

# Desarrollo de un Programa para el Cálculo de la Carga Térmica en Sistemas de Climatización de Embarcaciones

Págs. 39-52

*Juan Andrés Ardila Jiménez<sup>a</sup>*

<sup>a</sup> Diseñador de maquinaria y propulsión en COTECMAR. [jardila@cotecmar.com](mailto:jardila@cotecmar.com)

---

## Resumen

Los sistemas de aire acondicionado y ventilación son parte fundamental en el diseño de embarcaciones, constituyen uno de los grandes retos tanto para diseñadores como para la fabricación e instalación de los elementos. El cálculo de la carga térmica es por tanto un punto clave en el diseño y se toma como punto de partida para el dimensionamiento de todo el sistema. El presente trabajo muestra el desarrollo del programa “HVAC FOR SHIPS” como herramienta para realizar el cálculo de la carga térmica de embarcaciones de una forma más precisa y optimizando el tiempo requerido para el cálculo.

**Palabras claves:** HVAC FOR SHIPS, HVAC, Cálculo de carga térmica, sistemas de aire acondicionado en buques, software, VB.NET.

## Abstract

HVAC systems are a fundamental part in the design of ships; they are one of the biggest challenges for design, manufacture and installation of the elements. The calculation of the heat load is therefore a key point in the design and takes as a starting point for the design of the entire system. This paper presents the development of the "HVAC FOR SHIPS" program as a tool for the calculation of the thermal load of ships in a more precise way and optimizing the time required for the calculation.

**Keywords:** HVAC FOR SHIPS, HVAC, heat load calculations, air conditioning systems on ships, software, VB.NET.

---

*Fecha de recepción: Abril de 2015*

*Fecha de aceptación: Julio de 2015*

## 1. INTRODUCCIÓN

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 de la embarcación.

Tal como lo manifiesta (De Góngora, 2005) “En los aspectos más difíciles de equipamiento de diseño en la construcción naval están los sistemas HVAC. Debido a sus propias características, el diseño de los sistemas de HVAC es muy sensible, no sólo a las modificaciones en las necesidades de aire, sino también a la disposición real de los ductos. Debido a esto, es de mucha ayuda para el diseñador de tener una estrecha interconexión entre las herramientas de cálculo y las herramientas de enrutamiento de ductos”.

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.

El presente trabajo explica y muestra en qué consiste el programa “HVAC FOR SHIPS”, un programa computacional que permita realizar el cálculo de la carga térmica para embarcaciones, tomando como punto de partida el plano de arreglo general de la embarcación, los requerimientos de confort y las características de cada espacio. Se incluye dentro de las características la configuración y tipo de asilamiento que tienen las fronteras de los compartimentos, el número de personas que ocupan el espacio y los equipos instalados en el compartimento entre otros.

## 2. METODOLOGIA DE CÁLCULO

Para el cálculo de la carga térmica se siguen los lineamientos de la norma (ISO 7547, 2002) y el documento “prácticas recomendadas para el cálculo de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado en buques mercantes” (SNAME, 1980), haciendo algunas modificaciones y consolidando un método completo y preciso.

En el procedimiento se inicia describiendo las condiciones de diseño recomendadas, junto con las constantes que se utilizarán en el cálculo. A continuación se describen los tipos de cargas que van a ser calculadas para los compartimentos y cuales ecuaciones van a ser utilizadas en los respectivos cálculos.

### 2.1. Condiciones de diseño

Para la realización del cálculo es indispensable establecer las condiciones de diseño, estas serán utilizadas durante todo el proceso y el armador debe estar de acuerdo con los valores que se van a utilizar, esta información incluye los siguientes ítems:

- Temperatura de bulbo seco exterior
- Humedad relativa exterior
- Temperatura al interior de los compartimentos
- Humedad al interior de los compartimentos
- Temperatura de agua de mar

En la Tabla 1, se resumen las condiciones exteriores e interiores recomendadas para las temperaturas de bulbo seco y humedades relativas tanto interiores como exteriores.

Respecto a la temperatura de confort al interior de los compartimentos, la (ASHRAE, 2010) recomienda trabajar en el rango de 22 a 27°C.

**Tabla 1.** Condiciones de diseño recomendadas.

| Descripción                                | Unid.  | Valor |
|--|--------|-------|
| Temperatura de bulbo seco de aire exterior | [ °C ] | 35    |
| Humedad relativa exterior                  | [ % ]  | 70    |
| Temperatura de bulbo seco de aire interior | [ °C ] | 25    |
| Humedad relativa interior                  | [ % ]  | 50    |
| Temperatura de agua de mar                 | [ °C ] | 32    |

La figura 1 muestra la sumatoria de cargas que se requiere realizar para encontrar la carga térmica de la embarcación.

**k=Número de cubiertas**



**j=Número de compartimentos en la cubierta k**



**P=Número de fronteras de cada espacio acondicionado.**

$\sum$

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]**

**Figura 1.** Metodología de cálculo de la carga térmica de la embarcación

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”

## 2.2. Cargas por transmisión de calor

La transmisión de calor se considera el flujo de calor sensible que pasa a través de las fronteras de los compartimentos cuando existe un diferencial de temperatura entre dos espacios, tanto en la norma (ISO 7547, 2002) y la guía (SNAME, 1980) se utilizan ecuaciones similares.

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

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, [ $m^2$ ]

El valor del área de contacto entre los dos espacios se calcula de acuerdo a los numerales 2.7. Respecto al coeficiente global de transferencia de calor este puede ser tomado de la referencia (SNAME, 1963), o de la tabla 3 de la referencia (ISO 7547, 2002) o finalmente ser calculado con la ecuación presentada en el mismo documento.

### 2.3. Carga por radiación solar

Es el calor sensible que fluye a través de un mamparo o cubierta del compartimento expuesto a la radiación solar, en este caso el delta de temperaturas entre los dos espacios es diferente. A continuación se presenta la ecuación a utilizar.

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

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, [ $m^2$ ]

$T_n$  = Temperatura recomendada para la superficie, depende si es horizontal, vertical o a 45°, [K]

Si la frontera tiene ventanas o portillos la ecuación cambia así:

$T_n = 1$ , Temperatura recomendada para el vidrio, [K]

Donde

$A_n$  = Área de ventanas o portillos en la frontera, [ $m^2$ ]

$U_n = G_s$  = Factor de ganancia de calor por radiación en ventanas,  $\left[ \frac{W}{m^2} \right]$

Los valores para  $U_n$  y  $T_n$  pueden ser tomados de la referencia (SNAME, 1963), (SNAME, 1980) y (ISO 7547, 2002).

### 2.4. Carga debida a personas

La carga debida a las personas en los compartimentos se calcula mediante las siguientes ecuaciones:

$$q_3 = C_s * P$$

Y

$$q_4 = C_l * P$$

$q_3$  = 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

## 2.5. Carga térmica debida a iluminación

La carga térmica por iluminación se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación y constantes.

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

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]

Los valores de L.C. estarán de acuerdo a lo especificado por la (ISO 7547, 2002). El valor L.C. depende del tipo de compartimento.

## 2.6. Carga térmica debido a equipos

Cuando al interior de los compartimentos se tienen equipos y se cuenta con información sobre la disipación de calor de dichos equipos, las siguientes ecuaciones pueden ser utilizadas.

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

Donde

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

$q_l$  = Ganancia de calor latente debida a equipos, [ $m^2$ ]

$q_{sd}$  = Calor sensible disipado por el equipo, [ $m^2$ ]

$U.F.$  = Factor de uso, [W]

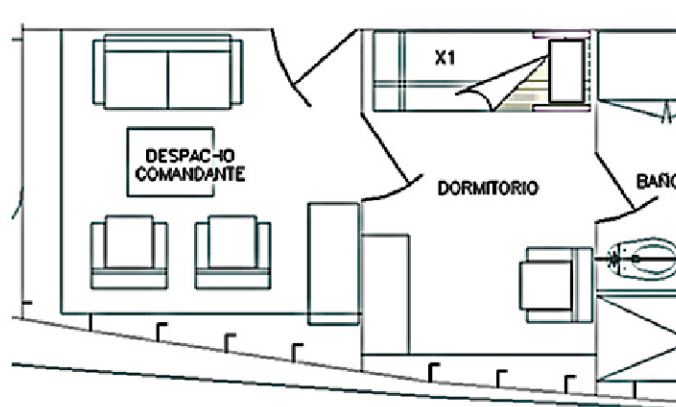
## 2.7. Definición de la geometría del buque

Otro de los datos requeridos para realizar el cálculo de la carga térmica es la definición geométrica y dimensional de los compartimentos así como las características de las fronteras de cada uno de los espacios.

Obtener esta información de forma sistemática y con las herramientas adecuadas proporcionará un ahorro de tiempo significativo en la elaboración de los cálculos.

En la Figura 2 se muestra un compartimento del buque ARC GLORIA, cada compartimento está compuesto por varias fronteras de forma simplificada podemos decir que como mínimo cada espacio debe tener 6 fronteras, como se listan a continuación:

- Frontera con cubierta superior
- Frontera con una cubierta inferior
- Frontera con espacios a babor
- Frontera con espacios a estribor
- Frontera con espacios a proa
- Frontera con espacios a popa



**Figura 2.** Fronteras de un compartimento

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”

Como datos básicos del compartimento encontramos el área de la cubierta inferior, la altura entre cubierta inferior y cubierta superior y el volumen del compartimento. Sin embargo para el cálculo requiere

encontrar la relación entre compartimentos adyacentes, específicamente el valor del área en contacto entre compartimentos, adicionalmente es necesario conocer que áreas de los compartimentos estarán expuestas directamente al sol. En el numeral 2.7.1 se plantea la metodología y ecuaciones para calcular dichas áreas, posteriormente en las secciones 3.2.1 se muestra como se implementó estas metodologías en el programa.

### 2.7.1. Cálculo del área de contacto entre dos mamparos

El cálculo se realiza simplificando los compartimentos a polígonos irregulares en el plano X,Y. Cada uno de los compartimentos está compuesto por un número finito de fronteras y cada una de ellas tiene un punto (X,Y) de inicio y un punto (X,Y) final y así mismo una longitud entre sus dos vértices. En la Figura 3 se muestra la relación entre dos mamparos longitudinales, para encontrar el área de contacto se tiene el siguiente procedimiento:

Si se habla de mamparos longitudinales,

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

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

$$L1 = |X1 - X2|$$

$$L2 = |X3 - X4|$$

$$\text{Si } L_{max} < L1 + L2$$

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

Si hablamos de mamparos transversales,

$$Y_{min} = \min(Y1, Y2, Y3, Y4)$$

$$Y_{max} = \max(Y1, Y2, Y3, Y4)$$

$$L1 = |Y1 - Y2|$$

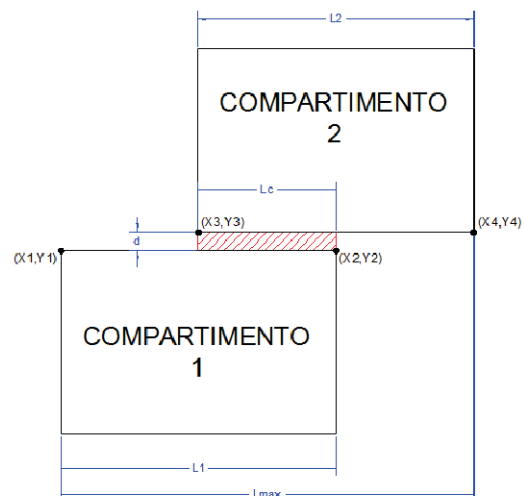
$$L2 = |Y3 - Y4|$$

$$\text{Si } L_{max} < L1 + L2$$

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

Una vez se obtiene el valor  $Lc$ , bien sea para los casos longitudinales o los casos transversales, el área de contacto entre las dos fronteras es calculada con la siguiente ecuación, donde  $A_c$  es el área de contacto y  $h_c$  es la altura del compartimento, la cual es generalmente igual dado que los dos compartimentos en cuestión pertenecen a la misma cubierta.

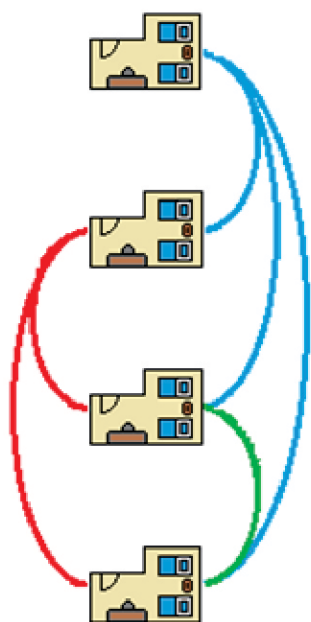
$$A_c = Lc * h_c$$



**Figura 3.** Área de contacto

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”

Este procedimiento de cálculo debe realizarse para cada frontera de cada compartimento respecto a todas las fronteras de cada uno de los compartimentos que componen la cubierta, esto con el fin de determinar todas las áreas de contacto entre compartimentos. La Figura 4 muestra de forma simplificada el ciclo de comparación para una cubierta de cuatro compartimentos.



**Figura 4.** Comparación compartimentos

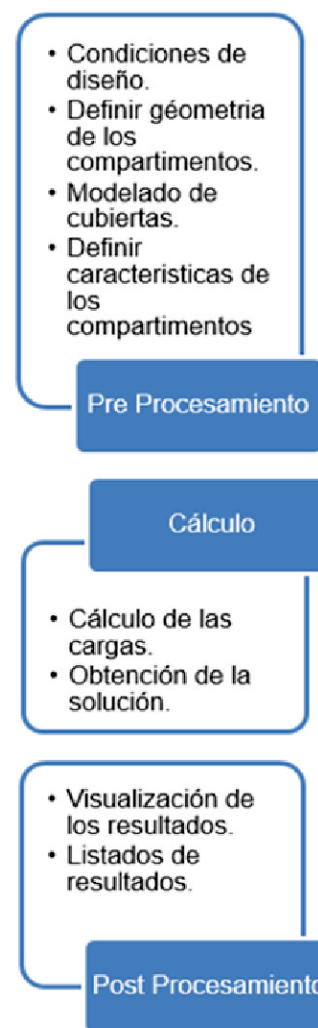
Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”

### 3. DESARROLLO DEL PROGRAMA

El programa para el cálculo de la carga térmica de buques y embarcaciones “HVAC FOR SHIPS fue elaborado utilizando el lenguaje de programación Visual Basic.

#### 3.1. Arquitectura del programa

El programa de cálculo está desarrollado en lenguaje de Visual Basic y ofrece al usuario final una interfaz gráfica fácil de utilizar. El programa se compone de las fases pre procesamiento, cálculo y post procesamiento, como se muestra en la Figura 5. En los numerales 3.2, 3.3 y 3.4 se explican detalladamente cada una de estas fases.



**Figura 5.** Fases del proceso de cálculo de carga térmica

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”

Para el cálculo se han desarrollado una serie de algoritmos que organizan el proceso, estos algoritmos fueron implementados en el programa “HVAC FOR SHIPS”

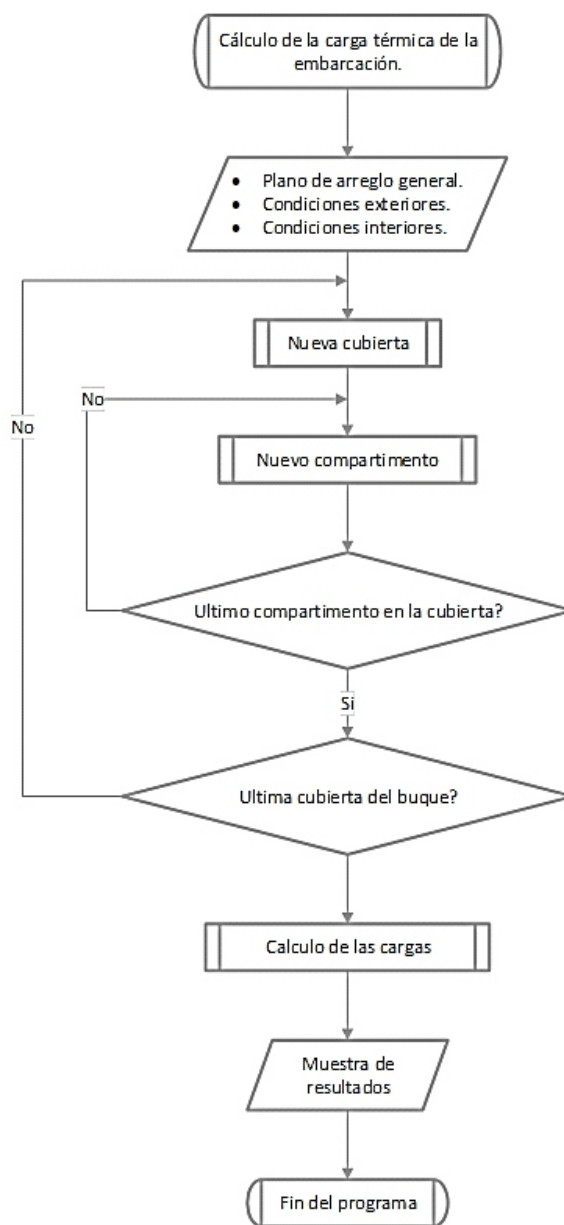
La información del programa se guarda en archivos .TXT. La carpeta principal contiene todos los proyectos y va a ser la referencia para que el programa pueda ubicar los archivos según corresponda. En segundo nivel se encuentra la carpeta de cada proyecto, en esta carpeta se van a ubicar todos los archivos del proyecto. Finalmente cada proyecto tiene dos tipos de archivos, el archivo principal del proyecto y los archivos de compartimentos.

El archivo del proyecto contiene toda la información de las condiciones de diseño, así como la configuración de la embarcación por cubiertas. Los archivos de compartimentos tienen toda la información geométrica de cada uno de los compartimentos, así como todas sus características requeridas, desde la temperatura interior hasta el coeficiente global de transferencia de calor en cada una de las fronteras del compartimento. En la Figura 6 se muestra la estructura jerárquica de los archivos.



**Figura 6.** Estructuras de archivos en el programa

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”.



**Figura 7.** Diagrama de flujo

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”.



### 3.2. Pre Procesamiento

El cálculo de la carga térmica y el diseño de los sistemas de aire acondicionado en embarcaciones dependen de información específica que debe ser obtenida antes de realizar los cálculos.

El pre procesamiento consiste en suministrar al diseñador herramientas para ingresar al programa toda la información requerida para hacer el cálculo de la carga térmica. Durante esta etapa se reconocen cuatro secciones así; el proyecto y las condiciones de diseño, el modelamiento de cubiertas, la definición geométrica de los compartimentos y el modelamiento de los compartimentos.

A continuación se describen cada una de estas secciones.

### 3.3. Proyecto, Condiciones de diseño y constantes

Consiste en establecer las constantes que se van a utilizar en el cálculo de la carga térmica. Como se vio en el estado del arte, todas las metodologías existentes inician definiendo las condiciones en las cuales se va a desarrollar el cálculo. Por lo tanto el programa debe definir estas condiciones. Esta información se divide en tres grupos, como se muestra en la Figura 8.

Toda esta información queda guardada en el archivo .TXT del proyecto.

#### 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

**Figura 8.** Proyecto, Condiciones de diseño y constantes de cálculo.

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”.

#### 3.3.1. Aplicativo para adquirir la geometría del cuarto

Como parte del pre procesamiento se encuentra la definición geométrica de los compartimentos del buque. Esta información debe ser tomada de un plano de arreglo general de la embarcación. El proceso se rige por el algoritmo que se muestra en la Figura 9. Se inicia asignado el nombre del compartimento, tipo de compartimento (Acondicionado o ventilado), número de fronteras y altura entre cubiertas. Paso seguido el usuario debe seleccionar los vértices del compartimento en el plano X-Y.

La Figura 10 muestra el formulario desarrollado, el cual se encuentra disponible en el programa AutoCAD.

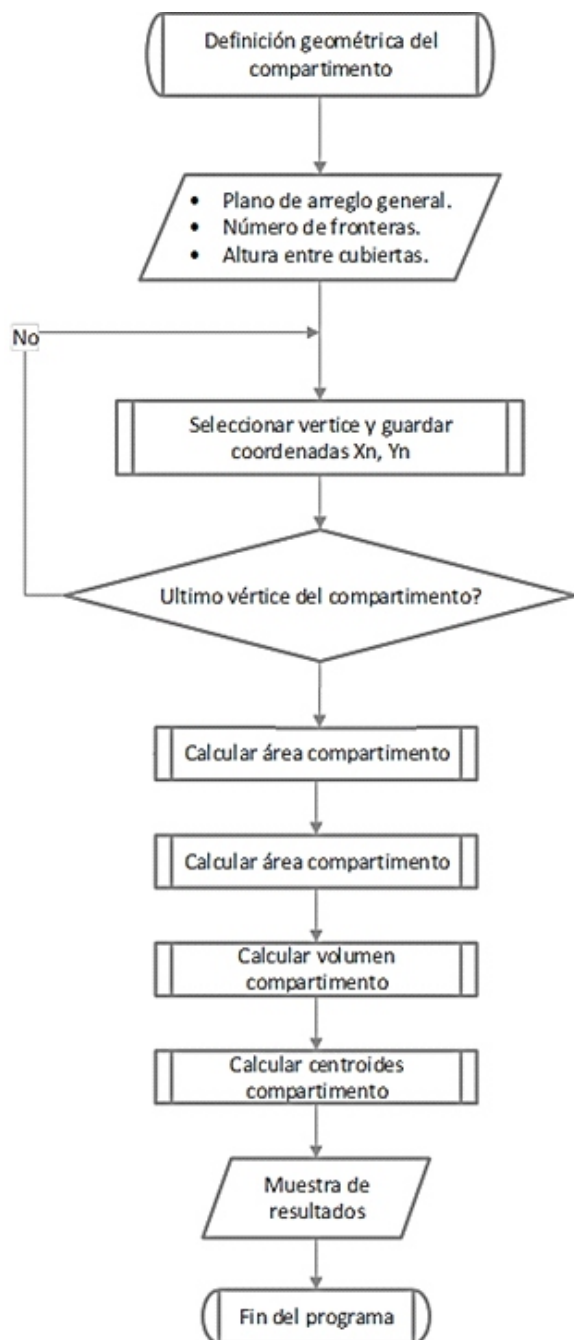


Figura 9. Algoritmo de adquisición de geometría

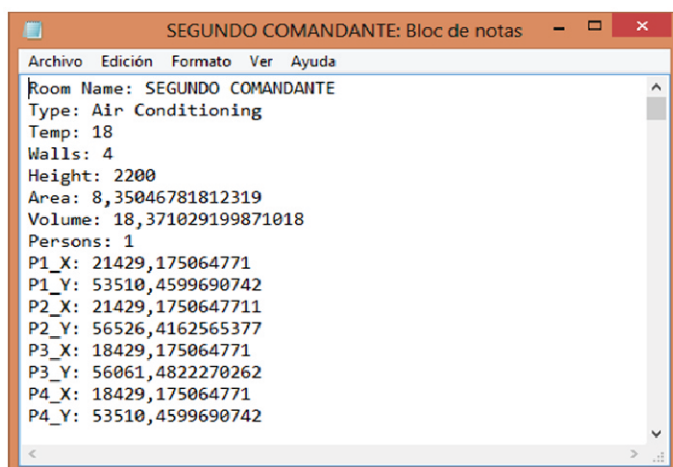
Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”.

| Wall    | X1 - Coordinate | Y1 - Coordinate | Side Length |
|---------|-----------------|-----------------|-------------|
| Wall 1  | 21429,17506     | 53510,45996     | 3015,956287 |
| Wall 2  | 21429,17506     | 56526,41625     | 3035,813507 |
| Wall 3  | 18429,17506     | 56061,48222     | 2551,022257 |
| Wall 4  | 18429,17506     | 53510,45996     | 3000        |
| Wall 5  |                 |                 |             |
| Wall 6  |                 |                 |             |
| Wall 7  |                 |                 |             |
| Wall 8  |                 |                 |             |
| Wall 9  |                 |                 |             |
| Wall 10 |                 |                 |             |
| Wall 11 |                 |                 |             |
| Wall 12 |                 |                 |             |
| Wall 13 |                 |                 |             |
| Wall 14 |                 |                 |             |
| Wall 15 |                 |                 |             |

Figura 10. Herramienta de adquisición de datos geométricos de los compartimentos.

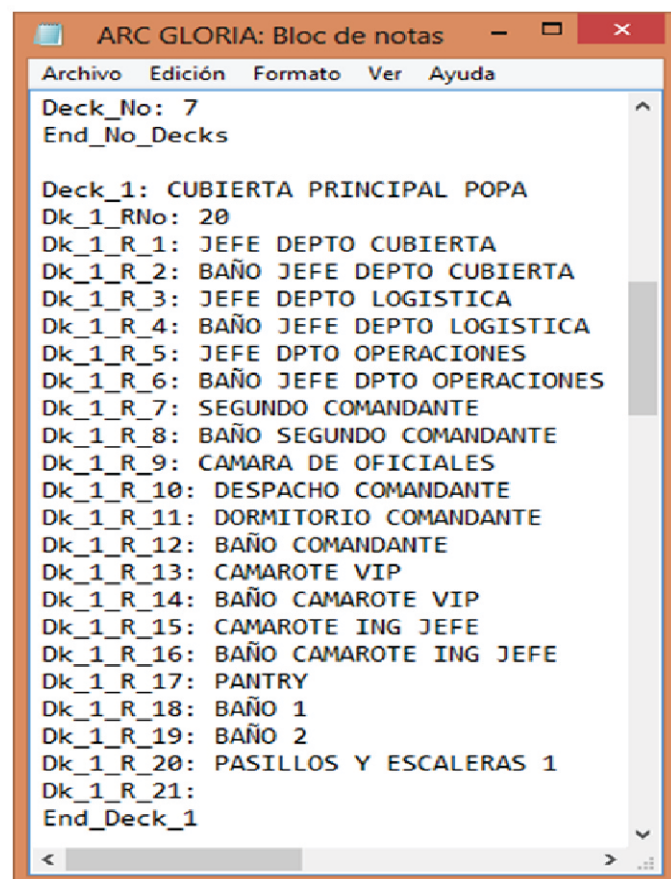
Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”.

Como resultado final se tiene el archivo .TXT del compartimento, en la Figura 11 se muestra como quedan organizados estos datos en el archivo. Este archivo debe ser guardado en la carpeta del respectivo proyecto. Más adelante se va agregar a este archivo más información que corresponde a las demás características del compartimento.



**Figura 11.** Información geométrica de un compartimento

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”.



**Figura 12.** Ensamble de una cubierta

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”.

### 3.3.3. Modelamiento de compartimentos.

Una vez se tiene definida la geometría de los compartimentos, se requiere para el cálculo tener más información del compartimento. Entre la información requerida está la temperatura interior deseada, el número de personas alojadas en este espacio y los equipos eléctricos instalados al interior que pueden representar una ganancia de calor significativa. Adicionalmente se debe definir el coeficiente global de transferencia de calor para cada una de las fronteras del compartimento, esto depende del tipo de aislamiento térmico que se utiliza en la frontera. De la misma manera se debe definir las ventanas o portillos que tenga el compartimento. La información es guardada en el archivo .TXT de cada compartimento.

## 4. CÁLCULO

Una vez es superada la etapa de pre procesamiento el programa está listo para realizar el cálculo de la carga térmica. En la Figura 13, se muestra el algoritmo utilizado para realizar el cálculo.

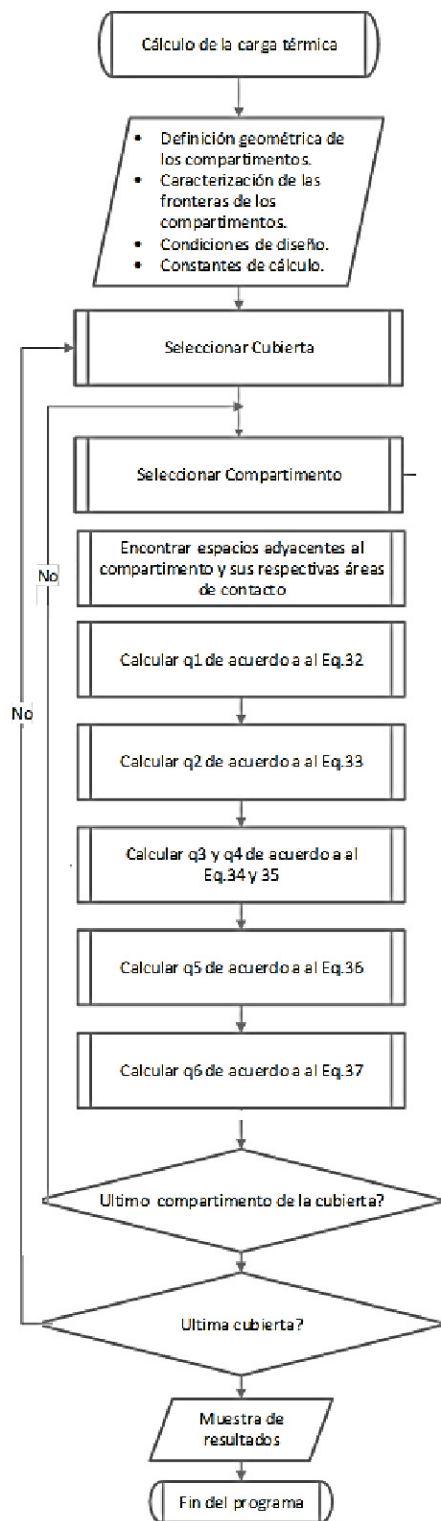


Figura 13. Ensamble de una cubierta

Fuente: tomado de tesis de grado de maestría en Ingeniería Naval “Desarrollo de un programa para el cálculo de la carga térmica en sistema de climatización de embarcaciones”.

## 5. CONCLUSIONES

A lo largo de este trabajo se explica el diseño de un programa computacional que permite realizar el cálculo de la carga térmica para cualquier embarcación y que posee la ventaja de emplear como entrada la información geométrica disponible en los planos de arreglo general de la embarcación a evaluar.

Se desarrolló el programa “HVAC FOR SHIPS”, que permite el cálculo de la carga térmica de cualquier embarcación. El programa calcula dichas cargas basado en la metodología de la (ISO 7547, 2002) y complementada con las practicas recomendadas de la (SNAME, 1980). El programa es un software de fácil uso y trabaja bajo la interfaz de Microsoft Windows, fue desarrollado mediante VISUAL BASIC. NET. El uso del programa “HVAC FOR SHIPS” permitirá a los usuarios finales calcular la carga de cualquier embarcación de una forma más ágil y minimizando los posibles errores que se cometen en las tediosas hojas de cálculo empleadas hoy en día para tal fin.

Una de las principales ventajas del programa desarrollado es que cuenta con 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 sin la necesidad de tomar una a una las dimensiones de los espacios en un plano, ya que la aplicación integra de forma eficiente la información de las dimensiones de los espacios directamente tomadas desde AutoCAD y

que es leída por el programa desarrollado. En la etapa de pre procesamiento, específicamente en el modelado de los compartimentos se desarrollaron herramientas para que el usuario pueda ingresar al programa todos los datos requeridos para el cálculo. Así mismo permite la modificación y actualización de los datos ingresados en cualquier etapa del diseño en que se encuentre el proyecto.

El programa "HVAC FOR SHIPS" permite organizar toda la información requerida para el cálculo. De igual forma presenta una representación gráfica de los compartimentos y de las cubiertas de la embarcación lo cual permite al usuario entender fácilmente el sistema. Contar con una herramienta como la desarrollada permite a los usuarios hacer evaluaciones más eficientes, pues es posible cambiar las condiciones de entrada que surjan de los cambios y/o actualizaciones de diseño requeridas en cualquiera de las etapas que se encuentra en un proyecto. Esto permite realizar evaluaciones del tipo "que pasaría si" por lo que se convierte en una herramienta que le 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.

## REFERENCIAS

- ASHRAE. (2009). *ASHRAE Handbook - Applications*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- ASHRAE. (2010). *ASHRAE 55-2010 - Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.
- Bouthoorn, B. (2005). *HVAC Simulation tool - Imtech Marine & Offshore*. Delft: TU DELFT.
- De Góngora, R. (2005). *A comprehensive environment for efficient HVAC design. The Foran Solution*.
- Evans, T. (s.f.). *Explicación de la terminología de la refrigeración y el aire acondicionado para los profesionales de TI*. White Paper 11 Rev 3. *Schneider Electric*.
- Gutiérrez D. (2012). *Cálculo del sistema de acondicionamiento de aire de una cabina de control de un ROV en un buque cablero*. Cantabria: *Escuela Técnica Superior de Náutica Universidad de Cantabria*.
- Hart, G. H., Fulton, P., & Cox, G. (s.f.). *Ship Configuration and Insulation Design Application*. *SNAME*.
- ISO 7547. (2002). *Ships and marine technology - Air-Conditioning and ventilation of accommodation spaces - Design conditions and basis of calculations*. *International Standard. ISO*.
- NAVSEA. (1999). *Naval Ships' Technical Manual Chapter 510 S9086-RQ-STM010/CH-510R3. Direction of commander, naval sea systems command*.
- Pizano Ojer, J. M., & López Ruiz, J. C. (s.f.). *Nuevo método y programa de cálculo para la estimación de cargas térmicas de refrigeración (Aire Acondicionado)*. *Importancia de la representación de la demanda horaria de los locales en la zonificación del edificio y estimación de la carga simultánea*.

*Departamento de termodinámica aplicada Universidad politécnica de Valencia, 1-6.*

Rodríguez, C. (2006). Diagnóstico energético del sistema de aire acondicionado y refrigeración de un buque tipo nodriza fluvial. Monografía de Grado. Cartagena, Colombia: *Universidad Tecnológica de Bolívar*.

Rodríguez, C. (2008). Estudio comparativo del método de cálculo de carga térmica para sistemas de aire acondicionado en buques recomendado por la SNAME con el método CLTD/CLF de la ASHRAE. *Revista Ciencia y tecnología de Buques*.

SNAME. (1963). Thermal insulation Report. New York: *Technical and Research Bulletin*, 4-7.

SNAME. (1980). Recommended Practices for Merchant Ship Heating, Ventilation and Air Conditioning Design Calculations. New York: *Technical and Research Bulletin*, 4-7.

USN. (1991). Heating, Ventilation and Air Conditioning Design Criteria Manual for Surface Ships of the United States Navy. New York: *Naval Sea System Command NAVSEA*.

Valverde, A., & Álvarez Guerra, M. (2006). Métodos de cálculo computarizado para la determinación de las cargas térmicas de refrigeración, aire acondicionado y selección de equipos. *Scientia et Technica*, 127-132.

Varanasi, A. (2002). Development of a visual tool for HVACSIM. Oklahoma: *Oklahoma State Univer-*

*sity*.

Zi-giang, L., Yan, H., & Zhuo-jun, T. (2012). Overlapping Area Computation between Irregular Polygons for Its Evolutionary Layout Based on convex Decomposition. *Journal of software*, 8.