



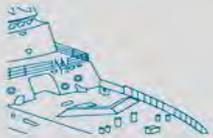
CONGRESO INTERNACIONAL DE
IV DISEÑO E
INGENIERÍA
NAVAL

11 - 13 DE MARZO DE 2015

DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA EL CÁLCULO DE LA CARGA TÉRMICA EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN DE EMBARCACIONES.



Ing. Juan Andrés Ardila, Mag
Diseñador de Maquinaria y propulsión
GEDIN



Introducción ¿Sistemas HVAC?

En el diseño de una embarcación durante sus diferentes etapas, los sistemas de climatización y aire acondicionado constituyen **uno de los retos más importantes del diseño**, debido a que estos sistemas impactan de forma significativa el tamaño de las tuberías, ductos, difusores, unidades manejadoras, calderas, unidades de refrigeración, compresores, ventiladores y todos los demás componentes en el sistema. Por tal motivo se ven impactados significativamente los costos iniciales de construcción y **claramente el costo del consumo energético.**

¿Qué es la carga térmica?

El cálculo de la carga térmica de una embarcación consiste en determinar la cantidad de energía térmica que la embarcación debe rechazar para mantener sus espacios interiores a unas determinadas condiciones de temperatura de confort y humedad relativa. Este cálculo se realiza desde la etapa de diseño conceptual de la embarcación y debe ser constantemente revisado y actualizado conforme va avanzado el desarrollo de los proyectos.

¿En qué consiste HVAC for Ships?

Es un software diseñado para asistir en el cálculo de la carga térmica de embarcaciones, utilizando una metodología estándar para el cálculo. Con el objeto de mejorar el procedimiento, aumentando la precisión de los cálculos, minimizando los tiempos requeridos y ofreciendo alternativas de optimización al armador.

¿En qué consiste HVAC for Ships?

1

Estudiar los métodos actuales para la determinación de las cargas térmicas en embarcaciones, identificando la metodología más adecuada para el cálculo.

2

Escribir un algoritmo para encontrar la carga térmica en una embarcación. Dicho algoritmo debe integrar una aplicación en AUTOCAD con el programa a desarrollar, con el fin de extraer fácilmente información geométrica de la embarcación.

3

Desarrollar un programa con el lenguaje Visual Basic, a partir del algoritmo y la metodología determinados anteriormente.



Metodologías de cálculo para embarcaciones

(SNAME, 1980)

La SNAME (Sociedad de arquitectos navales e ingenieros marinos) por sus siglas en Inglés, presentan un documento llamado "prácticas recomendadas para el cálculo de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado en buques mercantes"

(ISO 7547, 2002)

La norma (ISO 7547, 2002) es un documento que especifica las condiciones de diseño y una metodología de cálculo para los sistemas de aire acondicionado y ventilación en espacios de acomodación para embarcaciones.

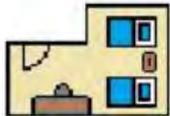


Metodología

k=Número de cubiertas



j=Número de compartimentos en la cubierta k



P=Número de fronteras de cada espacio acondicionado.



1. Cargas por transmisión de calor [W]
2. Cargas por radiación solar [W]
3. Cargas por iluminación [W]
4. Carga por personas en el compartimento [W]
5. Carga por equipos instalados en el compartimento [W]

Total carga térmica de la embarcación [W]



Cargas por transmisión de calor

$$q_1 = \Delta T * \sum_{n=1}^{n=p} U_n * A_n$$

Donde

q_1 = Carga de transferencia de calor en el compartimento j en la cubierta k, [W]

U_n = Coeficiente global de transferencia de calor para la frontera n, $\left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$

A_n = Área de contacto entre un par de fronteras, de la frontera n, [m^2]



Cargas por radiación solar

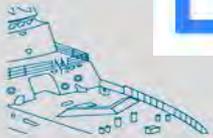
$$q_2 = \sum_{n=1}^{n=p} U_n * A_n * T_n$$

Donde

q_2 = Calor debido a la radiación solar, [kW]

U_n = Coeficiente global de transferencia de calor para la frontera n, $\left[\frac{W}{m^2 * K} \right]$

A_n = Área de la superficie n expuesta a radiación solar, [m²]



Cargas por iluminación

$$q_5 = A * L.C.$$

Donde

q_5 = Ganancia de calor debida a luminaria, [W]

A = Área de la cubierta del compartimento, [m^2]

$L.C.$ = Constante de carga para luminaria, [W]



Carga por personas en el compartimento

$$q_3 = C_s * P$$

Y

$$q_4 = C_l * P$$

Donde

q_3 = Ganancia de calor sensible debida a personas, [W]

q_4 = Ganancia de calor latente debida a personas, [W]

C_s = Factor de disipación de Calor sensible, [W]

C_l = Factor de disipación de Calor latente, [W]

P = Número de personas en el compartimento,



Cargas por equipos instalados en el compartimento

$$q_6 = q_{sd} * U.F.$$

Donde

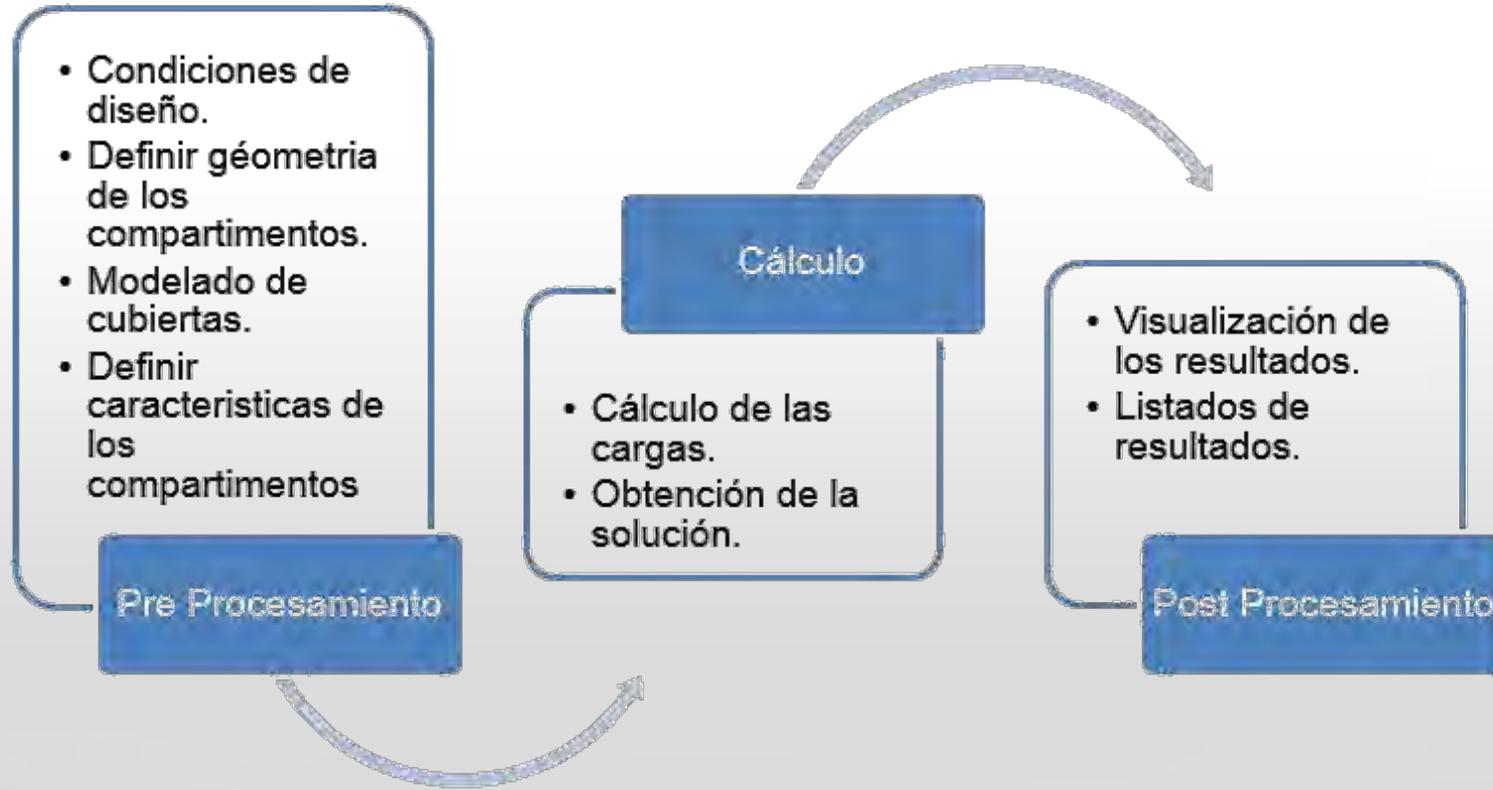
q_6 = Ganancia de calor debida a equipos, [W]

q_{sd} = Calor sensible disipado por el equipo, [W]

$U.F.$ = Factor de uso



¿Cómo funciona?



Pre procesamiento

Proyecto

- Nombre del proyecto
- Diseñado por
- Aprobado por
- Revisado por
- Versión
- Descripción
- Fecha de creación
- Fecha última modificación
- Ruta del archivo
- Dimensiones principales

Condiciones de diseño

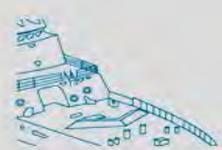
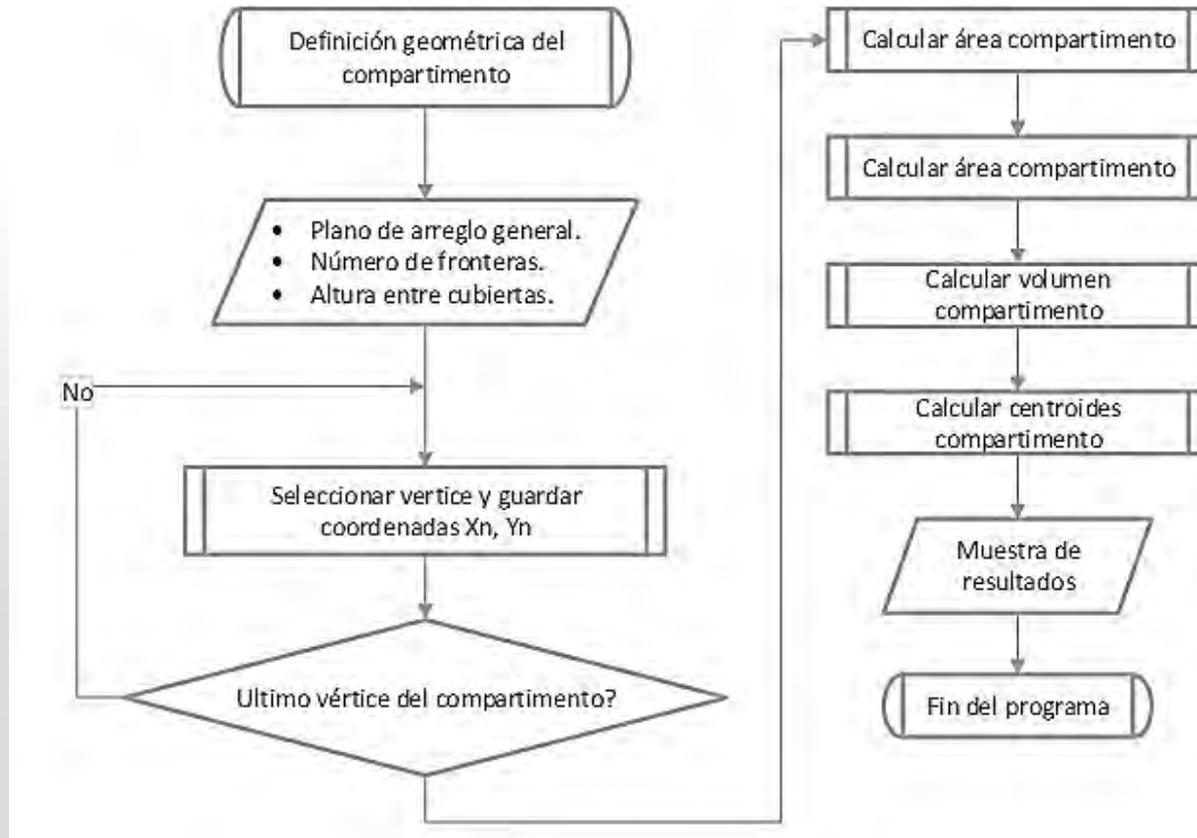
- Temperatura ambiente exterior
- Humedad relativa exterior

Constantes de cálculo

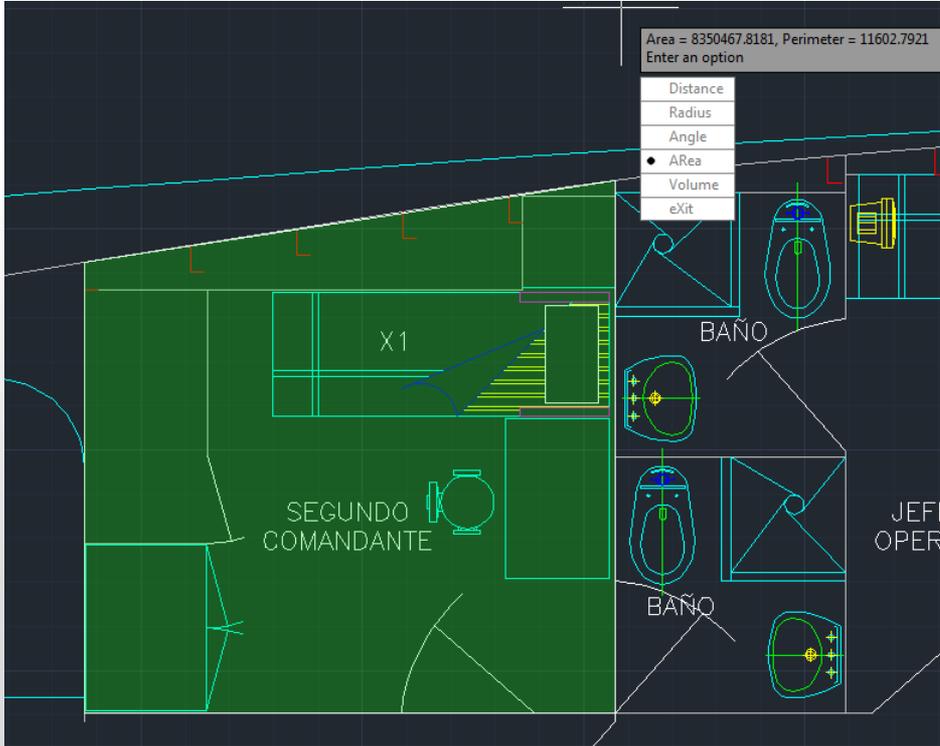
- Ganancia de calor sensible debida a personas
- Ganancia de calor latente debida a personas
- Diferencia de temperaturas para superficies verticales expuestas al sol
- Diferencia de temperaturas para superficies horizontales expuestas al sol
- Constantes de ganancia de calor debidas a iluminación



Definición geométrica del compartimento

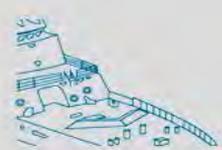


Aplicación Room_Geo

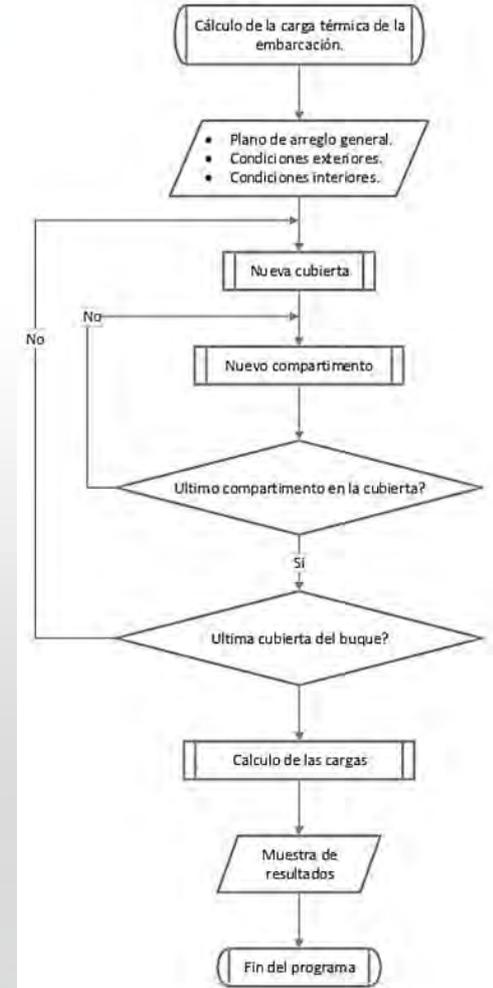
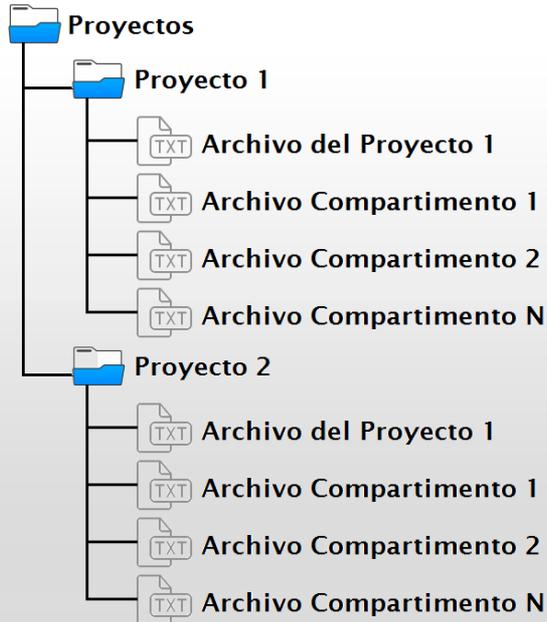


New Room ✕

Room General Data		Room Geometric Data			
Room Name <input type="text" value="SEGUNDO COMANDANTE"/>		X1 - Coordinate	Y1 - Coordinate	Side Length	
Type:	<input type="text" value="Air Conditioning"/>	Wall 1	21429,17506	53510,45996	3015,956287
Temperature:	<input type="text" value="22"/>	Wall 2	21429,17506	56526,41625	3055,813507
Number of Walls:	<input type="text" value="4"/>	Wall 3	18429,17506	59061,48222	2591,022257
Height:	<input type="text" value="2000"/>	Wall 4	18429,17506	53510,45996	3000
Area:	<input type="text" value="8.3504678181"/>	Wall 5			
Volume:	<input type="text" value="16.700935636"/>	Wall 6			
Centroid X:	<input type="text" value="19970,933266"/>	Wall 7			
Centroid Y:	<input type="text" value="54905,449406"/>	Wall 8			
		Wall 9			
		Wall 10			
		Wall 11			
		Wall 12			
		Wall 13			
		Wall 14			
		Wall 15			



Cálculo y estructura de archivos



Cálculo de cargas y determinación de áreas en contacto

$$X_{min} = \min(X1, X2, X3, X4)$$

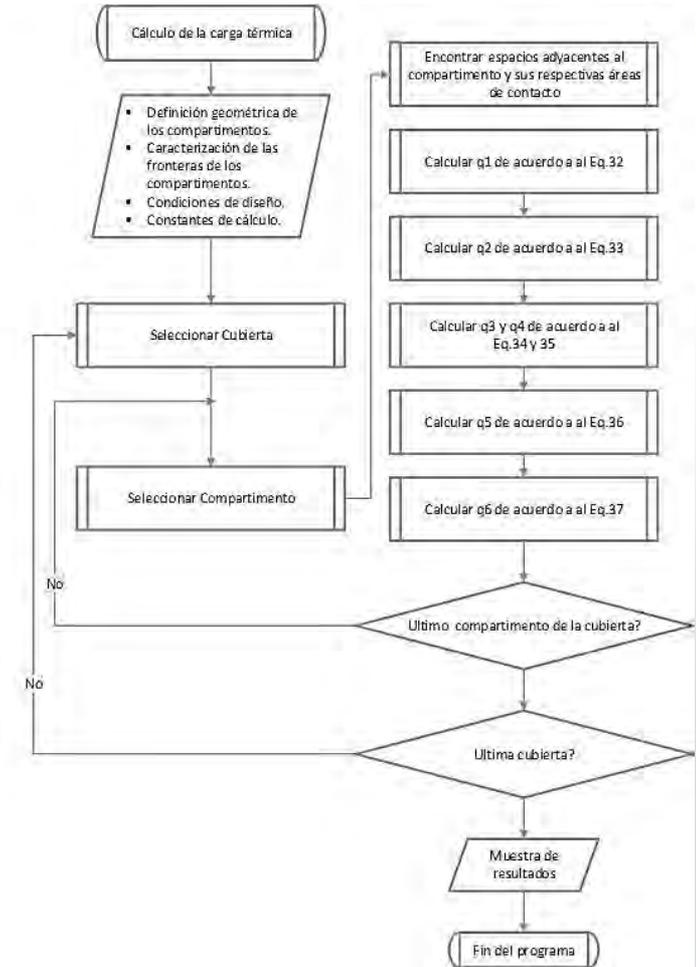
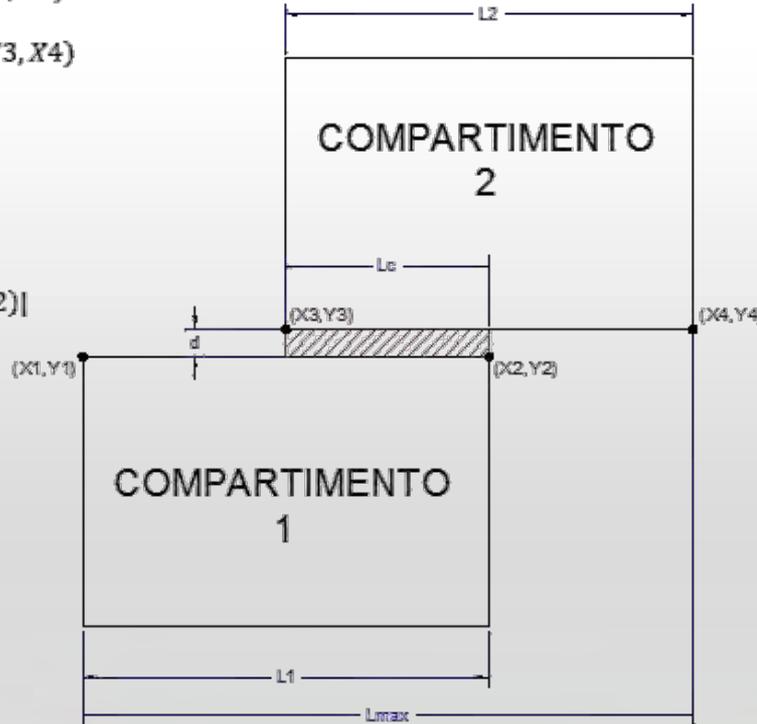
$$X_{max} = \max(X1, X2, X3, X4)$$

$$L1 = |X1 - X2|$$

$$L2 = |X3 - X4|$$

Si $L_{max} < L1 + L2$

$$Lc = |L_{max} - (L1 - L2)|$$



HVAC for ships

File Tools Help

Browser

Room List

- ARC GLORIA 5
 - CUBIERTA PRINCIPAL POPA
 - CUBIERTA PRINCIPAL PROA
 - CUBIERTA 200 POPA
 - CUBIERTA 200 PROA
 - CUBIERTA 300 POPA
 - SUPERESTRUCTURA 01
 - SUPERESTRUCTURA 02

Project & Design Conditions Deck Model Room Model ISO 7547 Calculate and Results RTS Calculate and Results

Project Tools

Project data

Project: ARC GLORIA

Design by: J.ARDILA Review by: A.SILVA

Approved by: Version: 0

Description:

Creation date: 30/09/2014 10:58:41

Last modification: 30/09/2014 11:42:40

File: C:\Users\User\ARCHIVO\HVAC PROJECTS\ARC

Length of water line at T: Lw: 64,6 [m]

Breath: B: 10,6 [m]

Depth (Nominal): H: 6,6 [m]

Draught: T: [m]

Frame spacing: Fs: 600 [mm]

Outdoor Conditions

Outdoor Air Temperature: 35 [°C]

Outdoor Air Relative Humidity: 70 [%]

Heat gain from persons

Seat at rest sensible heat: 50 [W]

Seat at rest latent heat: 70 [W]

Medium / Heavy work sensible heat: 80 [W]

Medium / Heavy work latent heat: 90 [W]

Solar heat temperatures differences - Vertical

Vertical light surfaces: 45 [°K]

Vertical dark surfaces: 29 [°K]

Solar heat temperatures differences - Horizontal

Horizontal light surfaces: 16 [°K]

Horizontal dark surfaces: 32 [°K]

Heat Gain from General lighting

Space	Incandescent [W/m2]	Fluorescent [W/m2]
Cabins	10 [W/m2]	8 [W/m2]
Mess	6 [W/m2]	7 [W/m2]
Gymnasiums	3 [W/m2]	4 [W/m2]



HVAC for ships

File Tools Help

Browser

Project & Design Conditions Deck Model Room Model ISO 7547 Calculate and Results RTS Calculate and Results

Deck Model Tools

Number of Deck's

Deck Name

Drawing Board

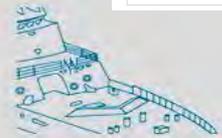
PORT SIDE

STERN

BOW

STARBOARD SIDE

No	Room Name
1	JEFE DEPTO CUBIERTA
2	BAÑO JEFE DEPTO CUBIERTA
3	JEFE DEPTO LOGISTICA
4	BAÑO JEFE DEPTO LOGISTICA
5	JEFE DPTO OPERACIONES
6	BAÑO JEFE DPTO OPERACIONES
7	SEGUNDO COMANDANTE
8	BAÑO SEGUNDO COMANDANTE
9	CAMARA DE OFICIALES
10	DESPACHO COMANDANTE
11	DORMITORIO COMANDANTE
12	BAÑO COMANDANTE
13	CAMAROTE VIP
14	BAÑO CAMAROTE VIP
15	CAMAROTE ING JEFE
16	BAÑO CAMAROTE ING JEFE
17	PANTRY
18	BAÑO 1
19	BAÑO 2
20	PASILLOS Y ESCALERAS 1
*	



HVAC for ships

File Tools Help

Browser

Room List

- ARC GLORIA 5
 - CUBIERTA PRINCIPAL POPA
 - JEFE DEPTO CUBIERTA
 - BAÑO JEFE DEPTO CUBIERTA
 - JEFE DEPTO LOGISTICA
 - BAÑO JEFE DEPTO LOGISTICA
 - JEFE DPTO OPERACIONES
 - BAÑO JEFE DPTO OPERACIONES
 - SEGUNDO COMANDANTE
 - BAÑO SEGUNDO COMANDANTE
 - CAMARA DE OFICIALES
 - DESPACHO COMANDANTE
 - GENERAL
 - TEMPERATURE [C]: 22
 - HEIGHT [mm]: 2200
 - AREA [m2]: 8.35046781812321
 - VOLUME [m3]: 18.3710291998710
 - PERSONS: 4
 - WALLS
 - Wall_1
 - Wall_2
 - Wall_3
 - Length [mm]: 3035.813507414
 - Side Scuttles
 - Windows
 - Insulation
 - Wall_4
 - ISO 7547
 - DORMITORIO COMANDANTE
 - BAÑO COMANDANTE
 - CAMAROTE VIP
 - BAÑO CAMAROTE VIP
 - CAMAROTE ING JEFE

Project & Design Conditions Deck Model Room Model ISO 7547 Calculate and Results RTS Calculate and Results

Room Model Tools

Deck Name: CUBIERTA PRINCIPAL POPA

Room Name: DESPACHO COMANDANTE

Temp Height Equip Persons Save Project

Drawing Board

PORT SIDE

DESPACHO COMANDANTE

STARBOARD SIDE

Insulation, Scuttles and Windows

Boundaries: Wall_3 Apply

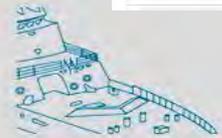
Length [mm]: 3035.81350741408

Area [m2]: 6.67878971631098

Insulation Type: Type 4

Scuttles Number: 2 Scuttles Coefficient type: Type 1

Windows Number: Windows Coefficient type



Conclusiones

- El programa “HVAC FOR SHIPS” siguiendo la metodología de la (ISO 7547, 2002) y complementada con las practicas recomendadas de la (SNAME, 1980).
- Se desarrollo la aplicación “ROOM_GEO”, mediante la cual es posible extraer de un plano de arreglo general, la información geométrica de los compartimentos necesaria para realizar el cálculo de carga térmica. Esta herramienta representa un ahorro sustancial en el tiempo en la etapa de pre procesamiento, permitiendo al diseñador tener información precisa de la geometría de la embarcación en poco tiempo .
- Contar con una herramienta como la desarrollada permite a los usuarios evaluar de forma más rápida y eficiente las diferentes alternativas en el diseño de un sistema o las variaciones en la carga térmica producto de cambios en el diseño.





CONGRESO INTERNACIONAL DE
IV DISEÑO E
INGENIERÍA
NAVAL

11 - 13 DE MARZO DE 2015