

PRODUCCION DE ACIDO SULFURICO AL 98,5% Y DIOXIDO DE AZUFRE LIQUIDO AL 98,9%

\*CALCULO DE MOLES REQUERIDAS DE SO3

DATOS:

REACCION:  $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

PUREZA DEL ACIDO PRODUCIDO:	98,5 %
PRODUCCION DE ACIDO REQUERIDA:	600 KTPA
PRODUCCION DE SO2 REQUERIDA:	33 KTPA
DIAS DE OPERACION:	355 DIAS

Especie	Peso molecular	kg/mol
O2	32	kg/mol
N2	28,0134	kg/mol
H2O	18,01528	kg/mol
SO2	64	kg/mol
SO3	80,06	kg/mol
S	32,065	kg/mol
H2SO4	98,079	kg/mol

AL TRANSFORMAR LAS UNIDADES SE OBTIENE:

Kton	año	dia	Kg/ton	Kg/h
600	355	24	1000000	70.423

CON RESPECTO A LA MASA DE H2SO4, EL 98,5%, RESULTANDO ES:

Flujo Masico:	69.366	Kg/H
Peso molecular:	98.079	Kg/Kmol
Flujo molar:	707	Kmol/H

69.366 Kg/H

DIVIDIENDOLO POR EL PESO MOLECULAR

\*CALCULOS DE MOLES REQUERIDAS DE SO2

DATOS:

REACCION:  $SO_2 + 0,5 O_2 = SO_3$

CONVERSION GLOBAL DEL REACTOR: 99,7% → 99,7 → 0,997

PRODUCCION DE SO2 LIQUIDO: 33 KTPA

Kton	año	dia	Kg/ton	Kg/h
33	355	24	1000000	3.873

DE LA ECUACION por lo tanto:

Y LA CONVERSION GLOBAL DEL REACTOR SE TIENE QUE )

709 kmol/H

ADEMAS TENEMOS QUE:

DIVIDIENDOLO PARA EL PESO MOLECULAR DEL SO2 PARA LA PRODUCCION REQUERIDA

SIENDO LA CANTIDAD DE MOLES NECESARIOS DE SO2 PARA LA PRODUCCION REQUERIDA →

60,5 kmol/h

POR LO TANTO →

770 kmol/h

\*CALCULO DE AZUFRE REQUERIDO.

DATOS:

REACCION:  $S + O_2 = SO_2$

PORCENTAJE DE COMBUSTION: 100%

POR MEDIO DE LA ECUACION  $S + O_2 = SO_2$  Y EL % DE COMBUSTION, SE OBTIENE QUE LOS MOLES DE AZUFRE REQUERIDOS SON IGUALES A LOS MOLES DE SO3 PRODUCIDOS,

POR LO TANTO LA MASA DE AZUFRE ESTA DADA POR LA ECUACION:

nS=	770	Kmol/h
masa molecular=	32	Kg/Kmol
mS=	24686,7	Kg/h

mS= 24810 Kg/h

Por retencion en el filtro del 0,05% como ceniza se considera un valor de:

3.84947852 kmol/h 774 kmol/h

\*CALCULO OXIGENO ESTEQUIOMETRICO REQUERIDO

DATOS:

REACCION:

COMO SE TIENE QUE remplazando tenemos:

entonces

aplicando RESULTA QUE LA M OXIGENO ES

nS=	770	Kmol/h
nO2=	1155	Kmol/h
mO2=	36	Kg/h

\*CALCULO EXCESO DE OXIGENO

A LA ENTRADA DEL REACTOR DE SO3 SE DETERMINO QUE LA ALIMENTACION MOLAR DE OXIGENO Y DE DIOXIDO DE AZUFRE SERA LA MISMA, Y COMO SE CONSUME OXIGENO PARA LA PRODUCCION DE SO2 Y CONSIDERANDO QUE SE LICUA UNA FRACCION DE SO2 SE OBTIENE

SE OBTIENE

DESPEJANDO X OBTENEMOS X= 0,28

1479	1,28	1	0,28
1155			
nO2=	1479	Kmol/h	

\* CALCULO DE AIRE SECO REQUERIDO

COMPOSICION MOLAR DEL AIRE SECO: 20,95% O2 Y 79,05% N2

O2: 0,2095 N2: 0,7905

peso molecular aire 29 kg/mol

7060 Kmol/h

n=m/PM 203734,181 kg/h

**\*CALCULO DE AIRE HUMEDO REQUERIDO**  
 TEMPERATURA DEL AIRE: 19,3 °C  
 HUMEDAD RELATIVA: 85%  
 UTILIZANDO LAS TABLAS PSICOMETRICAS DE OBTIENE LA CANTIDAD DE AGUA QUE CONTIENE EL AIRE  
 EN LAS CONDICIONES DADAS, LA CUAL

APLICANDO A LA MASA DE AIRE REQUERIDO SE OBTIENE LA CANTIDAD DE AGUA EN EL FLUJO DE AIRE

por lo tanto la cantidad de aire humedo alimentado serade

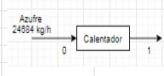
mH2O:	2506	kg agua/ h
Agua en el aire:	0,0123	Kg agua/ Kg aire seco
m. aire humedo:	206240	kg/h

**\* BALANCE DE MASA POR EQUIPO**

**\*BALANCE DE MASA DEL CALENTADOR DE AZUFRE**

EL FLUJO 0, ALIMENTACION DE AZUFRE, QUE SE DETERMINO EN LOS CALCULOS DE LAS CONDICIONES INICIALES FUE DE 770 kmol/h

FLUJO 0:  
 n0.s= 774 kmol/h  
 T0= 25 °c



FLUJO 1:  
 n1.S= 774 kmol/h  
 T1= 150 °c

B.G  
~~E+G=C+S~~  
 E=S

Especie	Entra	Salida
S	774	774
Total	774	774

**\*BALANCE DE MASA DEL FILTRO**

B.G  
~~E+G=C+S~~  
 E=S  
 FLUJO 1:  
 n1.S= 774 kmol/h  
 T1= 150 °c  
 Flujo masico: 24810 kg/h



774		3,85	123,2	FLUJO 6	
n.Ceniza:	3,868725911	kmol/h	n.6:	770	kmol/h
Flujo masico:	124,050696	kg/h	Flujo masico:	24686	kg/h

**\*BALANCE DE MASA TORRE DE SECADO**

COMPOSICION MOLAR DEL AIRE: 20,95%O2 Y 79,05%N2

FLUJO 3  
 AIRE HUMEDO  
 m3= 206.240  
 t3= 19.3  
 Composicion aire humedo:  
 Wm3.O2: 0,23  
 Wm3.N2: 0,758  
 Wm3.H2O: 0,012

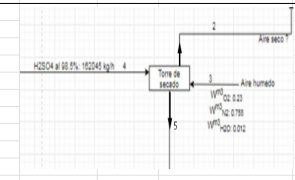
Flujo molar

m3.O2=	47435,22572	1479,345882
m3.N2=	156412,5008	5583,488645
m3. H2O=	2495,505353	138,5215968

FLUJO 4: ACIDO CONCENTRADO  
 X4.a.c= 0,985

FLUJO 5: ACIDO DILUIDO  
 X5.a.c= 0,97

FLUJO 2:  
 m2.H2O= 0 KG



B.G  
~~E+G=C+S~~  
 E=S

Especie	Flujo molar	%	Entrada	Salida
O2	1.479	20,5%	1.479	1.479
N2	5583	77,5%	5583	5583
H2O (g)	139	1,9%	139	0
Total	7.201	100%	7.201	7.063
H2O (l)	135	7,7%	135	274
H2SO4 (l)	1629	92,3%	1629	1629
Total	1764	100%	1764	1.902
Suma de Totales(E=S):			8965	8.965

BALANCE GLOBAL  
 m3+m4=m2+m5

BALANCE AL ACIDO  
 0,985 \* m4 = 0,97 \* m5

BALANCE AL AGUA  
 0,15 \* m4 + 2506 kg/h = 0,03 \* m5

Despejando queda el siguiente sistema de ecuaciones 0,015

Ecuacion:

1	0,985 * m4 - 0,97 * m5 = 0
2	0,015 * m4 - 0,03 * m5 = -2,506

0,985 x 0,97 y 0

0,015 x 0,03 y -2506

0,985 m4 0,97 m5 0 -0,03

0,015 m4 0,03 m5 -2506 0,97

-0,02955 m4 -0,0291 m5 0

0,01455 m4 0,0291 m5 -2430,752518

-0,015 0 -2430,752518

m4= 162050 Kg/h

Remplazando en la ecuacion 2:

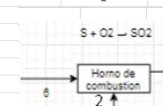
0,015 m4	0,03 m5	-2506
2430,752518	0,03 y	-2506
	-0,03 m5	-4936,752518
	m5=	164558 Kg/h

Kg/h

Corriente 4:	162050	n4	Peso molecular Kg/mol	Flujo molar de la corriente 4:
H2O: 0,015	2431	n4(H2O)=	18	1764
H2SO4: 0,985	159619	n4(H2SO4)=	98	
Corriente 5:	164558	n.5	Peso molecular Kg/mol	Flujo molar de la corriente 5:
H2O: 0,03	4937	n.5(H2O)=	18	1903
H2SO4: 0,97	159622	n.5(H2SO4)=	98	

**\*BALANCE DE MASA QUEMADOR**

Entrada =  
 m. aire= 203.734 kg/h  
 \*equivalente al valor:  
 m2= 203.734 kg/h  
 pasando a flujo molar:  
 n2= 7.060 kmol/h



Salida  
 FLUJO 7:  
 n7.O2= 709 Kmol/h  
 n7.N2= 5.581 Kmol/h  
 n7.SO2= 770 Kmol/h

B.G  
~~E+G=C+S~~

Especie	ENTRA	REACIONA	PRODUCE	SALE
S	770	770		0
O2	1.479	770		709
N2	5.581			5.581
SO2	0		770	770
Total	7.830	1.540	770	7.060

Entrada	8.600	=	Salida	8.600
---------	-------	---	--------	-------

**\*BALANCE DE MASA CALDERA**

FLUJO 7:

n7.O2= 709 KMOL/H  
n7.N2= 5.581 KMOL/H  
n7.SO2= 770 KMOL/H

B.G

$$E+G=C+S$$

$$E=S$$



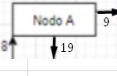
FLUJO 8:

n8.O2= 709 Kmol/h  
n8.N2= 5.581 Kmol/h  
n8.SO2= 770 Kmol/h

Especie	Entra	Sale
O2	709	709
N2	5.581	5.581
SO2	770	770
<b>Total</b>	<b>7.060</b>	<b>7.060</b>

**\*BALANCE DE MASA DEL NODO A**

FLUJO 8:  
n8.o2= 709 kmol/h  
n8.N2= 5.581 kmol/h  
n8.so2= 770 kmol/h



FLUJO 9:  
n9.o2= 523 kmol/h  
n9.N2= 4.119 kmol/h  
n9.so2= 568 kmol/h

FLUJO 19:  
n8.o2= 186 kmol/h  
n8.N2= 1.462 kmol/h  
n8.so2= 202 kmol/h

EL FLUJO n.9 TIENE QUE TENER LAS MOLES NECESARIAS PARA PRODUCIR 60,5 MOLES DE SO2 A LA SALIDA DEL SEPARADOR DE GASES SG. SABIENDO QUE SE CONDENSARA EL 30% DEL SO2 ALIMENTADO, ENTONCES:

SO2: 60,5 kmol/h  
PORCENTAJE 30% 0,3  
POR LO TANTO  
n9.SO2= 202 kmol/h  
ENTONCES POR BALANCE AL SO2 SE TIENE QUE:  
n9=1850 kmol/h  
Y POR BALANCE GLOBAL:  
n19= 5210 Kmol/h

BALANCE GLOBAL:

$$n8=n9 + n19$$

$$60,5 \text{ kmol/h} = 0,3 \times n9 \text{ SO2}$$

porcentaje	Especie	Flujo 8	Flujo 19	Flujo 9
		Entra	Sale	Sale
10%	O2	709	523	186
79%	N2	5.581	4.119	1.462
11%	SO2	770	568	202
	<b>Total</b>	<b>7.060</b>	<b>5.210</b>	<b>1.850</b>

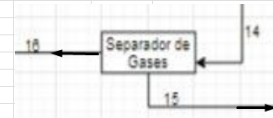
**\*SEPARADOR DE LIQUIDOS**

B.G

$$E+G=C+S$$

$$E=S$$

porcentaje	Especie	Flujo 14	Flujo 16	Flujo 15	Porcentaje
		Entra	Sale	Sale	
10%	O2	186	186	0,1778572986	0,3%
79%	N2	1.462	1.461	1,257705183	2%
11%	SO2	202	141	60,5193662	98%
	<b>Total</b>	<b>1.850</b>	<b>1.788</b>	<b>61,95</b>	



\* el peso molecular

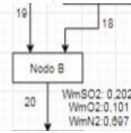
3965,11543 kg/h

Entonces transformando a KTNA:

33,8 KTNA

**\*BALANCE DE MASA DEL NODO B**

FLUJO 8:  
n8.o2= kmol/h  
n8.N2= kmol/h  
n8.so2= 3.965 kmol/h



B.G

$$E+G=C+S$$

$$E=S$$

FLUJO 9:  
n9.o2= 186 kmol/h  
n9.N2= 1.461 kmol/h  
n9.so2= 141 kmol/h

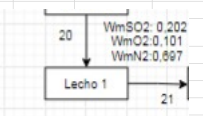
FLUJO 19:  
n8.o2= 709 kmol/h  
n8.N2= 5.580 kmol/h  
n8.so2= 709 kmol/h

Especie	Flujo 19	Flujo 18	Flujo 20	porcentaje
	Entra	Entra	Sale	
O2	523	186	709	10%
N2	4.119	1.461	5.580	80%
SO2	568	141	709	10%
<b>Total</b>	<b>5.210</b>	<b>1.788</b>	<b>6.998</b>	

**\*BALANCE DE MASA DEL REACTOR (LECHO 1)**

Especie	Flujo 20		Flujo 21		Reacciona	Produce
	Valor (Kmol/h)	%	Valor (Kmol/h)	%		
SO2	709	10%	284	40%	426	
SO3	0	0%	426	100%		426
O2	709	10%	496	70%	213	
N2	5.580	80%	5.580	100%		
<b>Entrada</b>	<b>6998</b>		<b>6785</b>		<b>Consumo</b>	<b>638</b>
<b>Totales</b>						
B.G		E+G=S+C		0		

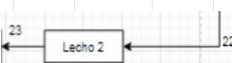
SO2	O2	SO3
1,00	0,50	1



**\*BALANCE DE MASA DEL REACTOR 2 (LECHO 2)**

$$E+G=S+A$$

Especie	Flujo 22	Flujo 23	Reacciona	Produce
	Entradas	SALIDAS		
E+G=S+C		62,5%= 0,625		



Especie	Valor (Kgmol/h)	%	Valor (Kgmol/h)	Kgmol/h
SO2=	284	4%	106	177
SO3=	426	6%	603	177
O2=	496	7%	408	89
N2=	5580	82%	5580	
Entrada	6785	Salida	6697	Consumo
Totales				266
B.G			E+G=5+C	0

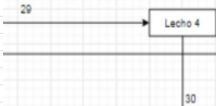
\*BALANCE DE MASA DEL REACTOR (LECHO 3)

E+G=5+C		53,3%=		0,533	
Flujo 20		Flujo 21			
Entradas		SALIDAS		Reacciona	
Especie	Valor (Kgmol/h)	%	Valor (Kgmol/h)	Kgmol/h	Produce
SO2=	106	2%	50	57	
SO3=	603	9%	660	57	
O2=	408	6%	379	28	
N2=	5580	83%	5580		
Entrada	6697	Salida	6668	Consumo	85
Totales				B.G	E+G=5+C
					0



\*BALANCE DE MASA DEL REACTOR (LECHO 4)

E+G=5+C		95,7%=		0,957	
Flujo 29		Flujo 30			
Entradas		SALIDAS		Reacciona	
Especie	Valor (Kgmol/h)	%	Valor (Kgmol/h)	Kgmol/h	Produce
SO2=	50	1%	2	48	
SO3=	0	0%	48	48	
O2=	379	6%	355	24	
N2=	5580	93%	5580		
Entrada	6009	Salida	5985	Consumo	71
Totales				B.G	E+G=5+C
					0

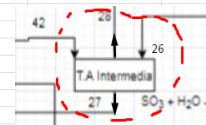


\*BALANCE DE MASA TORRE DE ABSORCION INTERMEDIA

14,4% Para la reacción de SO3 + H2O = H2SO4  
 85,6% Se tiene que se requiere 1 Kgmol/h de SO3 y se requiere 1 kgmol de H2SO4 por lo que

E=S		Flujo 26		SALIDAS		Flujo 28	
Especie	ENTRADAS	Flujo 26	SALIDAS	Flujo 28	Reacciona	Produce	
SO2=	50	KMOL/H	50	KMOL/H			
SO3=	660	KMOL/H	0	KMOL/H			
O2=	379	KMOL/H	379	KMOL/H			
N2=	5580	KMOL/H	5580	KMOL/H			
Total=	6668	KMOL/H	6009	KMOL/H			
Entrada	H2O	1408	KMOL/H	748	KMOL/H	Salidas	
Flujo 42	H2SO4	8359	KMOL/H	9019	KMOL/H	Flujo 27	
Total		9767	KMOL/H	9767	KMOL/H		660

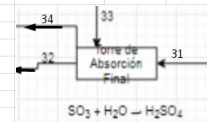
Reacciona	Produce
660	
	660



\*BALANCE DE MASA TORRE DE ABSORCION FINAL

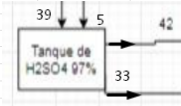
Porcentajes molares de ingreso de la corriente 33.

E=S		ENTRADA. Flujo 31		SALIDA. Flujo 34		Reacciona		Produce	
Especie	ENTRADA. Flujo 31	SALIDA. Flujo 34	Reacciona	Produce					
SO2=	2	KMOL/H	2	KMOL/H					
SO3=	48	KMOL/H	0	KMOL/H		48			
O2=	355	KMOL/H	355	KMOL/H					
N2=	5580	KMOL/H	5580	KMOL/H					
Total	5985	KMOL/H	5937	KMOL/H					
Entrada. Flujo 33	H2O	101	KMOL/H	54	KMOL/H	Salida. Flujo 32			
	H2SO4	602	KMOL/H	650	KMOL/H		48		
Total		704	KMOL/H	704	KMOL/H				



\*BALANCE DE MASA TANQUE ACIDO SULFURICO DILUIDO

B.G  
 $E+G=C+S$   
 $E=S$   
 n.33: 704 kmol/h  
 n.42: 9767 kmol/h  
 $n5 + n39 = n42 + n33$   
 QUEDANDO  
 $1901 \text{ kmol/h} + n39 = 9767 \text{ kmol/h} + 704 \text{ kmol/h}$   
 resultado  
 $n39 = 8569 \text{ kmol/h}$  de acido diluido al 97%



n5 + n39 = n42 + n33	
n5	1902,3
n39	?
n42	9767
n33	704

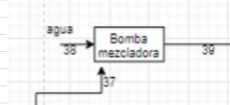
n39 = n42 + n33 - n5	Acido sulfurico al 97%
8569	

Flujo 5	Flujo 39	Flujo 33	Flujo 42
Entra	Entra	Sale	Sale
Kmol/h	Kmol/h	Kmol/h	Kmol/h
H2SO2	1902,3	8569	704
Total	10471		10471

\*BALANCE DE MASA BOMBA MEZCLADOR

CON LA ECUACION DE BALANCE GLOBAL, Y CON LA ECUACION DE BALANCE AL AGUA, SE LOGRA OBTENER EL VALOR DE LOS FLUJO 37 Y 38

LA FRACCION MOLAR DE H2SO4 EQUIVALENTE ES LA SIGUIENTE	
n.37: 0,92344	H2SO4
0,985(masico) = 0,9234(molar)	0,07656 H2O
n37+n38=	8569 kmol/h
n37=	7.942 kmol/h
n.38=	627 kmol/h



Especie	Flujo 37	Flujo 38	Flujo 39	Porcentaje
	Entra	Entra	Sale	
H2O	608,0140295	627	257,0600116	3%
H2SO2	7333,653023	0	8311,60704	97%
Total	7942	627	8569	100%

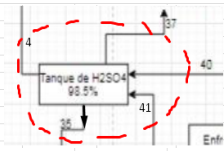
\*BALANCE DE MASA TANQUE ACIDO SULFURICO CONCENTRADO AL 98,5%

E=S

$n37 + n35 = n4 + n40 + n41$

$\Sigma E$	$\Sigma S$
10471	1763,7+7942+n35

$n_{40} + n_{41} = n_4 + n_{37} + n_{35}$   
 QUEDANDO:  
 $1762 \text{ Kmol/h} + 7942 \text{ kmol/h} + n_{35} = 9767 \text{ Kmol/h} + 703 \text{ Kmol/h}$   
 RESULTANDO:  
 $n_{35} = 703 \text{ Kmol/h}$  de acido diluido al 98,5%



s	n4	1763,8	kmol/h
e	n40	9767	kmol/h
e	n41	704	kmol/h
s	n37	7942	kmol/h
s	n35	?	kmol/h

	=	
		765 kmol/h
Flujo masico:		75.062 Kg/h
Produccion anual en KTN:		640