



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

*EVALUACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES
TÓXICOS EMITIDOS A LA ATMÓSFERA POR UN QUEMADOR
ELEVADO TÍPICO*

*TRABAJO ESCRITO VÍA CURSOS DE EDUCACIÓN
CONTINUA*

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O Q U Í M I C O

P R E S E N T A :

RICARDO ANTONIO ESCOBEDO CASTRO



MÉXICO, D. F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

OBJETIVO.....	1
CAPÍTULO I.	
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO II.	
INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TEMA.....	4
CAPÍTULO III.	
DISCUSIÓN.....	22
CAPÍTULO IV.	
CONCLUSIONES.....	26
BIBLIOGRAFÍA.....	27
APÉNDICE.....	29
1. DISPERSIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO.....	29
2. DISPERSIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE.....	38
3. DISPERSIÓN DE ÁCIDO SULFHÍDRICO.....	47

OBJETIVO

Realizar la evaluación de la dispersión de contaminantes tóxicos emitidos a la atmósfera por un Quemador Elevado Típico.

Corroborar el cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas donde se establecen los límites máximos permisibles para la emisión de agentes tóxicos a la atmósfera en un Quemador Elevado típico por medio de un análisis de dispersión de los mismos.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de la dispersión de contaminantes tóxicos emitidos a la atmósfera por un Quemador Elevado típico en una plataforma marina.

Los estudios de dispersión de contaminantes se llevaron a cabo bajo dos circunstancias operativas del quemador:

- La primera se realizó cuando el equipo trabaja –quema todo el gas recibido o relevado — a su condición de diseño
- La segunda se realizó cuando por alguna anomalía de los elementos de control, se pierde la flama y por ende la combustión, y el quemador trabaja como si fuese una simple chimenea

Los contaminantes tóxicos considerados para este análisis, son el Dióxido de Nitrógeno (NO_2) y el Dióxido de Azufre (SO_2), para la primera circunstancia operativa. Para la segunda condición operativa, el componente tóxico de estudio, fue el Ácido Sulfhídrico (H_2S).

Los criterios utilizados para determinar los límites permisibles de concentración de cada uno de los componentes analizados, son los establecidos de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaria de Salud y The Nacional Institute Occupational Safety and Health (NIOSH) como referencia.

CAPÍTULO II. INFORMACIÓN GENERAL SOBRE EL TEMA

MARCO TEÓRICO

Dispersión Atmosférica

Una vez que las sustancias son emitidas a la atmósfera, los modelos de transporte atmosférico se emplean para calcular la dispersión y la deposición de los contaminantes en el ambiente. Aunque muchos de esos modelos se han desarrollado en los últimos veinte años, algunos con gran sofisticación en la simulación de los procesos turbulentos. La mayoría de los trabajos de análisis de riesgos se basa en las formulaciones relativamente simples de plumas Gaussianas. Para análisis de exposiciones crónicas (tiempo-largo), estos modelos representan un compromiso entre simplicidad computacional y especificidad del sitio, su falta de dependencia con el tiempo los hacen aceptables para cálculos de exposición-extendida.

Modelos de Calidad del Aire

Un Modelo de Dispersión es una representación matemática de los procesos de transporte y difusión que ocurren en la atmósfera. La clase general de modelos usados en las evaluaciones de tóxicos atmosféricos es la de los modelos de calidad del aire. Los procesos químicos y físicos complejos involucrados en el

transporte, dispersión, transformación y sedimentación de los contaminantes no se comprende completamente. Siempre existen limitaciones en la habilidad de predicción debido a la naturaleza turbulenta de esta. También, las incertidumbres en las emisiones y datos meteorológicos limitan la precisión de las predicciones. Al punto que los modelos y los datos reflejan el entendimiento actual de los procesos físicos relevantes, los resultados de las predicciones son las bases para la toma de decisiones. Los modelos usados en el análisis de riesgos varían en complejidad, requerimiento de datos y salidas de información.

Los datos de entrada requeridos por los modelos de calidad del aire se pueden clasificar ampliamente en tres áreas: datos de fuente de emisión, datos de la región y datos meteorológicos. Las fuentes de emisión se relacionan a la localidad y las características de operación de las fuentes emisoras de contaminantes. Esto incluye la variabilidad en tiempo de las emisiones, las reacciones químicas potenciales, la depositación y remoción de la atmósfera. Los datos de sitio y regionales representan los efectos de la topografía (terreno) en la dispersión y localización relativa de los receptores sensibles a las fuentes de emisión y otras características geográficas importantes. Los datos meteorológicos incluyen todos los parámetros que definen el transporte y dispersión de la masa de contaminantes, como el viento, la temperatura, turbulencia y rugosidad superficial (Wark, 1990).

Los modelos de calidad del aire empleados pueden considerar alguno o todos los datos para apoyar todas las características de modelación, como se indicaron anteriormente. Para varias aplicaciones, los modelos simples son suficientes. Los modelos complejos requieren entradas para varias de esas características y, así, tienen requerimientos mayores de datos.

La salida de los modelos de calidad del aire consiste en concentraciones de contaminantes atmosféricos para ciertos promedios de tiempo en localidades específicas. El detalle en el tiempo y el espacio depende de las características escogidas por el modelo y la aplicación del mismo.

Modelación de la Dispersión

Se utiliza la conservación de la masa para describir la concentración $C(x, y, z, t)$ de un contaminante individual de punto (x, y, z) al tiempo t de una fuente S . El cambio de la concentración con respecto al tiempo es:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -V \cdot \nabla C + K \nabla^2 C + S \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \quad \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -u \frac{\partial}{\partial x} - v \frac{\partial}{\partial y} - w \frac{\partial}{\partial z} + K_{xx} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \right) + K_{yy} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + K_{zz} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) + S$$

Difusión turbulenta

La teoría de transporte se basa en el *modelo de difusión turbulenta*, que incluye el concepto de “longitud de mezclado”. La ecuación básica de este modelo es matemáticamente muy compleja, sin embargo haciendo suposiciones se puede reducir a la forma:

$$K \nabla^2 C = K_{xx} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \right) + K_{yy} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + K_{zz} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde C es la concentración, t es el tiempo y las magnitudes K_{ii} son los coeficientes de difusión turbulenta en la dirección de los tres ejes de coordenadas. Esta ecuación se conoce como la *ecuación de difusión de Fick*. El aplicarla se hace muy difícil por lo que se hacen las siguientes suposiciones adicionales:

1. El contaminante emana de forma continua de la fuente.
2. El proceso es de estado estacionario. $\partial C / \partial t = 0$.
3. El eje x se alinea en dirección del viento.
4. La velocidad del viento (u) es constante en cualquier punto del sistema de coordenadas x, y, z .

5. El transporte de contaminantes debido al viento en la dirección x predomina sobre la difusión descendente, esto es, $u(dC/dx) \gg K_{xx}(\partial^2 C/\partial x^2)$. No hay componente de viento en la vertical.

De lo anterior la Ec. 1 se reduce a:

$$u \frac{\partial C}{\partial x} = K_{yy} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + K_{zz} \left(\frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) \quad \text{Ec. 3}$$

Donde $K_{yy} \neq K_{zz}$.

La solución de esta ecuación debe cumplir las siguientes condiciones de frontera:

1. $C \rightarrow \infty$, cuando $x \rightarrow 0$, (Una alta concentración en la fuente).
2. $C \rightarrow 0$, cuando $x, y, z \rightarrow \infty$ (La concentración es cero a una gran distancia de la fuente).
3. $K_{zz}(\partial C/\partial z) \rightarrow 0$, cuando $z \rightarrow 0$ (No hay difusión en la superficie).
4. $\int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} uC(x, y, z) dy dz = Q, x > 0$ (La rapidez de transporte del contaminante en la dirección del viento es constante e igual a la tasa de emisión Q del contaminante).

Distribución Gaussiana o Normal

Existen varias formas de resolver la Ec. 3. De lo anterior resulta que todas estas teorías tienden a llegar a la misma función de distribución *gaussiana*.

Una variable x está normalmente distribuida si la función de densidad $f(x)$ satisface la relación:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma(2\pi)^{1/2}} \exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad \text{Ec. 4}$$

Donde μ es cualquier real y σ es cualquier número real con un valor mayor que cero. La magnitud de σ se conoce como desviación normal. El valor de μ establece la situación del valor máximo de $f(x)$ sobre el eje x , y la curva es simétrica con respecto a la posición μ .

Esta ecuación se encuentra en forma normalizada. Esto es, el área bajo la curva tiene un valor a la unidad. El papel de σ es el de ensanchar o estrechar la forma de la curva. En general más del 68% del área bajo la curva se encuentra entre $+\sigma$ y $-\sigma$, y más del 95% esta entre $\pm 2\sigma$ (Wark, 1990).

Una doble distribución gaussiana en dos direcciones de coordenadas, como y y z , es sencillamente el producto de las distribuciones gaussianas en cada una de las direcciones de las coordenadas. Por lo tanto:

$$f(y,z) = \frac{1}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left[-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2} - \frac{(z-\mu_z)^2}{2\sigma_z^2}\right] \quad \text{Ec. 5}$$

Donde $\sigma_y, \sigma_z, \mu_y$ y μ_z tienen esencialmente la misma interpretación que en el caso de la distribución gaussiana simple.

Modelo Gaussiano de Dispersión

Este modelo trata de simular el comportamiento en conjunto de las plumas emitidas de una fuente tanto a nivel del terreno como a la altura de la chimenea. Una ecuación que representa el perfil de concentración a favor del viento esta dada por la ecuación general:

$$C = Kx^{-1} \exp \left[- \left(\frac{y^2}{D_y} + \frac{z^2}{D_z} \right) \frac{u}{4x} \right] \quad \text{Ec. 6}$$

Donde K es una constante arbitraria cuyo valor está determinado por las condiciones de la frontera del problema atmosférico específico.

Fuentes a nivel del suelo

Para una fuente puntual individual, la expresión apropiada para K es:

$$K = \frac{Q}{2\pi(D_y D_z)^{1/2}} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde Q es la emisión (masa/tiempo). Al sustituir la Ec. 7 en la Ec. 6 se encuentra que la ecuación que describe la concentración de un contaminante emitido de una fuente puntual a nivel del suelo es:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi(D_y D_z)^{1/2}} \exp\left[-\left(\frac{y^2}{D_y} + \frac{z^2}{D_z}\right) \frac{u}{4x}\right] \quad \text{Ec. 8}$$

Esta ecuación tiene el formato de la distribución Gaussiana doble o normal, como se representa en la Ec. 5. Las máximas concentraciones en la direcciones y y z se encuentran sobre el eje de las x , los valores de μ_x y μ_y en la Ec. 5 serán cero para esta situación física. Por lo tanto la Ec. 5 se reduce a la forma:

$$f(y, z) = \frac{1}{2\pi\sigma_y\sigma_z} \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{-z^2}{\sigma_z^2}\right] \quad \text{Ec. 9}$$

Rearreglando la Ec. 8 en forma similar a la ecuación anterior. Se tienen las siguientes definiciones a fin de poder efectuar dicha transformación:

$$\sigma_y^2 = \frac{2D_y x}{u} \quad \sigma_z^2 = \frac{2D_z x}{u} \quad \text{Ec. 10}$$

Sustituyendo estas dos definiciones en la Ec. 8 da la siguiente función que describe la concentración a favor del viento desde una fuente puntual a nivel del suelo:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2}\right)\right] \quad \text{Ec. 11}$$

La concentración gaseosa C se determina por las unidades de las magnitudes Q , u , σ_y y σ_z . En la literatura σ_y y σ_z están dadas en metros y u en m/s. Si y y z toman el valor de cero, la ecuación anterior se reduce a:

$$C(x,0,0) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \quad \text{Ec. 12}$$

Esta ecuación se aplica a la concentración a lo largo de la línea central y a nivel de suelo, desde una fuente puntual también a nivel del suelo.

Fuente puntual a una altura H , con reflexión

Para la emisión de una chimenea con altura efectiva H , es necesario alternar el término exponencial que contiene a z^2 , en la Ec. 11. Para una fuente sin reflexión el valor será C :

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2}\right)\right] \quad \text{Ec. 13}$$

La ecuación anterior es una expresión adecuada para la concentración en la dirección del viento, hasta llegar a un punto en la dirección x donde sea significativa la concentración a nivel del suelo ($z=0$). Tendrá entonces una reflexión importante ya que la superficie terrestre no es un sumidero para un contaminante.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)\right] \left\{ \exp\left[-\frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2}\right] + \exp\left[-\frac{(z+H)^2}{\sigma_z^2}\right] \right\} \quad \text{Ec. 14}$$

Otra ecuación importante cuando se considera la reflexión a nivel del terreno es la que representa la concentración cuando $z=0$, así la Ec. 14 se reduce a:

$$C(x, y, 0) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(\frac{-H^2}{\sigma_z^2}\right) \exp\left(\frac{-y^2}{\sigma_y^2}\right)$$

Si se desea la concentración sobre la línea central y a nivel del suelo, el último término exponencial será igual a la unidad.

Quemador Elevado

El Quemador Elevado es el más visible y espectacular de los equipos asociados con una planta de proceso o área de producción; bajo condiciones de diseño representa fuego o combustión en una escala masiva; sin embargo, las eficiencias alcanzadas son bajas emitiendo componentes que por impacto de los fenómenos meteorológicos y las características topográficas, se dispersan como gases y vapores en lugares donde las concentraciones son peligrosas y letales para el personal y corrosivas para los equipos sobre la base de diferentes escenarios, quedando lejos del marco de la legislación ambiental.

Los quemadores son comúnmente usados en la industria del petróleo para disponer con seguridad de los gases durante desajustes del proceso y emergencias quemando compuestos orgánicos de emisiones de corrientes de desecho, sin opción a recuperación usando energía asociada. Las emisiones incluyen hollín, PST, SO_x, NO_x, CO, ruido, olor e hidrocarburos no quemados.

Aunque existen diferentes tipos de quemadores, los elevados son los más usados, se deben instalar de acuerdo a la dirección de los vientos y localizarlos a distancias adecuadas de otras instalaciones y de áreas urbanas adyacentes para minimizar riesgos por toxicidad, flamabilidad, explosividad y radiación en el personal.

Tradicionalmente la función principal de un quemador era relevar el exceso de presión venteando y quemando el gas, esos quemadores eran simplemente

longitudes de tubería con sistemas de ignición. Actualmente, los estándares de seguridad y legislación ambiental han transformado la tecnología de estos dispositivos; diseños más complejos son requeridos para permitir una combustión completa y sin humo a pesar de las velocidades del viento, lluvia y otros factores climáticos.

La altura del quemador deberá ser tal que a una distancia determinada no se tengan problemas por radiación; sin embargo, la altura efectiva será aquella que en un evento de relevo por emergencia, la concentración máxima a nivel de piso y en atmósferas adyacentes es esperada para permanecer abajo de los límites de flamabilidad, toxicidad, explosividad, olor y ruido para no afectar al personal.

Normas Aplicables para Quemadores y Contaminantes

Las Normas que establecen los límites máximos permisibles para la concentración de contaminantes en el ambiente son las Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaria de Salud.

Para los contaminantes que se va a evaluar las Normas que aplican son las siguientes:

NOM-022-SSA1-1993.

Esta Norma establece la concentración de dióxido de azufre como contaminante atmosférico, la cual no debe rebasar el límite máximo normado de 0.13 ppm o lo que es equivalente a 341 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en 24 horas una vez al año y 0.03 ppm (79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en una media aritmética anual, para protección a la salud de la población susceptible.

NOM-023-SSA1-1993.

Esta Norma establece la concentración de dióxido de nitrógeno, como contaminante atmosférico, la cual no debe rebasar el límite máximo normado de 0.21 ppm o lo que es equivalente a 395 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en una hora una vez al año, como protección a la salud de la población susceptible.

METODOLOGÍA

En esta sección se mencionan las premisas y el procedimiento con las cuales se desarrollo el análisis de dispersión de los diferentes agentes tóxicos considerados.

El programa con el que se realizaron los diferentes análisis de dispersión fue Flaretot ® Versión 1.1 el cual es un paquete completo que abarca todos los aspectos de diseños de sistemas de desfogue. Este está diseñado para simular condiciones de redes de desfogue en quemadores, ya sea en instalaciones nuevas o existentes bajo las posibles condiciones existentes (flujo compresible, flujo a dos fases y en condiciones de flujo sónico).

El modulo del programa Flaretot ® Versión 1.1 utilizado fue el de DISPERSIÓN, el cual calcula la concentración de contaminantes resultantes por la combustión en el quemador o como emisión de contaminantes de una chimenea, por medio del modelo API (American Petroleum Institute).

Las alturas seleccionadas para el análisis de dispersión de los agentes tóxicos, son 20 y 35 m sobre el nivel del mar, por ser las elevaciones en las que se encuentra laborando el personal.

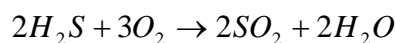
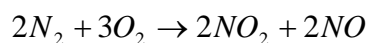
Agentes Tóxicos

En la siguiente tabla se muestran los agentes tóxicos analizados, así como los límites máximos permisibles de concentración.

AGENTES TÓXICOS			
Nombre	Formula semidesarrollada	Concentración máxima permisible (ppm)	Descripción
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂	0.21 (NOM-023-SSA1-1993)	Gas marrón - amarillo. P.M.=46 g/gmol
Dióxido de Azufre	SO ₂	0.13 (NOM-022-SSA1-1993)	Gas incoloro P.M.=64 g/gmol
Acido Sulfhídrico	H ₂ S	10 (NIOSH, The Nacional Institute Occupational Safety and Health)	Gas incoloro P.M.=34 g/gmol

ppm= partes por millón

Las reacciones por las cuales se producen los agentes tóxicos durante la combustión son las siguientes:



Condiciones de Operación del Quemador

Para el análisis de dispersión de los agentes tóxicos originados por la conversión o extinción de flama del quemador elevado, se consideraron las condiciones máximas de operación en las cuales puede trabajar el mismo y las cuales se muestran a continuación:

COMPOSICIÓN DEL GAS			
		Desfogue de Baja	Desfogue de Alta
CO ₂	%mol	0.053	1.536
Nitrógeno	%mol	0.001	2.903
Metano	%mol	0.416	58.842
Etano	%mol	0.690	15.128
Propano	%mol	2.148	8.620
i-Butano	%mol	0.738	0.000
n-Butano	%mol	4.009	4.815
i-Pentano	%mol	2.747	0.000
n-Pentano	%mol	4.691	2.577
n-Hexano	%mol	12.432	1.369
n-Heptano	%mol	0.176	0.608
n-Octano	%mol	0.224	0.554
n-Nonano	%mol	0.266	0.482
n-Decano	%mol	0.035	0.019
C7-Plus	%mol	53.966	0.103
H ₂ O	%mol	17.044	0.913
H ₂ S	%mol	0.364	1.531
Peso Molecular		102.6	26.8
Flujo relevado	(kg/h)	90,778	329,670

CONDICIONES DE OPERACIÓN		
		Desfogue
Presión	(kg/cm ²)	0.35
Temperatura	(°C)	128
Flujo de relevo	(kg/h)	420,448
P.M.	(kg/kgmol)	31.87
Z		0.972

DIMENSIONES DEL QUEMADOR		
Tipo		Elevado
Altura	(m)	45.72
Diámetro nominal de la boquilla	(mm)	91.44
Espesor	(mm)	6.35

Condiciones Climatológicas

TEMPERATURA AMBIENTE		
Máxima Extrema	(°C)	41.0
Mínima Extrema	(°C)	14.5
Media Anual	(°C)	26.7
Bulbo Seco	(°C)	26.6
Bulbo Húmedo	(°C)	24.6

HÚMEDAD RELATIVA		
Máxima	(%)	95.0
Promedio	(%)	80.0
Mínima	(%)	70.0

PRECIPITACIÓN PLUVIAL		
Horaria diaria media	(mm)	154.5
Horaria máxima	(mm)	295.0
Anual media	(mm)	1693-2097
Días de lluvia al año		120.0

Clima

Calido húmedo con abundantes lluvias de verano. Lluvias (Mayo-Octubre), con periodo corto de sequía intermedia (entre Agosto y Septiembre) y seca (Noviembre-Abril), con un periodo de lluvias invernales -Norte-.
Clasificación: AM (Clasificación climática KOPPEN).

Atmósfera

Corrosiva por el ambiente marino y pequeñas Cantidades de H₂S.

Vientos

DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS	
Reinantes (todo el año)	Alisios, Noreste
Dominantes (de máxima intensidad, ocasionales en invierno)	Norte, Norte-Sur

VELOCIDAD DE LOS VIENTOS		
Reinantes	(m/s)	5
Dominantes por Norte /máxima	(m/s)	35 / 66

CAPÍTULO III. DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron de la metodología descrita en el capítulo anterior y se realiza el análisis de dichos resultados.

Para la dispersión de gases tóxicos generados durante el proceso de combustión, se realizaron los análisis que destacan el comportamiento de los componentes considerados como tóxicos, SO_2 y NO_2 , (referirse a las normas NOM-022-SSA1-1993 Y NOM-023-SSA1-1993 respectivamente), a diferentes elevaciones desde el nivel del mar, y a una velocidad de 5 y 35 m/s, que corresponde a los vientos Reinantes (NE-SO) y dominantes (N-S) respectivamente.

Dispersión de Dióxido de Nitrógeno

Los resultados del análisis de dispersión de Dióxido de Nitrógeno, con ayuda del programa FLARETOT® Versión 1.1, considerando una conversión del 20% de Nitrógeno presente en la corriente de desfogue a la entrada del quemador, se muestra en la siguiente tabla:

DISPERSIÓN DE NO ₂					
Elevación (m)	Máxima concentración calculada (ppmv)		Máxima concentración en el radio de afectación al personal (ppmv)		Máxima concentración permitida (ppmv)
	Vientos Reinantes	Vientos Dominantes	Vientos Reinantes	Vientos Dominantes	
20	0.0	0.036	0.0	0.004	0.21
35	0.0	0.12	0.0	0.012	

ppmv = partes por millón volumétrico

Dispersión de Dióxido de Azufre

Los resultados del análisis de dispersión de Dióxido de Azufre, con ayuda del programa FLARETOT® Versión 1.1, considerando una conversión total de Azufre presente en la corriente de desfogue a la entrada del quemador, se muestra a continuación:

DISPERSIÓN DE SO ₂					
Elevación (m)	Máxima concentración calculada (ppmv)		Máxima concentración en el radio de afectación al personal (ppmv)		Máxima concentración permitida (ppmv)
	Vientos Reinantes	Vientos Dominantes	Vientos Reinantes	Vientos Dominantes	
20	0.0	0.049	0.0	0.005	0.13
35	0.0	0.16	0.0	0.016	

ppmv = partes por millón volumétrico

Situación análoga guarda el estudio de dispersión de gases tóxicos liberados asumiendo “extinción de flama en el quemador”. En este caso también se desarrollaron varias “corridas” que permitieron ponderar el comportamiento del H₂S, tomando como referencia los límites indicados por la NIOSH, a diferentes elevaciones, y también a la misma velocidad de los vientos Reinantes y Dominantes referidas anteriormente.

Dispersión de Ácido Sulhídrico

Los resultados del análisis de dispersión de Ácido Sulhídrico, con ayuda del programa FLARETOT® Versión 1.1, considerando una conversión total de Azufre presente en la corriente de desfogue a la entrada del quemador, se muestran en seguida:

DISPERSIÓN DE H₂S					
Elevación (m)	Máxima concentración calculada (ppmv)		Máxima concentración en el radio de afectación al personal (ppmv)		Máxima concentración permitida (ppmv)
	Vientos Reinantes	Vientos Dominantes	Vientos Reinantes	Vientos Dominantes	
20	0.0	0.08	0.0	0.008	10
35	0.0	0.25	0.0	0.025	

ppmv = partes por millón volumétrico

Lo que se puede observar de los resultados obtenidos, tal como se muestra en las tablas anteriores y en los resultados mostrados en el Apéndice, es la baja concentración de los agentes tóxicos liberados a la atmósfera (NO_2 , SO_2 y H_2S) dentro de la zona considerada de riesgo para el personal, como consecuencia de la combustión en el Quemador elevado o por liberación en caso de una extinción de flama, esto debido principalmente a la velocidad a la que sale del quemador para su combustión, el cual juega un papel importante para una buena dispersión de las sustancias.

Otro punto importante a destacar, es que en el caso del Dióxido de Azufre se presenta una concentración por encima de los límites establecidos, pero esta zona se encuentra alejada de la zona donde labora el personal y por lo tanto no representa un riesgo para el mismo.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES

Las concentraciones de los contaminantes tóxicos analizados, están muy por debajo de los límites establecidos en las normas ya mencionadas y reflejan el bajo riesgo que corre el personal, por la exposición a dichos contaminantes, como consecuencia de la combustión en el quemador elevado.

Los resultados mostrados indican las concentraciones de los agentes tóxicos en las condiciones extremas (el quemador trabajando a su máxima capacidad y con las condiciones de viento menos favorables), sin embargo estas no son las condiciones de operación normal, lo cual disminuye aún más el riesgo para el personal que labora en la zona.

Por lo tanto la altura del quemador evaluado, así como la velocidad a la salida del mismo, es suficiente para lograr una dispersión satisfactoria de sustancias contaminantes en el entorno físico del equipo, no poniendo en ningún momento en riesgo al personal que ahí labora.

BIBLIOGRAFÍA

- Wark, Kenneth, Celic F. Warner," Contaminación del aire. Origen y control", México 1990, Limusa Noriega
- API STD 521, "Guide for Pressure-relieving and Depressuring Systems", Fifth Edition, January 2007
- NRF-031-PEMEX-2006. "Sistemas de desfuegos y quemadores en instalaciones de PEMEX Exploración y Producción"
- NOM-022-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de azufre (SO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".
- NOM-023-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO₂) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".
- NOM-024-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas totales (PST). Valor permisible para la concentración de partículas suspendidas totales

(PST) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

- <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nomssa.html>
- <http://www.flaretot.com/downloads/FlaretotSpec.pdf>
- <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0337.html>
- <http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/impactos/vi-082.pdf>

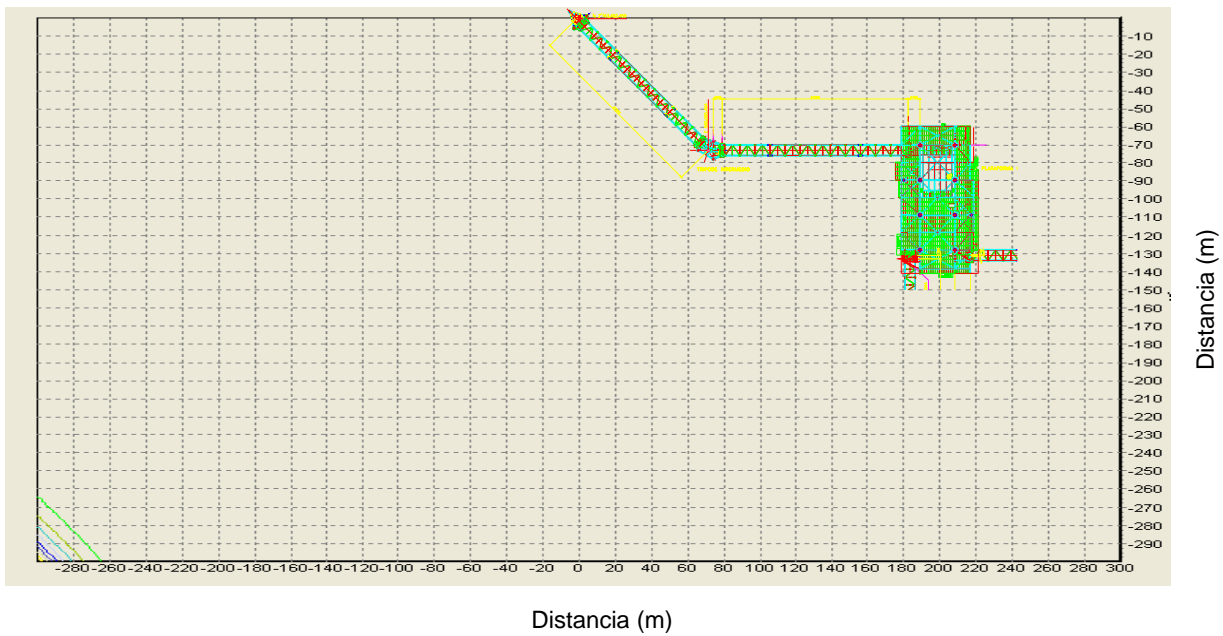
APÉNDICE

1. DISPERSIÓN DE DIÓXIDO DE NITRÓGENO

**TABLA DE DISPERSIONES DE NO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

Dispersion table using API										
At elevation : 20.0m										
Wind velocity : 5.0m/s										
Concentration of Pollutant in ppm(y)										
Distances in m										
	X(East)----->									
Y(North)	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	3.92e-26	9.22e-29	1.55e-31	2.41e-34	3.52e-37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	3.72e-23	1.10e-25	1.69e-28	1.40e-31	4.46e-35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-66.7	1.29e-20	4.54e-23	6.38e-26	3.09e-29	2.97e-33	7.36e-39	0.00	0.00	0.00	0.00
-100.0	1.95e-18	8.00e-21	1.07e-23	3.46e-27	1.40e-31	9.38e-38	0.00	0.00	0.00	0.00
-133.3	1.47e-16	7.03e-19	9.33e-22	2.36e-25	5.26e-30	1.57e-36	2.97e-47	0.00	0.00	0.00
-166.7	6.24e-15	3.46e-17	4.79e-20	1.07e-23	1.69e-28	3.26e-35	8.72e-46	0.00	0.00	0.00
-200.0	1.61e-13	1.04e-15	1.57e-18	3.41e-22	4.67e-27	7.73e-34	3.55e-44	2.30e-62	0.00	0.00
-233.3	2.70e-12	2.04e-14	3.46e-17	8.00e-21	1.10e-25	1.95e-32	1.77e-42	3.58e-59	0.00	0.00
-266.7	3.14e-11	2.76e-13	5.42e-16	1.42e-19	2.21e-24	4.92e-31	9.66e-41	3.43e-56	3.43e-84	0.00
-300.0	2.64e-10	2.70e-12	6.24e-15	1.95e-18	3.72e-23	1.16e-29	5.33e-39	2.23e-53	6.49e-78	0.00

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE NO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

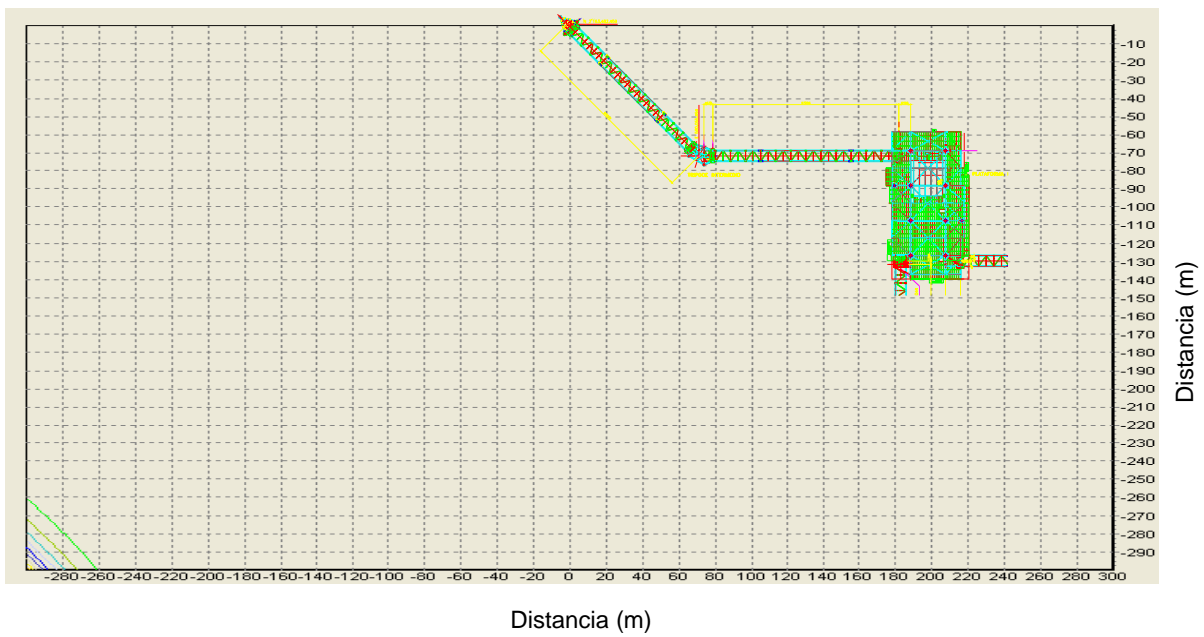


**TABLA DE DISPERSIONES DE NO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

Dispersion table using API
At elevation : 35.0m
Wind velocity : 5.0m/s
Concentration of Pollutant in ppm(y)
Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	7.27e-24	4.03e-26	1.70e-28	6.88e-31	2.54e-33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	4.64e-21	3.11e-23	1.17e-25	2.48e-28	2.05e-31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-66.7	1.10e-18	8.42e-21	2.79e-23	3.41e-26	8.51e-30	5.33e-35	0.00	0.00	0.00	0.00
-100.0	1.18e-16	9.97e-19	3.01e-21	2.40e-24	2.48e-28	4.30e-34	0.00	0.00	0.00	0.00
-133.3	6.43e-15	6.03e-17	1.73e-19	1.03e-22	5.82e-27	4.50e-33	2.15e-43	0.00	0.00	0.00
-166.7	2.01e-13	2.09e-15	5.97e-18	3.01e-21	1.17e-25	5.78e-32	3.99e-42	0.00	0.00	0.00
-200.0	3.91e-12	4.53e-14	1.34e-16	6.32e-20	2.04e-24	8.51e-31	1.02e-40	1.66e-58	0.00	0.00
-233.3	5.08e-11	6.56e-13	2.09e-15	9.97e-19	3.11e-23	1.35e-29	3.13e-39	1.64e-55	0.00	0.00
-266.7	4.64e-10	6.71e-12	2.36e-14	1.22e-17	4.10e-22	2.15e-28	1.06e-37	9.81e-53	2.48e-80	0.00
-300.0	3.13e-09	5.08e-11	2.01e-13	1.18e-16	4.64e-21	3.31e-27	3.68e-36	3.96e-50	2.97e-74	0.00

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE NO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

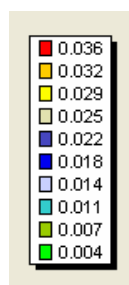
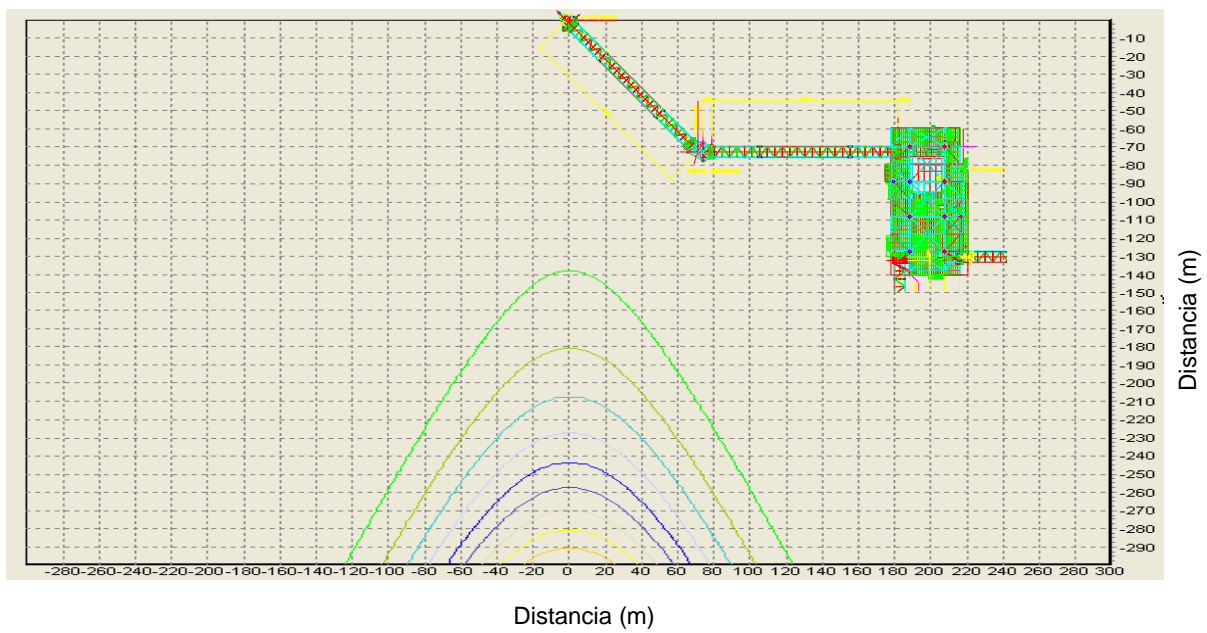


**TABLA DE DISPERSIONES DE NO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**

Dispersion table using API
At elevation : 20.0m
Wind velocity : 35.0m/s
Concentration of Pollutant in ppm(y)
Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	8.92e-35	1.38e-22	1.92e-13	2.39e-07	2.67e-04	2.67e-04	2.39e-07	1.92e-13	1.38e-22	8.92e-35
-66.7	1.46e-26	1.59e-17	9.49e-11	3.13e-06	5.68e-04	5.68e-04	3.13e-06	9.49e-11	1.59e-17	1.46e-26
-100.0	4.47e-21	4.12e-14	6.88e-09	2.09e-05	1.15e-03	1.15e-03	2.09e-05	6.88e-09	4.12e-14	4.47e-21
-133.3	3.32e-17	1.13e-11	1.59e-07	9.28e-05	2.24e-03	2.24e-03	9.28e-05	1.59e-07	1.13e-11	3.32e-17
-166.7	2.35e-14	7.43e-10	1.76e-06	3.13e-04	4.18e-03	4.18e-03	3.13e-04	1.76e-06	7.43e-10	2.35e-14
-200.0	3.46e-12	1.87e-08	1.18e-05	8.65e-04	7.42e-03	7.42e-03	8.65e-04	1.18e-05	1.87e-08	3.46e-12
-233.3	1.71e-10	2.39e-07	5.47e-05	2.05e-03	1.25e-02	1.25e-02	2.05e-03	5.47e-05	2.39e-07	1.71e-10
-266.7	3.83e-09	1.87e-06	1.93e-04	4.26e-03	2.00e-02	2.00e-02	4.26e-03	1.93e-04	1.87e-06	3.83e-09
-300.0	4.76e-08	1.00e-05	5.52e-04	7.99e-03	3.04e-02	3.04e-02	7.99e-03	5.52e-04	1.00e-05	4.76e-08

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE NO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**

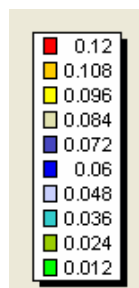
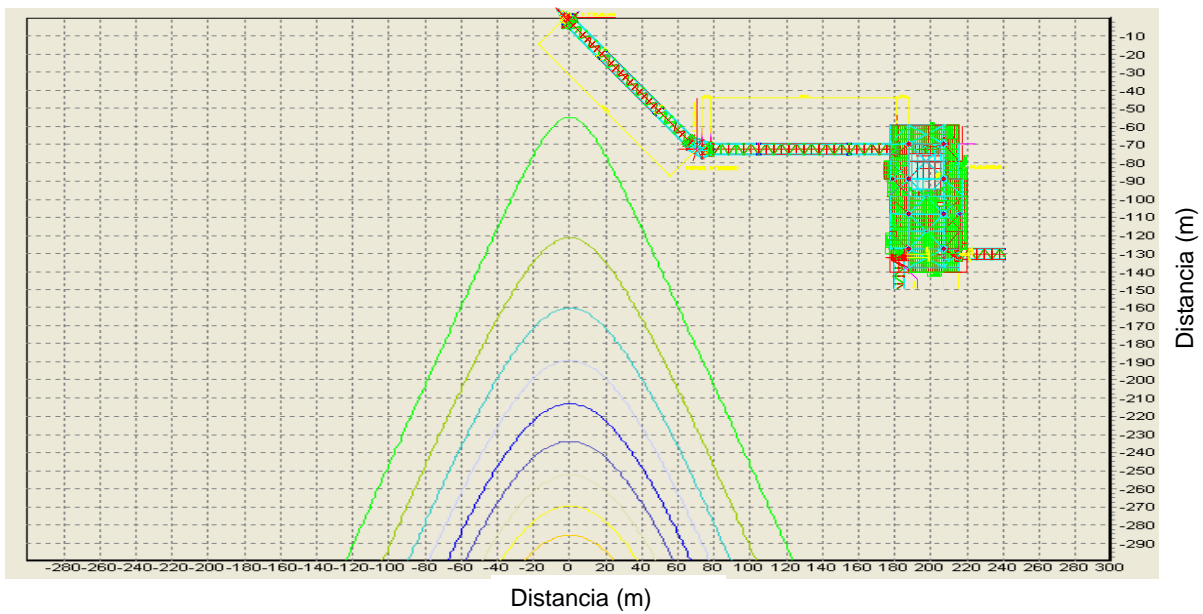


**TABLA DE DISPERSIONES DE NO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**

Dispersion table using API
 At elevation : 35.0m
 Wind velocity : 35.0m/s
 Concentration of Pollutant in ppm(y)
 Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	1.37e-33	2.12e-21	2.95e-12	3.67e-06	4.10e-03	4.10e-03	3.67e-06	2.95e-12	2.12e-21	1.37e-33
-66.7	1.82e-25	1.98e-16	1.18e-09	3.90e-05	7.08e-03	7.08e-03	3.90e-05	1.18e-09	1.98e-16	1.82e-25
-100.0	4.51e-20	4.15e-13	6.95e-08	2.11e-04	1.16e-02	1.16e-02	2.11e-04	6.95e-08	4.15e-13	4.51e-20
-133.3	2.71e-16	9.23e-11	1.30e-06	7.59e-04	1.83e-02	1.83e-02	7.59e-04	1.30e-06	9.23e-11	2.71e-16
-166.7	1.57e-13	4.95e-09	1.17e-05	2.09e-03	2.78e-02	2.78e-02	2.09e-03	1.17e-05	4.95e-09	1.57e-13
-200.0	1.90e-11	1.03e-07	6.47e-05	4.75e-03	4.07e-02	4.07e-02	4.75e-03	6.47e-05	1.03e-07	1.90e-11
-233.3	7.84e-10	1.10e-06	2.51e-04	9.37e-03	5.73e-02	5.73e-02	9.37e-03	2.51e-04	1.10e-06	7.84e-10
-266.7	1.48e-08	7.22e-06	7.48e-04	1.65e-02	7.75e-02	7.75e-02	1.65e-02	7.48e-04	7.22e-06	1.48e-08
-300.0	1.58e-07	3.31e-05	1.83e-03	2.65e-02	0.10	0.10	2.65e-02	1.83e-03	3.31e-05	1.58e-07

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE NO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**



2. DISPERSIÓN DE DIÓXIDO DE AZUFRE

**TABLA DE DISPERSIONES DE SO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

Dispersion table using API
 At elevation : 20.0m
 Wind velocity : 5.0m/s
 Concentration of Pollutant in ppm(γ)
 Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
0.0	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
-33.3	5.26e-26	1.24e-28	2.07e-31	3.23e-34	4.72e-37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-66.7	1.73e-20	6.09e-23	8.56e-26	4.14e-29	3.99e-33	9.89e-39	0.00	0.00	0.00	0.00
-100.0	2.61e-18	1.07e-20	1.43e-23	4.67e-27	1.87e-31	1.26e-37	0.00	0.00	0.00	0.00
-133.3	1.98e-16	9.43e-19	1.25e-21	3.17e-25	7.09e-30	2.11e-36	3.99e-47	0.00	0.00	0.00
-166.7	8.37e-15	4.64e-17	6.42e-20	1.43e-23	2.27e-28	4.37e-35	1.17e-45	0.00	0.00	0.00
-200.0	2.16e-13	1.39e-15	2.10e-18	4.57e-22	6.26e-27	1.04e-33	4.76e-44	3.08e-62	0.00	0.00
-233.3	3.62e-12	2.73e-14	4.64e-17	1.07e-20	1.48e-25	2.62e-32	2.37e-42	4.80e-59	0.00	0.00
-266.7	4.21e-11	3.70e-13	7.26e-16	1.90e-19	2.96e-24	6.60e-31	1.30e-40	4.60e-56	4.60e-84	0.00
-300.0	3.53e-10	3.62e-12	8.37e-15	2.61e-18	5.00e-23	1.58e-29	7.15e-39	2.99e-53	8.70e-78	0.00

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE SO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

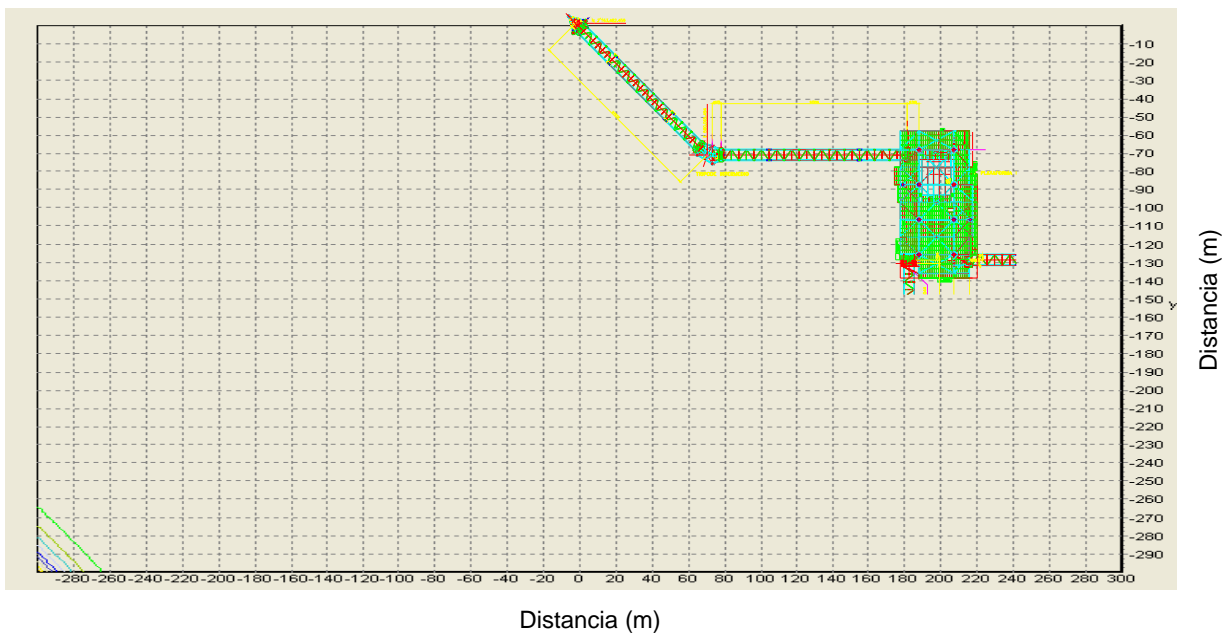


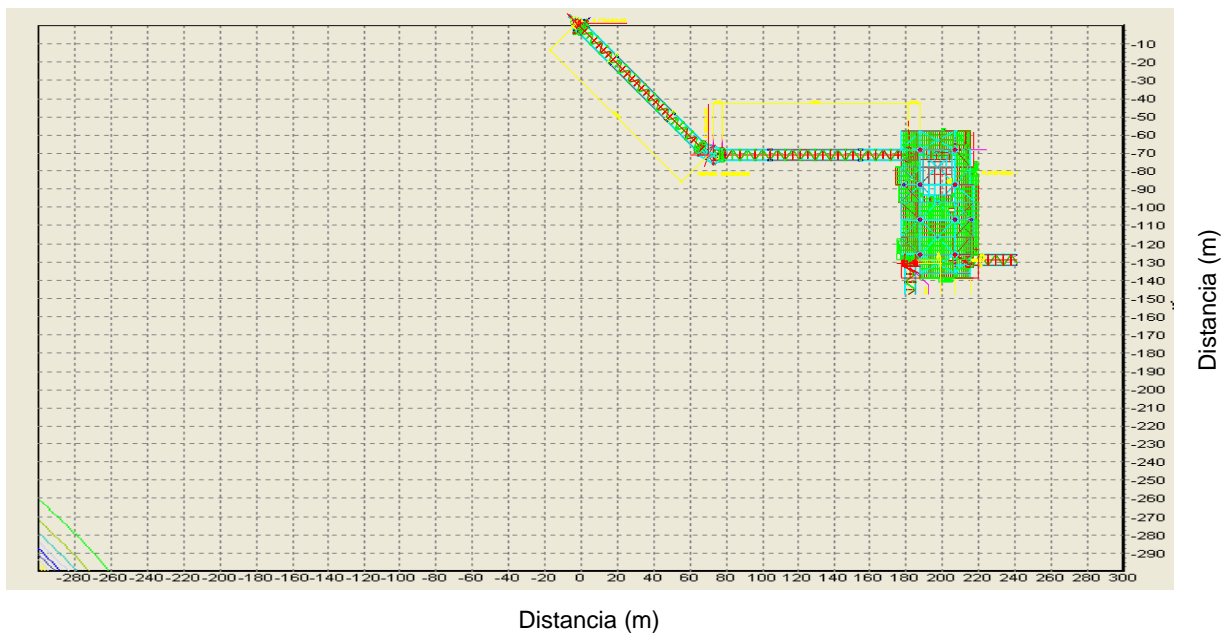
TABLA DE DISPERSIONES DE SO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,

MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)

Dispersion table using API
 At elevation : 35.0m
 Wind velocity : 5.0m/s
 Concentration of Pollutant in ppm(y)
 Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	9.76e-24	5.41e-26	2.29e-28	9.23e-31	3.41e-33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	6.23e-21	4.17e-23	1.57e-25	3.33e-28	2.74e-31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-66.7	1.49e-18	1.13e-20	3.74e-23	4.57e-26	1.14e-29	7.15e-35	0.00	0.00	0.00	0.00
-100.0	1.59e-16	1.34e-18	4.03e-21	3.22e-24	3.33e-28	5.77e-34	0.00	0.00	0.00	0.00
-133.3	8.62e-15	8.09e-17	2.32e-19	1.39e-22	7.91e-27	6.03e-33	2.89e-43	0.00	0.00	0.00
-166.7	2.70e-13	2.80e-15	8.01e-18	4.03e-21	1.57e-25	7.75e-32	5.36e-42	0.00	0.00	0.00
-200.0	5.25e-12	6.07e-14	1.80e-16	8.47e-20	2.74e-24	1.14e-30	1.36e-40	2.23e-58	0.00	0.00
-233.3	6.81e-11	8.80e-13	2.80e-15	1.34e-18	4.17e-23	1.81e-29	4.20e-39	2.20e-55	0.00	0.00
-266.7	6.23e-10	9.00e-12	3.17e-14	1.63e-17	5.49e-22	2.89e-28	1.43e-37	1.32e-52	3.33e-80	0.00
-300.0	4.20e-09	6.81e-11	2.70e-13	1.58e-16	6.23e-21	4.44e-27	4.93e-36	5.31e-50	3.99e-74	0.00

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE SO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

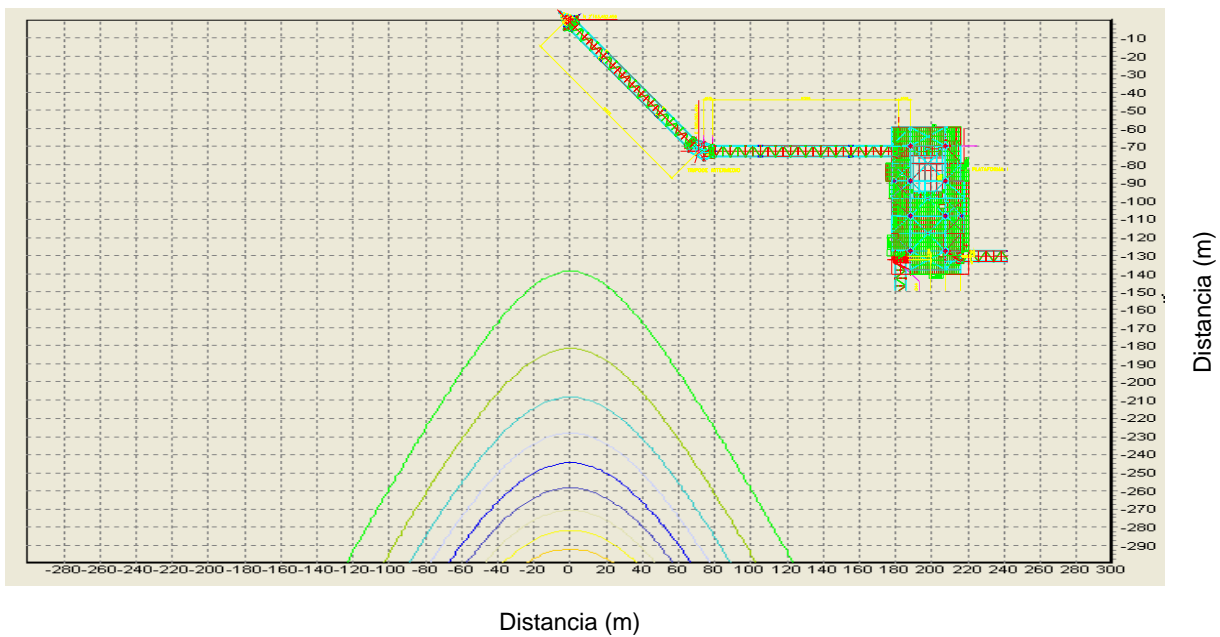


**TABLA DE DISPERSIONES DE SO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**

Dispersion table using API
At elevation : 20.0m
Wind velocity : 35.0m/s
Concentration of Pollutant in ppm(y)
Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
-300.0	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	1.20e-34	1.88e-22	2.58e-13	3.21e-07	3.58e-04	3.58e-04	3.21e-07	2.58e-13	1.88e-22	1.20e-34
-66.7	1.96e-26	2.13e-17	1.27e-10	4.19e-06	7.61e-04	7.61e-04	4.19e-06	1.27e-10	2.13e-17	1.96e-26
-100.0	5.99e-21	5.52e-14	9.23e-09	2.80e-05	1.54e-03	1.54e-03	2.80e-05	9.23e-09	5.52e-14	5.99e-21
-133.3	4.45e-17	1.51e-11	2.13e-07	1.24e-04	3.01e-03	3.01e-03	1.24e-04	2.13e-07	1.51e-11	4.45e-17
-166.7	3.15e-14	9.96e-10	2.36e-06	4.20e-04	5.60e-03	5.60e-03	4.20e-04	2.36e-06	9.96e-10	3.15e-14
-200.0	4.65e-12	2.51e-08	1.58e-05	1.16e-03	9.95e-03	9.95e-03	1.16e-03	1.58e-05	2.51e-08	4.65e-12
-233.3	2.30e-10	3.21e-07	7.34e-05	2.74e-03	1.68e-02	1.68e-02	2.74e-03	7.34e-05	3.21e-07	2.30e-10
-266.7	5.14e-09	2.50e-06	2.59e-04	5.72e-03	2.68e-02	2.68e-02	5.72e-03	2.59e-04	2.50e-06	5.14e-09
-300.0	6.39e-08	1.34e-05	7.40e-04	1.07e-02	4.08e-02	4.08e-02	1.07e-02	7.40e-04	1.34e-05	6.39e-08

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE SO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**

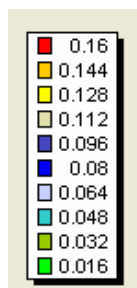
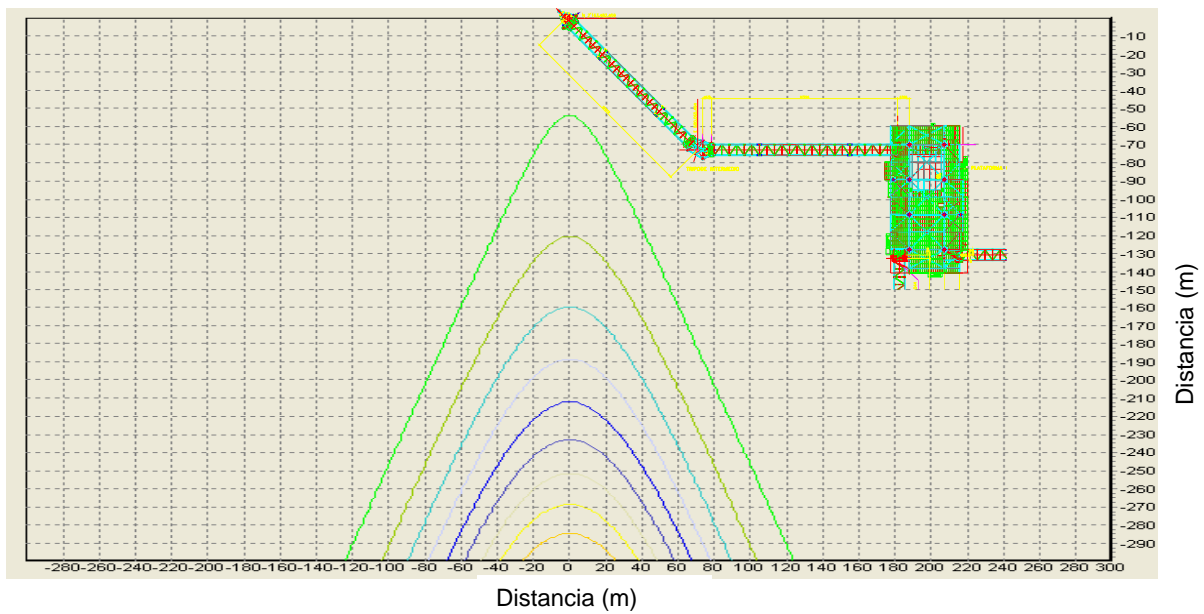


**TABLA DE DISPERSIONES DE SO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**

Dispersion table using API
 At elevation : 35.0m
 Wind velocity : 35.0m/s
 Concentration of Pollutant in ppm(y)
 Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	1.84e-33	2.85e-21	3.96e-12	4.93e-06	5.50e-03	5.50e-03	4.93e-06	3.96e-12	2.85e-21	1.84e-33
-66.7	2.45e-25	2.65e-16	1.59e-09	5.23e-05	9.50e-03	9.50e-03	5.23e-05	1.59e-09	2.65e-16	2.45e-25
-100.0	6.05e-20	5.57e-13	9.32e-08	2.83e-04	1.56e-02	1.56e-02	2.83e-04	9.32e-08	5.57e-13	6.05e-20
-133.3	3.84e-16	1.24e-10	1.74e-06	1.02e-03	2.46e-02	2.46e-02	1.02e-03	1.74e-06	1.24e-10	3.84e-16
-166.7	2.10e-13	6.64e-09	1.58e-05	2.80e-03	3.74e-02	3.74e-02	2.80e-03	1.58e-05	6.64e-09	2.10e-13
-200.0	2.55e-11	1.38e-07	8.68e-05	6.38e-03	5.46e-02	5.46e-02	6.38e-03	8.68e-05	1.38e-07	2.55e-11
-233.3	1.05e-09	1.47e-06	3.36e-04	1.26e-02	7.69e-02	7.69e-02	1.26e-02	3.36e-04	1.47e-06	1.05e-09
-266.7	1.99e-08	9.69e-06	1.00e-03	2.21e-02	0.10	0.10	2.21e-02	1.00e-03	9.69e-06	1.99e-08
-300.0	2.12e-07	4.45e-05	2.45e-03	3.55e-02	0.14	0.14	3.55e-02	2.45e-03	4.45e-05	2.12e-07

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE SO₂ (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**



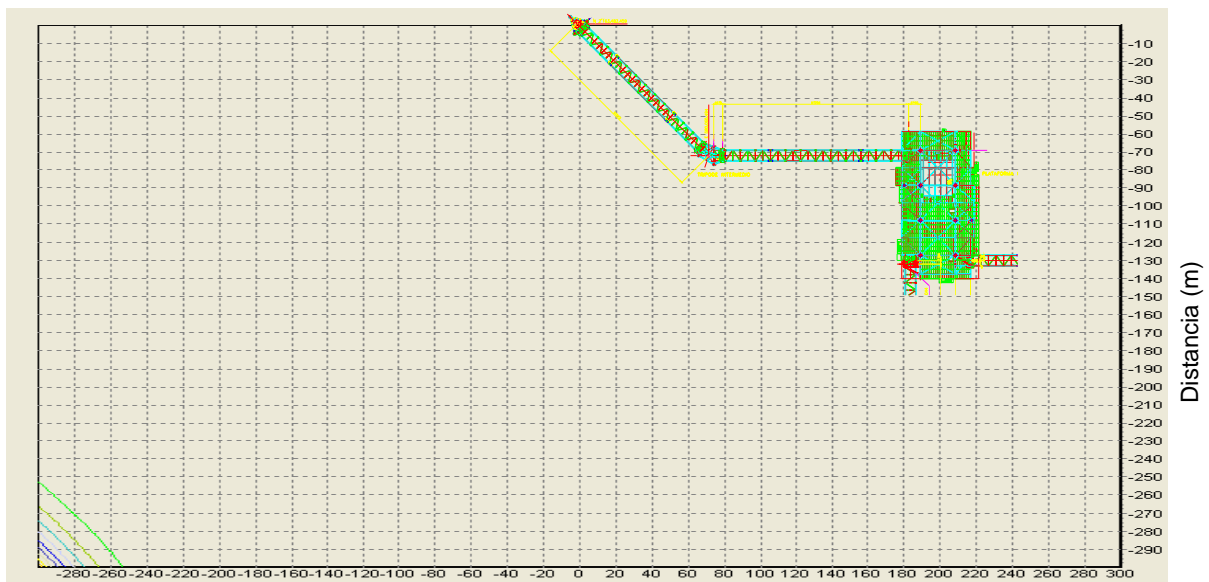
3. DISPERSIÓN DE ÁCIDO SULFÚRICO

**TABLA DE DISPERSIONES DE H₂S (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

Dispersion table using API
At elevation : 20.0m
Wind velocity : 5.0m/s
Concentration of Pollutant in ppm(y)
Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	5.01e-20	1.13e-21	2.16e-23	4.16e-25	7.03e-27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	1.67e-17	4.24e-19	6.90e-21	6.87e-23	2.68e-25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-66.7	2.15e-15	5.79e-17	7.82e-19	4.33e-21	5.15e-24	1.47e-28	0.00	0.00	0.00	0.00
-100.0	1.29e-13	3.59e-15	4.11e-17	1.42e-19	6.87e-23	5.62e-28	0.00	0.00	0.00	0.00
-133.3	4.15e-12	1.16e-13	1.19e-15	2.69e-18	7.40e-22	2.72e-27	5.93e-37	0.00	0.00	0.00
-166.7	7.90e-11	2.30e-12	2.15e-14	4.11e-17	6.90e-21	1.60e-26	5.22e-36	0.00	0.00	0.00
-200.0	9.72e-10	2.92e-11	2.62e-13	4.35e-16	5.72e-20	1.08e-25	6.14e-35	4.59e-52	0.00	0.00
-233.3	8.27e-09	2.58e-10	2.30e-12	3.59e-15	4.24e-19	7.95e-25	8.68e-34	2.14e-49	0.00	0.00
-266.7	5.12e-08	1.67e-09	1.52e-11	2.38e-14	2.82e-18	6.03e-24	1.35e-32	5.93e-47	6.85e-74	0.00
-300.0	2.42e-07	8.27e-09	7.90e-11	1.29e-13	1.67e-17	4.53e-23	2.17e-31	1.10e-44	3.89e-68	0.00

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE H₂S (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**



Distancia (m)

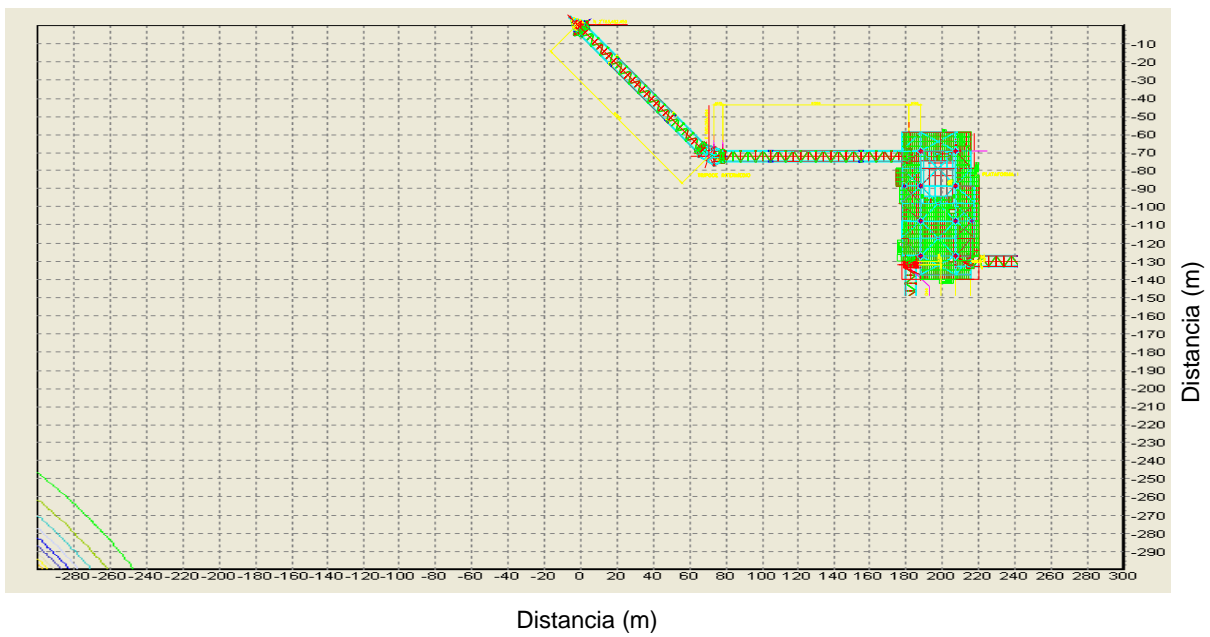


**TABLA DE DISPERSIONES DE H₂S (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

Dispersion table using API
 At elevation : 35.0m
 Wind velocity : 5.0m/s
 Concentration of Pollutant in ppm(γ)
 Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
-300.0	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	4.29e-18	2.01e-19	8.45e-21	3.86e-22	1.36e-23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	1.02e-15	5.19e-17	1.81e-18	4.03e-20	3.52e-22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-66.7	9.56e-14	4.96e-15	1.39e-16	1.89e-18	4.53e-21	2.86e-25	0.00	0.00	0.00	0.00
-100.0	4.26e-12	2.19e-13	5.02e-15	3.71e-17	4.03e-20	7.40e-25	0.00	0.00	0.00	0.00
-133.3	1.03e-10	5.22e-12	1.02e-13	5.14e-16	2.89e-19	2.40e-24	1.15e-33	0.00	0.00	0.00
-166.7	1.52e-09	7.57e-11	1.31e-12	5.02e-15	1.81e-18	9.38e-24	6.87e-33	0.00	0.00	0.00
-200.0	1.47e-08	7.28e-10	1.16e-11	3.72e-14	1.02e-17	4.23e-23	5.41e-32	8.92e-49	0.00	0.00
-233.3	1.01e-07	4.96e-09	7.57e-11	2.19e-13	5.19e-17	2.08e-22	5.09e-31	2.82e-46	0.00	0.00
-266.7	5.08e-07	2.53e-08	3.80e-10	1.05e-12	2.41e-16	1.07e-21	5.28e-30	5.22e-44	1.33e-70	0.00
-300.0	1.99e-06	1.01e-07	1.52e-09	4.26e-12	1.02e-15	5.54e-21	5.69e-29	6.43e-42	5.12e-65	0.00

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE H₂S (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS REINANTES)**

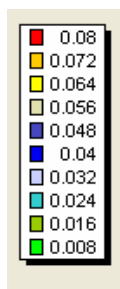
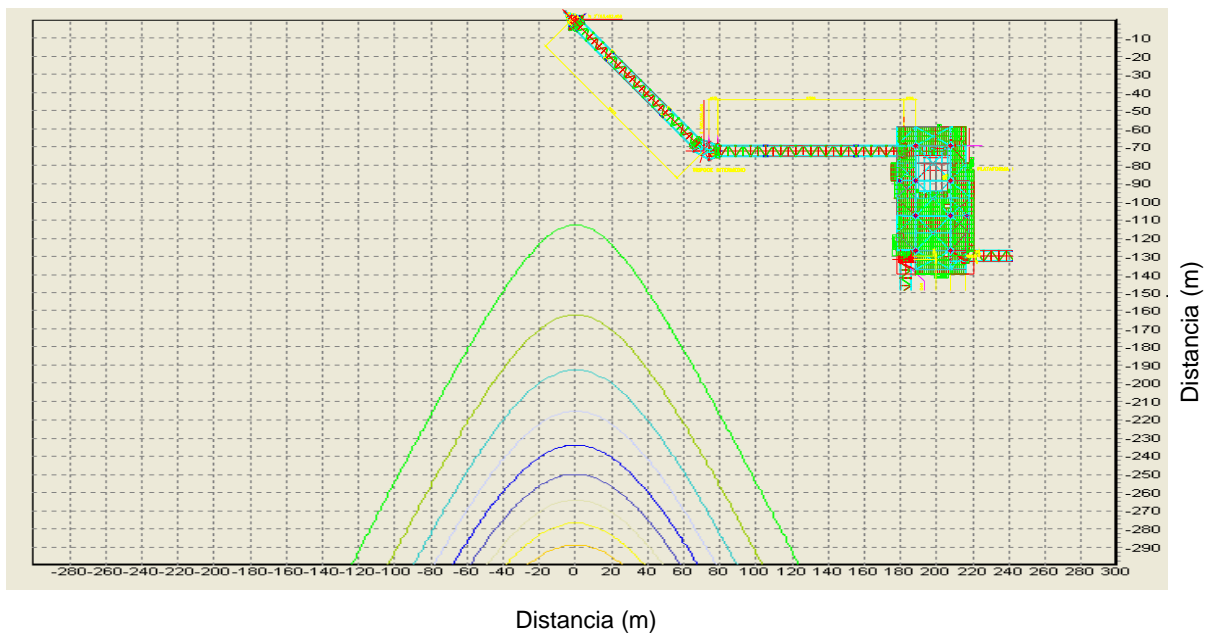


**TABLA DE DISPERSIONES DE H₂S (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**

Dispersion table using API
At elevation : 20.0m
Wind velocity : 35.0m/s
Concentration of Pollutant in ppm(y)
Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	3.72e-34	5.77e-22	8.02e-13	9.99e-07	1.12e-03	1.12e-03	9.99e-07	8.02e-13	5.77e-22	3.72e-34
-66.7	5.60e-26	6.08e-17	3.63e-10	1.20e-05	2.17e-03	2.17e-03	1.20e-05	3.63e-10	6.08e-17	5.60e-26
-100.0	1.57e-20	1.44e-13	2.41e-08	7.33e-05	4.04e-03	4.04e-03	7.33e-05	2.41e-08	1.44e-13	1.57e-20
-133.3	1.07e-16	3.63e-11	5.11e-07	2.98e-04	7.20e-03	7.20e-03	2.98e-04	5.11e-07	3.63e-11	1.07e-16
-166.7	6.94e-14	2.19e-09	5.20e-06	9.25e-04	1.23e-02	1.23e-02	9.25e-04	5.20e-06	2.19e-09	6.94e-14
-200.0	9.45e-12	5.10e-08	3.21e-05	2.36e-03	2.02e-02	2.02e-02	2.36e-03	3.21e-05	5.10e-08	9.45e-12
-233.3	4.34e-10	6.06e-07	1.39e-04	5.19e-03	3.17e-02	3.17e-02	5.19e-03	1.39e-04	6.06e-07	4.34e-10
-266.7	9.09e-09	4.42e-06	4.58e-04	1.01e-02	4.74e-02	4.74e-02	1.01e-02	4.58e-04	4.42e-06	9.09e-09
-300.0	1.06e-07	2.23e-05	1.23e-03	1.78e-02	6.78e-02	6.78e-02	1.78e-02	2.23e-05	1.06e-07	

**GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE H₂S (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 20.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**



**TABLA DE DISPERSIONES DE H₂S (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)**

Dispersion table using API
At elevation : 35.0m
Wind velocity : 35.0m/s
Concentration of Pollutant in ppm(y)
Distances in m

Y(North)	X(East)----->									
	-300.0	-233.3	-166.7	-100.0	-33.3	33.3	100.0	166.7	233.3	300.0
0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-33.3	4.75e-33	7.37e-21	1.02e-11	1.26e-05	1.42e-02	1.42e-02	1.26e-05	1.02e-11	7.37e-21	4.75e-33
-66.7	5.89e-25	6.39e-16	3.82e-09	1.26e-04	2.29e-02	2.29e-02	1.26e-04	3.82e-09	6.39e-16	5.89e-25
-100.0	1.35e-19	1.25e-12	2.06e-07	6.32e-04	3.48e-02	3.48e-02	6.32e-04	2.06e-07	1.25e-12	1.35e-19
-133.3	7.56e-16	2.57e-10	3.63e-06	2.12e-03	5.11e-02	5.11e-02	2.12e-03	3.63e-06	2.57e-10	7.56e-16
-166.7	4.07e-13	1.29e-08	3.05e-05	5.43e-03	7.24e-02	7.24e-02	5.43e-03	3.05e-05	1.29e-08	4.07e-13
-200.0	4.63e-11	2.50e-07	1.57e-04	1.15e-02	9.90e-02	9.90e-02	1.15e-02	1.57e-04	2.50e-07	4.63e-11
-233.3	1.79e-09	2.50e-06	5.72e-04	2.14e-02	0.13	0.13	2.14e-02	5.72e-04	2.50e-06	1.79e-09
-266.7	3.20e-08	1.56e-05	1.61e-03	3.56e-02	0.17	0.17	3.56e-02	1.61e-03	1.56e-05	3.20e-08
-300.0	3.23e-07	6.78e-05	3.74e-03	5.42e-02	0.21	0.21	5.42e-02	3.74e-03	6.78e-05	3.23e-07

I

GRÁFICA DE DISPERSIÓN DE H₂S (PPM) A UNA ELEVACIÓN DE 35.0 m,
 MEDIDA DESDE EL NIVEL DEL MAR (VIENTOS DOMINANTES)

