

## Contenido

<b>1. Anexo A: Cálculos</b> .....	2
1.1. Calculo compresor.....	2
1.2. Calculo turbina .....	4
1.3. Calculo cámara combustión.....	9
1.4. Calculo intercambiador Gas-Aire .....	10
1.5. Calculo intercambiador Gas-Agua.....	15
1.6. Códigos de C++ .....	19
1.6.1. Ciclo Brayton .....	19
1.6.2. Temperatura de llama.....	28
1.6.3. Cantidad de Fuel .....	34
1.6.4. Sección de recuperador .....	39

## 1. Anexo A: Cálculos

### 1.1. Calculo compresor

Estado del aire en (1) y (2) en alabes, con las perdidas

\* Una espiral difusor que reduce un 25% la velocidad (1/4) a la salida

Coefficientes de perdidas

$\zeta_1$ (0,1-0,15)	0,135	Red. Vel	0,25 (1/4 en difusor)
$\zeta_2$ (0,2-0,25)	0,25	C3 (V.difus)	287,4889737 m/s
$\zeta_3$ (0,25)	0,25		

Perdidas por tramos (Recordemos: E - A - 1 - 2 -3... según las zonas del compresor --> 3 difusor)

Ya-1 1678,933716 J/kg

Y1-2 12436,54605 J/kg

Y2-3 17218,73126 J/kg

**Yi 185864,211 J/kg 185,864211 kJ/kg**

\*Deben cuadrar con las perdidas calculadas de la otra manera anteriormente

P1tot	1,019965112 bar	P1	0,874573123 bar
T1tot=Tatot	288,15 k	T1	275,7630019 k
V1tot	0,810520223 m <sup>3</sup> /kg	V1	0,90462882 m <sup>3</sup> /kg

Estado del aire salida del rodete

h2tot 201,1051371 kJ/kg

T2tot 473,4439612 k

P2tot 5,120312417 bar

V2tot 0,265278876 m<sup>3</sup>/kh

Estado estatico en el punto 2

T2 400,2700701 k

P2 2,845065934 bar

V2 0,403637335 m<sup>3</sup>/kg

### **RENDIMIENTO VOLUMETRICO**

figura 6-15 Tablas Pag 211

$\zeta$  1,29 Tipo A

Cierre Z 4 elementos

RC nueva 3,253090975 P2/P1

Según la tabla obtenemos:

Tablas

Grafica = 0,246 siempre x10

Caudal masico

G 0,765045613 kg/s

Caudal volumetrico

Qa 0,69130984 m<sup>3</sup>/s

Esfuerzo torsion maximo para el eje 19,6 MN/m<sup>2</sup>

Rendimiento total compresor ( $\eta_{tot}$ ) 0,8 % porcentaje

Potencia accionamiento (Pa)

Pa 147,7781231 kW

Par necesario:

M 21,71041733 Nm

Calculo diametro eje minimo:

de 0,01780167 m 17,8016696 mm

Calculo de da

da 0,080734723 m 80,7347227 mm

Calculo del caudal intersticial gi

$\delta_i$  0,2 mm long. Radial intersticio (buena seguridad de marcha)

A 50,72712236 mm<sup>2</sup> 0,50727122 cm<sup>2</sup>

gi 0,023335215 kg/s

rendimiento volumetrico final

$\eta_v$  0,970401087

### CALCULOS FINALES

Ancho de entrada de los alabes

b1 0,017934042 m 17,9340417 mm

Ancho rodete salida alabes

b2 0,004105031 m 4,10503109 mm

rendimiento hidraulico o interno del compresor

$\eta_h$  0,831413424

Suponemos un rendimiento mecanico del 98%, el rendimiento total es el siguiente

$\eta_m$  0,98

$\eta_{tot}$  0,7906684 --> tiene que parecerse al supuesto inicialmente

Construccion de los alabes mediante arco de circulo

arco (p) 0,145180167 m 145,180167 mm

Centros de los alabes donde se unen

arco' (p')      0,1122337 m                      112,2337 mm

Valores experimentales de exterior del rotor

d2' (conducto hasta espiral)                      164,280294 mm /                      172,103165 mm  
 d3 (final voluta)                                      183,055185 mm /                      242,509005 mm

Hemos diseñado voluta de:                                      179 mm                                      0,172 m

Calculo de voluta

T                      171,724742

				rho (+)	rho(-)	(mm)
q0	0	0 m3/s		0	0	0
q45	45	0,08641373 m3/s		0,01366013	0,01265371	13,6601285
q90	90	0,17282746 m3/s		0,01961311	0,01760027	19,613113
q135	135	0,25924119 m3/s		0,02429808	0,02127882	24,2980822
q180	180	0,34565492 m3/s		0,02832668	0,02430099	28,3266784
q225	225	0,43206865 m3/s		0,03193582	0,02690371	31,9358161
q270	270	0,51848238 m3/s		0,035247	0,02920847	35,2469995
q315	315	0,60489611 m3/s		0,03833241	0,03128746	38,3324075
q360	360	0,69130984 m3/s		0,04123907	-0,0331877	41,2390689

## 1.2. Calculo turbina

### Calculos turbina axial de 1 etapa

Presion total	4,41 bar --> Po tot		
Presion salida	1,1 bar		
To in turbina	1223,15 k --> To tot	950	
Velocidad giro	70000 rpm		
Caudal masico	0,78 kg/s		

Simplificaciones:

$\gamma$                       1,34 --> constante  
 $\tau$                                       1 --> Coef. Obstruccion (alabes afilados)  
 $R_i$                                       287,4 Nm/kg K  
 $\sigma_m$                                       0,3 --> Grado de reaccion a la mitad del alabe

### 1. Salto energetico de la turbina, velocidad periferica y diametro medio

Ys	411,41 kJ/kg
Cs	907,09 m/s

---

La velocidad periferica a la mitad del alabe  $U_m$  se elegira seg. Ec. 8-21 y tanteando para VoA el valor medio de 0,405. -->

Coef. Optimo	( $U_m/C_s$ )	0,496	0,4
	$U_m$	449,91657 m/s	* 0,33 T.
(D. mitad alabe)	$D_m$	0,12275391 m	pequeñas
	$r_m$	0,06137695 m	* 0,5 T.
			Grandes

## 2. Corona fija

Salto energetico en la corona

$\Delta h_{sf}$  287,9842042 kJ/kg

Velocidad real a la salida de la corona fija

C1 720,9795341 m/s

Cp 1132,694118 J/kg K

Temperatura ideal total despues de la expansion

T1 tot 968,9028915 K

Relacion de presiones

$P_1/P_o$  tot 0,399167376

--> Tabla 7-1 (pag.256), es mayor que la critica --> alabes fijos convergentes

P1 1,760328128

Temperatura real a la salida de la tobera

T1 993,6919846 K

v (vol. Espec.) 1,622351377 m<sup>3</sup>/kg

Escojemos un angulo  $\alpha_1=21^\circ$  17 °

C1a 210,7940155 m/s

C1u 689,4761574 m/s

Longitud radial de los alabes directrices a la salida de la corona seran:

$l'_1$  0,015566682 m 15,5666818 mm

Construimos alabes constantes radialmente.

Aplicamos Ec. 15-10, para comprobar grado de reaccion.

Radio base del alabe:

$r_b$  0,053593613 m

$r_m$  0,061376954 m

$\sigma_b$  0,100557676 > 0,1 a 0,05

--> Comprobar valor pag 588, para continuar calculos OK

### 3. Corona movil

W1 319,0970274 m/s  
 $\beta_1$  138,6547059 °

Ec. 6-12 km 0,95  
Ow 0,916

W2 554,0327934 m/s

Temperatura real a la salida de la corona movil

T2 903,1426385 K 629,992639 °C  
v2 2,359665403 m<sup>3</sup>/kg

Admitimos pequeño solape en los alabes del rodete en relacion con los fijos según la formula pag.300

l1 15,81218965 mm  
Corona movil l2=l1

$\beta_2$  33,01058976 °  
C2a 301,8337604 m/s  
C2u -14,6786486 m/s  
Velocidad de salida  
C2 302,1904725 m/s

### 4. Perdidas Y1, Y2, Y3, Y4, salto y rendimientos perifericos.

Y1 28,07845991 kJ/kg  
Velocidad relativa teoria a la salida de los alabes moviles  
W'2 590,4799036 m/s  
Perdidas en los alabes moviles  
Y2 20,85709019 kJ/kg  
Perdidas por velocidad de salida  
Y3 45,65954083 kJ/kg

Perdidas intersticiales

Laberinto tipo pag. 598, aplicamos Ec. 6-18, calculamos caudal intersticial:

$\mu$	0,6		
z	3		
$\mu'$	1,4	$\delta$	1
		$\delta'$	0,5
A1	0,00043532	m <sup>2</sup>	
$\sigma_p$	0,43776579		

gi 0,000800912

Ec. 6-16

Y4 0,422435793 kJ/kg

Salto periferico

Yu 316,39 kJ/kg

Rendimiento periferico

$\eta_u$  0,769041955 %

**5. Perdidas por rozamiento de disco, salto y rendimientos internos.**

Rozamiento del disco Ec. 6-17

Nr 178,192811 W --> 0,17819281 kW

Esto, equivale a una entalpia perdida:

Y5 0,22845232 kJ/kg

Salto interno

Yi 316,16 kJ/kg

Rendimiento interno

$\eta_i$  0,76848666 %

Suponiendo un rendimiento mecanico del 98% 0,98

Potencia util

Pu 241,672725 kW

Torsion de los alabes

**l1/Dm 0,12881211 > 0,08 a 0,1**

\* Según pag. 582, seran alabes con torsion. Calculamos los alabes desde la base a la punta, según ley del torbellino libre, siguiendo el procedimiento de la pagina 587. Calculo de triangulos.

<b>Magnitud</b>	<b>Base</b>	<b>Medio</b>	<b>Punta</b>
<b>r (mm)</b>	<b>53,59</b>	<b>61,38</b>	<b>69,16</b>
<b>r/rm</b>	0,87	1,00	1,13
<b>u (m/s)</b>	392,86	449,92	506,97
<b>C1u (m/s)</b>	789,61	689,48	611,88
<b>Tg <math>\alpha_1</math></b>	0,267	0,306	0,345
<b><math>\alpha_1</math></b>	<b>14,95</b>	<b>17,00</b>	<b>19,01</b>
<b>C1a (m/s)</b>	210,79	210,79	210,79
<b>Tg <math>\beta_1</math></b>	-0,531	-0,880	-2,009
<b><math>\beta_1</math></b>	<b>152,02</b>	<b>138,65</b>	<b>116,46</b>
<b>C2u (m/s)</b>	-16,81	-14,68	-13,03
<b>C2a (m/s)</b>	301,83	301,83	301,83
<b>Tg <math>\beta_2</math></b>	0,74	0,65	0,58
<b><math>\beta_2</math></b>	<b>36,38</b>	<b>33,01</b>	<b>30,13</b>

ROTOR

Según Libro David Gordon Wilson

Pag 246 Fig. 7.4 --> deducción angulo lambda

$\lambda$	5	20	35 °	
b/c	0,9961947	0,939692621	0,81915204	
b/s (opt)	2,27952085	1,588301376	1,11919039	
b	10	10	10	mm
c	10,04	10,64	12,21	mm
s	4,39	6,30	8,94	mm
$\Delta\theta_{ind}$	-2,80	5,26	12,61	°
Match salida	0,51	0,51	0,51	M --> usamos Eq. De 0,5-1
Ang. Rectif.2				
s/e	0,33	0,33	0,33	--> $0,25 < (s/e) < 0,625$
e	13,17	18,91	26,83	mm
o/s	0,59	0,54	0,50	
o	2,60	3,43	4,49	mm
$\Delta s_{te}$	0,22	0,34	0,55	mm

ESTATOR

Según Libro David Gordon Wilson

Pag 246 Fig. 7.4 --> deducción angulo lambda

$\lambda$	60	58	55 °	
b/c	0,5	0,52991926	0,57357644	
b/s (opt)	0,498400726	0,5591929	0,61590578	
b	10	10	10	mm
c	20,00	18,87	17,43	mm
s	20,06	17,88	16,24	mm
$\Delta\theta_{ind}$	21,23	20,70	20,54	°
Match salida	1,16	1,16	1,16	M --> usamos Eq. De 0,5-1
Ang. Rectif.2				
s/e	0,33	0,33	0,33	--> $0,25 < (s/e) < 0,625$
e	60,25	53,70	48,76	mm
o/s	0,26	0,29	0,33	
o	5,18	5,23	5,29	mm



Aste 2,01 1,69 1,42 mm

### 1.3. Calculo cámara combustión

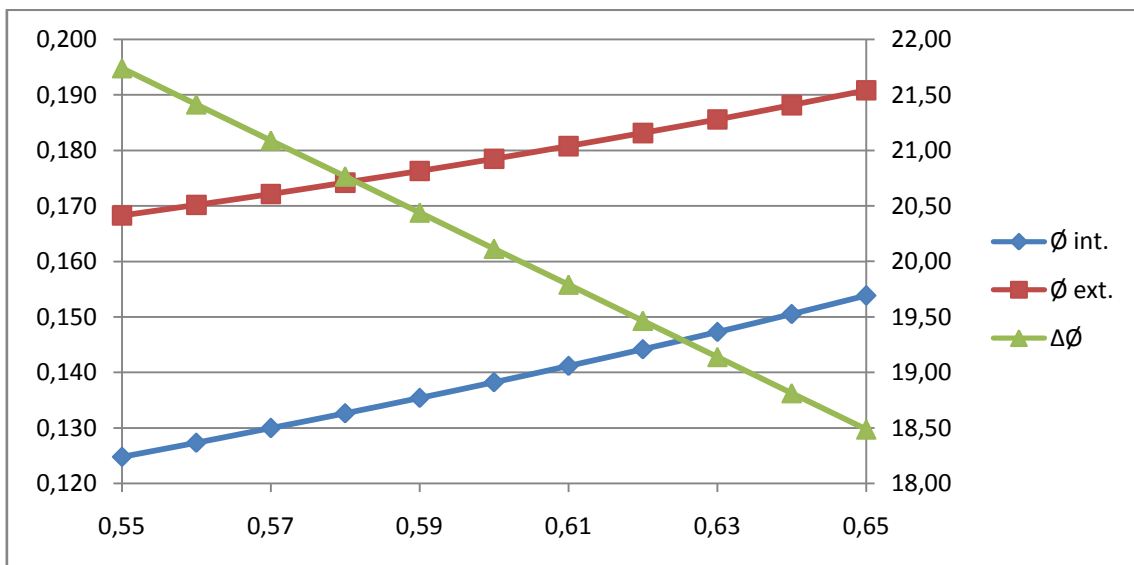
Calculo dimensional de la camara de combustion TUBULAR

Dext	0,178 m	0,02488456	Rel. Areas	0,60106047
Dint	0,138 m	0,01495712	* Debe mantenerse entre 0,55 - 0,65	
$\Omega m$	0,009927433 m <sup>2</sup>			
T3	435,78 °C			
P3	4,5 bar			
$\rho_3$	2,202943664 kg/m <sup>3</sup>	SECCION		
Gaire	0,7716 kg/s			
Cref	35,28189251 m/s	--> MAX 35 m/s		
Caida de p.	2,5 %			
$\Delta P_3$	0,1125 bar			
CL	8,204939478			
		<b>Min</b>	<b>Max</b>	
Relacion con Dint		3	6	
Relacion con Dext		2	4	LONGITUD
Longitud según Dint		0,414	0,828	m
Longitud según Dext		0,356	0,712	m
		* Debe de estar dentro de los valores max/min		
Adoptamos una Long. De		0,4	420	mm
Zona primaria + secund.	117,6 mm	28%		
Zona de dilucion	302,4 mm	72%		
Longitud total se cumple	420 mm			

Velocidad de entrada a la CC

Diametro	0,08 m
Area	0,005026548 m <sup>2</sup>
Caudal	0,7716 kg/s
densidad	2,202943664 kg/m <sup>3</sup>
<b>Velocidad</b>	<b>69,68173771 m/s</b>

Cref	35	35	35	35	35	<b>35</b>	35	35	35	35	35
Ωm	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	<b>0,01</b>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RA	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	<b>0,6</b>	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65
De	0,168	0,170	0,172	0,174	0,176	<b>0,178</b>	0,181	0,183	0,186	0,188	0,191
Di	0,125	0,127	0,130	0,133	0,135	<b>0,138</b>	0,141	0,144	0,147	0,151	0,154
Δd	21,74	21,41	21,09	20,76	20,44	<b>20,11</b>	19,79	19,47	19,14	18,81	18,49
CL	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34	<b>8,34</b>	8,34	8,34	8,34	8,34	8,34
Lmin	0,374	0,382	0,390	0,398	0,406	<b>0,415</b>	0,424	0,433	0,442	0,452	0,461
Lmax	0,673	0,681	0,689	0,697	0,705	<b>0,714</b>	0,723	0,732	0,742	0,753	0,763
Zona 1+2						<b>126</b>					
Zon. Diluc.						<b>294</b>					



#### 1.4. Calculo intercambiador Gas-Aire

\* g = gas; \* a = aire; \* 1 = entrada; \* 2 = salida;

Datos de entrada (**modificables**)

Tg1	590	°C	863,15	k
Tg2	290	°C	563,15	k
Ta1	196	°C	469,15	k
Ta2	X	°C	X	k

mg	0,78	kg/s	CPg	1150
ma	0,76	kg/s		

Pg1	0,15	Mpa
Perdidas gas	0,001	Mpa
Pa1	0,45	Mpa
Perdidas aire	0,002	Mpa
Dimensiones del conducto	0,6	(a) m
	0,5	(b) m

flujo gas	1	(c) m
-----------	---	-------

**BALANCE TERMICO**

Potencia de intercambio de calor

Q	269100	W	269,1	kW
---	--------	---	-------	----

\* Miramos tabla A2. Para buscar entalpia a la entrada del aire (P,T)

h1	2855100	J/Kg
----	---------	------

h2	3209178,947	J/Kg
----	-------------	------

\* Según tabla A2. le corresponde una temperatura de salida de:

Ta2	435	°C
-----	-----	----

Temperatura media del intercambiador es:

Tm aire	315,5	°C
---------	-------	----

Tm gas	440	°C
--------	-----	----

Propiedades físicas del aire a MEDIA:

Prop. Físicas del gas m

densidad m	1,83	kg/m3	1,506	kg/m3
vol. M	0,54638	m3/kg	0,66405	m3/kg
viscosidad m	0,00001756	m2/s	0,00002886	m2/s
conduct. M	0,02932	W/mk	0,03707	W/mk
Pr m	0,701		0,683	
* En funcion de P y T		CP m	1100	J/KgK
		difusion	0,00004222	m2/s

**CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DEL INTERCAMBIADOR**

Tubo interno

material acero al carbono

d. interior 0,02 m

espesor 0,0025 m

Tubo exterior con aletas

material aluminio

diametro 0,028 m

altura aleta 0,0135 m

paso aletas 0,003 m

espesor alet 0,0008 m

resistencia 0,000189 m2 k/W

termica acero-aluminio

Características geométricas relativas de los tubos aleteados (1 metro)

Atot = A \* Solo para aletas cilíndricas helicoidales

Sup. Aletas 1,219461548 m2

Sup. NO aleta 0,064507369 m2

Area sup. Ext. 1,283968918 m2

relacion Aa/A 0,9497594

relacion At/A 0,0502406

Sup.tubo aleta 0,087964594 m2

Sup. Interna 0,062831853 m2

A/Aint 20,435

Coef Aleteado 14,59642857 ψA

Dimensiones conducto de aire y pasos entre

tubos

Ancho 0,7 (a) m \* según limitaciones geométricas

Alto 0,9 (b) m

D. ext. Aleta 0,055 m

S1 0,04516129 m > 0,055 trans \* Paso

z 15

S2 0,039110825 m \* Paso long.

Por lo tanto

Paso trans 0,04516129

Paso long 0,039110825

Paso diagonal 0,04516129 = a paso transversal

Pasos relativos entre tubos

$\sigma_1$  1,612903226

$\sigma_2$  1,396815167

$\sigma_2'$  1,612903226

$\sigma_1/\sigma_2$  1,154700538

Velocidad y area libre de paso de aire

Diam. Relativo 0,0352 m

Banco tubos 1  $\varphi_{rel}$

Si  $\varphi_{rel} \leq 2$  el area minima libre se hubica en paso trans

F 0,1548 m<sup>2</sup>

Vel. Gas 3,345988372 m/s

Velocidad media y area libre para paso del agua

nx 2,895 \* deben de coincidir

Zp 43,425

f 0,013642366 m<sup>2</sup>

V. media aire 30,43818037 m/s

### **CALCULO DEL AREA DE LA SUPERFICIE DE INTERCAMBIO DE CALOR**

Coficiente global de transferencia de calor \*\*\*\*\*

$\psi$  0,95 \* Eficiencia termica

\* Resistencia termica = resistencia a contacto, SIMPLIFICACION

Rt 0,000189

A/Aint 20,435

Coficiente de conveccion relativo

1- Coficiente de conveccion hc

X -0,93162195

n 0,714474206

Cq 0,072528533

Si consideramos que

$$Z2 > 10$$

Cz 1 \* Según considerado en Z2

hc 30,87489867 W/m<sup>2</sup>K

2-Coeficiente de eficiencia teorica de aleta

E' 0,97

TA 306,035 °C

Para TA, buscamos el coef. De conductividad del aluminio.

Ka 225 W/mK

m 18,52172858 L/m ???

L'a 0,016207579 m

Recalculo del coeficiente de aleta teorica

E 0,97100618 ~0,9 \* Tiene que parecerse a E'

ψE 0,97258566

μα 1 \* Coef. Para aletas espesor cncte.

**h1rel 29,24410915 W/m<sup>2</sup>K**

Coeficiente de conveccion de la pared hacia adentro fluido interno h2

Ref 34667,6314

K 1,025960816

ζ 0,022799999

m<sup>2</sup> \* Superficie intercambio de

A' 95 calor

A' int 4,648886714 m<sup>2</sup>

T'w 332,0385218 °C

h'2 3500

Ctem 0,982066639

viscosidad

w 0,0000207 \* Viscosidad a T'w calculada

**h2 112,9533751 W/m<sup>2</sup>K**

\*\*\*\*\* Coef. Global de transf. De calor

**U 4,338444499 W/m<sup>2</sup>K**

Diferencia de temperaturas media ΔT

ΔT menor 136,0385218 °C

ΔT mayor 155 °C

Como resultado, media logaritmica

ΔT 145,3131338 °C

Area 426,8495058 m<sup>2</sup>

**CALCULOS FINALES DIMENSIONALES**

Aint	20,88815786	m <sup>2</sup>	
Tw	429,5550041	°C	* Si Tw ~ T'w --> Ctem no requiere correccion
Lal	332,4453575	m	* Longitud de tubos con aletas
z	369,3837306	num. Tubos	
Z2	24,62558204	numero filas	* cojemos superior
C	0,924015997	m	* Profundidad conducto gases
Zr	369,3837306		* Numero de tubos en intercambiador
Lr alet.	332,4453575	m	* metros de tubo aleteado dentro

**CAIDA DE PRESION EXTERIOR**

Atot/F	128,8958434
deq	0,001992258 m
n	0,41028285
Cr	15,68421435
ζ <sub>o</sub>	2,603055632
*Cz = 1 pk	
Z2>6	

<b>ΔH</b>	<b>594,437871</b>	<b>0,59443787 Pa</b>	* exterior de los tubos
-----------	-------------------	----------------------	-------------------------

calculo de velocidad del aire dentro de los tubos

caudal	0,7716
Tubos	369
seccion tubo	0,000314159 m <sup>2</sup>
area total	0,116045321 m <sup>2</sup>
<b>velocidad</b>	<b>3,633402356 m/s</b>

1.5. Calculo intercambiador Gas-Agua

\* g = gas; \* a = agua; \* 1 = entrada; \* 2 = salida;

Datos de entrada (modificables)

Tg1	290	°C	563,15	k
Tg2	70	°C	343,15	k
Ta1	30	°C	303,15	k
Ta2	X	°C	X	k

mg	0,78	kg/s	CPg	1010	J/KgK
ma	2	kg/s	*simplificacion		

Pg1	0,2	Mpa
Perdidas aire	0,001	Mpa
Pa1	0,4	Mpa
Perdidas agua	0,01	Mpa
Dimensiones del conducto	0,6	(a) m
	0,5	(b) m
flujo gas	1	(c) m

**BALANCE TERMICO**

Potencia de intercambio de calor

Q 173316 W 173,316 kW

\* Miramos tabla A2. Para buscar entalpia a la entrada del agua (P,T)

h1 2855100 J/Kg

h2 2941758 J/Kg

\* Según tabla A2. le corresponde una temperatura de salida de:

Ta2 51 °C

Temperatura media del intercambiador es:

Tm agua 40,5 °C

Tm gas 180 °C

Propiedades fisicas del agua a MEDIA:

Prop. Fisicas del gas m

densidad m	994,59	kg/m3	0,7833	kg/m3
vol. M	0,0010076	m3/kg	1,27665007	m3/kg
viscosidad m	0,000000643	m2/s	0,00002886	m2/s
conduct. M	0,628	W/mk	0,03707	W/mk
Pr m	4,34		0,683	
* En funcion de P y T		CP m	1010	J/KgK
		difusion	0,00004222	m2/s

**CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DEL INTERCAMBIADOR**

Tubo interno

Tubo exterior con aletas

material acero al carbono

material aluminio

d. interior	0,02 m	diámetro	0,028 m
espesor	0,0025 m	altura aleta	0,0135 m
		paso aletas	0,003 m
		espesor alet	0,0008 m
		resistencia termica acero-aluminio	0,000189 m <sup>2</sup> k/W

Características geométricas relativas de los tubos aleteados (1 metro)

Atot = A	* Solo para aletas cilíndricas helicoidales	
Sup. Aletas	1,219461548	m <sup>2</sup>
Sup. NO aleta	0,064507369	m <sup>2</sup>
Area sup. Ext.	1,283968918	m <sup>2</sup>
relacion Aa/A	0,9497594	
relacion At/A	0,0502406	
Sup.tubo aleta	0,087964594	m <sup>2</sup>
Sup. Interna	0,062831853	m <sup>2</sup>
A/Aint	20,435	
Coef Aleteado	14,59642857	ψA

Dimensiones conducto de aire y pasos entre tubos

Ancho	0,7 (a) m	* según limitaciones geométricas
Alto	0,9 (b) m	
D. ext. Aleta	0,055 m	
S1	0,04516129 m	> 0,055 m * Paso trans
z	15	
S2	0,039110825 m	* Paso long.

Por lo tanto

Paso trans	0,04516129	
Paso long	0,039110825	
Paso diagonal	0,04516129	= a paso transversal

Pasos relativos entre tubos

σ1	1,612903226
σ2	1,396815167
σ2'	1,612903226
σ1/σ2	1,154700538

Velocidad y area libre de paso de aire

Diam. Relativo	0,0352 m
Banco tubos	1 φrel
Si φrel ≤ 2 el area minima libre se hubica en paso trans	
F	0,1548 m <sup>2</sup>
Vel. Gas	6,432732912 m/s



Velocidad media y area libre para paso del agua

$n_x$	2
$Z_p$	30
$f$	0,009424778 m <sup>2</sup>
V. media agua	0,213819361 m/s

**CALCULO DEL AREA DE LA SUPERFICIE DE INTERCAMBIO DE CALOR**

Coefficiente global de transferencia de calor \*\*\*\*\*

$\psi$  0,95 \* Eficiencia termica

\* Resistencia termica = resistencia a contacto, SIMPLIFICACION

$R_t$	0,000189
$A/A_{int}$	20,435

Coefficiente de conveccion relativo

1- Coeficiente de conveccion  $h_c$

$X$	-0,93162195
$n$	0,71447421
$C_q$	0,07252853

Si consideramos que

$$Z_2 > 10$$

$C_z$  1 \* Según considerado en  $Z_2$

$h_c$	49,2520276 W/m <sup>2</sup> K
-------	-------------------------------

2-Coeficiente de eficiencia teorica de aleta

$E'$  0,97

$TA$	39,285 °C
------	-----------

Para  $TA$ , buscamos el coef. De conductividad del aluminio.

$K_a$  225 W/mK

$m$	23,393263 L/m ???
$L'a$	0,01620758 m

Recalculo del coeficiente de aleta teorica

$E$  0,95468606 ~0,9 \* Tiene que parecerse a  $E'$

$\psi_E$  0,97041506

$\mu_a$  1 \* Coef. Para aletas espesor cncte.

**$h_{1rel}$  45,81115 W/m<sup>2</sup>K**

Coefficiente de conveccion de la pared hacia adentro fluido interno  $h_2$

$Ref$	6650,67997
$K$	1,13532451
$\zeta$	0,03536438
$A'$	95 m <sup>2</sup> * Superficie intercambio de calor
$A'_{int}$	4,64888671 m <sup>2</sup>
$T'w$	51,1517668 °C
$h'_2$	3500

Ctem 0,69314362  
 viscosidad  
 w 0,000018 \* Viscosidad a T'w calculada

**h2 1093,99037 W/m2K**

\*\*\*\*\* Coef. Global de transf. De calor

**U 21,4107254 W/m2K**

Diferencia de temperaturas media  $\Delta T$

$\Delta T$  menor 21,1517668 °C

$\Delta T$  mayor 239 °C

Como resultado, media logaritmica

$\Delta T$  89,8439515 °C

Area 90,0986803 m2

**CALCULOS FINALES DIMENSIONALES**

Aint	4,40903745 m2	
Tw	76,4319984 °C	* Si Tw ~ T'w --> Ctem no requiere correccion
Lal	70,1720105 m	* Longitud de tubos con aletas
z	77,9689005 num. Tubos	
Z2	5,1979267 numero filas	* cojemos superior
C	0,16418438 m	* Profundidad conducto gases
Zr	77,9689005	* Numero de tubos en intercambiador
Lr alet.	70,1720105 m	* metros de tubo aleteado dentro

**CAIDA DE PRESION EXTERIOR**

Atot/F 128,895843

deq 0,00199226 m

n 0,41028285

Cr 15,6842143

$\zeta_0$  2,09800244

\*Cz = 1 pk Z2>6

<b><math>\Delta H</math></b>	<b>194,40973</b>	<b>0,19440973 Pa</b>
------------------------------	------------------	----------------------

## 1.6. Códigos de C++

### 1.6.1. Ciclo Brayton

```
// DETERMINAR LA TEMPERATURA DE LA CAMBRA DE COMBUSTIO A PARTIR  
DEL CABAL DE FUEL I AIRE
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <conio.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <iostream.h>
```

```
using namespace std;
```

```
int main()
```

```
{
```

```
// DECLARACIÓ DE VARIABLES
```

```
float T1,T2,T2s,T3,T4,T4s,T5,T6,Tccs,Tref,T2sup,T4sup,T6sup,P1,P2,P3,P4,P5,P6;
```

```
float RP,ma,mf,mt,ncs,nts,nmec;
```

```
float Tain,Tfin,Tcc,ehx,ncc,Wc,Wt,Wnet,Wtc;
```

```
float
```

```
Wf,Ep,Cp,CpT1,CpT2,CpT3,CpT4,CpT5,CpT6,Ec,Et,R,Rq,gamma,elevat,mp,Q,Qmax,  
QHx,Qcc,rend,Wesp;
```

```
float a,b,delta;
```

```
float
```

```
hffuel,hfCO2,hfO2,hfH2O,hfN2,hfuel,hCO2,hO2r,hO2p,hH2O,hN2r,hN2p,PCI,landa,ma  
fth,maf;
```

```
float a1,a2,a3,a4,a5,b1,b2,b3,b4,b5;
```

```
int i;
```

```
// ENTRADA DE DADES

printf("Indica quina es la temperatura d'entrada [C]:"); scanf("%f",&T1);

T1=T1+273.15;

printf("Indica quina es la pressio ambient [bar]:"); scanf("%f",&P1);

P6=P1;

printf("Indica quina es la relacio de pressions al compressor:"); scanf("%f",&RP);

printf("Indica quina es la temperatura de la cambra de combustio [C]:");
scanf("%f",&T3);

T3=T3+273.15;

Tcc=T3;

printf("Indica quin el cabal massic d'aire:"); scanf("%f",&ma);

printf("Indica quin es el rendiment isentropic del compressor:"); scanf("%f",&nccs);

printf("Indica quin es el rendiment isentropic de la turbina:"); scanf("%f",&nts);

printf("Indica quin es el rendiment mecanic compressor-turbina:"); scanf("%f",&nmec);

printf("Indica la quantitat de carbonis que te un mol del combustible"); scanf("%f",&a);

printf("Indica la quantitat d'hidrogens que te un mol del combustible"); scanf("%f",&b);

printf("Indica quina es la temperatura d'entrada del fuel [C]"); scanf("%f",&Tfin);

Tfin=Tfin+273.15;

printf("Indica quin es el rendiment de la cambra de combustio [tant per cent ]");
scanf("%f",&ncc);

ncc=ncc/100;

printf("Indica quin es el rendiment del regenerador [tant per cent]:"); scanf("%f",&ehx);

ehx=ehx/100;

printf("Indica quina es l'entalpia de formacio del fuel [J/mol]"); scanf("%f",&hffuel);

printf("Indica quin es el pes molecular del fuel"); scanf("%f",&Wf);

printf("Indica quin es el percentatge de les perdues"); scanf("%f",&Ep);

// CONSTANTS
```

Rq=287;

R=8.31447;

Ec=0;

Et=0;

hfO2=0;

hfN2=0;

hfCO2=-393520;

hfH2O=-241820;

Tref=298.15;

// COS DEL PROGRAMA

P2=P1\*RP;

P5=P2-0.03\*P2;

P3=P5-0.02\*P2;

P4=P6+0.04;

//Compressor

i=1;

T2sup=300;

while (fabs(T2sup-T2)>delta){

    if (i!=0){

        T2sup=T2;

    }

CpT1=1034.09-0.2849\*T1+7.814E-4\*pow(T1,2)-4.971E-7\*pow(T1,3)+1.077E-10\*pow(T1,4);

CpT2=1034.09-0.2849\*T2sup+7.814E-4\*pow(T2sup,2)-4.971E-7\*pow(T2sup,3)+1.077E-10\*pow(T2sup,4);

*David Espada García*

```
Cp=(CpT1+CpT2)/2;
```

```
gamma=Cp/(Cp-Rq);
```

```
elevat=(gamma-1)/gamma;
```

```
T2s=T1*pow((P2/P1),elevat);
```

```
T2=T1+((T2s-T1)*(1-Ec)/ncs);
```

```
i++;
```

```
}
```

```
//Turbina
```

```
i=1;
```

```
T4sup=600;
```

```
while (fabs(T4sup-T4)>delta){
```

```
    if (i!=0){
```

```
        T4sup=T4;
```

```
    }
```

```
CpT3=1034.09-0.2849*T3+7.814E-4*pow(T3,2)-4.971E-7*pow(T3,3)+1.077E-10*pow(T3,4);
```

```
CpT4=1034.09-0.2849*T4sup+7.814E-4*pow(T4sup,2)-4.971E-7*pow(T4sup,3)+1.077E-10*pow(T4sup,4);
```

```
Cp=(CpT3+CpT4)/2;
```

```
gamma=Cp/(Cp-Rq);
```

```
elevat=(gamma-1)/gamma;
```

```
T4s=T3*pow(P4/P3,elevat);
```

```
T4=T3-((T3-T4s)*(1+Et)*nts);
```

```
i++;
```

```
}
```

// Intercambiador

$$T5=T2+ehx*(T4-T2);$$

$$CpT5=1034.09-0.2849*T5+7.814E-4*pow(T5,2)-4.971E-7*pow(T5,3)+1.077E-10*pow(T5,4);$$

$$Cp=(CpT2+CpT5)/2;$$

$$Q=ma*Cp*(T5-T2);$$

$$Qmax=Q/ehx;$$

// Cambra de combustió

$$a1=99.463; a2=0.166; a3=0.0015; a4=-2E-6; a5=7E-10;$$

$$hfuel=hffuel+(a1*(Tfin-Tref)+a2/2*(pow(Tfin,2)-pow(Tref,2))+a3/3*(pow(Tfin,3)-pow(Tref,3))+a4/4*(pow(Tfin,4)-pow(Tref,4))+a5/5*(pow(Tfin,5)-pow(Tref,5)));$$

$$a1=0.378245636E1; a2=-0.299673416E-2; a3=0.984730201E-5; a4=-0.968129509E-8; a5=0.324372837E-11;$$

$$hO2r=hfO2+a1*R*(T5-Tref)+a2*R/2*(pow(T5,2)-pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(T5,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(T5,4)-pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(T5,5)-pow(Tref,5));$$

$$a1=0.3298677E1; a2=0.14082404E-2; a3=-0.3963222E-5; a4=0.5641515E-8; a5=-0.2444854E-11;$$

$$hN2r=hfN2+a1*R*(T5-Tref)+a2*R/2*(pow(T5,2)-pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(T5,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(T5,4)-pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(T5,5)-pow(Tref,5));$$

a1=0.235677352E1; a2=0.898459677E-2; a3=-0.712356269E-5; a4=0.245919022E-8;  
a5=-0.143699548E-12;

b1=0.385746029E1; b2=0.441437026E-2; b3=-0.221481404E-5; b4=0.523490188E-9;  
b5=-0.472084164E-13;

if (Tcc>=1000){

hCO2=hfCO2+a1\*R\*(1000-Tref)+a2\*R/2\*(pow(1000,2)-  
pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(1000,4)-  
pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1\*R\*(Tcc-  
1000)+b2\*R/2\*(pow(Tcc,2)-pow(1000,2))+b3\*R/3\*(pow(Tcc,3)-  
pow(1000,3))+b4\*R/4\*(pow(Tcc,4)-pow(1000,4))+b5\*R/5\*(pow(Tcc,5)-pow(1000,5));

}

if (Tcc<1000) {

hCO2=hfCO2+a1\*R\*(Tcc-Tref)+a2\*R/2\*(pow(Tcc,2)-  
pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(Tcc,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(Tcc,4)-  
pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(Tcc,5)-pow(Tref,5));

}

a1=0.419864056E1; a2=-0.20364341E-2; a3=0.652040211E-5; a4=-0.548797062E-8;  
a5=0.177197817E-11;

b1=0.303399249E1; b2=0.217691804E-2; b3=-0.164072518E-6; b4=-0.97041987E-  
10; b5=0.168200992E-13;

if (Tcc>=1000){

hH2O=hfH2O+a1\*R\*(1000-Tref)+a2\*R/2\*(pow(1000,2)-  
pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(1000,4)-  
pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1\*R\*(Tcc-  
1000)+b2\*R/2\*(pow(Tcc,2)-pow(1000,2))+b3\*R/3\*(pow(Tcc,3)-  
pow(1000,3))+b4\*R/4\*(pow(Tcc,4)-pow(1000,4))+b5\*R/5\*(pow(Tcc,5)-pow(1000,5));

}

if (Tcc<1000){

hH2O=hfH2O+a1\*R\*(Tcc-Tref)+a2\*R/2\*(pow(Tcc,2)-  
pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(Tcc,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(Tcc,4)-  
pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(Tcc,5)-pow(Tref,5));

}



a1=0.3298677E1; a2=0.14082404E-2; a3=-0.3963222E-5; a4=0.5641515E-8; a5=-0.2444854E-11;

b1=0.292664E1; b2=0.14879768E-2; b3=-0.568476E-6; b4=0.10097038E-9; b5=-0.6753351E-14;

if (Tcc>=1000){

hN2p=hfN2+a1\*R\*(1000-Tref)+a2\*R/2\*(pow(1000,2)-pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(1000,4)-pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1\*R\*(Tcc-1000)+b2\*R/2\*(pow(Tcc,2)-pow(1000,2))+b3\*R/3\*(pow(Tcc,3)-pow(1000,3))+b4\*R/4\*(pow(Tcc,4)-pow(1000,4))+b5\*R/5\*(pow(Tcc,5)-pow(1000,5));

}

if (Tcc<1000){

hN2p=hfN2+a1\*R\*(Tcc-Tref)+a2\*R/2\*(pow(Tcc,2)-pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(Tcc,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(Tcc,4)-pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(Tcc,5)-pow(Tref,5));

}

a1=0.3782456360E1; a2=-0.299673416E-2; a3=0.984730201E-5; a4=-0.968129509E-8; a5=0.324372837E-11;

b1=0.328253784E1; b2=0.148308754E-2; b3=-0.757966669E-6; b4=0.209470555E-9; b5=-0.216717794E-13;

if (Tcc>=1000){

hO2p=hfO2+a1\*R\*(1000-Tref)+a2\*R/2\*(pow(1000,2)-pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(1000,4)-pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1\*R\*(Tcc-1000)+b2\*R/2\*(pow(Tcc,2)-pow(1000,2))+b3\*R/3\*(pow(Tcc,3)-pow(1000,3))+b4\*R/4\*(pow(Tcc,4)-pow(1000,4))+b5\*R/5\*(pow(Tcc,5)-pow(1000,5));

}

if (Tcc<1000){

hO2p=hfO2+a1\*R\*(Tcc-Tref)+a2\*R/2\*(pow(Tcc,2)-pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(Tcc,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(Tcc,4)-pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(Tcc,5)-pow(Tref,5));

}

```
PCI=fabs(a*hfCO2+b/2*hfH2O-hffuel);
```

```
landa=(a*hfCO2+0.5*b*hfH2O-(a+0.25*b)*hO2p-hffuel+Ep*PCI)/(-  
(a+0.25*b)*3.76*hN2p-(a+0.25*b)*hO2p+(a+0.25*b)*hO2r+(a+0.25*b)*3.76*hN2r);
```

```
mafth=landa*(a+0.25*b)*4.76*28.9/Wf;
```

```
maf=mafth/ncc;
```

```
mf=ma/maf;
```

```
// Temperatura de sortida
```

```
mt=ma+mf;
```

```
i=1;
```

```
T6sup=600;
```

```
while (fabs(T6sup-T6)>delta){
```

```
    if (i!=0){
```

```
        T6sup=T6;
```

```
    }
```

```
CpT6=1034.09-0.2849*T6sup+7.814E-4*pow(T6sup,2)-4.971E-  
7*pow(T6sup,3)+1.077E-10*pow(T6sup,4);
```

```
Cp=(CpT4+CpT6)/2;
```

```
T6=(mt*Cp*T4-Q)/(mt*Cp);
```

```
}
```

```
// Calcul de treballs i rendiments
```

```
Cp=(CpT1+CpT2)/2;
```

```
Wc=ma*Cp*(T2-T1)/1000;
```

```
Cp=(CpT3+CpT4)/2;
```

```
Wt=mt*Cp*(T3-T4)/1000;
```

```
Wtc=Wc/nmec;
```

```
Wnet=Wt-Wtc;
```

```
Cp=(CpT2+CpT5)/2;
```

```
QHx=ma*Cp*(T5-T2)/1000;
```

```
Cp=(CpT3+CpT5)/2;
```

```
Qcc=mt*Cp*(T3-T5)/1000;
```

```
rend=Wnet/Qcc*100;
```

```
Wesp=Wtc/Wt*100;
```

```
printf("\n\n La pressio 1 es %f bar i la temperatura 1 %f C",P1,T1);
```

```
printf("\n\n La pressio 2 es %f bar i la temperatura 2 %f C",P2,T2);
```

```
printf("\n\n La pressio 3 es %f bar i la temperatura 3 %f C",P3,T3);
```

```
printf("\n\n La pressio 4 es %f bar i la temperatura 4 %f C",P4,T4);
```

```
printf("\n\n La pressio 5 es %f bar i la temperatura 5 %f C",P5,T5);
```

```
printf("\n\n La pressio 6 es %f bar i la temperatura 6 %f C",P6,T6);
```

```
printf("\n\n ");
```

```
printf("\n\n El cabal masic d'aire sera de %f kg/s",ma);
printf("\n\n El cabal massic de fuel sera de %f kg/s",mf);
printf("\n\n ");
printf("\n\n El treball del compressor sera de %f kW",Wc);
printf("\n\n El treball de la turbina sera de %f kW",Wt);
printf("\n\n El treball perdut mecanicament entre turbina i compressor es de %f
kW",Wtc-Wc);
printf("\n\n El calor aprofitat per l'intercanviador sera de %f kW",QHx);
printf("\n\n El calor aportat per la cambra de combustio sera de %f kW",Qcc);
printf("\n\n ");
printf("\n\n El rendiment del sistema sera del %f %",rend);
printf("\n\n El treball de la turbina utilitzat per moure el compressor sera de %f
%",Wesp);

getch();
}
```

#### 1.6.2. Temperatura de llama

```
// DETERMINAR LA TEMPERATURA DE LA CAMBRA DE COMBUSTIO A PARTIR
DEL CABAL DE FUEL I AIRE
```

```
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <iostream.h>
```

```
using namespace std;

int main()
{
    // DECLARACI3N DE VARIABLES

    float a,b,Tfin,Tain,Tcc,Tccs,ma,ncc,Tref;

    float hffuel,hfO2,hfN2,hfCO2,hfH2O;

    float
    Cpfuel,CpO2r,CpO2p,CpN2r,CpN2p,CpCO2,CpH2O,Ep,PCI,landa,mfth,Wf,mf,mf;

    float delta,R,a1,a2,a3,a4,a5,b1,b2,b3,b4,b5,fr;

    int i;

    // ENTRADA DE DADES

    printf("Indica la quantitat de carbonis que te un mol del combustible"); scanf("%f",&a);
    printf("Indica la quantitat d'hidrogens que te un mol del combustible"); scanf("%f",&b);
    printf("Indica quin es la temperatura d'entrada de l'aire [C]"); scanf("%f",&Tain);
    Tain=Tain+273.15;
    printf("Indica quin es la temperatura d'entrada del fuel [C]"); scanf("%f",&Tfin);
    Tfin=Tfin+273.15;
    printf("Indica quin es el cabal massic de fuel [kg/s]"); scanf("%f",&mf);
    printf("Indica quin es el cabal massic d'aire [kg/s]"); scanf("%f",&ma);
    printf("Indica quin es el rendiment de la cambra de combustio [tant per cent ]");
    scanf("%f",&ncc);
    ncc=ncc/100;
    printf("Indica quin es l'entalpia de formacio del fuel [J/mol]"); scanf("%f",&hffuel);
    printf("Indica quin es el pes molecular del fuel"); scanf("%f",&Wf);
```

```
printf("Indica quin es el percentatge de les perdues"); scanf("%f",&Ep);  
printf("Indica quin es l'error admes:"); scanf("%f",&delta);  
printf("Indica amb quina Tcc es vol començar a iterar[C]"); scanf("%f",&Tccs);  
Tccs=Tccs+273;
```

```
// CONSTANTS
```

```
hfO2=0;  
hfN2=0;  
hfCO2=-393520;  
hfH2O=-241820;  
Tref=298.15;  
R=8.31447;  
fr=0;
```

```
// COS DEL PROGRAMA
```

```
mafth=ncc*ma/mf;  
landa=mafth/((a+0.25*b)*4.76*28.9/Wf);
```

```
printf("\n\n L'exces d'aire sera de %f",landa);
```

```
a1=3.781622E1; a2=6.805931E-1; a3=5.523943E-5; a4=-3.8006853E-7;  
a5=1.407499E-10;
```

```
Cpfuel=(a1*(Tfin-Tref)+a2/2*(pow(Tfin,2)-pow(Tref,2))+a3/3*(pow(Tfin,3)-  
pow(Tref,3))+a4/4*(pow(Tfin,4)-pow(Tref,4))+a5/5*(pow(Tfin,5)-pow(Tref,5)))/(Tfin-  
Tref);
```

a1=0.378245636E1; a2=-0.299673416E-2; a3=0.984730201E-5; a4=-0.968129509E-8; a5=0.324372837E-11;

CpO2r=(a1\*R\*(Tain-Tref)+a2\*R/2\*(pow(Tain,2)-pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(Tain,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(Tain,4)-pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(Tain,5)-pow(Tref,5)))/(Tain-Tref);

a1=0.3298677E1; a2=0.14082404E-2; a3=-0.3963222E-5; a4=0.5641515E-8; a5=-0.2444854E-11;

CpN2r=(a1\*R\*(Tain-Tref)+a2\*R/2\*(pow(Tain,2)-pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(Tain,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(Tain,4)-pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(Tain,5)-pow(Tref,5)))/(Tain-Tref);

i=1;

Tcc=998;

while (fabs(Tcc-Tccs)>delta) {

if (i!=1){

Tccs=Tcc+fr\*(Tccs-Tcc);

}

a1=0.235677352E1; a2=0.898459677E-2; a3=-0.712356269E-5; a4=0.245919022E-8; a5=-0.143699548E-12;

b1=0.385746029E1; b2=0.441437026E-2; b3=-0.221481404E-5; b4=0.523490188E-9; b5=-0.472084164E-13;

if (Tccs>=1000){

CpCO2=(a1\*R\*(1000-Tref)+a2\*R/2\*(pow(1000,2)-pow(Tref,2))+a3\*R/3\*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4\*R/4\*(pow(1000,4)-pow(Tref,4))+a5\*R/5\*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1\*R\*(Tccs-1000)+b2\*R/2\*(pow(Tccs,2)-pow(1000,2))+b3\*R/3\*(pow(Tccs,3)-pow(1000,3))+b4\*R/4\*(pow(Tccs,4)-pow(1000,4))+b5\*R/5\*(pow(Tccs,5)-pow(1000,5)))/(Tccs-Tref);

```
}  
if (Tccs<1000) {  
    CpCO2=(a1*R*(Tccs-Tref)+a2*R/2*(pow(Tccs,2)-  
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tccs,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tccs,4)-  
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tccs,5)-pow(Tref,5)))/(Tccs-Tref);  
}  
  
a1=0.419864056E1; a2=-0.20364341E-2; a3=0.652040211E-5; a4=-  
0.548797062E-8; a5=0.177197817E-11;  
  
b1=0.303399249E1; b2=0.217691804E-2; b3=-0.164072518E-6; b4=-  
0.97041987E-10; b5=0.168200992E-13;
```

```
if (Tccs>=1000){  
    CpH2O=(a1*R*(1000-Tref)+a2*R/2*(pow(1000,2)-  
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(1000,4)-  
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1*R*(Tccs-  
1000)+b2*R/2*(pow(Tccs,2)-pow(1000,2))+b3*R/3*(pow(Tccs,3)-  
pow(1000,3))+b4*R/4*(pow(Tccs,4)-pow(1000,4))+b5*R/5*(pow(Tccs,5)-  
pow(1000,5)))/(Tccs-Tref);  
}
```

```
if (Tccs<1000){  
    CpH2O=(a1*R*(Tccs-Tref)+a2*R/2*(pow(Tccs,2)-  
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tccs,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tccs,4)-  
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tccs,5)-pow(Tref,5)))/(Tccs-Tref);  
}
```

```
a1=0.3298677E1; a2=0.14082404E-2; a3=-0.3963222E-5; a4=0.5641515E-8;  
a5=-0.2444854E-11;  
  
b1=0.292664E1; b2=0.14879768E-2; b3=-0.568476E-6; b4=0.10097038E-9; b5=-  
0.6753351E-14;
```

```
if (Tccs>=1000){  
    CpN2p=(a1*R*(1000-Tref)+a2*R/2*(pow(1000,2)-  
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(1000,4)-  
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1*R*(Tccs-  
1000)+b2*R/2*(pow(Tccs,2)-pow(1000,2))+b3*R/3*(pow(Tccs,3)-  
pow(1000,3))+b4*R/4*(pow(Tccs,4)-pow(1000,4))+b5*R/5*(pow(Tccs,5)-  
pow(1000,5)))/(Tccs-Tref);
```



```

}

if (Tccs<1000){

    CpN2p=(a1*R*(Tccs-Tref)+a2*R/2*(pow(Tccs,2)-
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tccs,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tccs,4)-
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tccs,5)-pow(Tref,5)))/(Tccs-Tref);

}

a1=0.3782456360E1; a2=-0.299673416E-2; a3=0.984730201E-5; a4=-
0.968129509E-8; a5=0.324372837E-11;

b1=0.328253784E1; b2=0.148308754E-2; b3=-0.757966669E-6;
b4=0.209470555E-9; b5=-0.216717794E-13;

if (Tccs>=1000){

    CpO2p=(a1*R*(1000-Tref)+a2*R/2*(pow(1000,2)-
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(1000,4)-
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1*R*(Tccs-
1000)+b2*R/2*(pow(Tccs,2)-pow(1000,2))+b3*R/3*(pow(Tccs,3)-
pow(1000,3))+b4*R/4*(pow(Tccs,4)-pow(1000,4))+b5*R/5*(pow(Tccs,5)-
pow(1000,5)))/(Tccs-Tref);

}

if (Tccs<1000){

    CpO2p=(a1*R*(Tccs-Tref)+a2*R/2*(pow(Tccs,2)-
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tccs,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tccs,4)-
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tccs,5)-pow(Tref,5)))/(Tccs-Tref);

}

```

PCI=fabs(a\*hfCO2+b/2\*hfH2O-hffuel);

$$Tcc = ((hffuel + Cp_{fuel} * (T_{fin} - T_{ref})) + (\lambda_{da} * (a + 0.25 * b) * (hf_{O2} + Cp_{O2r} * (T_{ain} - T_{ref}))) + (\lambda_{da} * (a + 0.25 * b) * 3.76 * (hf_{N2} + Cp_{N2r} * (T_{ain} - T_{ref}))) + (a * (-hf_{CO2} + Cp_{CO2} * T_{ref})) + (0.5 * b * (-hf_{H2O} + Cp_{H2O} * T_{ref})) + (\lambda_{da} * (a + 0.25 * b) * 3.76 * (-hf_{N2} + Cp_{N2p} * T_{ref})) + ((\lambda_{da} - 1) * (a + 0.25 * b) * (-hf_{O2} + Cp_{O2p} * T_{ref})) + (PCI * E_p)) / (a * Cp_{CO2} + (0.5 * b * Cp_{H2O}) + (\lambda_{da} * (a + 0.25 * b) * 3.76 * Cp_{N2p}) + ((\lambda_{da} - 1) * (a + 0.25 * b) * Cp_{O2p}));$$

```
printf("\n\n La temperaturas de la cambra de combustio a la iteracio %d es de %f  
K",i,Tcc);
```

```
    i++;
```

```
    }
```

```
getch();
```

```
}
```

### 1.6.3. Cantidad de Fuel

```
// DETERMINAR EL CABAL DE FUEL NECESSARI PER OBTENIR UNA  
DETERMINADA TEMPERATURA DE COMBUSTIO
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <conio.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <iostream.h>
```

```
using namespace std;
```

```
int main()
```

```
{
```

```
    // DECLARACIÓ DE VARIABLES
```

```
float a,b,Tfin,Tain,Tcc,ma,ncc,Tref;
```

```
float hffuel,hfO2,hfN2,hfCO2,hfH2O;
```

```
float hfuel,hO2r,hO2p,hN2r,hN2p,hCO2,hH2O,Ep,PCI,landa,mafth,Wf,maf,mf;
```

```
float R,a1,a2,a3,a4,a5,b1,b2,b3,b4,b5;
```

```
// ENTRADA DE DADES
```

```
printf("Indica la quantitat de carbonis que te un mol del combustible"); scanf("%f",&a);
```

```
printf("Indica la quantitat d'hidrogens que te un mol del combustible"); scanf("%f",&b);
```

```
printf("Indica quina es la temperatura d'entrada de l'aire [C]"); scanf("%f",&Tain);
```

```
Tain=Tain+273.15;
```

```
printf("Indica quina es la temperatura d'entrada del fuel [C]"); scanf("%f",&Tfin);
```

```
Tfin=Tfin+273.15;
```

```
printf("Indica quina es la temperatura de la cambra de combustio [C]");
```

```
scanf("%f",&Tcc);
```

```
Tcc=Tcc+273;
```

```
printf("Indica quin es el cabal massic d'aire [kg/s]"); scanf("%f",&ma);
```

```
printf("Indica quin es el rendiment de la cambra de combustio [tant per cent ]");
```

```
scanf("%f",&ncc);
```

```
ncc=ncc/100;
```

```
printf("Indica quina es l'entalpia de formacio del fuel [J/mol]"); scanf("%f",&hffuel);
```

```
printf("Indica quin es el pes molecular del fuel"); scanf("%f",&Wf);
```

```
printf("Indica quin es el percentatge de les perdues"); scanf("%f",&Ep);
```

```
// CONSTANTS
```

```
hfO2=0;
```

```
hfN2=0;
```

```
hfCO2=-393520;
```

```
hfH2O=-241820;
```

```
Tref=298.15;
```

```
R=8.31447;
```

```
// COS DEL PROGRAMA
```

```
//Fuel
```

```
a1=99.463; a2=0.166; a3=0.0015; a4=-2E-6; a5=7E-10;
```

```
hfuel=hfuel+(a1*(Tfin-Tref)+a2/2*(pow(Tfin,2)-pow(Tref,2))+a3/3*(pow(Tfin,3)-  
pow(Tref,3))+a4/4*(pow(Tfin,4)-pow(Tref,4))+a5/5*(pow(Tfin,5)-pow(Tref,5)));
```

```
//Oxigen reactiu
```

```
a1=0.378245636E1; a2=-0.299673416E-2; a3=0.984730201E-5; a4=-0.968129509E-  
8; a5=0.324372837E-11;
```

```
hO2r=hfO2+a1*R*(Tain-Tref)+a2*R/2*(pow(Tain,2)-pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tain,3)-  
pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tain,4)-pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tain,5)-pow(Tref,5));
```

```
//Nitrogen reactiu
```

```
a1=0.3298677E1; a2=0.14082404E-2; a3=-0.3963222E-5; a4=0.5641515E-8; a5=-  
0.2444854E-11;
```

```
hN2r=hfN2+a1*R*(Tain-Tref)+a2*R/2*(pow(Tain,2)-pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tain,3)-  
pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tain,4)-pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tain,5)-pow(Tref,5));
```

```
//Dioxid carboni
```

```
a1=0.235677352E1; a2=0.898459677E-2; a3=-0.712356269E-5; a4=0.245919022E-8;  
a5=-0.143699548E-12;
```

```
b1=0.385746029E1; b2=0.441437026E-2; b3=-0.221481404E-5; b4=0.523490188E-9;  
b5=-0.472084164E-13;
```

```
if (Tcc>=1000){
```

```
hCO2=hfCO2+a1*R*(1000-Tref)+a2*R/2*(pow(1000,2)-  
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(1000,4)-  
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1*R*(Tcc-  
1000)+b2*R/2*(pow(Tcc,2)-pow(1000,2))+b3*R/3*(pow(Tcc,3)-  
pow(1000,3))+b4*R/4*(pow(Tcc,4)-pow(1000,4))+b5*R/5*(pow(Tcc,5)-pow(1000,5));
```

```
}
```

```
if (Tcc<1000) {
```

```

hCO2=hfCO2+a1*R*(Tcc-Tref)+a2*R/2*(pow(Tcc,2)-
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tcc,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tcc,4)-
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tcc,5)-pow(Tref,5));

}

//Aigua

a1=0.419864056E1; a2=-0.20364341E-2; a3=0.652040211E-5; a4=-0.548797062E-8;
a5=0.177197817E-11;

b1=0.303399249E1; b2=0.217691804E-2; b3=-0.164072518E-6; b4=-0.97041987E-
10; b5=0.168200992E-13;

if (Tcc>=1000){

hH2O=hfH2O+a1*R*(1000-Tref)+a2*R/2*(pow(1000,2)-
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(1000,4)-
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1*R*(Tcc-
1000)+b2*R/2*(pow(Tcc,2)-pow(1000,2))+b3*R/3*(pow(Tcc,3)-
pow(1000,3))+b4*R/4*(pow(Tcc,4)-pow(1000,4))+b5*R/5*(pow(Tcc,5)-pow(1000,5));

}

if (Tcc<1000){

hH2O=hfH2O+a1*R*(Tcc-Tref)+a2*R/2*(pow(Tcc,2)-
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tcc,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tcc,4)-
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tcc,5)-pow(Tref,5));

}

//Nitrogen producte

a1=0.3298677E1; a2=0.14082404E-2; a3=-0.3963222E-5; a4=0.5641515E-8; a5=-
0.2444854E-11;

b1=0.292664E1; b2=0.14879768E-2; b3=-0.568476E-6; b4=0.10097038E-9; b5=-
0.6753351E-14;

if (Tcc>=1000){

hN2p=hfN2+a1*R*(1000-Tref)+a2*R/2*(pow(1000,2)-
pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(1000,4)-
pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1*R*(Tcc-
1000)+b2*R/2*(pow(Tcc,2)-pow(1000,2))+b3*R/3*(pow(Tcc,3)-
pow(1000,3))+b4*R/4*(pow(Tcc,4)-pow(1000,4))+b5*R/5*(pow(Tcc,5)-pow(1000,5));

}

```

```
if (Tcc<1000){  
  
    hN2p=hfN2+a1*R*(Tcc-Tref)+a2*R/2*(pow(Tcc,2)-pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tcc,3)-  
    pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tcc,4)-pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tcc,5)-pow(Tref,5));  
  
    }  
  
    //Oxigen producte  
  
    a1=0.3782456360E1; a2=-0.299673416E-2; a3=0.984730201E-5; a4=-0.968129509E-  
    8; a5=0.324372837E-11;  
  
    b1=0.328253784E1; b2=0.148308754E-2; b3=-0.757966669E-6; b4=0.209470555E-9;  
    b5=-0.216717794E-13;  
  
    if (Tcc>=1000){  
  
        hO2p=hfO2+a1*R*(1000-Tref)+a2*R/2*(pow(1000,2)-  
        pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(1000,3)-pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(1000,4)-  
        pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(1000,5)-pow(Tref,5))+b1*R*(Tcc-  
        1000)+b2*R/2*(pow(Tcc,2)-pow(1000,2))+b3*R/3*(pow(Tcc,3)-  
        pow(1000,3))+b4*R/4*(pow(Tcc,4)-pow(1000,4))+b5*R/5*(pow(Tcc,5)-pow(1000,5));  
  
        }  
  
    if (Tcc<1000){  
  
        hO2p=hfO2+a1*R*(Tcc-Tref)+a2*R/2*(pow(Tcc,2)-pow(Tref,2))+a3*R/3*(pow(Tcc,3)-  
        pow(Tref,3))+a4*R/4*(pow(Tcc,4)-pow(Tref,4))+a5*R/5*(pow(Tcc,5)-pow(Tref,5));  
  
        }  
  
    PCI=fabs(a*hfCO2+b/2*hfH2O-hffuel);  
  
    landa=(a*hfCO2+0.5*b*hfH2O-(a+0.25*b)*hO2p-hffuel+Ep*PCI)/(-  
    (a+0.25*b)*3.76*hfN2p-(a+0.25*b)*hO2p+(a+0.25*b)*hO2r+(a+0.25*b)*3.76*hfN2r);  
  
    mafth=landa*(a+0.25*b)*4.76*28.9/Wf;  
  
    maf=mafth/ncc;  
  
    mf=ma/maf;
```

```
// IMPRESSIO DE RESULTATS
```

```
printf("\n\n L'exces d'aire sera de %f",landa);
```

```
printf("\n\n El cabal massic de fuel sera de %f kg/s",mf);
```

```
getch();
```

```
}
```

#### 1.6.4. Sección de recuperador

```
// CALCUL DE LA SECCIO DEL REGENERADOR
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <conio.h>
```

```
#include <string.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <iostream.h>
```

```
using namespace std;
```

```
int main()
```

```
{
```

```
// DECLARACIÓ DE VARIABLES
```

```
float
```

```
ehx,T5,T2,T4,T6,z,mg,mc,ma,mf,Cpg,Cpc,NTU,U,A,Cp2,Cp5,Cp4,Cp6,ehxs,delta;
```

```
int i;
```

```
// ENTRADA DE DADES
```

```
printf("Indica quina es la temperatura a l'entrada del regenerador, costat aire (k):");  
scanf("%f",&T2);
```

```
T2=T2;
```

```
printf("Indica quina es la temperatura de la sortida del regenerador, costat aire (k):");  
scanf("%f",&T5);
```

```
T5=T5;
```

```
printf("Indica quina es la temperatura a l'entrada del regenerador, costat gasos (k):");  
scanf("%f",&T4);
```

```
T4=T4;
```

```
printf("Indica quina es la temperatura a la sortida del regenerador, costat gasos (k):");  
scanf("%f",&T6);
```

```
T6=T6;
```

```
printf("Indica quin es el cabal d'aire (kg/s):"); scanf("%f",&ma);
```

```
printf("Indica quin es el cabal de fuel (kg/s):"); scanf("%f",&mf);
```

```
printf("Indica quin es el coeficient de transferencia de calor del intercanviador (W/m2  
K):"); scanf("%f",&U);
```

```
delta=0.2;
```

```
mc=ma;
```

```
mg=mf+ma;
```

```
Cp2=1034.09-0.2849*T2+7.814E-4*pow(T2,2)-4.971E-7*pow(T2,3)+1.077E-  
10*pow(T2,4);
```

```
Cp5=1034.09-0.2849*T5+7.814E-4*pow(T5,2)-4.971E-7*pow(T5,3)+1.077E-  
10*pow(T5,4);
```

```
Cp4=1034.09-0.2849*T4+7.814E-4*pow(T4,2)-4.971E-7*pow(T4,3)+1.077E-  
10*pow(T4,4);
```



```
Cp6=1034.09-0.2849*T6+7.814E-4*pow(T6,2)-4.971E-7*pow(T6,3)+1.077E-10*pow(T6,4);
```

```
Cpc=(Cp2+Cp5)/2;
```

```
Cpg=(Cp4+Cp6)/2;
```

```
ehx=(T5-T2)/(T4-T2);
```

```
if ((mg*Cpg)>(mc*Cpc)){  
    z=(mc*Cpc)/(mg*Cpg);  
}
```

```
if ((mc*Cpc)>(mg*Cpg)){  
    z=(mg*Cpg)/(mc*Cpc);  
}
```

```
NTU=3;
```

```
i=1;
```

```
while (fabs(ehxs-ehx)>delta) {
```

```
if (i!=1){
```

```
if (ehxs>ehx){
```

```
    NTU=NTU-0.05;
```

```
}
```

```
if (ehxs<ehx) {
```

```
    NTU=NTU+0.05;
```

```
}
```

```
}
```

```
ehxs=1-pow(2.7182818281,((pow(2.7182818281,-pow(NTU,0.78)*z)-1)*(pow(NTU,0.22)/z)));
```

```
}  
  
if ((mg*Cpg)>(mc*Cpc)){  
    A=NTU*(mg*Cpg)/U;  
}  
if ((mc*Cpc)>(mg*Cpg)){  
    A=NTU*(mc*Cpc)/U;  
}  
printf("\n\n La superficie de l'intercanviador de calor sera de %f m2",A);  
getch();  
}
```