

“EVALUACION DE ATMOSFERAS PELIGROSAS EN LA PLANTA
ENERGAS S.A, DE VARADERO”

Ing. Daimarys Castro Hernández. MSc¹, Ing. Geivis Acosta Mesa².

*1. Universidad de Matanzas, Km 3 ½ Carretera a Varadero,
Cuba.*

*2. Universidad de Matanzas, Km 3 ½ Carretera a Varadero,
Cuba.*

Matanzas, 2014

Resumen.

El presente trabajo de diploma consiste en evaluar las atmósferas peligrosas en la Empresa Energas S.A, Varadero ante un posible accidente químico, ya que dicha instalación opera con sustancias altamente peligrosas como: gas licuado, sulfuro de hidrógeno, propano, entre otras. Se utiliza el *software* ALOHA (*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*) para describir la evolución de una nube de gas tóxica o inflamable en la atmósfera según la dirección del viento, se determina la distancia que puede alcanzar la nube en las diferentes zonas peligrosas que indica el programa, y con esas predicciones se establece cómo afecta a las personas que trabajan en la Empresa y a los habitantes que viven cercanos a ella. Los resultados muestran que las sustancias de mayor riesgo atendiendo a su distancia longitudinal, concentración y rumbo del viento son: sulfuro de hidrógeno en el escenario 1, para el escenario 2 que es nube inflamable de vapor el gas licuado es quien alcanza la mayor dispersión y en el escenario 3: área de una explosión el propano y el gas licuado son las sustancias más peligrosas.

Palabras claves: Zonas peligrosas, nube de gas tóxica, nube inflamable de vapor, área de una explosión.

Introducción.

En todo proceso industrial independientemente de la tecnología empleada y los sistemas de control existe una alta probabilidad de un aumento del riesgo para provocar un desastre de origen tecnológico u operacional, el cual está directamente relacionado con el proceder del hombre en las diferentes operaciones que debe realizar.

El uso de sustancias químicas se ha generalizado en todas las actividades económicas, incluso en la vida doméstica. Muchas de ellas pueden entrañar, sin la adopción de determinadas precauciones, riesgos para la salud y el medio ambiente. Los riesgos químicos pueden ser debidos, bien a factores intrínsecos a los propios productos, bien a factores externos relacionados fundamentalmente con la inseguridad con la que se manipulan, mientras que el tema relacionado con el riesgo industrial es relativamente nuevo, principalmente porque la problemática ha adquirido una mayor importancia en las últimas décadas producto del aumento de las actividades industriales y del desarrollo tecnológico. Se puede decir que la base de la seguridad industrial empieza por una identificación de los riesgos. Como para casi todo, existe una normativa vigente que regula las condiciones de seguridad y de higiene mínimas que se deben dar para el almacenamiento y manejo de productos industriales, ya se trate de materias primas, productos semi-elaborados o productos elaborados. Además, esta normativa se hace más estricta y, al mismo tiempo, más necesaria cuando se trata de productos peligrosos.

La presente tesis se desarrolla en la Empresa Energas S.A, Varadero ubicada en la carretera Cárdenas Varadero y colinda con la Batería Central (Planta de Procesamiento de Crudos). La planta ha sido diseñada para la producción de energía eléctrica a través

del gas acompañante del petróleo, este es una mezcla de hidrocarburos cuyo componente principal es el metano, acompañado de otros hidrocarburos e impurezas como agua, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, entre otros. Es el combustible menos dañino al ambiente, por lo que es denominado combustible verde y considerado como la alternativa energética del siglo XXI, de ahí su creciente uso a escala mundial para satisfacer los requerimientos energéticos, por ello, debemos conocer los peligros que representa un posible escape de esta sustancia y a quienes afectaría

Definiciones y conceptos.

La concepción del riesgo es una abstracción de origen completamente humano, que se asocia con la idea de prevenir sin certeza, ha estado presente siempre en las sociedades humanas. El riesgo es la probabilidad de que una amenaza se convierta en desastre.

Para poder medir el riesgo la expresión más generalizada es el producto de la probabilidad de la ocurrencia del evento considerado por las consecuencias esperadas:

Riesgo = Amenaza x Vulnerabilidad, es decir, esta fórmula expresa matemáticamente que: si estamos ante la presencia de una amenaza (peligro) y surge una vulnerabilidad (humana) asociada ante la misma, entonces existe un riesgo. La amenaza era considerada como el factor activo y la vulnerabilidad como el factor pasivo. (Soldano, 2008), (Maskrey, 1994)

Para la evaluación de la vulnerabilidad podemos discriminar sus componentes principales (Soldano, 2008)

- Exposición: Es la distribución de lo que es potencialmente afectable (Población y bienes)
- Vulnerabilidad (propiamente dicha): Consiste en la capacidad diferenciada de hacer frente al evento catastrófico, consiste en las siguientes actividades:
 - Preparación
 - Prevención
 - Estrategias de recuperación
- Incertidumbre: Limitaciones en el estado del conocimiento y las indeterminaciones jurisdiccionales, administrativas y normativas. Se Pueden clasificar como:
 - Incertidumbre técnico- científica
 - Incertidumbre político-administrativa

Para la evaluación del peligro se han desarrollado hasta el presente cuatro tipos de evaluaciones:

- Análisis histórico: El mapeo de eventos históricos permite determinar periodos de retorno y magnitud de los mismos.
- Análisis Heurístico (o Experto): La susceptibilidad (mayor o menor predisposición) del territorio ante un tipo particular de amenaza es determinada por un especialista (en esta amenaza) basado en su experiencia (determinara los criterios y su ponderación)
- Análisis estadístico: Analiza las condiciones bajo las cuales ocurrieron los eventos generadores de amenaza en basa a relaciones estadísticas de los datos de los mismos.
- Análisis determinístico: Se simulan los eventos utilizando modelos matemáticos basados en los fenómenos involucrados.

Según Acosta (2008), López (2010), se define el riesgo como el daño causado por la probabilidad de ocurrencia de dicho daño.

Riesgo = Daño x Probabilidad

Según Gálvez, 2001 el riesgo es la probabilidad de exceder un valor específico de daños, en un lugar dado y durante un tiempo de exposición determinado. El riesgo existe en función de la amenaza y vulnerabilidad.

Según Correa (2004), Morales (2004), Hernández (2009), López (2010), el riesgo se define como: **Riesgo = frecuencia x magnitud de sus consecuencias**

Los riesgos de forma general se pueden clasificar según Casal (*et. al*, 2001) de la siguiente forma:

Riesgos convencionales: relacionados con la actividad y el equipo existente en cualquier sector (electrocución, caídas).

Riesgos específicos: asociados a la utilización o manipulación de productos que, por su naturaleza, pueden ocasionar daños (productos tóxicos, radioactivos).

Riesgos mayores: relacionados con accidentes y situaciones excepcionales. Sus consecuencias pueden presentar una especial gravedad ya que la rápida expulsión de productos peligrosos o de energía podría afectar a áreas considerables (escape de gases, explosiones).

Definición de peligro, accidente, emergencia, desastre y su nomenclatura.

La humanidad en forma constante está expuesta a amenazas existentes en su entorno, añade a esta vulnerabilidad, el uso inapropiado del espacio y su conducta a menudo transgresora. Tanto los sucesos naturales como los derivados por la actividad humana, son causas de emergencias, peligros y desastres en todo el mundo.

Según Smith (1996), los peligros, riesgos y desastres operan en diferentes escalas y conforme a la severidad se les pueden reconocer las siguientes amenazas:

Peligro para la gente(muerte, lesiones, enfermedad, stress)

Peligro para los bienes (daños a la propiedad, pérdida económica)

Peligro para el ambiente(pérdida de la flora y fauna, contaminación)

Puede definirse el peligro como aquello que puede producir un accidente o un daño. El riesgo, sin embargo, estaría asociado a la probabilidad de que un peligro se convierta realmente en un accidente con unas consecuencias determinadas según Muñoz (1992), Hernández (2009).

Para Cutter (1993), los peligros no son actos de Dios, ni tampoco un evento extremo geofísico, son producto de nuestra sociedad. Como tales están metidos en un contexto más amplio, político, económico, social e histórico y son inseparables de ello. Es imposible entender el peligro sin examinar el contexto dentro del cual ocurre. Los elementos de complejidad, sorpresa e interdependencia, son características principales de los peligros.

Para OIT (1993), el rápido aumento del empleo de sustancias químicas peligrosas en la industria y el comercio ha producido un incremento del número de personas, tanto

trabajadores como ciudadanos en general, cuya vida podría estar en peligro en cualquier momento debido a un accidente ocasionado por esas sustancias. Además plantean que los riesgos industriales graves suelen estar relacionadas con la posibilidad de incendio, explosión o dispersión (escape) de sustancias (gases) químicas tóxicas.

Terminología usada en el ámbito de seguridad industrial:

Daño: Perjuicio causado en las personas, propiedades o medio ambiente, incluyendo tanto los de tipo biológico, con su repercusión económica correspondiente, y los meramente económicos. (Zagal, 1996), (PNUMA/IPSC, 1999), (Rodríguez, T 2006), (Hernández, 2009), (López, 2010).

Según Sindicato Independiente de Trabajadores de los Colegios de Bachilleres (2009) el peligro es una fuente o situación de riesgo inminente con capacidad de daño en términos de lesiones, daños a la propiedad, daños al medio ambiente o una combinación de ambos.

Peligro: Posibilidad de que se produzca un daño, generalmente significando la calidad y cuantía del daño probable. Por ejemplo, peligro de muerte por electrocución. (Zagal, 1996), (PNUMA/IPSC, 1999), (Rodríguez, 2006)

El peligro es la probabilidad de ocurrencia de todo evento que afecte a seres humanos. (Soldano, 2008)

Se define el peligro según Galán (2002), Hernández (2009) como el riesgo o contingencia inminente de que suceda algún mal, el lugar, paso, obstáculo o situación en que aumenta la inminencia del daño. Se considera que es una propiedad intrínseca de la sustancia para causar un efecto adverso.

Probabilidad de un suceso: Es el número al que tiende la frecuencia relativa asociada al suceso a medida que el número de veces que se realiza el experimento crece.

Accidente: De forma general se trata como una situación no habitual en el oficio o instalación que se considera. (PNUMA/IPSC, 1999), (Rodríguez, 2006), (Hernández, 2009), (López, 2010).

Pueden existir dos tipos de accidentes: (Sindicato Independiente de Trabajadores de los Colegios de Bachilleres, 2009)

1. Accidente de trabajo: toda lesión orgánica o perturbación funcional, inmediata o posterior, o la muerte producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo cualesquiera que sea el lugar y el tiempo en que se presente.
2. Accidente laboral: cualquier suceso no esperado ni deseado que da lugar a pérdidas de la salud o lesiones de los trabajadores.

Accidentes de trabajo: Es toda lesión medico quirúrgica o perturbación psíquica o funcional, permanente o transitoria, inmediata o posterior, o la muerte, producido por la acción repentina de una causa exterior que puede ser medida, sobrevenida durante el trabajo, en ejercicio de este, o como consecuencia del mismo; y toda lesión interna determinada por un violento esfuerzo, producida en las mismas circunstancias. (Sindicato Independiente de Trabajadores de los Colegios de Bachilleres, 2009)

Según Linares (2001), Martínez (2009) y Nguyen (2011), se conoce como accidente de trabajo, toda aquella lesión corporal que el trabajador sufra en ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecuta por cuenta ajena. Es decir que si no hay lesiones no existe accidente.

Existen diversas categorías de accidentes:

Categoría 1: Sólo dañan materiales en la instalación.

Categoría 2: Se prevén posibles víctimas y daños materiales, el efecto exterior es leve.

Categoría 3: Hay víctimas, daños materiales y al medio ambiente. Se afectan zonas externas.

Los accidentes de gran magnitud que pueden tener lugar en una industria están casi siempre asociados a la pérdida de contención de un producto tóxico o inflamable, generalmente un fluido. En función del estado del mismo y de sus características, puede producirse un incendio, una nube tóxica o inflamable. (Rodríguez, 2006), (Hernández, 2009), (Acosta, 2008), (López, 2010), (Castro, 2012)

Desastre: Son alteraciones intensas en las personas, los bienes, los servicios y el medio ambiente causadas por un suceso natural o provocadas por la actividad humana, que sobrepasan la capacidad de respuesta de la comunidad afectada, por lo que requiere apoyo externo. (Gálvez, 2001)

Se entiende por desastre al daño grave o la alteración grave de las condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causado por fenómenos naturales y por efectos catastróficos de la acción del hombre en forma accidental, que requiera por ello de la especial atención de los organismos del estado y de otras entidades de carácter humanitario o de servicio social. (Decreto 919, 1989)

Según PNUMA/IPSC (1999), Rodríguez, T (2006), Hernández (2009), Acosta (2008), Joaquín (1999), López (2010), los desastres son acontecimientos de un infortunio que destruye las estructuras básicas y el funcionamiento normal de una sociedad o comunidad. Un acontecimiento o serie de sucesos que causen amplias pérdidas de vidas humanas, materiales y/o ambientales, que sobrepasan la capacidad de la sociedad afectada para dar abasto utilizando sus propios recursos

Para Gálvez (2001) los desastres tienen 3 etapas:

1. Fase antes:

Prevención: Conjunto acciones para impedir o evitar que sucesos naturales o provocados por la actividad humana causen daño. Las acciones pueden aplicarse unas veces a la amenaza, otras a la vulnerabilidad y en algunas oportunidades sobre los dos factores.

Mitigación: Resultado de una intervención dirigida a reducir riesgos. En eventos adversos se refiere a la acción que tiene por objeto modificar una amenaza o las características intrínsecas de un sistema biológico, físico o social con el fin de reducir su vulnerabilidad.

Preparación: Conjunto de medidas y acciones para reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas y otros daños, organizando oportuna y eficazmente la respuesta y rehabilitación. La preparación incluye: Organización interinstitucional y definición de funciones a nivel local, regional o nacional, Planificación y coordinaciones, simulaciones y simulacros para comprobar la capacidad de respuesta de las instituciones y comunidad, entre otros.

Alerta: Estado declarado con el fin de tomar precauciones específicas ante la probable y cercana ocurrencia de un evento adverso

La declaración de alerta debe ser: Clara, asequible, inmediata, coherente, oficial.

2. Fase durante:

Respuesta: Acciones llevadas a cabo ante un evento adverso y que tienen por objeto salvar vidas, reducir el sufrimiento y disminuir pérdidas.

3. Fase después:

Rehabilitación: Recuperación a corto plazo de los servicios básicos e inicio de la reparación del daño físico, social y económico. Es el primer paso del proceso de recuperación y desarrollo.

Reconstrucción: Proceso de reparación a mediano y largo plazo del daño físico, social y económico, a un nivel de desarrollo igual o superior al existente antes del evento. Esta etapa tiene tres objetivos: Creación de nuevas fuentes de trabajo, reparación de daños materiales en especial vivienda e infraestructura y consideraciones de las medidas y acciones de prevención, mitigación de los planes de desarrollo.

Para Cohen & Ahearn (1990), los desastres como crisis, no tarda en diferenciar los términos crisis y emergencia. Una crisis es un período crucial, que varía desde minutos hasta meses, en que una situación afecta el equilibrio social o emocional de la persona. Conforme evoluciona, puede transformarse en una emergencia, o sea una situación con necesidades urgentes y que requiere acción pronta. Además, en forma tradicional, el estudio de los desastres hace énfasis en tres fases de los mismos: pre-impacto, impacto y pos-impacto.

Emergencias: Son eventos adversos de similares características a los desastres, con la diferencia que, la comunidad afectada está en la capacidad de controlarlas por sus propios medios. (Gálvez, 2001)

Se define emergencia como la alteración en las personas, la economía, los sistemas sociales y el medio ambiente, causada por sucesos naturales, generadas por la actividad humana o por la combinación de ambos, cuyas acciones de respuesta pueden ser manejadas con los recursos localmente disponibles. (ACOTAPH, 1989)

Emergencia: Alteraciones en las personas, la economía, los sistemas sociales y el medio ambiente, causadas por sucesos naturales, generadas por la actividad humana, o la combinación de ambos, cuyas acciones de respuesta pueden ser manejadas con los recursos localmente disponibles. Hay dos tipos de emergencias:

- Emergencias de origen natural: Sismos, aluviones, inundaciones, erupciones volcánicas, tsunamis, otros.
- Emergencias de origen humano: Incendios, atentados explosivos, atentados incendiarios, robo con asalto, otros.

Según Rodríguez (2004), Hernández (2009), López (2010), la emergencia es una situación anormal generada con posibilidades de daños graves a las personas, instalaciones y medio ambiente, que provoca la necesidad de medidas especiales dentro y fuera del lugar donde se origina.

Pueden existir tres tipos de emergencias:

Emergencia tipo 1: Generalmente son accidentes de tránsito o industriales, donde se esperan hasta 30 víctimas, de las cuales se calcula hospitalizar a un 20 %, es decir 6 pacientes. Se debe informar al personal e identificar a los responsables del servicio para que realicen las funciones de acuerdo con las tarjetas de acción correspondientes.

Emergencia tipo 2: Accidentes masivos como accidentes carreteros, ferroviarios o industriales, donde se esperan entre 30 y 100 lesionados y hasta 20 Hospitalizados. Se deben identificar a los responsables de los servicios de atención médica que apoyan al de urgencias, para que realicen sus funciones de acuerdo a las tarjetas de acción correspondientes.

Emergencia tipo 3: Corresponde a un desastre. Se espera entre 100 y 500 víctimas y 100 hospitalizaciones. Requiere el apoyo de toda la región e inclusive del País entero. Como acciones se incluyen las de fase I y II. Los responsables de todos los servicios y departamentos de la unidad acudirán al control de mando para recibir instrucciones e informar de inmediato a su personal las actividades a seguir .

Evaluación de riesgos: Técnica para determinar los riesgos asociados a un determinado puesto de trabajo, al uso de algún producto o servicio industrial, o al funcionamiento de una instalación industrial. (Zagal, 1996), (PNUMA/IPCS, 1999), (Rodríguez, 2006), (Hernández, 2009).

La evaluación de riesgos laborales es un proceso destinado a identificar y localizar los posibles riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores y a realizar una valoración de los mismos que permita priorizar su corrección.

Plan de prevención: Conjunto de medidas tomadas para evitar los riesgos identificados en la evaluación correspondiente, erradicando algunos de ellos por el propio diseño o funcionamiento del sistema en cuestión, y disminuyendo la probabilidad de otros tanto como sea razonablemente posible. (Zagal, 1996), (PNUMA/IPCS, 1999), (Rodríguez, 2006), (Castro, 2012)

Según (Sindicato Independiente de Trabajadores de los Colegios de Bachilleres, 2009) un plan de prevención es el conjunto de actividades orientadas a la conservación de la salud de las personas y de la integridad de los bienes en orden a evitar que se produzcan daños significativos.

Propagación de accidente: Secuencia accidental de sucesos en los cuales a partir de una causa, no siempre relevante ni de entidad suficiente, se llega a efectos que pueden

ser muy graves. (Zagal, 1996), (PNUMA/IPCS, 1999), (Rodríguez, 2006), (Castro, 2012).

Mitigación de consecuencias: Conjunto de acciones tomadas preventivamente o adoptadas durante la emergencia, con las cuales se evita la propagación amplificada del accidente, acotándose los daños. (PNUMA/IPCS, 1999), (Rodríguez, 2006), (Castro, 2012)

Plan de emergencia: Es el ordenamiento de disposiciones, acciones y elementos necesarios propios de cada establecimiento y de su respectivo entorno inmediato, articulados de manera tal de dar una respuesta eficaz frente a una emergencia.

Según PNUMA/IPCS (1999), Rodríguez (2006), un plan de emergencia es el conjunto de disposiciones para poder reaccionar ante situaciones accidentales o imprevistas. Existen planes de emergencia interiores, que solo involucran a las instalaciones y al personal profesionalmente expuesto, y planes exteriores que afectan a la población circundante o al medio ambiente, y en los cuales ha de intervenir la autoridad pública y protección civil.

Protección civil: Servicio público, generalmente gubernativo, destinado a actuar en emergencias de variado tipo, incluidas las de origen industrial.

Según el Sindicato Independiente de Trabajadores de los Colegios de Bachilleres (2009) la protección civil es un grupo de personas que se les prepara física y mentalmente para desempeñar ciertas funciones, y a este grupo lo conforman personas voluntarias que deseen participar en toda la preparación que se le necesite.

1.3 Clasificación toxicológica de las sustancias por sus efectos sobre el organismo.

Cuando se trabaja con sustancias y preparados químicos, hay que conocer a qué tipo de riesgo nos estamos enfrentando, para ello hay que conocer la peligrosidad de los productos que estamos manejando.

Según el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales (1990) la peligrosidad de los productos químicos son función de:

- Sus propiedades físico-químicas
- Sus propiedades toxicológicas
- Sus efectos sobre la salud humana
- Sus efectos sobre el medio ambiente
- Su reactividad química
- Otros tipos de efectos.

Para la prevención de enfermedades relacionadas con las sustancias peligrosas se destacan los criterios de clasificación según los efectos específicos sobre la salud humana. (Casal, *et. al*, 2001), (Duffus & Worth, 1996)

Estos efectos se refieren a:

- Sustancias de toxicidad aguda.
- Sustancias irritantes.

- Sustancias corrosivas.
- Sustancias carcinogénicas.
- Sustancias mutagénicas.
- Sustancias tóxicas para la reproducción.
- Sustancias sensibilizadoras.
- Sustancias de toxicidad por dosis repetidas.

Sustancias de toxicidad aguda: Se refiere a los efectos perjudiciales que pueden derivar de una sola exposición o de múltiples exposiciones a una sustancia en un plazo de 24 horas. La exposición se puede producir por vía oral, cutánea o por inhalación. La valoración del potencial de toxicidad aguda de un producto químico será necesaria para determinar los efectos perjudiciales para la salud que pueden derivarse de una exposición accidental o deliberada a corto plazo: tipos de efectos tóxicos, momento de su aparición, duración y gravedad, relaciones dosis-efecto, y diferencias de respuesta en ambos sexos. Los efectos perjudiciales investigados pueden ser signos clínicos de toxicidad, variaciones anormales de peso y/o alteraciones patológicas en órganos y tejidos, que, en algunos casos, pueden causar la muerte. (Reglamento REACH 1907/2006)

La toxicidad aguda se puede definir como el conjunto de efectos adversos que se producen dentro de un plazo corto (hasta 14 días) después de la administración de una sola dosis (o después de la exposición a determinada concentración) de una sustancia de prueba o después de dosis múltiples (exposiciones), generalmente en un lapso de 24 horas. (Duffus & Worth, 1996), (Rodríguez, 2006), (Hernández, 2009), (Acosta, 2008)

Sustancias irritantes: Sustancias y preparados que no siendo corrosivas, por contacto inmediato, breve o continuado o prolongado o repetido con la piel o las mucosas pueden provocar reacciones inflamatorias. (Reglamento REACH 1907/2006)

Las sustancias irritantes pueden afectar:

- Irritación de los ojos: Para la prueba de irritación de los ojos, se introduce la sustancia en el ojo (0,1mL). La sustancia se clasifica como irritante si se producen lesiones oculares significativas en un lapso de 72 horas después de la exposición y éstas persisten durante 24 horas por lo menos. (IUPAC, 1993), (Acosta, 2008)
- Irritación del sistema respiratorio: La evidencia de una grave irritación en el sistema respiratorio generalmente se basa en la observación en seres humanos y en pruebas con animales y puede incluir datos obtenidos en una prueba general de toxicidad, por ejemplo, los datos histopatológicos del sistema respiratorio. (IUPAC, 1993), (Acosta, 2008).

Sustancias corrosivas: Sustancias que en contacto con tejidos vivos, pueden ejercer una acción destructiva contra ellos. (Reglamento REACH 1907/2006)

Sustancias carcinogénicas: Según European Commission (1996), Acosta (2008), los estudios epidemiológicos han sido la principal fuente de información sobre los carcinógenos humanos potenciales y presentan la ventaja de estudiar la especie de principal interés, el ser humano, muchas veces presentan problemas porque la exposición está mal definida y porque hay variables de confusión que pueden distorsionar cualquier asociación estadística.

Según ACGIH (1997) estas se diferencian en varias categorías:

A1. Carcinogénicos confirmados en el ser humano: El agente carcinogénico en los humanos de acuerdo con el peso de la evidencia de los estudios epidemiológicos, o en la evidencia clínica convincente, en los humanos expuestos.

A2. Carcinogénicos con sospecha de serlo en el humano: El agente carcinogénico en los animales de experimentación a dosis relativamente elevadas, puntos de tipo histológico o por mecanismos que no se consideran importantes en la exposición de los trabajadores. Los estudios epidemiológicos disponibles son conflictivos o insuficientes para confirmar un aumento del riesgo en los humanos expuestos.

A3. Carcinogénicos en los animales: El agente carcinogénico en los animales de experimentación a dosis relativamente elevadas, puntos de tipo histológico o por mecanismos que no se consideran importantes en la exposición de los trabajadores. Los estudios epidemiológicos disponibles no confirman un incremento del riesgo del cáncer en los humanos expuestos.

A4. No clasificados como carcinogénicos en humanos: No hay datos adecuados para clasificar el agente en relación con su carcinogenicidad en los humanos y/o animales.

A5. No sospecho como carcinogénico en humano: El agente no es sospechoso de ser carcinogénico en humano basándose en los estudios epidemiológicos realizados adecuadamente en estos. De estos estudios se disponen de suficientes historias fiables de seguimiento de la exposición durante largo tiempo, dosis suficientemente elevadas y de la potencia estadística adecuada para concluir que la exposición al agente no conlleva un riesgo significativo de cáncer para el humano.

Sustancias mutagénicas: Sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir alteraciones genéticas hereditarias o pueden aumentar su frecuencia. (Sección Sindical del Sindicato, 2003)

Se clasifican en 3 categorías:

Primera categoría: sustancias y preparados que se sabe ciertamente que son mutagénicos para la especie humana, ya que se dispone de pruebas suficientes a partir de estudios epidemiológicos que demuestran una relación de causa/efecto entre la exposición de seres humanos a ellos y la aparición de alteraciones genéticas hereditarias.

Segunda categoría: sustancias y preparadas que pueden considerarse como mutagénicos para la especie humana, ya que se dispone de suficientes elementos de juicio para suponer que la exposición de seres humanos a los mismos puede producir alteraciones genéticas hereditarias, basados generalmente en estudios apropiados en animales y otras informaciones válidas.

Tercera categoría: sustancias y preparados cuyos posibles efectos mutagénicos en la especie humana son preocupantes, siendo insuficientes las investigaciones

Sustancias tóxicas para la reproducción: Sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, o aumentar la frecuencia de éstos, o afectar de forma negativa a la función o capacidad reproductora masculina o femenina

Según Faustman & Omen (1996), Acosta (2008) las sustancias tóxicas para la reproducción incluye la deficiencia de las funciones o capacidad de reproducción masculina y femenina así como la inducción de efectos dañinos no hereditarios a la progenie.

Se clasifican en tres categorías (NTP 542, 1995):

Primera categoría: sustancias y preparados de los que se sabe ciertamente, a partir de datos epidemiológicos, que perjudican la fertilidad de los seres humanos, (efectos negativos sobre la libido, comportamiento sexual, espermatogénesis u ovogénesis, actividad hormonal o respuesta fisiológica que puedan interferir la capacidad de fertilizar, la misma fertilización, el desarrollo del huevo fecundado hasta la fase de implantación, incluyendo ésta misma), puesto que se dispone de suficientes pruebas para establecer una relación entre exposición y problemas de fertilidad, y también aquellos de los que se sabe ciertamente, a través de datos epidemiológicos, que producen toxicidad para el desarrollo de seres humanos, es decir cualquier efecto que interfiera el desarrollo normal tanto antes como después del nacimiento, (incluye efectos embriotóxicos/fetotóxicos y teratogénicos, entre otros), ya que existen suficientes pruebas para establecer una relación entre la exposición y la posterior aparición de efectos tóxicos para el desarrollo de la descendencia.

Segunda categoría: sustancias y preparados que pueden considerarse como perjudiciales para la fertilidad de los seres humanos y aquellos que pueden considerarse como tóxicos para el desarrollo de los seres humanos, ya que se dispone de datos suficientes para suponerlo firmemente para la exposición de seres humanos a partir de investigaciones con animales sin que se trate de consecuencias secundarias inespecíficas de otros efectos tóxicos en caso de que los hubiere.

Tercera categoría: sustancias y preparados preocupantes para las fertilidades humanas y preocupantes para los seres humanos por sus posibles efectos tóxicos para el desarrollo, ya que se poseen datos para ello con experimentación con animales pero no son suficientes para su clasificación en la segunda categoría.

Sustancias sensibilizadoras: Sustancias que por inhalación o penetración cutánea, pueden ocasionar una reacción de hipersensibilización, de forma que una exposición posterior dé lugar a efectos negativos característicos.

La sensibilización comprende dos fases: en la primera exposición se desarrolla el proceso de sensibilización como respuesta al primer contacto con el agente alérgeno. La segunda es el desencadenamiento, es decir, la producción de una respuesta alérgica tras la exposición al alérgeno del individuo previamente sensibilizado. La sensibilización se produce en la mayoría de los casos mediante un mecanismo inmunológico. Las reacciones alérgicas pueden llegar a ser muy graves. Sus manifestaciones más comunes, dependiendo de la vía de exposición, son: rinitis, asma, alveolitis, bronquitis, eczema de contacto, urticaria de contacto y blefaroconjuntivitis.

De acuerdo con autores como Klaassen (1996), Acosta (2008) este término se aplica a los procesos de inmunización que hacen que los individuos se tornen hipersensibles a sustancias como el polen, la caspa o compuestos químicos que les hacen desarrollar una alergia potencialmente dañina al estar expuestos a la sustancia sensibilizadora (alérgeno).

Sustancias de toxicidad por dosis repetidas: Según Reglamento REACH 1907/2006 esta incluye los efectos toxicológicos generales que se producen como resultado de la exposición diaria repetida a una sustancia durante un periodo de la vida (exposición subaguda o subcrónica) o durante la mayor parte de la vida (exposición crónica)

Estos efectos toxicológicos generales incluyen efectos en el peso corporal y/o aumento del peso corporal, pesos absolutos y/o relativos de órganos y tejidos, alteraciones en la química clínica, y en los parámetros del urinalisis y/o hematológicos, alteraciones funcionales del sistema nervioso, así como de órganos y tejidos en general, y alteraciones patológicas en órganos y tejidos, analizados tanto macroscópica como microscópicamente. Además de esta información sobre los posibles efectos toxicológicos generales adversos, los estudios de la toxicidad por dosis repetidas también pueden aportar otros datos sobre, por ejemplo, la toxicidad para la reproducción o la carcinogenicidad, o pueden identificar manifestaciones específicas de toxicidad, tales como neurotoxicidad, inmunotoxicidad, efectos endocrinos, entre otros.

El objetivo de una valoración de la toxicidad por dosis repetidas es evaluar:

1. si la exposición repetida de los seres humanos a una sustancia se ha asociado a efectos toxicológicos adversos; potencialmente, estos estudios en humanos también pueden identificar poblaciones con una mayor susceptibilidad;
2. si la administración repetida de una sustancia a animales de experimentación provoca efectos toxicológicos adversos; efectos que hacen prever posibles efectos adversos para la salud;
3. los órganos diana, los potenciales efectos acumulativos y la reversibilidad de los efectos toxicológicos adversos;
4. la relación dosis-efecto y el umbral para cualquiera de los efectos toxicológicos adversos observados en los estudios de la toxicidad por dosis repetidas.

En este epígrafe se conocieron la clasificación que se les da a las sustancias peligrosas por sus efectos sobre el organismo, entre estas pueden estar: las sustancias de toxicidad aguda, sustancias irritantes que pueden afectar los ojos, el sistema respiratorio y a la piel, sustancias carcinogénicas que posee 5 categorías según ACGIH (1997), en cambio las mutagénicas y las sustancias tóxicas para la reproducción se clasifican en solo 3 categorías.

Gestión de la prevención de los riesgos químicos.

Con el creciente uso de las sustancias peligrosas tanto a nivel industrial como doméstico se ha intensificado el peligro a que pueden estar las personas que laboran con estas sustancias, de ahí a que se debe crear un plan de prevención en caso de riesgos químicos como el que se muestra a continuación:

La prevención del riesgo químico se realiza en cuatro etapas (PNUMA/IPCS, 1999).

- 1. Identificación del peligro.** ¿Cuáles son las sustancias que interesa evaluar y cuáles sus efectos adversos?
- 2. Relación entre dosis (concentración)- respuesta (efecto).** ¿Cuál es la relación entre la dosis y la gravedad o frecuencia del efecto (relaciones entre dosis – efecto y dosis respuesta respectivamente)?

3. Evaluación de la exposición. ¿Cuál es la intensidad y duración o frecuencia de la exposición de un agente?

4. Caracterización del riesgo. ¿Cómo se puede cuantificar el riesgo a partir de los datos anteriores?

En la actualidad no se dispone de información rigurosa sobre la morbilidad atribuible a los productos químicos. Esta información no se recoge de forma integrada y exhaustiva, entre otras razones por la dificultad de relacionar enfermedades o síntomas con la exposición a numerosos factores medioambientales y por la dificultad de cuantificar el efecto simultáneo de los estilos de vida (tabaco, alcohol, alimentación). (Covello & Merkhofer, 1993).

Con toda la información disponible se puede valorar de forma más objetiva el impacto sanitario del riesgo químico. Sin embargo, este enfoque basado exclusivamente en indicadores de mortalidad y/o morbilidad no es suficiente. Las autoridades sanitarias deben desarrollar, y sobre todo aplicar, otros enfoques para evaluar los riesgos para la salud. Actualmente el más apropiado es el conocido como evaluación del riesgo que de forma resumida se fundamenta en Casal (*et. al*, 2001)

Recogida y análisis de datos sobre peligrosidad y toxicidad de los agentes químicos.

Estimación de dosis - respuesta.

Evaluación de la exposición

Identificación de biomarcadores

Caracterización del riesgo

Análisis de las sustancias peligrosas que pueden provocar posibles accidentes en la zona de estudio.

Según PNUMA/IPCS (1999) esta clasificación de peligro responde a:

- Peligro especial: las sustancias incluidas en esta categoría son las carcinógenas, las mutagénicas y los compuestos con efectos tóxicos en el sistema reproductivo, son consideradas como muy peligrosas y deben ser evaluadas individualmente.
- Peligro alto: sustancias etiquetadas como muy tóxicas, tóxicas, corrosivas o sensibilizadoras de la piel.
- Peligro medio: las sustancias consideradas de peligro medio y que ingresan por inhalación o ingestión son etiquetadas como “dañinas” y las de daño medio para la piel, como “dañinas” o “irritantes”.
- Peligro bajo: son las sustancias no consideradas en ninguna de las otras categorías de peligro.

Tabla 1. Análisis de las sustancias peligrosas

Sustancias	Frases de riesgo	Peligro
Gas Licuado	R2/R3/R5/R7/R10/R12/R22/R13/R25/R44/R52/R54/ R55/R56.	Medio
Sulfuro de hidrógeno	R52/R54/R55/R56. S1/S2/S9/S16/S36/S38/S45/S61	Alto
Nafta	R12, R20/22, R36/37/38 S2/S7/S9/S16/S23/S28/S29/S33/S36/S61/S62	Alto
Propano	R12 S2/S9/S16/S36/S37/S39/S33	Bajo

Otro de los resultados obtenidos de la caracterización de la sustancia es la matriz resumen que aparece en la tabla 2 donde se ofrecen todos los efectos toxicológicos que presentan las sustancias analizadas. Se puede apreciar que la nafta y el sulfuro de hidrógenos son las sustancias más peligrosas, seguidamente el gas licuado y el propano que es de toxicidad más baja causando solamente una ligera sensibilización en la piel por las quemaduras de frío que provoca. Además el efecto que predomina es la sensibilización, mientras que también aparecen sustancias de toxicidad aguda, irritantes, carcinogénicas, toxicidad por dosis repetidas y corrosivas.

Tabla 2 Matriz resumen de la toxicidad de las sustancias.

Sustancia	Toxicidad								Total de efectos de la sustancia
	TA	I	S	TDR	M	C	Co	TPR	
Gas Licuado	X	O,P,R	X						3
Sulfuro de hidrógeno	X	O,P,R	X	X		X	X		6
Nafta	X	O,P,R	X	X		X	X		6
Propano			X						1
Total de sustancia con el efecto	3	3	4	2		2	2		

Donde, **T A:** Toxicidad Aguda, **I:** Irritación, **S:** Sensibilización, **TDR:** Toxicidad por dosis repetida, **M:** Mutagenicidad, **C:** Carcinogenicidad, **Co:** Corrosión, **TPR:** Toxicidad para la reproducción.

Resultados de la aplicación del software ALOHA.

Tabla 3. Resumen de las situaciones más peligrosas que se pudieran presentar ante posibles accidentes químicos con las sustancias analizadas para puntos cercanos a la fuente de emisión.

Sustancia Tóxica	Concentración Máxima alcanzada en Exteriores (ppm)		Momento más Peligroso m		Concentración Máxima alcanzada en Interiores (ppm)	
	Escenario 1 Nube tóxica de vapor	Escenario 2 Área inflamable de una nube de vapor	Escenario 1 Nube tóxica de vapor	Escenario 2 Área inflamable de una nube de vapor	Escenario 1 Nube tóxica de vapor	Escenario 2 Área inflamable de una nube de vapor
Gas licuado	1 910 000	1 910 000	256	356	278 000	275 000
Sulfuro de hidrógeno	528 000	782 000	665	32	4 630	6 900
Nafta	31 000	31 000	241	90	11 400	11 400
Propano	470 000	470 000	189	302	3 560	3 560

En la tabla que se muestra a continuación se aprecia un resumen de las situaciones más peligrosas para el escenario 3: Área de una explosión que se pudieran presentar ante posibles accidentes químicos con las sustancias analizadas para puntos cercanos a la fuente de emisión, la fuerza con que ocurre la explosión, las afectaciones que ocasiona que en este caso es rotura de cristales y daños serios, además brinda la distancia longitudinal que puede alcanzar la nube, donde la mayor distancia corresponde al gas licuado con 442m.

Tabla 4. Resumen de las situaciones más peligrosas que se pudieran presentar ante posibles accidentes químicos con las sustancias analizadas para puntos cercanos a la fuente de emisión para el escenario 3: Área de una explosión.

Sustancia tóxica	Fuerza con que ocurre la explosión (kPa)	Afectaciones que ocasiona	Distancia longitudinal de la nube (m)
Gas licuado	3.5 psi	Rotura de cristales y daños serios	442
Sulfuro de hidrógeno	3.5 psi	Rotura de cristales y daños serios	36
Nafta	3.5 psi	Rotura de cristales y daños serios	113
Propano	3.5 psi	Rotura de cristales y daños serios	328

Resumen del comportamiento de las áreas de riesgo para los diferentes escenarios y contaminantes.

En las siguientes tablas se muestra la dispersión de los diferentes contaminantes para el peor de los casos analizados durante el año para los diferentes escenarios, donde se tiene en cuenta tanto las distancias obtenidas por el ALOHA para las diferentes sustancias así como las 16 variaciones del viento. Para una mejor comprensión de las tablas se realizan las figuras 1, 2 y 3 que se muestran a continuación, en donde se ofrece la dispersión alcanzada para los diferentes escenarios para el peor de los casos analizados durante el año.

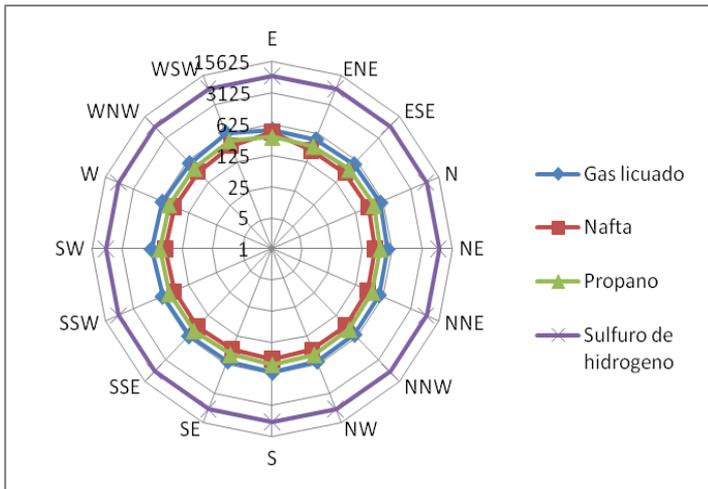


Fig. 1 Resumen de la dispersión de los diferentes contaminantes para el peor de los casos analizados durante el año para el escenario 1: Nube de gas tóxica.

En esta gráfica se aprecia que la mayor distancia de la nube tóxica de vapor lo alcanza el sulfuro de hidrógeno con 7700 m, seguidamente el gas licuado con 664m, las líneas del propano y la nafta se superponen pues poseen valores similares.

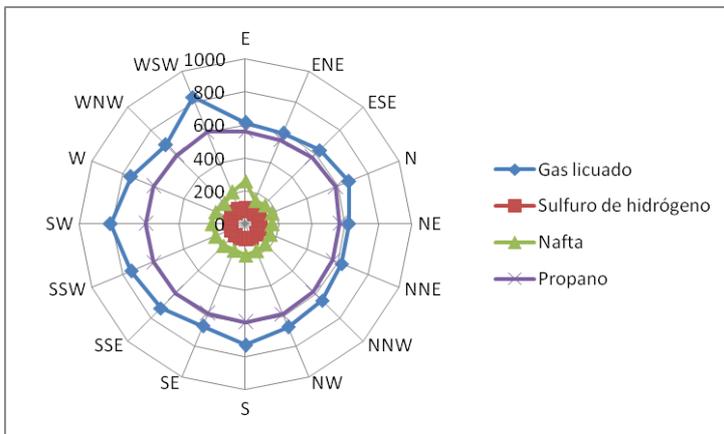


Fig. 2 Resumen de la dispersión de los diferentes contaminantes para el peor de los casos analizados durante el año para el escenario 2: Área inflamable de una nube de vapor.

La figura 2 corresponde a la dispersión de los diferentes contaminantes para el peor de los casos analizados durante el año para el escenario 2: Área inflamable de una nube de vapor. Obsérvese que la mayor área inflamable la alcanza el gas licuado con 833m en dirección WSW, mientras que el sulfuro de hidrógeno posee la menor área con 98m en dirección SW.

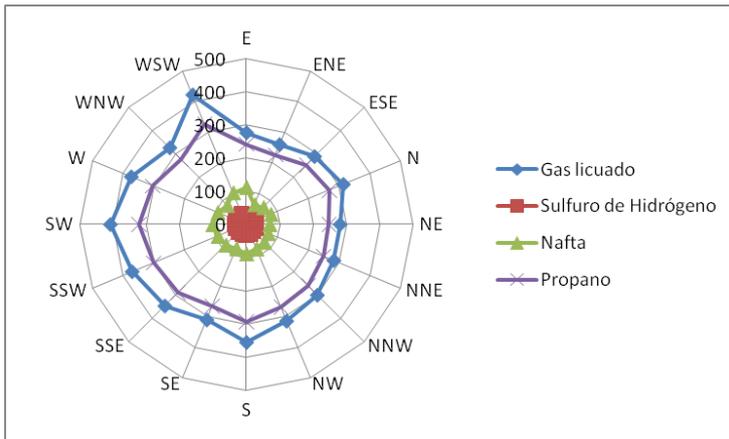


Fig. 3. Resumen de la dispersión de los diferentes contaminantes para el peor de los casos analizados durante el año para el escenario 3: Área de una explosión.

En el caso de la Fig 3. Se refleja el área de una explosión para el peor de los casos durante el año. Los menores valores los reportan el sulfuro de hidrógeno y la nafta con 28 m y 65 m respectivamente, en tanto las mayores distancias la alcanzan el gas licuado y el propano en dirección WSW con 422 m y 328m respectivamente.

Las tablas que se muestran a continuación reflejan los meses más agresivos, la máxima dispersión alcanzada por las diferentes sustancias que se analizan y la dirección del viento en que se manifiestan de las sustancias moduladas.

Tabla 5. Resumen de la dispersión de los diferentes contaminantes para el peor de los casos analizados durante el año para el escenario 1: Nube de gas tóxica.

Sustancia	Meses más agresivos	Distancia longitudinal alcanzada por la nube (m)	Dirección del viento en que se manifiesta
Gas licuado	Mayo, julio, agosto	664	WSW
Sulfuro de hidrógeno	Mayo, julio, agosto, septiembre	7700	ENE, N, NE, NNE, NW, SE
Nafta	Agosto	414	E
Propano	Mayo, julio, agosto, septiembre	416	WSW

En el caso de la tabla 5 se realiza para el escenario 1, donde los meses de mayo, julio, agosto y septiembre son los más agresivos, esto puede estar influenciado por las altas temperaturas siendo estos los meses más cálidos o por la elevada humedad del aire; la mayor distancia longitudinal alcanzada por la nube corresponde al sulfuro de hidrógeno con 7700m y la menor pertenece a la nafta con 414m manifestándose en dirección Este.

Tabla 6. Resumen de la dispersión de los diferentes contaminantes para el peor de los casos analizados durante el año para el escenario 2: Área inflamable de una nube de vapor.

Sustancia	Mes más agresivo	Distancia longitudinal alcanzada por la nube (m)	Dirección del viento en que se manifiesta
Gas licuado	Julio, agosto	883	WSW
Sulfuro de hidrógeno	En todos los meses tuvo el mismo comportamiento.	99	WSW
Nafta	Agosto	262	E
Propano	Julio	605	WSW

En la tabla anterior la mayor dispersión la alcanza el gas licuado con 883m en dirección WSW en los meses de julio y agosto siendo estos los más agresivos y el menor valor lo reporta el sulfuro de hidrógeno con 99m también en la misma dirección del viento. Se aprecia además que casi todas las sustancias coinciden en que la dirección del viento donde más se manifiesta este escenario es WSW y los meses más agresivos son julio y agosto, esto puede ser porque estos son los meses de temperaturas más cálidas y las velocidades del viento alcanzan los 9.9 km/h.

Tabla 7. Resumen de la dispersión de los diferentes contaminantes para el peor de los casos analizados durante el año para el escenario 3: Área de una explosión.

Sustancia	Mes más agresivo	Distancia longitudinal alcanzada por la nube (m)	Dirección del viento en que se manifiesta
Gas licuado	Julio	422	WSW
Sulfuro de hidrógeno	En todos los meses tuvo el mismo comportamiento.	36	WSW
Nafta	Agosto	113	E
Propano	Mayo, julio, agosto y septiembre	328	WSW

En la tabla anterior la mayor dispersión la alcanza el gas licuado con 422 m mientras que la menor pertenece al sulfuro de hidrógeno con solo 36 m, la dirección del viento que predomina es WSW y los meses más agresivos se mantienen en julio y agosto.

Impacto de las predicciones realizadas sobre la zona objeto de estudio.

En este epígrafe se analiza como incidiría sobre la zona en cuestión los resultados hasta aquí obtenidos por el *software* ALOHA, evaluando así el peligro que representaría un posible escape de las sustancias tóxicas modeladas, las cuales pueden llegar a alcanzar

los 7700m (8 km) y afectar así a los lugares más cercanos como son: Humberto Álvarez, Santa Marta y Varadero. Con el objetivo de conocer cuáles serían las personas más afectadas a sufrir los efectos de un escape de las sustancias tóxicas se realiza la tabla 8 siendo esta un resumen del estado de salud de la población más cercana a la planta Energas, en este caso el Consejo Popular Humberto Álvarez.

Tabla 8. Resumen del estado de salud de la población de Humberto Álvarez (Guásima). Tomado del Centro Provincial de Salud, Cárdenas.

Enfermedad	Total de personas enfermas	% que representa la población enferma
Diabetes Mellitus (DM)	341	3.61
Hipertensión Arterial (HA)	2 217	23.47
Asma bronquial (AB)	823	8.71
Insuficiencia renal crónicas (IRC)	2	0.02
Cardiopatía Isquémica (CI)	635	6.72
Enfermedades cerebro Vasculares (ECV)	101	1.07
Total	9448	43.6

En la tabla anterior se aprecia que la hipertensión arterial es la enfermedad que ataca con más incidencia a la población del consejo popular Humberto Álvarez, mientras que la insuficiencia renal crónica afecta solo en un 0.02 % a la población total. Este consejo popular cuenta con un total de 4419 personas enfermas, estas representan el 44% de la población total.

Para una mejor comprensión de lo explicado anteriormente se utiliza la hoja de cálculo Excel, donde representa en % a la población total del poblado, se muestra además a las personas que padecen las diferentes enfermedades, así como el % de personas sanas siendo este de 56 %.

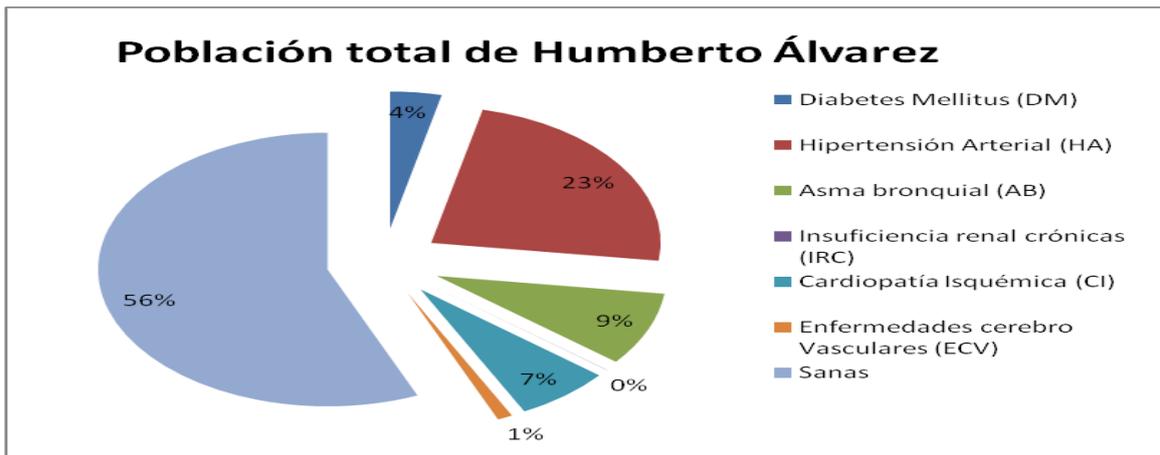


Fig. 4. Población total de Humberto Álvarez

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de personas tanto del sexo femenino como del masculino en los diferentes lugares donde podría afectar un posible escape de las sustancias tóxicas.

Tabla 9. Resumen de la población.

Lugar	Sexo: Masculino	Sexo: Femenino	Total
Varadero	2860	3387	6 247
Santa Marta	7776	7696	15472
Humberto Álvarez	4625	4823	9448
Total	15261	15906	31167

En la tabla anterior se puede apreciar la cantidad de personas de ambos sexos que correrían peligro y que habrían de evacuar en caso de emergencia, donde la mayor población la posee Santa Marta, aunque por cercanía a la zona de peligro el Consejo Popular Humberto Álvarez sería el primer lugar destinado para la evacuación con 9448 personas.

Con el objetivo de apreciar en que concentración afectaría a la población la nube tóxica correspondiente al escenario 1 se presenta la tabla 3.12 donde se muestra las concentraciones en partes por millón (ppm) de las diferentes sustancias, dichas concentraciones son tomadas del *software* ALOHA y coinciden con la concentración máxima permisible según la NC 19.01.03 (1983).

Tabla 10. Concentración de las diferentes sustancias según las zonas de riesgo.

Sustancias	Concentración (ppm) de las diferentes zonas de riesgo			Distancia alcanzada por la nube tóxica para el peor de los casos en el año (m)		
	R	N	A	R	N	A
	Gas licuado	19000	4000	2400	256	519
Sulfuro de hidrógeno	100	30	0.1	665	1100	7700
Nafta	1500	610	610	241	414	414
Propano	33000	17000	5500	189	259	416

Donde, **R**: Zona roja, **N**: Zona naranja, **A**: Zona amarilla

En la tabla anterior se observa que el sulfuro de hidrógeno es la sustancia más concentrada con un valor de 0.1 ppm a una distancia de 7700m en la zona amarilla, lo que significa que a esta distancia las personas que se encuentren estarían expuestas a la máxima concentración permisible, mientras que en las zonas naranja y roja las personas podrían desarrollar daños irreversibles para su salud y correría peligro su vida. Para comprender cuáles serían los efectos del sulfuro de hidrógeno a las diferentes concentraciones de la tabla 3.12 se presenta el anexo #6, donde a una concentración de 1ppm: se puede oler, en cambio para 20 ppm: el límite de exposición debe ser cero y a partir de 100 ppm se deja de oler de 2-15 minutos provocando dolor de cabeza, nauseas

y puede arder la garganta. En el caso de la población de Humberto Álvarez el escape de dicha sustancia no causaría ningún daño solo un ligero olor desagradable.

Conclusiones.

El empleo del *software* profesional ALOHA permitió estimar las áreas que pudieran ser afectadas en la planta Energas S.A, Varadero ante posibles accidentes químicos y las concentraciones de las sustancias tóxicas que existirán en ellas, lo cual corrobora la hipótesis planteada.

La caracterización climatológica permitió determinar que los valores medios de las variables analizadas para cada mes son representativos de la década que se analiza. La dirección predominante del viento es del este y del oeste-suroeste.

La caracterización de las sustancias tóxicas permitió determinar que las sustancias más peligrosas de acuerdo a su toxicidad son: la nafta, el sulfuro de hidrógeno, el gas licuado y en última instancia el propano.

Mediante el *software* ALOHA se determinó las sustancias de mayor riesgo para cada escenario atendiendo a la distancia longitudinal y el rumbo del viento, estas son:

- Se pudo determinar que el sulfuro de hidrógeno es la sustancia más peligrosa oscilando su distancia longitudinal entre los 7600m y los 7700m en todas las direcciones del viento para el escenario 1.
- En el caso del escenario 2 el gas licuado es quien alcanza la mayor dispersión alcanzando los 833m en el rumbo WSW.
- Para el escenario 3 que es el área de una explosión el gas licuado y el propano son quienes alcanzan la mayor dispersión de 422m y 328m respectivamente en dirección WSW.

El impacto de las predicciones del *software* ALOHA sobre la zona objeto de estudio muestra que el sulfuro de hidrógeno es la única sustancia capaz de afectar con mayor intensidad a la población del consejo popular Humberto Álvarez.

Bibliografía.

- Acosta, G. (2008). Evaluación de riesgos en la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo del Centro. *Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba.*
- *American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH. (1997). Threshold limits values for chemical substances and physical agents. Biological exposure indices. Cincinnati, OH.*
- *Asociación colombiana de Tecnólogos en atención prehospitalaria, ACOTAPH.(1989). Definición de emergencia. Colombia.* [consultado: 1 de febrero del 2012][*online*].*Disponible en: <http://www.disasterinfo.net/planeamiento/files/AyudasVisuales/PPTs/AyudasLeccion1.ppt#266,5>, EMERGENCIA*
- Casal, J [et. al]. (2001). Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales, Alfaomega S.A., Bogotá (Colombia)
- Castro, D. (2012). Evaluación de atmósferas peligrosas en la Zona Industrial de Matanzas ante posibles accidentes químicos. *Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba.*

- Cohen, R & Ahearn, F. (1990). *Manual de la atención de salud mental para víctimas de desastre*. [consultado: 1 de febrero del 2012][on line].Disponible en: <http://helid.digicollection.org/en/d/Jops28s/4.3.html>
- Commission, E. (1996). *Technical Guidance Document on Risk Assessment for New Substances and Commission Regulation, European Commission, Luxemburgo*.
- Correa, A.D. (2004). *Manual de Seguridad y Salud Ocupacional. Transportación segura de sustancias peligrosas.*, MINBAS, La Habana
- Covello, V. & Merkhofer, M. (1993). *Risk Assessment Methods. Approaches for Assessing Health and Environmental Risks, Plenum Press, New York*.
- Cutter, S.(1993). *“Living with risk”*. Rutgers University. Presented by The British Council. Edward Arnold. London, New York, Melbourne, Auckland.
- Decreto 919. (1989). *Definición de desastre. Artículo 315 de la Constitución Nacional*. [consultado: 1 de febrero del 2012][on line].Disponible en: <http://www.cali.gov.co/gobierno/publicaciones.php?id=734>
- Duffus, J.H & Worth, G.J. (1996). *Fundamental Toxicology for Chemists. Royal Society of Chemistry, Londres*.
- Faustman, E. & Omenn, G. (1996). 'Risk Assessment', in *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons, McGraw-Hill, New York*, pp. 75-88.
- Galán.(2002). *Manual del sistema de prevención de riesgos laborales.* Xixona.
- Gálvez, W. (2001). *Desastres y situaciones de emergencias*. UNMSM, Lima Perú. [consultado: 1 de febrero del 2012][on line].Disponible en: www.reeme.Arizona.edu
- Hernández, L. (2009). *Evaluación de los riesgos en el sistema de Calentamiento de Aire Regenerativo de la Central Termoeléctrica “Antonio Guiteras” de Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba*.
- Irving, N. (2003). *Dangerous properties of industrial materials*.
- IUPAC. (1993). *Glossary for chemists of terms used in toxicology*.
- Klaassen, C.D. (1996). *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*.
- Linares, O. G. (2001). *Manual del sistema de prevención de riesgos laborales. Gestión y prevención de riesgos laborales en una industria horchatera. IX seminario de formación*.
- López, I. (2010). *Evaluación de atmósferas peligrosas en la Zona Industrial de Matanzas ante posibles accidentes. Tesis en opción al título Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba*
- *Manual de usuario del software ALOHA*. (2007). [consultado: 1 de febrero del 2012][on line].Disponible en: www.fiqm.umcc.u
- Martínez, N. (2009). *Análisis de los riesgos industriales en la Empresa Comercializadora de Combustibles Matanzas. Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba*.
- Maskrey, A. (1994). *Comunidad y Desastres en América Latina: Estrategias de Intervención. Capítulo N° 1. En “Viviendo en Riesgo: comunidades vulnerables y prevención de desastres en América Latina”. Tercer Mundo Editores. Colombia*. [consultado: 1 de febrero del 2012][on line].Disponible en: <http://www.cee-chile.org/estudios/quin01.htm>
- Morales, Y. C. (2004). *Manual de procedimientos de Seguridad Industrial. Protección a las instalaciones.*, La Habana.
- Moya, B. (2010). *Esp. Principal Meteorología. CITMA. Matanzas*.
- Muñoz, B. 1992. *La Metodología de la Seguridad Industrial, Ministerio de Ciencia y Tecnología*.
- NC 19.01.03:83. *Sistema de normas de protección e higiene del trabajador, Aire de la zona del trabajo, Requisitos higiénico sanitarios.1980*.

- Nguyen. (2011). Determinación de áreas de peligro potencial que pueden originarse, por incendios y/o explosiones, en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas. Tesis en opción al título de ingeniero Químico.
- NTP 542. (1995). *Tóxicos para la reproducción femenina. España*. [consultado: 13 de febrero del 2012]*[on line]*. *Disponible en:* http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a600/ntp_542.pdf.
- Oficina Internacional del Trabajo, OIT. (1993). “Control de Riesgos de Accidentes Mayores. Manual Práctico”. Contribución de la OIT al Programa Internacional PNUMA/OIT/OMS de Seguridad en las Sustancias Químicas (IPCS). Ediciones Alfaomega, S.A. de C.V. México. [consultado: 1 de febrero del 2012]*[on line]*. *Disponible en:* <http://www.cee-chile.org/estudios/quin01.htm>
- Orozco, J. L. (2007). Guía para la caracterización de las sustancias .Universidad de Matanzas.
- PNUMA/IPCS. (1999). Evaluación de riesgos químicos. Programa Nacional de las Naciones Unidas
- *Reglamento REACH. (1907/2006). Requisitos de información toxicológica. Prévention du risque chimique. Francia*. [consultado: 14 de febrero del 2012]*[on line]*.*Disponible en:* http://www.prc.cnrs-gif.fr/reach/es/toxicological_data.html
- Rodríguez. (2006). Análisis de Riesgos Industriales en la Planta de Tratamiento Químico de Agua de la Central Termoeléctrica “Antonio Guiteras” de Matanzas. *Tesis en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba*.
- Rodríguez, D. G. (2004). *Evaluación de riesgos industriales en la planta de ácido sulfúrico. Proyecto de curso, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba*.
- Rodríguez, T. (2006). *El mantenimiento predictivo con enfoque de producción más limpia en agregados del generador de vapor de centrales termoeléctricas. Tesis doctoral. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos. Cuba*.
- Sección Sindical del Sindicato.(2003). *Sustancias mutagénicas. La Rábida*. [consultado: 13 de febrero del 2012]*[on line]*.*Disponible en:* http://www.sindicatounitario.net/rlr/TEXTOS/NI_03/Nota-informativa-SS-n%BA%2019-26-09-03-Mutag%E9nicos-II.pdf
- *Servicio de prevención de riesgos laborales. (1990). Peligrosidad de los productos químicos. Universidad de Jaén*. [consultado: 13 de febrero del 2012]*[on line]*.*Disponible en:* http://www.ujaen.es/serv/serobras/SPRL/SEGURIDAD/LABORATORIOS/peligrosidad_pq.pdf
- *Sindicato Independiente de Trabajadores de los Colegios de Bachilleres. (2009). Seguridad e Higiene industrial*. [consultado: 1 de febrero del 2012]*[on line]*.*Disponible en:* <http://apuntesdelcobaed.blogspot.com/2009/02/seguridad-e-higiene-industrial.html>
- Smith, K. (1996). “*Environmental Hazards. Assessing Risk and Reducing Disaster*”. *A volume in the Routledge Physical Environment Series. University of Cambridge. Printed in Great Britain*[consultado: 1 de febrero del 2012]*[on line]*.*Disponible en:* <http://www.cee-chile.org/estudios/quin01.htm>
- Soldano, Á.(2008). Conceptos de riesgos. Provincia Córdoba, Argentina. [consultado: 1 de febrero del 2012]*[on line]*.*Disponible en:* <http://www.rimd.org/advf/documentos/4921a2bfbe57f2.37678682.pdf>
- Soriano, B. R. (2010). *Espec. Principal Meteorología. Aeropuerto Internacional. Juan Gualberto Gómez*.
- *Statgraphics Plus 5.1. (2001). Software Estadístico*. [consultado: 1 de febrero del 2012]*[on line]*.*Disponible en:* www.fiqm.umcc.cu.

- Zagal, J. (1996). *Memoria del simposio regional sobre preparativos para emergencias y desastres químicos*. [consultado: 1 de febrero del 2012][on line]. Disponible en: <http://www.cepis.ops.oms.org/tutorial/fulltex/evaluación.html>.2009