



PROYECTO DE GRADUACIÓN

Tema: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA DIDÁCTICA PARA DEMOSTRAR EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FUEL/OIL COOLER DEL MOTOR JT8D EN LOS TALLERES DEL ITSA.

Autor: LUIS GERMAN ARIAS JIMÉNEZ

Fecha: LATACUNGA, MARZO 2015

Objetivo General

Construir una maqueta didáctica que simule la operación y funcionamiento del sistema fuel/oil cooler del motor JT8D, para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje en docentes y estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

Objetivos específicos

○ Preliminares

El tema consiste básicamente en demostrar el funcionamiento del sistema fuel/oil cooler, el cual cumple con la función de intercambiar el calor entre los dos fluidos en cuestión (aceite 100°C y combustible 15°C).

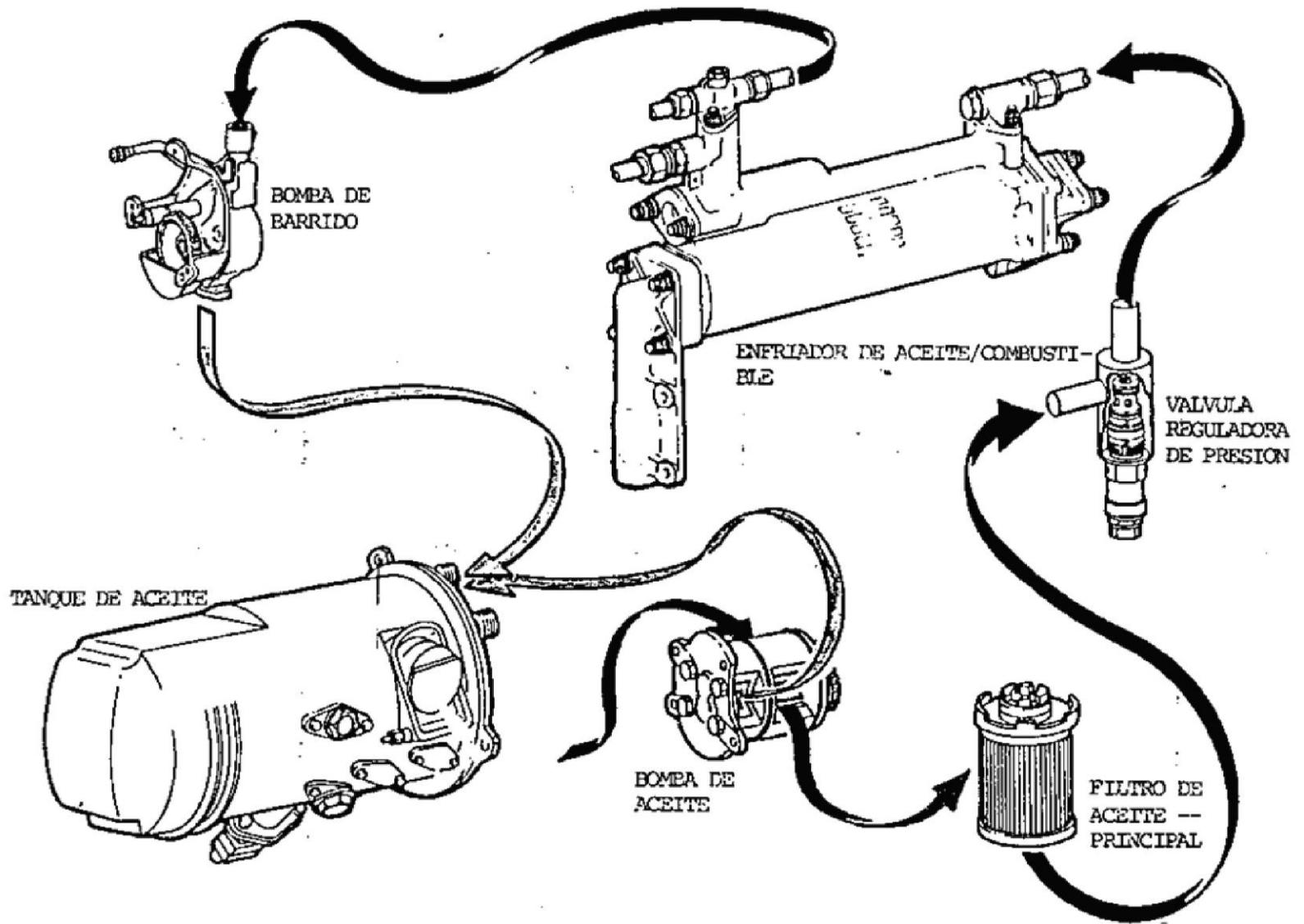
La maqueta contiene dos sistemas cerrados e independientes que son el sistema de aceite y el sistema de combustible, los dos fluidos son conducidos por cañerías de cobre y accionados por bombas desde el reservorio hacia el fuel/oil cooler donde se produce el intercambio de calor, después los fluidos regresan a cada reservorio.

SISTEMA DE ACEITE DEL MOTOR

Propósito: Lubricar y enfriar a las cavidades de los bearings y la gear box, a su vez proporciona una fina película de aceite a las superficies de fricción para evitarla y enviar una presión adecuada.

Componentes:

- Reservorio
- Bomba de aceite
- Filtro principal
- Válvula reguladora de presión
- Fuel/oil cooler
- Bombas de barrido



SISTEMA DE COMBUSTIBLE

◉ Propósito: Suministrar el combustible necesario a los inyectores para conseguir una combustión deseada en las cámaras de combustión.

◉ Componentes:

Bomba de combustible

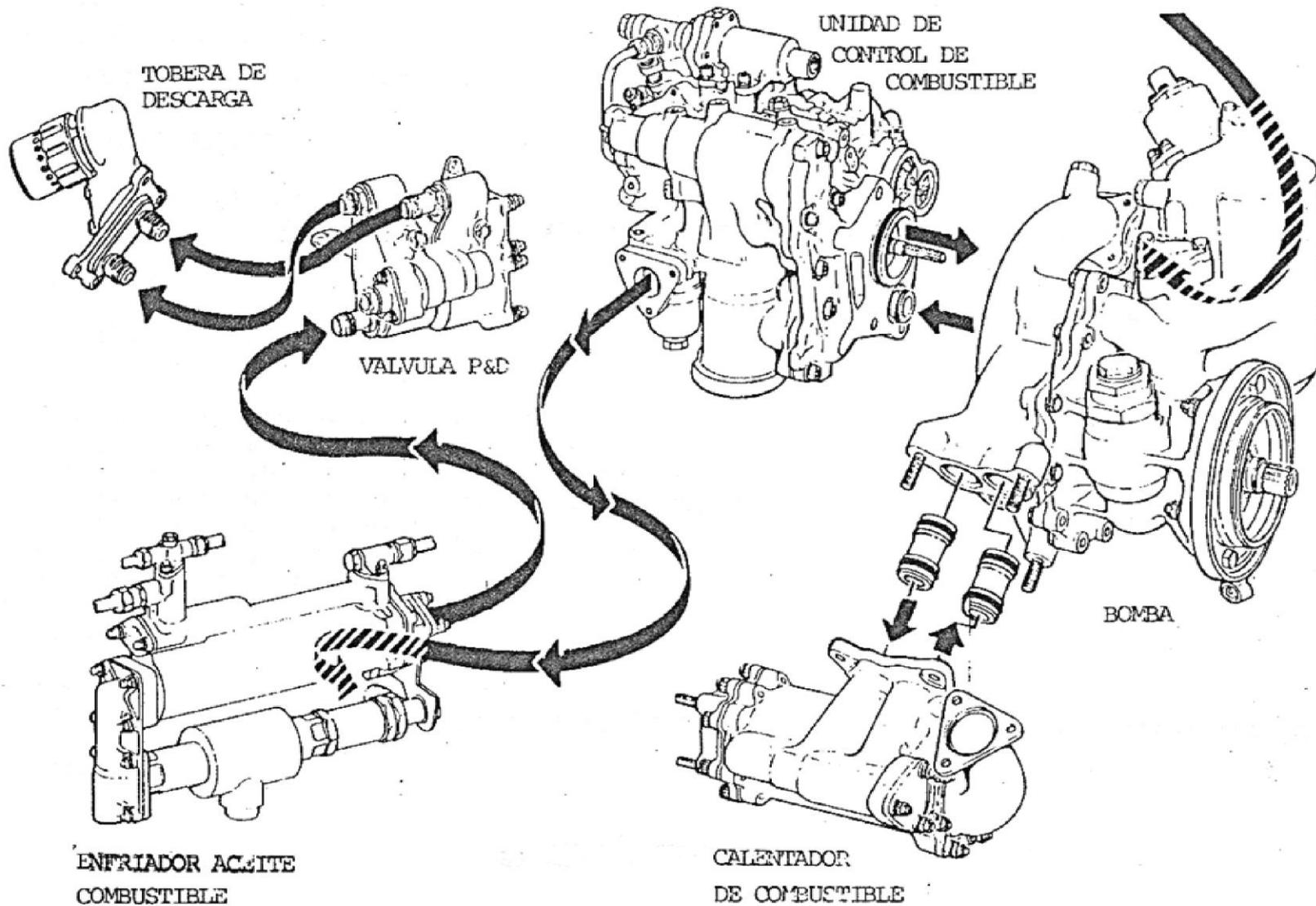
Unidad de control de combustible (FCU)

Fuel/oil cooler

Válvula P&D

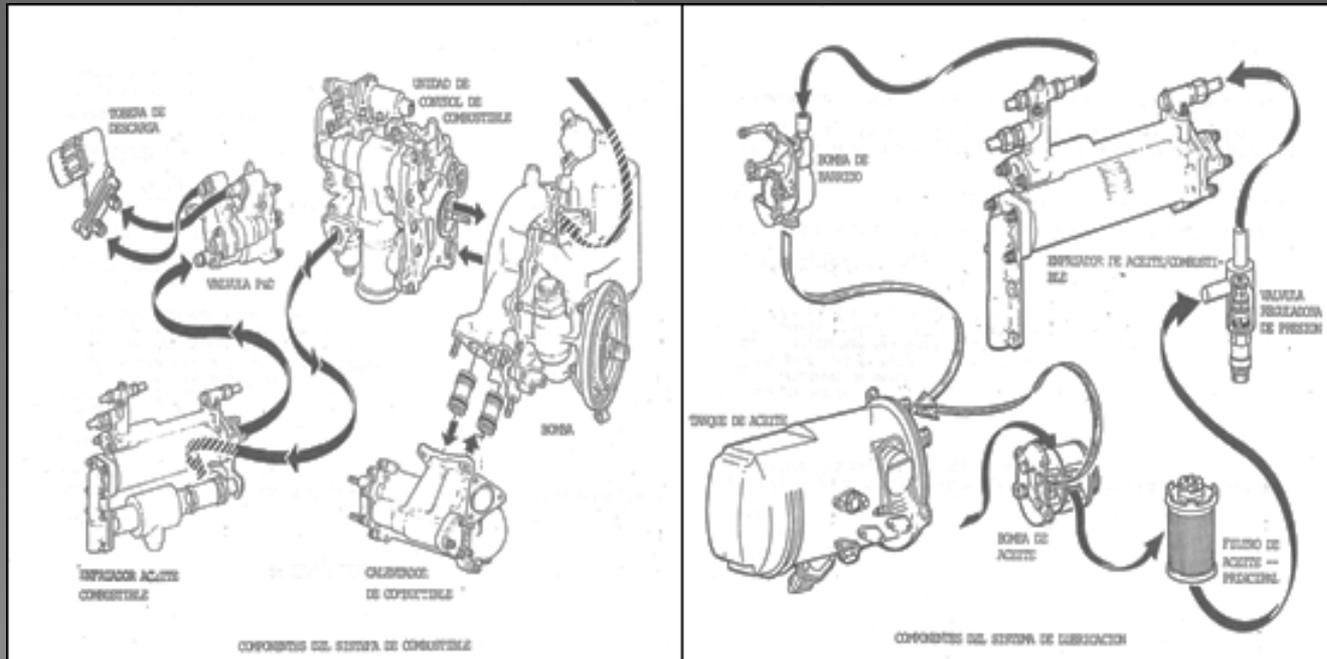
Tobera de descarga (inyectores)

Fuel heater



FUEL/OIL COOLER

Propósito: Transferir el calor del fluido de aceite al fluido del combustible, por acción de la diferencia de temperaturas.



Intercambiadores de calor

Un intercambiador de calor es un componente que permite la transferencia de calor de un fluido (líquido o gas) a otro fluido (líquido o gas).

◉ Tipos

Intercambiador de tipo coraza y tubo

Intercambiador tipo Plato

Intercambiador tipo carcasa y serpentín

Diseño del intercambiador de calor de coraza y tubos

Propiedades:

Aceite

- Calor específico: $C_{Ph} = 2219 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$
- Flujo másico: $m_h = 0.015 \text{ kg/s}$
- Temp. in: $t_{hi} = 100^\circ\text{C}$
- Temp. out: $t_{ho} = 55^\circ\text{C}$

Combustible

- Densidad: 800 kg/m^3
- Calor específico $C_{Pc} = 2010 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$
- Flujo másico: $m_c = 0.025 \text{ kg/s}$
- Temp. in: $t_{ci} = 18^\circ\text{C}$
- Temp. out: $t_{co} = ?$

El calor neto que pierde el aceite es igual al calor neto que gana el combustible y es igual también a la energía calorífica transferida a través de la superficie de transferencia de calor.

$$Q = m_h * C_{Ph}(t_{hi} - t_{ho}) = m_c * C_{Pc} (t_{co} - t_{ci}) = (UA)(DTML)$$

Para encontrar la temperatura de salida del combustible t_{co}

$$Q = m_h * C_{Ph}(t_{hi} - t_{ho}) = m_c * C_{Pc} (t_{co} - t_{ci})$$

$$0.015 \text{ kg/s} * 2219 \text{ J/kg}^\circ\text{K} (100^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C}) = 0.025 \text{ kg/s} * 2010 \text{ J/kg}^\circ\text{K} (t_{co} - 18^\circ\text{C})$$

$$t_{co} = \frac{1497.83 + 18}{50.25}$$

$$t_{co} = 30.17^\circ\text{C}$$

Hallar la DMTL

$$DTML = \frac{(t_{hi} - t_{co}) - (t_{ho} - t_{ci})}{\ln\left(\frac{t_{hi} - t_{co}}{t_{ho} - t_{ci}}\right)}$$

$$DTML = \frac{(100 - 29.43) - (55 - 18)}{\ln\left(\frac{100 - 29.43}{55 - 18}\right)}$$

$$DTML = \frac{33.57}{0.645}$$

$$DTML = 52.05$$

EL ÁREA INTERNA DEL INTERCAMBIADOR DE CORAZA Y TUBO ESTA DADA POR LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

$$Q = m_h * C_{Ph}(t_{hi} - t_{ho}) = (UA)(DTML)$$

$$0.015 \frac{kg}{s} * 2219 \frac{J}{kg} ^\circ K (100^\circ C - 55^\circ C) = 190 \frac{W}{m^2 K} (A) * 52.05$$

$$A = \frac{1497.83}{9889.5}$$

$$A = 0.1514 m^2$$

Se introdujo 12 tubos de cobre con D.E. de 3/8" y longitud de 45 cm, en una coraza con diámetro de 2.5". Para dividir las cámaras fue necesario soldar cada una de las uniones de la tubería de cobre con bronce dando un sellado compacto.

Intercambiador de calor (coraza y tubos)



Diseño del intercambiador de calor de coraza y serpentín

Propiedades:

Aceite

- Calor específico: $C_{Ph} = 2219 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$
- Flujo másico: $m_h = 0.015 \text{ kg/s}$
- Temp. in: $t_{hi} = 100^\circ\text{C}$
- Temp. out: $t_{ho} = 50^\circ\text{C}$

Combustible

- Densidad: 800 kg/m^3
- Calor específico $C_{Pc} = 2010 \text{ J/kg}^\circ\text{K}$
- Flujo másico: $m_c = 0.025 \text{ kg/s}$
- Temp. in: $t_{ci} = 20^\circ\text{C}$
- Temp. out: $t_{co} = ?$

$$Q = m_h * C_{Ph}(t_{hi} - t_{ho}) = m_c * C_{Pc} (t_{co} - t_{ci}) = (UAF)(DTML)$$

Hallar la temperatura de salida del combustible del intercambiador t_{co}

$$Q = m_h * C_{Ph}(t_{hi} - t_{ho}) = m_c * C_{Pc} (t_{co} - t_{ci})$$

$$0.015 \text{ kg/s} * 2219 \text{ J/kg}^\circ\text{K} (100^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}) = 0.025 \text{ kg/s} * 2010 \text{ J/kg}^\circ\text{K} (t_{co} - 20^\circ\text{C})$$

$$t_{co} = \frac{1664.25 + 20}{50.25}$$

$$t_{co} = 33.51^\circ\text{C}$$

Parámetros para el factor de corrección

$$R = \frac{(t_{hi} - t_{ho})}{(t_{co} - t_{ci})}$$

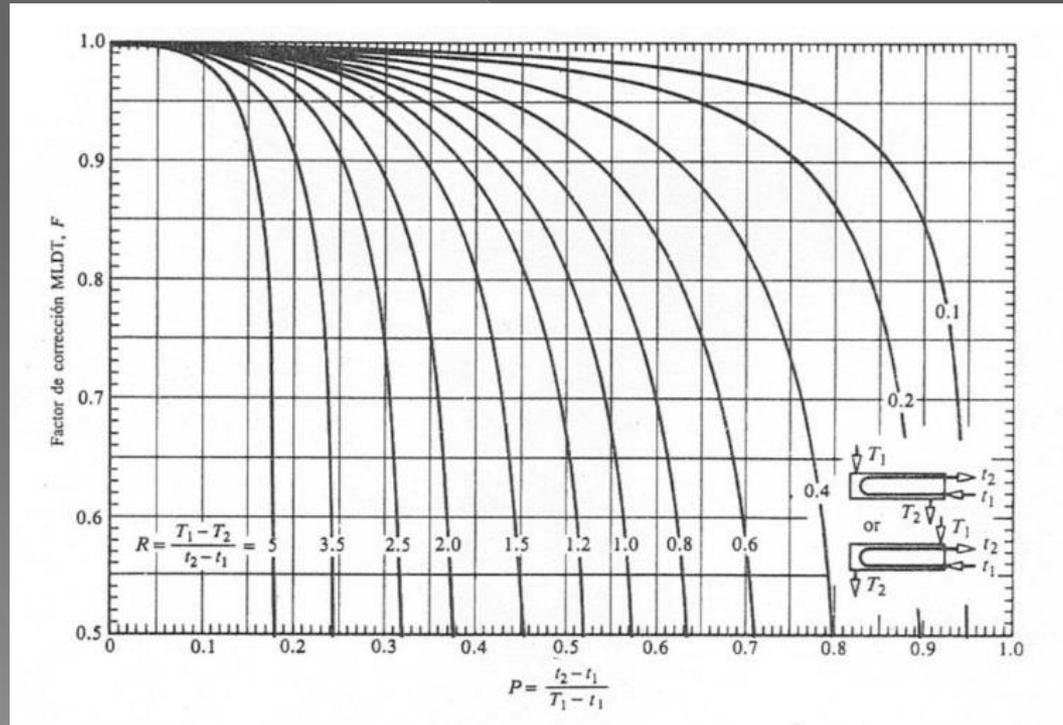
$$P = \frac{(t_{co} - t_{ci})}{(t_{hi} - t_{ci})}$$

$$R = \frac{(100 - 50)}{(33.51 - 20)}$$

$$P = \frac{(33.51 - 20)}{(100 - 20)}$$

$$R = 3.7$$

$$P = 0.1688$$



El valor del factor de corrección es:

$$F = 0.96$$

También determinamos DTML:

$$DTML = \frac{(t_{hi} - t_{co}) - (t_{ho} - t_{ci})}{\ln\left(\frac{t_{hi} - t_{co}}{t_{ho} - t_{ci}}\right)}$$

$$DTML = \frac{(100 - 33.51) - (50 - 20)}{\ln\left(\frac{100 - 33.51}{50 - 20}\right)}$$

$$DTML = \frac{36.49}{0.795}$$

$$DTML = 45.899$$

EL ÁREA INTERNA DEL INTERCAMBIADOR DE CORAZA Y DOBLE SERPENTÍN ESTA DADA POR LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

$$Q = m_h * C_{Ph}(t_{hi} - t_{ho}) = (UAF)(DTML)$$

$$0.015 \frac{kg}{s} * 2219 \frac{J}{kg} ^\circ K (100^\circ C - 50^\circ C) = 190 \frac{W}{m^2 K} (A) * 0.96 * 45.899$$

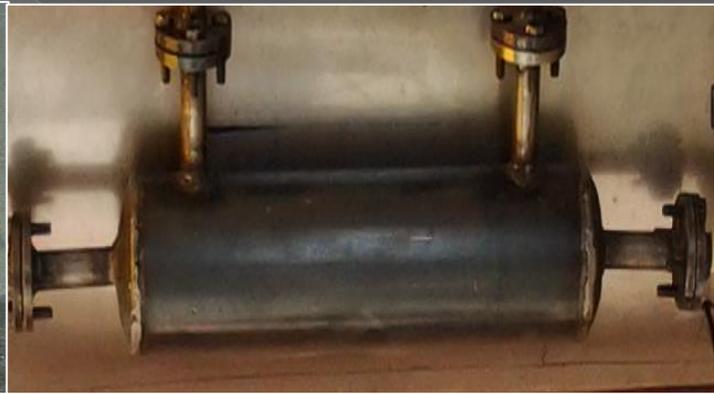
$$A = \frac{1664.25}{8371.97}$$

$$A = 0.1987 m^2$$

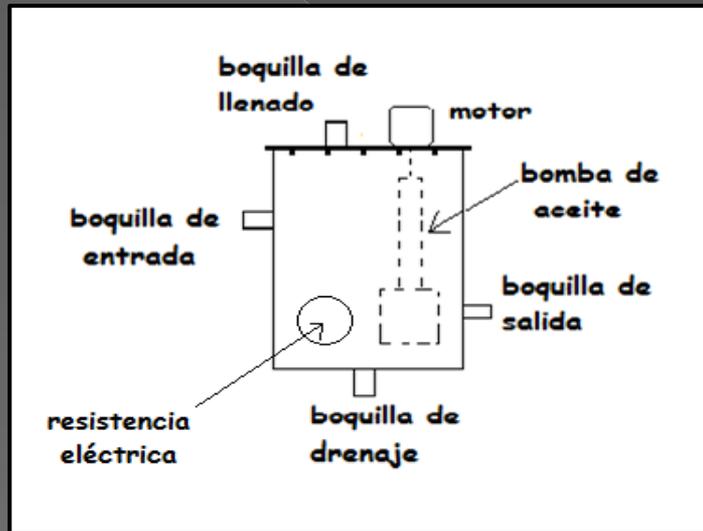
ÁREA DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR				
SERPENTÍN N°	01		SERPENTÍN N°	02
TUBERÍA	3/8"		TUBERIA	1/4"
DIÁMETRO	0.00952 m		DIÁMETRO	0.00634 m
LONGITUD	4 m		LONGITUD	4 m
ÁREA	0.1196 m ²		ÁREA	0.0796 m ²
ÁREA TOTAL= 0.1992 m ²				

Intercambiador de calor (coraza y doble serpentín)

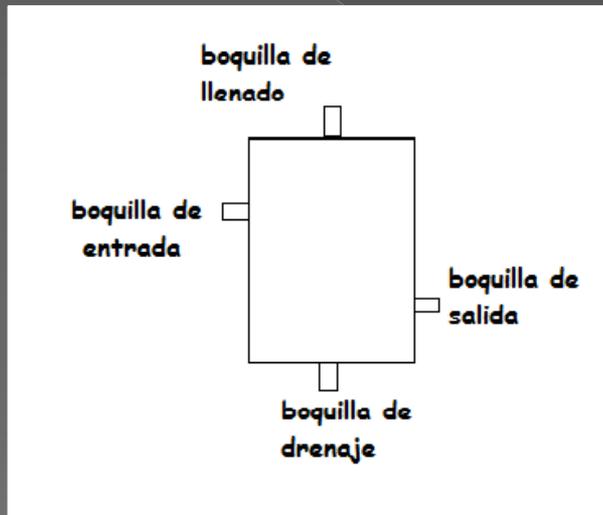
Tiene una longitud de 30 cm sin contar las tomas de entrada y salida.



Diseño del reservorio de aceite



Diseño del reservorio de combustible



Diseño final de la maqueta



Procesos de construcción de la maqueta



Procesos de construcción de la maqueta



INSTALACIÓN DE COMPONENTES EN LA MAQUETA



ACABADO FINAL DE LA MAQUETA FUEL/OIL COOLER



Instalación interina del sistema fuel/oil cooler para las primeras pruebas operacionales



Primera prueba operacional

TIEMPO	ACEITE DE MOTOR		COMBUSTIBLE JET-A1	
min.	Caudal cm ³ /min	IN °C - OUT °C	Caudal cm ³ /min	IN °C - OUT °C
5	500	94.3 - 47.0 - 47.3	1500	14.5 - 19.5 + 5
25	500	100.0 - 53.6 - 46.4	1500	25.1 - 29.2 + 4.1

Segunda prueba operacional

5	500	108.0 - 49.5 - 58.5	1500	20.0 - 24.5 + 4.5
20	500	109.7 - 63.8 - 49.5	1500	31.6 - 36.5 + 4.9

Tercera prueba operacional

5	500	90.8 - 52.3 - 38.5	1500	11.4 - 23.1 + 11.7
25	400	103.3 - 62.5 - 40.8	1500	25.1 - 33.6 + 8.5

Fugas encontradas en el intercambiador de coraza y tubos



Cuarta prueba operacional (intercambiador de tipo coraza y doble serpentín)

TIEMPO	ACEITE DE MOTOR		COMBUSTIBLE JET - A1	
min.	Caudal cm ³ /min	IN °C - OUT °C	Caudal cm ³ /min	IN °C - OUT °C
0	650	20.0 – 20.0 0.0	1500	20.0 – 20.0 0.0
5	650	77.4 – 43.6 - 33.8	1500	20.8 – 30.6 + 9.8
20	650	93.8 – 61.8 - 32	1500	32.2 – 43.7 + 11.5

Quinta prueba operacional (intercambiador de tipo coraza y doble serpentín)

TIEMPO	ACEITE DE MOTOR		COMBUSTIBLE JET - A1	
min.	Caudal cm ³ /min	IN °C - OUT °C	Caudal cm ³ /min	IN °C - OUT °C
0	400	13.0 – 13.0 0.0	1500	13.0 – 13.0 0.0
5	400	82.8 – 30.8 - 52	1500	16.6 – 25.7 + 9.1
20	400	108.4 – 50.6 - 57.8	1500	24.6 – 36.1 + 11.5

Costo general del proyecto

- Costo primario del proyecto \$1827.00
- Costo secundario del proyecto \$ 382.00
- El costo total del proyecto de grado es de \$ 2209.00

