

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

ANEXOS

**DISEÑO DEL SUBSISTEMA MECÁNICO - ELÉCTRICO PARA UN
SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA DE UN TANQUE**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Electrónico**, que presenta el bachiller:

Mario Oliver Martínez Mejía

ASESOR: Julio Cesar Tafur Sotelo

Lima, 09 de Julio del 2012

ANEXO A

CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL SUB-SISTEMA MECÁNICO

1. CÁLCULO DE DISIPADOR Y VENTILADOR

Considerando los siguientes datos del sistema y la celda elegida:

- Temperatura entre la base de cobre y Peltier = 45°C en el caso máximo
- Temperatura entre Peltier y disipador = 35°C
- Potencia extraída por cada peltier = 136W

Usa grasa térmica entre celdas y la base de cobre, así como también entre el disipador y las celdas. Tamaño de la celda peltier: 0.05m x 0.05m x 0.003

Aplicando las condiciones sobre el software R-Tools generó lo siguiente:

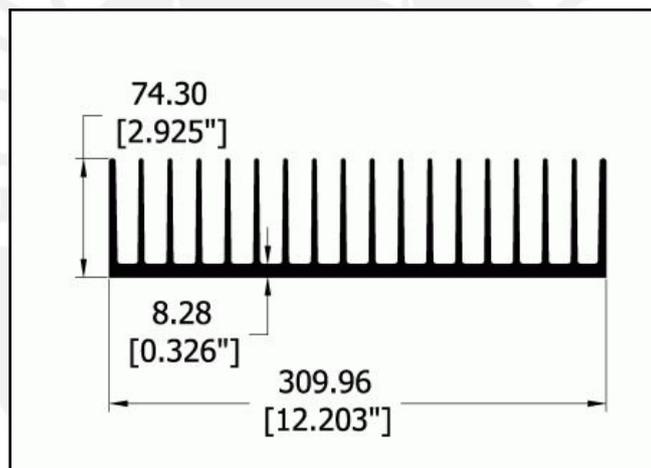


Figura A. Dimensión de Disipador

Un disipador de esa medida transmitirá todo el calor a través de su lado plano y lo conducirá hasta las aletas.

Para calcular el ventilador adecuado que pueda evacuar el calor disipado, es necesario saber el Caudal de desplazamiento ideal. De acuerdo al software, la velocidad que produce será 119.048m/s, y el área de ingreso es:

$$A_i = 0.0743\text{m} \times 0.309\text{m} = 0.0229\text{m}^2$$

Entonces el volumen barrido x segundo (caudal) será:

$$\text{Caudal}_{\text{barr}} = A_i \times V_{\text{ventilador}}$$

$$\text{Caudal}_{\text{barr}} = 0.0229\text{m}^2 \times 16.681 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0.382 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 810\text{CFM}$$

Siguiendo el patrón de colores respecto a la temperatura generada, se produce la siguiente relación de imágenes:

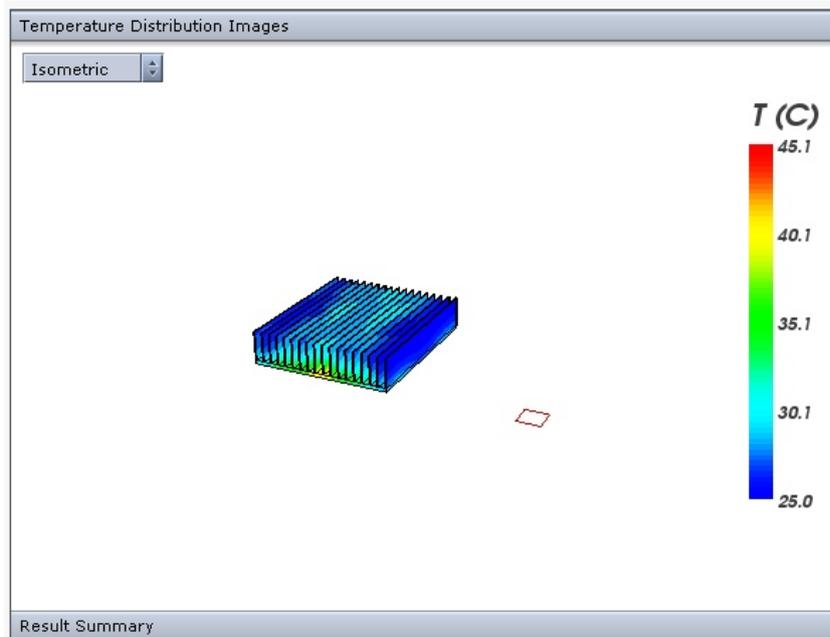


Figura B. Vista Isométrica

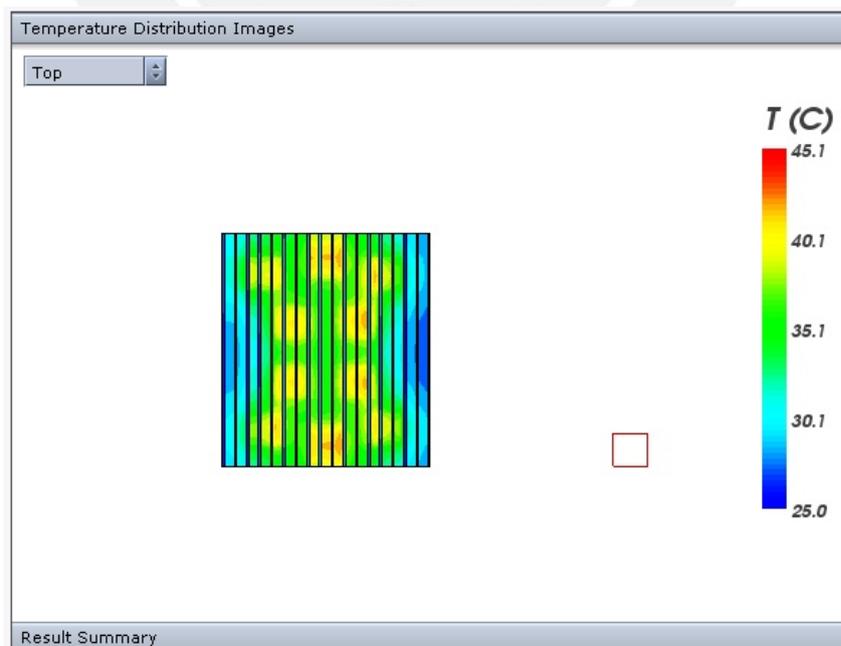


Figura C. Vista Superior

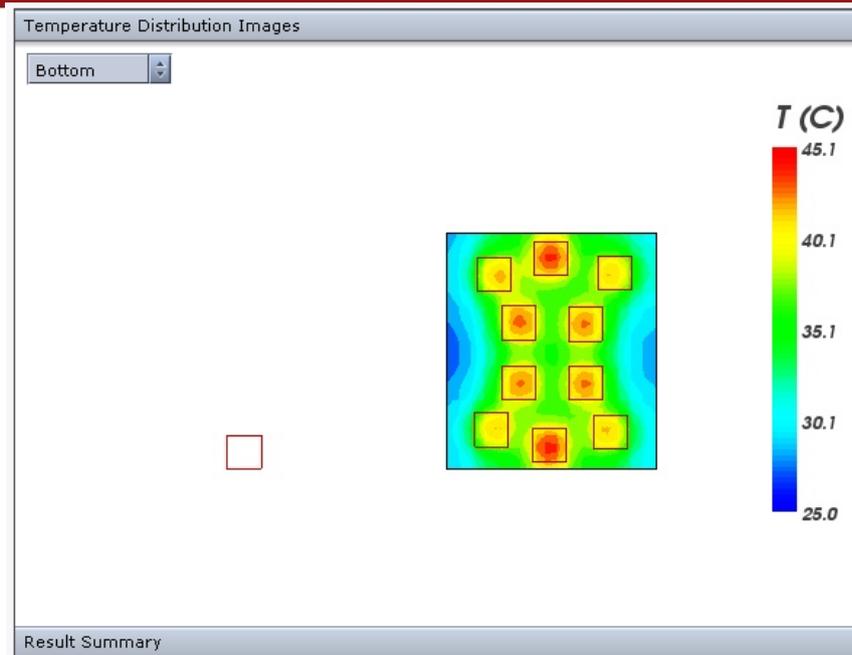


Figura D. Vista Base

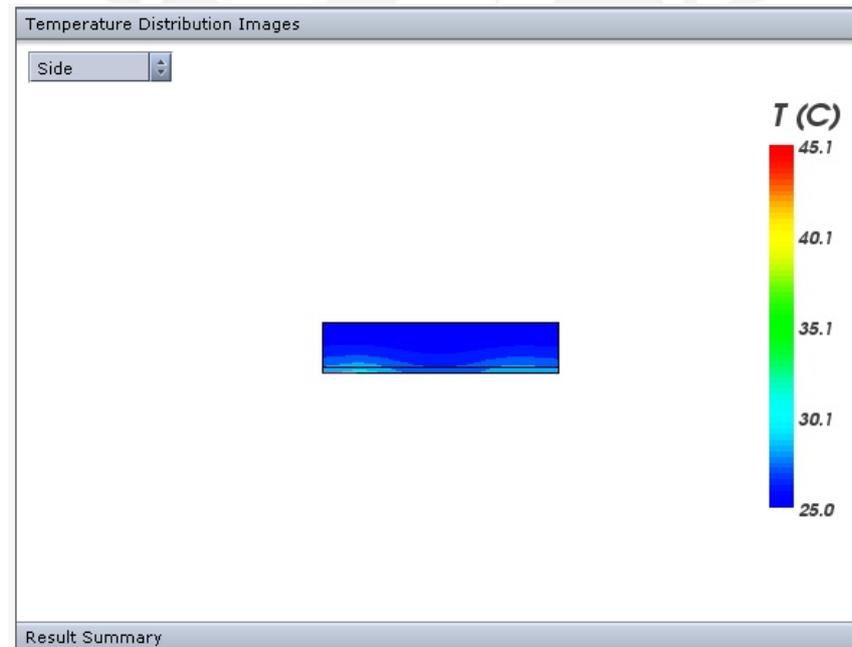


Figura E. Vista Lado

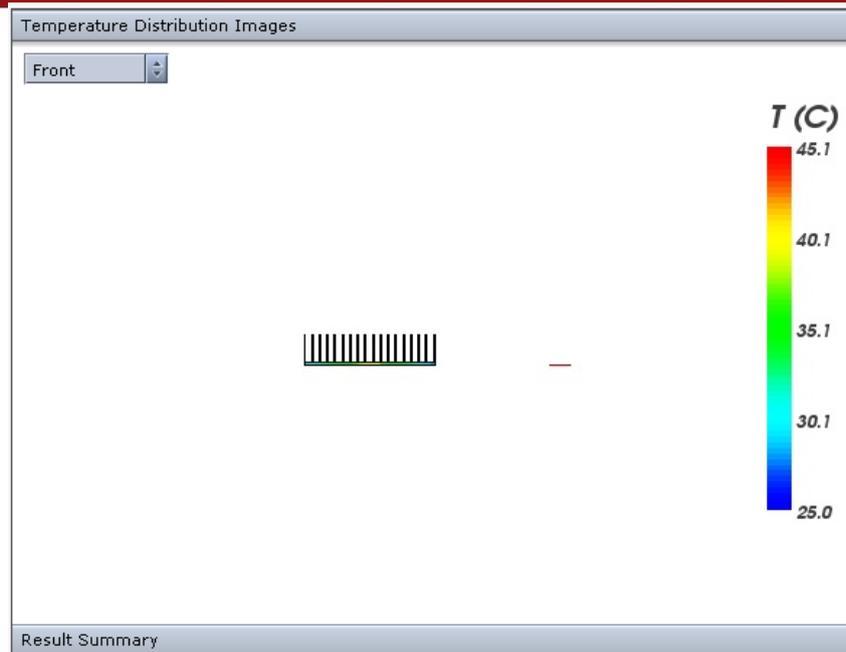


Figura F. Vista Frontal

2. CÁLCULO DE POTENCIA PARA AGITACIÓN

Determinar el número de Reynolds a partir:

- Viscosidad dinámica media = 0.000735 Kg/ms
- RPM = 800 (criterio de diseño)
- Diámetro de paletas = 0.14m
- Densidad del agua = 993.95 $\frac{Kg}{m^3}$

Entonces:

$$N_{Re} = \frac{D^2 \eta \rho}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{0.14^2 \times 800 \times 993.95 \frac{Kg}{m^3}}{0.000735 \frac{Kg}{ms}} = 353404.44$$

El flujo será turbulento, ya que $N_{Re} = 353404.44 > 10000$

Ahora con este dato se puede calcular la potencia sobre el eje:

$$Potencia_{util} = k \rho \eta^3 D^5$$

Si $K=1$ según tabla

Impulsor	Régimen laminar	Régimen turbulento
Hélice, paso cuadrado, 3 palas	41.0	0.32
Hélice, paso de dos, 3 palas	43.5	1.00
Turbina, 6 palas planas	71.0	6.30
Turbina, 6 palas curvas	70.0	4.80
Turbina ventilador, 6 palas	70.0	1.65

Tabla 1. Valores de k para las necesidades energéticas de mezclado

Entonces,

$$Potencia_{util} = 1 \times 993.95 \frac{Kg}{m^3} \times 800^3 0.14^5 = 126.71 Nm$$

Para determinar el Torque, calcular lo siguiente:

$$Torque = \frac{Potencia_{util}}{RPM}$$

$$Torque = \frac{126.71 W}{800 RPM} = 9.50 Nm$$

ANEXO B

CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL SUB-SISTEMA ELÉCTRICO

1. CÁLCULO DE LA POTENCIA EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO DE DISPARO

Para controlar la potencia en AC con carga resistiva, se debe tener en cuenta la siguiente:

Siendo V_i el voltaje máximo en línea y V_{ef} el voltaje eficaz.

$$V_i = \sqrt{2}V_{ef} \sin(\omega t + \beta)$$

Asumiendo como ángulo de fase inicial $\beta = 0$

$$V_i = \sqrt{2}V_{ef} \sin \omega t$$

De acuerdo al tiempo de activación en función del ángulo de disparo “ α ”, el valor de V_{rms} será:

$$V_{rms}^2 = \frac{2 \int_{\alpha}^{\pi} (\sqrt{2}V_{ef} \sin \omega t)^2 d\omega t}{2\pi}$$

$$V_{rms} = V_{ef} \sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2\pi}}$$

También para el caso de la corriente I_{rms} :

$$I_{rms} = \frac{V_{ef}}{R} \sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2\pi}}$$

Por lo que la Potencia Efectiva será:

$$P = V_{rms} \times I_{rms} = \left(V_{ef} \sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2\pi}} \right) \times \left(\frac{V_{ef}}{R} \sqrt{\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2\pi}} \right)$$

$$P = \frac{V_{ef}^2}{R} \left[\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2\pi} \right]$$

Según los datos $V_{ef}=220V$ y el valor de resistivo que le corresponde a la resistencia eléctrica es aproximadamente $R=13\Omega$., entonces la Potencia efectiva quedaría así

$$P = \frac{220^2}{13} \left[\frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{2\pi} \right]$$

2. CÁLCULO DEL FILTRO A LA SALIDA DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL PARA EL SENSOR DE TEMPERATURA

Se determina el orden del filtro de acuerdo a la siguiente ecuación [19]:

$$n \geq \frac{\log \left\{ \frac{10^{0.1 \times A_{min}} - 1}{10^{0.1 \times A_{max}} - 1} \right\}}{2 \times \log \left(\frac{WS}{WC} \right)}$$

Reemplazando valores:

$$n \geq \frac{\log \left\{ \frac{10^{0.1 \times -20dB} - 1}{10^{0.1 \times -0.5dB} - 1} \right\}}{2 \times \log \left(\frac{2\pi \times 20kHz}{2\pi \times 15kHz} \right)}$$

$$n \geq 3.8387$$

Entonces el orden deseado es $n = 4$. Por tanto, es necesario implementar 2 etapas que componen el filtro. Se usarán las constantes a_1 y b_1 para la primera etapa, y a_2 y b_2 para la segunda correspondientes a la tabla de coeficientes para Butterworth (cita en los anexos B6).

$$a_1 = 1.8478 \text{ y } b_1 = 1$$

$$a_2 = 0.7654 \text{ y } b_2 = 1$$

Reemplazar los valores obtenidos en las siguientes ecuaciones para determinar los condensadores y resistencias a usar:

$$C_1 = \frac{10\mu F}{F_c}$$

$$C_2 \geq C_1 \frac{4b_1}{a_1^2}$$

$$C_1 = \frac{10\mu F}{F_c}$$

$$R_{12} = \frac{a_1 C_2 \mp \sqrt{a_1^2 C_2 - 4b_1 C_1 C_2}}{4\pi f_c C_1 C_2}$$

Los valores obtenidos son:

$$R1 = 1.2M \quad R2 = 100k \quad R3 = 24k \quad R4 = 270k$$

$$C1 = 0.1\mu F \quad C2 = 2.2\mu F \quad C3 = 3.3\mu F \quad C4 = 1\mu F$$

3. CÁLCULOS DE CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN GENERAL PARA CIRCUITOS DE ADAPTACIÓN +15V/-15V/+24V

En primera instancia se debe seleccionar un transformador de toma central con salidas de 34V - 0 - 34V, para un consumo de potencia máximo de 700W. Se sobredimensiona las características del transformador con el fin de que en un futuro se pueda adicionar otros dispositivos al sistema.

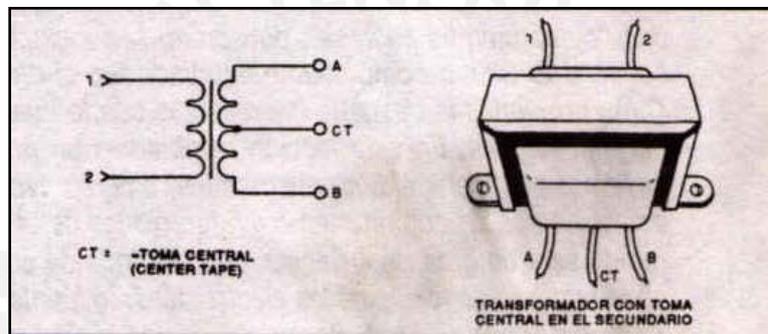


Figura G. Transformador Toma Central

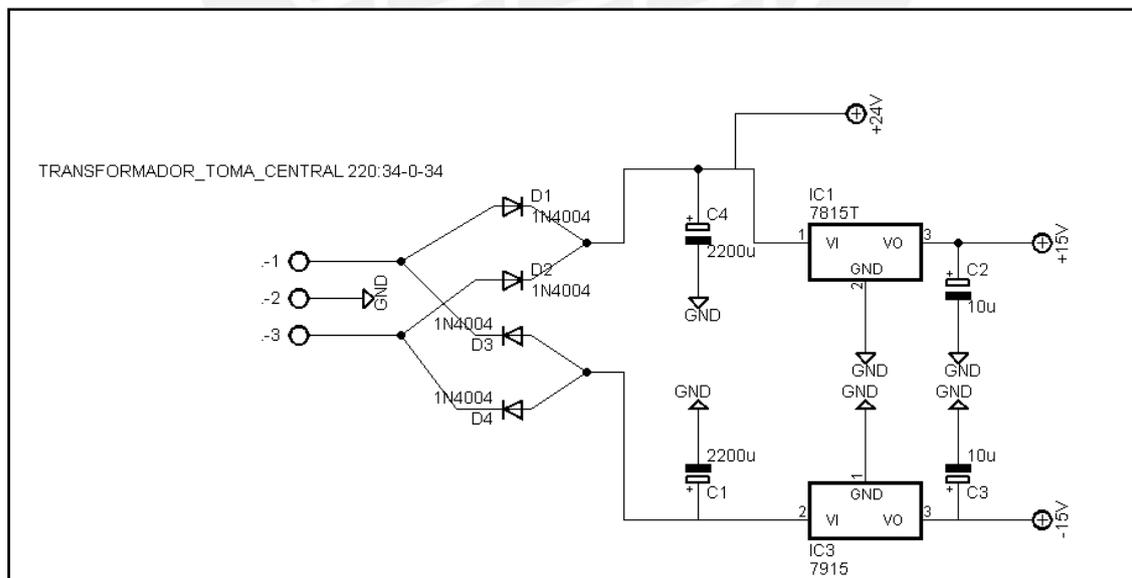


Figura H. Circuito de Fuente +12V y -12V

Tal como se observa en el circuito de la figura B3 la salida de los transformadores se conectan con el par de puente de diodos lo que genera un $V_{rizado} = 34v$. Para reducir el voltaje rizado se calcula el siguiente filtro capacitivo aproximado:

$$C \approx \frac{I \times t}{V_{rizado}}$$

$$C \approx \frac{4A \times 8ms}{34v} \approx 1000\mu F$$

Se ubica un condensador en cada salida relacionada con GND.

Finalmente para tener voltajes precisos requeridos se seleccionan reguladores de voltajes:

- En la salida positiva ubicar al regulador LM7815 el cual me provee una salida de +12V.
- En la salida negativa ubicar al regulador LM7915 el cual me provee una salida de -12V.

De acuerdo a sus hojas de datos de cada regulador, acompañar la salida de estos con un condensador de 0.1 μ f, con el fin de filtrar pequeñas interferencias.

4. CÁLCULOS DE CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PARA CELDAS PELTIER

VL es el voltaje en cada línea, el valor pico de VL es:

$$V_p = \sqrt{3}V_m$$

$$V_p = \sqrt{3} \times 88V = 152.42V$$

El voltaje promedio de salida se determina de la siguiente manera:

$$V_{cd} = \frac{2}{2\pi/6} \int_0^{\pi/6} \sqrt{3} \times V_m \cos wt d(wt)$$

$$= \frac{3\sqrt{3}}{\pi} V_m$$

$$= \frac{3\sqrt{3}}{\pi} \times 88V = 145.55V$$

El voltaje rms en salida es:

$$V_{rms} = \left[\frac{2}{2\pi/6} \int_0^{\pi/6} 3V_m^2 \cos^2 wt d(wt)^2 \right]^{1/2}$$

$$= \left(\frac{3}{2} + \frac{9\sqrt{3}}{4\pi} \right)^{\frac{1}{2}} V_m = \left(\frac{3}{2} + \frac{9\sqrt{3}}{4\pi} \right)^{\frac{1}{2}} 88V$$

$$= 145.67V$$

Debido a que la carga es totalmente resistiva, la corriente pico que atraviesa algún diodo es:

$$I_m = \sqrt{3}V_m/R$$

$$I_m = \sqrt{3} \times \frac{88}{10.9} = 13.98A.$$

Este valor es muy importante debido a que el diodo o puente de diodos a escoger deberán soportarlo.

La corriente promedio que atravesará cada diodo es:

$$I_d = \frac{4}{2\pi} \int_0^{\pi/6} I_m \cos wt d(wt)$$

$$I_d = 13.98A \cdot \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi}{6} = 12.44A.$$

El valor de corriente en cada diodo es:

$$I_{rms} = \left[\frac{4}{2\pi} \int_0^{\pi/6} I_m^2 \cos^2 wt d(wt)^2 \right]^{1/2}$$

$$I_{rms} = \left[\frac{4}{2\pi} \int_0^{\pi/6} 13.98A^2 \cos^2 wt d(wt)^2 \right]^{1/2} = 12.72A.$$

La eficiencia del sistema se calcula así:

$$\eta = \frac{(V_{cd})^2}{(V_{rms})^2}$$

$$\eta = \frac{(145.55)^2}{(145.67)^2} = 99.84\%$$

El factor de rizo es:

$$FR = \sqrt{\left(\frac{V_{rms}}{V_{cd}}\right)^2} - 1$$

$$FR = \sqrt{\left(\frac{145.67}{145.55}\right)^2} - 1 = 4.06\%$$

Para determinar la capacidad VA del transformador es necesario conocer:

$$V_s = 0.707V_m = 0.707 \times 88V = 62.22V.$$

$$I_s = 0.784I_m = 0.784 \times 13.98A = 10.96A.$$

$$VA = 3V_s I_s = 3 \times 62.22V \times 10.96A = 2073.25VA.$$

En base a este valor se procederá a escoger el transformador que adecuado para el sistema. El factor de utilización del transformador para este caso de uso de línea trifásica es:

$$TUF = 0.95$$

Esto indica que el transformador es usado eficientemente.

5. PROGRAMA PARA SIMULACIÓN EN LAB VIEW

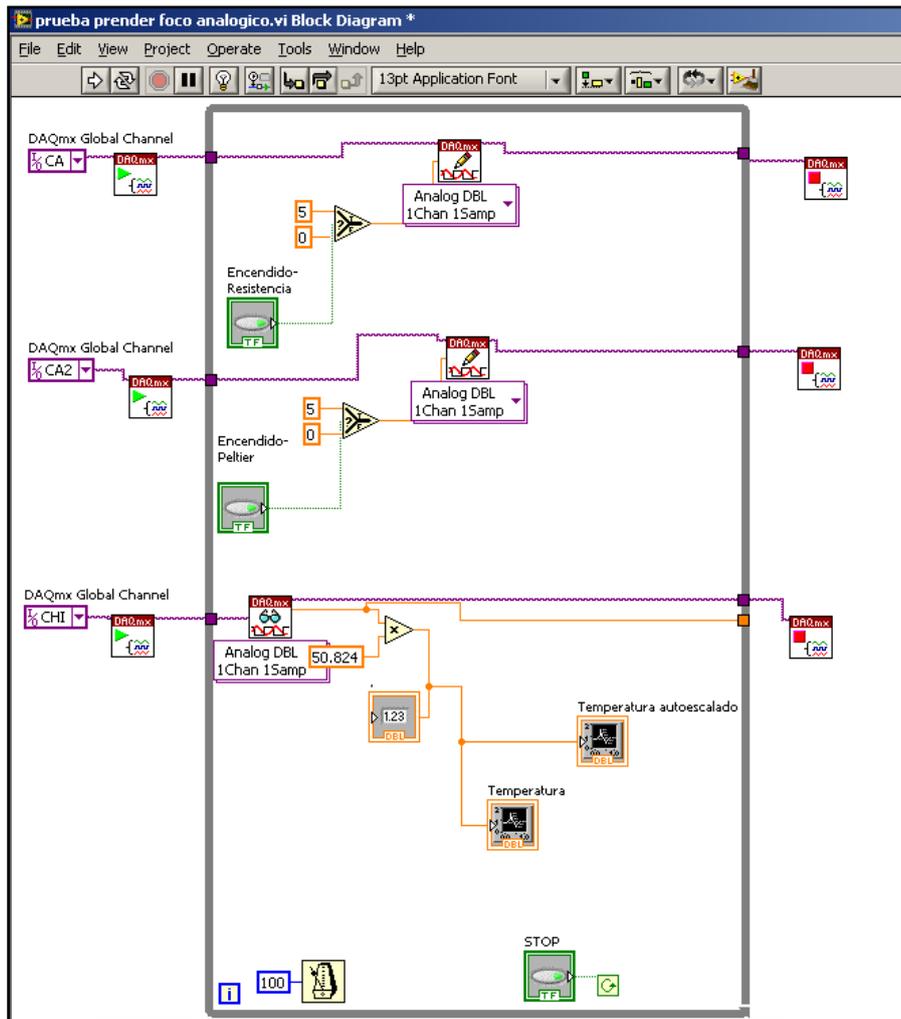


Figura I. Programación de prueba en Lab View.