



## Ricerca di Sistema elettrico

# Progetto di una sezione di recupero di $H_2SO_4$

*Allegati A e B*

PROGETTO DI UNA SEZIONE DI RECUPERO DI H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
ALLEGATI A E B

Caterina Frau, Eusebio Loria (SOTACARBO)

Settembre 2014

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2013

Area: Produzione di energia elettrica e protezione dell'ambiente

Progetto B.2: Cattura e sequestro della CO<sub>2</sub> prodotta dall'utilizzo dei combustibili fossili

Obiettivo: Parte B1 - b - Cattura della CO<sub>2</sub> in Ossi-Combustione

Task: b2- Progettazione di una sezione di recupero di acido solforico da fumi di ossi-combustione

Responsabile del Progetto: ing. Stefano Giammartini, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione *“Studi sull'utilizzo pulito di combustibili fossili, cattura e sequestro della CO<sub>2</sub>”*

Responsabile scientifico ENEA: ing. Paolo Deiana

Responsabile scientifico SOTACARBO: ing. Enrico Maggio

## Allegato A

<b>Project</b> STC.01.14	<b>Document no.</b> STC.01.14.MoC0209.REV00	<b>Level</b> 1
--------------------------	---	----------------

<b>Client</b> SOTACARBO S.p.A.	<b>Document type</b> Class B	<b>Attachments</b> 01
--------------------------------	------------------------------	-----------------------

**Title** **Impianto Pilota per il processo di produzione di acido solforico da fumi di combustione**

**Materials of Construction (MoC) & Fluid List**

**A01: Fluid List**

**Notes:**

In riferimento all'Ordine n. 84/14 Prot. n. 342 del 23/07/2014 (in seguito, "**Ordine**"), emesso in conformità alla Ns. Offerta No. STC.OF.02.14 del 17/07/2014 (in seguito, "**Offerta**").

Fatto salvo ai termini definiti in questo documento, ove specificati tra virgolette e caratteri in grassetto, i termini contraddistinti con lettere iniziali maiuscole hanno solo ed esclusivamente il significato definito nell'Offerta.

<b>Date</b>	<b>Prepared by</b>	<b>Signature</b>	<b>Checked by</b>	<b>Signature</b>	<b>Approved by</b>	<b>Signature</b>
28 set. 10	G. Ielpo		L. Marchisio		M. Mori	

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.MoC0209.REV00	Level	1
---------	-----------	--------------	-------------------------	-------	---

## Indice

<i>Indice</i> .....	2
<i>1 Piping di Processo</i> .....	3
1.1 Guarnizioni e tenute .....	3
1.2 Impiego di altri materiali plastici sul Lato Processo .....	6
<i>2 Piping dei Servizi</i> .....	6
<i>3 Strutture</i> .....	7

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.MoC0209.REV00	Level	1
---------	-----------	--------------	-------------------------	-------	---

## 1 Piping di Processo

Il piping di processo comprende i flussi identificati nella tabella allegata "Fluid List".

Allo scopo della presente sezione, s'intende piping: le tubazioni, giunti, raccordi, flange, valvole e altri accessori in contatto con i flussi di processo identificati nella tabella allegata "Fluid List".

Tutti i materiali a contatto con il processo saranno realizzati in materiale compatibile con le condizioni di lavoro, così come specificati nella tabella allegata "Fluid List".

Resta comunque escluso l'utilizzo di acciaio al carbonio (<<Carbon Steel>>), alluminio, ottone (<<Brass>>) e bronzo.

I materiali giudicati compatibili sono, in preferenza:

- acciai della serie austenitica, preferibilmente **AISI 316**, per le componenti impiantistiche e del piping a monte del reattore R-101;
- leghe Hastelloy resistenti alla corrosione, per le componenti impiantistiche e del piping a valle del reattore R-101, esso compreso.
- Vetro o acciai della serie austenitica rivestiti (es. teflon o vetro) in alternativa alle leghe Hastelloy per le componenti impiantistiche e del piping a valle del reattore R-101, esso compreso.

Fatto salvo specifiche eccezioni, laddove le condizioni di progettazione meccanica lo consentano, tutti i grezzi di piping impiegati per le tubazioni di processo dovranno essere trafilati a freddo senza saldatura (<<Seamless Pipe>>), con spessore per corrosione (<<Corrosion Allowance>>) pari ad almeno 1 mm.

Tutte le disposizioni qui indicate si applicano per le apparecchiature (<<Equipment>>) in contatto con i flussi di processo identificati nella tabella allegata "Fluid List".

### 1.1 Guarnizioni e tenute

i) Per quanto riguarda le guarnizioni e tenute accettabili sul lato processo ci sono i seguenti materiali (in ordine di preferenza):

a) PTFE (Teflon):

*Resistente a:* tutti i prodotti specificati in questa lista  
*Minima temperatura di esercizio:* -260°C  
*Massima temperatura di esercizio (continua):* 250°C  
*Massima temperatura di esercizio (picco):* 300°C

b) Kynar, Polifluoruro di vinilidene (PVDF):

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.MoC0209.REV00	Level	1
---------	-----------	--------------	-------------------------	-------	---

Resistente a: acidi e basi inorganici, idrocarburi alifatici e aromatici, acidi organici, alcool, solventi alogeni e alogeni, tranne il fluoro.

Non resiste a: idrossidi metallici, ammine primarie di basi forti, solventi polari o aprotici e acidi concentrati caldi e fumanti.

Minima temperatura di esercizio: -40°C

Massima temperatura di esercizio (continua): 140°C

Massima temperatura di esercizio (picco): NS

c) Noryl

Resistente a: acidi, basi e molti detergenti.

Minima temperatura di esercizio: -40°C

Massima temperatura di esercizio (continua): NS

Massima temperatura di esercizio (picco): NS

d) Kalrez

Resistente a: acidi, basi, ammine, acqua e vapori caldi, ossidi di etilene e di propilene.

Minima temperatura di esercizio: NS

Massima temperatura di esercizio (continua): 275°C

Massima temperatura di esercizio (picco): NS

e) Polychlorotrifluoroethylene (PTCFE) - Neoflon

Resistente a: agenti chimici, alogeni, chetoni, grassi ed oli, idrocarburi aromatici, alcali, alcoli ed acidi (concentrati e diluiti), impermeabile al gas, ottimo per applicazioni criogeniche, ottimo isolante elettrico.

Minima temperatura di esercizio: -240°C

Massima temperatura di esercizio (continua): 120°C

Massima temperatura di esercizio (picco): 150°C

f) Viton

Resistente a: oli, combustibili, idrocarburi alifatici ed aromatici, agenti atmosferici e ossidazioni.

Minima temperatura di esercizio: NS

Massima temperatura di esercizio (continua): 204°C (Fino a 22°C con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

Massima temperatura di esercizio (picco): 316°C

ii) Per quanto riguarda le guarnizioni e tenute sul lato processo, sono esclusi i seguenti materiali:

g) EPDM, elastomero etilene propilene

Resistente a: buona resistenza a l'ozono e all'invecchiamento, resiste a chetoni e alcoli.

Non resiste a: oli, grassi, acidi o alcali forti.

Minima temperatura di esercizio: -40°C

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.MoC0209.REV00	Level	1
---------	-----------	--------------	-------------------------	-------	---

Massima temperatura di esercizio (continua): 90°C (Con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrato fino a 22°C)

Massima temperatura di esercizio (picco): 120°C

h) FPM o FKM, elastomero fluorurato (Viton):

Resistente a: compatibile con la maggior parte dei prodotti chimici

Minima temperatura di esercizio: -20°C

Massima temperatura di esercizio (continua): 150°C (Con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrato fino a 22°C)

Massima temperatura di esercizio (picco): 200°C

i) PEEK:

Resistente a: compatibile con la maggior parte dei prodotti chimici, insolubile in quasi tutti i solventi

Non resiste a: acido nitrico e acido solforico concentrati

Minima temperatura di esercizio: NS

Massima temperatura di esercizio (continua): 250°C

Massima temperatura di esercizio (picco): NS

j) NBR, gomma nitrilica:

Resistente a: buona resistenza agli oli e al petrolio

Minima temperatura di esercizio: -30°C

Massima temperatura di esercizio (continua): 90°C

Massima temperatura di esercizio (picco): 120°C

k) Silicone

Non resiste a: acidi inorganici, in particolare solforico, con decadimento di tutte le sue caratteristiche

Minima temperatura di esercizio: -40°C

Massima temperatura di esercizio (continua): 200°C

Massima temperatura di esercizio (picco): NS

l) SBR;

Non resiste a: acidi, alcali, solventi organici, idrocarburi alifatici ed aromatici, agenti ossidanti. Non resiste ad alte temperature

Minima temperatura di esercizio: NS

Massima temperatura di esercizio (continua): NS

Massima temperatura di esercizio (picco): NS

iii) Tutti i materiali a contatto con il processo saranno realizzati in materiale compatibile con le condizioni di lavoro, così come specificati nella tabella allegata "Fluid List".

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.MoC0209.REV00	Level	1
---------	-----------	--------------	-------------------------	-------	---

## 1.2 Impiego di altri materiali plastici sul Lato Processo

i) Su lato processo, nei casi in cui sia previsto l'utilizzo di materiali plastici, salvo verifica di compatibilità per pressione e temperatura, sono accettabili i seguenti materiali:

- a) Fluorocarbons; (materiale consigliato in via preferenziale PTFE o Teflon), con temperature < 150-220°C (a seconda della tipologia);

ii) Su lato processo, nei casi in cui sia previsto l'utilizzo di materiali plastici, sono esclusi i seguenti materiali:

- a) Polyurethane;
- b) Polycarbonate;
- c) Resina Epoxy;
- d) PP (Polypropylene);
- e) Natural Rubber;
- f) Neoprene;
- g) PVC;
- h) PEEK;
- i) ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene); Prescrizione: Non impiegare in zone sottoposte alla luce del sole. Temperature < 80°C;
- j) HDPE (High Density Polyetilene): Prescrizione: Temperature < 80°C;
- k) LDPE (Low Density Polyetilene);
- l) CAB (Cellulose Acetate Butyrate e altri polimeri a base di cellulosa);
- m) SARAN;
- n) Polyester;
- o) Phenolic Acbestos;
- p) PET;
- q) Polyvinyl;

## 2 Piping dei Servizi

Il piping dei Servizi comprende i flussi identificati nella tabella allegata "Fluid List".

Allo scopo della presente sezione, s'intende piping: le tubazioni, giunti, raccordi, flange, valvole e altri accessori in contatto con i flussi dei Servizi identificati nella tabella allegata "Fluid List".

I materiali a contatto con gli specifici Servizi sono scelti sulla base delle applicazioni simili riscontrate in passato, così come specificati nella tabella allegata "Fluid List".

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.MoC0209.REV00	Level	1
---------	-----------	--------------	-------------------------	-------	---

E' consentito l'impiego di valvole in acciaio al carbonio (<<**Carbon Steel**>>) o in ottone (<<**Brass**>>), soltanto laddove specificamente indicato nella tabella allegata "Fluid List".

In caso d'impiego di grezzi o parti in acciaio al carbonio (<<**Carbon Steel**>>), questi dovranno essere completi di finitura con verniciatura adatta alle condizioni di progettazione meccanica specificate nella tabella allegata "Fluid List", anche se coperti da coibentazione.

Fatto salvo specifiche eccezioni, laddove le condizioni di progettazione meccanica lo possano esigere (ad es. linee di gas combustibile, ecc), tutti i grezzi di piping impiegati per le tubazioni dei Servizi possono essere elettrosaldati (<<**Electric-Fusion-Welded Pipe**>>), con spessore per corrosione (<<**Corrosion Allowance**>>) pari ad almeno 0,5 mm.

Tutte le disposizioni qui indicate sono valide per le apparecchiature (<<**Equipment**>>), soltanto se le parti interessate sono esclusivamente e in ogni circostanza, in contatto con i Servizi identificati nella tabella allegata "Fluid List".

### 3 Strutture

Strutture Metalliche e supporti (ad es. Skid, strutture principali, Pipe racks, rampe, piattaforme, scale, ecc) saranno realizzati in acciaio inox o in alternativa in acciaio strutturale verniciato.

La finitura di verniciatura, ad eccezione di supporti in contatto con tubazioni con condizioni di progetto meccanico superiori a 100°C, dovrà essere conforme a quanto segue:

- i) Superficie preparata con sabbatura 2.5;
- ii) Primer: epoxy mastic (1x125 µm);
- iii) Intermediate: epoxy mastic (1x125 µm);
- iv) Finish: aliphatic polyurethane (1 x70 µm).

La finitura di verniciatura, per supporti in contatto con tubazioni con condizioni di progetto meccanico superiori a 100°C, dovrà essere conforme a quanto segue:

- i) Superficie preparata con sabbatura 2.5;
- ii) Primer: ethyl silicate inorganic zinc (1x75 µm);
- iii) Intermediate: silicon acrylic (1x25 µm);
- iv) Finish: silicon acrylic (1x25 µm).

## Allegato B

<b>Project</b> STC.01.14	<b>Document no.</b> STC.01.14.TS0201.REV01	<b>Level</b> 1
--------------------------	--	----------------

<b>Client</b> SOTACARBO S.p.A.	<b>Document type</b> Class B	<b>Attachments</b> 0
--------------------------------	------------------------------	----------------------

**Title** **Impianto Pilota per processo di produzione di acido solforico da fumi di combustione**

**Fascicolo Tecnico ("TS") - Preliminare**

**Notes:**

In riferimento all'Ordine n. 84/14 Prot. n. 342 del 23/07/2014 (in seguito, "**Ordine**"), emesso in conformità alla Ns. Offerta No. STC.OF.02.14 del 17/07/2014 (in seguito, "**Offerta**")

Fatto salvo ai termini definiti in questa documento, ove specificati tra virgolette e caratteri in grassetto, i termini contraddistinti con lettere iniziali maiuscole hanno solo ed esclusivamente il significato definito nell'Offerta.

<b>Date</b>	<b>Prepared by</b>	Signature	<b>Checked by</b>	Signature	<b>Approved by</b>	Signature
25 ago. 14	G. Ielpo		L. Marchisio		M. Mori	

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

## Indice

<i>Indice</i> .....	2
<i>1 Descrizione del processo</i> .....	3
<i>Descrizione della Fornitura</i> .....	4
1.1 Descrizione dei componenti.....	5
1.1.1 R-101 – Reattore .....	5
1.1.2 E-101 – Scambiatore di calore (recupero termico).....	5
1.1.3 E-102 – Scambiatore di calore .....	6
1.1.4 E-103 – Riscaldatore elettrico .....	6
1.1.5 E-104 – Scambiatore di calore .....	6
1.1.6 S-101 – Separatore di condensa .....	6
1.1.7 T-101 – Guardia idraulica .....	6
1.1.8 C-201 – Colonna di assorbimento.....	7
1.1.9 T-201 – Serbatoio di accumulo H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> concentrato .....	7
1.1.10 E-201 – Scambiatore di calore .....	7
1.1.11 K-201 – Soffiante.....	7
1.1.12 P-201 – Pompa di ricircolo.....	7
1.2 Quadro Elettrico e Sistema di Controllo. ....	8
<i>2 Capacità della Fornitura</i> .....	9
2.1 Definizione dei Limiti di Batteria. ....	9
<i>3 Specifiche dei Flussi In Ingresso</i> .....	10
<i>4 Disposizione sui Flussi In Uscita</i> .....	11
<i>5 Specifiche dei Servizi</i> .....	13
<i>6 Normativa applicabile</i> .....	15

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

## 1 Descrizione del processo

Il Cliente desidera poter abbattere i fumi di scarico provenienti da combustione di carbone. In particolare tali fumi sono prodotti da un ossi-combustore di tipo flameless (presumibilmente senza incombusti) e provenienti da una caldaia di recupero termico. La corrente è spillata a valle di un turboespansore posizionato dopo la caldaia. Contestualmente il Cliente desidera ricavare acido solforico ( $H_2SO_4$ ) dall' $SO_2$  contenuto in tali fumi.

Il processo consta di due sezioni principali: nella prima l'Alimentazione, dopo essere stata appositamente disidratata (il contenuto d'acqua è molto elevato e potrebbe compromettere la reazione che avviene sul catalizzatore), passa nel Reattore Catalitico nel quale avviene la conversione dell'anidride solforosa ( $SO_2$ ) in anidride solforica ( $SO_3$ ); nella seconda l'Alimentazione disidratata e contenente ora  $SO_3$ , viene assorbita in una colonna contenente acqua, ottenendo quindi come prodotto acido solforico.

Tutte le reazioni che avvengono all'interno del processo sono esotermiche, sia l'ossidazione da  $SO_2$  ad  $SO_3$ , sia la reazione di  $SO_3$  con  $H_2O$  per formare il Prodotto,  $H_2SO_4$ .

Nel reattore, si rende necessario l'uso di un catalizzatore per la reazione di conversione da  $SO_2$  ad  $SO_3$ . Il platino (Pt) rispetto ad altri catalizzatori ha temperatura di soglia minore ( $300^\circ C$ ) e ciò, considerata l'esotermicità della reazione, spiega perché sia effettivamente da preferire ad altri catalizzatori per un impianto su scala pilota. E' quindi necessario, dopo la fase di disidratazione, un sistema di riscaldamento alla temperatura desiderata dei fluidi, prima dell'ingresso al reattore catalitico, per attivare la reazione.

Nella seconda sezione, l'acido prodotto nella colonna grazie all'assorbimento di  $SO_3$  in  $H_2O$  è fatto ricircolare insieme all'acqua residua all'interno della colonna tramite una pompa, fino al raggiungimento della concentrazione desiderata.

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

## 2 Descrizione della Fornitura

L'oggetto della Fornitura riguarda la progettazione e la realizzazione di un impianto pilota per la produzione di acido solforico a partire da fumi di combustione del carbone.

Come richiesto e concordato dal Cliente, la Fornitura è stata scomposta in Package Units (in seguito "PU"), in particolare:

"PU-101" – Reazione

"PU-102" – Assorbimento

Lo scopo della Fornitura è delimitato all'interno dei Limiti di Batteria così come rappresentato dal Block Flow Diagram (doc. STC.01.14.BFD0204.REV00-00). Le interazioni tra le diverse PU è anche rappresentata dallo stesso diagramma

L'obiettivo della Fornitura è la conversione dei composti solforati contenuti nei fumi in acido solforico concentrato. Si vuole ottenere acido solforico concentrato al 98%.

L'alimentazione da trattare, come specificata al paragrafo 4 (sistema di alimentazione escluso dalla fornitura), è inizialmente raffreddata in modo da far condensare e separare l'acqua presente nei fumi di combustione, e quindi riscaldata prima di essere fatta passare in un reattore catalitico che opera tra 300° C e 400° C. Durante questa fase si ha l'ossidazione di SO<sub>2</sub> in SO<sub>3</sub> e contemporaneamente una prima formazione di acido solforico per reazione di SO<sub>3</sub> con acqua. In realtà l'acido formatosi in questa fase è in quantità modeste, essendo le condizioni sfavorevoli alla reazione: infatti le alte temperature sfavoriscono le reazioni esotermiche.

È possibile il recupero termico del calore dei fumi di combustione tramite uno scambiatore di calore che riscalda l'Alimentazione disidratata.

Durante la breve fase di avviamento è prevista invece la necessità di scaldare l'Alimentazione disidratata fino a una temperatura idonea per l'inizio della reazione d'ossidazione dell'SO<sub>2</sub> tramite un riscaldatore elettrico.

Il reattore R-101 è dotato di due letti fissi catalitici; tra di essi la corrente di Alimentazione è raffreddata in uno scambiatore che fa in modo che la temperatura all'interno del reattore non aumenti sfavorendo l'ossidazione dell'SO<sub>2</sub> in SO<sub>3</sub>.

L'acido prodotto nella colonna grazie all'assorbimento di SO<sub>3</sub> in H<sub>2</sub>O è fatto ricircolare insieme all'acqua residua all'interno della colonna tramite una pompa, fino al raggiungimento della concentrazione desiderata.

Il tempo di ogni ciclo di produzione dipende dalla quantità e dalla concentrazione di liquido alimentato nella colonna. Ad esempio, iniziando con 10 kg di acqua pura in colonna si arriverebbe ad una produzione di circa 140 kg di acido al 98% in circa 700 ore. È possibile accorciare il tempo di produzione fermando l'impianto e svuotando la colonna al raggiungimento di una data concentrazione (più bassa rispetto a quella finale desiderata) e riempiendo nuovamente la colonna

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

con la stessa quantità iniziale (in questo caso 10 kg) di acido prodotto: nel nostro caso si potrebbe svuotare la colonna quando l'acido prodotto ha una concentrazione del 50% (dopo circa 48 ore) e riempire nuovamente la colonna con 10 kg di tale acido al 50%. In altre 347 ore si arriverebbe a produrre circa 75 kg di acido al 98%. In tal modo il tempo totale di produzione di acido al 98% sarebbe di circa 395 ore.

La corrente di alimentazione è consegnata ai limiti di batteria. I Flussi In Ingresso ed i Flussi In Uscita (così come indicati nelle sezioni 4 e 5 del presente documento) provengono e/o sono destinati agli impianti, già presenti, installati ed operanti nella Località Di Consegna (fuori dai Limiti di Batteria della Fornitura e in seguito "Impianto Esistente"). L'Impianto Esistente e la presente Fornitura sono operati a totale responsabilità e costi del Cliente.

## 2.1 Descrizione dei componenti.

### 2.1.1 R-101 – Reattore

Il reattore R-101 è un reattore catalitico nel quale avviene la conversione di  $SO_2$  in  $SO_3$  e una prima formazione di acido solforico.

Il catalizzatore utilizzato è il platino (Pt), data la sua bassa temperatura di soglia: esso funziona a partire da  $300^\circ C$ . Altri catalizzatori, quali l'ossido di vanadio ( $V_2O_5$ ) o l'ossido ferrico ( $Fe_2O_3$ ) possono essere utilizzati, ma hanno temperature di soglia superiori (circa  $400$  e  $500^\circ C$  rispettivamente).

L'intervallo di temperatura all'interno del quale ci si può muovere è basso, dal momento che al di sopra dei  $450 - 500^\circ C$  la conversione della  $SO_2$  si abbassa notevolmente. Ciò impone che la reazione non avvenga in un unico stadio sul catalizzatore, e quindi il reattore sarà costituito da due strati di catalizzatore, tra i quali è posto un sistema di raffreddamento per mantenere la temperatura operativa all'interno del range sopra citato.

### 2.1.2 E-101 – Scambiatore di calore (recupero termico)

Tale scambiatore consente ai Fumi di combustione (Alimentazione) di raffreddarsi per far condensare e quindi separare la componente acquosa contenuta in essi, e contestualmente di recuperare tale calore per riscaldare la stessa corrente prima di entrare nel reattore, assicurando il raggiungimento della temperatura desiderata.

**NOTA:** Tale apparecchiatura, come specificato anche sul PFD (doc. n. STC.01.14.PFD0205.REV00-03) potrebbe non essere presente nell'impianto, operando solamente con lo scambiatore di calore E-102 per il raffreddamento dell'Alimentazione e quindi per la condensazione dell'acqua presente in

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

essa, e con il riscaldatore elettrico E-103 per il riscaldamento della corrente entrante nel reattore R-101.

### 2.1.3 E-102 – Scambiatore di calore

Lo scambiatore di calore E-102 assicura il raggiungimento della temperatura di condensazione dell'acqua presente nei fumi di combustione, secondo specifica definita in fase di progetto.

**NOTA:** Qualora non fosse presente nell'impianto lo scambiatore E-101, lo scambiatore E-102 sarà di dimensioni maggiori assicurando tutto il salto di temperatura tra la temperatura di ingresso dell'Alimentazione fuori dai limiti di batteria e la temperatura di condensazione dell'acqua.

### 2.1.4 E-103 – Riscaldatore elettrico

Il riscaldatore elettrico E-103 è usato in fase di start-up dell'impianto per riscaldare la corrente di alimentazione disidratata in ingresso al reattore

**NOTA:** Nel caso l'alimentazione in ingresso fosse a bassa temperatura, proveniente da bombola (gas sintetico), il riscaldatore elettrico E-103 sarà usato durante tutto il ciclo di funzionamento dell'impianto e non solo nella fase di start-up.

### 2.1.5 E-104 – Scambiatore di calore

Lo scambiatore di calore E-104 è utilizzato per raffreddare la corrente di gas all'interno del reattore. Tramite esso la temperatura del reattore è mantenuta all'interno del range utile per la reazione di ossidazione della SO<sub>2</sub>. Il controllo della temperatura, difficile da effettuare all'interno del reattore, è quindi effettuato sullo scambiatore E-103.

### 2.1.6 S-101 – Separatore di condensa

Il separatore di condensa assicura la separazione della fase liquida, costituita dall'acqua separata dalla corrente di Alimentazione, dalla fase gas, costituita appunto dall'acqua separata dalla corrente di Alimentazione. Esso funziona grazie ad una guardia idraulica costituita dal serbatoio T-101.

### 2.1.7 T-101 – Guardia idraulica

La guardia idraulica T-101 assicura il corretto funzionamento del separatore di condensa: il liquido che arriva dal separatore S-101 entra nel serbatoio T-101 sotto il pelo libero dell'acqua, e il liquido in eccesso viene scaricato se il pelo libero dell'acqua supera il massimo livello consentito.

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

### 2.1.8 C-201 – Colonna di assorbimento

La colonna di assorbimento C-201 è una colonna in cui avviene la reazione di acidificazione a partire da  $SO_3$  e l'acqua. Tale colonna viene riempita d'acqua (o di acido ad una concentrazione minore di quella che si vuole ottenere alla fine) all'inizio del ciclo di lavoro dell'impianto e la corrente di fumi ossidati la attraversa: si ha formazione di acido (dalla reazione tra  $SO_3$  ed  $H_2O$ ) e la  $CO_2$  e l' $O_2$  gassosi che non reagiscono, contenuti nella corrente in ingresso, vengono spurgati dall'alto della colonna.

L'acido prodotto come liquido viene raccolto sul fondo della colonna e ricircolato in testa alla colonna: in questo modo la quantità di acqua contenuta nella colonna diminuisce sempre di più e l'acido prodotto è sempre più concentrato. Alla fine del ciclo di lavoro si ottiene un acido concentrato fino al 98%, secondo specifica.

La temperatura all'interno della colonna è tale da favorire la reazione esotermica di acidificazione. Le correnti in uscita da essa, sia quella gassosa che quella liquida, hanno una temperatura di circa 40° C.

### 2.1.9 T-201 – Serbatoio di accumulo $H_2SO_4$ concentrato

Il serbatoio di accumulo T-201 serve a raccogliere l'acido prodotto che sarà poi scaricato da esso con una corrente discontinua. È dimensionato in modo da garantire l'hold-up di liquido e di contenere tutto il volume di acido prodotto partendo da un riempimento iniziale di sola acqua.

### 2.1.10 E-201 – Scambiatore di calore

Lo scambiatore di calore E-201 raffredda la corrente di ricircolo nella colonna C-201 assicurando la costanza della temperatura all'interno di essa.

### 2.1.11 K-201 – Soffiante

La soffiante K-201 è utilizzata per assicurare il funzionamento dell'impianto, creando la depressione tale per cui i Fumi di Combustione riescano ad entrare nell'impianto.

**NOTA:** Qualora i Fumi di Combustione avessero la prevalenza necessaria a far funzionare tutto l'impianto potrebbe non essere presente.

### 2.1.12 P-201 – Pompa di ricircolo

La pompa P-201 assicura il ricircolo di soluzione acida in uscita dalla colonna C-201 nella colonna stessa. Non ci sono problemi dovuti alla temperatura, essendo la corrente in uscita intorno a 50°C.

<b>Project</b> STC.01.14	<b>Document no.</b> STC.01.14.TS0201.REV01	<b>Level</b>	1
--------------------------	--	--------------	---

## 2.2 Quadro Elettrico e Sistema di Controllo.

Da definire durante la Progettazione di Dettaglio

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

### 3 Capacità della Fornitura

La capacità della Fornitura è riferita alla portata di Alimentazione definita in TBD kg/h (di seguito **“Capacità”**).

Sulla base calendario di 365 giorni l’anno, e una base di servizio di 330 giorni annuo (35 giorni di fermo programmato annuo, non necessariamente continuativi), la Fornitura ha un fattore di servizio di 0,90; pari a 7.920 ore annue non necessariamente continuative e soggette a:

- i) l’erogazione da parte del Cliente dei Flussi In Ingresso all’interno di quanto specificato nel paragrafo 4 del presente documento;
- ii) l’erogazione da parte del Cliente dei Servizi, all’interno di quanto specificato nel paragrafo 6 del presente documento, in osservanza di tutti gli obblighi e responsabilità lì definiti;
- iii) la disponibilità del Cliente a gestire i Flussi In Uscita all’interno di quanto specificato nel paragrafo 5 del presente documento;
- iv) la corretta operazione della Fornitura da parte del Cliente così come descritta nella Documentazione Della Costruzione;
- v) la corretta manutenzione della Fornitura da parte del Cliente, eseguita a regola d’arte e agli intervalli specificati, così come descritta nella Documentazione Della Costruzione.

#### 3.1 Definizione dei Limiti di Batteria.

In seguito sono specificate le interfacce di collegamento alla Fornitura (insieme **“Collegamenti”**, e ciascuna **“Collegamento”**).

Ogni Collegamento ai limiti di batteria è composto di due terminali adatti all’adeguato allacciamento (ad esempio, flange, raccordi, morsetti, ecc). Uno dei terminali si trova all’interno dei limiti di batteria della Fornitura (**“Lato Fornitore”**), l’altro si trova al di fuori dei limiti di batteria della Fornitura (**“Lato Cliente”**).

Tutti i terminali di Collegamento, sia Lato Cliente sia Lato Fornitore, dovranno essere realizzati secondo la specifica del Fornitore (ad es. materiale, tipo di connettore, dimensione, standard di riferimento, ecc). Durante la Progettazione le Parti possono definire di comune accordo i dettagli di questa specifica.

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

## 4 Specifiche dei Flussi In Ingresso

**“Fumi di combustione” -** Descrizione: Corrente gassosa in uscita dal processo di combustione del carbone (esterno ai limiti di batteria):

Portata totale (Max / Nor / Min): 4,5 / - / - kg/h

Temperatura (Max /Nor /Min): 450 / - / - °C

Pressione (Max / Nor / Min): 0,2 / - / - barg

Composizione (così come specificata dal Cliente nell’Ordine):

Particolato: assente

Metalli pesanti e alcalini: assenti

NO<sub>x</sub>: assenti

CO<sub>2</sub>: 56%

SO<sub>2</sub>: 2%

H<sub>2</sub>O: 39%

O<sub>2</sub>: 3%

**“Reintegro lavaggio” –** Corrente discontinua di H<sub>2</sub>O, alimentata in modo da riempire la colonna prima di ogni ciclo di lavoro dell’impianto:

Portata (Max / Nor / Min) -\* / -\* / -\* kg/h (carico iniziale: 10 kg)

Temperatura (Max /Nor /Min): 20 / - / - °C

Pressione (Max / Nor / Min): 0 / - / - barg

Composizione (Nor): Il reintegro può essere H<sub>2</sub>O o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> diluito

Nota Generale: i valori indicati come Max, Nor o Min non rappresentano nell’insieme una condizione di funzionamento della Fornitura. Specificano unicamente valori di progetto.

\* Il funzionamento della colonna è di tipo discontinuo. L’alimentazione fresca viene caricata in un’unica soluzione prima di avviare il processo e scaricata una volta raggiunta la concentrazione di acido desiderata.

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

## 5 Disposizione sui Flussi In Uscita

### “Acido concentrato” –

Descrizione: Corrente discontinua di Acido Solforico sviluppato dalla concentrazione del Reintegro Lavaggio grazie alla reazione tra  $SO_3$  e  $H_2O$  avvenuta nel processo

Portata (Max / Nor / Min):                      -\* / -\* / -\* kg/h

Temperatura (Max / Nor / Min):              40 / - / - °C

Pressione (Max / Nor / Min):                0,2 / - / - barg

Composizione tipica in peso (sulla base dello Studio):

$SO_2$ :    0%

$SO_3$ :    0%

$O_2$ :    0%

$H_2O$ :    2%

$CO_2$ :     0%

$H_2SO_4$ :    98%

\* Il funzionamento della colonna è di tipo discontinuo. L'alimentazione fresca viene caricata in un'unica soluzione prima di avviare il processo e scaricata una volta raggiunta la concentrazione di acido desiderata.

### “Fumi di scarico”

Descrizione: Corrente gassosa composta dai gas incombusti o residui del processo.

Portata (Max / Nor / Min):                    3,4 / - / - kg/h

Temperatura (Max / Nor / Min):            40 / - / - °C

Pressione (Max / Nor / Min):                0,2 / - / - barg

Composizione tipica (sulla base dello Studio):

$SO_2$ :    0,01%

$SO_3$ :    0%

$O_2$ :    3,48%

$H_2O$ :    0%

$CO_2$ :     96,51%

$H_2SO_4$ :    0%

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

**"Acqua Reflua" –**

Descrizione: Soluzione acquosa contenente residui di sostanze del processo.

Portata (Max / Nor / Min): 0,9 / - / - kg/h

Temperatura (Max / Nor / Min): 30 / - / - °C

Pressione (Max / Nor / Min): 0,2 / - / - barg

Composizione tipica (sulla base dello Studio):

SO <sub>2</sub> :	0,01%
SO <sub>3</sub> :	0%
O <sub>2</sub> :	0%
H <sub>2</sub> O:	99,99%
CO <sub>2</sub> :	0%
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> :	0%

\* Nota 1: le condizioni dei Flussi In Uscita (flusso, composizione, temperatura, ecc.) possono variare secondo le condizioni dell'Alimentazione.

Nota Generale: i valori indicati come Max, Nor o Min non rappresentano nell'insieme una condizione di funzionamento della Fornitura. Specificano unicamente valori di progetto.

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

## 6 Specifiche dei Servizi

In seguito sono indicate le specifiche dei servizi industriali, da collegare, attivare ed erogare ai limiti di batteria della Fornitura, necessari per il suo funzionamento, collaudo e Installazione (in seguito "Servizi").

Tutti i costi associati alle erogazioni dei Servizi, inclusi ma non limitati all'attivazione, consumo e manutenzione dei Servizi, siano questi fissi o variabili, concessi o forniti dal Cliente o da terzi, sono in ogni momento a totale carico del Cliente.

E' obbligo e responsabilità del Cliente rendere i Servizi disponibili e garantire la loro erogazione ininterrotta, entro i livelli di specifica indicati in questa sezione e salvo interruzioni di durata massima accumulata di 4 ore, in rispetto della Prestazione e Capacità della Fornitura.

Nella misura massima consentita dalla legge applicabile, il Fornitore non sarà responsabile a titolo di indennizzo e restano esclusi da qualunque garanzia esplicita o implicita, qualsiasi perdita di profitto, perdita di produzione, perdita di utilizzo, perdita di contratti, perdita di affari, perdita di reddito, perdita di Capacità, perdita di Prestazione, perdita di dati, danni diretti o indiretti, speciali o consequenziali o perdite derivanti dalla mancata erogazione, erogazione parziale o fuori specifica, interruzione parziale, momentanea o totale dei Servizi.

### i) "Alimentazione Elettrica"

Linea 1: (dimensionamento da definire in progettazione di dettaglio)

Non inserita sotto generatore di emergenza (generatore di emergenza escluso dalla Fornitura).

NB. Il Fornitore può decidere l'impiego di altri tipi di tensione elettrica, anche alternata o continua, all'interno dei Limiti di Batteria, a seconda della richieste di funzionamento dei componenti inclusi nella Fornitura e in osservanza delle normative applicabili. In questo caso, le opportune trasformazioni e/o rettifiche sono realizzate all'interno del Quadro Controllo.

### ii) "Aria Strumenti"

Pressione di alimentazione: 6 barg (Min)

Filtrata e senza olio (Contenuto d'olio max 0,003 ppm; Polveri max 0,01 µm)

Deumidificata con punto di rugiada: -20 °C (Max)

### iii) "Azoto"

Pressione di alimentazione: 8 barg (Max)

Specifiche minima: Grado Tecnico 2.5

### iv) "Acqua Raffreddamento"

Project	STC.01.14	Document no.	STC.01.14.TS0201.REV01	Level	1
---------	-----------	--------------	------------------------	-------	---

**UtENZE:**

E-102: Raffreddamento indiretto dei fumi provenienti dalla combustione in ingresso al processo.

E-104: Raffreddamento intermedio indiretto della corrente che attraversa il reattore R-101.

Portata totale (Max / Nor / Min)\*: 194 / - / - kg/h

*\* valori arrotondati, maggiorati del 10% rispetto ai valori di processo.*

**Disponibile a\*\*:**

Temperatura (Max /Nor /Min): - / 20 / - °C

Pressione (Max / Nor / Min): 4,0 / 2,5 / 2,0 barg

**Ritorna a\*\*:**

Temperatura (Max /Nor /Min): - / 35 / - °C

Pressione (Max / Nor / Min): 4,0 / 2,5 / 2,0 bar g

*\*\* valori operativi, verifiche e bilanci di materia ed energia si trovano all'interno dei valori qui indicati.*

Massimo Delta di ritorno:  $\leq 20$  °C

**Caratteristiche tipiche:**

pH 9,0-10,0

Conduttività < 4.500  $\mu$ S/cm

Chloride < 100 ppm

Total iron (Fe) < 1 ppm

Corrosione 1 mm/yr

Nitrite 250-300 ppm

Bacteri < 1.000 colonies/ml

Altre: trattamento con inibitori per la corrosione e biocidi.

**viii) "Trasmissione Dati"**

Da definire in "Progettazione di Dettaglio".

<b>Project</b> STC.01.14	<b>Document no.</b> STC.01.14.TS0201.REV01	<b>Level</b> 1
--------------------------	--	----------------

## 7 Normativa applicabile

Le principali normative applicabili individuate sono:

- (a) Direttiva 94/9/EC (ATEX 94)
- (b) Direttiva 1999/92/EC (ATEX 137)
- (c) Direttiva 97/23/EC (PED)
- (d) Direttiva Macchine 2006/42/CE
- (e) Direttiva Bassa Tensione 2006/95/CE
- (f) Direttiva Compatibilità Elettromagnetica 2004/108/EC
- (g) CEI EN 60204 -1
- (h) CEI EN 60439-1