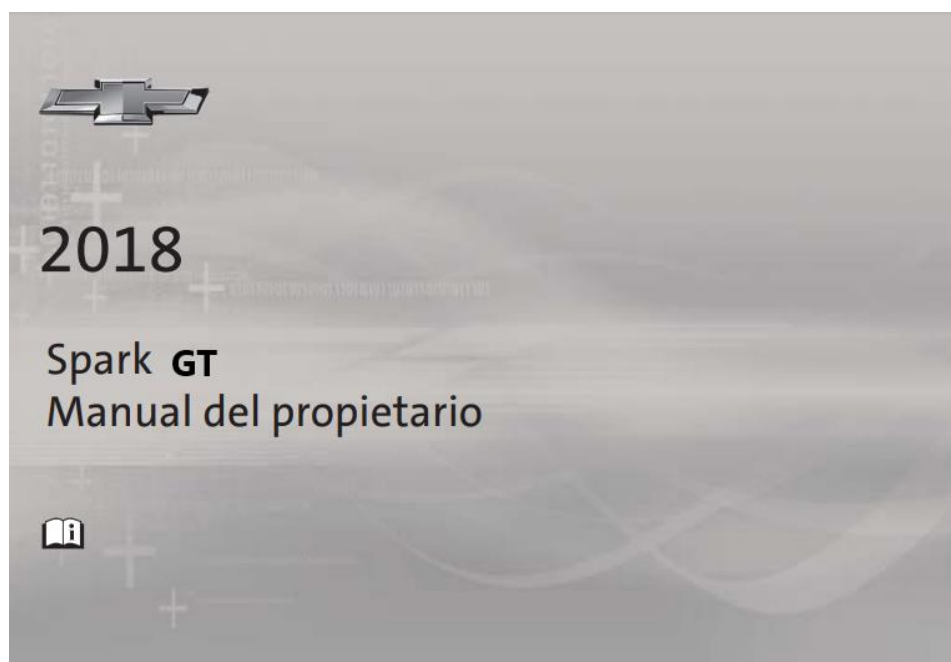
Trujillo, A. (2021, diciembre 17). Cómo cuidar el sistema eléctrico de tu vehículo. *THINKCAR*.

<https://thinkcarmexico.com/como-cuidar-el-sistema-electrico-de-tu-vehiculo/>


Apéndices

Apéndice A

Manual del Propietario CHEVOLET SPARK GT.



Luz de advertencia del sistema de frenos

 se enciende en rojo.

Se enciende cuando el freno de estacionamiento se suelta, si el nivel del líquido de frenos es demasiado bajo o si hay una avería del sistema de frenos.

Líquido de frenos ⇨ 181.

Advertencia

No conduzca si la luz de advertencia del sistema de frenos está encendida.


Eso significa que los frenos no funcionan de forma adecuada.

Conducir con frenos que funcionan mal puede provocar colisiones que resulten en heridas personales o daños a su vehículo y otras propiedades.

Se enciende después de conectar el encendido si el freno de mano manual está accionado.

Freno de mano ⇨ 162.

Indicador de advertencia del sistema antibloqueo de frenos (ABS)


 se enciende en amarillo.

Se ilumina durante unos segundos después de conectar el encendido. El sistema está operativo cuando se apaga el testigo de control.

Si transcurridos unos segundos el testigo no se apaga, o si se enciende mientras conduce, hay una avería en el sistema ABS. El sistema de frenos del vehículo permanece operativo pero sin la regulación del ABS.

Sistema antibloqueo de frenos (ABS) ⇨ 162.

Luz de dirección de esfuerzo variable

 se enciende en amarillo.


Se enciende durante un período breve cuando se conecta el encendido, para mostrar que la luz funciona.

Falla en el sistema de servodirección (EPS). Esta falla puede causar un esfuerzo mayor o menor para accionar la dirección. Consulte a un taller si se enciende después de la interrupción de la alimentación eléctrica.

El sensor de ángulo de dirección debe calibrarse para que el sistema de servodirección funcione nuevamente. Para la calibración, gire el volante desde una posición límite a la otra.

El indicador de control se apaga cuando el sistema de servodirección funciona nuevamente.

Indicador de advertencia de temperatura del refrigerante del motor

 se enciende en rojo.

La luz indica que el refrigerante del motor se ha recalentado.


Si ha estado haciendo funcionar su vehículo en condiciones de conducción normales, debe salir de

66 Instrumentos y controles

la carretera, detener el vehículo y dejar el motor al ralentí durante unos minutos.

Si la luz no se apaga, debe apagar el motor y consultar a un taller lo antes posible. Le recomendamos que consulte a su taller autorizado.

Indicador de presión de aceite del motor

 se enciende en rojo.

Se ilumina al conectar el encendido y se apaga poco después de arrancar el motor.

Se enciende con el motor en marcha

Atención

Puede que se interrumpa la lubricación del motor. Esto puede provocar daños al motor y/o bloquear las ruedas de accionamiento.

Si se enciende el testigo de presión de aceite del motor durante la conducción, salga de la carretera, pare el motor y controle el nivel de aceite.


Advertencia

Con el motor apagado se debe ejercer una mayor fuerza para frenar y manejar el volante.

No retire la llave hasta que el vehículo esté estacionado, ya que de hacerlo, se podría activar el bloqueo del volante de forma inesperada.

Controle el nivel de aceite antes de solicitar asistencia a un taller. Aceite del motor ⇨ 177.

Indicador de advertencia de combustible bajo

 se enciende en amarillo.


Se enciende cuando el nivel en el depósito de combustible es demasiado bajo.

Atención


No deje que su vehículo se quede sin combustible. Esto puede dañar el catalizador.

Catalizador ⇨ 159.

Luz de inmovilizador

 se enciende en rojo.

Indicador de luz alta encendida

 se enciende en azul.

Se enciende cuando está conectada la luz alta y cuando se accionan los guiños.

Cambiador de luz alta/baja de los faros ⇨ 72.

Indicador de las luces antiniebla delanteras

 se enciende en verde.

Apéndice B

Datasheet Sensor NTC



WTS Water Temperature Sensor



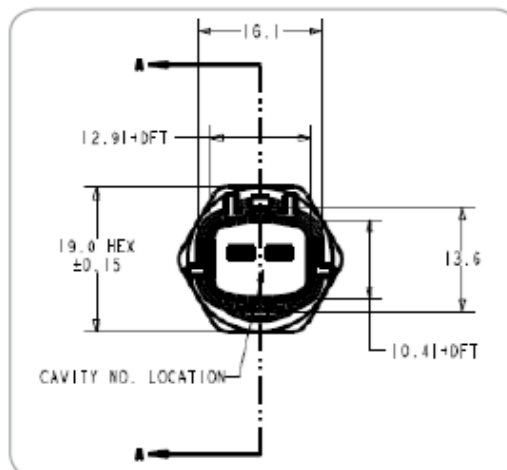
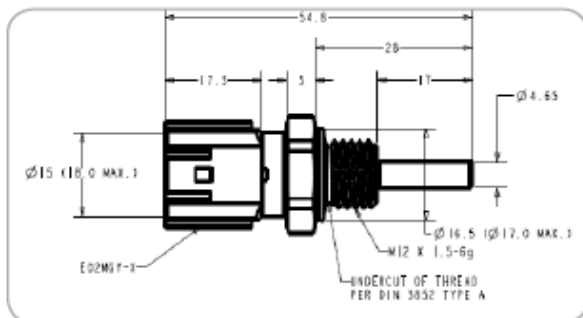
The water temperature sensor monitors the temperature of the coolant that is being pumped around the engine block to cool the engine. This sensor's purpose is to notify the driver of the vehicle if the engine starts to overheat. The goal is to relay an over-temperature engine temperature to the driver, so that the vehicle can be stopped and the engine switched off before the heat causes any permanent damage to the engine.

Applications

- Engine coolant temperature
- Engine water temperature

Features

- Integral connector
- 180°C version available = Oil Temperature Sensors (OTS)
- Existing field proven design
- Alternate RvT curves available



Specifications

R @ 25°C
2129 ± 4.87%

B (25/85)
3541

Operating Temperature Range
-30°C to 150°C

Storage Temperature Range
-30° to 160°C

Response Time
5 seconds from 20°C to 100°C in water

Temperature Accuracy
±1.23°@ 25°C

Housing Material
PA66 GF33 (Nylon) Connector with 19 mm Hex
Machined Brass Housing

NTC Part Number
0703-1272-76-S10

Weight
28 gr

Connector
E02MGY-X

Mating Connector
E02FGY- RS

Resistance vs. Temperature Data

Temp. (°C)	R: 148 ohm at 110 °C	Resistance Accuracy (±%)	Temperature Accuracy (±°C)
-40	48314	12.30	2.00
-30	27406	10.25	1.80
-20	16107	8.00	1.51
-10	9779	7.00	1.42
0	6117	6.33	1.37
10	3935	5.67	1.31
20	2598	5.00	1.23
25	2129	4.87	1.23
30	1756	4.74	1.23
40	1213	4.50	1.24
50	855.1	4.29	1.25
60	613.8	4.11	1.26
70	448.3	3.94	1.27
80	332.6	3.78	1.29
90	250.5	3.63	1.30
100	191.3	3.48	1.30
110	148.0	3.38	1.32
120	115.9	3.60	1.47
130	91.76	3.82	1.63
140	73.44	4.48	2.00
150	59.37	5.39	2.50

Amphenol
Advanced Sensors

www.amphenol-sensors.com

© 2014 Amphenol Corporation. All Rights Reserved. Specifications are subject to change without notice. Other company names and product names used in this document are the registered trademarks or trademarks of their respective owners.

AAS-920-542A-03/2014