

Artículos originales

Risk Analysis of fire and explosion in the storage of acrylonitrile in a chemical plant

Análisis de riesgos de incendio y explosión en el almacenamiento de acrilonitrilo en una planta química

Paredes Huesca Alan ¹  <https://orcid.org/0009-0000-0826-9117> , Olvera-Bello Alejandra Eugenia ¹

 <https://orcid.org/0000-0002-7605-8853>

¹ Maestría en Seguridad e Higiene Ocupacional de la Secretaría del Trabajo del Gobierno del Estado de México.

Correo electrónico de contacto: alanparedeshuesca@gmail.com

Fecha de envío: 12 de junio de 2024

Fecha de aprobación: 12 de septiembre de 2024

Abstract

Introduction: The acrylonitrile, a synthetic colorless liquid and soluble in water, is used with more frequency in the fabrication of plastics, acrylic fibers synthetic rubbers, and other derived products. However, the increase in its use causes a rise in the associated risks with this chemical substance. In this situation, it represents a constant risk for the coworkers, the community around them, and the environment in the areas of use and storage. Under this context, the present study case focused on the risk analysis in a building in Altamira, Tamaulipas.

Method: The methodologies used are “What if...?” and “HAZOP,” also the software of SCRI has been used to determine the affectation radius in case of an uncontrollable leak without preventive measures.

Results: The possible damages in terms of health, economic, environmental, and structural have been evaluated. In addition, measures are proposed to implement actions of contention and minimize damage.

Keywords: acrylonitrile, risk, análisis

Resumen

Introducción: El acrilonitrilo, un líquido sintético incoloro y soluble en agua, se emplea cada vez más en la fabricación de plásticos, fibras acrílicas y gomas sintéticas, entre otros productos derivados. Sin embargo, el incremento en su uso conlleva un aumento en los riesgos asociados con esta sustancia química, dada su alta toxicidad e inflamabilidad. Esta situación representa un riesgo constante para los trabajadores, la comunidad circundante y el medio ambiente en las áreas de almacenamiento y uso.

Metodología: Bajo este contexto, el presente estudio de caso se centra en el análisis de riesgos de una instalación ubicada en Altamira, Tamaulipas. ¿Se aplicaron las metodologías “What if...?” y “HAZOP,” además de los programas de la paquetería de SCRI, para determinar los radios de afectación en caso de una fuga sin control y sin medidas preventivas.

Resultados: Se evaluaron las posibles repercusiones en términos de salud, económicas, ambientales y estructurales. Asimismo, se proponen medidas para la implementación de acciones de contención y minimización de daños

Palabras clave: acrilonitrilo, análisis, riesgo.

Introducción

El acrilonitrilo, conocido también como Cianuro de Vinilo o 2-propenonitrilo es un líquido sintético, incoloro, de olor penetrante parecido a cebolla o a ajo. Puede disolverse en agua y se evapora rápidamente (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY, 1999). Esta sustancia, es utilizada comúnmente para

para fabricar otras sustancias químicas tales como plásticos, goma sintética y fibras de acrílico (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 1990), así mismo, el acrilonitrilo se usa principalmente para la manufactura de fibra modacrílica gracias a su propiedad retardante de fuego (Public Health England, 2017).

Artículos originales

Esta molécula contiene un peso molecular de 53.06 g/mol, la cual, posee dentro de su estructura (figura 1) 3 hidrógenos, 3 carbonos y 1 nitrógeno, dando así su estructura conteniendo un doble enlace en la unión con el nitrógeno (National Center for Biotechnology, 2023).

Se ha documentado que exposiciones a altas concentraciones de acrilonitrilo produce irritación en nariz y garganta, opresión en el pecho, dificultad para respirar, náusea, mareo, debilidad, dolor de cabeza, alteraciones de las facultades mentales y convulsiones.

Respecto a su potencial de carcinogenicidad, el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que es razonable predecir que el acrilonitrilo es carcinogénico en seres humanos. Sin embargo, los estudios en seres humanos no han sido contundentes por lo que la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) en conjunto con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) lo han clasificado en la categoría 1B “si se supone que es un cancerígeno para el hombre, en base a la existencia de pruebas en animales” (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2012).

Debido a lo anteriormente expuesto, es imperativo resaltar la importancia de la evaluación de riesgos en el manejo y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, sobretodo, al analizar las posibles afectaciones a la salud de los trabajadores y de la población, entre otros parámetros; así mismo, un punto importante a destacar es que, al existir pocos estudios relacionados al análisis de riesgos de sustancias químicas peligrosas, es primordial conocer las afectaciones que estas pueden tener en caso de un accidente.

Es por eso por lo que, el presente estudio tiene como objetivo definir y cuantificar los posibles daños hacia la salud de los trabajadores, la población, el medio

ambiente y las instalaciones, en caso de que se presente una fuga de acrilonitrilo sin ningún tipo de control.

Materiales y métodos

Si bien, el uso del acrilonitrilo es amplio a lo largo del mundo, el presente estudio estará enfocado en una planta ubicada en Altamira, Tamaulipas, México; la cual está bajo la supervisión de una empresa mexicana, esta cuenta con un almacenamiento máximo de 80,000 L de acrilonitrilo y se encuentra en una superficie de aproximadamente 480,000 m², así mismo, esta planta se enfoca principalmente a realizar distintos compuestos plásticos, lo que permite abastecer principalmente a la industria automotriz, así como la de electrodomésticos, lo que llevó a que este estudio sea de tipo transversal descriptiva con un enfoque cuantitativa.

Tal como se ha comentado a lo largo del presente, el acrilonitrilo al ser un compuesto tóxico e identificado como carcinógeno, es imperativo que se realice un estudio de riesgos enfocado en él, donde se planteen como mínimo las siguientes preguntas: ¿Qué pasaría si existiera una fuga de este material? ¿Cuánte gente estaría expuesta? ¿Cuál es la probabilidad de que esta sustancia afecte seriamente a la población?

Para la respuesta de estas preguntas, se desarrolla algo conocido como “análisis de riesgos”, el cual se desarrolla considerando primeramente al riesgo inherente, el cual es el riesgo propio de las actividades y servicios que se deben de realizar constantemente en el centro de trabajo; por otro lado, se define al impacto como las consecuencias que deberán enfrentarse en caso de que se materialice el riesgo, mientras que, la probabilidad se refiere a la posibilidad de que se produzca el evento de riesgo, esto sin tomar en cuenta todos aquellos controles o mecanismos de prevención de accidentes. La combinación de ambos parámetros nos arroja como

Artículos originales

resultado un determinado nivel de riesgo, el cual, después de ser analizado, puede ser clasificado como alto, medio o bajo. Es importante tomar en consideración, que la evaluación de riesgos facilita la toma de decisiones (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), 2018)

Para la realización del presente trabajo de investigación, se consideraron los siguientes materiales:

- Cámara fotográfica
- Software SCRI Emisiones
- Software SCRI Modelos
- Software WRPLOT
- Software Suite de Office
- Con respecto a los métodos, los utilizados fueron los siguientes, los cuales se describen a continuación:
- Metodología “HAZOP”
- Metodología “Rosa de los vientos”
- Análisis de la filosofía de control

Una de las metodologías ampliamente utilizadas para la designación de escenarios es la metodología HAZOP; la suposición implícita de los estudios HAZOP, es que los riesgos o los problemas de operatividad aparecen solo como consecuencia de desviaciones sobre las condiciones de operación que se consideran normales en un sistema dado y en una etapa determinada (arranque, operación en régimen estacionario, operación en régimen no estacionario, parada). El sistema consiste en evaluar, línea a línea y recipiente a recipiente, las consecuencias de posibles desviaciones en todas las unidades de un proceso continuo, o en todas las operaciones de un proceso discontinuo (Bestratén, 1989)

Su sistema consiste en realizar un examen basado en la aplicación sucesiva de una serie de palabras guía, que tienen por objeto proporcionar una estructura de razonamiento, capaz de facilitar la identificación de desviaciones. Cada vez que una desviación razonable

es identificada, se analizan sus causas, consecuencias y posibles acciones correctoras, llevándose un registro ordenado de todo ello. El estudio comprende el análisis de la interacción de riesgo entre la planta y sus alrededores y nos permite determinar los posibles radios de afectación dentro y fuera de las instalaciones, estableciendo la severidad de los daños en los distintos radios. De igual manera, permite verificar si las medidas son las óptimas para el desarrollo del presente proyecto e implementar nuevas medidas para prevenir que ocurran accidentes (Bestratén, 1989)

La realización del análisis de riesgo y operatividad (HAZOP), servirá para identificar problemas de seguridad en la planta de estudio y también será útil para mejorar la operatividad de la misma. En este caso, se utilizó por medio del método ALARP, el cual por sus siglas significa “As Low As Reasonably Practicable” en español siendo “Tan Bajo Como Sea Razonablemente Práctico”, este concepto fue desarrollado en el Reino Unido, estableciéndose en la legislación de ese país el término ALARP por medio del Health and Safety at Work en el año de 1974, el cual requiere que se mantengan las instalaciones y sistemas seguros y sin riesgo a la salud, hasta el punto donde sea razonablemente práctico (Health and Safety Executive [HSE], 2011). Los parámetros utilizados para la evaluación de los distintos nodos se explican en las tablas 1 y 2.

Tabla 1. Frecuencias de ocurrencia de un evento

Categoría por Frecuencia	Tipo	Descripción de la frecuencia de ocurrencia
F6	Muy frecuente	Puede ocurrir una o más veces por año.
F5	Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.
F4	Poco Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años.
F3	Raro	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 10 años.
F2	Muy raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la instalación.
F1	Extremadamente raro	Es posible que ocurra, pero a la fecha no existe ningún registro.

Fuente: (Auditboard, 2021)

Artículos originales

Tabla 2.
Tipo de Consecuencias con respecto al escenario analizado

Categoría de Consecuencias	Daños al personal	Efecto en la población	Impacto Ambiental	Pérdida o diferimiento de producción (USD)	Daños a la instalación (USD)
C6 Catastrófico	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que puedan generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana	>500'000,000	>500'000,000
C5 Mayor	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de un día hasta 1 semana.	>50'000,000 a 500'000,000	>50'000,000 a 500'000,000
C4 Grave	Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generan de 1 a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización.	Se presentan fugas y/o derrames con efecto fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	>5'000,000 a 50'000,000	>5'000,000 a 50'000,000
C3 Moderado	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que puedan generar una incapacidad.	Ruido, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía, se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000	>500,000 a 5'000,000
C2 Menor	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruido, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
C1 Despreciable	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos.	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	>50,000	>50,000

Fuente: (Auditboard, 2021)

Una vez obtenida la categoría y de frecuencia, así como la de consecuencia, esta se puede interpolar en la matriz presentada en la Tabla 3.

Tabla 3.
Matriz de Riesgo Consecuencia vs Frecuencia

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	C	B	A	A	A	A
F5	C	C	B	B	A	A
F4	D	C	C	B	B	A
F3	D	C	C	C	B	A
F2	D	D	C	C	C	B
F1	D	D	D	D	C	C

Fuente: (Auditboard, 2021)

Donde, la interpretación para cada uno de los niveles de riesgo se expresan en la tabla 4.

Antes de definir los nodos a utilizar para el presente análisis, debe de realizarse un análisis basado en la filosofía de control de los equipos, donde, basados en

la Figura 1, se analiza el proceso del tanque mediante su Diagrama de Tuberías e Instrumentación.

Tabla 4.
Descripción de cada nivel de riesgo adquirido

Índice de riesgo	Jerarquización / Aceptación	Descripción
A	Riesgo No Tolerable	El riesgo requiere que se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes. Un riesgo tipo "A" representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse controles temporales inmediatos si se requieren continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporales y permanentes por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo por lo menos a Tipo "C".
B	Riesgo Indeseable	El riesgo requiere que se implemente acciones inmediatas permanentes. Un riesgo Tipo "B" representa una situación de riesgo indeseable y deben establecerse controles permanentes inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo "C" y en el mejor de los casos, hasta riesgo Tipo "D".
C	Riesgo Aceptable con Controles	El riesgo es significativo, pero se pueden gestionar con controles administrativos. Un Riesgo Tipo "C" representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos deben darse en un plazo no mayor a 180 días.
D	Riesgo Tolerable	El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo tipo "D" representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

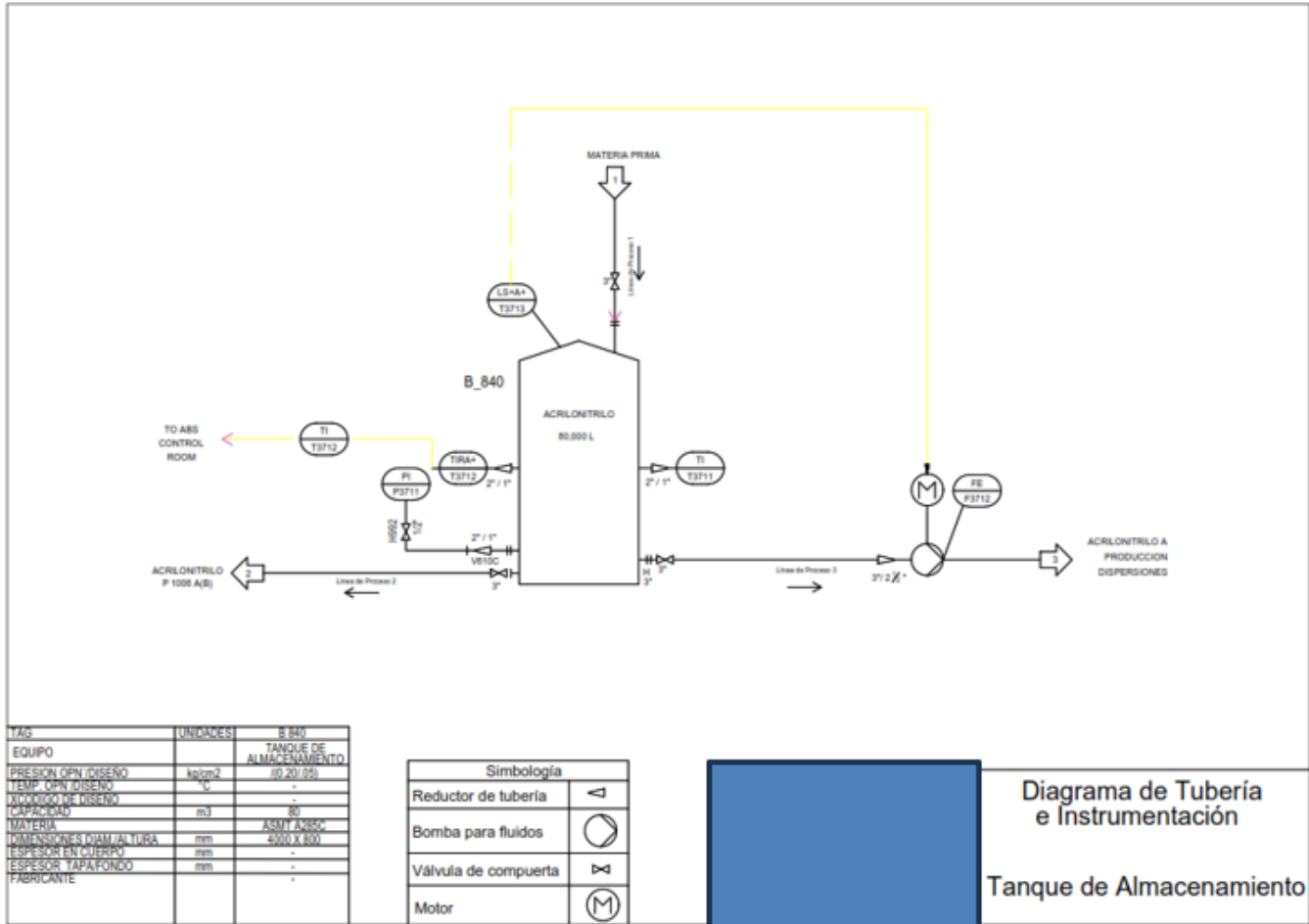
Fuente: (Auditboard, 2021)

Para controlar las variables del proceso, nos debemos apoyar en diversos sistemas de control debido a su capacidad de mantener las variables en su set point.

Primeramente, la materia prima llega por medio de la línea 1, la cual tiene una primera válvula de compuerta manual para restringir el libre paso. El tanque de almacenamiento de la materia prima (Acrilonitrilo) es de 80,000 L, dependiendo de la línea en la que sea necesaria utilizarse, este puede

Artículos originales

Figura 1.
Diagrama de Tuberías e Instrumentación del tanque de 80,000 L de acrilonitrilo



dirigirse por la línea 2 o 3. La línea 2 lleva al acrilonitrilo por un proceso de recirculación, mientras que la línea lo lleva una producción de dispersiones.

El tanque de almacenamiento (con TAG de identificación B_840) cuenta con diversos sistemas de control para mantener los niveles adecuados de almacenamiento, entre estos se encuentra un indicador de temperatura con el número de identificación T3711, así mismo, se encuentra una Alarma-Registradora-Indicadora de Alta

Temperatura, conectado a un Indicador de Temperatura, donde su señal va hacia un cuarto de control de "ABS", estos con la línea de identificación T3712. Aunado a esto, cuenta con una Alarma de Seguridad de Alto Nivel, el cual va conectado por medio de una línea eléctrica a un motor, el cual activa una bomba para fluidos, la cual, a su vez, cuenta con un sensor de flujo; los sistemas de control mencionados cuentan con la identificación T3713 y F3712 respectivamente. Por último, el tanque cuenta con un indicador de presión al fondo del tanque, esto con la identificación P3711.

Artículos originales

La conjunción de todos los elementos anteriormente descritos, hacen que pueda existir una supervisión completa sobre el Tanque de Almacenamiento, pues, en cuanto algún parámetro salga de su set point, puede indicar que existe un problema y debe ser revisado y supervisado por alguien

RESULTADOS

Una vez definidos estos parámetros, se puede identificar que, el nodo principal de análisis para la metodología HAZOP está involucrado en el tanque

de almacenamiento, al ser el punto más importante y crítico de toda la instalación; con base en lo anterior, la definición de los riesgos se ven reflejados en la Tabla 5 (a y b), donde se considera como al nodo 1 al tanque de almacenameiento de acrilonitrilo.

Por último, se cuenta con la rosa de los vientos, esta es un diagrama que concentra la información del viento en una ubicación particular sobre un periodo específico de tiempo. Así mismo, la rosa de los vientos fue usada antes de las brújulas magnéticas

Tabla 5a.

Análisis de riesgos por medio de la metodología HAZOP, por cada uno de los parámetros prioritarios a analizar.

NODO	GUÍA	Parámetro que se analiza	Desviación	Causa	Consecuencia	Riesgo	Salvaguarda	Recomendación
Parámetro: Composición								
1	Otro	Composición	Se tiene una composición diferente de materia prima.	Existen variaciones en la composición de la materia prima, debido a una contaminación de esta.	Atascamiento en la tubería de alimentación debido a las impurezas presentes en la materia prima.	C		Contar con una verificación previa al tanque de almacenamiento para prevenir que se tenga una composición diferente a la esperada.
Parámetro: Caudal								
1	No	Caudal	Se tiene un flujo nulo entrante al tanque de almacenamiento.	Rotura parcial o total de la tubería que lleva la materia prima hacia el tanque de almacenamiento.	Fugas a mediana o gran escala en diversos puntos del recorrido de la tubería.	C	Contar con diversos puntos de medición de presión a lo largo de la tubería, con el fin de detectar con facilidad aquellas posibles zonas donde se puedan producir pérdidas.	Contar con plan de mantenimiento y de recorridos de verificación de la tubería anual, con el fin de evitar posibles fugas u obstrucciones dentro de la tubería.
1	Menos	Caudal	Se tiene un flujo deficiente en la entrada al tanque de almacenamiento	Puede deberse a una obstrucción o rotura en la tubería de llegada al tanque de almacenamiento.	Variaciones en la presión interna, así como posibles fugas.	C	Contar con diversos puntos de medición de presión a lo largo de la tubería, con el fin de detectar con facilidad aquellas posibles zonas donde se puedan producir pérdidas.	Contar con plan de mantenimiento y de recorridos de verificación de la tubería anual, con el fin de evitar posibles fugas u obstrucciones dentro de la tubería.
Parámetro: Presión								
1	Más	Presión	La presión del sistema tubería-tanque se encuentra por encima de su operación normal.	Puede existir una obstrucción interna o un aumento de temperatura a lo largo del sistema tubería-tanque, lo que aumentaría la presión interna.	El tanque puede ceder y provocar una rotura de este, provocando así un Jet Fire o una BLEVE.	C	Colocar indicadores y alarmas para presión alta en el tanque de almacenamiento.	Llevar un registro de las variaciones de presión, con el fin de detectar a tiempo posibles aumentos paulatinos y actuar a tiempo.
1	Menos	Presión	La presión del sistema tubería-tanque se encuentra por debajo de su operación normal.	Puede existir una fuga o un sitio por el cual exista se fuga parte de la presión interna.	Puede existir una fuga por donde exista una liberación de presión interna.	D		Contar con plan de mantenimiento y de recorridos de verificación de la tubería anual, con el fin de evitar posibles fugas de la tubería.

Tabla 5b.

Análisis de riesgos por medio de la metodología HAZOP, por cada uno de los parámetros prioritarios a analizar.

NODO	GUÍA	Parámetro que se analiza	Desviación	Causa	Consecuencia	Riesgo	Salvaguarda	Recomendación
Parámetro: Nivel								
1	Más	Nivel	El tanque se llena por encima de su límite permitido.	No se revisan adecuadamente los niveles iniciales de materia prima que se encuentra en el tanque de almacenamiento.	Puede provocar un derrame del tanque.	B	Contar con indicadores y alarmas de nivel (recomendable contar por nivel alto y nivel bajo)	Verificar el nivel al que se encuentra el tanque de almacenamiento antes de proceder a su llenado, de esta forma se evitará un derrame dentro de la instalación.
1	Menos	Nivel	El tanque se encuentra por debajo de su límite inferior permitido.	Se hace un uso excesivo de materia prima, lo que vacía el tanque casi en su totalidad.	Puede provocar una variación en la presión interna del sistema.	D		Verificar los niveles de materia prima para evitar el vaciado total del tanque.
Parámetro: Temperatura								
1	Más	Temperatura	Se incrementa la temperatura en el tanque de almacenamiento.	Un conato de incendio en las proximidades del tanque de almacenamiento hace que se incremente la temperatura interna.	Al incrementarse la temperatura puede incrementar la presión interna del tanque pudiendo provocar una explosión.	C	Contar con los aditamentos para que en caso de incendio se puedan activar sistemas como hidrantes, extintores, aspersores, entre otros. Teniendo como finalidad enfriar el tanque de almacenamiento.	Contar con plan de atención a emergencias, así como con una correcta y constante capacitación del personal para que puedan saber que hacer en caso de que se presente algún fenómeno perturbador.
1	Menos	Temperatura	Se disminuye la temperatura en todo el sistema debido a las condiciones climáticas intrínsecas del sitio de estudio.	Las condiciones climáticas provocan una baja de temperaturas general en todo el sistema.	Sin riesgo apropiado.	D		Contar con un mantenimiento continuo para prevenir que una temperatura baja pueda causar algún problema en las instalaciones.
Parámetro: Viscosidad								
1	Otro	Viscosidad	La materia prima al llegar al tanque se detecta que cuenta con una viscosidad diferente a la esperada.	Posible contaminación de la materia prima a lo largo de la tubería.	Al encontrarse en una viscosidad diferente, puede indicar una contaminación por otro compuesto e incluso, por el deterioro de la tubería.	C		Contar con un plan de mantenimiento y de verificación periódica a la tubería y el trayecto hacia el tanque de materia prima, con el fin de prevenir posibles deterioros y cambios en la materia prima.
Parámetro: Mantenimiento								
1	No	Mantenimiento	La tubería y el tanque no reciben mantenimiento preventivo a lo largo del tiempo.	Posibles deficiencias en las conexiones y la estabilidad de la tubería y del tanque de almacenamiento.	Puede provocar posibles fugas entre las conexiones y dejar expuesto al tanque a ceder ante las presiones de operación.	C		Contar con un plan de mantenimiento preventivo y correctivo para todo el equipo y maquinaria utilizado.

Fuente: Elaboración Propia, 2022

como guía para los marinos ya que muestra las 8 direcciones principales del viento (Britannica, 2013).

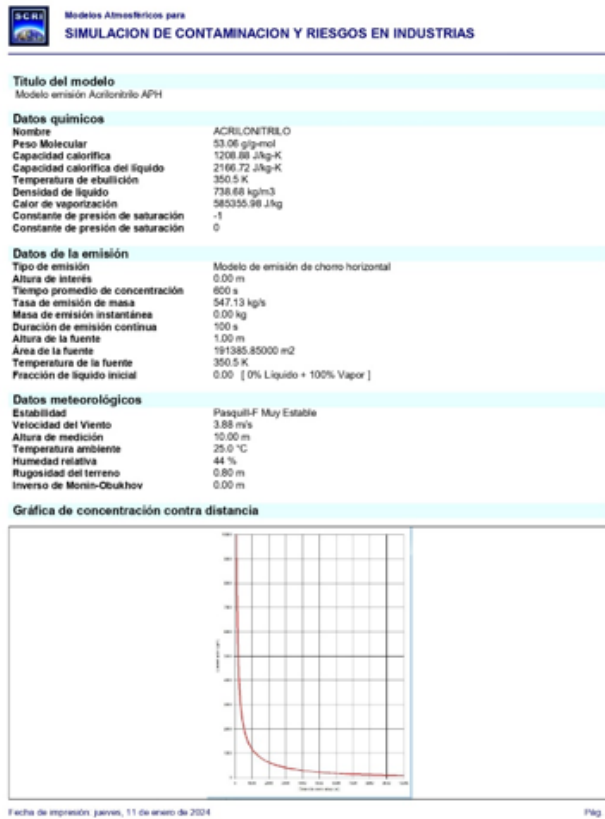
La siguiente rosa de los vientos, presentada en la Figura 2, fue realizada con datos del Servicio Meteorológico Nacional, específicamente de la estación "Ciudad Mante", la cual se encuentra aproximadamente a 100 Km de Ciudad Altamira, Tamaulipas. Si bien, existen 2 estaciones

meteorológicas más cercanas (Ciudad Altamira y Puerto Madero), estas al momento de realizar el análisis de datos, se detectó que no cuentan con los datos necesarios para realizar una rosa de los vientos representativa de la región.

De acuerdo a los datos obtenidos de la metodología de la rosa de los vientos se obtuvo una velocidad media de 1.15 m/s, sin embargo, debido a que el

Artículos originales

Figura 4.
Modelación realizada en el software SCRI Modelos para Acrilonitrilo.



Fuente: Elaboración propia, 2024
de esta simulación se estarían emitiendo el equivalente a 51,500 Kg en un lapso de tiempo muy corto, el desastre ambiental sería considerado como Catastrófico, al haber liberación del compuesto por fuera de los límites del predio así como, medidas de control y remediación mayores a 1 semana de trabajo.

Por último, para el caso del daño a la salud, una emisión de estas características tendría un efecto inmediato en la población más cercana, sobre todo al inhalar directamente el vapor o, al consumir alimentos contaminados con esta sustancia química, así mismo, la importancia de esto radica en que, al ingresar al cuerpo este puede tener subproductos tal como el cianuro.

Así mismo, dependiendo de la cantidad y la concentración a la que se haya expuesto, se pueden tener síntomas agudos, tal como afectaciones al sistema nervioso, dolores de cabeza y náuseas. Así mismo, en caso de tener un contacto directo del compuesto químico con la piel, esta tenderá a ampollarse y pelarse, o en su defecto, presentará irritación y enrojecimiento el cual puede durar hasta varios días (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2016).

Discusión

Cabe mencionar que, para la elaboración del presente análisis de riesgo, se consideró el escenario más riesgoso, en el cual, no se cuenta con ninguna medida de protección ni contención del material liberado, así mismo, se considera un escenario en el que no existen las barreras físicas para la liberación de este.

Tomando en cuenta lo anterior, primeramente, cabe mencionar que derivado de la modelación planteada, se obtuvo una tasa de emisión de 542.1337 kg/s, considerando una temperatura de emisión de 350.5 K y una fracción enteramente de vapor, esto, debido al cambio de presión brusco, así como, el aumento de temperatura debido a la velocidad de emisión.

Así mismo, tomando en cuenta las distancias de las concentraciones analizadas, estas en primera instancia pudieran parecer muy grandes, ya que, la concentración de 85 ppm (relacionada al índice IDLH o inmediatamente dañina a la vida y salud por sus siglas en inglés) da un área aproximada de 9,500 m de distancia, y, para el caso de la concentración de 2 ppm (relacionada al índice TWA o Concentración Promedio Ponderada por sus siglas en inglés) da un resultado de hasta 81,000 m de distancia. Sin embargo, cabe aclarar que estas distancias son consideradas como el peor escenario, donde, por motivos operativos, humanos y climáticos, no es posible detener ni amortiguar la emisión de Acrilonitrilo al ambiente (UNIGEL, 2021).

Artículos originales

Así mismo, de acuerdo con la hoja de seguridad del acrilonitrilo, para el caso de una concentración de 2 ppm, pueden existir ciertos riesgos a la salud, con base en los valores límite (TLV) de la ACGIH, de EUA, donde se puede contar un deterioro del sistema nervioso central, irritación del tracto respiratorio inferior, riesgo de absorción cutánea y cierta capacidad carcinogénica para animales. Mientras que, para el caso de los 80 ppm, teniendo la misma base, se pueden tener los mismos riesgos, aumentando considerablemente los signos y síntomas en un periodo de tiempo más corto (RESIRENE, 2018).

Con base en los resultados obtenidos por medio de las modelaciones, así como la concordancia con 2 hojas de seguridad de la misma sustancia, es posible comentar que de acuerdo con la hipótesis esta si se cumple, ya que, derivado de una fuga de material de un tanque de 80,000 L esta puede llegar a causar graves problemas a la salud de los trabajadores, así como de las comunidades aledañas, además, existiría una contaminación al ambiente, afectando a comunidades de fauna locales.

Sin embargo, existen medidas y métodos implementados a lo largo del sistema de almacenamiento de control para evitar y/o reducir cualquier posible emisión de esta sustancia química.

Conclusiones

Se realizó el análisis de riesgos de la emisión de la sustancia química peligrosa como el acrilonitrilo

Se identificaron posibles zonas de riesgo en caso de que exista una fuga sin control alguno

Se planteó la importancia de realizar análisis de riesgos de las sustancias químicas peligrosas

Se reforzó la idea de la necesidad de que las industrias químicas que manejan sustancias químicas peligrosas en altas cantidades tengan el equipamiento e instalaciones adecuadas para

minimizar el impacto de una fuga como la planteada en el presente estudio.

Referencias

- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). (Abril de 2018). Protocolo de análisis de riesgos. Recuperado el 15 de Enero de 2024, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/398048/ProtocoloAna_lisisRiesgos.pdf
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (16 de Mayo de 2016). Resúmenes de Salud Pública - Acrilonitrilo (Acrylonitrile). Recuperado el 27 de Febrero de 2024, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs125.html
- AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. (Julio de 1999). ACRYLONITRILLO [ACRYLONITRILE]. Recuperado el 22 de Diciembre de 2023, de https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts125.pdf
- Auditboard. (2021). What Is a Risk Assessment Matrix? And why Is It Important? Recuperado el 10 de Diciembre de 2022, de <https://www.auditboard.com/blog/what-is-a-risk-assessment-matrix/>
- Bestratén, M. (1989). NTP 238. Los análisis de peligros y de operaciones en instalaciones de proceso. Recuperado el 10 de Diciembre de 2022, de https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_238.pdf/35c7cdc8-c208-46f9-8504-f80531791450
- Britannica. (2013). Wind Rose. Recuperado el 10 de Diciembre de 2022, de <https://www.britannica.com/science/wind-rose>
- Health and Safety Executive [HSE]. (2011). Reducción de riesgos al nivel más bajo posible durante el diseño. Recuperado el 10 de Diciembre de 2022, de <https://prevencion.umh.es/files/2011/10/reduccion-de-riesgos-al-nivel-mas-bajo-posible-durante-el-diseno.pdf>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (Febrero de 2012). Listado de compuestos Cancerígenos y Mutágenos categorías 1A y 1B. Recuperado el 23 de Diciembre de 2023, de <https://www.insst.es/documents/94886/188493/Listado+de+compuestos+Cancerígenos+y+Mutágenos+categorías+1A+y+1B.pdf/71d1de49-f187-4b96-9ea1-9bad61864d9e?t=1529397620940>

Artículos originales

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST]. (Diciembre de 2008). Recuperado el 14 de Diciembre de 2023, de <https://www.insst.es/agentes-quimicos-infocarquim/sustancias/acrilonitrilo>

National Center for Biotechnology. (Agosto de 2023). PubChem Compound Summary for CID 7855, Acrylonitrile. Recuperado el 20 de Diciembre de 2023, de <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acrylonitrile>

Public Health England. (16 de Noviembre de 2017). Guidance Acrylonitrile: general information. Recuperado el 18 de Diciembre de 2023, de <https://www.gov.uk/government/publications/acrylonitrile-properties-incident-management-and-toxicology/acrylonitrile-general-information#:~:text=Acrylonitrile%20is%20used%20in%20the,the%20production%20of%20carbon%20fibre>

Resirene. (10 de Octubre de 2018). Hoja de datos de seguridad Acrilonitrilo. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de <https://www.resirene.com.mx/wp-content/uploads/2019/02/MSDS-ACRILONITRILO-.pdf>

UNIGEL. (12 de Abril de 2021). Ficha de datos de seguridad acrilonitrilo. Recuperado el 18 de Enero de 2024, de https://www.unigel.com.br/wp-content/uploads/2021/10/FDS_ACRILONITRILA_CB_E-AN_Espanhol_VER10.pdf

Weather Spark. (Enero de 2017). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Altamira México. Recuperado el 08 de Enero de 2024, de <https://es.weatherspark.com/y/7906/Clima-promedio-en-Altamira-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Declaración de conflicto de intereses

Los autores de este artículo expresan que no tuvieron ningún conflicto de intereses durante la preparación de este documento ni para su publicación.

Obra protegida con una licencia Creative Commons

