

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA**

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**ANÁLISIS DE RIESGO POR FUGA DE AMONIACO EN TANQUE DE
ALMACENAMIENTO EMPLEANDO UN MODELO COMPUTACIONAL**

POR

POLICARPO SÁNCHEZ SEVILLA

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MARZO DE 2009

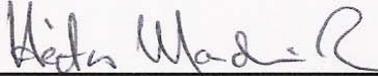
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**

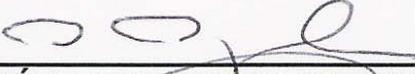
**ANÁLISIS DE RIESGO POR FUGA DE AMONIACO EN
TANQUE DE ALMACENAMIENTO EMPLEANDO UN MODELO
COMPUTACIONAL.**

TESIS DEL C. POLICARPO SÁNCHEZ SEVILLA QUE SE
SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR
DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

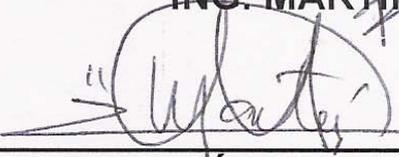
APROBADA POR:

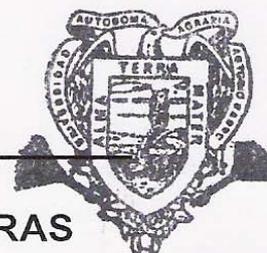
ASESOR PRINCIPAL: 
DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

COASESOR: 
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

COASESOR: 
ING. JOEL LIMONES AVITIA

COASESOR: 
ING. MARTÍN SOTO BORJA


**M. C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS
AGRONÓMICAS**



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN COAHUILA MÉXICO

MARZO DE 2009

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA**

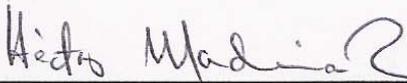
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**ANÁLISIS DE RIESGO POR FUGA DE AMONIACO EN TANQUE DE
ALMACENAMIENTO EMPLEANDO UN MODELO COMPUTACIONAL**

TESIS DEL C. POLICARPO SÁNCHEZ SEVILLA, QUE SE
SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR
DE ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN PROCESOS AMBIENTALES

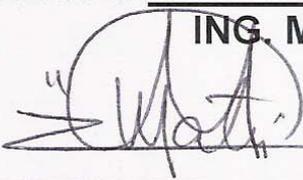
APROBADA POR:

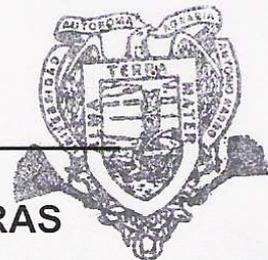
PRESIDENTE: 
DR. HÉCTOR MADINAVEITIA RÍOS

VOCAL: 
DR. JOSÉ LUIS REYES CARRILLO

VOCAL: 
ING. JOEL LIMONES AVITIA

VOCAL SUPLENTE: 
ING. MARTÍN SOTO BORJA


**M. C. VICTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS
AGRONÓMICAS**



Coordinación de la División
de Carreras Agronómicas

TORREÓN COAHUILA MÉXICO

MARZO DE 2009

AGRADECIMIENTO

A mí Dios

A mí santo padre por darme la inteligencia y sabiduría de poder salir adelante en mi carrera de Ingeniería, por iluminar mi camino y permitirme la vida.

A mis padres

Por el gran sacrificio que hicieron para permitir alcanzar una etapa más de mi vida, sus consejos, el ánimo, el impulso que me dieron para seguir adelante Papa y Mama a ustedes se los debo.

A mis hermanos

Por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante mi estancia en la Universidad.

A mí Alma Terra Mater

Por abrirme las puertas en mi llegada y el conocimiento compartidos por los docentes de esta institución.

A mis Maestros

A los maestros que me brindaron sus conocimientos y experiencias: Ing. Joel Limones, Dr. Héctor Madinaveitia, Ing. Martín Soto y el Dr. José Luis Reyes Carrillo.

A mis Amigos

Por su apoyo moral; Al Ing. Limones, Ing. Martín, el Franco, Riquillo, Romanshino, Alex, la Flaquis y a todos mis compañeros de clases.

DEDICATORIAS

A mis Padres

A ti Mamita querida Cutberta Sevilla Hdz. por ser tan entusiasta, comprensiva, tenaz y por tú confianza y cariño que me diste, a ti Papa Bonifacio Sánchez Manzano por tu fortaleza entusiasmo y tenacidad para no dejarse caer por ningún motivo, los amo con toda mi alma son los mejores padres del mundo.

A mis Queridos Hermanos

A ti Ciri porque siempre estabas al pendiente de mi jamás me dejaste solo y por todo el apoyo económico, moral y confianza que me diste, a ti Mau mi carnalito del alma, a ti Azu, memo y mi querido Josh soy el más afortunado de tener los mejores hermanos los quiero con todas mi fuerzas.

INDICE

	Pagina
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	vii
I.-INTRODUCCION	1
II.-JUSTIFICACION	3
III.- OBJETIVOS	4
3.1. Objetivos generales.....	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
IV.- REVISION DE LITERATURA	5
4.1. Fugas de amoniaco.....	5
4.2. Amoniaco.....	6
4.2.1. Propiedades físicas para el amoniaco.....	6
4.2.2. Propiedades química.....	6
4.2.3. Incompatibilidades.....	9
4.2.4. Procesos de producción del amoniaco.....	9
4.2.5. Usos del amoniaco.....	10
4.3. Niveles permisibles de exposición ocupacional.....	10
4.4. Efectos sobre la salud.....	11
4.4.1. Principales efectos sistémicos.....	13
4.5. Comportamiento en el ambiente.....	14

4.5.1. Suelo.....	14
4.5.2. Aire.....	15
4.5.3. Agua.....	16
4.6. Análisis de riesgos.....	16
4.6.1. Marco legal.....	16
4.6.2. Definición de riesgo.....	17
4.6.3. Peligro.....	18
4.6.4. Exposición.....	18
4.6.5. Tipos de riesgo.....	18
4.7. Evaluación de riesgos.....	19
4.7.1. Tipos de evaluación de riesgos.....	19
4.7.2. Métodos de evaluación de riesgos.....	19
4.8. Explosiones de nubes de gas o vapor.....	21
4.8.1 Descripción de las nubes.....	21
4.8.2. El estallido de recipientes.....	21
V.-MATERIALES Y METODOS.....	23
5.1. Metodología.....	23
5.2. Añadiendo el sitio a la lista de lugares de ALOHA.....	24
5.3. Ajustando fecha y hora.....	25
5.4. Incorporación de datos en Aloha.....	26
5.4.1. Menú de sustancias químicas	27
5.4.2. Menú atmosférico.....	27
5.5. Incorporando la información sobre condiciones climáticas manualmente.....	28
5.6. Fuente de tanque para “gases” (Figura 5).....	29
VI.-RESULTADOS Y DISCUSION.....	35
6.1. Área de afectación por fuga de amoníaco, según modelo obtenido en el programa ALOHA 2007 en la primera simulación (Anexo 1).....	35
6.1.2. Descarga de la fuga de amoniaco por unidad de tiempo obtenida en el simulador ALOHA (Anexo 1).....	37
6.1.3. Punto de amenaza y concentración dentro y fuera de un edificio a considerar cuya ubicación a la coordenada establecida (Anexo 1).....	38
6.2.1. Área de afectación por fuga de amoníaco, según modelo	

obtenido en el programa ALOHA 2007 en la segunda simulación (Anexo 2).....	39
6.2.2. Descarga de la fuga de amoniaco por unidad de tiempo obtenida en el simulador ALOHA (Anexo 2).....	41
6.2.3. Punto de amenaza y concentración dentro y fuera de un edificio a considerar cuya ubicación a la coordenada establecida en la segunda simulación de sucesos (Anexo 2).....	42
6.3.1. Área de afectación por fuga de amoníaco, según modelo obtenido en el programa ALOHA 2007 en la tercera simulación (Anexo 3).....	43
6.3.2. Descarga de la fuga de amoniaco por unidad de tiempo obtenida en el simulador ALOHA (Anexo 3).....	45
6.3.3. Punto de amenaza y concentración dentro y fuera de un edificio a considerar cuya ubicación a la coordenada establecida en la tercera simulación de sucesos (Anexo 3).....	46
6.4.1. Área de afectación por fuga de amoníaco, según modelo obtenido en el programa ALOHA 2007 en la cuarta simulación (Anexo 4).....	47
6.4.2. Descarga de la fuga de amoniaco por unidad de tiempo obtenida en el simulador ALOHA (Anexo 4).....	49
6.4.3. Punto de amenaza y concentración dentro y fuera de un edificio a considerar cuya ubicación a la coordenada establecida en la cuarta simulación de sucesos (Anexo 4).....	50
VII.-CONCLUSIONES	51
VIII. RECOMENDACIONES	52
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
X. ANEXOS	59
XI. GLOSARIO	67

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pagina
1	Características del tanque de almacenamiento.....	23
2	Parámetros ambientales introducidos en el programa ALOHA para medir el riesgo por fuga de amoniaco, para un ambiente urbano con estabilidad E en la primera simulación.....	36
3	Parámetros ambientales introducidos en el simulador ALOHA para medir el riesgo por fuga de amoniaco, para una ambiente urbano con estabilidad atmosférica E. en la segunda simulación.....	40
4	Parámetros ambientales introducidos en el programa ALOHA para medir el riesgo por fuga de amoniaco, para un ambiente urbano con estabilidad D en la tercera simulación.....	44
5	Parámetros ambientales introducidos en el programa ALOHA para medir el riesgo por fuga de amoniaco para un ambiente urbano con estabilidad tipo D en la cuarta simulación.....	48

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pagina
1	Ventana para coordenadas o ubicación de sitios ALOHA...	25
2	Ventana de listado a lugares para seleccionar en este caso Torreón Coahuila.....	25
3	Biblioteca de las sustancias químicas peligrosas.....	26
4	Ventana para la incorporación de las condiciones climáticas, en el simulador ALOHA.....	28
5	Menú de selección para el tipo de tanque.....	29
6	Incorporación de los datos del tanque de almacenamiento.	29
7	Selección de la característica y temperatura del contenido almacenada en el tanque.....	30
8	Nivel de contención en el tanque de almacenamiento.....	30
9	Ventana de selección el tipo de evento que causa la sustancia.....	31
10	Tipo y tamaño de la abertura.....	31
11	Localización de la abertura del tanque de almacenamiento.....	32
12	Selección de (threat zone) para el inicio de la simulación....	32
13	Selección del tipo de riesgo a analizar.....	32
14	Ventana en donde se establecen la concentración y zonas de riesgo causada por la fuga de amoniaco.....	33
15	Menú de inicio para la selección de (source strength).....	33
16	Localización específica del punto de amenaza.....	34

17	Definición de la zona de amenaza y área de afectación primera evaluación.....	36
18	Cantidad de kilogramos fugados de amoniaco por unidad de tiempo equivalente a 60 minutos en la primera evaluación.....	37
19	Variación de la concentración del amoniaco en periodo de 60 minutos dentro y fuera de un edificio en la primera evaluación.....	38
20	Definición de las zonas de amenaza y área de afectación segunda evaluación.....	40
21	Cantidad de kilogramos fugados de amoniaco por unidad de tiempo equivalente a 60 minutos en la segunda evaluación.....	41
22	Variación de la concentración del amoniaco en periodo de 60 minutos dentro y fuera de un edificio en la segunda evaluación.....	42
23	Definición de la zona de amenaza y área de afectación.....	44
24	Cantidad de kilogramos de amoniaco fugado del tanque en la tercera evaluación.....	45
25	Variación de la concentración del amoniaco en periodo de 60 minutos dentro y fuera de un edificio en la tercera evaluación.....	46
26	Definición de las zonas de amenazas y área de afectación en la cuarta evaluación.....	48
27	Cantidad de kilogramos de amoniaco fugado del tanque....	49
28	Variación de la concentración del amoniaco en periodo de 60 minutos dentro y fuera de un edificio en la cuarta evaluación.....	50

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar mediante el empleo de un modelo computacional el grado y área de afectación que implica la fuga de amoníaco en tanque de almacenamiento, mediante la aplicación de un simulador de eventos (ALOHA, 2007), utilizando los datos estadístico del centro meteorológicos de la ciudad de Torreón Coahuila (CONAGUA, 2008) y las respectivas características del contenedor de la sustancia química. Según los resultados de las simulaciones realizadas, se obtuvieron diferente reacciones con respecto a las condiciones atmosféricas dando resultado que el simulador opera de manera eficiente. Para obtener un mejor resultado se realizaron cuatro simulaciones tomando en cuenta la velocidad del viento (V m/s), la temperatura ($^{\circ}$ C), la humedad relativa (HR %), la estabilidad atmosférica, las coordenadas geográficas de localización y la cantidad de la sustancia química almacenada. Al aplicar estos parámetros en las simulaciones se pudo observar que en condiciones atmosféricas estables, el gas de amoníaco abarca un área mayor, mientras que en condiciones inestables la dispersión es favorable y el área que abarca es menor presentando un mínimo riesgo.

Palabras claves: modelo de simulación, amoníaco, análisis de riesgo, CAMEO, ALOHA.

I. INTRODUCCION

Dentro del universo de las sustancias químicas se encuentran las sustancias peligrosas que se caracterizan por sus riesgos potenciales a la salud y al medio ambiente. Estas sustancias están sujetas a regulación a través de convenios internacionales y normas oficiales mexicanas que promueven su manejo adecuado para reducir los riesgos ambientales y a la salud humana. Por lo tanto es motivo importante la búsqueda de métodos para la reducción de las consecuencias que estas sustancias pueden causar en la sociedad en la que vivimos, dada la gran gama de efectos adversos potenciales, algunos países tales como los Estados Unidos, y diversos países europeos han decidido implementar mecanismos de control químico que incluye tanto de observancia obligatoria como medidas voluntarias (Yarto, 2003). La cantidad y las características físicas y químicas de las sustancias involucradas en una actividad industrial o de servicios (en proyecto o en operación), así como en un transporte, constituyen los factores de mayor importancia para definir su grado de riesgo. Es por ello, que se han constituido listados de sustancias peligrosas reguladas (principalmente tóxicas o explosivas e inflamables (INE, 2007).

La identificación y la evaluación de los riesgos naturales y tecnológicos deben constituir un documento básico en la ordenación del territorio (Aguirre, 2005). Uno de los conceptos centrales de la administración del riesgo de las sustancias peligrosas, es la noción de la imposibilidad de reducir los riesgos a cero, confirma lo anterior el hecho de que no existe una universalidad en la metodología para la evaluación del riesgo ambiental; es decir, no existe un método general que resulte el más propicio para ser aplicado a la mayoría de los proyectos, debido a varios factores como: la amplia gama de sustancias peligrosas, el manejo de las mismas. Los procesos, la ubicación de las instalaciones, los factores humanos, entre otros. Tales factores hacen tan

diversas las características de un proyecto que impide establecer un esquema de metodología única, por lo que para identificar, evaluar y jerarquizar riesgos de forma integral, se sugiere implementar métodos cualitativos y cuantitativos y la aplicación de modelos matemáticos de simulación de riesgos (SEMARNAT, 2002). Por otro lado en las normas oficial mexicana y los organismos internacionales (EPA y OSHA), han publicado listados de sustancias peligrosas, con la finalidad de identificar y tener un mejor manejo de estas.

Unos de las sustancias que han provocado catástrofes en la salud humana es el amoniaco NH_4 (ATSDR, 2007). Debido a que han ocurrido accidentes por fuga en los últimos años en algunos casos con víctimas mortales. El presente trabajo de investigación está enfocado en la evaluación de riesgos ambientales por la fuga de amoniaco. Es necesario realizar un análisis de utilizando los métodos adecuados y modelo computacional necesario que permita determinar el grado y área de afectación.

II. JUSTIFICACION

Por la importancia que las sustancias peligrosas tienen en la sociedad, es necesario determinar los riesgos que representan al medio ambiente (OMS, 1986). Motivo, al igual que otras sustancias el amoniaco es un importante producto químico de uso industrial. La inhalación accidental puede producir lesiones graves en las vías aéreas superiores e inferiores, llegando incluso a poner en peligro la vida (Fernández *et al.*, 2000). El desarrollo industrial y el creciente aumento demográfico en México, han contribuido a que tanto la producción de sustancias químicas como el uso masivo de ellas esto representen un riesgo serio para la salud de la población y la integridad del ambiente. El manejo de este riesgo implica el mantenimiento de sistemas de producción, almacenamiento, transporte, transformación y disposición final dentro de límites deseados debido a esto es necesario realizar un análisis de riesgos en los proyectos tecnológicos que impliquen el manejo de sustancias peligrosas además de cumplimiento con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente estipulado en el capítulo V referente a las actividades consideradas como altamente peligrosas de (LGEEPA, 2008), así como también respecta la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS, 1999). La LGEEPA (2008) en sus artículos 145, 146 y 147 refiere a quienes realicen actividades altamente riesgosas obliga a presentar un estudio de riesgo ambiental, así como someter a la aprobación de la secretaría de medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT) y la secretaría de gobernación, de energía, de comercio y de fomento industrial, de salud y de trabajo y previsión social, los programas para la prevención de accidentes en la realización de tales actividades que puedan causar graves desequilibrios ecológicos. Dentro de la LGEEPA (2008), el artículo 148 que trata sobre zonas de salvaguarda tiene gran importancia ya que determina hasta donde debe llegar la zona de riesgo, mientras que el artículo 149 obliga al estado regular la realización de actividades altamente riesgosas.

III. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Determinar mediante el empleo de modelos computacionales el grado y área de afectación que implica la fuga de amoniaco en tanque de almacenamiento.

3.2. Objetivo específico

Determinar el riesgo ocasionado por una fuga de amoniaco en tanque de contención utilizando el software Aloha.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1. Fugas de amoniaco

En una empresa cárnica llamada Primayor hubo una fuga de 4000 litros de este gas toxico en la población valenciana de Tavernes Blanques, España. Generó una densa nube blanca de alta toxicidad en el interior. Los cuerpos de bomberos desalojaron 1000 vecinos con casas colindantes a la industria, y al confinamiento de otros 4000 que vivían en calles cercanas (Bravo, 2004).

En África del Sur Potchefstroom el 13 de julio de 1973, hubo 18 muertos y 65 intoxicadas por fugas de un almacenamiento del amoniaco. El 25 de enero de 1985 en Cubatao Brasil, hubo una evacuación de 6500 personas por la ruptura de un ducto de conducción de amoniaco (Edson, 2008). En otro accidente, varios adultos y niños resultaron afectados por la fuga de amoníaco en la planta de la empresa Macpollo, situada en la calle 4 entre carreras 6 y 5 en Floridablanca el 4 de marzo del 2008 (Carvajal, 2008).

En la Comarca Lagunera hubo un aumento de vigilancias de hieleras tras fugas de amoniaco en San Pedro de las Colonias. La Secretaría de Salud en la Comarca Lagunera de Coahuila intensificó la vigilancia en los negocios que elaboran y venden hielo, esta medida fue tomada luego de la reciente fuga de amoniaco en una hielera de San Pedro de las Colonias (Montiel, 2007). Aún en lugares más cercanos existe el problema de fuga de amoniaco dando evidencia la empresa dedicada a la producción de aves Tyson que el 11 de octubre y 02 de julio de 2008, ha causado disturbio en los trabajadores y vecinos de la empresa (González, 2008).

4.2. Amoniaco

Sustancia química producida tanto por los seres humanos como la naturaleza. Consiste de una parte de nitrógeno (N) y tres partes de hidrógeno (H₃). El amoníaco es un gas incoloro de olor muy penetrante (Ibarreen, 2001). También se conoce como amoníaco gaseoso o amoníaco anhidro ("sin agua"). El amoníaco gaseoso puede ser comprimido y bajo presión puede transformarse en un líquido.

4.2.1. Propiedades físicas del amoniaco

El amoniaco es una sustancia cuyas propiedades físicas son: es un gas, peso molecular 17.03; punto de ebullición (a 760 mm Hg) = -33.4 ° C; punto de fusión = -77.7 ° C; presión de vapor (mm Hg) = 6080 (20 ° C anhidro), 447 (20 ° C aq al 28 %); gravedad especifica (agua=1) = 0.6818 (liquido a -33.35 ° C); densidad del vapor (aire=1) = 0.59; la constante de ley de Henry = 1.6 x 10⁻⁵ a 25 ° C; la solubilidad en agua (g/ml) a 0 ° C 895 g/litro, a 20 ° C 529 g/litro, a 40 ° C 316 g/litro, a 60 ° C 168 g/litro; Limite de inflamabilidad (% Vol.) = 16 % - 25 %; Temperatura de auto ignición = 650 ° C; pH = 11.6, solución acuosa 1N; punto de inflamación no disponible (EPA, 1985; ATSDR, 2002; ATSDR, 2003).

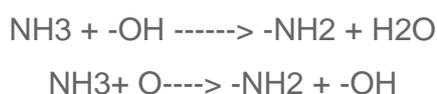
4.2.2. Propiedades químicas

El amoniaco se disocia parcialmente en el agua formando soluciones básicas de acuerdo a la siguiente reacción (EPA, 1985):



La constante de disociación del amoniaco, K_b , es 1.774×10^{-5} a 25°C (pK_b es 4.751) y se incrementa sensiblemente con el incremento en la temperatura (EPA 1991), a pH 9.25 la mitad del amoniaco estará en estado anhidro (NH_3) y la mitad estará en forma de Ión amonio (NH_4^+), a pH 8.25 y 7.25, 90, y 99% del amoniaco estará ionizado, respectivamente. Como resultado, muchas propiedades físicas y químicas del amoniaco serán función del pH. Por ejemplo, la solubilidad del amoniaco en agua se incrementa con la disminución en el pH. La volatilidad del amoniaco se incrementa con el incremento en el pH; de esta forma, esta sustancia se volatilizará libremente de sus soluciones con agua a pH altos. Las sales de amonio como el cloruro, nitrato y sulfato se disocian y solubilizan fuertemente en el agua y por eso los cambios en el pH no generarán normalmente la formación de precipitados de amonio (ATSDR, 2002; OMS, 1986). El amoniaco gaseoso se adsorbe fácilmente en ciertos sólidos. Las características de adsorción del amoniaco en ciertas superficies metálicas son importantes en su síntesis y en otras reacciones catalíticas. Los productos de combustión son principalmente nitrógeno y agua, pero también se forman pequeñas trazas de nitrato de amonio (NH_4NO_3) y dióxido de nitrógeno (OMS, 1986).

Otra reacción importante que involucra la oxidación del amoniaco es su oxidación catalítica a óxido nítrico (NO) y óxido nitroso (N_2O). Esta reacción es un paso importante en la manufactura del ácido nítrico (OMS 1986). Bajo condiciones atmosféricas normales, el amoniaco no sufre ninguna reacción fotoquímica primaria a longitudes de onda mayores de 290 nm. Cuando se expone a radicales u otras especies fotoquímicamente excitadas, el amoniaco sufre descomposición secundaria (ATSDR, 2002; OMS, 1986).



Algunas de estas reacciones pueden ser muy importantes en el balance de nitrógeno atmosférico. El amoníaco también sufre descomposición a nitrógeno e hidrógeno cuando se expone a descargas eléctricas. Reacciona con azufre para formar sulfato de amonio en la atmósfera. El amoníaco acuoso puede tomar parte en reacciones de sustitución con haluros orgánicos, sulfonatos, compuestos hidroxílicos y nitrosos y en la presencia de catalizadores metálicos, se usa para producir aminoácidos a partir de quetoácidos. El amoníaco reacciona con el ácido hipocloroso (HOCl) para formar monocloramina, dicloramina o tricloruro de nitrógeno. La formación de estas cloraminas depende del pH, la concentración relativa del ácido hipocloroso y el NH_3 , el tiempo de reacción y la temperatura. La presencia de estas cloraminas puede contribuir al olor y sabor del agua potable y puede estar asociado con problemas de la salud (ATSDR, 2002; OMS, 1986).

El amoníaco interviene en numerosas reacciones industrialmente importantes con compuestos orgánicos. La reacción con haluros de alquilo o con alcoholes se usa en la producción de aminas e iminas. Con haluros orgánicos ácidos la reacción genera amidas ácidas con subproducto cloruro de Hidrógeno. De la misma manera, las amidas ácidas resultan de la acilación del amoníaco con ésteres ácidos, anhídridos ácidos o incluso ácidos a temperaturas arriba de $100\text{ }^\circ\text{C}$. La adición de amoníaco a aldehídos y cetonas con liberación de agua lleva a compuestos intermedios amínicos inestables. Con óxidos de etileno y propileno, el amoníaco acuoso reacciona para dar etanolamina o propanlamina. Por reacción de olefinas con el amoníaco se pueden obtener alquilaminas. La oxidación catalítica en fase gaseosa de olefinas en presencia de amoníaco sobre catalizadores de vanadio o de amoníaco genera nitrilos ácidos de alta importancia comercial (OSHA, 1978; EPA, 1991).

4.2.3. Incompatibilidades

El amoníaco reacciona violentamente con oxidantes fuertes, ácidos, halógenos y sales de plata, zinc, cobre y otros metales pesados. Es corrosivo para superficies galvanizadas y de cobre. La adición de agua sobre el amoníaco anhidro genera gran desprendimiento de calor y existe el peligro de provocar salpicaduras cáusticas al personal que se encuentre en las cercanías (OIT, 1991).

Dentro de sus incompatibilidades se encuentran la plata y las sales de oro, los halógenos, metales alcalinos, el tricloruro de nitrógeno, el clorato de potasio, cloruro de cromo, haluros de oxígeno, vapores ácidos, óxido de etileno, ácido pícrico y otros químicos (EPA, 1985,).

Aunque se ha visto que esta es una sustancia de gran cuidado, el amoníaco puede tener efectos benéficos cuando se usa por ejemplo en sales de amonio para oler (OIT, 1991).

4.2.4. Procesos de producción del amoníaco

El método principal de producción de amoníaco Anhidro es el proceso de Haber-Bosh modificado, que constituye la forma de producción del 90 % del amoníaco mundial. EL proceso completo de producción de amoníaco puede subdividirse en las siguientes operaciones (Elvers *et al.*, 1989; OMS, 1986).

1. Preparación del gas de síntesis
2. Producción de gas
3. Conversión de monóxido de carbono
4. Purificación del gas

5. Compresión
6. Síntesis
7. Recuperación de hidrógeno del gas de purga

Los cambios más significativos efectuados en los últimos años corresponden a la preparación del gas de síntesis y en la compresión.

4.2.5. Usos del amoniaco

La mayoría del amoniaco producido se usa con fines agrícolas, ya sea por aplicación directa o como intermediario en la producción de fertilizantes. El amoniaco y los compuestos de amonio usados en fertilizantes representan cerca del 89 % del amoniaco producido comercialmente. El uso directo del amoniaco puede caer en las siguientes categorías: amoniaco anhidro 30 %, soluciones de urea/nitrato de amonio 24 %, urea 17.5 %, nitrato de amonio 5 %, sulfato de amonio 2 % y otras formas 21.5 %. Muchos compuestos de amonio y ácido nítrico se usan directamente en la producción de fertilizantes. Las proporciones pequeñas de amoniaco producido no incorporado en fertilizantes se usan como inhibidor de corrosión, en la purificación de fuentes de agua, como componente de limpiadores domésticos y en la industria de refrigerantes. Se usa en las industrias de pulpa de papel, de la metalurgia, del caucho, de comidas y bebidas, de los textiles, de productos farmacéuticos y en las industrias del cuero (ATSDR, 2002; ATSDR, 2003; OMS, 1986).

4.3. Niveles permisibles de exposición ocupacional

TLV (TWA; 8 horas; ACGIH): 25 mg/kg⁻¹; 17 mg/m³.

PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general): 50 mg/kg⁻¹; 35 mg/m³.

PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción): 50 mg/kg⁻¹; 35 mg/m³.

IDLH (NIOSH): 300 mg/kg⁻¹; 200 mg/m³.

STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH): 35 mg/kg⁻¹; 24 mg/m³ (EPA, 1985; ATSDR, 2002; ATSDR, 2003).

4.4. Efecto sobre la salud

El amoníaco no afecta en mayor grado en la salud humana ni en la estabilidad ambiental, posee un olor irritante que las personas pueden detectarlo antes de causar daños graves (OMS, 1986), es altamente irritante en las mucosas, en forma líquida causa quemadura en la piel y los ojos al contacto (Gisbert, 2005).

Por lo general respirar amoníaco en concentraciones altas pero no letales puede causar laringitis, dificultad para respirar, sensación de ahogo y dolor en el pecho. También a partir de la inhalación puede generarse edema pulmonar y neumonía. Por respiración de amoníaco en áreas de concentraciones altas, el amoníaco puede generar segregación de flemas espumosas de color rosado, convulsiones y coma (Bataller, 2004). El contacto con los ojos produce irritación, dolor, conjuntivitis (ojos rojos e inflamados), lagrimación y erosión de córnea. También es posible la pérdida de la visión en situaciones extremas de concentración o en salpicaduras de soluciones acuosas concentradas o gas licuado (OMS, 1986; ATSDR, 2004).

Los contenedores de amoníaco anhidro pueden explotar con generación de llama por acción de fuego o calor, a continuación se mencionaran las principales formas de contaminación en el organismo humano:

- ❖ **Inhalación:** la exposición por inhalación el organismo humano puede detectar en concentraciones de 50 ppm en el aire (OSHA, 1978), en los niños expuestos a niveles igual del amoníaco, puede afectar más

que en los adultos. La causa es su alta relación de superficie pulmonar y corporal y de su alto metabolismo representado por respiración más frecuente. La exposición de 250 mg/kg^{-1} una persona puede soportar una hora, exposiciones a concentraciones de 2500 a 4500 mg/kg^{-1} son fatales en un periodo de 30 minutos; concentraciones de entre 5000 y 10000 mg/kg^{-1} son letales de forma inmediata. Las muertes inmediatas por exposiciones elevadas se deben a obstrucción de las vías de aire mientras que la mortalidad retardada a estas concentraciones obedece a infecciones y complicaciones secundarias (ATSDR, 2003).

- **Contacto piel/ojo:** La exposición dérmica al amoníaco en cualquiera de sus formas es muy frecuente en el área laboral y por lo común genera quemaduras e irritaciones de muy diversos grados. En los ojos, por contacto con amoníaco (concentraciones en el aire arriba de 100 ppm dependiendo el individuo) o soluciones de él, además de quemaduras puede producirse lacrimación, hinchazón de los párpados, abrasión de la córnea, visión borrosa y en casos graves, ceguera permanente (OMS, 1986). En forma adicional, rompe las proteínas estructurales de la célula, extrae el agua presente en la célula e inicia una respuesta inflamatoria, que posteriormente compromete los tejidos cercanos (ATSDR, 2002).
- ❖ **Ingestión;** Otra forma de acceso oral del amoníaco consiste en la ingesta accidental o deliberada de soluciones de limpiadores domésticos o industriales de concentraciones de 5 a 10% (ATSDR, 2002; OSHA, 1978). En seguida de una ingestión de amoníaco se puede sentir náusea, vómito y dolor abdominal. Si se sobrevive a los daños iniciales, puede existir la posibilidad de infección, cicatrices y

otras complicaciones posteriores en periodos de días e incluso semanas (OMS, 1986; OIT *et al.*, 1991).

- ❖ **Efectos crónicos:** En los ojos se puede presentar irritación crónica de las membranas y en la piel puede causar dermatitis. En 25 mg/kg^{-1} no ha mostrado efectos sin embargo a concentraciones moderadas de 25 a 100 mg/kg^{-1} puede influenciar asma o bronquitis (ATSDR, 2003).

4.4.1. Principales efectos sistémicos

- ❖ **Cardiovasculares:** exposición de 500 mg/kg^{-1} puede provocar pulso elevado, bradicardia.
- ❖ **Gastrointestinales:** Quemaduras y ulceraciones generadas por contacto en la boca.
- ❖ **Efectos hematológicos:** cianosis, número elevado de glóbulos blancos y trombosis.
- ❖ **Efectos musculares:** espasmos musculares.
- ❖ **Efectos hepáticos:** En concentraciones de ($3000 - 4000 \text{ mg/kg}^{-1}$) en periodo de un hora puede provocar necrosis hemorrágicas del hígado.
- ❖ **Efectos renales:** Se han reportado casos de nefritis hemorrágica y congestión renal luego de exposiciones agudas accidentales de aerosoles de Amoniaco.
- ❖ **Efectos endocrinos:** en concentraciones bajas produce el aumento de hormonas como la adrenalina.
- ❖ **Efectos inmunológicos:** disminuye la resistencia bacterial en las exposiciones crónicas en algunos individuos.
- ❖ **Efectos neurológicos:** Concentraciones elevadas produce; pérdida de la conciencia, debilidad muscular y visión borrosa (ATSDR, 2002).

4.5. Comportamiento en el ambiente

El amoníaco es una sustancia de presencia común en el medio ambiente y se puede encontrar en el suelo, el agua y el aire. El amoníaco se recicla de forma natural en el medio ambiente como uno de los pasos del ciclo del nitrógeno. A causa de su reactividad, esta sustancia no dura mucho en su forma pura (ATSDR, 2002). El amoníaco atmosférico puede sufrir cuatro tipos de reacciones:

- ❖ **Reacciones en fase acuosa:** La oxidación del óxido de azufre acuoso en presencia de amoníaco genera la formación de aerosoles de sulfato de amonio atmosféricos. Este proceso se favorece por la presencia de alta humedad, altas concentraciones de amoníaco y bajas temperaturas.
- ❖ **Reacciones térmicas:** Incluyen la interacción de amoníaco anhidro con dióxido de azufre gaseoso para generar de nuevo aerosoles de sulfato de amonio. Cuando la interacción se da con ozono, se genera nitrato de amonio en aerosol.
- ❖ **Reacciones fotoquímicas:** Se produce una degradación fotolítica y una reacción posterior con radicales hidroxilo (OH⁻) fotolíticamente generados en la troposfera.
- ❖ **Reacciones heterogéneas:** Se generan varios complejos de amonio por la interacción de amoníaco gaseoso con superficies que contienen óxidos de nitrógeno (ATSDR, 2002; OMS, 1986).

4.5.1. Suelo

En la fijación de nitrógeno, éste es convertido a amoníaco. La desnitrificación los óxidos de nitrógeno se reducen en condiciones anaerobias a nitrógeno molecular (N₂) y óxido Nitroso (N₂O). La nitrificación es la oxidación biológica

de nitrógeno amoniacal hasta nitrato. La amonificación es la conversión del nitrógeno orgánico a amoniaco. Las plantas toman al amoniaco del suelo y lo asimilan como nutriente transformándolo en compuestos orgánicos nitrogenados. No obstante, concentraciones muy elevadas de amoniaco en el suelo pueden llegar a convertirse en factores de toxicidad para las plantas, microorganismos y otras especies (ATSDR, 2002; OMS, 1986).

4.5.2. Aire

Normalmente el amoniaco está presente en el aire en concentraciones que dependen del área de análisis. En zonas urbanas la concentración de amoniaco puede estar entre 5 y 25 mg/m³; en áreas rurales la concentración puede ir entre 2 y 6 µg/m³; para zonas con alto uso de abonos la concentración puede ser tan grande como 200 µg/m³. Las concentraciones aumentan a causa de volatilización de amoniaco del suelo o de fuentes de agua en áreas donde se aplica como fertilizante. Este fenómeno es más marcado en áreas de pH altos y temperaturas elevadas (OMS, 1986).

El amoniaco liberado en el aire en forma de vapores y gases reacciona con sustancias ácidas del ambiente (ácido sulfúrico, clorhídrico o nítrico) para producir aerosoles amoniacales, los que pueden sufrir deposición por vía seca o vía húmeda. La deposición de amoniaco por vía seca predomina en áreas de alto contenido de amoniaco, mientras que la vía de deposición húmeda se da con más frecuencia para zonas con bajas concentraciones de amoniaco. Además de las reacciones con sustancias ácidas, o, como paso intermedio en estas reacciones, el amoniaco se lava del aire rápidamente con ayuda de las lluvias gracias a su alta compatibilidad en este solvente. Por causa de estos mecanismos de transformación del amoniaco en el aire, su vida media puede ser de algunos días dependiendo si la zona de

liberación es industrializada o si se trata de zonas rurales, la vida media puede durar algún tiempo más (ATSDR, 2002; OMS, 1986).

4.5.3. Agua

Los niveles de amoníaco normales en el agua están alrededor de 6 mg/kg^{-1} pero de nuevo este valor puede variar dependiendo el lugar específico de medida; para el caso de campos altamente abonados la concentración puede llegar a 12 mg/kg^{-1} (ATSDR, 2002; OMS, 1986).

La transformación del amoníaco en el agua ocurre por procesos microbiológicos de nitrificación y desnitrificación, los cuales generan compuestos iónicos de nitrógeno y a partir de ellos se regenera nitrógeno elemental. La remoción de los compuestos iónicos anteriores puede darse por adsorción de la sustancia en sedimentos o material orgánico suspendido y por absorción hacia plantas acuáticas (ATSDR, 2002; OMS, 1986).

4.6. Análisis de riesgos

4.6.1. Marco legal

El fundamento legal y técnico básico que se emplea está contenido en el título cuarto protección al ambiente, del capítulo V actividades consideradas como altamente riesgosas de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) principalmente en los siguientes artículos: artículo 145 donde estipula que la secretaría (SEMARNAT) promoverá que en la determinación de los usos de suelo se especifiquen las zonas en las que se permita el establecimiento de industrias, comercios o servicios considerados riesgosos, de la misma manera en el artículo 146 de la LGEEPA, hace mención que las secretarías de energía, de economía, de

salud, de gobernación y de trabajo y previsión social, conforme al reglamento que para tal efecto se expida, establecerá la clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características, corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológicoinfecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento. Por otro lado el artículo 147 obliga a quienes realicen actividades altamente riesgosas deberán formular u presentar ante la secretaría un estudio de riesgos ambiental. En el artículo 17 con respecto a las actividades altamente riesgosas en los términos de la LGEEPA, deberá incluirse un estudio de riesgo a la manifestación de impacto ambiental cumpliendo el artículo 18 de la LGEEPA y por ultimo cumplir con los parámetros de la NOM-010-STPS-1999 (LGEEPA, 2008; STPS, 1999).

4.6.2. Definición de riesgo

Es necesario definir el significado de la palabra riesgo, según la real academia española la palabra riesgo implica la proximidad de un daño, desgracia o contratiempo que puede afectar la vida de los hombres. Etimológicamente riesgo proviene de *rísico* o *rischio* (peligro) (RAE 1992). Los riesgos implican un mayor grado de controversia científica que los peligros, tanto respecto de sus causas como de sus consecuencias y probabilidades de ocurrencia. La acepción más divulgada de riesgo es la de peligro que se corre. En líneas generales coincidiría con la acepción dada en este trabajo a la palabra riesgo: riesgo: es la probabilidad de ocurrencia de un peligro (Aneas, 2000).

Las sustancias químicas forman parte del mundo (Barriga, 1996). Los efectos negativos de una exposición de este tipo dependerán de la toxicidad de la

sustancia, de la dosis, y del tiempo y frecuencia de la exposición (Vargas, 1996).

4.6.3. Peligro

Es la posibilidad de que una sustancia, mezcla de sustancias o procesos que involucran sustancias –bajo ciertas condiciones de producción, uso o disposición causen efectos adversos en los organismos o en el ambiente, por sus propiedades inherentes y de acuerdo con el grado de exposición; en otras palabras, es una fuente de daño (PNUMA, 1999).

4.6.4. Exposición

En este contexto, la exposición se define como la concentración, cantidad o intensidad de un determinado agente físico, químico o ambiental que incide en una población, organismo, órgano, tejido o célula diana, usualmente expresada en términos cuantitativos de concentración de la sustancia, duración y frecuencia (para agentes químicos y microbiológicos) o de intensidad (para agentes físicos como la radiación). El término también se puede aplicar a una situación en la cual una sustancia puede incidir, por cualquier vía de absorción, en una población, organismo, órgano, tejido o célula diana (PNUMA, 1999).

4.6.5. Tipos de riesgo

Existe una clasificación de riesgos estos son; riesgos naturales y riesgos tecnológicos, los riesgos tecnológicos a su vez puede ser tanto transporte de mercancías peligrosas por carretera así como el almacenamiento de sustancias peligrosas y muchas otras formas que implica un riesgo para la salud ocupacional y el medio ambiente (Aguirre, 2005).

4.7. Evaluación de riesgos

En cualquier instalación donde se almacenen o manipulen sustancias sólidas o líquidas, se puede considerar potencialmente peligrosa, en función del volumen de los depósitos, y sobre todo, de las características y composición de los mismos (Aguirre, 2005). El análisis cuantitativo de riesgo de área (ACRA) constituye una estrategia para el análisis del riesgo sobre una región geográfica específica caracterizada por una gran concentración de establecimientos industriales y movimiento de sustancias peligrosas, transportadas por ductos, vías férreas, carreteras y/o embarcaciones (Carrari *et al.*, 2006).

4.7.1. Tipos de evaluación de riesgos

Existen tres formas de evaluación de riesgos ambientales que son las siguientes: evaluación de riesgos humanos, evaluación de riesgos ambientales y evaluación de riesgos ecológicos (PNUMA, 1999).

4.7.2. Métodos de evaluación de riesgos

Existe una amplia gama de métodos para la identificación de riesgos. Los principales son los siguientes:

Métodos cualitativos. Se caracterizan por no recurrir a cálculos numéricos. Suelen estar basados en técnicas de análisis crítico en las que intervienen distintos expertos de la planta. Su eficacia depende de la calidad de la información disponible y de su exhaustividad. Destacan los siguientes:

Análisis histórico. Consiste en un estudio lo más amplio posible sobre accidentes ocurridos en el pasado en instalaciones y/o con productos similares a los estudiados.

HAZOP (o AFO, Análisis Funcional de Operabilidad). Técnica inductiva de análisis crítica realizada por un equipo pluridisciplinario para identificar desviaciones de proceso que pueden conducir a accidentes.

Análisis del modo, efecto y criticidad de los fallos (FMEAC). Método inductivo de reflexión sobre las causas/consecuencias de fallos de componentes en un sistema.

Análisis preliminar de riesgos. Método inductivo en el que se analiza de forma sistemática las causas, efectos principales y medidas preventivas/correctivas asociadas.

Checklist. Constituyen listas exhaustivas de posibles iniciadores/accidentes a contemplar en la identificación de riesgos (PNUMA, 1992).

What if... Método inductivo en el cual se analiza sistemáticamente las consecuencias de determinados sucesos. Pueden considerarse también en su raíz como métodos cualitativos, los métodos de arboles de fallos y arboles de sucesos, siempre que no se les aplique el cálculo de frecuencias (Servicio de protección civil de Barcelona, 2002).

Método semicualitativos. Estos métodos se caracterizan por recurrir a una clasificación de las áreas de una instalación en base a una serie de índices que miden su potencial para ocasionar un daño en función de una serie de magnitudes y criterios (cantidad de producto, características de peligrosidad

etc.). Entre estos destacan: Índice Mond de fuego, explosión y toxicidad, Índice Dow de fuego, explosión y toxicidad Y otros métodos de apoyo.

Básicamente se incluyen aquí las auditorías de seguridad que suelen responder a otros objetivos (relativos a la organización de seguridad, el cumplimiento de una legislación, etc.), pero que pueden constituir una base para la identificación de riesgos (Servicio de protección civil de Barcelona, 2002; PNUMA, 1992).

4.8. Explosiones de nubes de gas o vapor

Las instalaciones que almacenan, producen o utilizan combustibles gaseosos son más numerosas que las que utilizan sustancias explosivas. Por otro lado, hay que destacar la mayor facilidad con la que las nubes gaseosas pueden encontrar puntos de ignición que originen la combustión de las mismas, fuera incluso de la propia instalación donde se ha generado (Díaz, 2006).

4.8.1. Descripción de las nubes

El término ‘explosión de nube de vapor’ (en inglés VCE, de “vapour cloud explosión”) es usado para definir la combustión de la mezcla combustible-aire formada por la fuga y dispersión de una sustancia combustible en la atmósfera, dando lugar a temperaturas muy elevadas, y generando una onda de presión.

4.8.2. El estallido del recipiente

Las causas por las que se puede producir la rotura de un recipiente son diversas: por debilidad estructural (corrosión, erosión, fatiga, defectos de los materiales), por impactos externos, por aumento de la presión debido a

diferentes causas (sobrellenado, reacción fuera de control, explosión interna...) o por combinación de los anteriores fenómenos. Así, el recalentamiento por un incendio externo produciría conjuntamente el incremento de la presión interior del recipiente y el debilitamiento y fallo de los materiales que lo constituyen. En definitiva, el estallido puede producirse a la presión normal de operación o como consecuencia del aumento de ésta. En este último caso, es sabido que los recipientes a presión poseen dispositivos de seguridad que permiten aliviar la presión interna si ésta supera ciertos límites. La explosión ocurre cuando los sistemas de alivio no son capaces de compensar el aumento de presión o cuando dichos sistemas fallan. En el momento del estallido la energía del fluido se invertirá en la formación de proyectiles y de una onda de presión. Además, puede producirse otra serie de consecuencias asociadas; así, la fuga de estos productos puede dar lugar a una bola de fuego, una explosión de nube de vapor, un incendio flash o a la formación de una nube tóxica. Que ocurran estas consecuencias dependerá de las características inflamables y tóxicas de los productos contenidos o generados en la combustión y de las circunstancias de cada accidente. Estos efectos asociados al estallido de los recipientes no se contemplan en el presente estudio (Díaz, 2006).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1. Metodología

La metodología empleada fue por medio de la aplicación de un simulador de sucesos llamado ALOHA 2007, CAMEO 2007 como biblioteca de las sustancias químicas y mediante consulta de datos atmosférica en el centro meteorológico de Torreón con la finalidad de tener la mayor precisión del evento. Los datos del tanque de almacenamiento se tomó en cuenta de una industria de producto perecedero ubicada en la región de la comarca se establecen en el siguiente Cuadro.

CUADRO 1. Características del tanque de almacenamiento	
Tanque cilíndrico horizontal.	Químico que escapa del tanque (no flamable)
El diámetro del tanque: 1.386 m. Longitud del tanque: 4.88 m.	El volumen del tanque: 7.36 m ³
El tanque contiene la temperatura interior líquida: 21.2° C.	La masa de la sustancia química en el tanque: 3,811 kilogramos.
El tanque es 85% lleno.	El diámetro de la apertura redondo: .75 pulgadas.
Nivel de apertura 1.39 metros del fondo del tanque.	

Los parámetros climáticos utilizados para la realización del análisis de riesgo se obtuvo de la comisión nacional del agua (CONAGUA, 2008) de Torreón

Coahuila, se tomaron en cuenta estadísticas de viento dominante y viento máximo que se ha registrado en la región desde 1976 hasta 2008.

1. Estadística de viento dominante: Se tomó en cuenta las lecturas de unos promedios extremo; el más bajo fue el mes de marzo (Cuadro 2) y el más alto el mes de noviembre (Cuadro 3).
2. Estadística de viento máximo: lecturas de unos promedios extremos; el más bajo fue el mes de enero (Cuadro 4) y el mas alto el mes de mayo (Cuadro 5).
 - a) Se seleccionó el promedio del mes de enero por ser el más bajo dentro de los vientos máximos (Anexo 3).
 - b) Se seleccionó el promedio del mes de mayo por ser el más alto en velocidad del viento (Anexo 4).
3. Temperatura: En este caso las temperaturas que se tomaron en cuenta fueron con respeto al mes de la velocidad del viento.
4. Humedad Relativa: se tomó en cuenta al mes correspondiente a las velocidades del viento respectivas

5.2. Añadiendo el sitio a la lista de lugares de ALOHA.

Es necesario añadir sitio de análisis en el programa. Para añadir su lugar a la lista de ciudades de ALOHA se debe tener información sobre lo siguiente:

- Latitud/Longitud en grados/minutos
 - Elevación en pies o metros
1. Abrir la “Lista de Lugares” de ALOHA (ver arriba)
 2. Seleccionar el botón de “adicionar (Add)”

3. Escribir la información en los campos de texto correspondiente
4. Seleccionar "OK" (Figura 1).

Location Input

Enter full location name:
Location is

Is location in a U.S. state or territory ?
 In U.S. Not in U.S.

Enter approximate elevation
Elevation is ft m

Enter approximate location
deg. min.
Latitude N S
Longitude E W

Figura 1. Ventana para coordenadas o ubicación de sitios ALOHA.

Location Information

STILLWATER, OKLAHOMA
STONE MOUNTAIN, GEORGIA
SUPERIOR, WISCONSIN
SYLVANIA, OHIO
TACOMA, WASHINGTON
TALLAHASSEE, FLORIDA
TAMPA, FLORIDA
TEMPE, ARIZONA
TERRE HAUTE, INDIANA
TIPTON, IOWA
TOLEDO, OHIO
TONAWANDA, NEW YORK
TOPEKA, KANSAS
TORONTO, CANADA
TORREON, COAHUILA DE ZAR., M

Figura 2. Ventana de listado a lugares para seleccionar en este caso Torreón Coahuila.

5.3. Ajustando fecha y hora

ALOHA Se ajusta al "tiempo real" tomando el reloj de la computadora. Se puede ajustar otro tiempo ya sea una hora futura (para propósito de planificación), o una hora pasada (para investigaciones sobre accidentes).

5.4. Incorporación de datos en Aloha

Incorporando información sobre escapes: menú “setup”

Seleccionando la sustancia química a la biblioteca de ALOHA.

1. Seleccionar el menú “setup”.
2. Seleccionar “sustancia química (chemical)”.
3. Escoger entre “sustancia pura (pure substance)” o “soluciones (solutions)”*.
4. Desplazarse hacia abajo (o utilice el teclado de búsqueda rápida (Figura 3) para localizar la sustancia química buscada.
5. Seleccionar “ok”.

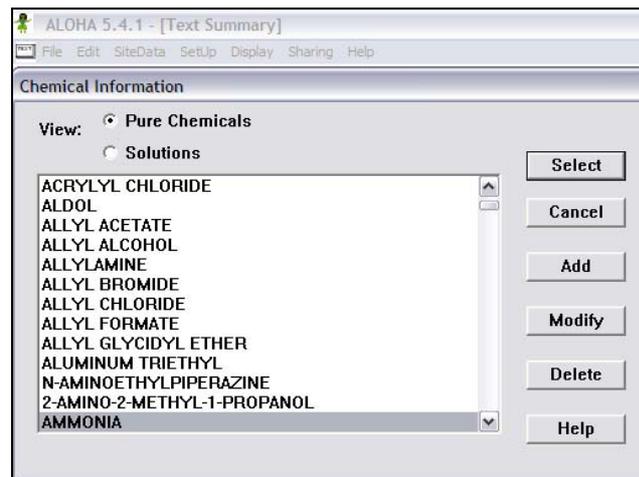


Figura 3 Biblioteca de las sustancias químicas peligrosas.

La función de teclear la búsqueda rápida.

1. Abrir la biblioteca química de ALOHA.
2. Escribir, rápidamente, las primeras 3 o 4 letras del nombre de la sustancia química.

Nota: Se puede adicionar o modificar las sustancias en la biblioteca química de ALOHA-CAMEO companion para planificadores.

Utilizando el RIDS de CAMEO como link (eslabón) de ALOHA.

1. Encuentre la sustancia química deseada en la biblioteca química de CAMEO.
2. Seleccionar el menú de “compartir (sharing)”.
3. Seleccionar “ALOHA”/ “seleccione esta sustancia química en ALOHA”.

Nota: En algunos casos, el menú de “compartir (sharing)” de CAMEO/ALOLHA permite navegar entre la información de RIDS y el programa de ALOHA. Sin embargo, se puede tener la misma funcionalidad si se selecciona la misma sustancia en los dos programas y se utiliza la barra de herramientas de la parte baja de su pantalla para ir de CAMEO a ALOHA y viceversa.

5.4.1. Menú de sustancias químicas

1. Seleccionar el menu “setup”.
2. Seleccionar la sustancia química deseada de la biblioteca química de ALOHA.
3. Seleccionar “OK”.

5.4.2. Menú atmosférico

ALOHA permite la incorporación de tres tipos de información climática. Estos son:

- Condiciones climáticas incorporadas por el usuario.
- Conexiones a un sin número de estaciones SAM o MET; en la página Web de CAMEO está disponible una lista de proveedores que tienen

estaciones climáticas portátiles integradas a ALOHA. Esto se puede encontrar bajo el enlace (link) de “foro de soporte (support forum)”.

- Estación “fingida” de SAM, construida dentro de ALOHA (se utiliza solo para entrenamientos y capacitaciones).

5.5. Incorporando la información sobre condiciones climáticas manualmente

1. Seleccionar el menú setup.
2. Seleccionar “atmosférico (atmospheric)”.
3. Seleccionar “información Incorporada por usuario (user input)”
4. Escribir las condiciones atmosféricas calculadas por datos de estación meteorológica de la región a evaluar.

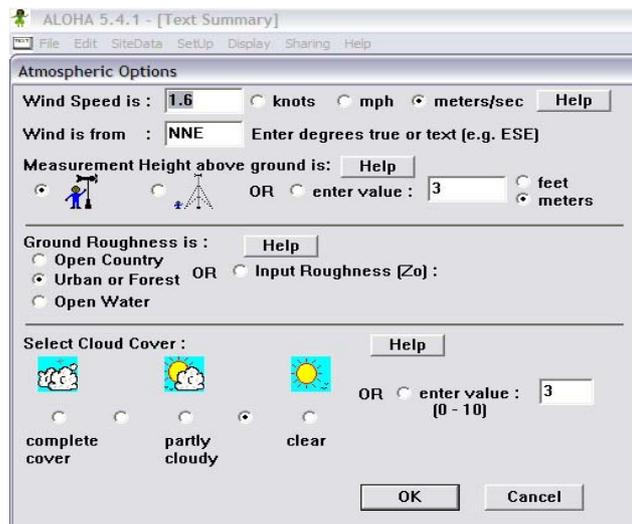


Figura 4. Ventana para la incorporación de las condiciones climáticas, en el simulador ALOHA.

5.6. Fuente de tanque para “gases” (Figura 5)

1. Seleccionar el menú setup.
2. Seleccionar “fuente (source)”.
3. Seleccionar “tanque (tank)”.

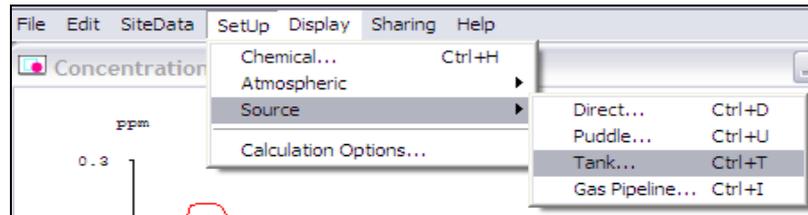


Figura 5. Menú de selección para el tipo de tanque

4. Seleccionar “tipo de tanque (tank type)” (Figura 6)
5. Escribir la información para dos de los siguientes parámetros (para tanques esféricos escribir solo el “diámetro” o el “volumen”)
 - a).- Diámetro
 - b).- Longitud
 - c).- Volumen

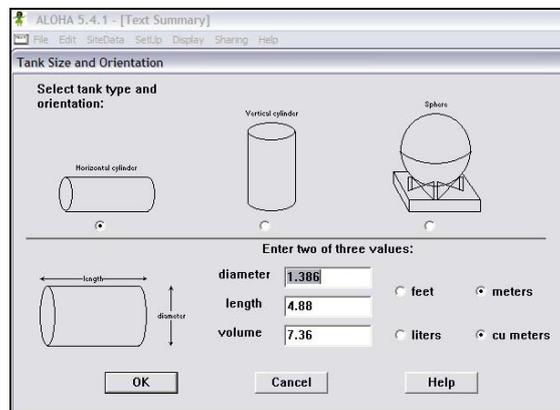


Figura 6. Incorporación de los datos del tanque de almacenamiento

6. Seleccionar “OK”
7. Seleccionar “Tanque solamente contiene liquido (tank contains liquid)”
8. Escribir el valor de la temperatura del la sustancia almacenada (Figura 7).

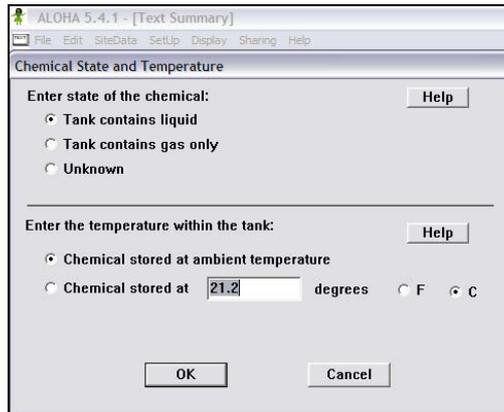


Figura 7. Selección de la característica y temperatura del contenido almacenada en el tanque.

NOTA: muchas sustancias gaseosas se almacenan como “líquidos”. No debe modelar estos como gases en ALOHA.

9. Escribir la cantidad de sustancia contenida y el nivel reglamentario de almacenamiento (Figura 8).

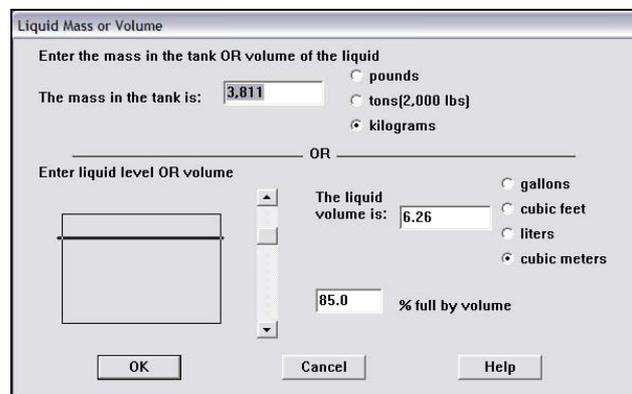


Figura 8. Nivel de contención en el tanque de almacenamiento

10. Seleccionar el tipo de evento que ocurre con la sustancia (type of tank failure) en este caso seleccionar la primera opción (leaking tank, chemical is not burning as it escapes into atmosphere) (Figura 9).

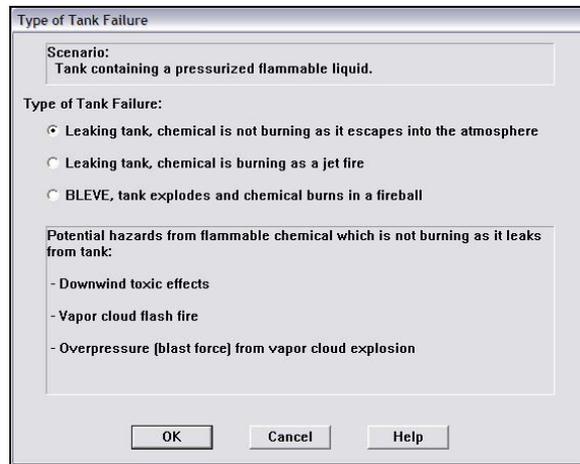


Figura 9 Ventana de selección el tipo de evento que causa la sustancia.

11. Escribir el tamaño y la localización del hueco (Figura 10 y 11.)

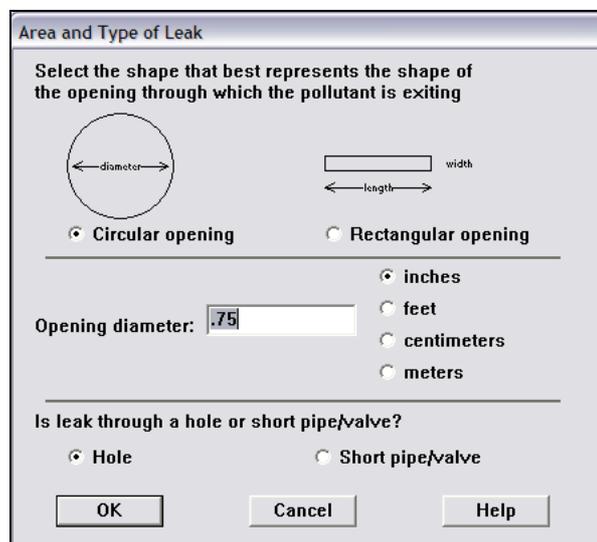


Figura 10. Tipo y tamaño de la abertura

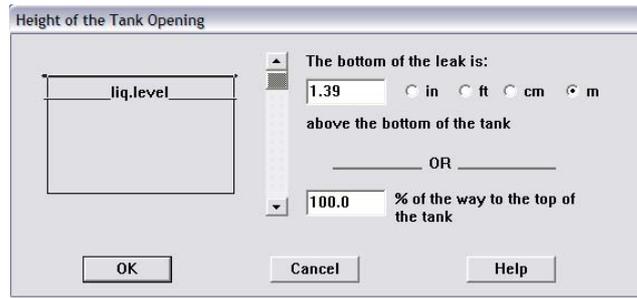


Figura 11. Localización de la abertura del tanque de almacenamiento

12. Ya que se tiene todos los datos necesario para la simulación, ahora seleccionar zona de amenaza (threat zone) (Figura 12.)

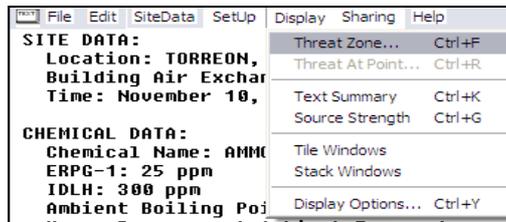


Figura 12. Selección de (threat zone) para el inicio de la simulación

13. seleccionar vapor de nube toxica (toxic area of vapor cloud) (Figura 13) y en la figura 14 se puede observar la selección del nivel de concentración de la sustancia.

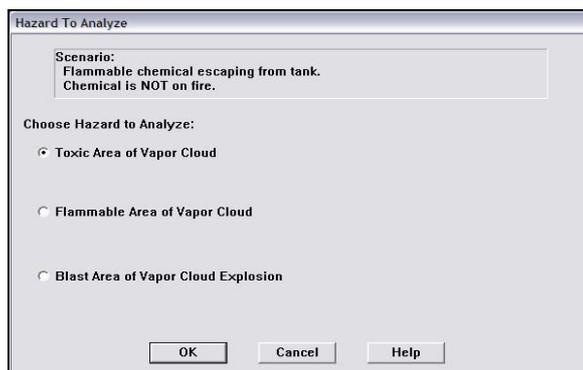


Figura 13. Selección del tipo de riesgo a analizar

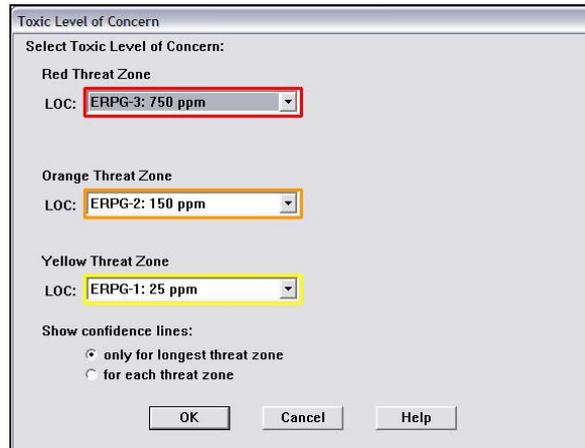


Figura 14. Ventana en donde se establecen la concentración y zonas de riesgo causada por la fuga de amoniaco.

14. Sigue seleccionar (source strength), esto con la finalidad de obtener la grafica que indica la velocidad de descarga en kilogramos por segundo.

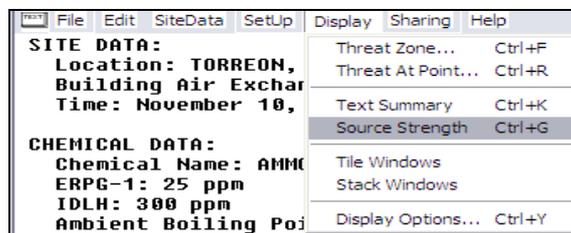


Figura 15 Menú de inicio para la selección de (source strength)

15. Por último, seleccionar en menú display (threat at point) con la finalidad de saber el comportamiento del gas y su concentración en el punto específico (Figura 16).

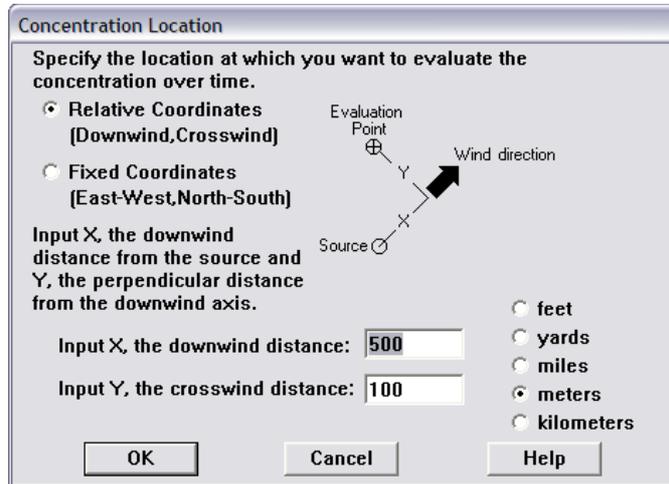


Figura 16. Localización específica del punto de amenaza.

VI.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Área de afectación por fuga de amoníaco, según modelo obtenido en el programa ALOHA 2007 en la primera simulación (Anexo 1)

En el Cuadro 1, se observan los parámetros ambientales introducidos para medir el riesgo por fuga de amoníaco, considerando la velocidad y dirección del viento, la nubosidad, la temperatura del aire y la humedad relativa.

En base a los datos del Cuadro 1 se obtiene la distancia de la zona de amenaza. Las líneas de respuesta de emergencia y planeación establecida dentro del programa se obtienen los resultados siguientes; (confidence lines) línea de salvaguarda o de seguridad alcanzando a una distancia de hasta 998 metros, ERPG – 1 = 25 mg/kg⁻¹ la línea amarilla alcanza una distancia de 998 metros de distancia, ERPG – 2 = 150 mg/kg⁻¹ corresponde a la línea naranja esta zona alcanza a una distancia 357 metros y por último la línea roja en donde existe mayor concentración del amoníaco, ERPG – 3 = 750 mg/kg⁻¹ llega a una distancia de 150 metros.

El punto azul es la coordenada ubicada un edificio que se considera como parte del análisis con la finalidad de observar el comportamiento del amoníaco fugado.

CUADRO 2. Parámetros ambientales introducidos en el programa ALOHA para medir el riesgo por fuga de amoniaco, para un ambiente urbano con estabilidad E en la primera simulación.

Velocidad del viento	Dirección del viento	Nubosidad	Temperatura del aire	Humedad relativa
m/s			°C	%
1.6	Nor-noreste	3	21.2	38

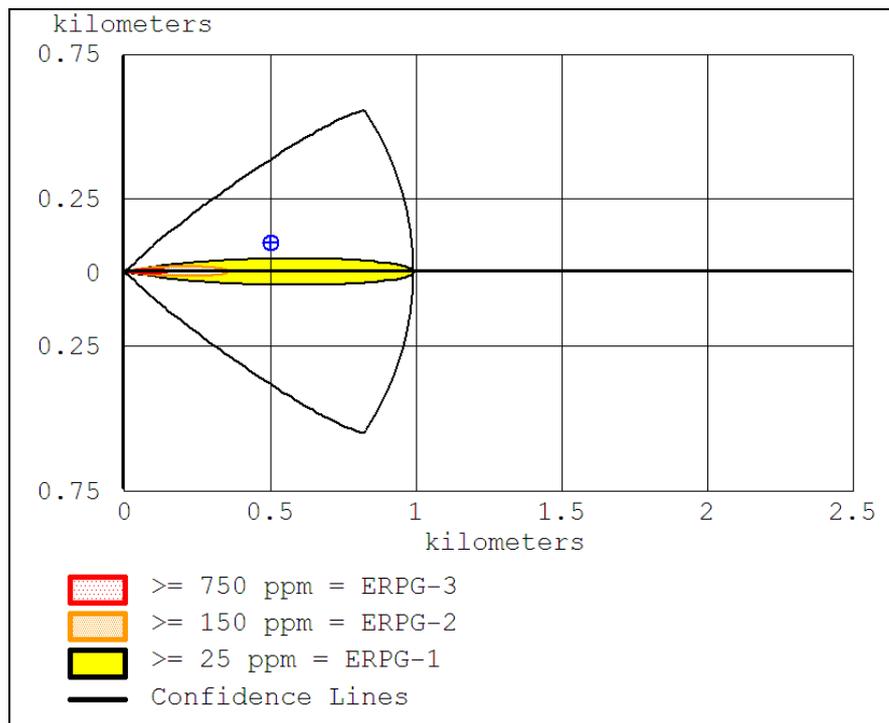


Figura 17. Definición de la zona de amenaza y área de afectación primera evaluación.

6.1.2. Descarga de la fuga de amoniaco por unidad de tiempo obtenida en el simulador ALOHA (Anexo 1)

De acuerdo con las condiciones atmosféricas y la cantidad de amoniaco contenida en el tanque de almacenamiento aplicado en el simulador de eventos, la evaluación indicó que el promedio máximo que sostuvo la proporción de descarga fue de 15.5 kg/min. Mientras que la cantidad total fugada fue de 502 kg en un periodo de 60 minutos (Figura 18).

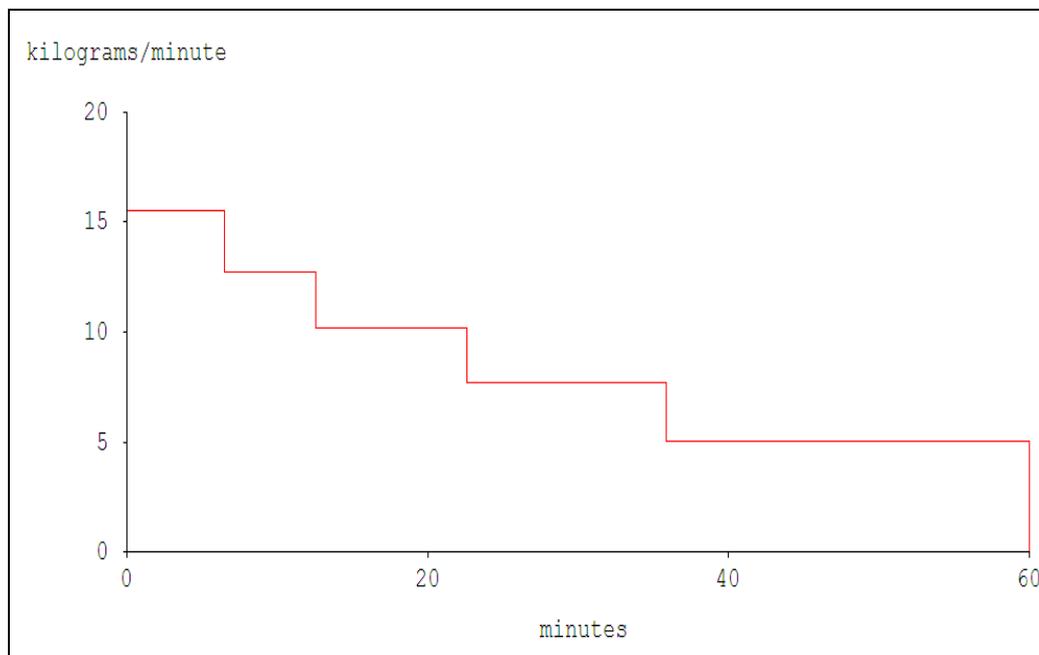


Figura 18. Cantidad de kilogramos fugados de amoniaco por unidad de tiempo equivalente a 60 minutos en la primera evaluación.

6.1.3. Punto de amenaza y concentración dentro y fuera de un edificio a considerar cuya ubicación a la coordenada establecida (Anexo 1)

En la primera simulación realizada para el punto de amenaza (Anexo 1), los resultados obtenidos a la coordenada eje X = 500 metros y al eje Y 100 metros con referente a la fuente de la contaminación de la sustancia química a la dirección del viento, dieron resultados las concentraciones máximas siguientes: se observa que conforme transcurre un periodo de 60 minutos existen variaciones de concentración, la línea roja representa aire libre con una concentración máxima promedio de 0.241 mg/kg^{-1} por otro lado la línea azul golpeada representa el interior del edificio con una concentración máxima promedio de $0.0342 \text{ mg/kg}^{-1}$ (Figura 19).

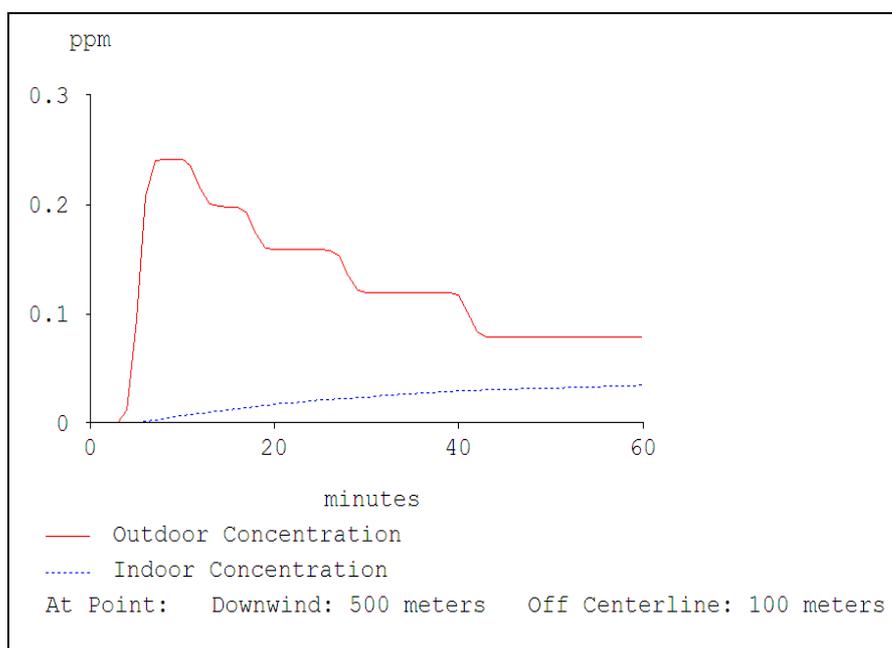


Figura 19. Variación de la concentración del amoníaco en periodo de 60 minutos dentro y fuera de un edificio en la primera evaluación.

6.2.1. Área de afectación por fuga de amoníaco, según modelo obtenido en el programa ALOHA 2007 en la segunda simulación (Anexo 2)

En el Cuadro 2 están los parámetros utilizados para la evaluación de riesgos, considerando la velocidad y dirección del viento, la nubosidad, la temperatura del aire y la humedad relativa.

En base a los datos del Cuadro 2 se obtiene la definición de la zona de amenaza dada por la fuga de amoníaco (ALOHA, 2007); (confidence lines) línea de salvaguarda o de seguridad alcanzando a una distancia de 752 metros, ERPG – 1 = 25 mg/kg⁻¹ la línea amarilla alcanza una distancia de 752 metros de distancia, ERPG – 2 = 150 mg/kg⁻¹ línea naranja esta zona alcanza a una distancia de 274 metros y por último la línea roja ERPG – 3 = 750 mg/kg⁻¹ llega a una distancia de 117 metros de distancia (Figura 17).

CUADRO 3. Parámetros ambientales introducidos en el simulador ALOHA para medir el riesgo por fuga de amoniaco, para un ambiente urbano con estabilidad atmosférica E en la segunda simulación.

Velocidad del viento m/s	Dirección del viento	Nubosidad del	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %
2.4	Nor-noreste	3	18.2	55

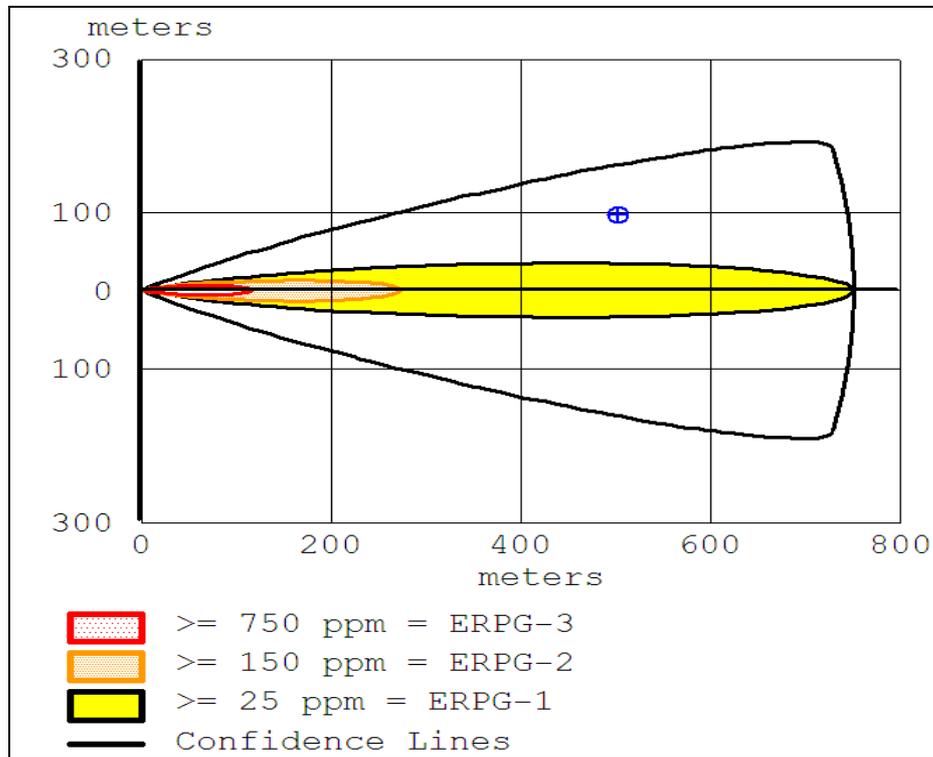


Figura 20. Definición de las zonas de amenaza y área de afectación segunda evaluación.

6.2.2. Descarga de la fuga de amoniaco por unidad de tiempo obtenida en el simulador ALOHA (Anexo 2)

De acuerdo con las condiciones atmosféricas y la cantidad de amoniaco contenida en el tanque de almacenamiento aplicado en el simulador de eventos, la evaluación indicó que el promedio máximo que sostuvo la proporción de descarga fue de 14.5 kg/min. Mientras que la cantidad total fugada fue de 477 kg en un periodo de 60 minutos (Figura 21).

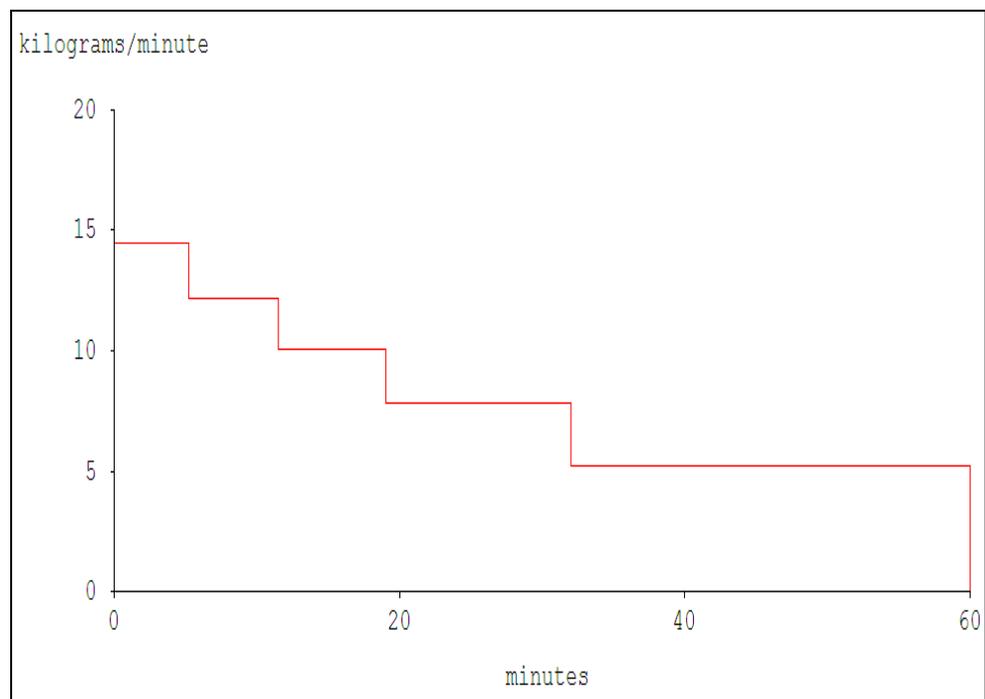


Figura 21. Cantidad de kilogramos fugados de amoniaco por unidad de tiempo equivalente a 60 minutos en la segunda evaluación.

Nota: El químico escapó del tanque en forma de gas.

6.2.3. Punto de amenaza y concentración dentro y fuera de un edificio a considerar cuya ubicación a la coordenada establecida en la segunda simulación de sucesos (Anexo 2).

En la segunda simulación realizada para el punto de amenaza (Anexo 2), los resultados obtenidos a la coordenada eje X o distancia igual a 500 metros y al eje Y o línea del centro es igual a 100 metros con referente a la fuente de la contaminación de la sustancia química a la dirección del viento, dieron resultados las concentraciones máximas siguientes: se observa que conforme transcurre un periodo de 60 minutos existen variaciones de concentración. La línea roja representa al aire libre dando como resultado una concentración máxima promedio de 0.149 ppm. Por otro lado en el interior del edificio representada con la línea azul golpeada con una concentración máxima promedio de 0.0291 mg/kg⁻¹ (Figura 22).

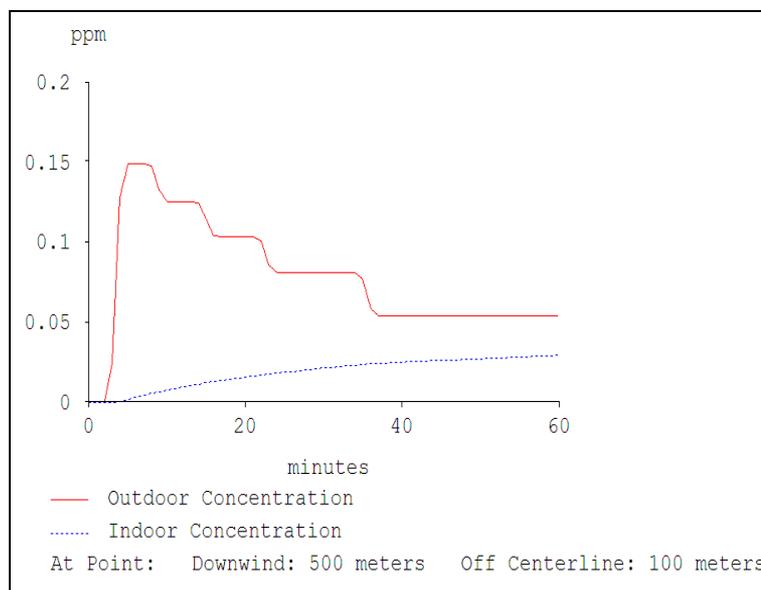


Figura 22. Variación de la concentración del amoniaco en periodo de 60 minutos dentro y fuera de un edificio en la segunda evaluación.

6.3.1 Área de afectación por fuga de amoníaco, según modelo obtenido en el programa ALOHA 2007 en la tercera simulación (Anexo 3).

En el Cuadro 3, se observan los parámetros ambientales introducidos para medir el riesgo por fuga de amoníaco, considerando la velocidad y dirección del viento, la nubosidad, la temperatura del aire y la humedad relativa.

En base a los datos del Cuadro 3 se obtiene la distancia de la zona de amenaza. Los resultados son los siguientes; (confidence lines) línea de salvaguarda o de seguridad alcanzando a una distancia de hasta 752 metros, ERPG – 1 = 25 mg/kg⁻¹ la línea amarilla alcanza una distancia de 752 metros de distancia, ERPG – 2 = 150 mg/kg⁻¹ corresponde a la línea naranja esta zona alcanza a una distancia 55 metros y por último la línea roja en donde existe mayor concentración del amoníaco, ERPG – 3 = 750 mg/kg⁻¹ llega a una distancia de 25 metros.

CUADRO 4. Parámetros ambientales introducidos en el programa ALOHA para medir el riesgo por fuga de amoniaco, para un ambiente urbano con estabilidad D en la tercera simulación.

Velocidad del viento m/s	Dirección del viento	Nubosidad	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %
18.8	SSE	3	14.7	55

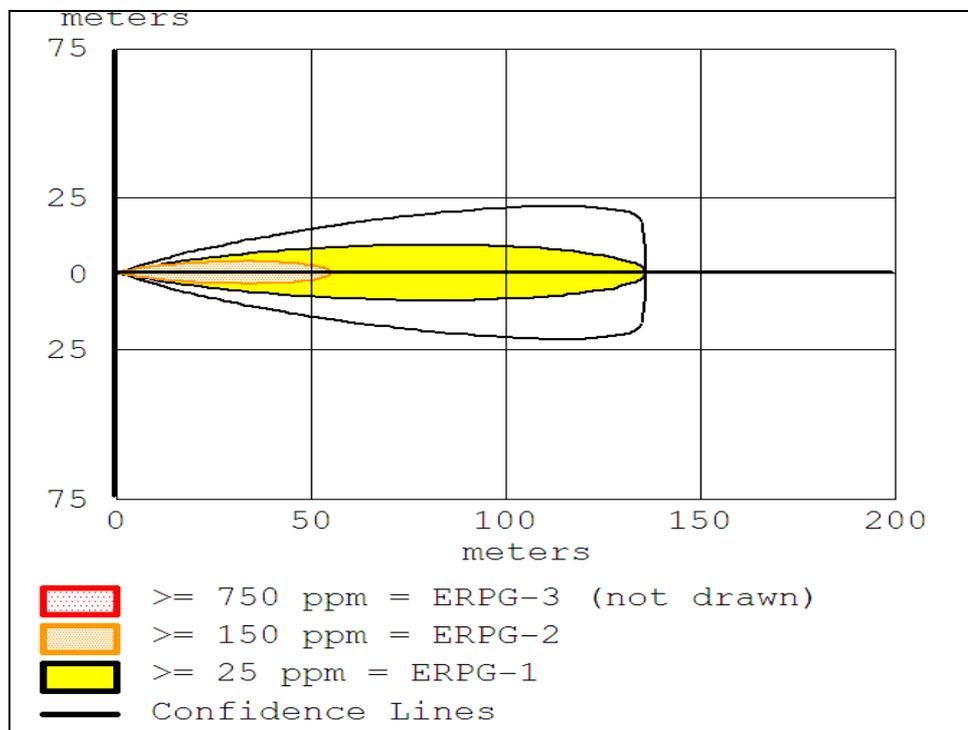


Figura 23. Definición de la zona de amenaza y área de afectación.

6.3.2. Descarga de la fuga de amoníaco por unidad de tiempo obtenida en el simulador ALOHA (Anexo 3)

De acuerdo con las condiciones atmosféricas y la cantidad de amoníaco contenida en el tanque de almacenamiento aplicado en el simulador de eventos, la evaluación indicó que el promedio de un minuto o más que sostuvo la proporción de descarga fue de 12.9 kg/min. Mientras que la cantidad total fugada fue de 441 kg en un periodo de 60 minutos (Figura 24).

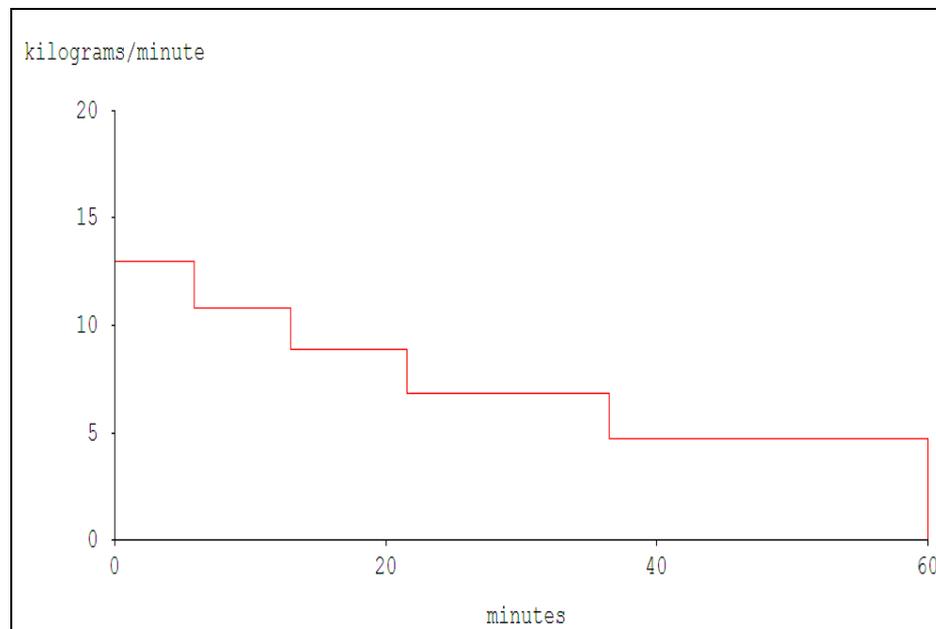


Figura 24. Cantidad de kilogramos de amoníaco fugado del tanque en la tercera evaluación.

Nota: El químico escapó del tanque en forma de gas.

6.3.3. Punto de amenaza y concentración dentro y fuera de un edificio a considerar cuya ubicación a la coordenada establecida en la tercera simulación de sucesos (Anexo 3).

En la primera simulación realizada para el punto de amenaza (Anexo 3), los resultados obtenidos a la coordenada eje X = 500 metros y al eje Y 100 metros con referente a la fuente de la contaminación de la sustancia química a la dirección del viento, dieron resultados las concentraciones máximas siguientes: se observa que conforme transcurre un periodo de 60 minutos existen variaciones de concentración, la línea roja representa al aire libre que existe una concentración máxima promedio de 0.746 mg/kg^{-1} mientras que la línea azul golpeada representa el interior del edificio dando concentración máxima promedio de $0.0425 \text{ mg/kg}^{-1}$ (figura 25).

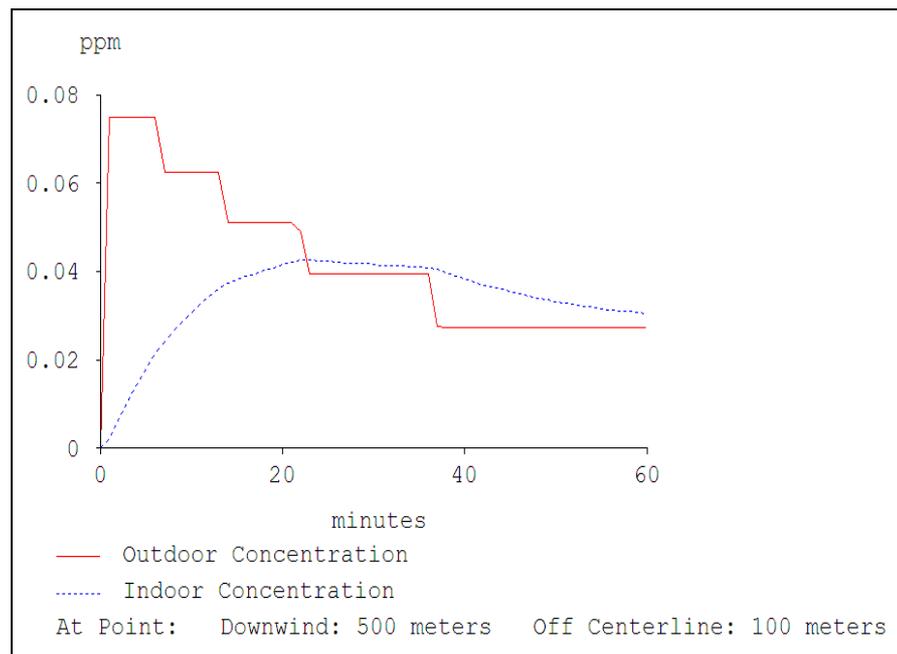


Figura 25. Variación de la concentración del amoniaco en periodo de 60 minutos dentro y fuera de un edificio en la tercera evaluación.

6.4.1. Área de afectación por fuga de amoníaco, según modelo obtenido en el programa ALOHA 2007 en la cuarta simulación (Anexo 4).

En el Cuadro 4, se observan los parámetros ambientales introducidos para medir el riesgo por fuga de amoníaco, considerando la velocidad y dirección del viento, la nubosidad, la temperatura del aire y la humedad relativa.

En base a los datos del Cuadro 4 se obtiene la distancia de la zona de amenaza. Los resultados son los siguientes; (confidence lines) línea de salvaguarda o de seguridad alcanzando a una distancia de hasta 138 metros, ERPG – 1 = 25 mg/kg⁻¹ la línea amarilla alcanza una distancia de 138 metros de distancia, ERPG – 2 = 150 mg/kg⁻¹ corresponde a la línea naranja esta zona alcanza a una distancia 36 metros y por último la línea roja en donde existe mayor concentración del amoníaco, ERPG – 3 = 750 mg/kg⁻¹ llega a una distancia de 25 metros.

CUADRO 5. Parámetros ambientales introducidos en el programa ALOHA para medir el riesgo por fuga de amoniaco para un ambiente urbano con estabilidad tipo D en la cuarta simulación.

Velocidad del viento m/s	Dirección del viento	Nubosidad	Temperatura del aire OC	Humedad relativa %
28	S	3	27.6	41

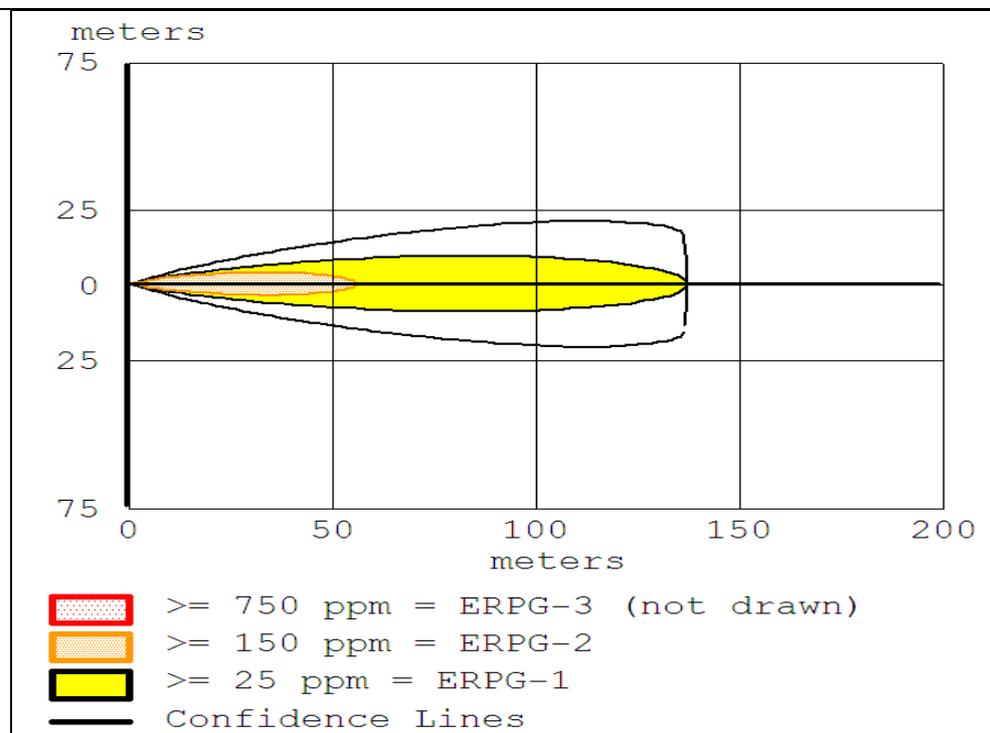


Figura 26. Definición de las zonas de amenazas y área de afectación en la cuarta evaluación.

6.4.2. Descarga de la fuga de amoniaco por unidad de tiempo obtenida en el simulador ALOHA (Anexo 4)

De acuerdo con las condiciones atmosféricas y la cantidad de amoniaco contenida en el tanque de almacenamiento aplicado en el simulador de eventos, la evaluación indicó que el promedio de un minuto o más que sostuvo la proporción de descarga fue de 18.9 kg/min. Y la cantidad total fugada fue de 574 kg en un periodo de 60 minutos (Figura 27).

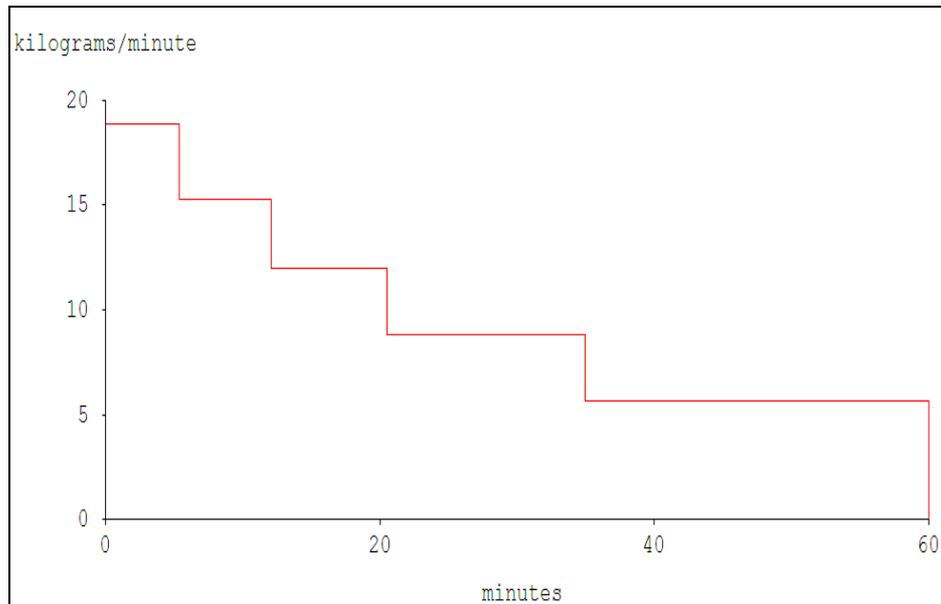


Figura 27. Cantidad de kilogramos de amoniaco fugado del tanque
Nota: El químico escapó del tanque en forma de gas.

6.4.3. Punto de amenaza y concentración dentro y fuera de un edificio a considerar cuya ubicación a la coordenada establecida en la cuarta simulación de sucesos (Anexo 4).

En la primera simulación realizada para el punto de amenaza (Anexo 4), los resultados obtenidos a la coordenada eje X = 500 metros y al eje Y 100 metros con referente a la fuente de la contaminación de la sustancia química a la dirección del viento, dieron resultados las concentraciones máximas siguientes: se observa que conforme transcurre un periodo de 60 minutos existen variaciones de concentración, la línea roja representa al aire libre dando como concentración máxima promedio en el ambiente de $0.0764 \text{ mg/kg}^{-1}$ mientras que la línea azul golpeada representa el interior del edificio dando un promedio de $0.0462 \text{ mg/kg}^{-1}$ (Figura 28).

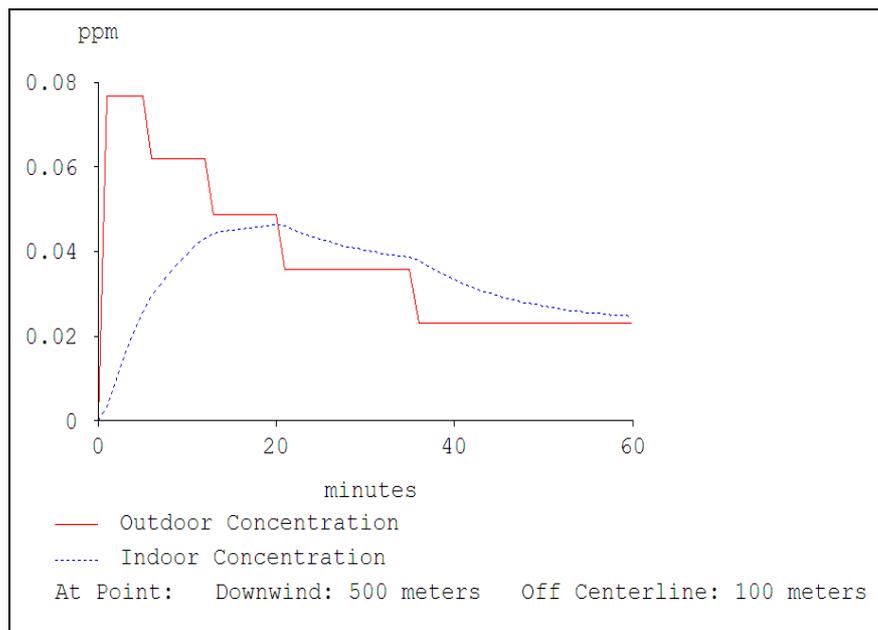


Figura 28. Variación de la concentración del amoniaco en periodo de 60 minutos dentro y fuera de un edificio en la cuarta evaluación.

VII. CONCLUSIONES

- De acuerdo con las simulaciones realizadas mediante el programa ALOHA: el grado y área de afectación ha mostrado diferente comportamiento con respecto a las condiciones climáticas, esto es que en situaciones donde existe una estabilidad baja en velocidad del viento la dispersión presenta dificultad, mientras tanto, las condiciones climáticas donde el viento presenta velocidad mayor la dispersión es mayor y existe menor riesgo de intoxicación en el área debido que el viento favorece a que las partículas del gas se dispersen en un menor tiempo.
- ❖ Es posible observar la versatilidad del programa para la simulación de los riesgos, además de determinar el área de afectación, este simulador tiene otros beneficios así como puede usarse (ALOHA) para estimar la magnitud del área que pudo estar en riesgo en una situación (zona de amenaza). también para obtener las concentraciones interiores y al aire libre a cualquier situación especial o un edificio que se involucre durante la hora después que empieza un descargo en una zona específica.

VIII. RECOMENDACIONES

Siempre han existido derrames o fugas de amoniaco debido a su importancia es necesario considerar lo siguiente:

- ❖ Realizar una evaluación de riesgos a industrias que en sus procesos de producción implique usos del amoniaco.
- ❖ Debido a la confiabilidad del simulador ALOHA es recomendable su uso sobre todo por los resultados obtenidos.
- ❖ Las empresas que manejen en su proceso el uso de amoniaco deberán contar con un Programa Para la Prevención de Accidentes el cual es recomendable actualizar de manera constante de acuerdo a las variables meteorológicas del sitio de interés.
- ❖ Recomendable utilizar los equipos adecuados para la protección ocupacional, así como la delimitación del área que puede ser afectada en caso de un siniestro.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre G., 2005, "La valoración de los riegos en la ordenación del territorio; metodología practica." Boletín de la A.G.E.N. 40: págs. 393-405. [Citado mayo 15 de 2008]
<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1308557>
- ALOHA, 2007. USER'S MANUAL, [Citado abril 20 de 2008]
<http://www.epa.gov/ceppo/cameo>
- Aneas S., D. 2000. "Riesgos y peligros: una visión desde la geografía," Scripta Nova V; 60. [Citado mayo 27 de 2008]
<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.htm>
- ATSDR., 2002. "Public Health Statement for Ammonia." [Citado mayo 16 de 2008] <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs126.html>
- ATSDR., 2002. "Toxicological Profile for Ammonia." [Citado abril 23 de 2008]. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp126.html>
- ATSDR., 2003. "Managing Hazardous Material Incidents Ammonia." [Citado abril 20 de 2008]. <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg126.pdf>
- ATSDR., 2004. "Resumen de salud pública." Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU." ATSDR. [Citado abril 10 de 2008]
http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs126.pdf

- ATSDR., 2007. "CERCLA Priority List of Hazardous Substances, (Agency for Toxic Substances Disease Registry)," OSHA. [Citado junio 12 de 2008] <http://www.atsdr.cdc.gov/cercla/07list.html>
- Bataller R., V. J. y Martínez V. 2004. "Toxicología Clínica." Universitat de Valencia, pág. 236. [Citado Abril 23 de 2008]
http://books.google.com.mx/books?id=k1YTQn23InYC&pg=RA3PA236&dq=TOXICOLOGIA+DEL+AMONIACO&lr=&sig=ACfU3U26UkiHEzU7_g3h7nZ2n_N8LfzkDA#PRA3-PA236,M1
- Bravo M., Dispes L., E. Herrero, S. Rodríguez, M. y Tamarit, 2004. "National Toxicology." Edition Valencia, UCH-CEU V: 6. [Citado mayo 14 de 2008]
http://www.uch.ceu.es/principal/noticias_toxicologia/gacetaToxica/6.pdf
- CAMEO, 2004. "Cameo Companion en español"
(Citado 15 de agosto de 2008) (En línea)
http://www.epa.gov/emergencies/docs/cameo/Cameo_Companion_Groups_Respuesta_esp.pdf
- Carvajal, I. 2008. "Fugas de amoniaco causo alarmas en Floridablanca." Vanguardia Liberal. <http://www.vanguardia.com/2008/3/4/met1.htm>
- Carrari C. A. y L. Tonelli S., 2006. "Desarrollo de una estrategia para el análisis de riesgo de área del polo petroquímico y puerto de Bahía Blanca." (Universidad Nacional del Sur - CONICET).
- Comisión Nacional del Agua, 2008. "Gerencia regional cuencas centrales del norte, subgerencia regional técnica." Edición 2008, Torreón Coahuila, México.

Díaz F., 2006. "Análisis de consecuencias y zonas de planificación para explosiones industriales accidentales (en el ámbito de las directivas Seveso)." Universidad de Murcia Facultad de Química Departamento de Ingeniería Química V. 1.

http://www.tdr.cesca.es/TESIS_UM/AVAILABLE/TDR-1019106-125534/DiazAlonso.pdf

Edson H., 2008. "Accidentes ambientales: conceptos básicos." CEPIS/OPS [Citado agosto 22 de 2008].

<http://www.cepis.ops-oms.org/tutorial1/e/acciambi/>

Elvers B., y S. Hawkins 1989. "Ullman's encyclopedia of industrial chemistry," V. 2.

Environmental Protection Agency (EPA), 1991, List of IRIS substances, ammonia. [Citado abril 25 de 2008].

<http://www.epa.gov/iris/subst/0422.htm>

Environmental Protection Agency, 1985. "Ammonia Chemical Profile and Emergency First Aid Treatment Guide." [Citado abril 2 de 2008].

http://yosemite.epa.gov/oswer/ceppoehs.nsf/Alphabetical_Results?openview

Fernández R., Palomar A., C. Flores, E. Rozillio Y A. Gómez, 2000. "Daño broncopulmonar por inhalación masiva de amoniac." An Med Asoc Med Hosp ABC 3: pág. 128-133. [Citado agosto 20 de 2008]

<http://www.medigraphic.com/pdfs/abc/bc-2000/bc003e.pdf>

- Gisbert J. A. y Villanueva E., 2005. "Tratado de Medicina Legal y Toxicología" Pág. 857-858. [Citado junio 7 de 2008]
<http://books.google.com.mx/books?id=MfL2NT12iAQC&pg=PA85&dq=TOXICOLOGIA+DEL+AMONIACO&lr=&sig=ACfU3U0oaNzFPRS77II2InxFEfoPkA7kQA#PPA858,M1>
- González D., 2008. "Firman siete acuerdos por fugas registradas en Tyson." El Siglo de Torreón. [Citado septiembre 19 de 2008]
<http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/328062.firman-siete-acuerdos-por-fugas-registradas-e.html>
- Instituto nacional de ecología (INE), 2007. "Clasificación de las actividades riesgosas." SEMARNAT. [Citado mayo 30 de 2008]
- Iribarreen O., G. C., 2001. "Cuadernos de cirugía (Valdivia)." V; 15, pág. 61-69. [Citado mayo 25 de 2008]
http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071828642001000100012&lng=es&nrm=iso
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), 2008. "AGENDA ECOLOGICA." pág. 145-149 [Citado junio 18 de 2008]
www.libreriaief.com.mx
- Montiel A., 2007. "Dicen que aumento la vigilancia sobre hieleras." [Citado enero 27 de 2008]
<http://terratoxnews.blogspot.com/2007/07/mxico-dicen-que-aument-la-vigilancia.html>

OIT, H., 1991. "International Chemical Safety Cards, Ammonia (Anhydrous)." International Labour Organization (ILO) [Citado abril 23 de 2008].
http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc04/icsc0414.htm

Organización Mundial de la Salud (OMS). 1986. "Environmental Health Criteria, V; 54, Ammonia". OSHA [Citado septiembre 20 de 2008]
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc54.htm>

OSHA., 1978, "Occupational Safety and Health Guideline for ammonia." OSHA. [Citado abril 23 de 2008] <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0028-rev.pdf>

PNUMA., 1992. "Identificación y evaluación de riesgos en una comunidad local." [Citado mayo 14 de 2008]

PNUMA., 1999. "Evaluación de riesgos químicos." PNUMA. [Citado junio 10 de 2008]
<http://www.semarnat.gob.mx/gestionambiental/Materiales%20y%20Actividades%20Riesgosas/sitioscontaminados/PNUMA/PNUMA.pdf>

RAE., 1992. "Diccionario de la Lengua Española." Real Academia Española. [Citado abril 12 de 2008] <http://buscon.rae.es/drae/>

SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT). 2002. "Guía para la presentación del estudio de riesgo ambiental Nivel 2." INE 2. [Citado abril 20 de 2008] www.ine.gob.mx

Servicio de Protección Civil Barcelona. 2002. "Procedimiento de evaluación de riesgos tecnológicos en el entorno." [Citado agosto 12 de 2008]
http://www.bcn.es/proteccio_civil/es/informacion/omaia/guiaomaia.pdf

SECRETARIA DE TRABAJO Y PREVISION SOCIAL, 1999. NOM-010-STPS-1999, "Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral." STPS. [Citado Abril 20 de 2008]
<http://www.stps.gob.mx/DGSST/normatividad/noms/Nom-010.pdf>

Montiel A., 2007. "Dicen que aumento la vigilancia sobre hieleras." [Citado enero 27 de 2008]
<http://terratoxnews.blogspot.com/2007/07/mxico-dicen-que-aument-la-vigilancia.html>

Vargas F. M., 1996. "Prevención y control de riesgos de los productos químicos. [Citado marzo 28 de 2008]
"http://www.msc.es/gl/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL70/70_4_409.pdf

Yarto M., I. Ize y Gavilán A., 2003. "El universo de las sustancias químicas peligrosas y su regulación para un manejo adecuado, Dirección de Investigación sobre Sustancias Químicas y Riesgos Ecotoxicológicos, DGICURG." INE, Pp. 57-66. [Citado mayo 20 de 2008]
<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/539/53906904.pdf>

X. ANEXOS

ANEXO 1

Los datos del sitio

Localización: TORREON, COAHUILA DE ZAR., MEXICO

Los Intercambios Aéreos construyendo Por Hora: 0.33 (el solo storied desabrigado) Tiempo: El 31 de octubre, 2008 1834 horas ST (usando el reloj de computadora).

Los datos químicos

Nombre de la sustancia química: El Amoniaco Peso Molecular: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 mg/kg⁻¹ ERPG-2: 150 mg/kg⁻¹ ERPG-3: 750 mg/kg⁻¹

IDLH: 300 mg/kg⁻¹ LEL: 160000 mg/kg⁻¹ UEL: 250000 mg/kg⁻¹

Punto de ebullición en el ambiente: -36.1° C

La Presión de vapor a la temperatura ambiente: mayor que 1 atm

La concentración de saturación en el ambiente: 1, 000,000 mg/kg⁻¹ o 100.0 %.

Los datos atmosféricos: (la entrada manual de datos)

Velocidad del viento: 1.6 m/s Dirección del viento: NNE Altura: 3 m.

La Aspreza molida: urbano o Tapa de Nube de bosque: 3 décimo

La Temperatura aérea: 21.2° C Estabilidad Clase: E

Ninguna Altura de la Inversión. La Humedad Relativa: 38 %.

La fuerza de la fuente

Gotee del agujero en el tanque cilíndrico horizontal

Químico que escapa del tanque (no flamable)

El diámetro del tanque: 1.386 m. Longitud del Tanque: 4.88 m.

El volumen del tanque: 7.36 m³

El tanque contiene la temperatura interior líquida: 21.2° C

La masa química en el Tanque: 3,811 kilogramos

El tanque es 85 % lleno

El Diámetro de la apertura redondo: .75 pulgadas

Nivel de apertura 1.39 metros del fondo del tanque

Suerte la duración: ALOHA limitó la duración a 1 hora

El promedio máximo que Sostuvo la proporción del descargo: 15.5 kg/min.

(Promedio durante un minuto o más)

La cantidad total soltó: 502 kilogramos

La nota: El químico escapó del tanque como un gas.

La zona de amenaza

Modelo: Gaussian

Rojo: 150 metros--- (750 mg/kg⁻¹ = ERPG-3)

La naranja: 357 metros--- (150 mg/kg⁻¹ = ERPG-2)

Amarillo: 998 metros--- (25 mg/kg⁻¹ = ERPG-1)

La amenaza en un punto

La concentración Estimada en un punto:

Downwind: 500 m. Fuera de la línea del centro: 100 metros Concentración

máxima: Al aire libre: 0.241 mg/kg⁻¹ .Interior: 0.0342 ppm

ANEXO 2

Los datos del sitio

Localización: TORREON, COAHUILA DE ZAR. Los Intercambios Aéreos construyendo Por Hora: 0.33 (el solo storied desabrigado).

Tiempo: El 31 de octubre, 2008 1834 horas ST (usando el reloj de computadora)

Los datos químicos

Nombre de la sustancia química: El Amoniaco Peso Molecular: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 mg/kg⁻¹ ERPG-2: 150 mg/kg⁻¹ ERPG-3: 750 mg/kg⁻¹

IDLH: 300 mg/kg⁻¹ LEL: 160000 mg/kg⁻¹ UEL: 250000 mg/kg⁻¹

Punto de ebullición en el ambiente: -36.1° C

La presión de vapor a la temperatura ambiente: mayor que 1 atm

La Concentración de Saturación en el ambiente: 1, 000,000 mg/kg⁻¹ o 100.0%

Los datos atmosféricos: (la entrada manual de datos)

Velocidad del viento: 2.4 m/s Dirección del viento: NNE Altura: 3 m.

La aspereza molida: urbano o Tapa de Nube de bosque: 3 décimo

La temperatura aérea: 18.2° C Estabilidad Clase: E

Ninguna altura de la inversión. La Humedad Relativa: 55 %

La fuerza de la fuente

Gotee del agujero en el tanque cilíndrico horizontal

Químico que escapa del tanque (no inflamable)

El diámetro del tanque: 1.386 m. Longitud del tanque: 4.88 m.

El volumen del tanque: 7.36 m³

El tanque contiene la temperatura Interior líquida: 18.2° C

La Masa química en el tanque: 3,811 kilogramos

El tanque es 84 % lleno

El Diámetro de la apertura redondo: .75 pulgadas

Nivel de apertura 1.39 metros del fondo del tanque

Suelte la duración: ALOHA limitó la duración a 1 hora

El promedio máximo que Sostuvo la proporción del descargo: 14.5 kg/min.

(Promedio durante un minuto o más)

La cantidad total soltó: 477 kilogramos

La nota: El químico escapó del tanque como un gas.

La zona de amenaza

Modelo: Gaussian

Rojo: 117 m. ---- (750 mg/kg⁻¹ = ERPG-3)

La naranja: 274 m --- (150 mg/kg⁻¹ = ERPG-2)

Amarillo: 752 m --- (25 mg/kg⁻¹ = ERPG-1)

La amenaza en un punto

La concentración Estimada en un punto:

Downwind: 500 m. Fuera de la línea del centro: 100 metros

Concentración máxima:

Al aire libre: 0.149 mg/kg⁻¹

Interior: 0.0291 mg/kg⁻¹

ANEXO 3

Los datos del sitio

Localización: TORREON, COAHUILA DE ZAR., M

Los Intercambios Aéreos construyendo Por Hora: 0.33 (el solo storied desabrigado)

Tiempo: El 31 de octubre, 2008 1834 horas ST (usando el reloj de computadora)

Los datos químicos

Nombre de la sustancia química: El Amoniaco Peso Molecular: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 mg/kg⁻¹ ERPG-2: 150 mg/kg⁻¹ ERPG-3: 750 mg/kg⁻¹

IDLH: 300 mg/kg⁻¹ LEL: 160000 mg/kg⁻¹ UEL: 250000 mg/kg⁻¹

Punto de ebullición en el ambiente: -36.1° C

La presión de vapor a la temperatura ambiente: mayor que 1 atm

La Concentración de saturación en el ambiente: 1, 000,000 mg/kg⁻¹ o 100.0 %

Los datos atmosféricos: (la entrada manual de datos)

Velocidad del viento: 18.8 m/s Dirección del viento: SSE Altura: 3 m.

La Aspereza molida: urbano o Tapa de Nube de bosque: 3 décimo

La Temperatura aérea: 14.7° C Estabilidad Clase: D

Ninguna altura de la inversión. La humedad relativa: 55 %

La fuerza de la fuente

Gotee del agujero en el tanque cilíndrico horizontal

Químico que escapa del tanque (no inflamable)

El diámetro del tanque: 1.386 m. Longitud del tanque: 4.88 m.

El volumen del tanque: 7.36 m³

El tanque contiene la Temperatura Interior líquida: 14.7° C
La Masa química en el Tanque: 3,811 kilogramos
El tanque es 84% lleno
El diámetro de la apertura redondo: .75 pulgadas
Nivel de apertura 1.39 metros del fondo del tanque
Suelte la duración: ALOHA limitó la duración a 1 hora
El promedio máximo que Sostuvo la proporción del descargo: 12.9 kg/min.
(Promedio durante un minuto o más)
La cantidad total soltó: 441 kilogramos
La nota: El químico escapó del tanque como un gas.

La zona de amenaza

Modelo: Gaussian

Rojo: 25. ----- (750 mg/kg⁻¹ = EPGR-3)

La nota: La zona de la amenaza no era arrastrado porque los efectos de patchiness del cerca de campo haga las predicciones de dispersión menos fiable para las distancias del calzón.

La naranja: 55m. ----- (150 mg/kg⁻¹ = ERPG-2)

Amarillo: 752 m. --- (25 mg/kg⁻¹ = ERPG-1)

La amenaza en un punto

La concentración Estimada en un punto:

Downwind: 500 m. Fuera de la línea del centro: 100 metros

Concentración máxima:

Al aire libre: 0.746 mg/kg⁻¹

Interior: 0.0425 mg/kg⁻¹

ANEXO 4

Los datos del sitio

Localización: TORREON, COAHUILA DE ZAR., MÉXICO

Los Intercambios Aéreos construyendo Por Hora: 0.33 (el solo storied desabrigado)

Tiempo: El 31 de octubre, 2008 1834 horas ST (usando el reloj de computadora)

Los datos químicos

Nombre de la sustancia química: El Amoniaco Peso Molecular: 17.03 g/mol

ERPG-1: 25 mg/kg⁻¹ ERPG-2: 150 mg/kg⁻¹ ERPG-3: 750 mg/kg⁻¹

IDLH: 300 mg/kg⁻¹ LEL: 160000 mg/kg⁻¹ UEL: 250000 mg/kg⁻¹

Punto de ebullición en el ambiente: -36.1° C

La presión de vapor a la temperatura ambiente: mayor que 1 atm

La Concentración de Saturación en el ambiente: 1, 000,000 mg/kg⁻¹ o 100.0 %

Los datos atmosféricos: (la entrada manual de datos)

Velocidad del viento: 28 m/s Dirección del viento: S Altura: 3 m.

La Aspereza molida: urbano o Tapa de Nube de bosque: 3 décimo

La Temperatura aérea: 27.6° C Estabilidad Clase: E

Ninguna altura de la inversión. La Humedad Relativa: 41%

La fuerza de la fuente

Gotee del agujero en el tanque cilíndrico horizontal

Químico que escapa del tanque (no inflamable)

El Diámetro del tanque: 1.386 m. Longitud del Tanque: 4.88 m.

El Volumen del tanque: 7.36 m³

El tanque contiene la temperatura Interior líquida: 27.6° C

La Masa química en el Tanque: 3,811 kilogramos

El tanque es 86 % lleno

El diámetro de la apertura redondo: .75 pulgadas

Nivel de apertura 1.39 metros del fondo del tanque

Suelto la duración: ALOHA limitó la duración a 1 hora

El promedio máximo que Sostuvo la proporción del descargo: 18.9 kg/min.

(Promedio durante un minuto o más)

La cantidad total Soltó: 574 kilogramos

La nota: El químico escapó del tanque como un gas.

La zona de amenaza

Modelo: Gaussian

Rojo: 25 m. ---- (750 mg/kg⁻¹ = ERPG-3)

La nota: La zona de la amenaza no era arrastrado porque los efectos de patchiness del cerca de campo haga las predicciones de dispersión menos fiable para las distancias del calzón.

La naranja: 36 m. --- (150 mg/kg⁻¹ = ERPG-2)

Amarillo: 138 m. --- (25 mg/kg⁻¹ = ERPG-1)

La amenaza en un punto

La concentración Estimada en un punto:

Downwind: 500 m. Fuera de la línea del centro: 100 metros

Concentración máxima:

Al aire libre: 0.0764 mg/kg⁻¹

Interior: 0.0462 mg/kg⁻¹

XI. GLOSARIO

ERPG: Contestación de la emergencia que planea la pauta, un nivel de preocupación que representa la salud adversa efectiva de una sustancia arriesgada en los miembros del público general. Los ERPGs se desarrollaron por el comité de ERPG de la Asociación de Higiene Industrial americana.

IDLH: Inmediatamente Peligroso a la vida y salud, un nivel de preocupación para los obreros adultos; estime de la concentración más alta de que el escape es posible sin la lesión permanente. Los IDLHs se establecieron por el Instituto Nacional para la Seguridad Profesional y Salud.

LEL: Baje límite explosivo o el más bajo límite de inflamabilidad. La concentración más baja de un vapor inflamable en aire a que explosión o combustión pueden ocurrir.

UEL: Límite explosivo superior o el Límite de inflamabilidad superior. La concentración más alta de un vapor inflamable en aire a que explosión o combustión pueden ocurrir.

TLV: El valor de límite de umbral (el Valor Límite Umbral).

PEL: El límite de la exposición permisible (Límite Permisible de Exposición).

STEL: El tiempo de exposición límite corto (Límite del en de Exposición Periodos Cortos).