



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS “ESPE”

CARRERA DE INGENIERÍA EN PETROQUÍMICA

**TEMA : “ESTUDIO DE LA OBTENCIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO
POR MÉTODOS DE CONTACTO”**

AUTOR: BAHAMONDE RIVERA, DIEGO FERNANDO

DIRECTOR: RODRÍGUEZ MAECKER, ROMÁN NICOLAY, PhD.



Contenido:

- **INTRODUCCIÓN**
- **OBJETIVOS**
- **METODOLOGÍA**
- **RESULTADOS**
- **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

INTRODUCCIÓN



Historia

Johann Glauber
Joshua Ward
Peregrine Phillips



Emisiones

Necesidad de
alta conversión
de materia
prima



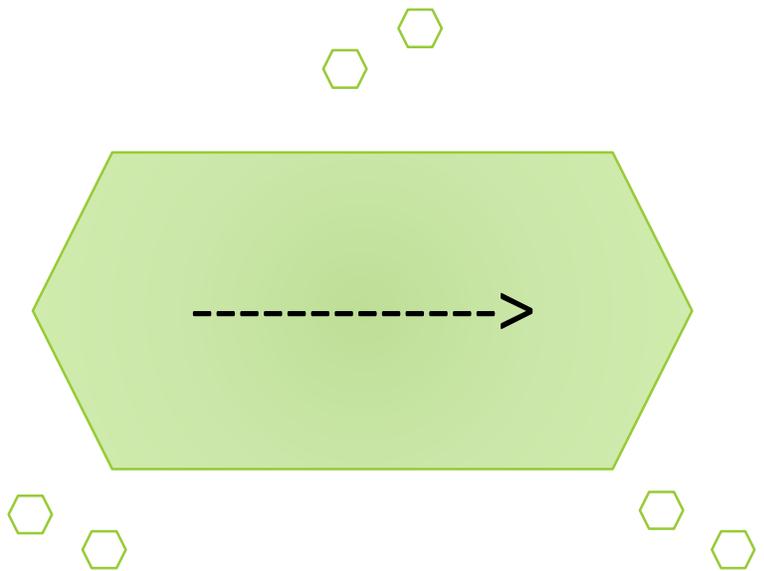
Disponibilidad de materia prima

Minerales
Remoción en
combustibles
Refinación de
petróleo

INTRODUCCIÓN



Industrias
conexas



Ecuador



Contenido:

- INTRODUCCIÓN
- **OBJETIVOS**
- METODOLOGÍA
- RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

OBJETIVOS

Realizar un estudio del aprovechamiento energético de las corrientes calientes del proceso mediante el número óptimo de intercambiadores de calor.

Validar los resultados obtenidos de concentración de ácido sulfúrico en la simulación mediante el software estacionario Pro II, en relación a concentraciones reportadas en trabajos científicos existentes.

Realizar la simulación en Pro II del proceso de obtención de ácido sulfúrico por contacto para evaluar la viabilidad del software estacionario en operaciones con azufre y sus compuestos derivados.

Evaluar la desviación de resultados de la simulación en comparación a trabajos científicos existentes que utilicen otro software estacionario diferente a Pro II.

Comparar los resultados obtenidos de la simulación del proceso con los resultados de métodos convencionales a escala industrial, para validar que la simulación modular secuencial se encuentre apegada aceptablemente a los datos de condiciones de operación provenientes de bibliografía.

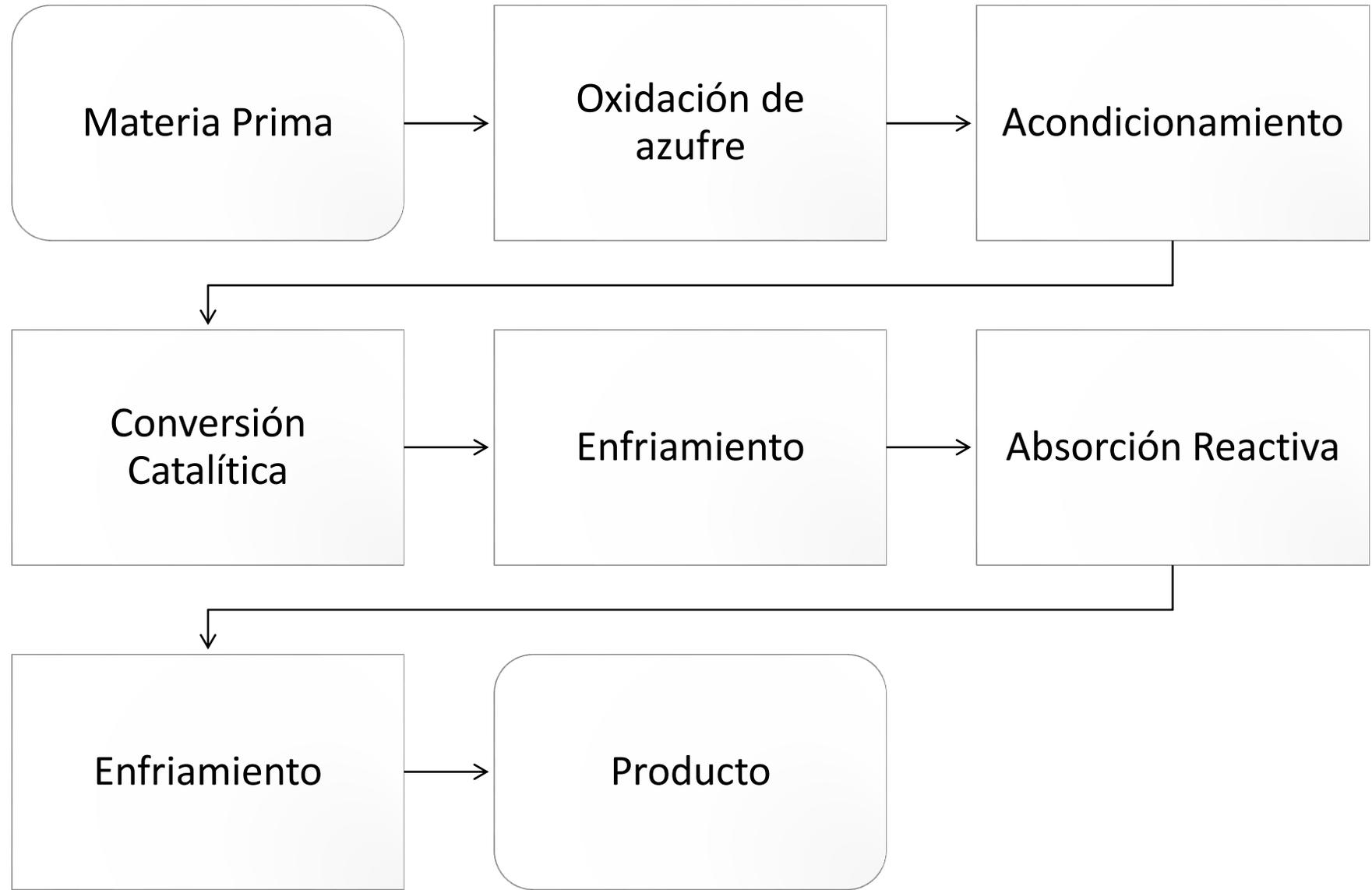


Contenido:

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
- **METODOLOGÍA**
- RESULTADOS
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Figura 1.

Diagrama de flujo del proceso general de obtención de ácido sulfúrico por medio de métodos de contacto



PRINCIPALES ETAPAS DE PRODUCCIÓN

Combustión de azufre

La corriente de azufre líquida es llevada junto con aire a un horno de combustión, donde el azufre reacciona con el oxígeno contenido en el aire bajo la siguiente estequiometría:



Se hace reaccionar el azufre con el aire proveniente de una corriente acondicionada a 100 °C, para producir SO₂ en un rango de temperaturas de 250 a 700 °C debido a que como menciona Ortuño (2012) cerca de los 415 °C el azufre pierde humedad y alcanza su punto de ignición.

Combustión de azufre

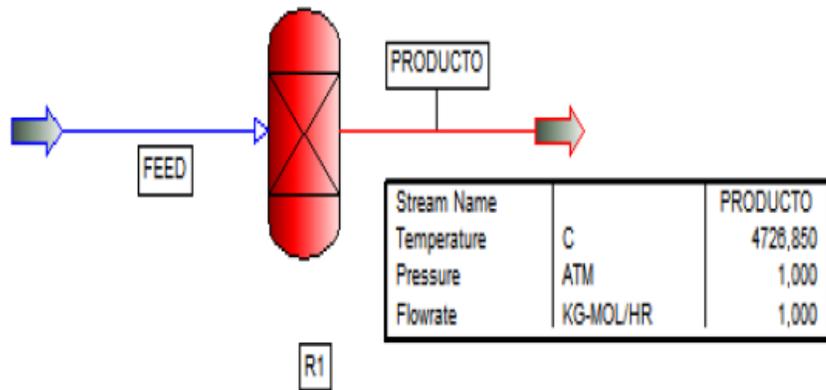


Figura 2.
Ensayo de obtención de la temperatura de reacción adiabática para conversión completa

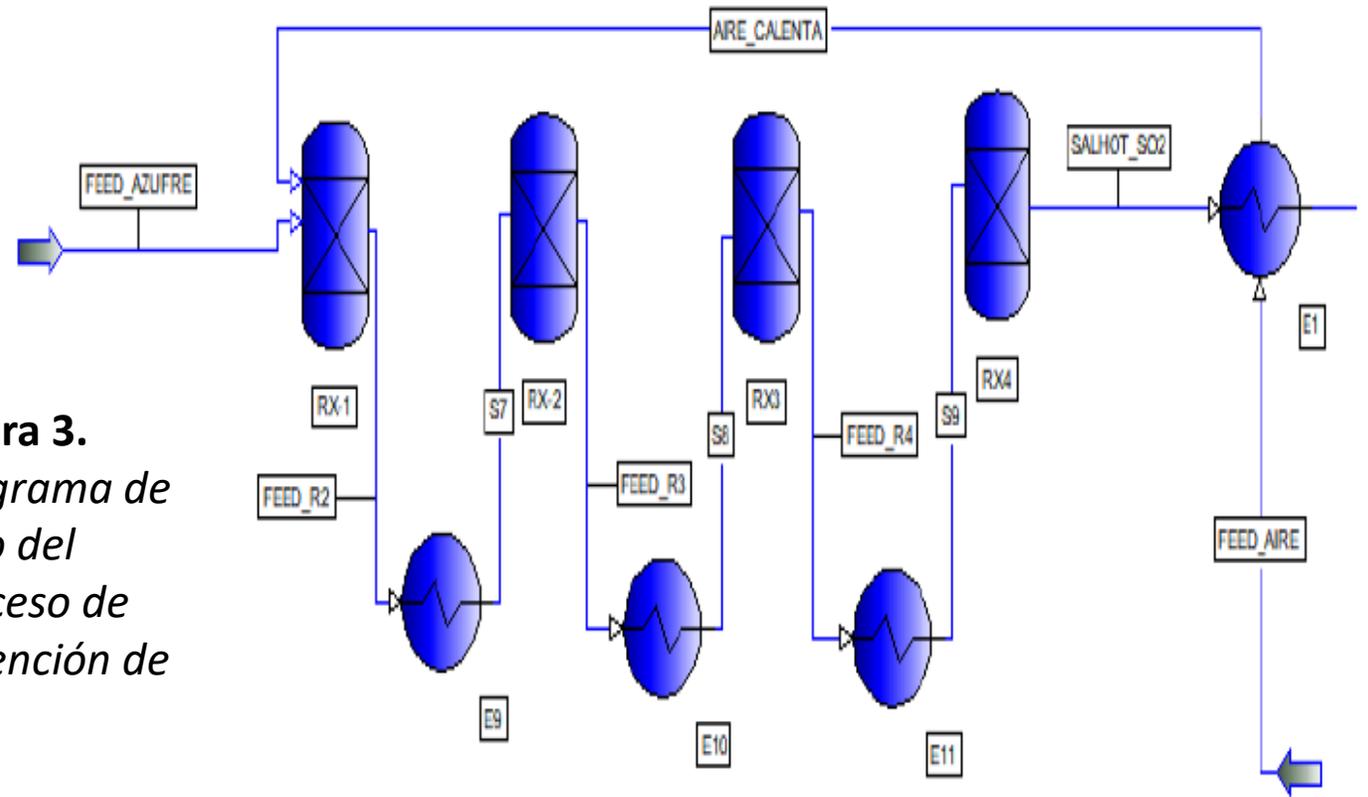


Figura 3.
Diagrama de flujo del proceso de obtención de SO₂

PRINCIPALES ETAPAS DE PRODUCCIÓN

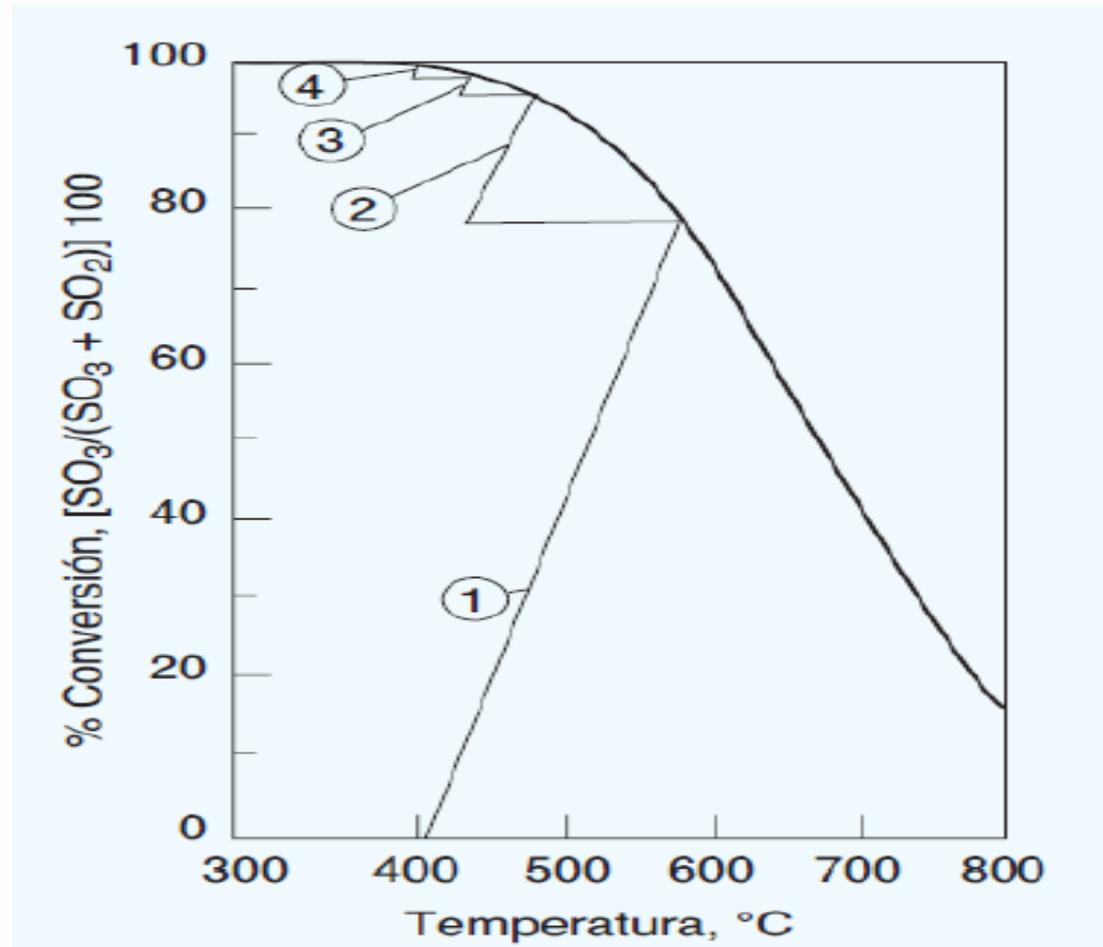
Oxidación catalítica de SO_2

El gas producido en la etapa de combustión es acondicionado para ser llevado al reactor, en un lecho catalítico de 4 etapas en presencia de pentóxido de vanadio como catalizador, se produce la reacción de SO_2 y oxígeno:



Debido a que los catalizadores de V₂O₅ exigen temperaturas sobre los 400 °C, la conversión pasa a ser una función de la temperatura para lo que Ortuño (2012) propone que la transformación fuera isotérmica logrando eliminar el calor desprendido durante la oxidación, lo que no representa la practica industrial y por lo que menciona se opera en un régimen aproximado al adiabático en varias etapas.

Figura 4.
Influencia de la temperatura en el equilibrio de conversión del SO₂ (Ortuño, 2012).



Oxidación catalítica de SO_2

Figura 5.
Lecho catalítico enfriado por etapas (Seider, 2009).

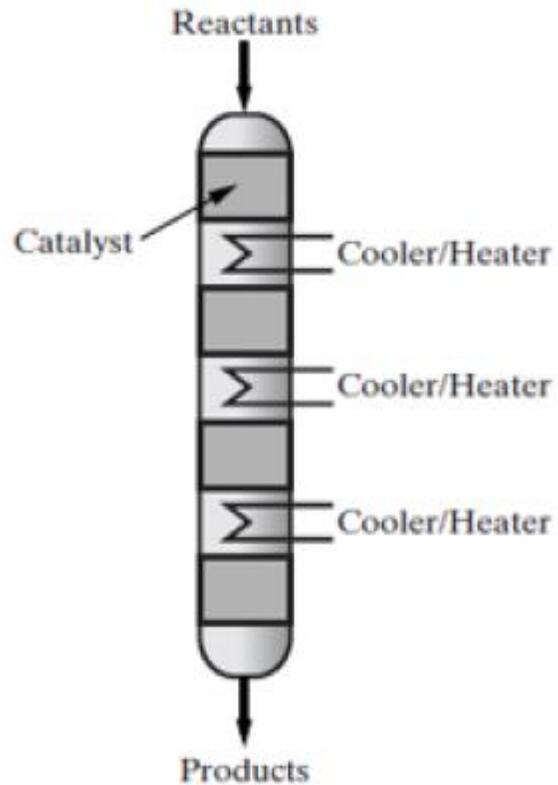
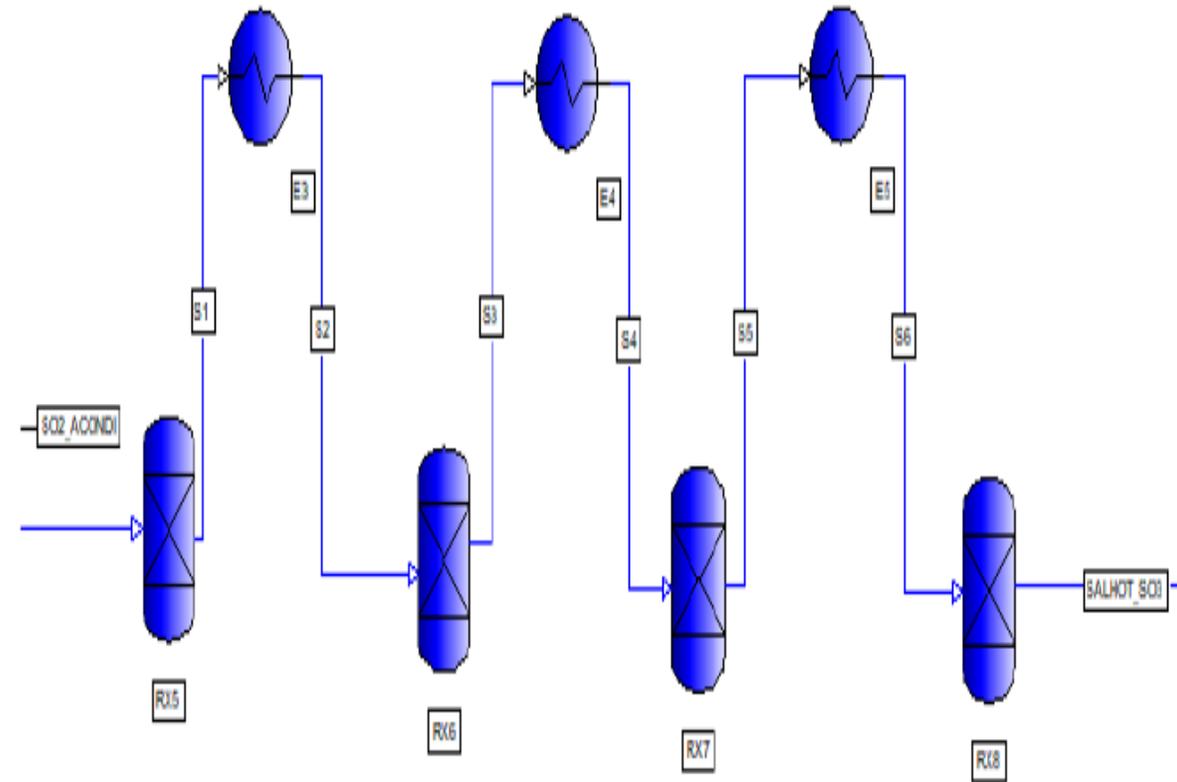


Figura 6.
Diagrama de bloques de la etapa de obtención de SO_3



PRINCIPALES ETAPAS DE PRODUCCIÓN

Absorción de SO_3 con H_2SO_4

Se absorbe con ácido sulfúrico al 98% el gas de salida del lecho catalítico mediante un mecanismo torre reactiva, donde tiene lugar la siguiente reacción:



Una corriente de ácido sulfúrico concentrado que ingresa a la torre de absorción junto con 1146,250 kg/h de gas proveniente de la etapa de obtención de SO_3 forman las corrientes de alimentación de la etapa de obtención de ácido sulfúrico comercial.



Contenido:

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA
- **RESULTADOS**
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

RESULTADOS (Conversión de S a SO₂)

Obtención de SO₂

Como flujo de corriente de alimentación del proceso se tiene 136,25 kg/h de S, se producen 256,26 kg/h de SO₂ con el consumo de 128 kg/h de O₂, proveniente de una corriente de aire de 1010 kg/h en exceso que constituye un fundamento para generar conversiones aceptables y para desplazar la reacción de formación hacia la derecha.

Tabla 1.
Comparación del parámetro de conversión en la etapa de oxidación de azufre

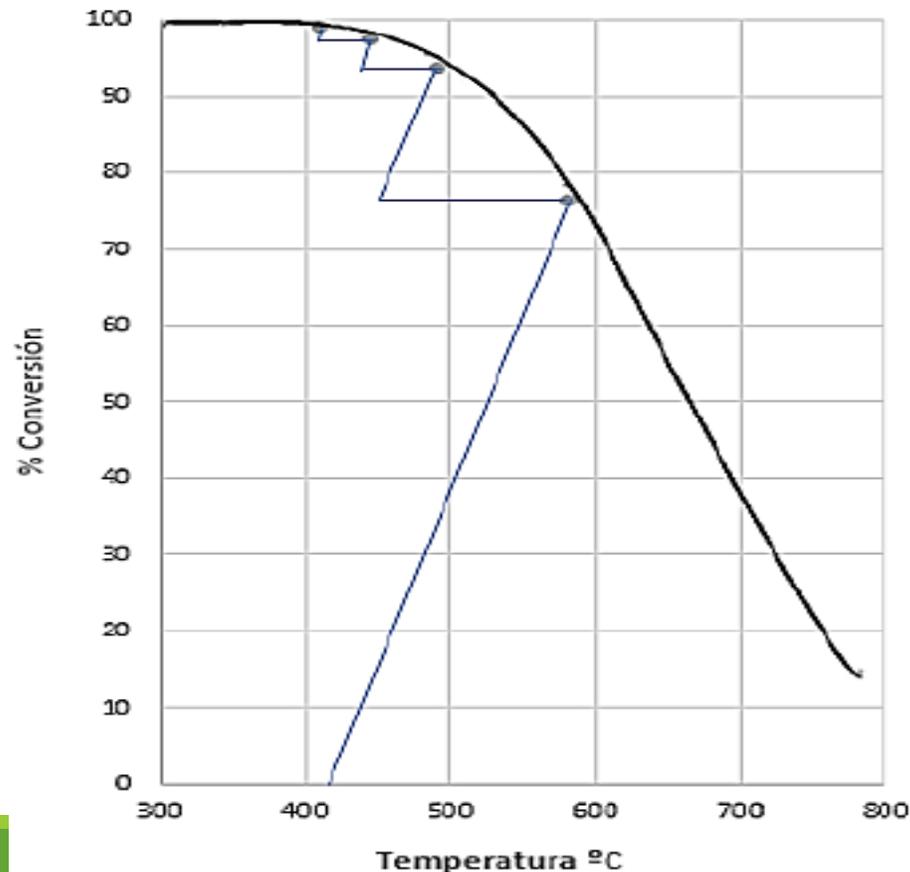
Variable	Aspen Plus	Pro II
	Fuente: (Riveros, 2015)	
% Conversión	94,74	94,14

RESULTADOS

Oxidación catalítica de SO₂

Los datos obtenidos del equilibrio de conversión de SO₂ a SO₃ frente a la temperatura por medio del simulador Pro II son verificados al levantar un gráfico de temperatura vs porcentaje de conversión que otorga una tendencia de curva muy similar a la presentada en bibliografía Ortuño (2012) lo cual concluye que los cálculos y resultados entregados por el simulador son aceptables.

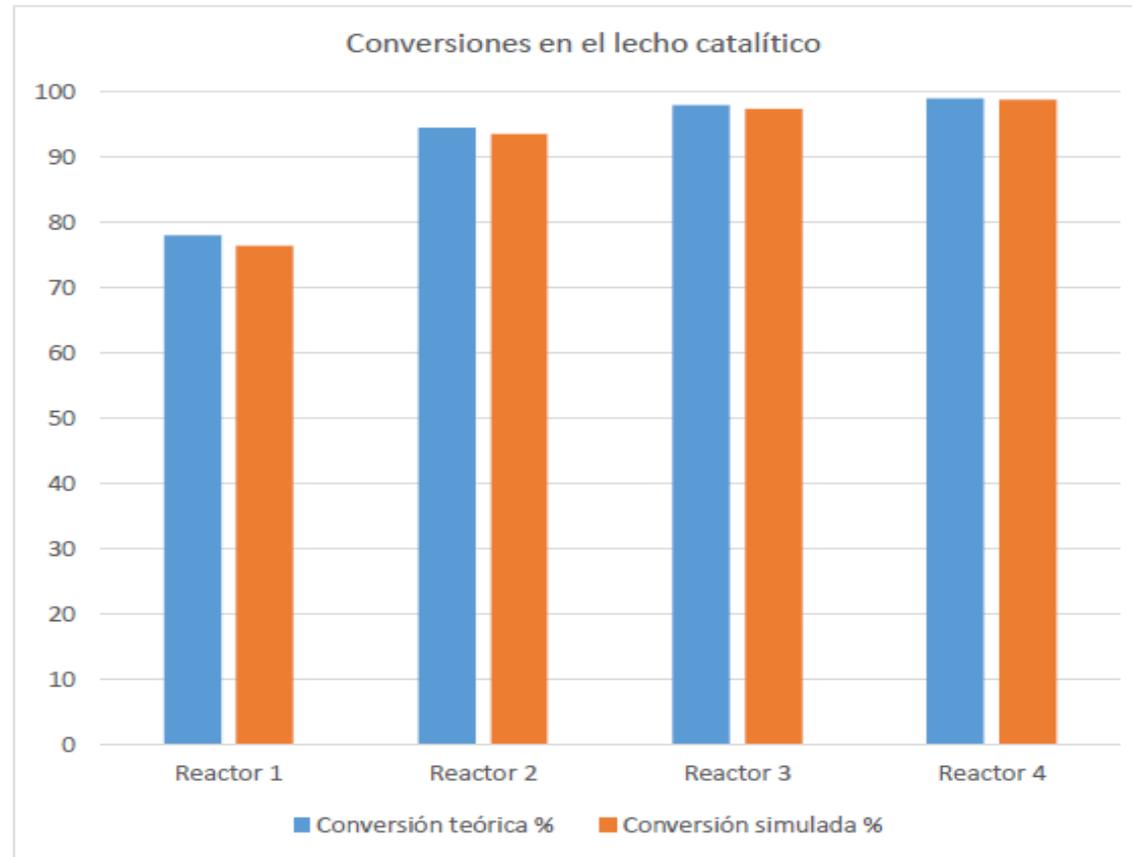
Figura 9.
Diagrama de conversión obtenida con datos de la simulación



RESULTADOS(Conversión de SO₂ a SO₃)

Oxidación catalítica de SO₂

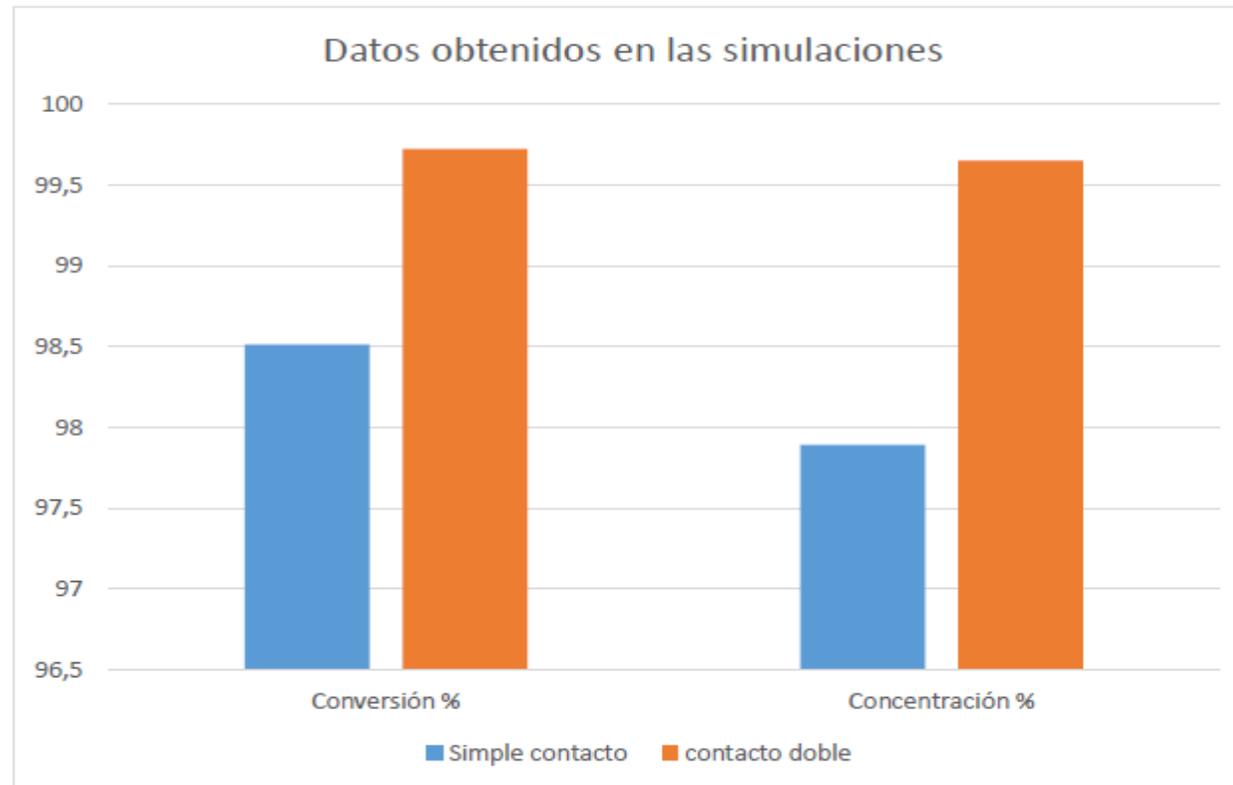
Figura 10.
Comparación de conversiones obtenidas en el simulador con valores de bibliografía



RESULTADOS

Comparación de resultados de ácido sulfúrico entre métodos simulados

Figura 11.
Comparación de resultados entre métodos de simple y doble contacto

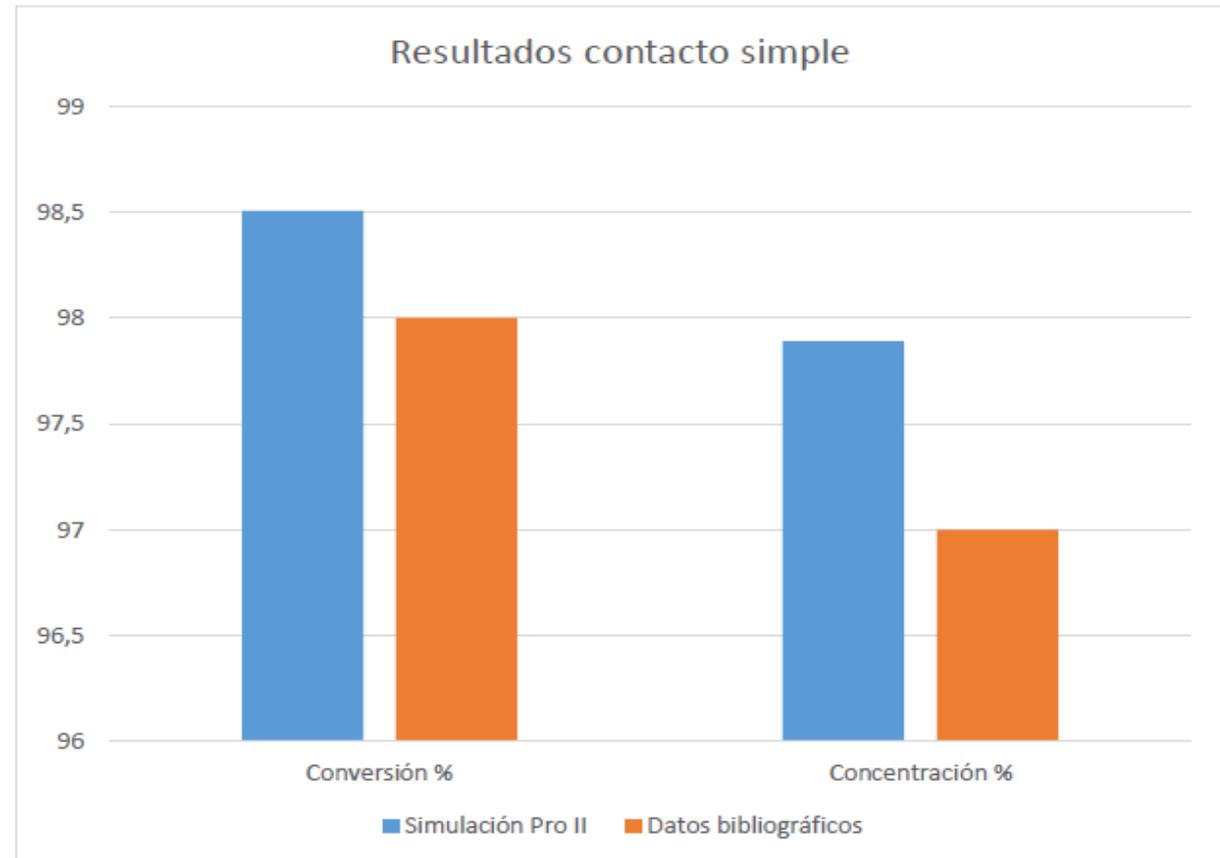


RESULTADOS (Ácido sulfúrico Producto)

Método Simple contacto:

Comparación con datos bibliográficos

Figura 12.
Comparación de resultados obtenidos en la simulación con datos bibliográficos

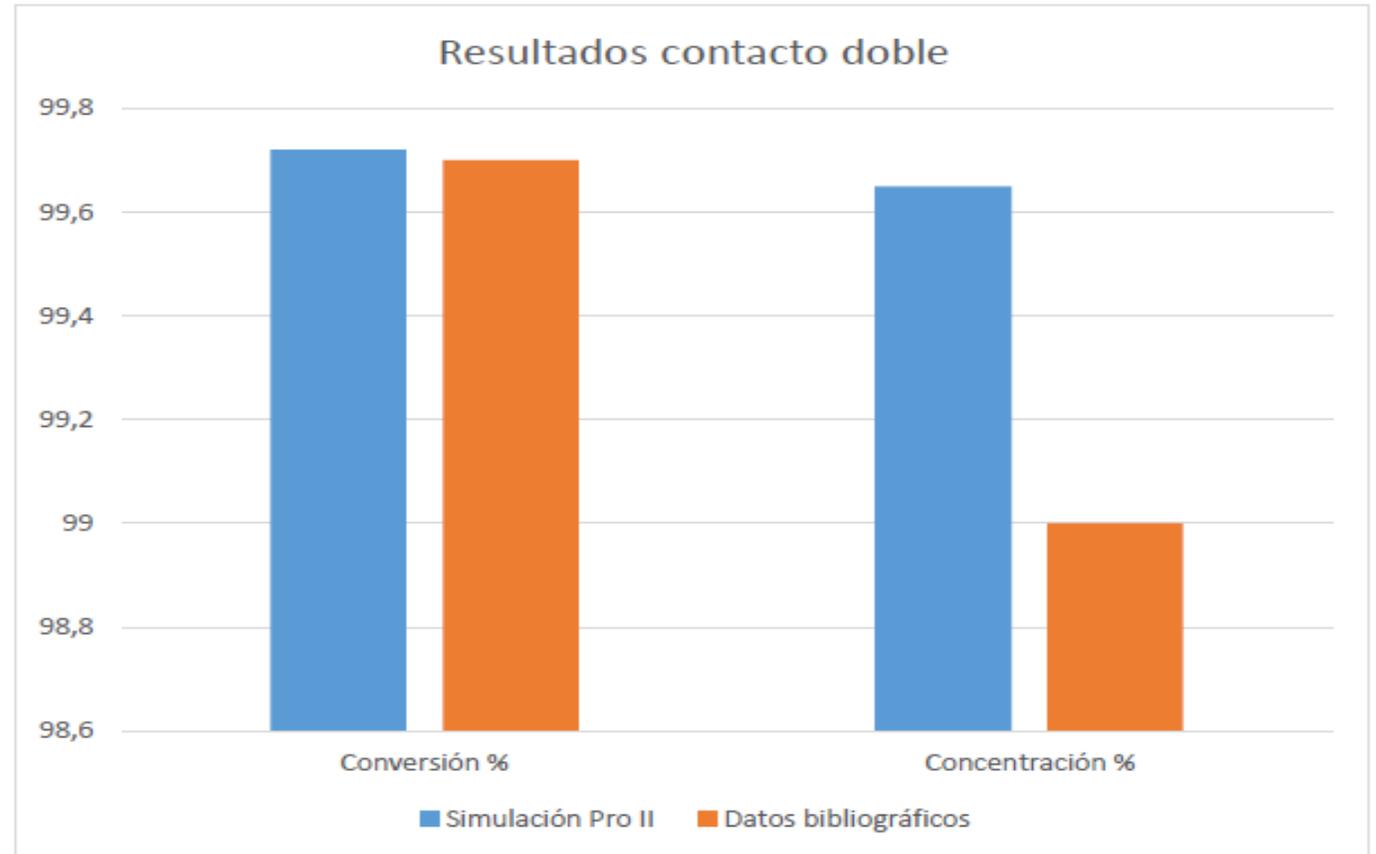


RESULTADOS (Ácido sulfúrico Producto)

Método Doble contacto:

Comparación con datos bibliográficos

Figura 13.
Comparación de resultados obtenidos en la simulación con datos bibliográficos





Contenido:

- INTRODUCCIÓN
- OBJETIVOS
- METODOLOGÍA
- RESULTADOS
- **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES

- ❖ El esquema desarrollado en Pro II Process Engineering 10.2 para la simulación de los métodos de obtención de ácido sulfúrico por contacto simple y contacto doble contempla un proceso modular secuencial satisfactorio que cumple de manera correcta con los balances de materia y energía.
- ❖ El aprovechamiento energético fue inmiscuido en el estudio del manejo de unidades utilities conocidos como controladores y utilities de corriente pertenecientes a la herramienta que presentan los intercambiadores de calor que a partir de variables y restricciones se logra optimizar la cantidad mínima de fluidos de refrigeración a utilizar en el intercambio de energía que se produce entre corrientes del proceso.
- ❖ Mediante la obtención de resultados de conversión de gran similitud con los valores industriales reflejados en bibliografía en la etapa catalítica, se valida y verifica el correcto desarrollo que presenta el simulador con el ingreso de la función matemática del equilibrio químico de conversión, satisfaciendo así los requerimientos del catalizador de pentóxido de vanadio.
- ❖ La validación de las simulaciones se logra en cada etapa de los procesos con las comparaciones de los resultados de corrientes de salidas con datos investigados en bibliografía que presentaron desviaciones apegadas al cumplimiento de las necesidades y objetivos del proceso.
- ❖ La recuperación en el fluido de arrastre de cada una de las torres mantiene porcentajes elevados lo que concluye que una etapa de absorción intermedia presente en el método de doble contacto representa una mejora entre procesos, debido a que obtiene valores de conversión y concentración de ácido sulfúrico de características industriales que permiten competitividad en el comercio.

RECOMENDACIONES

- ❖ Evaluar las simulaciones en cada una de sus etapas con el fin de lograr un control de los efectos que causa la variación de la alimentación, puesto que para esta investigación se tomó valores según la estequiometría de las reacciones del proceso y para futuras investigaciones se pueden tomar valores reales de materia prima o a su vez valores de diseño.
- ❖ Obtener la licencia de paquetes electrolíticos del software Pro II y realizar la tostación propiamente dicha como primera etapa de oxidación para realizar casos de estudio que permitan generar más posibilidades de diseño de plantas de producción de ácido sulfúrico acorde al tipo materia prima y su disponibilidad.
- ❖ Para investigaciones cuya finalidad sea desarrollar procesos industriales relacionados a la fabricación de ácido sulfúrico sustentables y dentro de una química verde, se recomienda tomar en cuenta las normativas internacionales y nacionales vigentes de una manera más rigurosa en relación a la que influyó a este trabajo.
- ❖ Se recomienda analizar y solucionar los problemas que se puedan presentar en cada etapa de manera individual, de tal forma que se logre una predicción de análisis de la planta en conjunto para así estudiar su desarrollo y capacidad operacional.
- ❖ Verificar el procedimiento teórico y manuales de procesos de la planta con el objetivo de generar una relación entre estas para que nuestro diseño de esquema de simulación tome un camino coherente y pueda ser validado.

GRACIAS
