ANNEXES

A. Informació addicional

A.1. Normes codificació

Tal i com es fa a [5], es fa una codificació de tots els elements de la planta seguint els criteris donats per [9]:

Protocol de numeració dels equips:

- Els diferents processos es numeren segons 100, 200, 300, etc.
- Els equips principals de cada procés es numeren segons 110, 120, 130, etc, en aquest cas per al procés 100.
- L'enumeració dels equips auxiliars associats a principals es fa seguint l'ordre 111, 112, 113, etc, exemple per als associats a l'equip principal 110.
- S'assigna un prefix a cada equip segons el tipus

Protocol assignació segons tipus:

L'assignació del equips està resumida en la següent taula:

Designació	Tipus
A	Instal·lacions auxiliars
B	Gas - Sòlid en contacte amb l'equip
C	Trituradores, molins
D	Equips de procés
E	Bescanviadors de calor
F	Equips d'emmagatzemament
G	Motors d'aire
H	Separadors
I	Transportadors
J	Instruments
K	Bombes
L	Agitadors, mescladors
M	Motors, turbines
N	Paquet d'unitats

Designació	Tipus
O	Forns, escalfadors de procés
P	Reactors
Q	Mida ampliació dels equips
R	Vaporitzadors, evaporadors
S	Varis

Taula A.1 Assignació dels equips segons tipus

Font: Ulrich, Gael D., *Chemical engineering process design and economics: a practical guide*. Durham, N.H. : Process, cop. 2004.

A.2. Fluxos planta

Les línies de flux que apareixen al diagrama són:

- Biomassa: la matèria sòlida orgànica és introduïda a la planta per mitjà de la tolva (F-120), la electrovàlvula E-VALVE 1 (J-121) és l'encarregada de controlar la seva entrada al gasificador (P-110). Un cop a dins, es produeixen les diferents reaccions per mitjà de la temperatura i de l'aire, que n'és l'agent gasificant.

- Aire: és introduït al sistema per mitjà d'un bufador (G-130), el següent pas és el recuperador de calor (E-140) on s'escalfa al mateix moment que es refreda el gas, finalment entra al gasificador on reacciona amb la biomassa.

- Gas: al sortir del gasificador, el gas passa pel cicló (H-210), on s'eliminen les cendres. El següent pas és el recuperador (E-140) bescanviant la calor del gas amb l'aire d'entrada fred. Més endavant passa per l'Scrubber (P-220), encarregat d'eliminar els quitrans produïts durant la reacció. L'últim element de neteja que trobem és el filtre (H-230), que serveix per assegurar que cap impuresa segueixi aigües avall. Finalment, l'últim element abans d'arribar al cremador (S-410) o el motor són els bescanviadors de calor (E-310 A/B), per acondicionar la temperatura del gas.

- Aire (bescanviadors): fluid necessari per rebaixar la temperatura del gas als bescanviadors (E-310 A/B).

- Aigua: és introduïda dins de l'Scrubber (P-220) i arrossega els quitrans que poden trobar-se al gas.

Sota del gasificador, cendres, Scrubber i filtre surten més línies de flux. En aquest cas representen les impureses del gas (cendres o quitrans) que es van dipositant en aquests elements i que periòdicament s'han de retirar.

A.3. Punts d'accés als equips

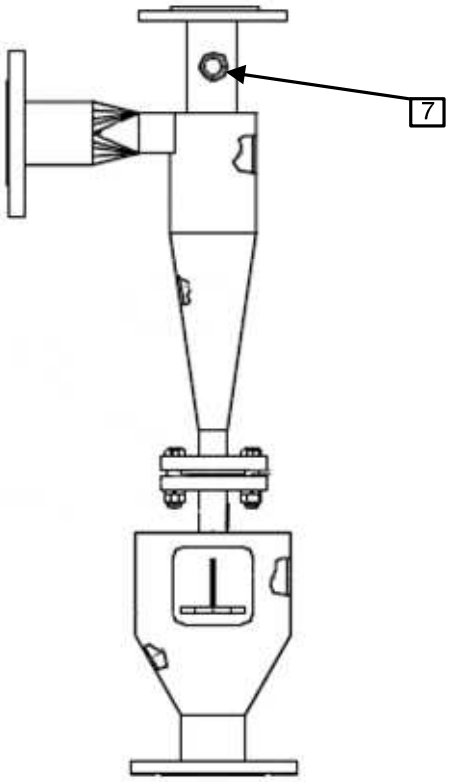

Fig. A.1. Vista esquemàtica punts d'accés al cicló (H-210)
Font: Elaboració pròpia

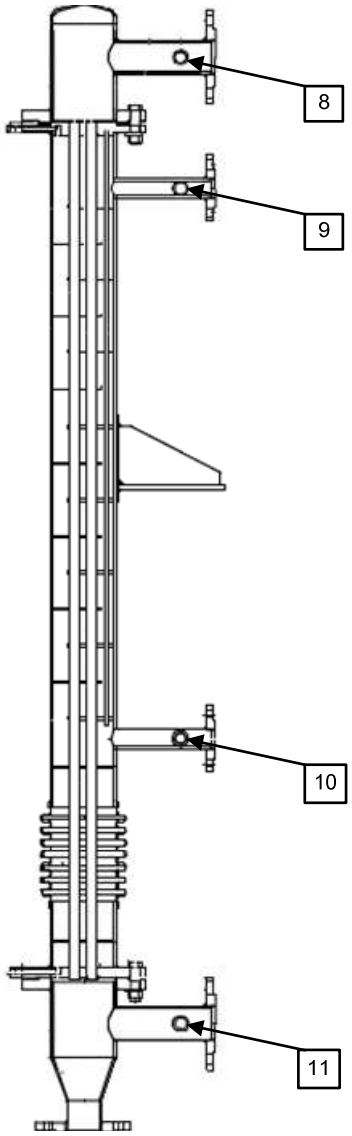

Fig. A.2. Vista esquemàtica punts d'accés al recuperador de calor (E-140)

Font: Elaboració pròpia

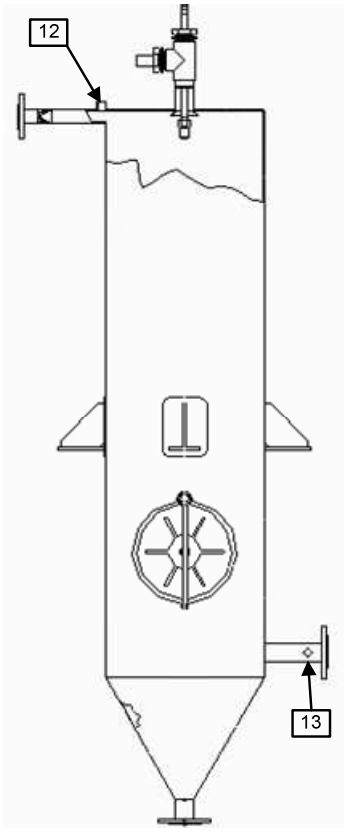

Fig. A.3. Vista esquemàtica punts d'accés al Scrubber (P-220)
Font: Elaboració pròpia

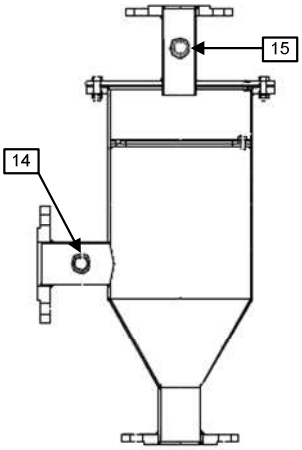

Fig. A.4. Vista esquemàtica punts d'accés al filtre (H-230)
Font: Elaboració pròpia

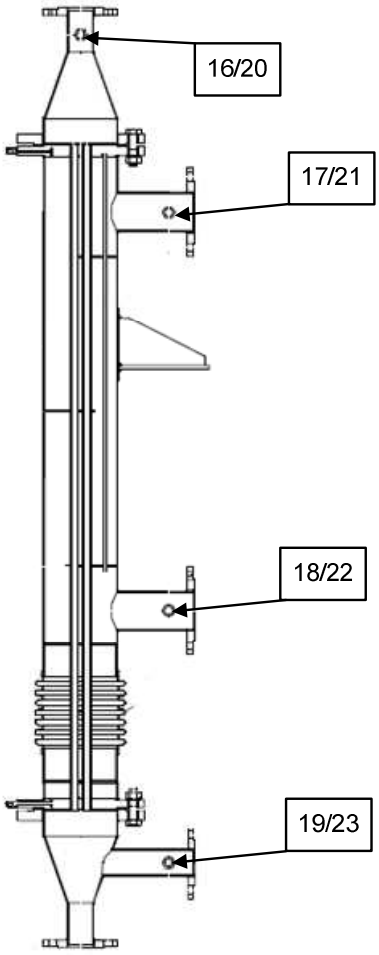

Fig. A.5. Vista esquemàtica punts d'accés als bescanviadors de calor (E-310 A/B)
Font: Elaboració pròpia

A.4. Instruments

En aquest apartat s'introduiran les bases de funcionament dels diferents instruments instal·lats a la planta, ja sigui sensors (temperatura, pressió, cabal) o actuadors (variador de freqüència).

A.4.1. Sensors temperatura

1. **Termoparells:** format per dos fils de metalls diferents units pels dos extrems. Al mesurar la diferència de potencial entre les dues unions, apareix una tensió que depèn de la diferència entre la temperatura que es mesura i la de referència, que acostuma a ser la de l'ambient. L'extrem que es fa servir per mesurar s'anomena unió calenta i l'extrem de referència, unió freda. La figura 5.1 en mostra el funcionament esquemàtic.

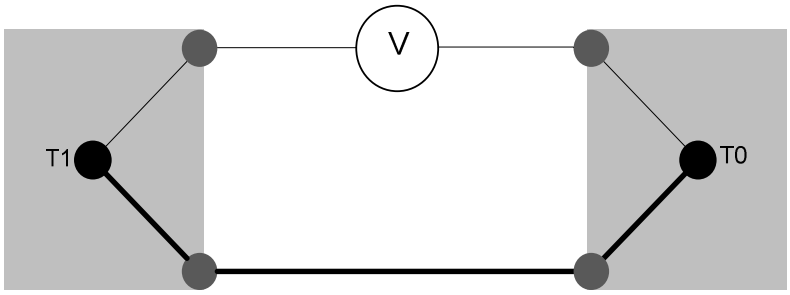

Fig. A.6 Esquema funcionament termoparell
Font: BOIX, O., [et al], *Tecnología Eléctrica,* 2009

La relació entre la tensió obtinguda i la diferència de temperatures no es lineal i depèn del material de composició del termoparell. S'ha d'utilitzar una taula de conversió o una fórmula aproximada del tipus:

$$V = k_1(T_1 - T_0) + k_2(T_1^2 - T_0^2) \qquad \text{(Eq. 5.1)}$$

On T_1 i T_0 són les temperatures a mesurar i la de referència respectivament i k_1 i k_2 són les constants de cadascun dels materials que formen els fils.

La millor característica dels termoparells és que poden treballar fins a altes temperatures a més de soportar uns marges de temperatura força amplis. Les possibles combinacions de materials han estat estudiades, arribant-ne a tenir una llista de combinacions d'ús freqüent, a la taula 4.2 apareixen les seves composicions i els seus rangs.

Tipus	Metalls	Rang de temperatures
T	Coure / Constantà	-200 a 350 ^{o}C
J	Ferro / Constantà	-200 a 500 ^{o}C
K	Níquel – Crom / Níquel	-200 a 1150 ^{o}C
E	Crom / Constantà	-270 a 900 ^{o}C
R	Platí / Platí - rodi (13%)	0 a 1700 ^{o}C
S	Platí / Platí - rodi (10%)	0 a 1600 ^{o}C

Taula A.2 Tipus habituals de termoparells segons composició
Font: BOIX, O., [et al], *Tecnología Eléctrica,* 2009

Com es pot comprovar a la taula 5.1, el seu marge de temperatures de treball és molt ampli, a més, una característica interessant d'aquests instruments és que al estar formats per una unió simple entre dos fils que poden ser molt prims. Això fa que es puguin fer mesures molt localitzades amb una petita inèrcia tèrmica.

Per a protegir l'instrument de les agressions mecàniques i químiques, les sondes de temperatura acostumen a encapsular-se en una **beina metàl·lica**. Segons les necessitats, es pot obtenir un perfil de temperatures utilitzant beines que distribueixin diferents termoparells a través del seu interior. A la figura 5.2 es pot veure un termoparell aïllat i tres termoparells en una beina.

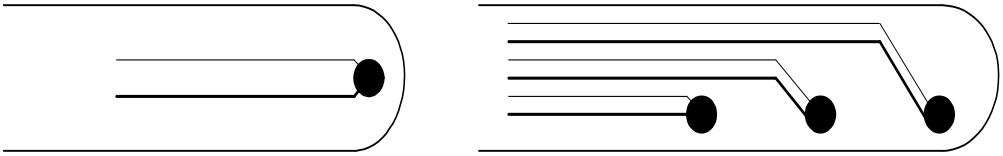

Fig. A.7 Beina amb un termoparell i amb múltiples respectivament
Font: BOIX, O., [et al], *Tecnología Eléctrica,* 2009

2. **Termòmetres de resistència metàl·lica:** sabent que la resistivitat elèctrica dels materials conductors varia amb la temperatura segons la expressió [10]:

$$R_{T1} = R_{T0}[1 + \alpha(T_1 - T_0) + \beta(T_1 - T_0)^2 + \cdots] \qquad \text{(Eq. 5.2)}$$

On α i β són constants del material, R_{T1} i R_{T0} són les resistivitats elèctriques del material a la temperatura de mesura i a la temperatura de referència respectivament i T_1 i T_0 són les temperatures de mesura i referència. En la majoria dels metalls es pot utilitzar la aproximació lineal [10]:

$$R_{T1} \approx R_{T0}[1 + \alpha(T_1 - T_0)] \qquad \text{(Eq. 5.3)}$$

Comparant la resistivitat del material a diferents temperatures es pot obtenir la mesura. Per obtenir-ho s'utilitza un element format per un fil prim metàl·lic protegit per un recobriment aïllant. Els metalls més adequats són els que tenen un bon marge de temperatures, una bona linealitat i són de fàcil mecanització.

La manera de denominar-los ve determinada pel símbol químic del material utilitzat i el valor òhmic a la temperatura de referència, normalment a 0ºC. Per exemple, un sensor que utilitza Platí i que té com a valor de resistència 100Ω a 0ºC s'anomena Pt100. A la taula 5.2 es troben especificats els marges de treball de les sondes segons el material utilitzat.

Material	Rang de temperatures
Platí	-220 a 630 ºC

Material	Rang de temperatures
Coure	-200 a 260 ^{o}C
Níquel	-60 a 180 ^{o}C

Taula A.3 Materials més comuns dels termòmetres i marges de treball
Font: BOIX, O., [et al], *Tecnología Eléctrica,* 2009

Els termòmetres de resistència metàl·lica són molt precisos, especialment quan s'utilitza la sonda de platí. D'altra banda, tenen un volum relativament gran fent que tingui una elevada inèrcia tèrmica, a més de no poder mesurar temperatures tant altes com els termoparells.

3. **Resistències NTC (Negative Temperature Coefficient):** també anomenades termistors, estan fetes de materials semiconductors i el seu nom ve donat degut a que la seva resistivitat elèctrica disminueix en augmentar la temperatura**,** al contrari que en els metalls. La variació pot venir expressada amb la expressió [10]:

$$R_T = AT^C e^{B/T} \qquad \text{(Eq. 5.4)}$$

On A, B i C són constants del material. Els principals avantatges són que tenen poca inèrcia tèrmica i que es poden fabricar en una major gamma de valors.

4. **Resistències PTC (Positive Temperature Coefficient):** estan formades per certs materials semiconductors que al sobrepassar un valor crític de temperatura (T_{Rmin}), experimenten un canvi de signe en el coeficient de temperatura. Això implica que quan s'estigui per sobre de T_{Rmin}, la resistivitat elèctrica del sensor augmentarà amb la temperatura:

$$R_T = A + Ce^{BT} \qquad si\ T_1 < T < T_2 \qquad \text{(Eq. 5.5)}$$

Essent A, B i C constants segons el material i T_1 i T_2 les **temperatures límits dins les quals el coeficient és positiu**. Són unes sondes amb una elevadíssima sensibilitat a més de tenir una baixa inèrcia tèrmica. Això fa que siguin molt útils com a elements de protecció.

A la següent taula es fa una comparació amb un exemple de cada tipus de sensor de temperatura:

Sensor	T_{max}	Preu	Sensibilitat	Marge de temperatures	Velocitat resposta	
					Sense beina	Amb beina
Termoparell (Tipus R)	•••	••	•	•••	•••	•
Resistència metàl·lica (PT100)	••	•	••	••	••	•
PTC / NTC	•	•••	•••	•	•••	-

Taula A.4 Comparativa entre diferents tipus de sensors de temperatura
Font: BOIX, O., [et al], *Tecnología Eléctrica,* 2009

A la taula 5.3 apareixen puntuades, mínim un punt i màxim tres punts, les característiques dels sensors. Cal notar que en relació al preu, quant **més baixa és la puntuació més alt és el preu**. En quant a la velocitat de resposta dels sensors, les sondes PTC i NTC no apareixen puntuades en el cas de amb beina ja que no s'utilitza en aquests sensors.

La puntuació relativa al preu és deguda a que els exemples utilitzats a la taula del termoparell i de la resistència metàl·lica utilitzen platí. El platí és un material car, en el cas que aquests sensors no estiguessin fabricats amb aquest material i no portessin beina podrien tenir un preu similar al de les PTC i NTC.

A.4.2. Sensors pressió

Els sensors de pressió de fluids estan basats en la força que el fluid fa sobre una superfície, seguint la equació:

$$F = P \cdot S \qquad \text{(Eq 5.6)}$$

Els sensors de pressió més característics són els de **molla** i els de **membrana**. Pel que fa als sensors de molla la pressió queda determinada per el desplaçament de la placa, les seves mides i la constant elàstica de la molla (Eq. 5.7)

$$k \cdot x = P \cdot S \qquad \text{(Eq. 5.7)}$$

En el cas dels sensors de membrana, disposa d'una làmina elàstica que es deforma sota l'acció de la pressió del fluid. Un captador de desplaçament dona la lectura de la pressió segons la deformació de la membrana.

A.4.3. Sensors cabal

Una solució molt comú consisteix en realitzar una **reducció de diàmetre** del tub per on circula el fluid, això provoca un canvi de la pressió a la zona més estreta que depèn de les relacions de secció i cabal (Teorema de Bernouilli), veure figura 5.3.

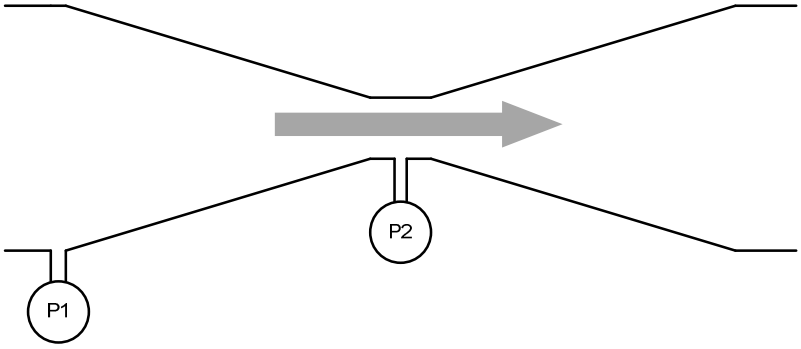

Fig. A.8 Funcionament d'un sensor de cabal
Font: BOIX, O., [et al], *Tecnología Eléctrica,* 2009

Actualment, sobretot en la indústria de la automoció, es fan servir **cabalímetres de fil**. Es tracta de fer passar un corrent elèctric a través d'un fil metàl·lic, que per efecte Joule s'escalfa. Aquest fil metàl·lic és introduït al corrent a mesurar i segons com es refredi el fil, l'aparell pot calcular quin és el cabal circulant pel tub.

A.4.4. Variadors freqüència

Es tracta de dispositius capaços de modificar la freqüència de la tensió d'alimentació de l'aparell que alimenten. D'aquesta manera, en el cas de connectar-ne un motor, es pot variar la velocitat de gir.

El seu funcionament es basa en la utilització de convertidors estàtics. Un rectificador de corrent passa a contínua el corrent de la xarxa elèctrica, més tard un filtre s'encarrega de reduir les petites ondulacions de tensió o intensitat que puguin quedar. Finalment, un inversor o ondulador torna a passar-la a corrent altern però amb una freqüència diferent que la inicial, veure figura 5.4.

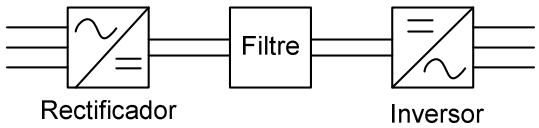

Fig. A.9 Esquema de blocs convertidor freqüència