

CÁLCULO TEÓRICO Y MODELACIÓN COMPUTACIONAL DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN DE UNA LANCHAS.

¹Suárez Díaz-Pimienta E., ²Palma Medina D.

¹Filiación 1992
esdpimienta1991@gmail.com

RESUMEN

El trabajo recoge los cálculos teóricos realizados al sistema de ventilación de la lancha rápida LP-20 perteneciente a la empresa Prácticos de Cuba que es utilizada en la bahía del Mariel.

Los objetivos de la investigación fueron:

1. Caracterización del sistema de ventilación de dicha embarcación.
2. Calcular los caudales de aire necesario para el trabajo estable del sistema.
3. Comprobar los cálculos teóricos realizados, a través de una simulación computacional (CFD) en el programa Ansys 16.0, del trabajo del sistema de ventilación.
4. Lograr una visualización en tres dimensiones del comportamiento del flujo de aire dentro del cuarto de máquinas, así como una mejor vista de la distribución de las temperaturas dentro del mismo.
5. Caracterizar el sistema en cuanto a otras variables como la presión del fluido dentro del cuarto y en las zonas cercanas a las admisiones y las velocidades del fluido en distintos lugares del cuarto.

Fueron propuestos como resultados principales los valores de caudal de aire a entregar por el sistema de ventilación al cuarto de máquinas de la embarcación; el diseño de un nuevo sistema de ventilación que satisfagan las necesidades actuales y la propuesta detallada del ventilador a instalar en dicho sistema.

El trabajo realizado logró restablecer el funcionamiento de una embarcación de vital importancia para el desarrollo económico de la Zona Especial de Desarrollo Mariel (ZEDM). Los niveles de

exigencia científico-técnica fueron elevados y sus resultados quedaron avalados con las distintas pruebas de navegación realizadas a dicha embarcación. Hoy día, se explota con magníficos resultados la embarcación en la bahía del Mariel.

PALABRAS CLAVES: Diseño, Sistema de ventilación, Modelación computacional, Caudal, Fluido.

1 INTRODUCCIÓN

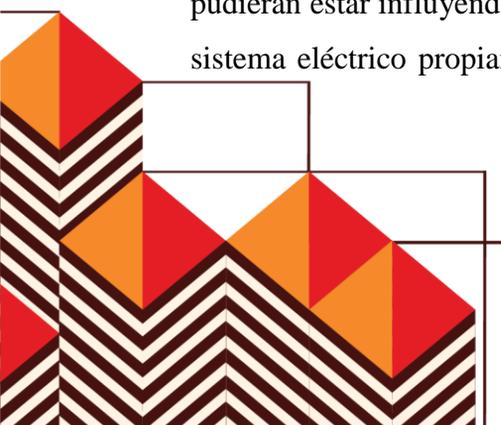
Durante las pruebas de navegación y de trabajo continuo de la lancha LP-20 perteneciente a los Prácticos del Mariel, se comprueba que para los regímenes de trabajo medios de las máquinas diésel del sistema propulsor, dentro del cuarto de máquinas se alcanzan altas temperaturas del medio producto a la irradiación de calor de las fuentes principales de calor. Unido a esto se refiere por parte de los operadores de la nave que durante el trabajo continuo de la misma dentro del cuarto se hace incómoda la permanencia debido a la temperatura existente.

Además se calculan las pérdidas hidráulicas en el conducto de entrada para la elección del tipo de ventilador, este cálculo fue realizado en el software de cálculo hidráulico Pipe Flow Expert.

Unido a estos cálculos teóricos se modela computacionalmente el trabajo del sistema de ventilación calculado teóricamente en el software de cálculo y modelación Ansys 16.0, específicamente dentro del entorno CFD (Computational Fluid Dynamics) Dinámica de Fluidos Computacional.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

Debido a la insuficiencia de aire entregada por el sistema de ventilación, se han elaborado las hipótesis acerca del trabajo deficiente de la máquina diésel de babor, producto al poco flujo de aire que se le suministra para su funcionamiento. Las altas temperaturas dentro del cuarto pudieran estar influyendo negativamente en el trabajo de algunos agregados electrónicos, tanto el sistema eléctrico propiamente dicho de la lancha como los sistemas electrónicos de regulación



automática de las máquinas. En varias ocasiones que ha podido constatar el funcionamiento inestable de este último sistema en la máquina de babor.

Aplicando los conocimientos sobre el cálculo de la suficiencia de aire de los sistemas de ventilación, las fórmulas empíricas de la mecánica de los fluidos para el cálculo del flujo de aire a entregar y los conocimientos termodinámicos para calcular los calores irradiados por las fuentes principales de calor, se pudo caracterizar el sistema de ventilación y determinar el flujo de aire que debe ser entregado al cuarto de máquinas para lograr un trabajo óptimo dirigido principalmente a dos factores: lograr un caudal de aire suficiente para la admisión de aire de las máquinas diésel principales y el diésel del generador y garantizar un flujo de aire óptimo para mantener dentro del cuarto de máquinas valores de temperatura que no excedan los 50°C, de acuerdo a la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar ¹.

3 RESULTADOS

3.1 Cálculo teórico de los caudales de aire.

Dentro de los cálculos realizados estuvo el de calcular los distintos caudales de aire en función de las áreas de entrada, los calores irradiados por las distintas fuentes de calor y las pérdidas hidráulicas del conducto de entrada, para la elección del tipo de ventilador.

3.1.1 Cálculo del calor desprendido por las distintas fuentes de calor.

3.1.1.1 Cantidad de calor desprendida por el diésel del generador.

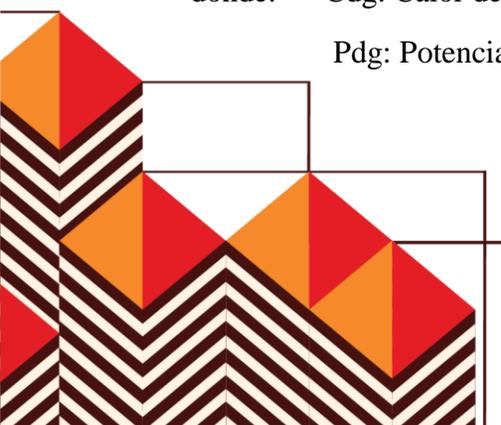
La cantidad de calor desprendida por el diésel del generador está en función de su potencia (P_{dg}) y el porcentaje de pérdida de calor (L_d) para este tipo de motor según las normas de la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar ¹.

$$C_{dg} = P_{dg} * (L_d/100) \quad (3.1)$$

$$C_{dg} = 10 \text{ kW} * ((6)/100) = 0.6 \text{ kW}$$

donde: C_{dg}: Calor desprendido por el diésel generador.

P_{dg}: Potencia del diésel del generador (P_{dg}=10 kW).



Ld: Porcentaje de pérdida de calor (Ld=6%).

La elección del porcentaje de pérdida de calor se realiza a través de la Figura 1.

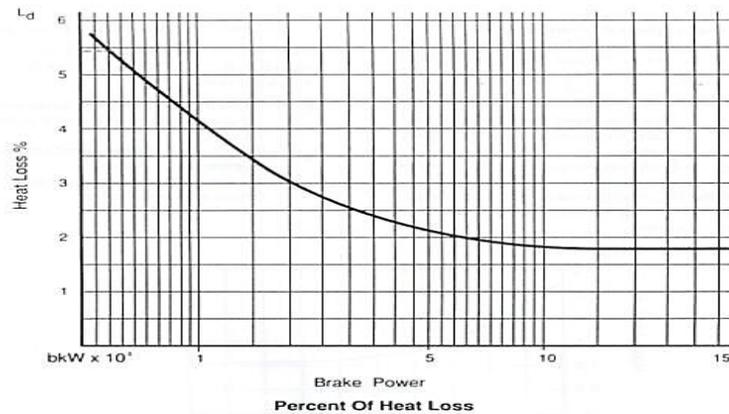


Figura 1. Porcentaje de pérdida de calor en función de la potencia.

3.1.1.2 Cantidad de calor desprendido por el generador eléctrico.

La cantidad de calor desprendida por el generador eléctrico es proporcional a su potencia y a su eficiencia.

$$C_{ge} = P_g * ((1 - N)/100) \quad (3.2)$$

$$C_{ge} = 9.4 \text{ kW} * ((1 - 95)/100) = 0.47 \text{ kW}$$

donde: C_{ge}: Calor desprendido por el generador eléctrico.

P_g: Potencia del generador eléctrico (P_g=9.4 kW).

N: Eficiencia del generador eléctrico(N=95%).

3.1.1.3 Cantidad de calor desprendida por los sistemas eléctricos a bordo.

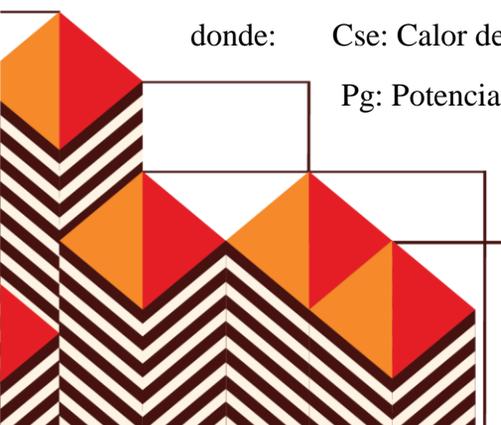
Entiéndase por sistemas eléctricos: un grupo de agregados de a bordo que consumen, por su debida alimentación, cierta potencia del generador eléctrico.

$$C_{se} = 0.1 * P_g \quad (3.3)$$

$$C_{se} = 0.1 * 9.4 = 0.94 \text{ kW}$$

donde: C_{se}: Calor desprendido por los sistemas eléctricos.

P_g: Potencia del generador eléctrico.



3.1.1.4 Cantidad de calor desprendida por el sistema de escape.

El sistema de escape se compone de las mangueras de escape más los tanques silenciadores de ruido. Las mangueras del sistema tienen aproximadamente una longitud de tres metros cada una.

El sistema de escape de gases de las máquinas por su diseño posee enfriamiento forzado con agua de mar, por lo que la irradiación de calor por este motivo se reduce sustancialmente. Aún así se realizan los cálculos pertinentes para saber la cantidad de calor irradiado del sistema de escape.

$$Cce = Hr * Lt \quad (3.4)$$

$$Cce = 0.5 \text{ kW/m} * 6 \text{ m} = 3 \text{ kW}$$

donde: Cce: Calor desprendido por el sistema de escape.

Lt: Longitud de las mangueras del sistema de escape. (Lt=6 m).

Hr: Coeficiente de calor emitido por tramo de tubería. (Hr=0.5 kW/m).

La elección del coeficiente de calor emitido por tramo de tubería (Hr) se elige en función de la longitud de la tubería del sistema de escape, el diámetro de dicha tubería (manguera) y el tipo de aislamiento que presenta. Dicho coeficiente se escoge a través de la Figura 2.

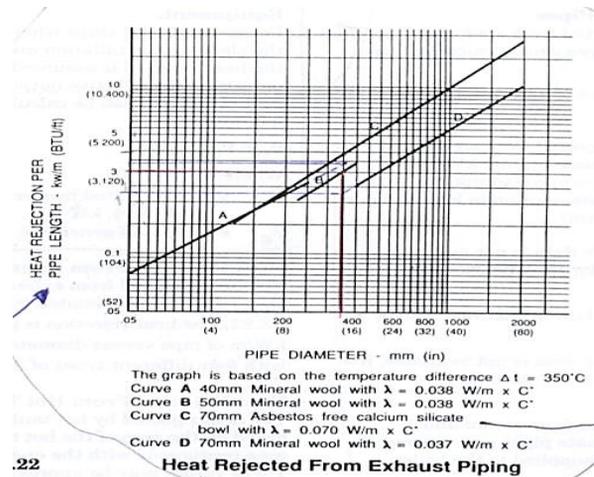
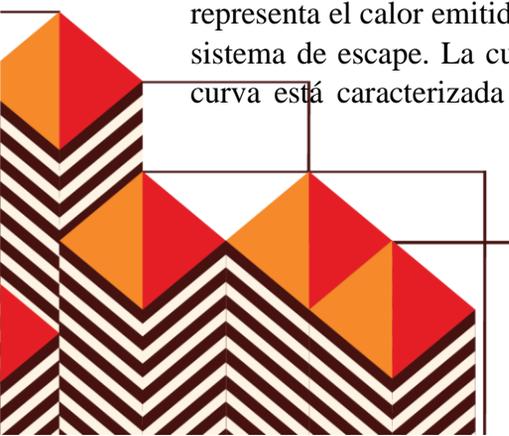


Figura 2. Calor emitido por tramo de tubería.

Se puede apreciar que existen cuatro tipos de curvas denotadas por letras. Cada una de estas representa el calor emitido por tramo de tubería en función del tipo de aislamiento que presenta el sistema de escape. La curva por la cual se realizaron los cálculos fue por la curva tipo D. Esta curva está caracterizada para un aislamiento de 70 mm de espesor de lana mineral. Nuestro



sistema no presenta este tipo de aislamiento pero para la realización del cálculo se asumió, debido a la experiencia, tomar esta curva. Por tanto, para valores de diámetro de 210 mm y una curva de aislamiento del tipo D, el coeficiente de calor emitido por tramo de tubería es aproximadamente de 0.5 KW/m.

3.1.1.5 Cantidad de calor desprendida por las máquinas diésel.

La cantidad de calor desprendida por una máquina diésel marca Volvo Penta modelo D13MH, se calculó en función de un análisis estadístico en la Marine Project Guide (Guía de Proyectos Marinos) C280 de la firma Caterpillar.¹

Desde el punto de vista energético la eficiencia de un motor diésel con características similares al de estudio, oscila aproximadamente entre los 45-55%. Por tal motivo existe dentro del funcionamiento propio del sistema una parte considerable de energía que se pierde, principalmente en forma de calor, manifestando así, altas temperaturas en todo el sistema. Esta cantidad de energía, a groso modo, no es otra que la diferencia entre la energía entregada producto a la combustión del combustible y la energía que devuelve en forma de trabajo el motor.

El trabajo estadístico consistió en obtener los datos de calor irradiado de diferentes motores de características similares en función de la potencia de trabajo de los mismos. Así, conociendo la potencia de trabajo del motor Volvo Penta modelo D13MH, podremos saber la cantidad de calor irradiado. En la siguiente tabla se tabularon los resultados y haciendo un ajuste de curva lineal por el método de los mínimos cuadrados, se obtuvo dicho valor de calor en función de la potencia del motor. Asumimos de esta forma la relación casi lineal desde el punto de vista físico entre la variable de calor irradiado en función de la potencia del motor.

Tabla 1. Correspondencia entre las potencias de trabajo y el calor irradiado a dicha potencia.

Potencia (KW)	Calor Irradiado Ci (KW)	Calor Irradiado ajustado(KW)
1850	91	90,377
2030	99	100,259
2460	125	123,866
2710	137	137,591
405		11,0465

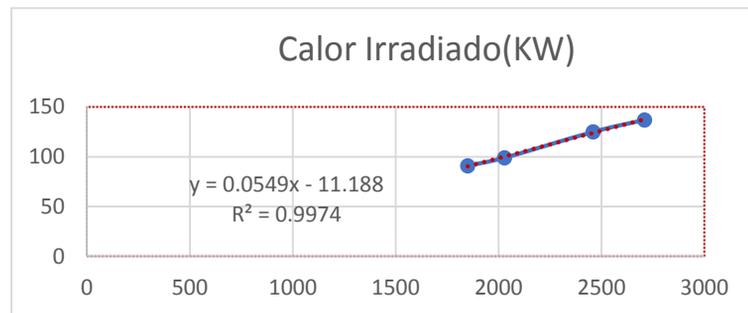


Figura 3. Ajuste de curva lineal por el método de los mínimos cuadrados.

Por tanto, para un valor de potencia de trabajo de la máquina diésel de $P_d=405$ kW, el calor irradiado es aproximadamente de 11 kW.

Como que este valor de calor irradiado es para una sola máquina, multiplicando por dos obtenemos el calor irradiado de las máquinas diésel principales.

$$C_d = C_i * 2 \quad (3.5)$$

$$C_d = 11 \text{ kW} * 2 = 22 \text{ kW}$$

Donde:

C_i : Calor irradiado en función de la potencia de trabajo.

3.1.2 Cálculo de los caudales de aire necesario para el trabajo eficiente del sistema de ventilación.

Para determinar el caudal de aire necesario para entregar al cuarto de máquinas por parte del ventilador del sistema de ventilación, que a su vez se divide en dos caudales: uno para el trabajo de las máquina diésel principales y el diésel del generador y el otro para disipar el calor dentro del cuarto, además el caudal de aire necesario a extraer, se realizaron los cálculos a través de las referencias extraídas de la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar ¹ y la Guía de Sistemas de Ventilación de la firma Volvo ².

3.1.2.1 Caudal de aire necesario para disipar el calor dentro del cuarto de máquinas.

$$Q_{dc} = (C_{dg} + C_{ge} + C_{se} + C_{ce} + C_d) / (c * P * \Delta T) \quad (3.6)$$

$$Q_{dc} = (0.6 + 0.47 + 0.94 + 3 + 22) / (1.01 * 1.15 * 12) = 1.94 \text{ m}^3/\text{s}$$

donde: Q_{dc} : Caudal necesario para disipar el calor dentro del cuarto. (m^3/s)



Cdg: Cantidad de calor desprendida por el diésel del generador.

Cge: Calor desprendido por el generador eléctrico.

Cse: Calor desprendido por los sistemas eléctricos.

Cce: Calor desprendido por el sistema de escape.

Cd: Cantidad de calor desprendida por las máquinas diésel.

C: Capacidad calorífica del aire. (C=1.01 KJ/Kg °C).

P: Densidad del aire. (P=1.15 Kg/m³).

ΔT : Incremento de temperatura dentro del cuarto de máquinas. ($\Delta T=12^\circ C$).

3.1.2.2 Caudal de aire necesario para el consumo de las máquinas diésel.

El Caudal de aire necesario para el consumo de las máquinas diésel es función de su potencia de trabajo. Se consultó para ello la Guía de sistemas de ventilación de la firma Volvo ².

$$Qd = 2 * (Pd * qd) / P \quad (3.7)$$

$$Qd = 2 * (405 kW * 0.0023) / 1.15 = 1.62 m^3/s$$

donde: Qd: Caudal de aire necesario para consumo de las máquinas diésel. (m³/s)

Pd: Potencia de trabajo de una maquina diésel. (Pd=405 kW).

qd: Cantidad específica de aire de combustión.(qd=0.0023 Kg air/kW seg).

P: Densidad del aire. (P=1.15 Kg/m³).

3.1.2.3 Caudal de aire necesario para el consumo del diésel del generador.

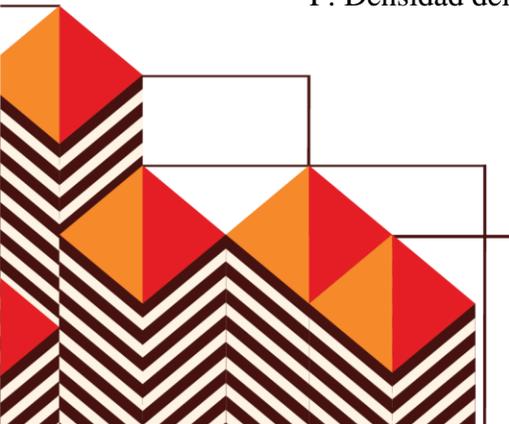
$$Qdg = (Pdg * qd) / P \quad (3.8)$$

$$Qdg = (10 kW * 0.0023) / 1.15 = 0.02 m^3/s$$

donde: Qdg: Caudal de aire necesario para el consumo del diésel del generador. (m³/s)

Pdg: Potencia de trabajo del diésel del generador. (Pdg= 10 kW).

P: Densidad del aire. (P=1.15 Kg/m³).



Por tanto el caudal de aire total necesario para el consumo de las máquinas diésel y el diésel del generador será:

$$Q_{md} = Q_d + Q_{dg} \quad (3.9)$$

$$Q_{md} = 1.62 + 0.02 = 1.64 \text{ m}^3/\text{s}$$

De esta forma se puede obtener el caudal de aire total que se le suministra al cuarto de máquinas por parte del ventilador del sistema de ventilación:

$$Q_t = Q_{dc} + Q_{md} \quad (3.10)$$

$$Q_t = 1.94 + 1.64 = 3.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1.3 Cálculo del caudal de aire de extracción.

El caudal de aire a extraer está en función del caudal de aire suministrado al cuarto para disipar el calor (Q_{dc}). En la fórmula se puede apreciar que el caudal de aire que se extrae es solo una parte del caudal que se suministra por motivo de disipar el calor. Esta elección está refrendada en la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar ¹ y persigue dos objetivos principales:

Mantener dentro del cuarto de máquinas una sobrepresión con respecto a la exterior de aproximadamente 50 Pa. Esta sobrepresión desde el punto de vista de la transferencia de calor es aconsejable para lograr un mayor intercambio de calor por convección. El intercambio de calor por convección que se realiza dentro del cuarto, desde las fuentes principales de calor a través del fluido depende directa mente de la diferencia de temperatura entre los medios, el área de las superficies que emiten calor y un coeficiente de convección. Este coeficiente de convección que vincula la relación lineal entre las demás variables y la cantidad de calor transferida, tiende a aumentar con el aumento de la presión ya que la densidad del fluido varía de manera positiva favoreciendo así dicho intercambio.

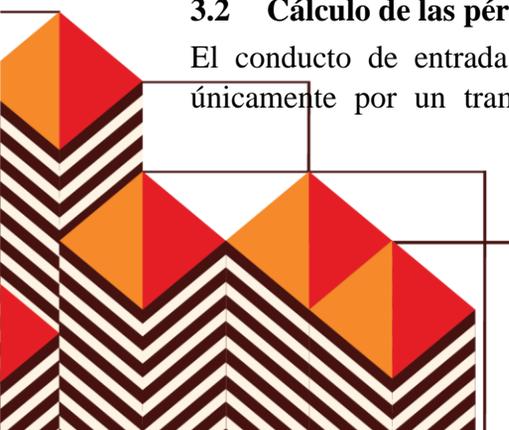
Lograr, debido a la sobrepresión desde adentro hacia fuera del cuarto, un gradiente de presión con el objetivo de sacar objetos extraños como polvo y demás partículas que por accidente puedan entrar.

$$Q_{ext} = 0.6 * Q_{dc} \quad (3.11)$$

$$Q_{ext} = 0.6 * 1.94 = 1.16 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2 Cálculo de las pérdidas hidráulicas en el conducto de entrada.

El conducto de entrada del sistema de ventilación del cuarto de máquinas está compuesto únicamente por un tramo de aproximadamente 2,5 m del largo y una sección transversal



rectangular de 0,47 m² de área. Haciendo uso del programa de cálculo hidráulico Pipe Flow Expert se modeló el conducto de entrada de acuerdo a las dimensiones reales, se declaró un caudal de aire a una temperatura de 30°C y se obtuvo las pérdidas hidráulicas. A continuación en la siguiente figura se esboza el modelo de estudio.

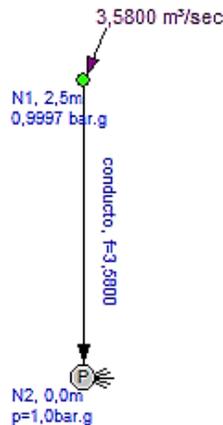


Figura 4. Modelo teórico para el cálculo de las pérdidas hidráulicas.

De esta manera se calculó que las pérdidas hidráulicas dentro del conducto y a las que se va a someter el ventilador son de 0,2 mmH₂ O. Este valor de presión, debido a la geometría del conducto se puede tomar como despreciable ya que la resistencia que ofrece el conducto es mínima. Cabe destacar que durante la instalación propiamente dicha del ventilador, se instalan además algunos accesorios como son: rejillas para la protección, hongo de ventilación, etc. La resistencia hidráulica que pueden presentar estos accesorios se considera además poco influyente.

3.2.1 Cálculo de la potencia necesaria de consumo del ventilador.

El ventilador instalado una vez sea escogido debe tener una potencia de consumo que se calcula por la fórmula siguiente:

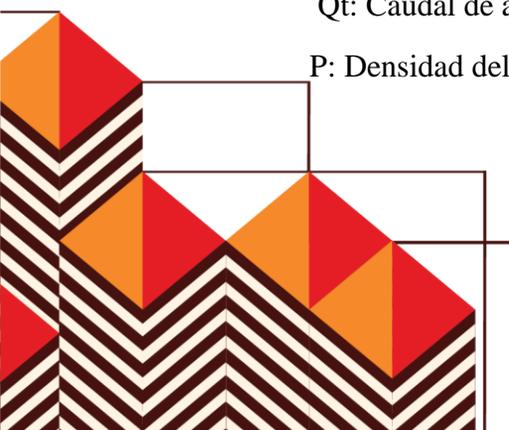
$$P_i = (Q_t * P * g * H) / 10^3 * n \quad (3.12)$$

$$P_i = ((3.58 * 1.15 * 9.81 * 0.0002)) / 10^3 * n = 0.000006 \text{ kW}$$

Donde: P_i: Potencia de consumo en el ventilador.

Q_t: Caudal de aire total que se le suministra al cuarto.

P: Densidad del aire. (P=1.15 Kg/m³).



g: Aceleración de la gravedad(9.81m/s^2).

H: Potencia de trabajo del ventilador (0.0002 kW).

n: Eficiencia de trabajo del ventilador($n=0.75$).

3.3 Modelación en Ansys CFD del sistema de ventilación calculado teóricamente.

Para la simulación se utilizó un modelo simplificado del cuarto de máquinas y los agregados principales que debido a su volumen y posición comprometen e influyen en la circulación del aire dentro del mismo. Además se modelaron las geometrías de las principales fuentes de calor, dígame las máquinas diésel y el grupo electrógeno. Se modelaron también las geometrías del sistema de escape y los conductos de extracción.

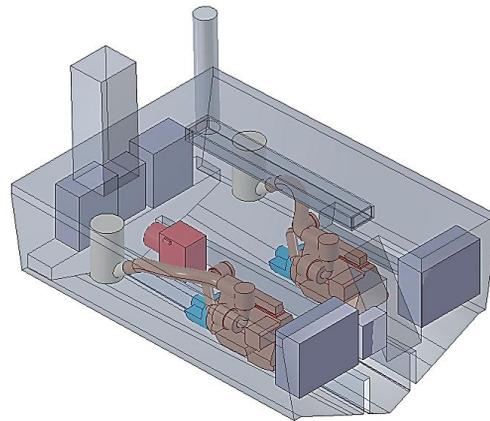


Figura 5. Modelo simplificado del cuarto de máquinas utilizado para la simulación.

3.3.1 Cálculo de las velocidades del flujo como datos de entrada al modelo.

Para la simulación se hizo necesario calcular las distintas velocidades del flujo del aire en función del caudal y el área de la sección transversal por el que transita el mismo. Con el objetivo de proveer al modelo de estos datos se realizar los cálculos pertinentes, que son mostrados en la siguiente tabla.

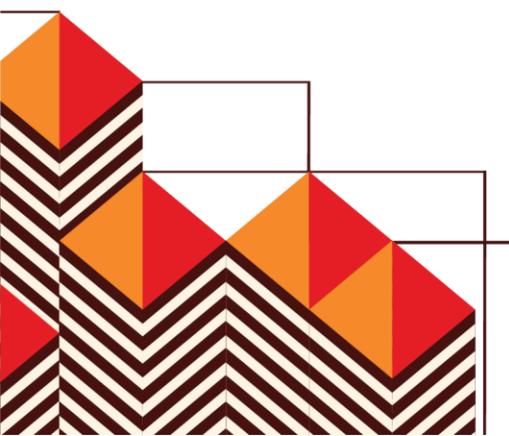


Tabla 2. Velocidades del flujo de aire que transita por el sistema.

Nombre	Símbolo	Valor (m ³ /s)	Área de la sección (mm ²)	Velocidad del Flujo (m/s)
Caudal requerido para refrescar el cuarto	Q_{dc}	1,94	0,47	4,13
Caudal para consumo de las máquinas diésel	Q_d	1,62	0,19	8,53
Caudal para consumo del diésel del generador	Q_{dg}	0,02	0,003	7,41
Caudal de extracción	Q_{ext}	1,16	0,109	10,67
Caudal total	Q_t	3,58	-	7,6

3.3.2 Declaración de variables, contornos y secciones.

Después de calculadas las velocidades del fluido, en este caso aire, se declararon las secciones de entrada y salida del fluido y las secciones de admisión de aire de los motores. A estas secciones se les declaró un fluido transitando a través de ellas a cierta velocidad, como se muestra en la siguiente figura.

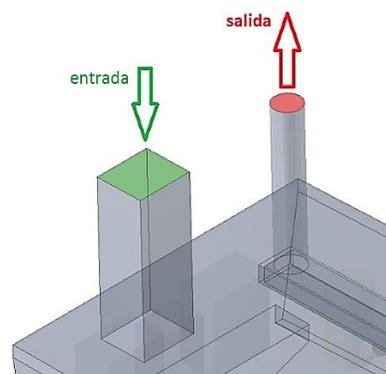


Figura 6. Secciones de entrada y salida del fluido.

Posteriormente se realizaron las modelaciones correspondientes y se llegaron a los resultados siguientes.

4 DISCUSIÓN

4.1 Análisis de los resultados obtenidos de la simulación en Ansys CFD.

Para el análisis de los resultados obtenidos se dividieron en tres estudios distintos, atendiendo al número de variables a analizar. En este caso se realizaron los análisis correspondientes al comportamiento de la velocidad del flujo de aire dentro del cuarto, las temperaturas alcanzadas y el comportamiento de las presiones relativas.

4.1.1 Comportamiento de las velocidades del flujo dentro del cuarto.

A continuación se muestran en las siguientes figuras el comportamiento de las velocidades del flujo en diferentes secciones escogidas por su importancia para el análisis. Se pueden apreciar aquellas zonas donde la velocidad es un tanto mayor que en las restantes. Si comparamos el comportamiento de las velocidades entre las dos secciones, notamos como existe en la sección de entrada un mayor tránsito del flujo, quedando así la zona de babor un poco más estacionaria. En la sección de salida los mayores valores de velocidad se encuentran en los conductos de extracción.

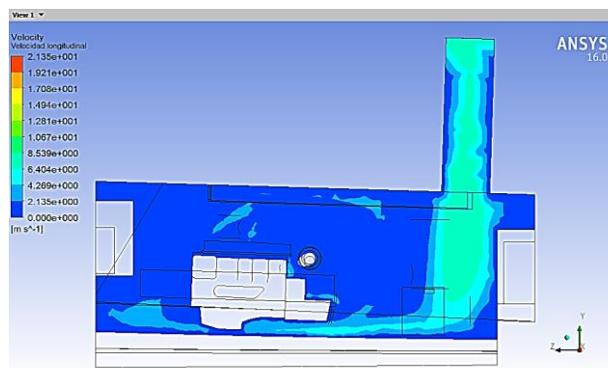


Figura 7. Diagrama de velocidad en el plano longitudinal de la sección de entrada del fluido.



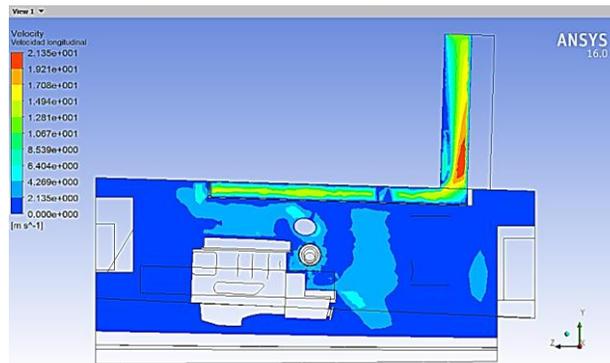


Figura 8. Diagrama de velocidad en el plano longitudinal de la sección de salida del fluido.

En la siguiente figura se muestran los comportamientos de las líneas de flujo dentro del cuarto. De esta manera se pueden apreciar las zonas donde el flujo de aire es menor, producto de la resistencia hidráulica de los distintos agregados y la posición que ocupan respecto al canal de entrada.

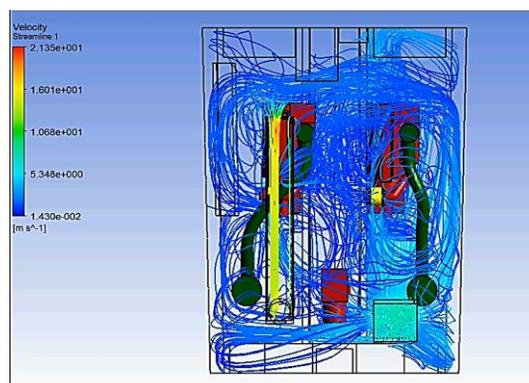


Figura 9. Vista superior del comportamiento de las líneas de flujo.

4.1.2 Comportamiento de las temperaturas del flujo dentro del cuarto.

Para el análisis de las temperaturas, por la importancia que lo amerita se muestran tres secciones: sección de entrada, de salida y media.



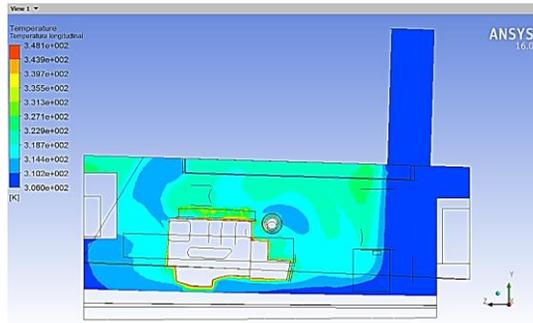


Figura 10. Comportamiento de la temperatura en el plano longitudinal de la sección de entrada.

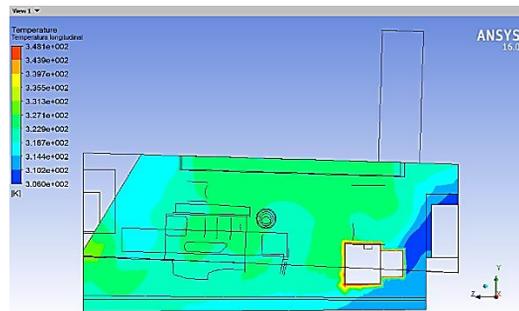


Figura 11. Comportamiento de la temperatura en el plano longitudinal de la sección media.

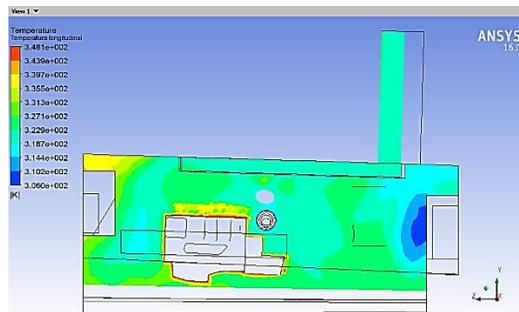


Figura 12. Comportamiento de la temperatura en el plano longitudinal de la sección de salida.

4.1.3 Comportamiento de las presiones relativas dentro del cuarto.

En las figuras mostradas a continuación se observa el comportamiento de las presiones relativas con respecto a la atmosférica dentro del cuarto de máquinas. En las zonas aquellas donde la



velocidad del fluido es alta, las presiones tienden a disminuir y viceversa. Al igual que las demás variables se muestran dos secciones: entrada y salida.

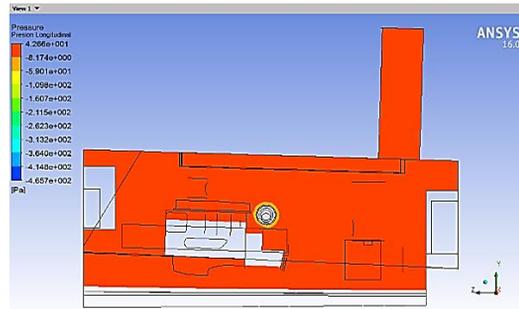


Figura 13. Comportamiento de la presión relativa en el plano longitudinal de la sección de entrada.

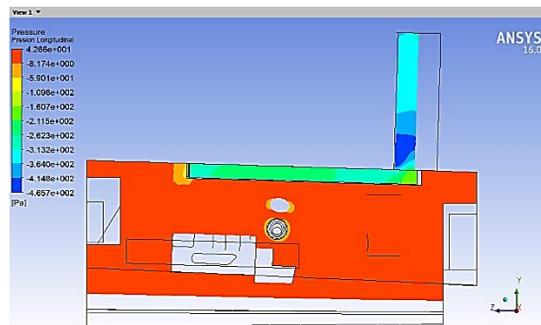


Figura 14. Comportamiento de la presión relativa en el plano longitudinal de la sección de salida.

5 CONCLUSIONES

Para lograr unos trabajos estables, eficientes y óptimos del sistema propulsor, sistema electroenergético y agregado eléctricos y mantener dentro del cuarto de máquinas una temperatura acorde a los criterios emitido por la Guía de Proyectos Marinos C280 de la firma Caterpillar ¹, se recomienda la elección del siguiente ventilador de acuerdo a sus especificaciones. Cabe decir que para el extractor se comprobó que el instalado actualmente cumple las condiciones para un trabajo estable del sistema de ventilación.

Cabe señalar, que para los cálculos realizados se pudo determinar que el ventilador actualmente instalado trabaja a la tercera parte de lo necesario para el funcionamiento estable del sistema de ventilación. Por tal razón se aconseja la adquisición de este producto señalado.

Tabla 3. Características del ventilador a instalar.

Marca	Modelo	Potencia(kW)	Voltaje(V)	Corriente(A)	Velocidad(rpm)	Caudal(m ³ /min)	Presión(mmH ₂ O)
Liverani	HBL 56	0,75	24	22	1400	225	28

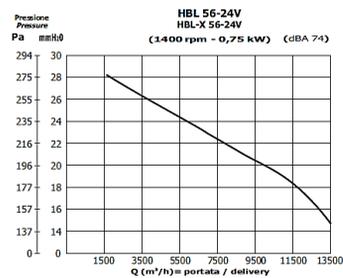


Figura 20. Ventilador HBL 56.

Figura 21. Curva característica del ventilador.

Con el trabajo realizado se arribaron a las siguientes conclusiones:

1. Con el cálculo clásico, se determinaron los caudales de aire necesarios para el trabajo de los motores diésel y obtener una temperatura de 45°C.
2. Existe correspondencia entre el valor promedio de temperatura en el cuarto de máquinas simulado en CFD y el obtenido en el cálculo clásico, quedando validado este último.
3. La simulación CFD muestra que la presión dentro del cuarto es superior a la atmosférica en 42 Pa, lo que beneficia el fenómeno de la transferencia de calor por convección, mejorando el refresco del cuarto de máquinas.
4. Las líneas de fluido dentro del cuarto de máquinas tienen un comportamiento uniforme, lo que evidencia una distribución de la cantidad de aire equitativa y suficiente para ambas máquinas.
5. Se determinó que la línea de extracción que actualmente se encuentra instalada cumple las condiciones para el trabajo del sistema y que es necesario sustituir el ventilador de entrada por uno del tipo HBL 56.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ⁽¹⁾ Marine Project Guide (Guía de Proyectos Marinos) C280 de la firma Caterpillar.
2. ⁽²⁾ Guía de Sistemas de Ventilación de la firma Volvo.

