UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BELGICA

ANALISIS DEL PROCESO DE DESULFURACIÓN DE GASES, SU APLICACIÓN Y EL IMPACTO QUE ESTE TIENE EN LAS CENTRALES TERMOELÉCTRICAS.

Trabajo de titulación para optar al título profesional de Ingeniero de Ejecución en Química Mención Control.

Alumno:
Leonardo Javier Godoy Morales.

Profesor Guía:
Cristian Pereira Aburto.

2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mis padres, por apoyarme siempre en las decisiones que tomo en la vida y esta vez no ha sido la excepción, sin su apoyo incondicional no hubiese logrado organizar mis tiempos entre el trabajo, la Universidad y mi hijo, gracias por cuidar de Gaspar mientras me conectaba a clases, preparaba algún trabajo o estudiaba.

Quiero agradecer a mi hijo Gaspar, por ser mi motor e impulsarme a mejorar en todos los aspectos de la vida, prometo recompensaré todas esas tardes que no pude jugar contigo o acompañarte, por tener que conectarme a clases.

RESUMEN

Este trabajo tiene la finalidad de analizar el proceso de desulfuración de gases en las centrales termoeléctricas. Las principales termoeléctricas de nuestro país utilizan como fuente de energía al carbón, el carbón se originó hace 150-200 millones de años, en grandes boques marinos que se depositaron en el fondo marino, el material orgánico se cubrió luego de lodo, se preservó y fosilizó en un ambiente anaeróbico dentro del manto marino de barro, transformándose finalmente en carbón o petróleo. Las bacterias generadoras de azufre están activas en ese ambiente anaeróbico.

La reacción de combustión del carbón produce gases contaminantes, que afectan considerablemente el medio ambiente, uno de estos gases nocivos son los óxidos de azufre (SO_x) el que puede llegar a producir graves consecuencias en el medio ambiente, como es la lluvia ácida, también produce efectos nocivos en el sistema respiratorio de los seres humanos, produciendo desde irritaciones, inflamaciones de las vías aéreas e incluso ser el responsable del cáncer de pulmón. Por este motivo es que es de vital importancia tener un mecanismo de desulfuración en los procesos de combustión de combustibles fósiles, sobre todo en industrias donde la quema de carbón es la principal fuente de energía.

La utilización de agua de mar como agente absorbente en sistemas de desulfuración, es un método tecnológicamente sencillo, eficiente y económico. Sus principales ventajas son: alta eficacia, agua de mar disponible en centrales costeras, no requiere el uso de absorbentes alcalinos, ni genera residuos sólidos por lo que no se producen problemas de deposiciones.

Sin embargo presenta algunos inconvenientes que dificultan su uso, como lo son la gran cantidad de agua de mar que se debe utilizar, y la gran superficie que ocupa este proceso de tratamiento. Estos dos inconvenientes están relacionados con la lenta cinética de oxidación de sulfito a sulfato y con las condiciones de pH requeridas para maximizar la velocidad de reacción.

Naturalmente en el agua de mar, los sulfatos se convierten en sulfuros que se depositan en el material orgánico. Esta es la manera en que el azufre se transforma en un componente de los combustibles fósiles.

El proceso de desulfuración por agua de mar (SWFGD) absorbe el SO_2 en el agua de mar, que luego es oxidada antes de ser descargada de nuevo al océano. En palabras simples este proceso devuelve el azufre al mar en su forma original (como sulfatos disueltos)

INDICE

RESUMEN

INDICE

INTRODUCCIÓN 6

1.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL 7

1.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA. 8

1.3 GENERALIDADES DE LA TERMOELÉCTRICA 9

1.4 OBJETIVO GENERAL. 10

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 10

ANTECEDENTES TEORICOS 11

2.1 DESCRIPCIÓN DEL CARBÓN Y LA COMBUSTIÓN. 12

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESULFURACIÓN DE GASES. 15

2.3 FUNDAMENTO FÍSICO- QUÍMICO. 19

2.4 BALANCE DE MASA EN EL PROCESO DE DESULFURACIÓN. 23

2.5 EFECTOS MEDIOAMBIENTALES. 26

DISCUSIÓN Y RESULTADOS 28

3.1 DISCUSIÓN. 29

3.1.1 Justificación de su instalación. 29

3.1.2 Efectos medioambientales. 30

3.2 CONCLUSIONES. 31

BIBLIOGRAFIA 33

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

La agresión al medio ambiente ha aumentado de manera constante durante estas últimas décadas, como consecuencia la calidad de vida de la población mundial y específicamente la población que reside en zonas urbanas, está experimentando un fuerte deterioro. Es evidente que el modelo de desarrollo que tiene el planeta no puede seguir basándose en seguir agotando los recursos naturales y el deterioro del medio ambiente de manera desmedida, por lo que la protección del medio ambiente surge como una necesidad imperiosa a nivel global.

El crecimiento económico de nuestro país, se ha fundado principalmente en la explotación de los recursos naturales, lo que tiene un fuerte impacto en el medio ambiente. Sin embargo, el país ha tenido avances significativos en el camino hacia un desarrollo sustentable de la sociedad, creando el Ministerio del Medio Ambiente y los Tribunales Ambientales. En lo que respecta a políticas de sustentabilidad, esta tiene como objetivo lograr el desarrollo sostenible, entre las que destacas una serie de normas (Ley de fomento del reciclaje, Plan de Acción nacional de cambio climático, Plan nacional de Medio Ambiente, Plan Nacional de Protección de Humedales, etc.)

Chile también ha adquirido compromisos internacionales con los objetivos del desarrollo sustentable de la ONU, como el número 7, sobre energía asequible y no contamínate, y el 13, de acción por el clima.

1.2 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.

La mejora de la calidad del aire es una prioridad a escala mundial. Una notable reducción de la contaminación atmosférica supone la combinación de medidas nacionales e internacionales de reducción de gases contaminantes. En este sentido se adoptaron el Convenio Marco de las Naciones Unidas (1992) y el protocolo de Kioto (1997).

El gran consumo de energía, característico de la moderna sociedad industrializada, es la principal causa de la contaminación atmosférica. El dióxido de Azufre (SO_2) es uno de los mayores contaminantes proveniente de la combustión de los combustible fósiles, se estima que entre el 90 a 95% del azufre presente en el carbón se convierte en SO_x principalmente SO_2. El dióxido de azufre se oxida parcialmente a trióxido de azufre por procesos oxidativos y fotoquímicos en la atmosfera. La absorción de este trióxido de azufre en vapor de agua produce ácido sulfúrico, el cual se deposita a través de precipitaciones, como lluvia ácida, en la superficie de la tierra y en los cuerpos de agua. Aunque la lluvia ácida también puede darse por la transformación de óxidos de nitrógeno a ácido nítrico, la principal fuente es debido al ácido sulfúrico. Esta lluvia acida produce efectos degradantes de los sistemas ecológicos, como la acidificación de los cuerpos de agua, que tiene efectos adversos en la vida acuática, la desmineralización del suelo y el aumento de la corrosión de los materiales.

Se ha demostrado que la inhalación de SO_2 provoca una constricción y estrechamiento de los conductos respiratorios, lo que incrementa la resistencia al flujo del aire en las vías aéreas. Además en determinadas concentraciones produce un incremento en la segregación mucosa y alteraciones respiratorias parecidas a los síntomas de una bronquitis. Existen también estudios sobre la posible implicancia del SO_2 en la génesis del cáncer de pulmón.

1.3 GENERALIDADES DE LA TERMOELÉCTRICA

Las centrales termoeléctricas son centrales que utilizan el calor que se desprende de la combustión de un combustible fósil “Carbón” para convertir el agua en vapor sobrecalentado. En general cada central cuenta con un sistema de almacenaje de esta materia prima, para luego alimentar a través de cintas transportadoras a la caldera, en donde ingresa a los quemadores en la cámara de combustión, es en este lugar donde se realiza la combustión y la transformación de energía química a térmica que a su vez intercambia la temperatura del agua del interior de los tubos produciendo vapor.

El vapor generado a alta temperatura se logra gracias a que el agua circula por la extensa red formada por miles de tubos que rodean las paredes de la caldera. Este vapor generado a alta presión es nuevamente calentado, sin subir la presión, con el objetivo de aumentar su energía y evitar que partículas de agua sin evaporar ingresen al interior de la turbina (Vapor Sobrecalentado).

La turbina de vapor es un dispositivo que tiene como finalidad transformar la fuerza de empuje del flujo de vapor a energía cinética. La importancia que implica girar la turbina de vapor es que esta cuenta con un eje solidario a un generador eléctrico, equipo que tiene como misión transformar la energía mecánica de la turbina en energía eléctrica la cual es transportada mediante líneas de alta tensión a los centros de consumo.

En general el vapor que se utiliza en la turbina que entregó casi la totalidad de su energía perdiendo presión y temperatura, es conducido hacia el condensador, donde es enfriado y convertido nuevamente en agua, la que es enviada nuevamente a los tubos que tapizan las paredes de la caldera, con lo que el ciclo productivo vuelve a iniciarse.

Para minimizar los efectos negativos que produce la combustión del carbón sobre el medio ambiente, las centrales modernas poseen tecnologías que minimiza este impacto negativo, mediante precipitadores electrostáticos que capturan las cenizas, sistemas de eliminación de ácidos de azufre y chimeneas de gran altura, que dispersan los contaminantes hacia las capas de mayor altura en la atmosfera terrestre.

1.4 OBJETIVO GENERAL.

Realizar un estudio de desulfuración de gases con agua de mar de una central termoeléctrica.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1.3.1 Analizar cada una de las etapas del sistema de desulfuración.

1.3.2. Explicar el proceso de desulfuración en términos de balance de masa.

1.3.3 Indicar la disposición final de la carga desulfurada y los productos restantes del proceso.

CAPITULO II

ANTECEDENTES TEORICOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL CARBÓN Y LA COMBUSTIÓN.

Para lograr entender a cabalidad el proceso térmico de una central, es necesario conocer que es el carbón, cuáles son sus componentes y que productos desprende al someterse a un proceso de combustión.

El Carbón es un mineral sedimentado de color negro muy rico en carbono y con cantidades variables de otros elementos, cuya principal función es proporcionar energía calórica a través del proceso de combustión, por lo que se utiliza mayoritariamente como combustible. La mayor parte del carbón se formó hace 359 a 299 millones de años en nuestro planeta y es uno de los recursos no renovables más utilizado como fuente de energía.

El Carbón se originó por la descomposición de vegetales terrestres que se acumularon en zonas pantanosas o lagunas de poca profundidad. Los restos vegetables se van acumulando en el fondo de la cuenca. Quedando cubierto por agua y, por tanto, protegidos de aire, que los comenzaría a degradar, de esta forma comienza una lenta transformación por las acción de bacterias anaeróbicas, un tipo de microorganismos que no pueden sobrevivir en presencia de oxígeno, con el paso del tiempo se produce un enriquecimiento en carbono de manera progresiva.

Existen diferentes tipos de Carbón mineral, los cuales se pueden clasificar según sus características como:

- Humedad.
- Porcentaje de materias minerales no combustibles. (Cenizas)
- Poder calorífico.
- Inflamabilidad
- Porcentaje de elementos volátiles.

El Carbón mineral también se clasifica de acuerdo a su calidad tales como:

- Antracita.
- Carbón Bituminoso.
- Sub-Bituminoso.
- Meta- Lignito.
- Ortho- Lignito

La Combustión en las centrales termoeléctricas, juega un papel fundamental para la producción de energía eléctrica, el proceso de combustión se define de manera general como la reacción química de oxidación en la cual se desprende energía en forma de calor y luz, manifestándose visualmente como fuego.

La combustión del carbono transforma la energía química del combustible en energía térmica, pero además en el proceso de combustión del carbón mineral se originan una serie de elementos no deseados, que son agentes contaminantes, estas sustancias no deseadas se originan debido a que no todo lo que contiene el carbón se quema cuando reacciona con el oxígeno, las sustancias más comunes que se forman son:

- Dióxido de Carbono (CO_2)
- Óxidos de nitrógeno (NO_2)
- Monóxido de Carbono (CO)
- Dióxido de Azufre (SO_2)
- Ceniza volante (Humo visible)
- Escoria y ceniza volante.
- Vapor de agua.

Figura N°1.1.1 Fotografía de un trozo de Carbón mineral

Composición en % en peso						
Material	Carbono	Oxigeno	Hidrógeno	Nitrógeno	Azufre	Otros
Carbón bituminoso	70	10	5	6	0,4	9

Tabla N° 1.1.1 Composición en porcentaje del Carbón Bituminoso.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DESULFURACIÓN DE GASES.

El proceso de desulfuración por agua de mar, utiliza las propiedades inherentes al agua marina para absorber y neutralizar el Dióxido de Azufre. La ventaja de utilizar agua de mar es que se encuentra en grandes cantidades disponibles en las centrales termoeléctricas costeras, la que se utiliza como agua de enfriamiento en los condensadores, luego de pasar por estos, el agua de mar se reutiliza para controlar las emisiones de SO_2.

La absorción del SO_2 ocurre en una torre empacada, donde parte del agua de enfriamiento utilizada y el gas, se hacen pasar en contracorriente y se ponen en contacto. Debido a las propiedades del agua no es necesario agregar ningún aditivo químico al proceso. El agua de mar es alcalina por naturaleza y tiene una gran capacidad de neutralización de los ácidos formados por la absorción del SO_2.

El efluente absorbido ácido fluye por gravedad hasta la planta de tratamiento de agua de mar. Allí se mezcla con el resto del agua de mar proveniente de los condensadores y se oxida hasta que el azufre toma la forma de sulfato (SO_4-) el cual es inocuo y soluble. Esta oxidación se produce por una aireación, antes que el agua tratada sea devuelta al mar.

Los sulfatos (SO_4-) son sustancias naturales presentes en el agua de mar y solo hay un pequeño aumento de concentración de los sulfatos en el agua de mar que se descarga al océano. Este aumento en la concentración se sulfatos generalmente está dentro de las variaciones naturales del agua de mar, si se midiera la concentración de sulfatos en el área de descarga y a una corta distancia del área de descarga la diferencia de concentración debería ser indetectable.

Como el agua mar pasa una sola vez por el sistema, el gas se enfriaría aún más cuando pasa por el absorvedor, generalmente es necesario volver a calentar el gas antes de ser descargado a la atmosfera, para lo que se instala un intercambiador de calor, en algunos casos algunas centrales optan por utilizar chimeneas húmedas.

Las principales etapas del sistema de desulfuración son:

- Intercambiadores de calor.
- Bombas de succión de agua de mar.
- Zona de duchas.
- Zonas de oxidación.
- Sopladores de aire.
- Separadores de gotas o eliminador de niebla.

A continuación se presenta una breve descripción de cada una de estas etapas:

- Intercambiadores de Calor.

  En este proceso se calienta el aire tratado, para formar un tiraje natural, aumentando la temperatura del gas y manteniéndola en un rango óptimo de trabajo.

- Bombas de succión de agua de mar.

  Generalmente en este proceso se utilizan bombas centrifugas verticales de tipo axial, que se encargan de suministrar el agua de mar a la zona de duchas.

- Zona de duchas.

  El gas una vez que ingresa al absorvedor, viaja de manera ascendente y se encuentra con agua de mar que es pulverizada, las que son descargadas a una

presión determinada, la principal función de esta etapa es decantar las partículas en forma de sulfatos, para luego ser llevada a la zona de oxidación.

- Zonas de oxidación.

  Los líquidos cargados con contaminantes de los gases se canalizan hacia un recipiente, donde se produce la oxidación de los sulfatos y los dióxidos de carbono disueltos por medio de un sistema de aire forzado, el que se mezcla con agua fresca, para de esta manera obtener las mejores condiciones de pH para que se produzca el proceso de Oxidación.

- Sopladores de aire.

  Estos son los encargados de suministrar aire a presión a la zona de oxidación a una determinada presión, con el fin de favorecer el proceso de Oxidación.

- Separadores de gotas o eliminadores de niebla.

  Los separadores constan de láminas que permiten fluir al gas, dado que están dispuestas unas junto a otras. El flujo de los gases desviado dentro del sistema separados, mediante este desvío se activan las fuerzas de inercia, que encuentran en las láminas las gotas líquidas que contienen el flujo de gas y las que separan, en estas láminas se forma una película líquida que se desplaza hacia abajo por influencia de la fuerza de gravedad.

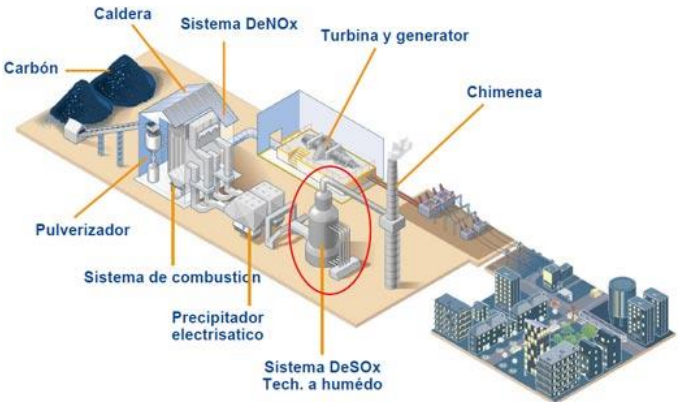


Figura N° 2.1.1 Esquema de una central termoeléctrica

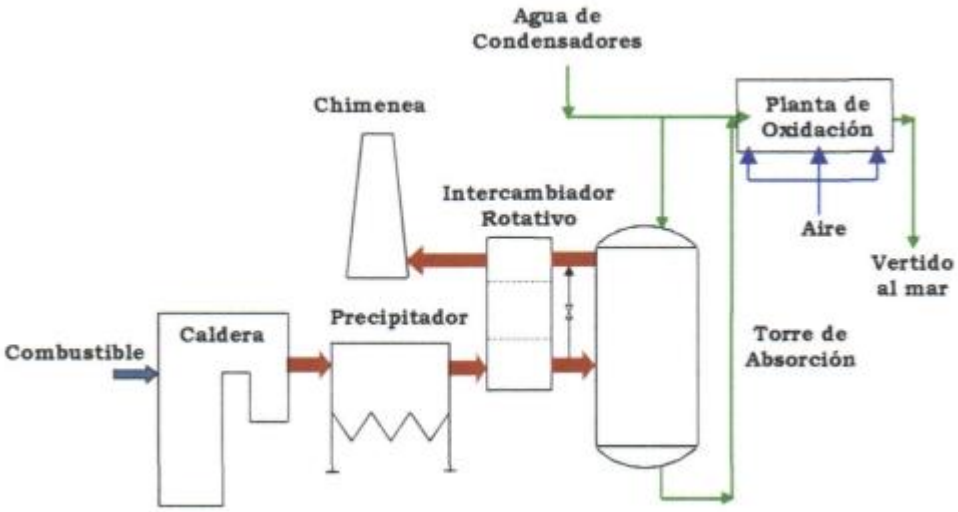


Figura N° 2.1.2 Esquema general de desulfuración con agua de mar.

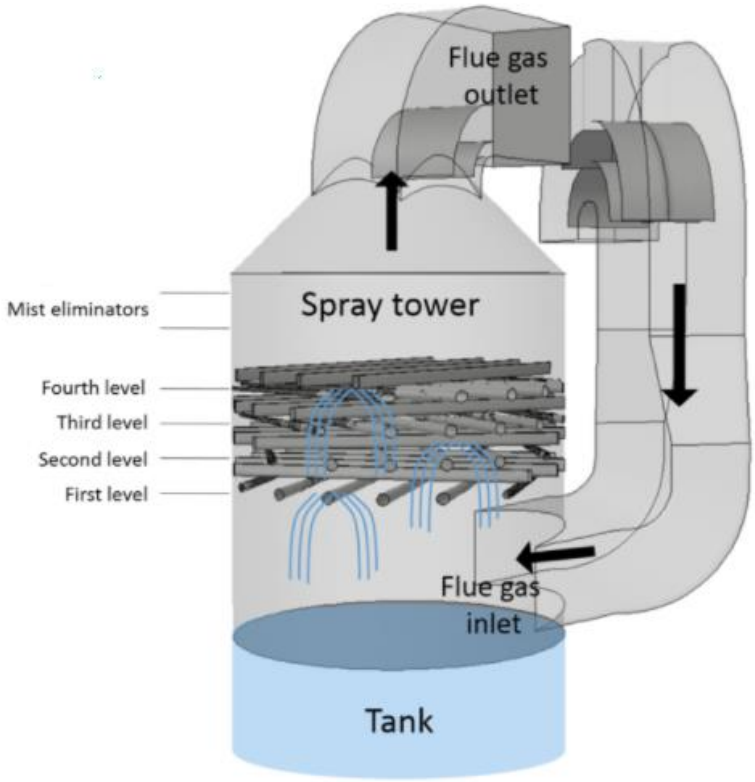


Figura N° 2.1.3 Esquema zona de Desulfuración.

2.3 FUNDAMENTO FÍSICO- QUÍMICO.

Las altas eficacias alcanzadas en los procesos FDG con agua de mar, son resultado de la capacidad alcalina del agua de mar. El SO_2 es hasta tres veces más soluble en agua de mar que en agua dulce. Este aumento de la solubilidad es debido a que los iones H^+ liberados durante la absorción del SO_2 son atrapados por los componentes alcalinos del agua de mar (principalmente HCO^3 y SO_4^{2-}), favoreciendo una mayor hidrólisis y, por tanto, una mayor absorción de SO_2. La alcalinidad del agua de mar se comprueba fácilmente al observar los efectos de añadir un ácido a agua de mar y a agua dulce (Gráfico 2.3.1). Donde se observa claramente la capacidad de tampón de agua de mar.

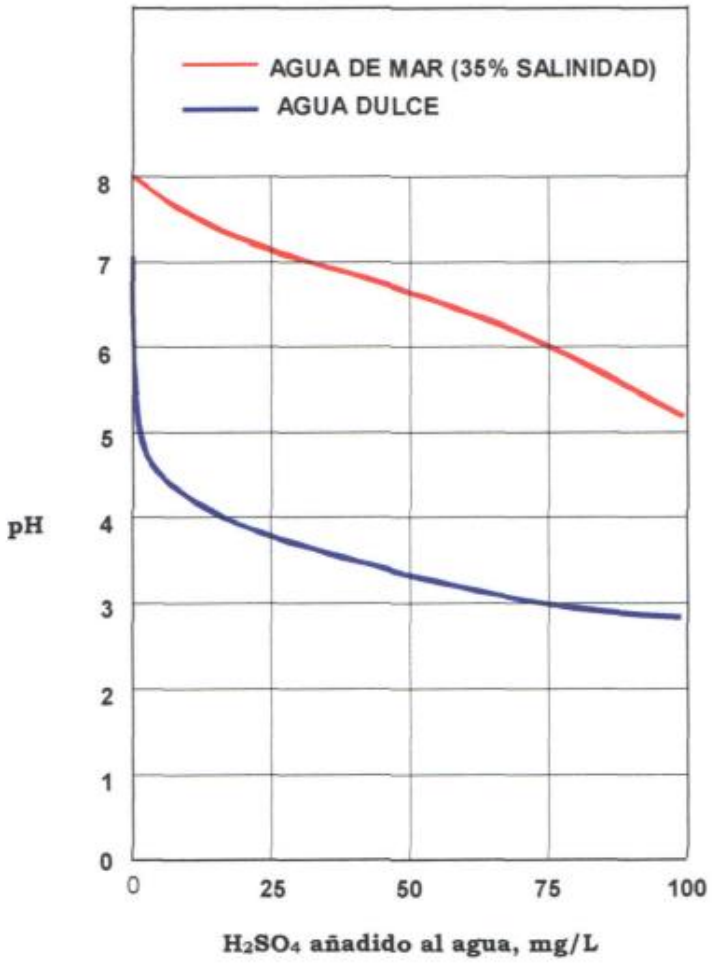


Gráfico N° 2.3.1 Capacidad Tampón del Agua de Mar

En la Gráfico N°2.3.2 se representan las concentraciones de SO_2, HSO_3^- y SO_3^{2-} en agua de mar, en función del pH y de la cantidad total de SO_2 absorbido (Abdulsanttar et al, 1977). Se observa como el SO_2 disuelto existe fundamentalmente como SO_3^{2-} a pH mayores de 7,5 a medida que aumenta la concentración de SO_3^{2-} hasta un valor máximo a 6. Por debajo de este pH, la especie predominante comienza a ser HSO_3^-. La concentración de SO_2 puede jugar un papel importante, sobre todo en la fase de oxidación.

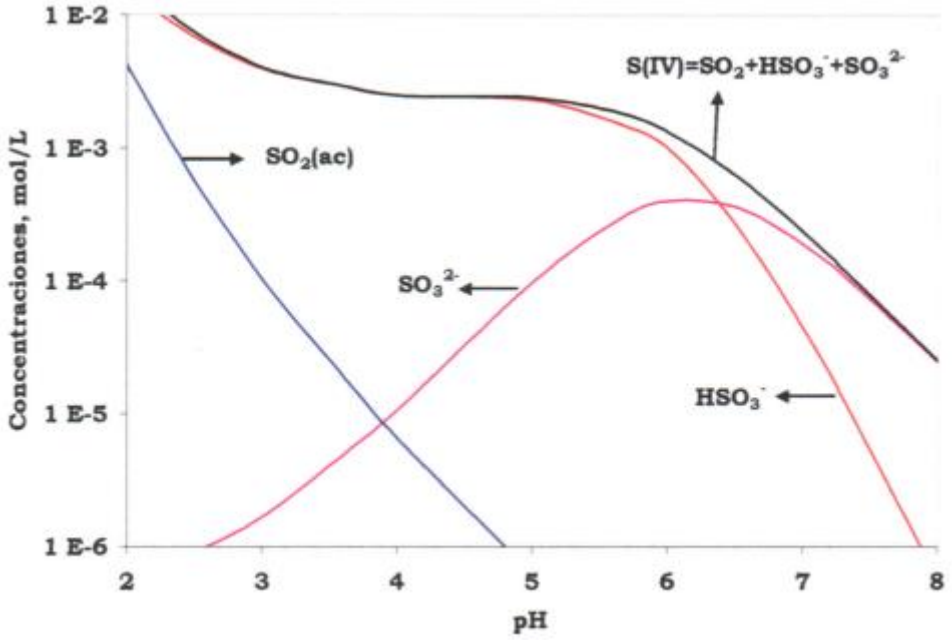


Gráfico N° 2.3.2 Concentraciones de las distintas especies S(IV) en solución en función del pH y la cantidad total de SO_2 absorbido.

El SO_2 se absorbe en la torre de absorción e inmediatamente se hidroliza a sulfito y bisulfito. Los equilibrios de absorción e hidrólisis son los siguientes:

$$SO_2(g) \rightleftharpoons SO_2\,(ac) \qquad (1\text{-}1)$$

$$SO_2(ac) + H_2O \rightleftharpoons HSO_3^- + H^+ \qquad (1\text{-}2)$$

$$HSO_3^- \rightleftharpoons SO_3^{2-} + H^+ \qquad (1\text{-}3)$$

Como puede observarse, la hidrólisis del SO_2 implica una liberación de iones H+, lo que implica una notable disminución del pH. Además del SO_2 también se absorbe el CO_2 de los gases de combustión, y aunque más lentamente que el SO_2, también se hidroliza, liberando más iones H^+, y provocando una disminución adicional del pH.

$$CO_2(g) \rightleftharpoons CO_2\,(ac) + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 \qquad (1\text{-}4)$$

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons HCO_3^- + H^+ \qquad (1\text{-}5)$$

$$HCO_3 \rightleftharpoons CO_3^- + H^+ \qquad (1\text{-}6)$$

El sulfito y bisulfito resultantes de la absorción e hidrólisis del agua de mar reaccionar con el oxígeno disuelto dando sulfatos. La reacción de oxidación es catalizada por los iones cloruro (Cl^-):

$$S(IV) + \tfrac{1}{2}\,O_2 \longrightarrow S(VI) \qquad (1\text{-}7)$$

Sin embargo el oxígeno presente en el agua de mar no es suficiente para que se produzca la oxidación completa y los gases de combustión tienen una concentración demasiado baja en oxigeno como para que si aporte fuese suficiente. Así a la salida del absorvedor se tiene un efluente con un pH bajo y una elevada concentración de S(IV) (SO_2, HSO_3^- y SO_3^{2-}), lo que se traduce en una elevada demanda química de oxígeno. En estas condiciones el agua de mar no puede ser devuelta al océano, por lo que tiene que ser tratada.

Las reacciones que tienen lugar en la torre de absorción y en la planta de tratamiento se pueden simplificar en dos:

$$SO_2\,(g) + H_2O + \tfrac{1}{2}\,O_2 \rightleftharpoons SO_4^{2-} + 2H^+ \qquad (1\text{-}8)$$

$$HCO_3^- + H^+ \longleftrightarrow CO_2\,(ac) + H_2O \qquad (1\text{-}9)$$

De acuerdo con la última reacción, el ión bicarbonato del agua de mar reacciona con los iones hidrógeno y así reducen el efecto ácido de la absorción de SO_2. Los productos de la reacción son dióxido de carbono y agua. Parte del dióxido de carbono permanece disuelto, mientras que parte se pierde en forma de gas con el aire que abandona la balsa de aireación. A mayores pérdidas de CO2, más se desplaza la reacción (1-9) hacia a derecha consumiendo más iones hidrógeno.

Este efecto es utilizado en la planta de tratamiento de agua. El aire suministrado para la oxidación del SO_2 y para aturar el agua de O_2 también elimina CO_2 del líquido incrementando su pH. Por lo tanto la reacción (1-9) neutraliza la acidificación de la reacción (1-8)

2.4 BALANCE DE MASA EN EL PROCESO DE DESULFURACIÓN.

El estudio termodinámico de las reacciones involucradas en el proceso de desulfuración, permite establecer una serie de condiciones en la que esta etapa puede desarrollarse con una máxima eficiencia, para de esta manera evitar que el proceso sufra desviaciones y reduciendo el gasto de insumos.

La combustión (reacción de un combustible con oxígeno) es una de las reacciones químicas más importantes de la industria química

$$\text{Combustible} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$$

Cuando se quema un combustible que contiene Carbono, Hidrógeno y Azufre algunas reacciones químicas que ocurren son las siguientes:

$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO$$

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2$$

Supongamos que se tiene una caldera que como combustible utiliza una mezcla de Carbón de distintos componentes como se describe a continuación (Tabla N° 2.4.1):

CARBON	COMPOSICION Carbono	COMPOSICION Azufre	FLUJO (kg/h)	PODER CALORIFICO (kJ/kg)
TIPO 1	90%	1,5%	200,0	20.500,0
TIPO 2	96%	0,9%	850,0	25.200,0

Tabla N° 2.4.1 Componentes del Carbón

Modelo de combustión

Cálculo de flujo de Azufre en masa

$F_S = W_S^1 \ F_1 \ + \ W_S^2 \ F_2$

$F_S = (1,5/100) \ x \ 200 \ + \ (0,9/100) \ x \ 850$

$F_S = 10,65$ (kg S / h)

Ecuación de Formación del SO_x

$$S + O_2 \longleftrightarrow SO_x$$

F = 10,65 (Kg S / h)

n° = F/ masa molar

n° = 10,65 (Kg S/ h) x 1 (Kmol) / 32,065 (kg S / h)

n° = 0,332 (Kmol / h)

Así tenemos

$$S + O_2 \longleftrightarrow SO_x$$

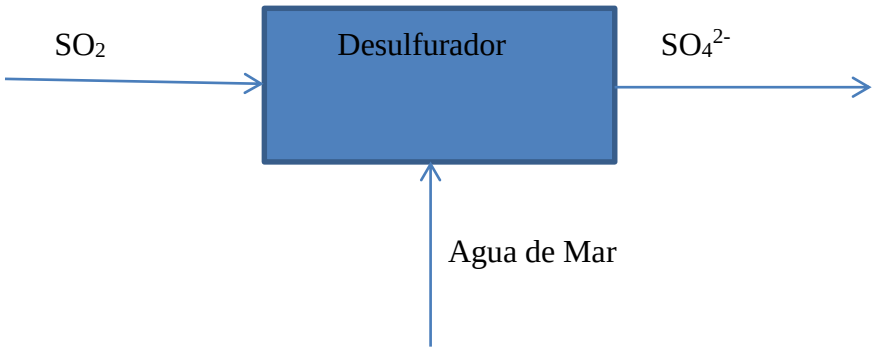
0,332 (kmol / h)

n° = 0,332 (Kmol / h)

F= 0,332 (Kmol SO_2 / h) x 64 (Kg SO2 / Kmol SO_2)

F = 21,3 (Kg SO_2 / h)

Balance en el desulfurador



FSO_2 = 21,3 (Kg SO_2 / h)

n° = F / masa molar

n° = 21,3 (Kg SO_2 / h) x 1 (Kmol) / 64 (Kg SO_2)

n° = 0,332 Kmol / h

Ecuación de Formación del SO_4^{2-}

$$SO_2\ (g) + H_2O + ½\ O_2 \longrightarrow SO_4^{2-} + 2H^+$$

(masa molar del SO_4^{2-} = 96)

F = 0,332 (Kg SO_2 / h) x 96 (Kg SO_4^{2-}) / 1(Kmol SO_2)

F = 31, 872 (Kg SO_4^{2-} / h)

2.5 EFECTOS MEDIOAMBIENTALES.

El proceso de desulfuración de gases de combustión con agua de mar, convierte el SO_2 capturado en sulfato y restablece los niveles de oxígeno y pH del agua antes de ser descargado al mar. Aunque el proceso, en apariencia, parece transferir el azufre desde el gas de combustión al agua, debe tenerse en cuenta que el azufre en forma de sulfatos es uno de los principales constituyentes del agua de mar (Cso_4^{2-} >2.700mg/L). Si todo el azufre del agua de mar se concentrara en la superficie como sulfuro, tres cuartas partes de la superficie terrestre estarían cubierta por una capa de 1,67 metros. Por otro lado, si el azufre de todas las reservas conocidas de carbón y petróleo se añadiesen a esta capa, el espesor aumentaría en una décima de milímetro (Tokerud, 1989) (Figura N° 2.5.1)

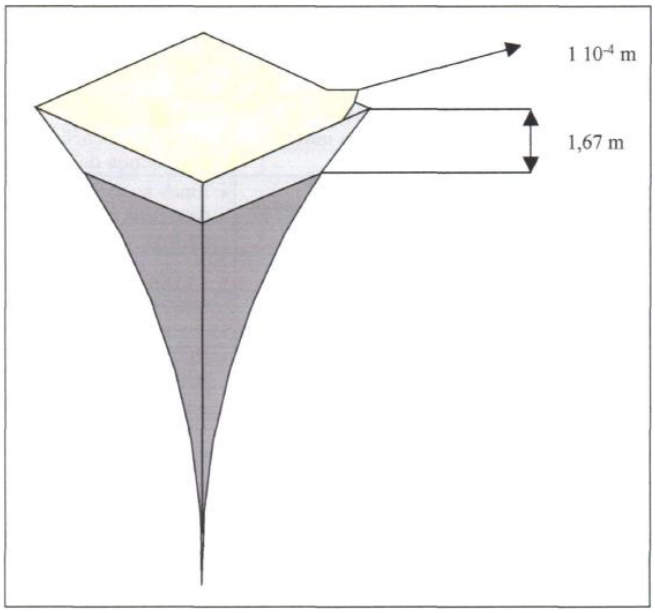


Figura N° 2.5.1 Comparación entre el azufre presente en el agua de mar y el contenido de las reservas de petróleo y carbón.

Por tanto el proceso con agua de mar puede ser considerado como un camino directo, para eliminar azufre de los gases de combustión, sin el paso a través de la atmosfera y la tierra.

Un problema de la tecnología de desulfuración con agua de mar, es la posible trazas en el efluente de trazas de metal, debido a la absorción de partículas procedentes del gas de combustión, para poder determinar esto se realizaron una serie de estudios que median la presencia de trazas de metal en agua de mar, midiendo Ni y V, tanto en los gases de combustión de las calderas tratados y sin tratar, con en el agua de mar antes y después de la absorción. Aproximadamente un 50% de los metales se detectaron en el agua de Mar. De esta forma se traslada el problema de contaminación atmosférica a contaminación acuática.

Este problema se soluciona instalando un colector de partículas, antes del lavador. Hoy en día existen varios métodos para la eliminación de partículas, eligiéndose el equipo más apropiado en cada caso, dependiendo de la carga y granulometría de las partículas y la eficacia de la eliminación requerida.

Como la eficiencia de la eliminación de partículas no es de un 100%, una pequeña cantidad de cenizas queda remanente en gas. Parte de esta ceniza, con pequeñas cantidades de elementos traza provenientes del combustible, puede ser absorbida por el agua de mar y posteriormente descargarse al mar.

CAPITULO III

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

3.1 DISCUSIÓN.

3.1.1 Justificación de su instalación.

La utilización de agua de mar como agente absorbente en sistemas de desulfuración, es un método más simple, eficiente y económico que otros actualmente en operación. El SO_2 puede ser eliminado del gas de combustión con una eficacia mayor del 99%, debido a la capacidad alcalina del agua de mar.

Una de las mayores ventajas de este proceso radica en que el agua de mar está disponible libre de cargas. Para una central costera refrigerada con agua de mar representa una ventaja añadida, pues no existes costos de transporte al estar el agua de mar disponible aguas debajo de los condensadores. Por lo tanto, el sistema FGD con agua de mar puede ser considerado el más lógico entre las centrales costeras.

Comparándola con la tecnología más utilizada (FGD Húmeda con caliza), la desulfuración con agua de mar no implica la necesidad de comprar y transportar reactivos a la planta, ni de preparar soluciones absorbentes. Además no genera un residuo que deba depositarse en vertedero, con la reducción de los costos de operación que todo ello conlleva. Por otro lado, no se tienen problemas debido a obturaciones como en muchos procesos FGD con caliza.

3.1.2 Efectos medioambientales.

El proceso de Desulfuración de Gases de Combustión con Agua de Mar convierte el SO_2 capturado en sulfato y restablece los niveles de oxígeno y pH del agua antes de descargarla al mar. Aunque el proceso, en apariencia parezca transferir el azufre desde el gas de combustión al agua, debe tenerse en cuenta que el azufre en forma de sulfato es uno de los principales constituyentes del agua de mar (C_{SO4}^{2-} > 2700 mg/L). Si todo el azufre del agua de mar se concentrara en la superficie como sulfuro, tres cuartas partes de la superficie terrestre estarían cubiertas por una capa de 1,67 metros. Por otro lado, si el azufre de todas las reservas conocidas de carbón y petróleo se añadieran a esta capa, el espesor sólo aumentaría en una décima parte. (Figura N° 2.5.1)

Por tanto el proceso con agua de mar, puede ser considerado como un camino directo para eliminar el azufre de los gases de combustión, sin el paso previo a través de la atmosfera y la tierra.

Un problema de la tecnología de Desulfuración con Agua de Mar es la posible presencia en el efluente de trazas de metal, debido a la absorción de partículas procedentes del gas de combustión, por lo que se traslada el problema de contaminación atmosférica a otro de contaminación acuática. Este problema actualmente se soluciona debido a la instalación de un colector de partículas antes del lavador, para lo cual existen varios métodos de eliminación de partículas, eligiéndose el equipo más apropiado en cada caso, dependiendo de la carga, granulometría de las partículas y la eficacia de la eliminación requerida.

Obviamente, como la eficacia de eliminación de partículas no es del 100%, una pequeña cantidad de cenizas queda remanente en el gas. Parte de esta ceniza, con pequeñas cantidades de elementos traza provenientes del combustible, puede ser absorbida por el agua de mar y posteriormente descargarse en el mar.

La utilización de agua de mar como agente absorbente en sistemas de desulfuración, es un método más simple, eficiente y económico que otros actualmente en operación. El SO2 puede ser eliminado del gas de combustión con una eficacia mayor del 99%, debido a la capacidad alcalina del agua de mar.

3.2 CONCLUSIONES.

El objetivo principal del presente trabajo de título ha sido contribuir al conocimiento del proceso de desulfuración con agua de mar de una central termoeléctrica, teniendo en consideración factores como:

- Cinética Química.
- Proceso de absorción.
- Factores medioambientales.

A continuación se presentan las principales conclusiones alcanzadas, con este trabajo de título.

- El proceso de Desulfuración con Agua de Mar, es sumamente efectivo, logrando eliminar gases nocivos de la combustión de combustibles fósiles en un 99%.
- En centrales termoeléctricas costeras es muy conveniente este proceso de desulfuración, ya que utiliza agua de mar disponible de manera ilimitada y no supone la compra de reactivos químicos, como es el caso del proceso de Desulfuración Húmeda con Caliza, la cual supone un costo de traslado, encareciendo el proceso. Otro aspecto importante es que la Desulfuración por Agua de Mar no genera un residuo que deba depositarse en un vertedero, a diferencia de la Desulfuración Húmeda con Caliza.

- La velocidad de la Oxidación de S(IV) depende del valor del pH, creciendo con este hasta alcanzar el máximo pH próximo a los 6 y decreciendo posteriormente a pH superiores.
- El proceso de Desulfuración de gases de combustión con Agua de Mar convierte el SO_2 capturado en sulfato, que es uno de los principales constituyentes del agua de mar.

CAPITULO IV

BIBLIOGRAFIA

- Abad P., A Desulfuración de gases de combustión en un sistema integrado spray dryer – electrofiltro. Estudio experimental y modelo de simulación. Tesis Doctoral DIQA-US. 2000.
- Abdulsattar A., Termodynamics of the sulfur dioxide seawater system. AICHE J., Vol. 28, N°7, 1988.
- Convención Marco de las naciones Unidas sobre Cambio Climático, 1992.
- Gutiérrez Ortiz F. J. Estudio de opciones de mejora del proceso de desulfuración en conducto de gases de combustión. Tesis Doctoral DIQA- US 2002.
- Ley 20600, 28-JUN-2012, Ministerio del Medio Ambiente.
- McCabe, W. L., Smith, J.C., Harriot, Operaciones unitarias en ingeniería química. McGraw Hill (4 Ed)1994.
- Objetivos del Desarrollo Sostenible de la ONU, 2015.
- Programa Nacional de Consumo y Producción Sustentables, Ministerio de Medioambiente, 2017-2020.
- Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las naciones Unidas , sobre Cambio Climático, 1997.
- Radojevic M., The use of sea water for flue gas desulphurisaton, Environmental Technology, Vol 10, 1989.