

CONSTRUCCIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE UN PROTOTIPO DE ESTACIÓN DE PRUEBAS PARA ANÁLISIS DE LA CAPACITANCIA EN ACEITE DIÉSEL

*CONSTRUCTION AND START-UP OF A TEST STATION
PROTOTYPE FOR ANALYSIS OF THE CAPACITANCE
IN DIESEL OIL*

Octavio Quintero Flores

Universidad de Sonora, México
octavioquinteroflores@gmail.com

María Elena Anaya Pérez

Universidad de Sonora, México
elena.anaya@unison.mx

Antonio Ramos Carrazco

Universidad de Sonora, México
antonio.ramos@unison.mx

Dainet Berman Mendoza

Universidad de Sonora, México
dainet.berman@unison.mx

Jesús Horacio Pacheco Ramírez

Universidad de Sonora, México
jesus.pacheco@unison.mx

Recepción: 21/octubre/2019

Aceptación: 23/noviembre/2019

Resumen

Se presenta el diseño y fabricación de una estación de pruebas para un sensor capacitivo dedicado a la detección de impurezas en el aceite para motores diésel. Se muestra el desarrollo de la construcción de un prototipo de estación para la toma de muestras usando un sistema electrónico automatizado para el posicionamiento del sensor capacitivo utilizando un microcontrolador e instrumentación con LabVIEW. Se exhiben los detalles del arranque de la estación a través de un muestreo para el sensor bajo condiciones de temperatura y la agitación específica. Se obtiene un análisis de los datos de las muestras obtenidas en LabVIEW y el despliegue de los datos usando programación. Lo anterior, con la finalidad de

establecer las condiciones para obtener medidas con repetibilidad y reproducibilidad (análisis R&R) y disminuir el error. Se demostró el mejoramiento de la caracterización de muestras de aceite por medio la automatización de un sensor capacitivo en un ambiente controlado.

Palabras Claves: Aceite para motores diésel, estación de pruebas, prototipo, sensor capacitivo.

Abstract

The design and manufacture of a test station for a capacitive sensor dedicated to the detection of impurities in diesel engine oil is presented. The development and construction of a prototype station for sampling is shown using an automated electronic system for the positioning of the capacitive sensor using a microcontroller and instrumentation with LabVIEW. The start-up details are displayed throughout a sampling for the sensor under temperature conditions and specific agitation. An analysis of the data of the samples obtained in LabVIEW and the display of the data using programming is obtained. The above, to establish the conditions to obtain measurements with repeatability and reproducibility (R & R analysis) and reduce the error.

Keywords: *Capacitive sensor, oil for diesel engines, prototype, testing station.*

1. Introducción

Las industrias en las áreas de automotriz y de transporte requieren de un constante consumo de combustibles, lubricantes y aditivos para el mejoramiento de las máquinas de combustión. Durante el uso, el aceite usado en estos sistemas tiene un tiempo de vida limitado, el cual puede modificarse de acuerdo con el modo de operación de la máquina. En particular, el mal funcionamiento debido a la falta de mantenimiento, producen mal funcionamiento derivado de la falta de limpieza, cambios de temperatura y agentes contaminantes. Estos últimos se han convertido en un fuerte tema de investigación para la identificación de contaminantes en los motores y eficiencia en los mantenimientos preventivos de los sistemas actuales de navegación automotriz. En últimos años, los contaminantes producidos en el aceite

han sido caracterizados usando técnicas complejas y costosas, lo cual ha motivado el avance de la implementación de nuevas formas de caracterización.

En los sistemas de caracterización el principal objetivo es evaluar alguna propiedad de una muestra. Esta propiedad puede poseer una naturaleza física, química, óptica eléctrica, por mencionar alguna. Adicionalmente, ésta puede consistir en sustancias simples o complejas, pueden ser amigables al ser humano y otras pueden presentar cierta toxicidad, lo cual puede limitar al investigador.

Algunas fuentes están de acuerdo en la importancia de realizar análisis preventivos de aceite utilizado para lubricar motores, ya que al trabajar los equipos con niveles de impurezas inadecuados en el aceite lubricante trae consecuencias tanto para la salud del ser humano en general como para el equipo mismo.

El análisis del lubricante usado en los motores es una de las posibles herramientas para la aplicación del mantenimiento predictivo. Resulta ampliamente conocido y contrastado la ventaja que ofrece este tipo de mantenimiento frente al clásico mantenimiento correctivo, por su mayor eficiencia y flexibilidad. Cuando haya indicación de deterioro o posible fallo del equipo, se puede programar la detención de funcionamiento de este con anterioridad al fallo. Con el mantenimiento predictivo se estará cumpliendo con obtener un aumento de la fiabilidad de los equipos. Se hace énfasis en la importancia que durante el último siglo y en nuestros días tiene el motor de combustión interna alternativo, ya sea en el campo del transporte o en el de la producción de energía. Dentro de las posibles herramientas aplicables para el mantenimiento predictivo de los motores Diésel una de las más importantes y ampliamente utilizadas es el análisis del lubricante utilizado en el mismo. Es a mitad de los años setenta cuando coincidiendo con la aparición de los laboratorios que ofrecen este tipo de servicios de análisis se aplica a otras áreas como son las importantes empresas de flotas de transporte. La aplicación de un sistema de monitorizado del aceite lubricante del motor puede llevar a ahorros muy importantes, además de no solo obtener un periodo útil de vida del aceite más largo sino además potenciales fallos provocados por desgaste [Tormos, 2005].

En particular, el estudio de las condiciones del aceite diésel en motores es un tema de mucho interés para los sectores industriales y ecológicos. El monitoreo de esta

sustancia es primordial para el mantenimiento preventivo en motores y además el reciclaje de este. Conocer que impurezas adquiere el aceite durante su uso e identificar las principales causas es un tema actual en la industria automotriz [Barrera, 2015].

De acuerdo con [Bagshaw, 1997] sí se tiene en cuenta no sólo el retorno de la inversión en costes directos, relacionado con mantenimiento preventivo, se considera que se obtiene el doble considerando los aspectos de disponibilidad de servicio. Respecto a equipos que lleven a cabo análisis de lubricantes de manera rápida, se encontró información del [Product DS, 2005] minilaboratorio Oilview Quick-Check, el cual es un equipo multifunción para el análisis de fluidos industriales para determinar condición química, contaminación y desgaste de componentes mecánicos. El precio es de 6,750.00 € (IVA no incluido). Este equipo tiene la capacidad de medir los siguientes parámetros: índice de detracción química para evaluar el deterioro del aceite, constante dieléctrica para evaluar el deterioro del aceite lubricante y su contaminación, contenido de agua para evaluar su contaminación; entre otras. De acuerdo con [Luna, 2017], la búsqueda de la mejora de los métodos del mantenimiento preventivo en motores diésel sigue en constante renovación e investigación.

En general, una sección importante de los sistemas de caracterización es la confiabilidad de las lecturas de medición [Anaya, 2016]. Es común, que el error se extienda por varios factores tales como la manipulación del sensor, cambios del entorno, señales eléctricas e interacción del humano con el equipo. Por lo tanto, controlar las condiciones para un sistema de caracterización en motores diésel es un problema habitual de la industria de transporte [Zúñiga, 2019]. Lo antes descrito ha motivado a la fabricación de una estación de pruebas con un sensor capacitivo teniendo la finalidad de monitorear las propiedades de aceite lubricante para motores diésel, de manera efectiva.

Para el desarrollo del trabajo se consultaron fuentes relacionadas con metodología de la investigación, entre ellas la de [López, 2019]. Se detalla una propuesta de una estación de pruebas que realiza mediciones, con la cual se busca minimizar el error humano mediante la automatización. La estación de pruebas también tiene como

propósito simular el ambiente real al que el sensor estaría expuesto y disminuir la interferencia electromagnética externa sobre las mediciones.

2. Métodos

Las etapas para lograr la integración de la estación de pruebas, fueron:

- Fabricación de prototipo: consiste en la fabricación del sensor prototipo según las especificaciones de diseño. En [Carrera, 2018] se consultó sobre el desarrollo de prototipos.
- Desarrollo del sistema de medición: se selecciona el método para realizar mediciones con el prototipo. Se fabrica una estructura para la integración de los componentes del sistema de medición. El componente resultante establece comunicación con una computadora o panel de control.
- Ensamble: selección de piezas, cableado, ubicación del sensor, control de temperatura, mecanismo de agitación, control de la separación de las placas paralelas del sensor.
- Integración: se desarrolla una programación usando la tarjeta Arduino y LabVIEW para trabajar en conjunto con el sistema de medición y realizar los cálculos asociados. Una vez terminadas las mediciones el software deberá almacenar los datos obtenidos en una base de datos. Esta parte tiene referencia al proyecto expuesto en [De Paz, 2015], relacionado con el estudio, diseño y evaluación de un sistema de detección de sustancias de bajo costo y con plataforma de hardware libre Arduino.

Fabricación del Prototipo

El diseño del sensor se basó en un software CAD utilizando el modelo de placas paralelas de un capacitor. Como propuesta, el sensor prototipo se limitó a dimensiones comparables a las de una bayoneta típica del cárter de un motor.

De acuerdo con las fichas técnicas, el agujero promedio de una bayoneta de un motor tiene un diámetro de alrededor de 1 cm, el cual fue tomado en consideración; adicionalmente, se seleccionó cobre como el material para los electrodos, ya que ofrece la menor resistencia eléctrica.

Previo a su fabricación, varios modelos fueron diseñados para los electrodos, con dimensiones variadas. La figura 1 presenta los diagramas esquemáticos de los electrodos con diversas geometrías, diseñados con el software SolidWorks.

Según la relación A/L de la expresión típica de la capacitancia, estos electrodos tienden a un comportamiento similar. Por lo que, para las siguientes secciones, el sensor a referirse será el visto en la figura 1d. Lo anterior debido a que estos electrodos son menos costosos de fabricar, ensamblar y se mantienen relativamente pequeños con dimensiones en una escala milimétrica.

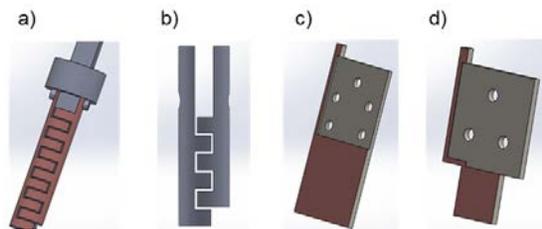


Figura 1 Esquemas de electrodos de placas paralelas propuestos para sensor capacitivo.

Para el sensor, su área activa fue limitada a 1 cm^2 con una separación de 1 mm aproximadamente. De acuerdo con el modelo de placas paralelas, la capacitancia de la muestra de control se espera a partir de 1.80 pF a $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Desarrollo del Sistema de Medición

Para establecer las lecturas de capacitancia desde el sensor al sistema, primero, se seleccionó el modelo teórico para realizar los cálculos. De acuerdo con previos reportes [Luna, 2017], la capacitancia se puede obtener a partir de un circuito divisor de voltaje capacitivo, como el que se aprecia en la figura 2.

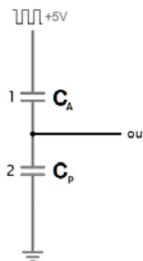


Figura 2 Circuito divisor de voltaje capacitivo.

Para establecer un proceso experimental adecuado para la medición, las siguientes actividades fueron realizadas previo a la integración de la estación:

- Caracterización [Sánchez, 2010]: medición de la capacitancia para muestras en un estado libre de impurezas y a temperatura ambiente para obtener datos de control o referencia. Posteriormente, mediciones bajo condiciones de una impurificación controlada por medio de agentes externos en distintas proporciones y temperaturas.
- Análisis de datos [López, 2002]: captura de lecturas para elaborar una base de datos y manipulación de la información para su despliegue.

Cabe mencionar, que todos estos pasos fueron realizados de nuevo una vez que la estación fue armada, para comparar resultados y asegurar mediciones confiables.

Ensamble

La figura 3 presenta el diseño en CAD de la estación de pruebas de acuerdo con las especificaciones vistas previamente para el sensor. Este se muestra usando cuatro vistas: a) vista isométrica, b) vista lateral, c) vista de la plataforma móvil y d) vista superior.

Este sistema consta de los siguientes elementos: cableado, sensores, sistema mecánico para el desplazamiento del sensor y agitación del aceite, calefactor para la muestra y despliegue de resultados. Para realizar una medición, el sensor se coloca sobre una plataforma que puede desplazarse verticalmente por rieles mediante un motor a pasos y un sistema mecánico, tal y como se observa en la figura 3a y 3b. La plataforma contiene un motor de corriente directa (CD) el cual tiene como función proporcionar la agitación de la muestra, como se puede apreciar en la figura 3c. Adicionalmente, por medio de un segundo motor a pasos, se establece la separación de los electrodos a una distancia constante, véase en la figura 3d. En el mismo sitio se instaló un sensor de temperatura IR para el monitoreo de la muestra. Para el accionamiento de los dos motores a pasos, se utilizaron los drivers A4988.

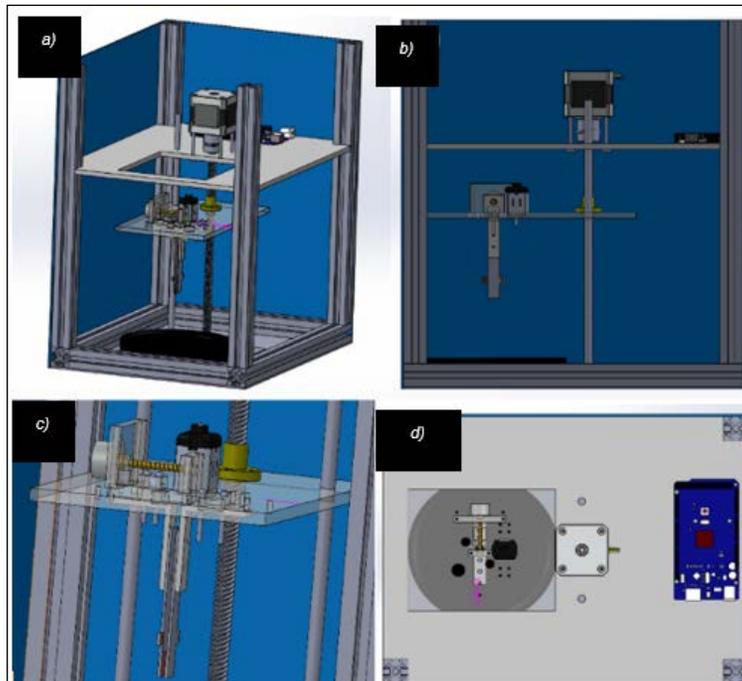


Figura 3 Imágenes de la estación de pruebas diseñada mediante CAD.

Se realizó un circuito adicional para implementar modulación por ancho de pulso (PWM, por sus siglas en inglés) y poder regular la velocidad del motor DC. El circuito de medición es alimentado con 12 V. Las bases que sostienen los diversos componentes fueron construidas en acrílico y los sujetadores del sensor se obtuvieron en una impresora 3D. Las conexiones de la tarjeta Arduino con el sensor se aplicaron usando cables coaxiales, lo que da una mayor resistencia al ruido electromagnético. Para contener el aceite, se utilizó un vaso de aluminio colocado sobre una placa térmica. Por último, un módulo bluetooth HC-05 mantiene una comunicación entre el Arduino y una computadora de forma remota.

Es importante mencionar que con este diseño se tiene la capacidad de realizar pruebas para diversos sensores y ajustarse a la plataforma en la misma ubicación. En la figura 4 se observa la posición de los electrodos utilizada para las pruebas de capacitancia. Adicionalmente, la imagen presenta parte del cableado eléctrico, el sistema mecánico de desplazamiento para el sensor y la placa térmica usada para incrementar la temperatura del aceite. Para controlar la temperatura, la placa térmica se acciona mediante un relevador y un sensor infrarrojo permite, a través

de la tarjeta Arduino, medir la temperatura de la muestra utilizando una comunicación serial con el protocolo Wire. La placa térmica es energizada utilizando corriente alterna a 120 voltios. Las mediciones terminan cuando se alcanza un número de lecturas previamente programado. Al finalizar, el motor Nema 17HS4417 retira el sensor y lo ubica en su posición inicial.

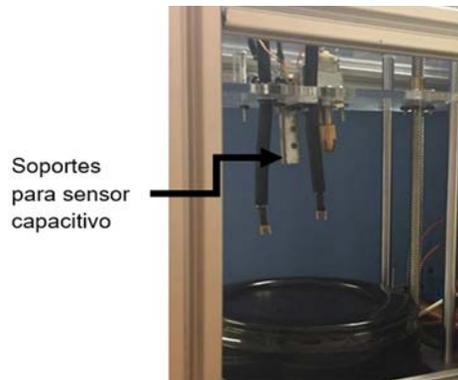


Figura 4 Imagen de la sección interna de la estación.

Integración

En la figura 5 se presenta el diagrama esquemático del procedimiento propuesto para la integración de la estación de pruebas.

La figura 6 presenta el diagrama esquemático del microcontrolador y las conexiones con los actuadores y sensores. Arduino Mega fue usado para el procesamiento de los datos capturados. Los principales componentes y el tipo de señales de entrada y de salida con el circuito integrado fueron etiquetados con diferentes colores.

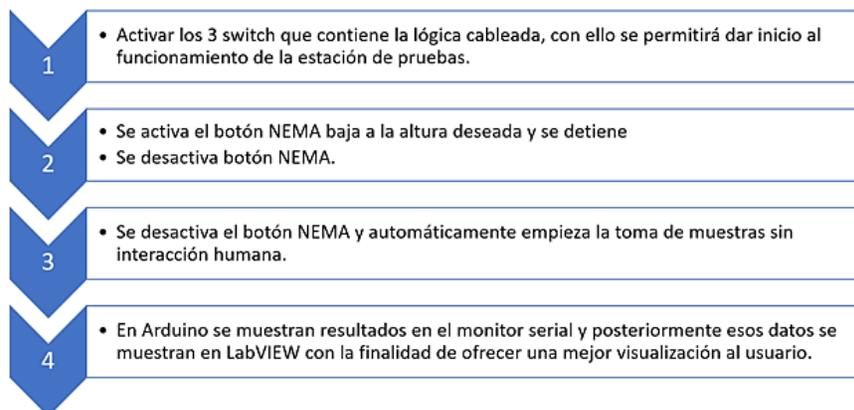


Figura 5 Esquemático del procedimiento.

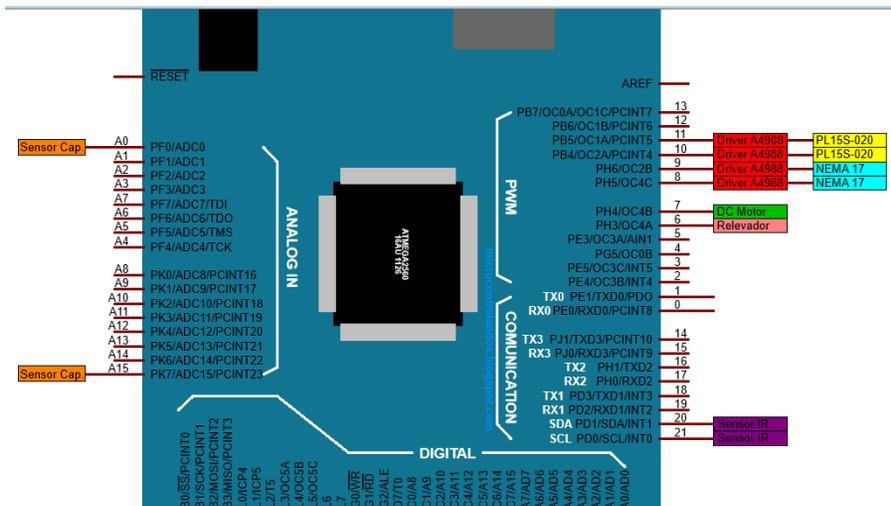


Figura 6 Conexiones con Arduino.

En la figura 7 se despliega el código utilizado para desplazar el sensor desde una posición inicial hasta el límite superior. Lo anterior, tiene la finalidad de proporcionar la confiabilidad de la medida eliminando el error debido a la interacción humana, es decir, mantiene automatizado el proceso elevando la eficiencia del proceso.

```
int steps = 9; // pin step 9
int direccion = 3; // pin direccion 3
int potenciometro; // lectura del potenciometro
int boton = 7; // pin pulsador

void setup() {
  pinMode(steps, OUTPUT);
  pinMode(direccion, OUTPUT);
  pinMode(boton, INPUT);
}

void loop() {
  int sentido = digitalRead(boton); // leemos el boton de direccion
  digitalWrite(direccion, sentido); // cambiamos de dirección según pulsador
  potenciometro = analogRead(A0); // leemos el potenciometro
  potenciometro = map(potenciometro, 0, 1024, 900, 2500); // adaptamos el valor leído a un retardo
  digitalWrite(steps, HIGH);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(steps, LOW);
  delayMicroseconds(potenciometro); // generamos un retardo con el valor leído del potenciometro
}

//OCTAVIO QUINTERO FLORES
```

Figura 7 Código para el control del motor a pasos NEMA.

Por otro lado, la figura 8 muestra el código realizado para la medición de temperatura, el cual se encuentra separado para prevenir la presencia de

interferencias entre mediciones. La librería ArduinoThread fue utilizada para realizar los dos programas de manera paralela, sin interferencia.

```
/*Inicializacion*/
void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Inicializa el monitor serial
  therm.begin(); //inicializa el sensor
  therm.setUnit(TEMP_C); // la temperatura se pone en Celcius, si se quiere en Farnheit solo cambiar la c por la F, esto gracias a la libreria del senso:
}

void loop()
{
  /*CODIGO LECTURA*/
  if(therm.read())
  {
    Serial.print("Aceite: " + String(therm.object(), 2)); //Gracias a la libreria se puede poner el sensor para que de la temp del objeto
    Serial.write("");
    Serial.println("C");
    Serial.print("Ambiente: " + String(therm.ambient(), 2)); //Gracias a la libreria se puede poner el sensor para que de la temp del ambiente
    Serial.write("");
    Serial.println("C");
    Serial.println();
  }
  delay(500); //tiempo entre lectura
}

//OCTAVIO QUINTERO FLORES
```

Figura 8 Imagen del código usado para el control y medición del sensor IR.

En código del programa mostrado en la figura 8, se aplica una serie de fórmulas para obtener como resultado los datos de capacitancia para el sensor. Usando estas conexiones y códigos en el prototipo de la estación de pruebas, se llevó a cabo la toma de muestras de capacitancia con aceite limpio. Posteriormente, se contaminó el lubricante con hollín y glicol, se midió la capacitancia y se compararon resultados.

3. Resultados

Una vez terminada la estación de pruebas, la pantalla de usuario es vista como aparece en la figura 9. Para conseguir dicho panel, el software LabVIEW es utilizado para las distintas configuraciones de los elementos que componen la estación de pruebas, como se aprecia en la figura 9.

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos implementando la estación de pruebas utilizando el sensor capacitivo. Una serie de mediciones sobre muestras de 70 ml de aceite a temperatura de 25 °C, a una frecuencia de 50 Hz fueron obtenidas. El programa fue ajustado para compensar la nueva capacitancia parásita producida en el sistema. Bajo dichas condiciones de operación, las lecturas de la capacitancia se obtuvieron con un valor aproximado de 1.85 pF.

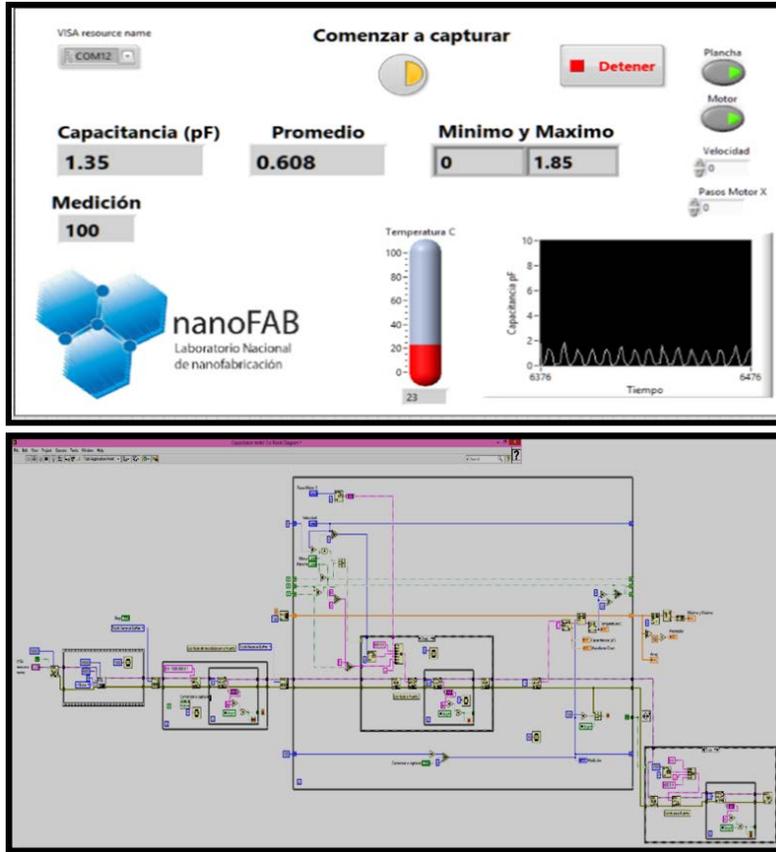


Figura 9 Panel de control desarrollado en LabVIEW para la estación de pruebas.

En la figura 10, se presentan los resultados de una rutina de medición de la estación de pruebas, para uno de los tres operadores, para obtener una capacitancia de referencia.

Tabla 1 Datos arrojados de la muestra con el operador A, para el estudio R&R.

RECOLECCIÓN DE DATOS			
OPERADOR	A		
	columna 1	columna 2	columna 3
Muestra	1er intento	2do intento	3er intento
1	1.883	1.883	1.862
2	1.883	1.883	1.883
3	1.883	1.862	1.883
4	1.883	1.903	1.883
5	1.903	1.883	1.883
6	1.883	1.883	1.883
7	1.883	1.883	1.883
8	1.883	1.883	1.883
9	1.883	1.883	1.883
10	1.883	1.883	1.883

El procedimiento llevado a cabo fue el siguiente:

- Primero se realizaron mediciones sobre muestras de 70 ml de aceite a temperatura de 25 °C, a una frecuencia de 50 Hertz.
- A la temperatura de 25 °C, las lecturas de capacitancia deben partir de aproximadamente 1.85 pF.

El programa fue ajustado para compensar la nueva capacitancia parásita producida en el sistema.

En figuras 11 y 12, se muestran los resultados de un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) procesado con el software Minitab®, para conocer la estabilidad de la estación de pruebas.

Hoja de trabajo de estudio R&R del sistema de medición

Partes: 10 Operadores: 3
 Réplicas: 3 Total de corridas: 90

Estudio R&R del sistema de medición - método ANOVA

Tabla ANOVA de dos factores con interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Partes	9	0.0004161	0.0000462	0.796092	0.625
Operadores	2	0.0000668	0.0000334	0.574794	0.573
Partes * Operadores	18	0.0010452	0.0000581	0.891086	0.591
Repetibilidad	60	0.0039100	0.0000652		
Total	89	0.0054381			

α para eliminar el término de interacción = 0.05

Tabla ANOVA dos factores sin interacción

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Partes	9	0.0004161	0.0000462	0.727676	0.682
Operadores	2	0.0000668	0.0000334	0.525396	0.593
Repetibilidad	78	0.0049552	0.0000635		
Total	89	0.0054381			

R&R del sistema de medición

Fuente	CompVar	%Contribución (de CompVar)
Gage R&R total	0.0000635	100.00
Repetibilidad	0.0000635	100.00
Reproducibilidad	0.0000000	0.00
Operadores	0.0000000	0.00
Parte a parte	0.0000000	0.00
Variación total	0.0000635	100.00

Fuente	Desv.Est. (DE)	Var. estudio (6 * DE)	%Var. estudio (%VE)
Gage R&R total	0.0079705	0.0478230	100.00
Repetibilidad	0.0079705	0.0478230	100.00
Reproducibilidad	0.0000000	0.0000000	0.00
Operadores	0.0000000	0.0000000	0.00
Parte a parte	0.0000000	0.0000000	0.00
Variación total	0.0079705	0.0478230	100.00

Número de categorías distintas = 1

Figura 11 Resultados del Estudio R&R.

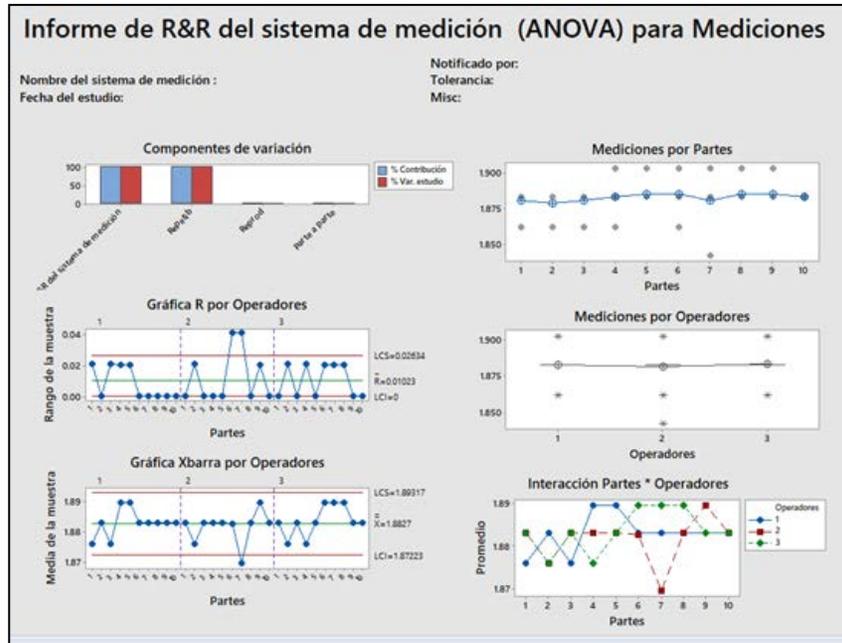


Figura 12 Resultados del estudio R&R del prototipo.

El estudio fue realizado con los datos obtenidos utilizando tres operadores que accionaron la estación de pruebas y realizando diez mediciones cada uno con tres intentos. Para el experimento se espera que la tolerancia en la fluctuación de las medidas sea de 1 pF, ya que las perturbaciones sobre el sistema pueden producir valores mayores a este

La figura 13 presenta las capacitancias (pF) obtenidas a una temperatura de 25 °C para el aceite libre de impurezas. Cada punto en la gráfica representa el promedio de capacitancias resultante de 100 mediciones captadas por LabVIEW.

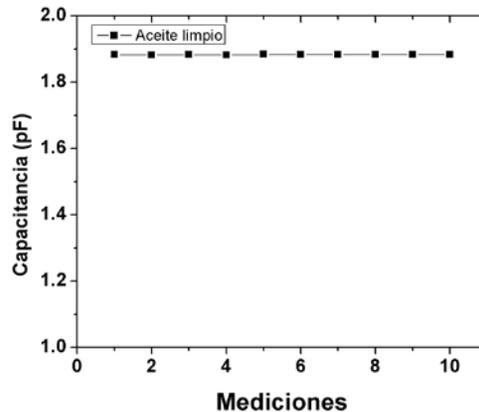


Figura 13 Capacitancia del sensor sumergido en aceite libre de impurezas.

Posteriormente, se efectuaron mediciones sobre 60 ml de lubricante contaminado con refrigerante y hollín de manera controlada a 80 °C. Por cada incremento de contaminante añadido, la muestra fue agitada por 20 minutos, utilizando el batidor de la estación.

La figura 14 exhibe la respuesta del sensor para el promedio de capacitancias resultante de 100 mediciones con incrementos de 10 gotas (0.375 ml) de refrigerante. En el caso del hollín, 400 miligramos de grafito molido fueron utilizados como contaminantes.

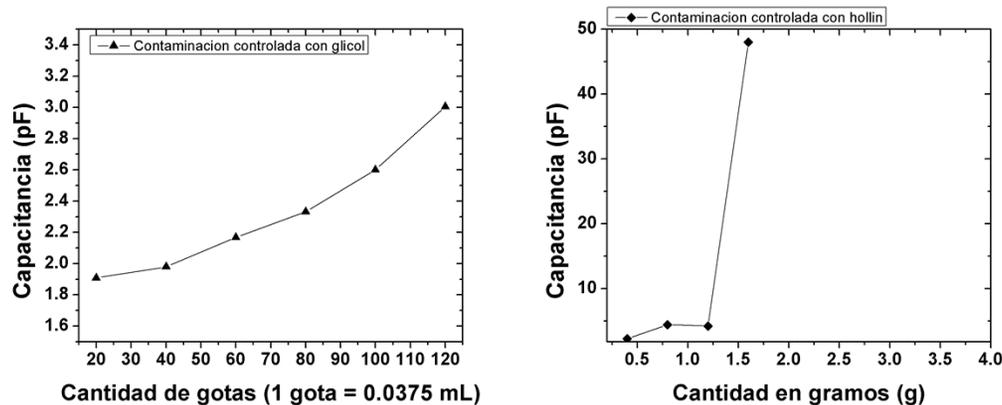


Figura 14 Capacitancia obtenida con los contaminantes de agua, glicol y hollín.

Como resultado, una tendencia lineal como función del incremento de la capacitancia fue obtenida para cada contaminante en las mediciones. En la siguiente sección se analizan los resultados obtenidos para cada contaminante.

4. Discusión

En esta sección, se discuten los principales resultados obtenidos de la estación de pruebas para el sensor capacitivo. Con el fin de comprobar, la confiabilidad del sistema, un análisis de la variación de las lecturas tomadas para el sistema es presentado. La figura 11, muestra los resultados obtenidos del estudio R&R procesando los datos con el software Minitab®. Esos resultados son representados gráficamente por la figura 12. Llevando a cabo el análisis de los resultados arrojados en ambos casos, figura 11 y figura 12, se tiene que la variación observada se debe específicamente al equipo de medición, es decir a la estación de pruebas, lo cual

muestra área de oportunidad de mejora para considerarse totalmente apto para realizar mediciones adecuadas. Lo anterior se observa en los resultados de la parte de Repetibilidad, indicando la variación causada por el dispositivo de medición. Por otro lado, se tienen resultados adecuados para la Reproducibilidad, la cual representa la variación causada por el sistema de medición, que es la variación que se observa cuando diferentes operadores miden la misma parte muchas veces, usando el mismo sistema de medición, bajo las mismas condiciones.

Respecto a los resultados de repetibilidad de la estación de pruebas, esto no implica que el sistema de medición completo sea inadecuado, sino que el instrumento de medición se debe verificar, en este caso la estación de pruebas, para que el sistema de medición completo sea totalmente eficiente.

Lo más importante es que la estación de pruebas funciona, toma mediciones, las arroja de a través del programa, que es el objetivo de esta parte del proyecto.

Por otro lado, se analizan los datos desde el punto de vista de la capacitancia para evaluar el estado de pureza del aceite, pudiendo discernir a partir de la gráfica de la figura 13. En condiciones ideales, el aceite sin contaminantes exhibe una lectura estable de capacitancia. En condiciones de contaminación controlada, el sistema automatizado mostró ciertos límites de operación. En el caso del refrigerante, el cambio de la capacitancia presentó una tendencia lineal del incremento de la capacitancia desde 1.8 hasta 3 pF aproximadamente.

Sin embargo, la respuesta al refrigerante tiene cambios de capacitancia menores en función de la cantidad de gotas proporcionada. En el caso del hollín esta respuesta es de manera acelerada a partir de 1.6 gramos de grafito. Por lo que, a cantidades de carbono superiores, el circuito del sistema produce una capacitancia infinita. Debido a esto las pruebas fueron concluidas a partir de 1.6 g y no se exhiben otros resultados.

Por otro lado, se tiene planeado continuar con los trabajos de integración formal del circuito en la PCB y reorganizar el acomodo de esta parte del sistema en una caja exterior a la estación para evitar el calentamiento por la emisión de gases, ya que el aceite debe estar a temperaturas altas.

5. Conclusiones

Los resultados presentados demuestran que, hasta el momento, el prototipo de estación de pruebas fabricado genera mediciones válidas en tiempo real y casi inmediatas siendo esto una gran ventaja para los usuarios ya que rápidamente podrán obtener los valores del estado del aceite del motor y con ello tomar una decisión más acertada respecto a cambiar o no llevando a la situación de reducción de costos por cambios de aceite no necesarios, teniéndose muy claro que se deben realizar mejoras en lo que respecta a la precisión del equipo.

Respecto a la parte académica, a través de la continuidad del proyecto con la construcción y puesta en marcha de un prototipo de estación de pruebas, que ya asegura la toma de datos, se ha logrado la integración de varios conocimientos para los alumnos involucrados y además han fortalecido habilidades de investigación tanto en el estudio del arte del tema.

Definitivamente el integrar a estudiantes en el desarrollo de prototipos les da crecimiento. Por el lado de la aplicación ya se tiene el interés de mostrar y promover este proyecto con la industria minera.

Como trabajo futuro para este proyecto, se ha detectado que, para mejorar la eficiencia de la Estación de pruebas, se debe trabajar en reducir las vibraciones al momento de la bajada del sensor hacia la toma de la medición en la muestra a través del cambio de motor, llevar a cabo ajustes en la plataforma que lo sostiene, mejorar el aislamiento de los cables de comunicación, entre otros que puedan identificarse.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Anaya P., M. E., Tapia R., J. C., Pacheco R., J. H. System Design and Implementation to Control an Industrial Process through a Microcontroller and LabVIEW, Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE) IEEE 2016.
- [1] Barrera G., L.A., Velecela R., F. A. Diagnóstico de la contaminación ambiental causada por aceites usados provenientes del sector automotor y planteamiento de soluciones viables para el Gobierno Autónomo

- Descentralizado del Cantón Azogues. 2015: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7691>.
- [2] Bagshaw, J.M. Employability- creating a contract of mutual investment. *Industrial and Commercial Training*. Vol. 29 No. (6). 1997.
- [3] Carrera, M. Proyectos Tecnológicos Modelo de Desarrollo Prototipado.09-615-8303, 2018: http://www.imaginar.org/iicd/tus_archivos/LLL/docs/5_laboratorios.pdf 30/05/2018.
- [4] López C., et al. Análisis de la calidad de las mediciones en el proceso de laboratorio. *Revista Espacios* Vol. 39/No.6, página 18. 2018.
- [5] López N., Fernando. El análisis de contenido como método de investigación. XXI, *Revista de Educación*, 4 167-179, Universidad de Huelva (2002).
- [6] Luna L., H., et al. Sensor capacitivo de alerta para identificar impurezas en aceite de motores diésel. *Pistas Educativas* Vol. 39/No. 128 SENIE 2017.
- [7] De Paz Menéndez, A. Desarrollo de un sistema de sensores para la detección de sustancias peligrosas, Universidad Autónoma de Madrid, Julio 2015.
- [8] Product Data Sheet, MJR Technologies LLC www.mjртеchnologies.com MJR Technologies LLC OilView® Quick-Check Analyzer. March 2005.
- [9] Sánchez U., A., Introducción: ¿qué es caracterizar? Medellín, Fundación Universitaria Católica del Norte. 2010.
- [10] Tormos, B. Diagnóstico de motores diésel mediante el análisis del aceite usado. Universidad Politécnica de Valencia, Editorial Reverté S.A. 2005.
- [11] Zúñiga S., M., Macías Y., K. J. Sistema móvil para el control y monitoreo del generador de energía en la gasolinera María Auxiliadora de la Parroquia Ricaurte. 2019: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5722>.