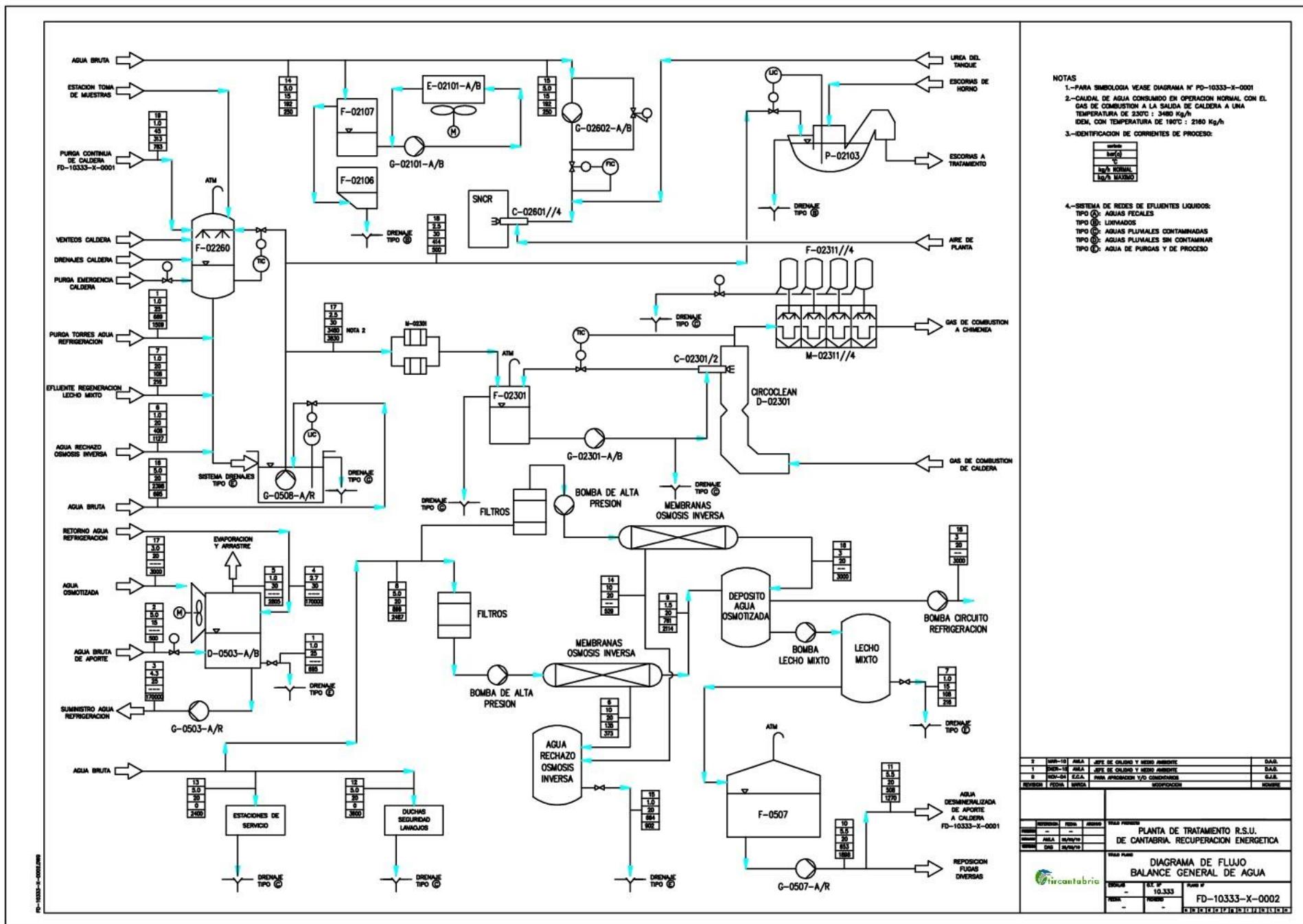
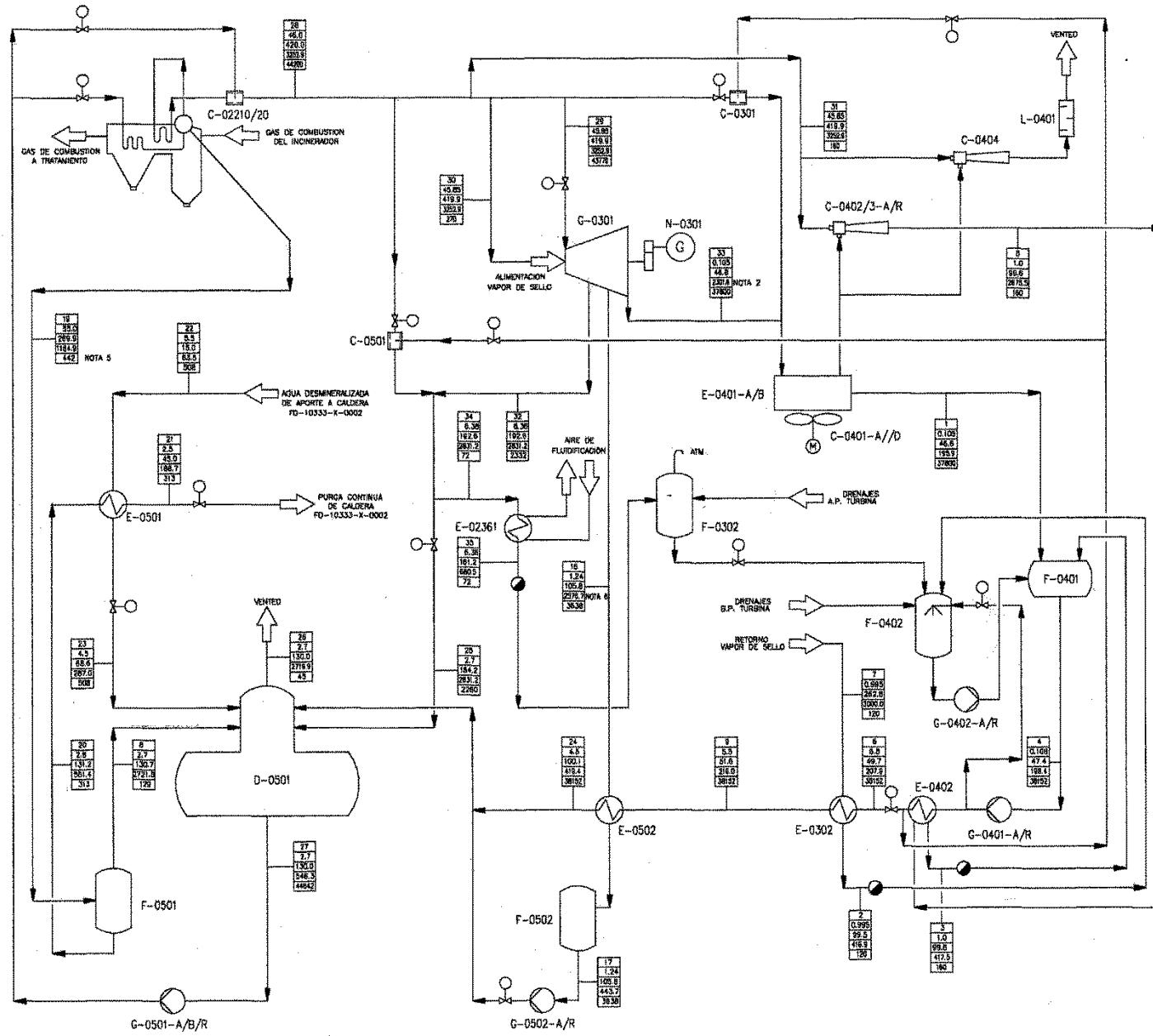


ANEXO I





NOTAS

1.-PARA SIMBOLOGIA VEESE DIAGRAMA N° PD-10333-X-0001

2.-TITULO DEL VAPOR 88.1% (CONTENIDO EN FASE VAPOR)

3.-ANULADA

4.-IDENTIFICACION DE CORRIENTES DE PROCESO:

REF ID:	PD-10333-X-0001
REF ID:	PD-10333-X-0002
REF ID:	PD-10333-X-0003
REF ID:	PD-10333-X-0004

5.-PURGA DE CALDERA EN CONTINUO ESPERABLE IGUAL AL 1.0% DEL CAUDAL DE VAPOR GENERADO

6.-TITULO DEL VAPOR 95.2% (CONTENIDO EN FASE VAPOR)

Gobierno de Operación			Región de Reducción de Contaminación y Reducción del Tercer Ciclo	
E	100-04	A.P.R.	REDONDEAR PELLE	0.00%
I	100-03	A.P.R.	REDONDEAR	0.00%
G	100-03	A.P.R.	PARA REDONDEAR A 100%	0.00%
C	100-02	A.P.R.	REDONDEAR GENERAL	0.00%
B	100-02	A.P.R.	REDONDEAR GENERAL	0.00%
A	100-02	A.P.R.	PARA APPROXIMACION Y/O CONDENSADORES	0.00%
REVISIÓN FECHA Y MARCA				
Gobierno de Operación Categoría de Estado Ambiental y Reducción del Tercer Ciclo				
INTECSA URBANERGIA				
PLANTA DE TRATAMIENTO R.S.U. DE CANTABRIA, RECUPERACIÓN ENERGÉTICA				
SUBCONTRATISTA				
DIAGRAMA DE FLUJO BALANCE DE VAPOR Y CONDENSADO				
ESCALA	1:100	FECHA	10.333	VER. 1
POBL.	NOV-00	POBL.	-	FD-10333-X-0001

ANEXO II

ANÁLISIS AGUAS DE LA INSTALACIÓN

Tabla 6. Resultados análisis de las aguas empleadas en las instalaciones

	AGUA BRUTA	AGUA DESMINERALIZADA	UNIDADES
pH	8,29	7 ± 0,5	
Conductividad	941	1,1	µS/cm
Dureza total	<75	<60	ppm CaCO ₃
Turbidez	1		NTU
Ca ⁺²	6,8		mg/l Ca
Mg ⁺²	9,6		mg/l Mg
SO ₄ ⁻²	85		mg/l
SiO ₂	6,3	0,1	mg/l
NH ₄ ⁻	0,01		mg/l
Fe	<0,1		mg/l
Cu	<0,05		mg/l
Salinidad total	489		mg/l

ANÁLISIS AGUAS DE PURGA DE CALDERA

Tabla 7. Resultados análisis de aguas realizado por la empresa NALCO

	A.OSMO + A.BRUTA + A.PURGA	A. PURGA + A. TORRE REFRIG.	ESPECIFICACIONES TORRES REFRIGERACIÓN	UNIDADES
pH	8,26	8,8	-	
Turbidez	<0,7	6,92	-	NTU
Alcalinidad m	0	34,1	-	ppm CaCO ₃
Alcalinidad p	100	229	-	ppm CaCO ₃
Conductividad	244	845	<1000	µS/cm
Dureza cárquica	13	35	-	ppm CaCO ₃
Dureza total	26	79	<250	ppm CaCO ₃
Hierro	0,04	0,02	-	ppm Fe
Fosfatos	2,9	7,7	-	ppm PO ₄

ANEXO III

DISMINUCIÓN CONSUMO DE AGUA

1. CAUDAL MEDIO DE AGUA DE PURGA DE CALDERA

Para obtener el caudal medio (m^3/h) del agua de purga se escogen cuatro días del mes de Julio de 2015.

Tabla 8. Caudales agua de purga mes de Julio de 2015

6 - 7 - 15	13 - 7 - 15	20 - 7 - 15	27 - 7 - 15
0,253	0,007	0,195	0,237
0,263	0,238	0,229	0,296
0,276	0,233	0,238	0,267
0,261	0,223	0,227	0,277
0,274	0,240	0,216	0,293
0,272	0,232	0,229	0,273
0,270	0,232	0,228	0,285
0,255	0,229	0,225	0,297
0,268	0,224	0,227	0,295
0,278	0,231	0,228	0,294
0,266	0,226	0,228	0,279
0,271	0,237	0,229	0,290
0,268	0,237	0,224	0,300
0,272	0,232	0,233	0,293
0,273	0,231	0,227	0,286
0,274	0,225	0,230	0,292
0,277	0,237	0,238	0,305
0,272	0,238	0,229	0,293
0,268	0,236	0,221	0,289
0,275	0,226	0,233	0,292
0,278	0,236	0,233	0,298
0,269	0,236	0,227	0,289
0,281	0,221	0,239	0,286
0,262	0,230	0,233	0,294
MEDIA	0,269	0,222	0,227
			M. TOTAL 0,251 m³/h

2. CONSUMO MEDIO TORRES DE REFRIGERACIÓN AÑO 2014

Tabla 9. Consumo medio de agua osmotizada durante el año 2014 en las torres de refrigeración y consumo medio incluyendo el nuevo aporte

	CONSUMO (m ³ /h)	CONSUMO CON APORTE (m ³ /h)
ENERO	0,58	0,28
FEBRERO	-	-
MARZO	0,75	0,45
ABRIL	0,71	0,41
MAYO	0,88	0,58
JUNIO	1,04	0,74
JULIO	1,25	0,95
AGOSTO	1,29	0,99
SEPTIEMBRE	1,21	0,91
OCTUBRE	1,00	0,70
NOVIEMBRE	0,75	0,45
DICIEMBRE	0,58	0,28
MEDIA	0,91 m³/h	0,61 m³/h

3. DISMINUCIÓN DE AGUA OSMOTIZADA CON LA INCORPORACIÓN DE LA NUEVA LÍNEA

$$0,3 \frac{m^3}{h} * 8000 \frac{horas}{año} = 2.400 \frac{m^3}{año} \text{ agua osmotizada}$$

4. DISMINUCIÓN DE AGUA BRUTA

Tabla 10. Producción agua osmotizada para 910 L/h y 610 L/h

	ÓSMOSIS INVERSA: PRODUCCIÓN 910 L/h	ÓSMOSIS INVERSA: PRODUCCIÓN 610 L/h
Rendimiento planta ósmosis inversa	65%	65%
Agua bruta de entrada	1400 L/h	938,46 L/h
Agua osmotizada producida	910 L/h	610 L/h
Agua de rechazo	490 L/h	328,46 L/h

$$\text{Ahorro agua bruta total} = (1400 - 938,46) \frac{L}{h} * 8000 \frac{h}{año} * \frac{1 m^3}{1000 L} = 3.692,32 m^3$$

DISMINUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO

1. CALEFACTOR

$$Q = m * Cp * \Delta T$$

$$Q = 24420 \text{ Kg} * 3,44 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg} * \text{K}} * (295,15 - 289,15) \text{K} = 504028,8 \text{ KJ}$$

$$504028,8 \text{ KJ} * \frac{1 \text{ kWh}}{3600 \text{ KJ}} = 140 \text{ kWh}$$

$$140 \text{ kWh} * 35 \text{ camiones} = \mathbf{4900,28 \text{ kWh}}$$

2. PLANTA DE AGUA OSMOTIZADA

Los datos anuales del año 2014 de la planta de agua osmotizada muestran:

- Producción: 9.990 m³
- Horas funcionamiento: 2925,65 horas

Tras la incorporación de la nueva línea al Circuito de Refrigeración:

$$9.990 - 2.400 = \text{Ahorro} = 7.590 \text{ m}^3 \text{ agua osmotizada}$$

La estimación se realiza de la siguiente manera:

$$\frac{2925,65 \text{ horas}}{9.990 \text{ m}^3} = 0,293 \text{ horas para } 1 \text{ m}^3 \text{ de agua osmotizada}$$

Para la nueva producción:

$$\frac{0,293 \text{ horas}}{\text{m}^3} * 7.590 \text{ m}^3 = 2222,79 \text{ horas}$$

Con la potencia total de la planta de agua osmotizada se calcula el ahorro energético:

$$(2925,65 \text{ horas} - 2222,79 \text{ horas}) * 8 \text{ kW} = \mathbf{5622,88 \text{ kWh}}$$

En total, el ahorro energético anual de la instalación:

$$4900,3 + 5622,88 = \mathbf{10.523,18 \text{ kWh}}$$

Ahorro económico asociado a la disminución del consumo de energía eléctrica:

$$10.523,18 \text{ kWh} * 0,092 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \mathbf{968,13 \text{ €}}$$

DISMINUCIÓN EMISIONES CO₂ ASOCIADAS

$$0,521 \frac{Kg\ CO_2}{KWh\ e.f.} * Energía\ total\ KWh = Kg\ CO_2\ finales$$

$$0,521 \frac{Kg\ CO_2}{KWh\ e.f.} * 10.523,18\ KWh = 5482,56\ Kg\ CO_2$$

DISEÑO INTERCAMBIADORES DE CALOR

1. INTERCAMBIADOR PURGA – TANQUE DE UREA

Empleando la masa de agua procedente de la purga, la capacidad calorífica y la diferencia de temperaturas, es posible calcular el calor intercambiado en el sistema.

$$Q = mc * Cpc * \Delta T$$

$$Q = 289,47 \frac{Kg}{h} * 4,18 \frac{kJ}{Kg * K} * (388,15 - 350,95)K = 45253,42 \frac{KJ}{h}$$

$$45253,42 \frac{KJ}{h} * \frac{1\ KWh}{3600\ KJ} = 12,57\ KW$$

Se calcula la diferencia media de temperaturas logarítmica (LMTD).

$$LMTD = \frac{(T_{gsal} - T_{lent}) - (T_{gent} - T_{lsal})}{\ln \frac{(T_{gsal} - T_{lent})}{(T_{gent} - T_{lsal})}}$$

$$LMTD = \frac{(388,15 - 293,15) - (350,95 - 279,15)K}{\ln \frac{(388,15 - 293,15)K}{(350,95 - 279,15)K}} = 82,95\ K$$

La empresa ALFALAVAL aconseja un intercambiador de calor que trabaje en contracorriente y que conste de 5 placas, con una superficie de intercambio de calor de 0,20 m²

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor:

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{12,57\ KW}{0,20\ m^2 * 82,95\ K} = 0,75 \frac{KW}{m^2 K}$$

$$0,75 \frac{KW}{m^2 K} * \frac{1000\ W}{1\ KW} = 753 \frac{W}{m^2 K}$$

2. INTERCAMBIADOR PURGA – TANQUE AGUA DESMINERALIZADA

Empleando la masa de agua procedente de la purga, la capacidad calorífica y la diferencia de temperaturas, es posible calcular el calor intercambiado en el sistema.

$$Q = mc * Cpc * \Delta T$$

$$Q = 289,47 \frac{Kg}{h} * 4,18 \frac{kJ}{Kg * K} * (388,15 - 293,15)K = 115190,53 \frac{KJ}{h}$$

$$115190,53 \frac{KJ}{h} * \frac{1 KWh}{3600 KJ} = 32 KW$$

Se calcula la diferencia media de temperaturas logarítmica (LMTD).

$$LMTD = \frac{(T_{gsal} - T_{lent}) - (T_{gent} - T_{lsal})}{\ln \frac{(T_{gsal} - T_{lent})}{(T_{gent} - T_{lsal})}}$$

$$LMTD = \frac{(388,15 - 312,55) - (293,15 - 288,15)K}{\ln \frac{(388,15 - 312,55)K}{(293,15 - 288,15)K}} = 26,04 K$$

La empresa ALFALVAL aconseja un intercambiador de calor que trabaje en contracorriente y que conste de 22 placas, con una superficie de intercambio de calor de 0,89 m².

Para el cálculo del coeficiente de transferencia de calor:

$$Q = U * A * \Delta T$$

$$U = \frac{Q}{A * \Delta T} = \frac{32 KW}{0,89 m^2 * 26,04 K} = 1,38 \frac{KW}{m^2 K}$$

$$1,38 \frac{KW}{m^2 K} * \frac{1000 W}{1 KW} = 1387,55 \frac{W}{m^2 K}$$

DISEÑO DE TUBERÍA

1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO DEL TUBO

$$V = \frac{q}{S}$$

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{4 * q}{V * \pi} \right)^{1/2}$$

$$\text{Diámetro} = \left(\frac{4 * 0,3 \frac{m^3}{h} * \frac{1\ h}{3600\ seg}}{1 \frac{m}{seg} * \pi} \right)^{\frac{1}{2}} = 0,011\ m$$

2. CÁLCULO VELOCIDAD REAL EN TUBERÍA

$$V = \frac{q}{S}$$

$$\text{Velocidad} = \frac{4 * q}{\text{Diámetro real}^2 * \pi}$$

$$\text{Velocidad real} = \frac{4 * 0,3 \frac{m^3}{h} * \frac{1\ h}{3600\ seg}}{0,020\ m^2 * \pi} = 0,265\ m/seg$$

COMPROBACIÓN TIPO DE FLUJO: NÚMERO DE REYNOLDS

$$Re = \frac{\rho * V * D}{\mu}$$

$$Re = \frac{978,15 \frac{Kg}{m^3} * 0,265 \frac{m}{seg} * 0,02\ m}{0,000268 \frac{Kg}{m * seg}} = 19344 \rightarrow \text{Régimen turbulento}$$

PÉRDIDA DE CARGA

1. EXPRESIÓN DE DARCY – WEISBACH

$$J = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

El factor de fricción λ , se calcula a través del ábaco de Moody, el cual depende de:

- Número de Reynolds = 19344
 - Coeficiente de rugosidad de pared (acero) $K = 0.1 \text{ mm}$ [8]
 - Diámetro de la tubería $D = 20 \text{ mm}$
- $\left. \frac{K}{D} = 0.005 \right\}$

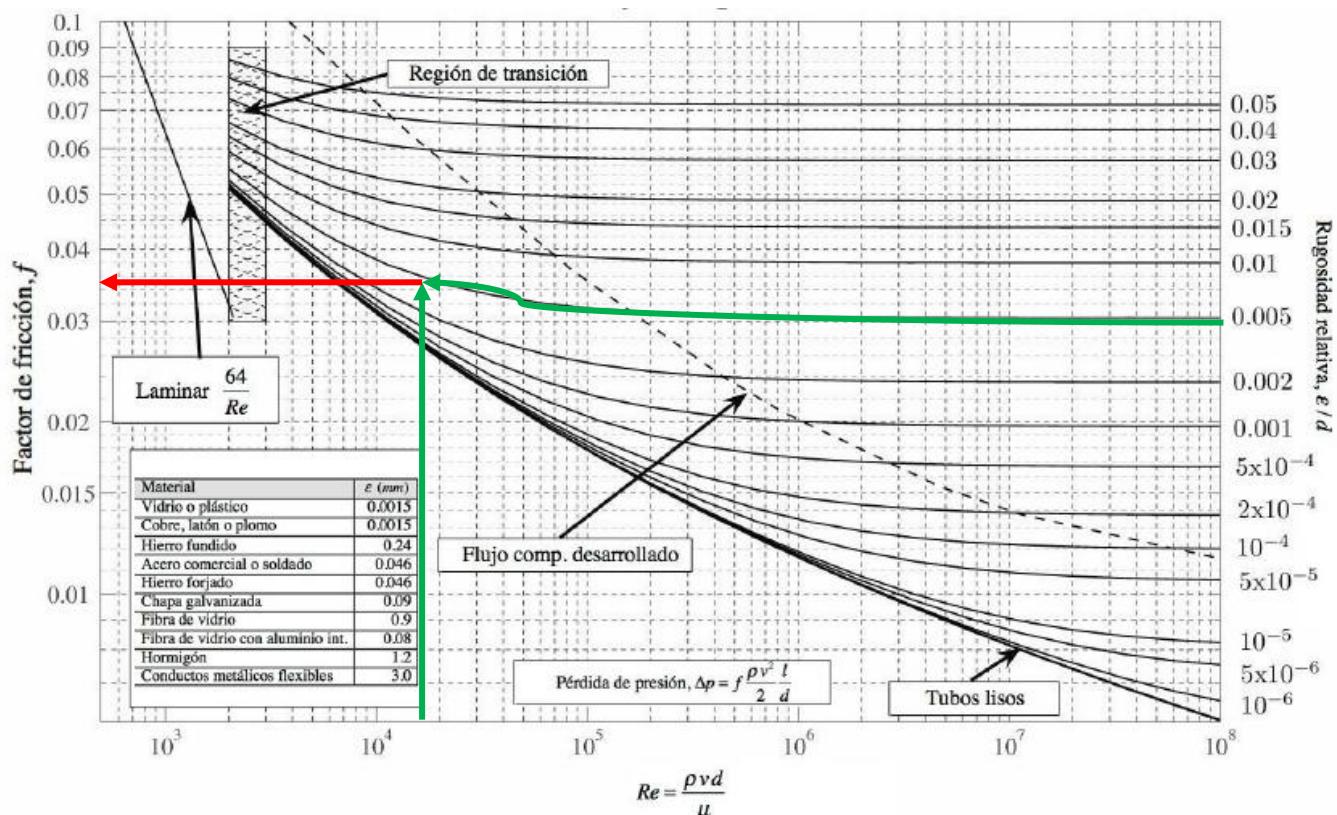


Figura 12. Diagrama de Moody para el cálculo del factor de fricción con solución

Por tanto, sustituyendo en la expresión final:

$$J = 0,035 * \frac{165 \text{ m}}{0,020 \text{ m}} * \frac{\left(0,265 \frac{\text{m}}{\text{seg}}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} = 1,036 \text{ m. c. a.}$$

2. PÉRDIDA DE CARGA EN VÁLVULAS Y ACCESORIOS

$$J = K * \frac{V^2}{2 * g}$$

Tabla 11. Factor de pérdidas en función del accesorio. [9] [10]

ACCESORIO	VARIACIONES DE K	K PROMEDIO
Válvulas de Globo	6	9,5
Válvula de Seguridad	3	3
Medidor de flujo	10	10
Válvula de bola	10	10
Codo de 45º	0,4	0,4
Codo de 60º	0,7	0,7
Codo de 90º	0,9	0,9

Para la nueva línea del circuito, se estiman 30 codos de 90º, 10 codos de 45º, 1 medidor de flujo, 5 válvulas de bola y una válvula de globo, la cual está ya instalada en la línea actual.

$$J = 30 * 0,9 * \frac{\left(0,265 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{seg^2}} = 0,097 \text{ m. c. a.}$$

$$J = 10 * 0,4 * \frac{\left(0,265 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{seg^2}} = 0,014 \text{ m. c. a.}$$

$$J = 1 * 10 * \frac{\left(0,265 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{seg^2}} = 0,036 \text{ m. c. a.}$$

$$J = 5 * 10 * \frac{\left(0,265 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{seg^2}} = 0,179 \text{ m. c. a.}$$

$$J = 1 * 7,75 * \frac{\left(0,265 \frac{m}{seg}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{m}{seg^2}} = 0,028 \text{ m. c. a.}$$

$$J = 0,097 + 0,014 + 0,036 + 0,179 + 0,028 = 0,353 \text{ m. c. a.}$$

3. PÉRDIDA DE CARGA POR ELEVACIÓN

$$\text{Cota final de línea} - \text{Cota inicial de línea} = \text{pérdida de carga por altura}$$

$$11,8 \text{ m} - 10,8 \text{ m} = 1 \text{ m. c. a.}$$

4. PÉRDIDA DE CARGA POR INTERCAMBIADORES DE CALOR

Tabla 12. Pérdida de carga intercambiadores de calor

Intercambiador urea – purga de caldera	0,115	bar
Intercambiador agua desmineralizada – purga de caldera	0,12	bar
TOTAL PÉRDIDA DE CARGA	0,235	bar

5. PÉRDIDA DE CARGA TOTAL

$$P.carga = Rozamiento + Válvulas \text{ y accesorios} + Elevación$$

$$P.carga = 1,036 + 0,353 + 1 = 2,39 \text{ m. c. a.}$$

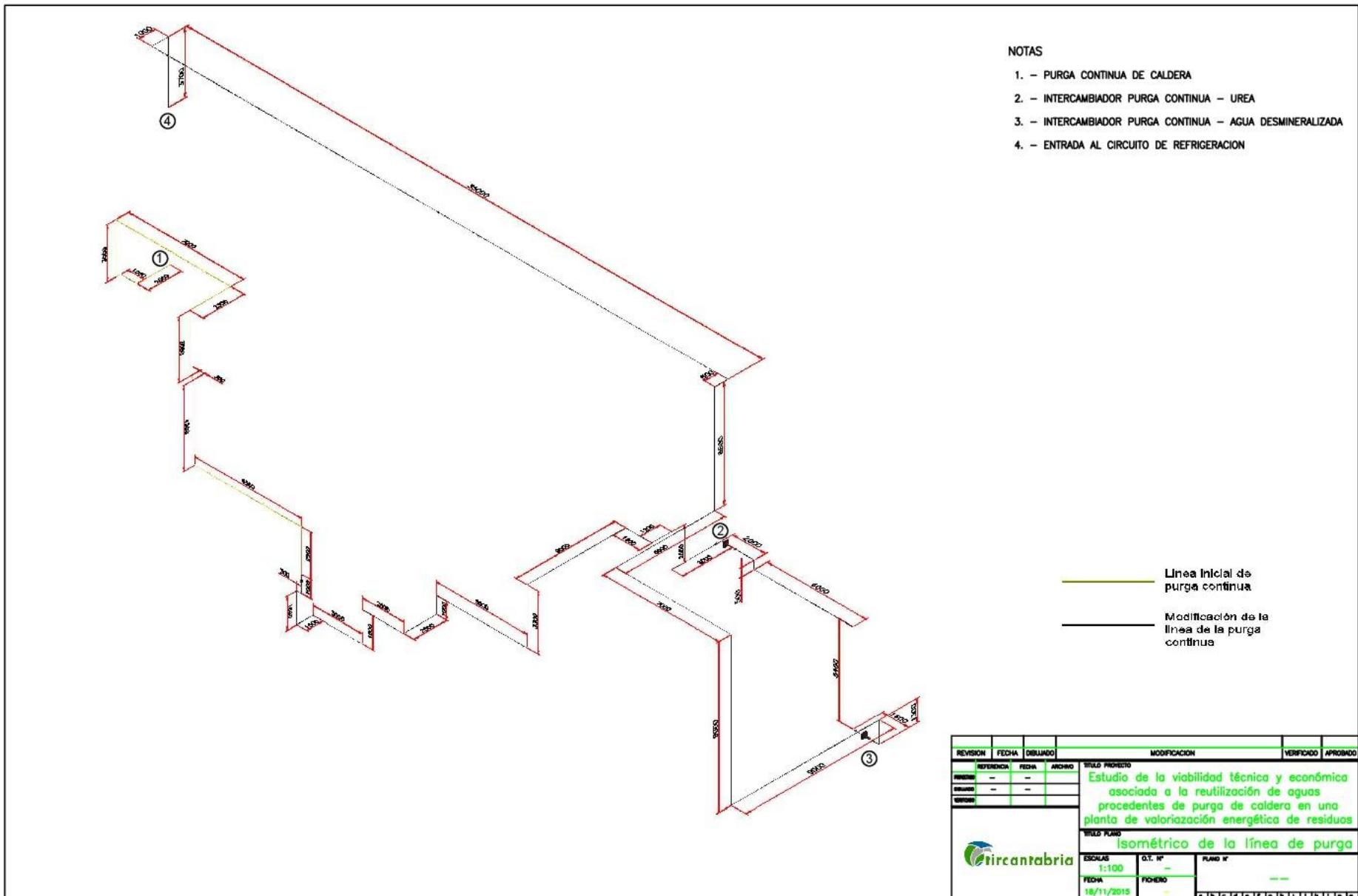
Expresándolo en bares y sumando las pérdidas por los intercambiadores de calor:

$$2,39 \text{ m. c. a.} * \frac{0,1 \text{ bar}}{1 \text{ m. c. a.}} = 0,24 \text{ bar}$$

$$0,24 \text{ bar} + 0,235 \text{ bar} = 0,475 \text{ bar}$$

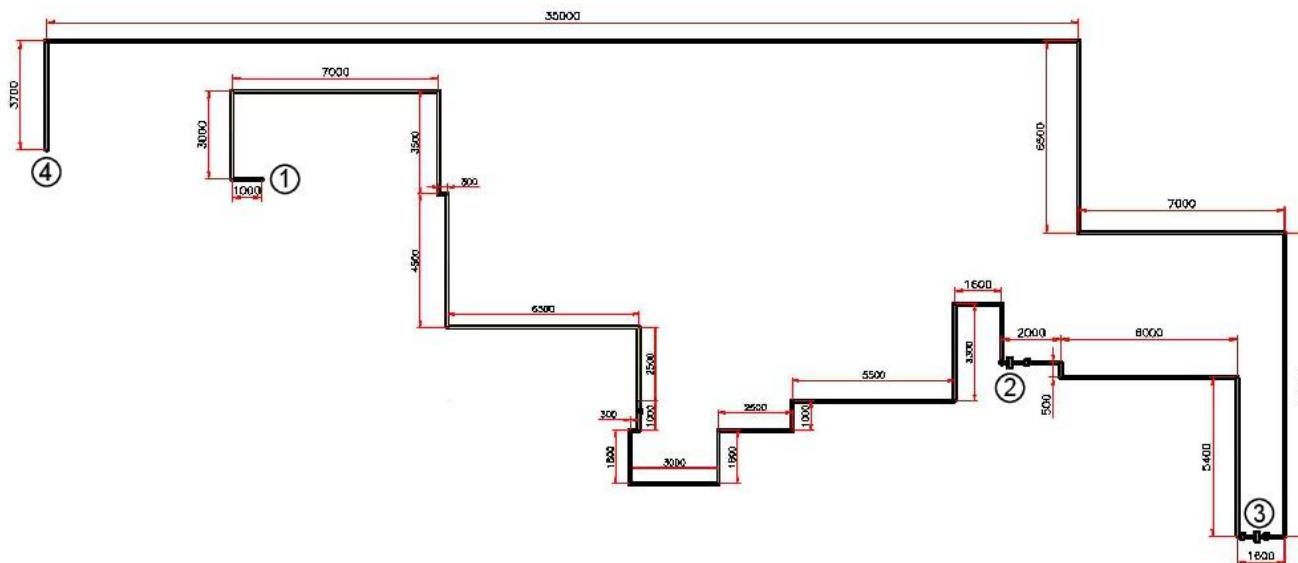
Teniendo en cuenta el factor de seguridad del 15% se obtiene la pérdida de carga total:

$$P.carga \text{ total} = (0,15 * 0,475) + 0,475 = 0,545 \cong 0,55 \text{ bar}$$



NOTAS

1. - PURGA CONTINUA DE CALDERA
2. - INTERCAMBIADOR PURGA CONTINUA - UREA
3. - INTERCAMBIADOR PURGA CONTINUA - AGUA DESMINERALIZADA
4. - ENTRADA AL CIRCUITO DE REFRIGERACION



Línea inicial de purga continua

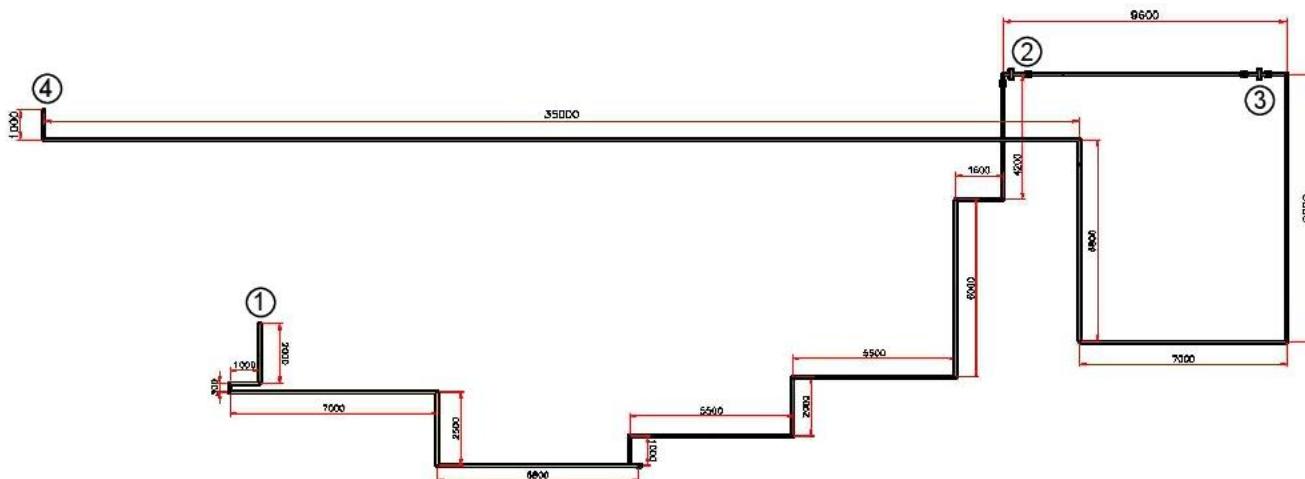
Modificación de la
línea de la purga
continua

REVISIÓN	FECHA	DIBUJADO	MODIFICACIÓN	VERIFICADO	APROBADO
PROYECTO	REFERENCIA	FECHA	ARCHIVO		
DIBUJADO	-	-			
VERIFICADO					
TÍTULO PROYECTO					Estudio de la viabilidad técnica y económica asociada a la reutilización de aguas procedentes de purga de caldera en una planta de valorización energética de residuos
TÍTULO PLANO					Alzado de la línea de purga
ESCALAS	O.T. N°	PLANO N°			
1:150	-				
FECHA	FICHERO				
18/11/2015	-				
		a b c d e f g h i j k l m n			



NOTAS

1. - PURGA CONTINUA DE CALDERA
2. - INTERCAMBIADOR PURGA CONTINUA - UREA
3. - INTERCAMBIADOR PURGA CONTINUA - AGUA DESMINERALIZADA
4. - ENTRADA AL CIRCUITO DE REFRIGERACION



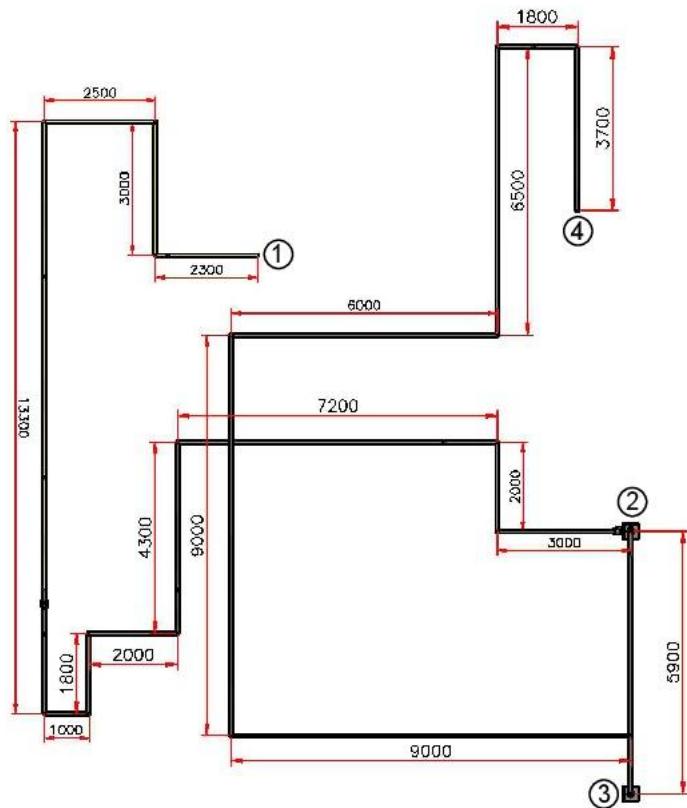
Línea inicial de purga continua

Modificación de la línea de la purga continua

REVISIÓN	FECHA	DIBUJADO	MODIFICACIÓN	VERIFICADO	APROBADO
REFERENCIA	FECHA	ARCHIVO	TÍTULO PROYECTO		
PROYECTO	-	-	Estudio de la viabilidad técnica y económica asociada a la reutilización de aguas procedentes de purga de caldera en una planta de valorización energética de residuos		
DIBUJADO	-	-	TÍTULO PLANO Planta de la línea de purga		
VERIFICADO			ESCALAS 1:150 O.T. N° - PLANO N° --		
			FECHA 18/11/2015 FICHERO --		
			e b c d e f g h i j k l m n		

NOTAS

1. - PURGA CONTINUA DE CALDERA
2. - INTERCAMBIADOR PURGA CONTINUA - UREA
3. - INTERCAMBIADOR PURGA CONTINUA - AGUA DESMINERALIZADA
4. - ENTRADA AL CIRCUITO DE REFRIGERACION



Línea inicial de purga continua

Modificación de la línea de la purga continua

REVISION	FECHA	DIBUJADO	MODIFICACION	VERIFICADO	APROBADO
REFERENCIA	FECHA	ARCHIVO	TITULO PROYECTO		
PROYECTO	-	-	Estudio de la viabilidad técnica y económica asociada a la reutilización de aguas procedentes de purga de caldera en una planta de valorización energética de residuos		
DIBUJADO	-	-	TITULO PLANO		
VERIFICADO			Perfil de la línea de purga		
 CANTABRIA			ESCALAS	O.T. N°	PLANO N°
1:100			FICHERO	---	
18/11/2015			-	---	
a b c d e f g h i j k l m n					

ANEXO IV

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO €
1	Instalación suministro purga de caldera a circuito refrigeración	
1.1	Metros lineales tubo de acero 3/4", en calidad AISI 316 (€/m)	6,45
1.2.	Codo a 45º de 3/4", en calidad AISI 316	0,81
1.3.	Codo a 90 º de 3/4", en calidad AISI 316	0,97
1.4.	Soporte angular de 40 (€/barra)	100,00
1.5.	Abarcón	0,84
1.6.	Válvula de bola 3/4", en calidad AISI 316	12,22
1.7.	Medidor flujo volumétrico	1.317,00
1.8.	Intercambiador de calor 5 placas marca ALFALAVAL	320,00
1.9.	Intercambiador de calor 22 placas marca ALFALAVAL	490,00
1.10.	Mano de obra tubero montador (€/h)	28,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO €
1	Instalación suministro purga de caldera a circuito refrigeración		
1.1	Metros lineales tubo de acero 3/4", en calidad AISI 316 (€/m)	165	1.064,25
1.2.	Codo a 45º de 3/4", en calidad AISI 316	10	8,10
1.3.	Codo a 90 º de 3/4", en calidad AISI 316	30	29,10
1.4.	Soporte angular de 40 (€/barra)	3	300,00
1.5.	Abarcón	300	252,00
1.6.	Válvula de bola 3/4", en calidad AISI 316	5	61,10
1.7.	Medidor flujo volumétrico	1	1.317,00
1.8.	Intercambiador de calor 5 placas marca ALFALAVAL	1	320,00
1.9.	Intercambiador de calor 22 placas marca ALFALAVAL	1	490,00
1.10.	Mano de obra tubero montador (€/h)	495	13.860,00

SUBTOTAL	17.701,55 €
IVA 21%	3.717,33
TOTAL PRESUPUESTO	21.418,88 €