

## DISEÑO PRELIMINAR DE UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN UTILIZANDO LA ENERGÍA EÓLICA PARA LA ESTACIÓN ANTÁRTICA ECUATORIANA

*Fernando Flor Arteaga<sup>1</sup>*  
*Marco Pazmiño Barreno<sup>2</sup>*

### RESUMEN

En la búsqueda de poder cubrir las demandas de confort de los científicos y del personal que cumple misiones en la Estación Científica Ecuatoriana “Pedro Vicente Maldonado”, ubicada en la isla Greenwich del Archipiélago de las Shetland del Sur del continente antártico, entendiéndose que el ser humano tiene mayor rendimiento en condiciones bajo los parámetros de humedad relativa de 50 % y una temperatura de 18° C se diseñó de manera preliminar un sistema de calefacción.

La investigación comprendió tres etapas: la acumulación de datos estadísticos de las condiciones meteorológicas, el análisis de la factibilidad de la implementación del sistema y el cálculo de la potencia requerida basada en el estudio de las pérdidas de calor.

El diseño tiene como principal abastecedor de potencia a la energía producida por turbinas eólicas. Se analizaron 161 datos de las condiciones meteorológicas (presión, temperaturas y humedad) y de las características de viento (velocidad y dirección de viento), durante el periodo comprendido en los meses de diciembre de 2003 a febrero de 2004. Este análisis buscó la factibilidad de la implementación del sistema constituido por turbinas eólicas, banco de baterías, interconexión con la red y colocación de resistencias en el piso para aprovechar la convección natural. Siendo un valor promedio de 15 y 13 nudos náuticos en los meses estudiados se concluyó que es muy recomendable la utilización de este tipo de energía considerando que es rentable a partir de los 12 m/s (aproximadamente 6 nudos náuticos)

En estudio de las pérdidas de calor fue necesario para dimensionar la potencia de los equipos que deberían implementarse, y también las modificaciones en los materiales con los cuales está construido la estación para poder disminuir la transferencia de calor desde el interior al exterior de la estación. La potencia requerida fue calculada en 67 kW.

---

<sup>1</sup> Ingeniero mecánico, 2006, Oficial de Marina, miembro científico de la IX Expedición Ecuatoriana a la Antártica, Armada del Ecuador, [dfernandoflor@yahoo.es](mailto:dfernandoflor@yahoo.es), Teléfono 593 4 2500196

<sup>2</sup> Director de Tesis, Graduado en la Universidad de New Hampshire USA, Master en Ciencias Mecánicas, 1974, ex alumno de Harvard University, especializado en Astrofísica y Sistema Solar, [marcopb@easynet.net.ec](mailto:marcopb@easynet.net.ec), Teléfono: 593 4 2242440

### **Abstract**

*Looking for to complain the comfort necessities of scientists and other people who would be doing missions in the Scientist Ecuadorian Station "Pedro Vicente Maldonado", locates in Greenwich Island of South Shetland Islands in the Antarctic, it contains the philosophy that the human has major performance under conditions of relative humidity of 50% and temperature of 18°C parameters, it was designed a heating system.*

*This researching had three parts: the accumulation of statistics dates of meteorological, the system's possibility installation and the calculated of the necessary power based in the loss of heating of the interior to exterior of the station.*

*The energies supplies of this designed are wind's turbines. It was analyzed 161 meteorological (pressure, temperatures and humidity) and wind (direction and force) dates between December 2003 and February 2004. The analysis searched to find the installation possibilities of the system that is formed by wind's turbines, energy accumulators, net interconnection, and resistance in the station's floor for to use natural convection. The averages wind's speeds values were 15 and 13 nautical knots in the investigation's period where it was concluded the great opportunity the using of this energy kind because 12 m/s (approximately 6 nautical knots) is an initial value for to decided for the installation and also this initial value is lower than the averages values.*

*Studies of heating losses were necessary for to sizing machines power of this preliminary heating air design must be installed and also the structural modifications for decreasing the heating losses since the interior to exterior of the station. The power requirements are 67 kW.*

### **ANTECEDENTES**

Si se considera al viento como un recurso tal como en este caso, para transformar su energía de movimiento en eléctrica, es uno de los que en mayor cuantía se tiene en el continente Antártico. La variación de las presiones atmosféricas genera una diversidad de cambios. La meteorología cambia de un momento a otro, tan rápidamente como se mueve el aire. Las nubes, la nieve y el agua son trasladadas de un lugar a otro siguiendo la trayectoria de los vientos.

Las brisas de playa y de mar se dan en un ciclo en la isla Greenwich del Archipiélago de las Sheetland del Sur, cuando el calor aumenta, la temperatura de la tierra asciende más rápido que el del agua, transfiriendo el calor hacia el aire que se encuentra sobre ella. La presión cambia con la temperatura. El aire se

desplaza desde el sitio de mayor al de menor presión, o sea desde el mar hacia la playa, esto ocurre en las horas en que el sol ejerce sus influencias en las horas cercanas al mediodía local. En las horas frías, ocurre que el aire sobre el agua se enfría más rápido que el que está sobre la playa, por lo que éste desde la playa se desplaza hacia el mar tomando el nombre de brisa de playa.

Los datos de las frecuencias absolutas y sus velocidades promedio del viento de acuerdo a sus direcciones durante los meses del año 2003<sup>3</sup> se encuentran en los histogramas que se muestran en la siguiente figura.

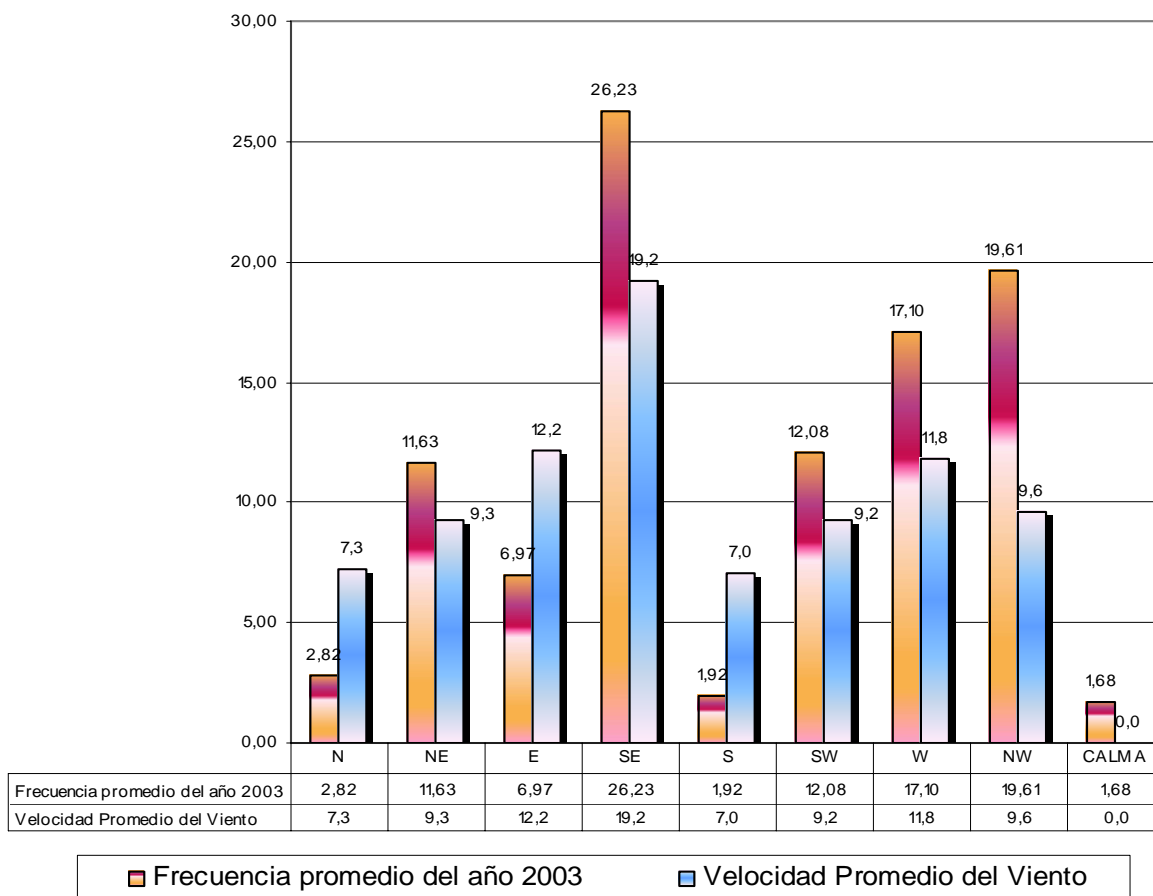


Figura 1. Velocidad y Frecuencia promedio del año 2003

<sup>3</sup> Datos provistos por la Base de la Armada de Chile "Arturo Prat".

## METODOLOGÍA

Se realizaron 161 observaciones meteorológicas de segundo orden, es decir tres por día, de los parámetros: temperaturas de bulbo seco, bulbo húmedo, presión, velocidad del viento y dirección del viento, según lo establecido por la Organización Meteorológica Mundial, de los datos recopilados por meses.

Los datos de velocidades y frecuencias del viento que proporcionó la Base Naval Chilena "Arturo Prat", junto con los que se obtuvieron de fuente primaria por el personal de meteorología de la expedición, permitieron establecer la factibilidad del diseño preliminar del sistema de calefacción que usaría el viento para convertir su energía cinética en energía eléctrica por medio turbinas eólicas.

Con los valores de la temperatura de bulbo seco y húmedo, mediante el uso de una tabla psicrométrica se obtuvieron las respectivas humedades relativas.

Se determinaron los diagramas de frecuencia y velocidad con respecto a la dirección del viento.

Se consideró después el valor más bajo de temperatura de bulbo seco (-0,4), la humedad relativa más alta sin presencia de lluvia ni nevada (96%), con la mínima sensación térmica debido a la velocidad del viento, colocando en una tabla

psicrométrica se obtuvo la entalpía inicial. Las condiciones consideradas de confort fueron temperatura de bulbo seco de 18° C y una humedad relativa del 50%. Los problemas psicrométricos de cada módulo se lo resolvió por separado, debido a las masas de aire a acondicionar.

Debido a las diferencias en los materiales con los cuales están fabricados los módulos, los problemas de pérdida de calor se resolvieron por separado y considerando dos paredes y el piso sometidos a la velocidad de 15 nudos de viento y perpendicular a cada uno de ellos, influenciando de esta manera en el coeficiente convectivo de calor, el mismo que fue determinado mediante el cálculo del coeficiente de Reynolds, y las fórmulas de Prandtl y Nusselt. Una vez establecido el flujo se lo asumió como turbulento.

La cuantificación de las pérdidas de calor mediante la suma de las resistencias, evaluadas en las superficies de transferencia.

Finalmente se sumaron la cantidad de energía necesaria para acondicionar todos los espacios de los módulos de vivienda y de laboratorios, como también las pérdidas de calor. Estos valores fueron comparados con la energía que actualmente se usa para acondicionar el ambiente.

## RESULTADOS

La presión promedio en el mes de Diciembre fue de 994.9 HPa, y las temperaturas promedio de bulbo seco y bulbo húmedo fueron 1.2° C y 0.0° C respectivamente, lo que da una humedad relativa del 81%. En cuanto al viento se tienen las siguientes observaciones.

TABLA 1. OBSERVACIONES DEL VIENTO EN EL MES DE DICIEMBRE 2003

DIRECCIÓN	OCURRENCIA	% DE OCURRENCIA	VELOCIDAD (NUDOS)
N	0	0.00	0.00
NE	5	9.80	2.8
E	15	29.41	9.287
SE	12	23.52	15.833
S	0	0.00	0.00
SW	6	11.76	6
W	2	3.92	4.55
NW	6	11.76	2.833
CALMO	5	9.80	0.00
TOTAL	51		

POLIGONOS DE DIRECCION, FUERZA Y FRECUENCIA DEL VIENTO - DICIEMBRE 2003

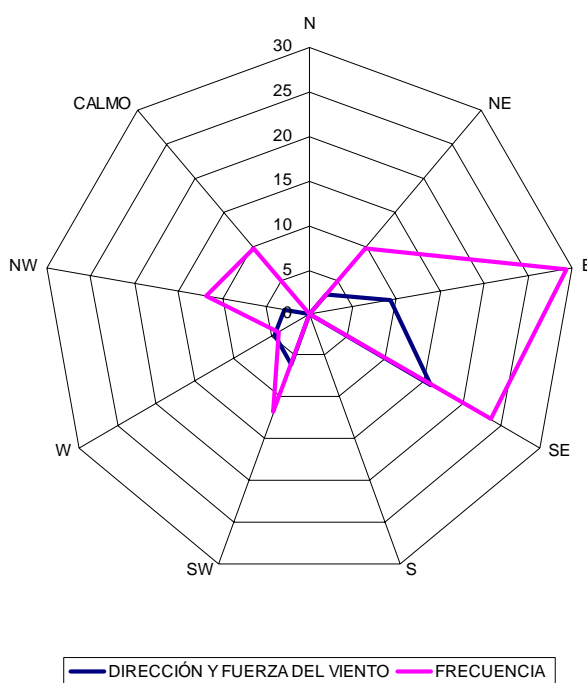


Figura 2. Polígono de velocidad y frecuencia del viento diciembre 2003

La presión promedio en el mes de Enero de 2004 fue de 989.8 HPa, y las temperaturas promedio de bulbo seco y bulbo húmedo fueron 1.2° C y 0.0° C respectivamente, lo que da una humedad relativa del 83%. En cuanto al viento se tienen las siguientes observaciones.

TABLA 2. OBSERVACIONES DEL VIENTO EN EL MES DE ENERO DE 2004

DIRECCIÓN	OCURRENCIA	% DE OCURRENCIA	VELOCIDAD PROM. (NUDOS)
N	12	13.33	3.89
NE	1	1.11	8.00
E	7	7.78	6.47
SE	18	20.00	13.00
S	0	0.00	0.00
SW	7	7.78	9.14
W	25	27.78	8.84
NW	17	18.89	6.00
CALMO	3	3.33	0.00
TOTAL	90		

Frecuencia y Velocidad del viento - Dirección en el mes de Enero 2004

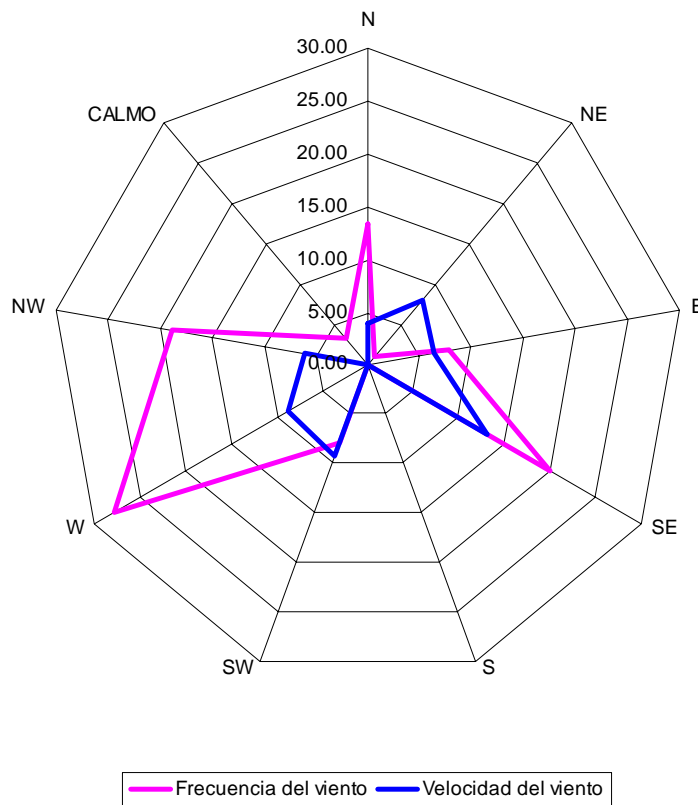
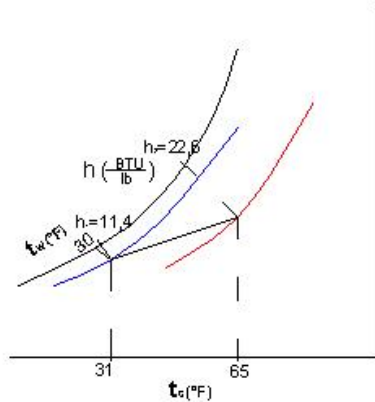


Figura 3. Polígono de velocidad y frecuencia del viento enero 2004

## CÁLCULO DE LA DEMANDA TÉRMICA

Se ha considerado inicialmente hacer el cálculo psicrométrico, de una habitación de superficie cuadrangular cuyas dimensiones son de 3 m por lado y una altura de 2,5 m.,

requiriendo incrementar la temperatura desde  $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta tener  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  y modificar la humedad relativa, disminuyéndola hasta el 50%.



### DATOS

Temperatura bulbo seco:  $t_s = -0.4\text{ }^{\circ}\text{C} = 31.28\text{ }^{\circ}\text{F}$

Temperatura bulbo húm.:  $t_w = -0.6\text{ }^{\circ}\text{C} = 30.92\text{ }^{\circ}\text{F}$

Presión: 990 HPa

Humedad relativa  $\phi = 96\%$

(FIGURA 4. PROBLEMA PSICROMÉTRICO)

La resolución del problema del cálculo de carga se lo hará de la siguiente forma:

1. Cálculo de la cantidad de calor de acuerdo a los cálculos psicrométricos. Con la ecuación general de los gases, calculamos la masa de aire seco a acondicionar:

$$p\forall = nRT \quad (1)$$

$$p\forall = \frac{m_a}{M} RT, \text{ donde } \frac{R}{M} = \bar{R}$$

$$\therefore m_a = \frac{p\forall}{\bar{R}T} \quad (2)$$

Datos:

$$p = 990 \text{ HPa} = 14,3587 \text{ psi};$$

$$T = 490,95^\circ \text{ R}; \bar{R} = 53,44 \frac{\text{lb}f - \text{pie}}{\text{lbm}^\circ \text{ R}}$$

Reemplazando los datos en (2)

$$m_a = \frac{14,3587 \frac{\text{lb}f}{\text{in}^2} \cdot 794,58 \text{ pie}^3 \cdot \frac{144 \text{ in}^2}{\text{pie}^2} \cdot \frac{\text{BTU}}{\text{lb}f \text{ pie}}}{53,44 \frac{\text{lb}f - \text{pie}}{\text{lbm}^\circ \text{ R}} \cdot 490,95^\circ \text{ R} \cdot 778 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}f - \text{pie}}} = 8,04 \times 10^{-2} \text{ lbm}$$

$$m_a = 8,04 \times 10^{-2} \text{ lbm}$$

Leyendo los valores que corresponden a la tabla psicrométrica y que se encuentran representados en la figura 4.

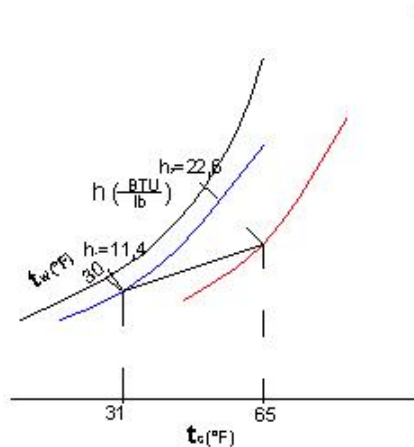


Figura 4. Diagrama del Cálculo psicrométrico



*Datos :*

*En la condición inicial del aire :  $t_s = -0,4^\circ C (31,28^\circ F)$ ,  $t_w = -0,6^\circ C$  que equivalen a  $30,92^\circ F$ .*

*Se tiene que la humedad relativa ( $\phi$ ) es del 96%,  $h_1 = 11,4 \frac{BTU}{lb}$*

*Para las condiciones que se requieren obtener :  $t_s = 18^\circ C (65^\circ F)$  y  $\phi = 50\%$*

*Entonces  $h_2 = 22,6 \frac{BTU}{lb}$*

*Reemplazando en la ecuación del calor sensible :*

$$q_s = m_a \cdot (h_2 - h_1) \quad (3)$$

$$q_s = 8,04 \times 10^{-2} lb \cdot \left( 22,6 \frac{BTU}{lb} - 11,4 \frac{BTU}{lb} \right) = 0,901 BTU$$

$$q_s = 951,09 W$$

*El total resulta ser 10 veces el valor calculado =  $951,09 \times 10 W = 9510,9 W$*

$$q_{sTOTAL} = 9510,9 W$$

El valor total del calor sensible es igual a multiplicar por 10 el cálculo del calor sensible de un camarote.

2. Cálculo de las pérdidas de calor en el piso y paredes en el área total del módulo de vivienda, para el calcular el área de las paredes se considerará las superficies laterales.

$$q = \frac{A \cdot \Delta T}{\left( \frac{x_a}{k_a} + \frac{x_m}{k_m} + \frac{x_{ac}}{k_{ac}} + \frac{1}{h_2} \right)} \quad (4)$$

El denominador indica la resistencia del material a la transferencia del calor. Donde  $h_2$  se lo obtiene después de evaluar el coeficiente de Reynolds del flujo de aire, luego el cálculo de Nusselt y Prandtl para

así poder determinar el coeficiente convectivo de calor medio. Por el sentido de la localización de la estación, prevalecen flujos de viento paralelos a las paredes.

$$h_2 = h_{\text{flujo paralelo}} @ \text{velocidad del viento de 15 nudos}$$

Las propiedades del aire a  $T_\infty = 272.55^\circ K$  son :

$$\alpha = 1,8497 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}, \rho = 1,297 \frac{kg}{m^3}, \mu = 1,71305 \times 10^{-5} Pa \cdot s,$$

$$\nu = 1,3231 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}, k = 2,4078 \times 10^{-2} \frac{W}{m \cdot K}$$

$$\text{Como } Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{1,3231 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}}{1,8497 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}} = 0,715$$

Es necesario conocer si el flujo de aire es laminar o turbulento, para esto utilizamos el número de Reynolds que en este caso se definiría:

$Re_L = \frac{VL}{\nu}$ , donde V es la velocidad del flujo. Como valor se consideró 15 nudos, lo que equivale a 7.716 m/s.

Esto implica que la capa límite puede ser considerada laminar o turbulenta. Sin embargo, se la considerará turbulenta, debido a que al calcular con alguna ecuación no modificada por analogía de Reynolds, podría causar hasta un 25 % de error en el cálculo del coeficiente convectivo de calor.

Entonces utilizaremos para flujo turbulento la ecuación 5.<sup>4</sup>:

$$Nu_x = 0.0296 \cdot Re_x^{\frac{4}{5}} \cdot Pr^{\frac{1}{3}}, \text{ para } 0.6 < Pr < 60 \quad (5)$$

$$\Rightarrow Nu_x = Nu_L = 0.0296 \cdot (1749527.62452)^{\frac{4}{5}} \cdot (0.715)^{\frac{1}{3}} = 2612.5445$$

<sup>4</sup> Libro "Transferencia de Calor" cuyo autor es Incropera (página 355) para el cálculo del coeficiente de Nusselt (Ecuación 7.37).

$$\therefore \bar{h} = \frac{\bar{Nu}_L \cdot k}{L} \quad (6)$$

$$\Rightarrow \bar{h} = \frac{2612.5445 \cdot k = 2.4078 \times 10^{-2} \frac{W}{m \cdot K}}{3m} = 20.9683 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$h_2 = 20.9683 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

En las ecuaciones anteriores (de 4 a 6) las variables representan:

$V$  = velocidad del viento,  $\alpha$  = difusividad térmica del aire,

$\rho$  = densidad del aire,  $\mu$  = viscosidad de estática del aire,

$\nu$  = viscosidad dinámica del aire,  $Re$  = Número de Reynolds,

$Pr$  = Número de Prandtl,  $Nu$  = Número de Nusselt.

$k$  = Conductividad térmica del aire.

$h_2$  = Coeficiente convectivo de calor del aire.

Para facilitar el entendimiento de los cálculos de pérdida de calor, a continuación se utiliza una tabla en la cual se puede observar los valores de las longitudes, coeficientes convectivos y conductivos de calor, así como también del símbolo utilizado en la ecuación (4).

**TABLA 3. DATOS Y CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE CALOR EN EL PISO DEL MÓDULO DE VIVIENDA**

Material	Longitud (mm)	Coeficiente de calor $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$		Resistencia $\left(\frac{m^2 \cdot K}{W}\right)$
Alfombra	3	$k_a$	0,036	$8,33 \cdot 10^{-2}$
Madera	3,175	$k_m$	0,12	$2,645 \cdot 10^{-2}$
Acero Galvanizado	4,763	$k_{ac}$	14,9	$3,196 \cdot 10^{-4}$
Aire		$h_2$ $\left(\frac{W}{m^2 \cdot K}\right)$	20,9683	$4,7691 \cdot 10^{-2}$
Total (suma de las resistencias)				0,15776
Área = 137,83 m <sup>2</sup> , $\Delta T$ = 18,6° K ; Producto=Área* $\Delta T$ =2563,638				
<b>Calor de pérdida = producto/resistencia</b>				<b>16250,24 W</b>

La figura 5., Diagrama de los componentes del piso del módulo de vivienda, tiene relación con la tabla 3., donde se muestra sintetizadamente el cálculo de las pérdidas de calor a través de estas superficies.

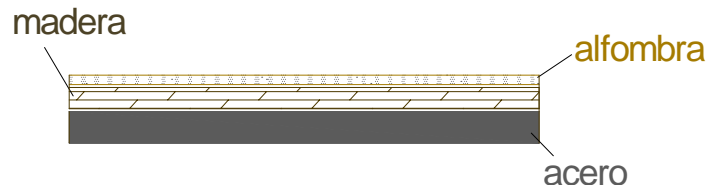


Figura 5. Diagrama de los componentes del piso del módulo de vivienda

La ecuación (4) sufre una variante en sus términos quedando expresada así:

$$q = \frac{A \cdot \Delta T}{\left( \frac{x_m}{k_m} + \frac{x_{pol}}{k_{pol}} + \frac{x_{ac}}{k_{ac}} + \frac{1}{h_2} \right)} \quad (7)$$

**TABLA 4. DATOS Y CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE CALOR EN LAS PAREDES DEL MÓDULO DE VIVIENDA**

Material	Longitud (mm)	Coef. de calor $\left( \frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$		Resistencia $\left( \frac{m^2 \cdot K}{W} \right)$
Madera	4,763	$k_m$	0,12	0,03968
Poliuretano	20	$k_{pol}$	0,026	0,7692
Acero (Steel panel)	1,588	$k_{ac}$	14,9	$1,065 \cdot 10^{-4}$
Aire		$h_2$	20,9683	$4,7691 \cdot 10^{-2}$
Total (suma de las resistencias)				0,8567
Área = 89,5 m <sup>2</sup> , ΔT = 18,6° K ; Producto= Área * ΔT =1664,7				
<b>Calor de pérdida =producto/resistencia</b>				<b>1943,15 W</b>

La figura 6., Diagrama de los componentes de las paredes del módulo de vivienda, tiene relación con la tabla 4., donde se muestra sintetizadamente el cálculo de pérdida de calor a través de estas superficies.

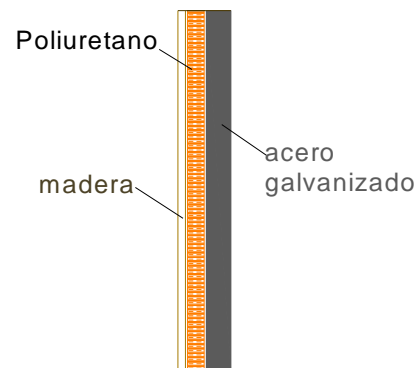


Figura 6. Diagrama de los componentes de las paredes del módulo de vivienda

Para el módulo de laboratorios se obtiene el cálculo de la siguiente manera:

Reemplazando en la ecuación 2, los datos de presión ( $p$ ), temperatura ( $T$ ), la constante  $\bar{R}$  y el volumen ( $\nabla$ ):

$$p = 990 \text{ HPa} = 14,3587 \text{ psi};$$

$$T = 490,95^\circ \text{ R}; \bar{R} = 53,44 \frac{\text{lb}f - \text{pie}}{\text{lbm}^\circ \text{ R}}$$

$$\nabla = 7,7 \times 2,5 \times 7,25 \text{ m}^3 = 134,75 \text{ m}^3 = 4928,603 \text{ pie}^3$$

$$m_a = \frac{14,3587 \frac{\text{lb}f}{\text{in}^2} \cdot 4928,607 \text{ pie}^3 \frac{144 \text{ in}^2}{\text{pie}^2}}{53,44 \frac{\text{lb}f - \text{pie}}{\text{lbm}^\circ \text{ R}} \cdot 490,95^\circ \text{ R} \cdot 778 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}f - \text{pie}}} = 0,4992 \text{ lbm}$$

$$m_a = 0,4992 \text{ lbm}$$

Sustituyendo  $m_a = 0,4992 \text{ lbm}$  en la ecuación 3 se obtiene calor sensible:

$$q_s = m_a \cdot (h_2 - h_1)$$

$$q_s = 0,4992 \text{ lb} \cdot \left( 22,6 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} - 11,4 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} \right) = 5,591 \text{ BTU}$$

$$q_s = 5899,45 \text{ W}$$

Este es el calor que se requiere de la tercera parte del módulo de laboratorios:

$$\Rightarrow q_{sTOTAL} = 5899,45 \text{ W} \times 3 = 17698,35 \text{ W}$$

Encontrar la cantidad de energía requerida para la calefacción es un largo proceso. Lo anteriormente expuesto es un ejemplo de la manera como se lo hizo. El resumen se los muestra en la tabla 5.

**TABLA 5. PÉRDIDAS Y REQUERIMIENTOS DE CALOR EN LA ESTACIÓN  
CIENTÍFICA ANTÁRTICA ECUATORIANA**

<b>CONCEPTO</b>	<b>POTENCIA (W)</b>
1. Cálculo psicrométrico módulo de vivienda	9510,90
2. Pérdidas de calor en el piso del módulo de vivienda	16250,24
3. Pérdidas de calor en las paredes módulo de vivienda	1943,15
4. Cálculo psicrométrico módulo de laboratorios	17698,35
5. Pérdidas de calor en el piso del módulo de laboratorios	789,82
6. Pérdidas de calor por las paredes del módulo de laboratorios	9979,09
7. Filtraciones y renovación del aire (20 %)	11234,31
<b>TOTAL</b>	<b>67405,86</b>

El valor total de energía para la calefacción y recuperación de pérdidas es de **67405,86 W**, sin realizar ningún cambio en la estación.

Sin embargo la energía que se utilizó para la calefacción en la última expedición fue de alrededor de 21 KW diarios, con sus mayores picos durante la noche debido a que durante la mañana y tarde el personal se encontraba realizando labores concernientes a sus cargos y funciones.

### **MODELO PRELIMINAR**

El diseño preliminar propuesto consta de:

- Parque eólico,
- Acumuladores de Energía (baterías),
- Inversores (opcional)
- Resistencias instaladas en el piso.

Todos estos elementos se los puede conseguir en el mercado. La instalación y acoplamiento puede realizárselo en una nueva expedición. Se considerará la conveniencia de sistemas desmontables.

### **Ventajas del sistema**

- Distribución del calor y de la temperatura homogénea dentro de una misma habitación.
- No existen problemas de olores y corrientes de aire, evitando el levantamiento de polvo. Desaparece el problema de ennegrecimiento de paredes, techos y cortinas.
- Mejora del aislamiento termo acústico dando una mejor calidad a la vivienda y ahorros energéticos.
- Evita los problemas respiratorios causados por las calefacciones centrales (sistema idóneo para hospitales, clínicas, museos, etc.)
- Aprovechamiento del calor gratuito generado por la iluminación, radiación solar, electrodomésticos, maquinarias, etc.
- La tendencia de la arquitectura moderna es la de buscar ambientes claros, despejados y acogedores. Para este tipo de construcción, el sistema calefacción por folio radiante resulta interesante ya que el local queda totalmente libre de aparatos emisores de calor que condicionan la estética.
- Mínimas ayudas de albañilería.

### **OBSERVACIONES**

- La energía utilizada para la calefacción en la estación era aproximadamente 21 kW., el generador eléctrico que se posee, consumía alrededor de 70 galones por hora con una carga total de 25 kW, esto implica que el 84% se consume solo en producción de calor, o sea 58,8 galones por hora.
- Para poder cubrir con el combustible necesario para la producción de la energía se utilizaron alrededor de 3400 galones de diesel, los mismos que fueron transportados en bidones de 60 galones, y cuya manipulación se la tuvo que hacer para evitar causar mayores impactos en el ambiente.

### **CONCLUSIONES**

- El utilizar energía renovable sólo para la calefacción, facilitaría el ahorro del 84% de consumo de combustible.
- El utilizar energía eólica, los costos de transportación de combustible decrecerá considerablemente, debido a la disminución del volumen requerido.
- La cantidad de diesel que se requiere para producir los 21 kW de energía para la calefacción es de 58,8 galones por hora, esto conllevaría a transportar y utilizar un considerable volumen de este combustible, lo que aumenta el riesgo de producir daños ecológicos en caso de incidentes o accidentes en las acciones que conllevan estos procesos.



## **BIBLIOGRAFÍA**

Grima R., Rosales R., 1996. Manual de Diseño de Calefacción, Ventilación, y Aire Acondicionado HVAC, McGraw Hill, España, Traducción al español de la 1ª edición, Volumen 1 p.: 1.1-2.9.

Incorpera F., 1999. Transferencia de Calor, Prentice Hall, México D.F.-México, 4ª Edición, p: 355.

McAdams, 1942. Heat transmission- McGraw Hill, New York-USA, 2<sup>nd</sup> Edition, 134.

Shamesl., 1977. La Mecánica de los Fluidos, McGraw Hill, México D.F.-México, 1ª Edición, p.: 226.

Van Wylen G., Sonntag R., 1986. Fundamentos de Termodinámica, Editorial Limusa, México D.F.- México, 12ª Edición, p: 267.

Welty J., 1993. Transferencia de Momento, Calor y Masa, Editorial Limusa, México D.F.-México, 5ª Edición, p.: 143-150, 203-211, 381-397.

Acta Antártica Ecuatoriana 1998, Armada del Ecuador