

OPTIMIZACIÓN DEL TABLERO A BORDO MEDIANTE SU DIGITALIZACIÓN Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO CON SUS RESPECTIVOS PROTOCOLOS DEL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIÉSEL

María del Carmen Mullo
Cristina Sánchez
Wilson Trávez
José Quiróz

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE

Quijano Ordoñez y Marqués de Maenza S/N Latacunga, Ecuador

Email: cris_my9@hotmail.com, wotravez@espe.edu.ec, jlquiroz@espe.edu.ec.

RESUMEN

El prototipo de tractor agrícola monoplaza a diésel fue creado con el fin de satisfacer las necesidades en la agricultura. Su diseño está basado en la integración de distintos elementos de varios fabricantes de la industria automotriz, además la inexistencia de un control de operación en tiempo real, es necesario la optimización del tablero electrónico y desarrollo del manual de mantenimiento del prototipo en el que se detallan las actividades de inspección o reemplazo según sea su requerimiento con el fin de alargar la vida útil del mismo.

ABSTRACT

The prototype of a diesel farm tractor car was created to meet the needs in agriculture. Its design is based on the integration of different elements from various manufacturers in the automotive industry, and the lack of a control operation in real time, optimizing the electronic board and development of the maintenance manual of the prototype is required in the detailed inspection activities or replacement according to their requirement in order to extend the life of it

1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto de investigación consiste en la implementación de un sistema de monitoreo de variables, a través de la visualización de datos y gráficos, que representan el funcionamiento de los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos en estado actual de la máquina, con el fin de llevar un registro para el mantenimiento periódico con el que evitaremos el desgaste de los componentes y partes móviles del prototipo de tractor agrícola monoplaza a diésel.



Figura 1: Sistema de Monitoreo
Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

2. PARÁMETROS Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Se seleccionó un módulo PLC Unitronics Visilogic OPLC V350-35-TR20 de gran capacidad de entradas analógicas y adaptación de módulos de expansión de entradas analógicas de 0-10V / 4 a 20 mA, configurable a través de cable RS232 al computador.

Tabla 1 Distribución de entradas del módulo

| V350 – 35 - TR20 | |
|-----------------------------------|---|
| Entrada analógica | Señal adquirida |
| AN0 | Sensor de Inclinación |
| I0 | Sensor de RPM |
| MODULO DE EXPANXION IO – ATC8/A18 | |
| Entrada analógica | Señal adquirida |
| AN0 | Sensor de nivel combustible |
| AN1 | Sensor de nivel aceite hidráulico |
| AN2 | Sensor de presión motor |
| AN3 | Sensor de presión bomba hidráulica |
| AN4 | Sensor de temperatura refrigerante |
| AN5 | Sensor de temperatura aceite hidráulico |
| AN7 | Carga batería |
| V350 – 35 - TR20 | |
| Salida analógica | Señal adquirida |
| I0 | Encendido del Electroventilador |

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

3. DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ACONDICIONAMIENTO.

Las señales de salida del sistema de medición de las variables presentes en el tractor agrícola monoplaza a diésel se procesaron de forma adecuada para las diferentes etapas de operación, al

presentarse señales muy pequeñas se amplificaron y se linealizaron; se realizó un cambio de resistencia a voltaje y a un cambio de corriente.

a. Sensor de nivel combustible.

El sensor al ser una resistencia variable se usa como divisor de voltaje para tomar la señal en el convertor de voltaje a corriente.

Datos:

$$R = 5,1 \text{ K}\Omega$$

$$E = 2,5 \text{ V}$$

$$E_2 = 0 \text{ V}$$

$$R_{\text{max}} = 200 \Omega$$

$$R_{\text{min}} = 20 \Omega$$

$$I_L = \frac{E_1}{R}$$

$$I_L = 0,45 \text{ mA}$$

$$V_L = I_L \cdot R$$

$$V_0 = 2V_L - E_2$$

$$V_0 = 2V_L$$

Máxima resistencia @ 0,20 V y 5r

$$\Delta = \frac{5}{0,20} = 25$$

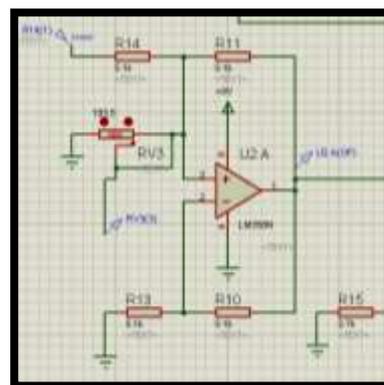


Figura 2: Circuito convertor de resistencia a corriente

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

Se diseñó un amplificador no inversor para garantizar la señal amplificada

$$V_0 = \left(1 + \frac{R_f}{R_a} \right) \cdot V_{IN}$$

$$\frac{V_0}{V_{IN}} = \left(1 + \frac{R_f}{R_a} \right)$$

$$R_f = 68 \text{ k}$$

$$R_a = 27 \text{ k}$$

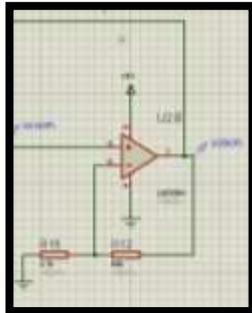


Figura 3: Circuito no inversor

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

Corriente entre 4 a 20mA

Se utilizó un amplificador sumador no inversor para obtener una ganancia de 1V.

$$V_{sal} = K(k1 \cdot v + K2 \cdot v \dots \dots)$$

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

$$V = 4\text{mA} \cdot 250\Omega$$

$$V = 1\text{V}$$

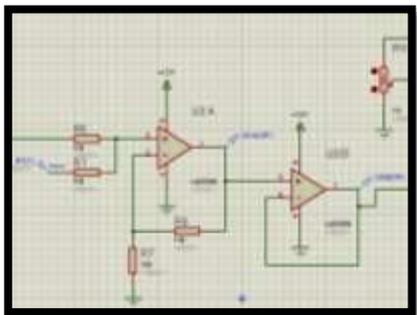


Figura 4: Circuito sumador no inversor

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

Se utilizó un circuito seguidor de voltaje por 1v mínimo y 0.6 v máximo, con un convertor voltaje – corriente por 4mA mínimo y 20mA máximo

$$I = \frac{G}{250}$$

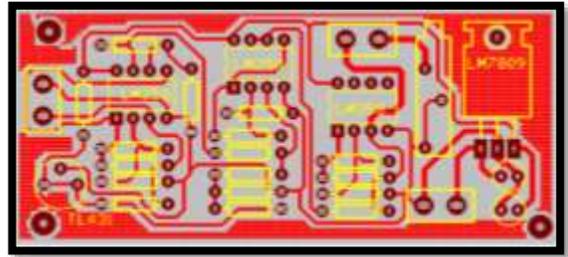


Figura 5: Placa convertor de resistencia a corriente

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

Nota: Con los mismos parámetros se diseñó el circuito de acondicionamiento de la señal para el sensor de nivel del aceite hidráulico.

b. Sensor de temperatura del refrigerante.

Circuito que indicara la caída de tensión sobre la resistencia en el cambio de voltaje respecto a la temperatura presente; por lo que se optó por colocar una resistencia de 1.2k en serie al termistor

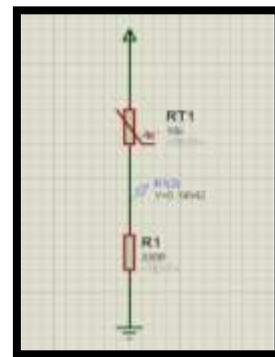


Figura 5: Circuito convertor de resistencia a voltaje.

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

c. Sensor de rpm

El sensor capta señales de corriente alterna, tantas veces como número de dientes (de la rueda fónica o piñón) pasen junto a él. Esta información es "traducida" por el PLC que indicara la velocidad lineal del tractor agrícola monoplaaza a diésel mediante los siguientes cálculos.

Datos:

Radio del piñón de la oruga

$$r = 0.180 \text{ m}$$

$$2\pi = 6,2832$$

Velocidad angular

$$1\text{rpm} = \frac{2\pi \text{ rad}}{\text{min}} * \frac{1\text{min}}{60\text{seg}} = 0,10472$$

$$\omega = 0,10472$$

Velocidad lineal

$$V = \omega * r$$

$$V = \frac{0,10472\text{rad}}{\text{seg}} * 0.180\text{m} * \frac{60\text{seg}}{1\text{min}}$$

$$V = 1,13098 \text{ m/min}$$

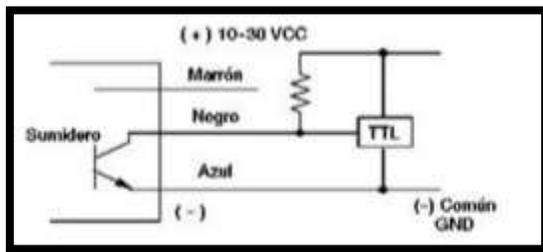


Figura 6: Conexión del sensor de RPM.

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

4. DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

Una vez descritos los elementos usados en la etapa de control se procederá a diseñar los circuitos que forman parte del sistema de control del sistema.

a. Circuito de carga de batería

Datos:

$$V_{in} = 12.3 \text{ v}$$

$$R_1 = 1\text{k}$$

$$R_2 = 1.6\text{k}$$

$$V_0 = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) * V_{in}$$

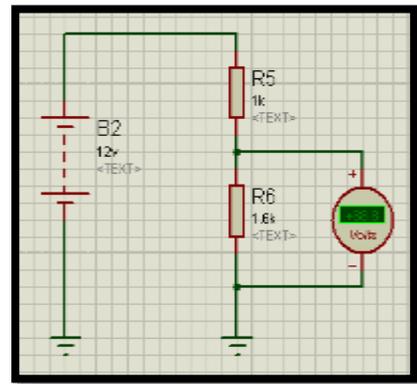


Figura 7: Circuito de carga de la batería

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

b. convertor de voltaje

Se utilizó un convertor de corriente de 12 v a 110v con una potencia de 400w.



Figura 8: inversor de corriente

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

c. Fuente De Voltaje

Para regular la alimentación del sistema se utilizó una fuente de voltaje de 110v / 24v a 2.5 A para optimizar su funcionamiento



Figura 9: Fuente de voltaje 110/24V

5. PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LA VISUALIZACIÓN EN EL TABLERO

Se implementó un HMI a través del touch panel, con el objetivo de facilitar el control y visualización de las variables presentes en el tractor

1. DISEÑO DEL HMI

El diseño del HMI debe ser amigable y eficaz con el usuario, ya que debe comunicarse con los sensores para controlar a todas las variables del prototipo.

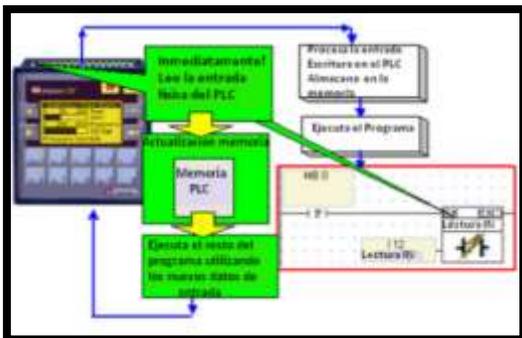


Figura 10: Diagrama de bloques PLC

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

2. Acoplamiento electrónico

En la siguiente figura se aprecia un diagrama de bloques de los elementos constitutivos del sistema

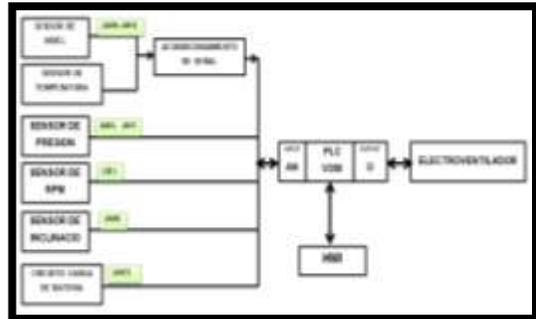


Figura 11: Diagrama de bloques de acoplamiento electrónico

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

3. Programación del PLC'S.

El módulo Unitronics Visilogic OPLC V350-35-TR20 que se encuentra implementado debe ser programado junto al HMI para la detección de los valores emitidos por cada sensor en los diferentes sistemas siendo conectados a través de las E/S para complementar el proceso de automatización del tractor.

4. Configuración del PLC

El módulo Unitronics Visilogic OPLC es un potente programa con mucha versatilidad, con distintas herramientas que han permitido que el procesamiento de datos, HMI y el control de todo el sistema se haga desde un mismo programa.

5. ANÁLISIS COMPUTARIZADO DE LA INCLINACIÓN DEL PROTOTIPO

Se utilizó el software de diseño SolidWorks para el análisis de la inclinación máxima a la que se someterá el tractor que es de 52°

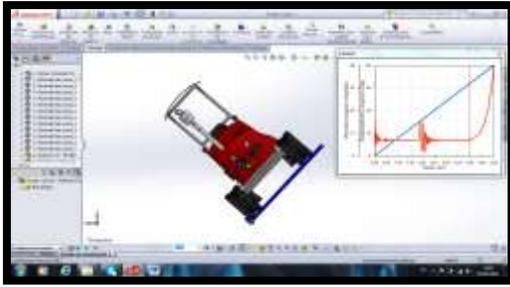


Figura 12: Prototipo sobre una plataforma de prueba

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

6. IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA

La construcción y montaje del prototipo se diseñó de la siguiente manera:

1. Implementación de la base del sensor de nivel del aceite hidráulico

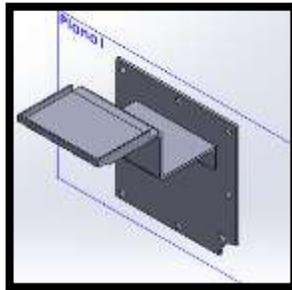


Figura 13: Base del sensor de nivel

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

2. Implementación del eje base para el sensor de presión aceite motor



Figura 14: Acople de un eje como base para el sensor de presión motor

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

3. Implementación del sensor de presión aceite hidráulico



Figura 15: Implementación de los sensores de presión aceite hidráulico.

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

4. Implementación del sensor de temperatura agua motor



Figura 16: Instalación del sensor de temperatura agua motor

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

5. Montaje de la touch screen



Figura 17: Instalación de la pantalla del tablero

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

6. Montaje del sensor de RPM



Figura 18: Instalación del sensor de proximidad

Elaborado por: Mullo M, Sánchez C.

CONCLUSIONES:

1. Se optimizó el tablero a bordo mediante su digitalización y se elaboró el manual de mantenimiento con sus respectivos protocolos en el tractor agrícola monoplaza a diésel.
2. Se Implementó un sistema digital de registro de las variables del automotor como presión de aceite del motor, presión hidráulica de la transmisión, temperatura del motor, estado de carga de la batería, nivel de combustible, medidor de estabilidad, tiempo de funcionamiento acumulado y revoluciones por minuto.
3. Se desarrolló la Interfaz Humano Máquina (HMI) para monitoreo de las variables descritas en un sistema a bordo del tractor que son visualizadas en tiempo real.
 1. Se evaluó el rendimiento mecánico de los sistemas que conforman el motor de combustión interna del tractor en tiempo real mediante diferentes pruebas de funcionamiento en diversos ambientes de trabajo del tractor.
 2. Se estableció los valores óptimos de funcionamiento del tractor

agrícola monoplaza a diésel para el mantenimiento programado.

3. Se creó el protocolo o manual de mantenimiento en función de las horas de trabajo de los sistemas del tractor mediante la información obtenida del monitoreo e inspecciones previas.
4. Se proporcionó seguridad en el funcionamiento del vehículo, mediante la implementación de instrumentos de información y mantenimiento.

RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda tomar las debidas precauciones al instalar el equipo de monitoreo ya que nuestros circuitos eléctricos y electrónicos al tener como elemento principal un PLC que opera a 24v y ciertos elementos trabajan con 5v., por consiguiente pueden sufrir daños en el tractor con su alimentación de 12v CC.
2. Es indispensable tener un interruptor principal de protección al equipo de monitoreo, utilizando elementos electrónicos, ya sean estos fusibles, relé y otros elementos de protección.
3. En el momento en que es activada alguna alarma se recomienda que se obedezca y verifique la alerta desplegada en la pantalla, por seguridad del vehículo.
4. Se recomienda seguir en orden el procedimiento dado por el manual de operación.
5. Se recomienda que para cualquier instalación eléctrica o electrónica se base en los planos electrónicos y realizar una correcta conexión de empates y conectores, para aumentar la seguridad del sistema.
6. Se recomienda la utilización del PLC Unitronics por contar con una interfaz gráfica y el touch screen.

7. Antes de operar la máquina se deben conocer sus características técnicas, para una inspección visual de todo el tractor.
8. Se recomienda utilizar las herramientas adecuadas para el proceso de mantenimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. @NestorL. (14 de noviembre de 2012). *civilgeeks*. Recuperado el 13 de noviembre de 2013, de <http://civilgeeks.com/2012/11/14/horometro-dispositivo-digital-en-maquinarias-pesadas/>
2. Aguirre, J. Actuadores eléctricos y mecánicos. *Actuadores eléctricos y mecánicos*. Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño", Jalisco, Puerto Vallarta, Venezuela.
3. ArthurGill, K. a. (2007). *Computer Numerical Control Simplified*. Illustrated.
4. Artsoft, C. (01 de 01 de 2006). *Newfangled Solutions*. Recuperado el 03 de 12 de 2012, de Newfangled Solutions:
<http://www.machsupport.com/software/mach3/>
5. Bolaños, D. (04 de 03 de 2013). *Apuntes de Electrónica - Informática - Tecnología*. Recuperado el 01 de 05 de 2013, de Apuntes de Electrónica - Informática - Tecnología:
<http://www.bolanosdj.com.ar/index2.htm>