30
29

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"

"REALIZACION DE UN SISTEMA EXPERTO PARA EL CALCULO DE NUBES EXPLOSIVAS"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

REYNA ISABEL RODRIGUEZ PIMENTEL

U N A M
FES
ZARAGOZA

MEXICO, D. F. 1998.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

260458

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

VNIVERSIDAD NACIONAL
AVTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA
JEFATURA DE INGENIERIA QUIMICA
OFICIO: 082/002/97

C. Reyna I. Rodríguez Pimentel
P r e s e n t e

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

Presidente:	*I.Q. Alejandro Rogel Ramírez*
Vocal:	*I.Q. Eduardo Vázquez Zamora*
Secretario:	*I.Q. Salvador Gallegos Ramales*
Suplente:	*I.Q. José Benjamín Rangel Granados*
Suplente:	*I.Q. José Antonio Zamora Plata*

A T E N T A M E N T E
"LO HUMANO EJE DE NUESTRA REFLEXION"
México, D.F., 5 de Enero de 1998

I.Q. Magín Enrique Juárez Villar
Jefe de la Carrera

Irm

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento al I.Q. Eduardo Vázquez Zamora por el tiempo dedicado a este trabajo.

También a la T.S. U. Eloina Sánchez Tobón quien amablemente dedicó parte de su tiempo en el presente trabajo.

A los profesores Benjamín Rangel, María Eugenia Santos, Antonio Lara por su ayuda incondicional.

Al Ing. Trujillo del Departamento de Riesgo en el Instituto Nacional de Ecología por su ayuda.

DEDICATORIA

A mi esposo por sus consejos y confianza en lograr esto.

A mis padres, hermanos por el apoyo brindado.

Al ejemplo que tengo de una gran mujer a Ocotlán Cruz por su apoyo y sus consejos.

A mis compañeros de trabajo de la Universidad Tecnológica de Nezahualcóyotl.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como fin calcular nubes explosivas para determinar los diámetros de afectación dentro de plantas industriales donde se manejen sustancias que se comporten conforme a este modelo.

En el capítulo uno se dan antecedentes de alguna incidentes ocasionados por explosiones en industrias y en diferentes países; así de como han evolucionando los sistemas expertos hasta la actualidad.

En el capítulo dos se describe los factores que determinan la formación de nubes explosivas. Se citan como se llevan a cabo diversas explosiones de gases ya sea confinado o no confinado; también de las características de los materiales formadores de nubes explosivas.

En el capítulo tres se fundamenta el modelo de nubes explosivas bajo suposiciones como son la fuga del material, características de la nube, temperatura ambiente etc.; así como también se refiere a los sistemas expertos que son, sus características, funcionamiento, aplicaciones y como se producen estos.

En el capítulo cuatro se desglosa el método de calculo para la determinación de nubes explosivas en donde aparecen la fórmulas empleadas para realizar el sistema.

En el capítulo cinco se presenta el manual de usuario el cual va indicando a este la secuencia del uso de este sistema.

En el capítulo seis trata de las aplicaciones de este sistema mostrando ejemplos de como se presentarían los resultados para ciertas sustancias.

Por último se dan las conclusiones a las que se llegaron en el presente trabajo.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1

1. Antecedentes 3

2. Factores de determinan la formación de nubes explosivas 5

2.1 Deflagración y detonación 6
2.2 Explosiones de nubes de vapor confinado 7
2.3 Explosiones de gases 7
2.4 Explosiones de vapor no confinado 9
2.5 Materiales formadores de nubes explosivas 9

3. Fundamento teórico 10

3.1 Sistemas expertos 11
3.2 Aplicaciones de los sistemas expertos 12
3.3 Producción de un sistema experto 14
3.4 Ingeniería del conocimiento 15
3.5 Ingeniería del conocimiento 16

4. Método del cálculo 18

4.1 Determinación de la fuga 18
4.2 Cálculo del peso del material en el sistema 19
4.3 Cálculo de la cantidad vaporizada 19
4.4. Cálculo de la magnitud de la nube 20
4.5 Cálculo de la energía desprendida 21
4.6 Cálculo del diámetro de las ondas expansivas 21
4.7 Determinación del daño 21

5. Manual de usuario 23

6. Aplicaciones 43

7. Conclusiones 49

8. Bibliografía 50

Glosario de términos 51

Anexo. Listado de actividades altamente riesgosas 54

INTRODUCCION.

La seguridad en la Industria Química y de transformación se ha convertido en un asunto de gran importancia y profesionalismo, a medida que estas son más grandes, eficientes y complejas. El constante incremento de costos de equipo y las primas de seguros, así como la responsabilidad que implica el escape fuera de control de las enormes energías contenidas tanto en procesos como en materiales, han incrementado el ímpetu de la industria hacia los objetivos de la prevención de riesgos, compartidos por todos dentro de la organización.

El concepto de seguridad en los procesos se hace necesario en todas las actividades gerenciales como son: entrenamiento, diseño, construcción, operación, mantenimiento, etc.

En lo que corresponde a los accidentes industriales con serias afectaciones ambientales, es importante recordar que los tres tipos fundamentales de accidentes a considerar son explosión, incendio y fuga o derrame de un producto de alta peligrosidad.

Esto a su vez depende de tres variables básicas: presión, temperatura y concentración de los diversos materiales presentes, así como de las condiciones de los recipientes, construcción y diseño de los equipos; las características de los accidentes por transportación pueden presentarse por diversas causas, tanto naturales como antropogénicas ya sean, accidentales o premeditadas.

Las medidas de prevención y mitigación de riesgos a aplicarse en las diversas instalaciones industriales, pueden clasificarse en medidas propiamente preventivas, cuando su finalidad es reducir los niveles de riesgo originados, a valores socialmente aceptables en:

- Medidas de control cuando el objetivo es reducir los efectos en el ambiente de situaciones accidentales o casi accidentales, cuando éstas se lleguen a presentar.

- Medidas de control cuando el objetivo es reducir los daños a la población y al equilibrio ecológico, cuando el accidente ha tenido lugar.

En este sentido es importante acotar el riesgo total representado por una instalación industrial ya que se conjugan dos aspectos:

A) El riesgo intrinseco del proceso industrial, que depende de la naturaleza de los procesos involucrados, de las modalidades energéticas utilizadas y la vulnerabilidad de los diversos equipos que integran el proceso, así como su distribución y transporte.

B) Riesgo de la instalación, potencializado por las características del sitio de su ubicación a partir de los factores ambientales, mismas que pueden incrementar su nivel de riesgo al presentarse eventos naturales que inciden en el accidente o la propia magnitud de sus efectos (población aledaña, ecosistemas, etc.)

Del carácter dual del riesgo de un accidente, se crea la necesidad de adoptar medidas preventivas para ambos aspectos a fin de poder reducir el nivel de riesgo a un valor aceptable o, de ser posible, evitarlo por completo.

Al hablar de riesgo, es necesario establecer para efectos de la prevención de los accidentes con repercusiones ambientales, ya que este involucra dos factores:

1) La magnitud de los efectos del evento, cuantificados en una escala adecuada.

2) La probabilidad de que se presente el evento correspondiente.

Por otra parte, es necesario definir un nivel de riesgo aceptable, que pueda ser utilizado para la evaluación de proyectos industriales. El establecimiento de este nivel aceptable implica el considerar diversos factores:

- Problemas del sitio de ubicación de la planta.
- Espaciamiento fuera de especificaciones.
- Estructura inadecuada de materiales.
- Problemas del proceso químico.
- Fallas de equipo.
- Falta de programa eficiente de seguridad tanto interno como externo.

Por consiguiente es necesario, desarrollar un instrumento de planeación que sirva tanto para la regulación de las actividades consideradas como riesgosas, y adecuados programas para la prevención de accidentes; por este caso se presenta el siguiente sistema experto, ya que éste permite simular escenarios permitiendo ver el comportamiento de las o la sustancia que se manejen; esto proporciona una visión amplia de cuales serían las consecuencias y afectaciones. Dimensionando áreas de las mismas, permitiendo llevar a cabo acciones tendientes a disminuir los radios de afectación como lo son: las bardas perimetrales, los sistemas de seguridad óptimos, las fosas de contención, etc. según lo amerite el caso.

1. ANTECEDENTES.

Durante muchos años se consideró que sólo era posible la formación de presión por combustión de vapores o gases inflamables, en una reacción de combustión confinada.

Consecuentemente la fuga de gases inflamables o de líquidos calientes inflamables se tomaba en cuenta sólo como un problema de incendio. No se consideró el potencial explosivo de nubes de gases o vapores inflamables en espacios abiertos hasta que ocurrieron diversos y potentes explosiones desde el año de 1948.

Hace algunos años el Instituto Nacional de Riesgo (International Risk Institute) ha reconocido que una fuga de grandes cantidades de gases inflamables pueden ocasionar una nube explosiva en espacios abiertos que pueden causar severos o catastróficos daños a extensas áreas de una planta.

En la tabla 1.1 se muestra la cronología de explosiones en diversos países. Los daños económicos resultantes de todos estos accidentes y de muchos otros son descomunales.

Aunque estos casos pueden haber sido distintos por la forma en que se produjeron y las sustancias químicas que intervienen en ellos, todos comparten una característica común: fueron acontecimientos no controlados, constituidos por incendios, explosiones o escapes de sustancias tóxicas que ocasionaron la muerte o lesiones de gran número de personas dentro y fuera de las fábricas, causaron amplios daños en los bienes y el medio ambiente, o produjeron ambos efectos. El almacenamiento y la utilización de sustancias químicas inflamables, explosivas o tóxicas que pueden causar esos desastres se suelen designar como riesgos de accidentes mayores. Por tanto, este riesgo potencial depende del carácter inherente de la sustancia química y de la cantidad acumulada en el lugar.

En estos últimos años se han consagrado muchos esfuerzos a la elaboración de una legislación para regular los riesgos principales. La más destacada es la de la Comisión de las Comunidades Europeas (CCE), que en 1982 promulgó una Directiva sobre los principales riesgos de accidentes de ciertas actividades industriales. Según la definición de esa directiva, la expresión "accidente principal" significa "un acontecimiento, como una emisión importante, un incendio o una explosión, resultante de hechos no controlados en el curso de una actividad industrial, que provoca un peligro grave para el hombre, inmediato o aplazado. dentro o fuera del establecimiento, y para el medio ambiente, y que entraña una o más sustancias peligrosas."

En cuanto a los antecedentes de sistemas expertos, es importante mencionar el llamado MYCYN, que fue desarrollado en Stanford alrededor de 1980. Este sistema fue desarrollado en el lenguaje de computadora LISP y tiene como finalidad determinar los microorganismos que causan diversas enfermedades, empleando como datos los síntomas que presenta algún paciente y los resultados de análisis clínicos.

El sistema MYCYN fue desarrollado para ayudar a los médicos a obtener diagnósticos más rápidamente con una menor probabilidad de error.

Posteriormente se desarrolló el sistema experto llamado PROSPECTOR, que tiene la finalidad de determinar la probabilidad de encontrar un mineral (petróleo, uranio, etc.) en un lugar determinado, empleando como datos los resultados de un análisis geológico. Este sistema ha sido empleado exitosamente por algunas compañías petroleras de Norteamérica.

Al mismo tiempo se desarrolló el sistema experto DENORAL, que tiene la finalidad de reconocer compuestos químicos, empleado en investigaciones químicas de nuevos compuestos. No sería posible enumerar todos los sistemas que han desarrollado a la fecha; basta decir que se han hecho para casi todas las áreas del conocimiento, incluyendo aplicaciones prácticas como el control de robots o en finanzas.

TABLA 1.1 CRONOLOGIA DE EXPLOSIONES

LUGAR	FECHA	AREA/SITIO	FUENTE	SUSTANCIA	CANTIDAD (TON)	MUERTES	HERIDOS
Luwigshafen Alemania	1948	Desconocido	Desconocido	Eter dimetilico	Desconocida	245	380
Waisum Alemania	4-4-52	Fábrica	Tanque de depósito	Cloro	15	7	Desconocido
Bitburg Alemania	1954	Desconocido	Desconocida	Queroseno	Desconocida	32	16
Planquemine E.U.A.	3-5-63	Fábrica	Reactor	Etano-etileno	Desconocida	0	Desconocido
Lake Charles E.U.A	1967	Desconocido	Desconocida	Isobutano	Desconocida	7	13
Pernis Holanda	20-1-68	Fábrica	Tanque de depósito	Mezcla de hidrocarburos	Más de 50	2	85
Languiew E.U.A.	22-2-71	Fábrica	Tanque de depósito	Etileno	Desconocida	4	Desconocido
Amsterdan Holanda	10-8-71	Fábrica	Desconocida	Butadieno	Desconocida	8	Desconocido
East st.Louis E.U.A.	1972	Desconocido	Desconocida	Propileno	Desconocida	0	230
Petal City E.U.A.	25-8-74	Almacén	Almacenaje	Butano	Desconocida	Desconocido	Desconocido
Decator Illinois E.U.A.	1974	Desconocido	Desconocida	Propano	Desconocida	7	152
Fixborough	1-6-74	Fábrica	Reactor químico	Ciclohexano	más de 40	28	84
Beek Holanda	7-11-75	Refinería	Reactor	Fracción de propileno	5	14	107
Seveso Italia	1976	Desconocido	Desconocida	Dioxina	Desconocida	0	30
Baton Rouge E.U.A.	10-12-76	Fábrica	Tanque de depósito	Cloro	90	0	0
U.M.M.	3-4-77	Refinería	Tanque de depósito	NGL	Desconocida	Desconocido	Desconocido
Ortuella España	1980	Desconocido	Desconocida	Gas propano	Desconocida	51	Desconocido
Bhopal India	1984	Desconocido	Desconocida	Isocianato de metilo	Desconocida	200	200000
México	1984	Desconocido	Desconocida	Gas natural	Desconocido	650	Desconocido
E.U.A.	Abril-86	Fábrica	Desconocida	Cloro	Desconocida	9	76
Bulgaria	Nov.-86	Fábrica	Desconocida	Desconocida	Desconocida	17	Desconocido

2. FACTORES QUE DETERMINAN LA FORMACION DE NUBES EXPLOSIVAS.

Las explosiones se caracterizan por una onda de choque que puede producir un estallido y causar daños a los edificios, romper ventanas y arrojar materiales a varios cientos de metros de distancia. Las lesiones y los daños son ocasionados primeramente por la onda de choque de la explosión. Hay personas golpeadas, o derribadas, o enterradas bajo edificios derrumbados, o heridas por cristales volantes. Aunque los efectos de la presión excesiva pueden provocar directamente la muerte, es probable que esto sólo se produzca con las personas que trabajan cerca del lugar de la explosión. La historia de las explosiones industriales muestra que los efectos indirectos de los edificios que se derrumban y los cristales y escombros que vuelan por el aire causan muchas más pérdidas de vidas humanas y heridas graves.

Los efectos de la onda de choque varían según las características del material; su cantidad y el grado de restricción de la nube de vapor. Por consiguiente, las presiones máximas en una explosión varían de una ligera sobrepresión a unos cuantos cientos de kilopascales (kPa). Las lesiones directas se producen a presiones de 5 a 10 kPa (una sobrepresión mayor origina por lo general la pérdida de la vida), mientras que los edificios se derrumban y las ventanas y las puertas se rompen a presiones tan bajas como de 3 a 10 kPa.

La presión de la onda de choque disminuye rápidamente con el aumento de la distancia desde la fuente de la explosión.

A título de ejemplo, la explosión de un tanque que contuviera 110 litros de propano produciría una presión de 210 kpa a 80 metros y una presión de 3.5 kPa a 861 metros a partir del tanque como se muestra en la figura 2.1.

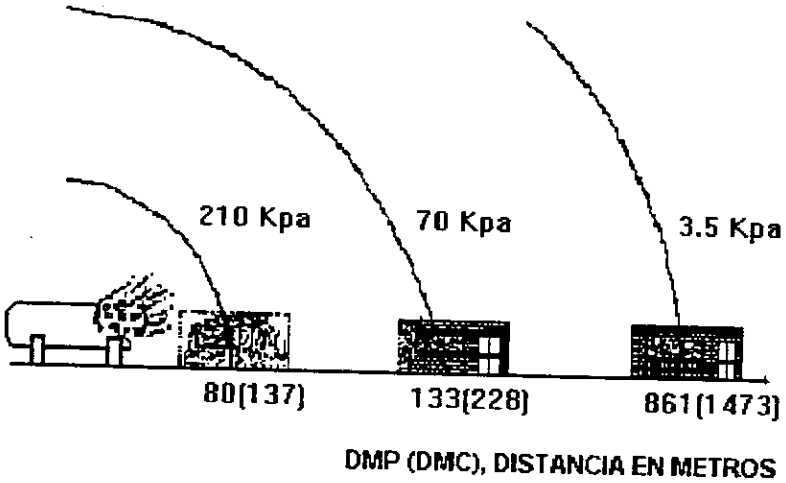


FIGURA 2.1 ONDA DE SOBREPRESIÓN DE ACUERDO AL MODELO DE NUBES EXPLOSIVAS

2.1 DEFLAGRACION Y DETONACION.

Las explosiones pueden producirse en forma de una deflagración o de una detonación, en función de la velocidad de combustión durante la explosión. Se produce una deflagración cuando la velocidad de combustión o la velocidad de la llama es relativamente lenta, del orden de 1 m/seg. En una detonación en cambio, la velocidad de la llama es extremadamente elevada. El frente de la llama se desplaza como una onda de choque, con una velocidad normal de 200 a 3000 m/seg. Una detonación genera mayores presiones y es mucho más destructiva que una deflagración. La presión máxima causada por una deflagración en un recipiente atmosférico cerrado gira en torno a los 70 -80 kPa, mientras que una detonación puede alcanzar fácilmente una presión de 200 kPa, en la tabla 2.1, 2.2. y 2.3 se listan algunas sobrepresiones explosivas aproximadas requeridas para causar daños al personal o daños al equipo.

TABLA 2.1 EFECTOS DE NUBES EXPLOSIVAS EN REFINERIAS

Estructura o equipo	Ondas de presión y efecto
1. Cuarto de control construcciónde concreto y estructura de fierro.	0.5 psi - rotura de ventana 1.0 psi - deformación de la esrtructura 1.5 psi - derrumbe del techo 3.5 psi - derrumbe de muros de concreto 10 psi - derrumbe de estructura
2. Torres rectangulares. Estructura de concreto.	5.5 psi - fractura de la estructura de concrero 7.0 psi - derrumbe de la estructura y la torre
3. Torre octagonal. Estructura de concreto.	7.0 psi - fractura de la estructura 7.5 psi - ruptura de encaje de la torre y caida de ella
4. Torre fraccionadora. Montada sobre pedestal de concreto.	4.5 psi - aflojamiento de tuercas y anclaje 7.0 psi - caida de la torre
5. Torre de regeneración. Estructura de acero.	5.0 psi - deformación de la columna 7.0 psi - caida de la torre
6. Torre de regeneración. Estructura de concreto.	8.5 psi - fractura de la estructura 16 psi - derrumbe de la estructura y la torre
7. Reactor rectangular de cracking: estructura de concreto.	8.0 psi - fractura de la estructura 12 psi - derrumbe de la estructura y la base
8. Desisobutanizador: Montado sobre pedestal y zapatas.	9.5 psi - caida del reactor
9. Unidad de recuperación de vapor. Estructura rectangular de acero.	6.0 psi - derrumbe de la estructura
10. Horno de tubos fijos.	1.5 psi - desplazamientoligero de su posicion original 6.0 psi - caida de la chimenea 6.5 psi - derrumbe del horno
11. Edificio de mantenimiento.	0.3 psi - caida del techo de asbesto corrugado 3.0 psi - deformación de la estructura 5.0 psi - derrumbe de muros de tabique, deformación seria de la estructura. 6.0 psi - derrumbe de la estructura
12. Torre de enfriamiento de agua.	0.3 psi - caida de lumbreras de asbesto corrugado 3.5 psi - derrumbe de la torre
13. Tuberias: soportada por estructura de acero.	3.5 psi - deformación de la estructura 6.0 psi - derrumbe de la estructura y rompimiento de la tuberia
14. Tuberias: soportada por estructuras de concreto.	3.5 psi - fracturas de la estructura 5.0 psi - derrumbe de la estructura rompimiento de lineas
15. Tanques de almacenamiento: techo cónico y flotante.	15 psi - levantamiento de tanques de vacio 3.5 a 6.0 psi - levantamiento de tanques llenos y medios llenos dependiendo de su capacidad
16. Tanques de almacenamiento esfericos.	7.0 psi - deformación de la estructura en tanques llenos 7.5 psi - deformación de la estructura en tanques vacios 9.0 psi - derrumbe de tanques llenos 9.5 psi - derrumbe de tanque vacios

1psi = 7kPa

TABLA2.2 CRITERIOS PARA DAÑOS CAUSADOS POR ONDA DE CHOQUE

EFECTO	SOBREPRESIONES	
	kPa	psi
Rotura de vidrios	1.4	0.2
Daños menores a las estructuras	2.8	0.4
Derribo a personas	7.0	1.0
Falla de madera y edificios de concreto no reforzado	7-14	1-2
Daño mayor a la estructura	14	2.0
Ruptura de tanques de almacenamiento	21	3.0
Falla de edificios de concreto reforzado	28	4.0
Daño a timpanos	35	5.0
Daño estructural completo de los edificios	69	10
Daño a los pulmones	69-207	10-30
Limite letal	276-689	40-100

Las explosiones se pueden dividir en categorías con base en el tipo de evento que producen la liberación súbita de energía, las dos categorías primarias son: explosiones física o químicas.

Una explosión física se caracteriza generalmente por la liberación súbita de gas a alta presión (o líquido sobrecalentado) a la atmósfera, un ejemplo de este tipo de explosión es la falla de un recipiente a presión debido a la presión excesiva de un gas en su interior. Una explosión química, se caracteriza por la producción de gas a alta presión debido a una reacción química, ejemplos de ella son: la detonación de un alto explosivo (tal como la dinamita o TNT) o la deflagración de polvo flamable o nube de vapor.

El hecho de que se produzca una deflagración o una detonación dependerá del material que se trate, así como de las condiciones en que ocurre la explosión. Por lo común, se acepta que una explosión en fase de vapor requiere cierto grado de limitación para que se produzca una detonación.

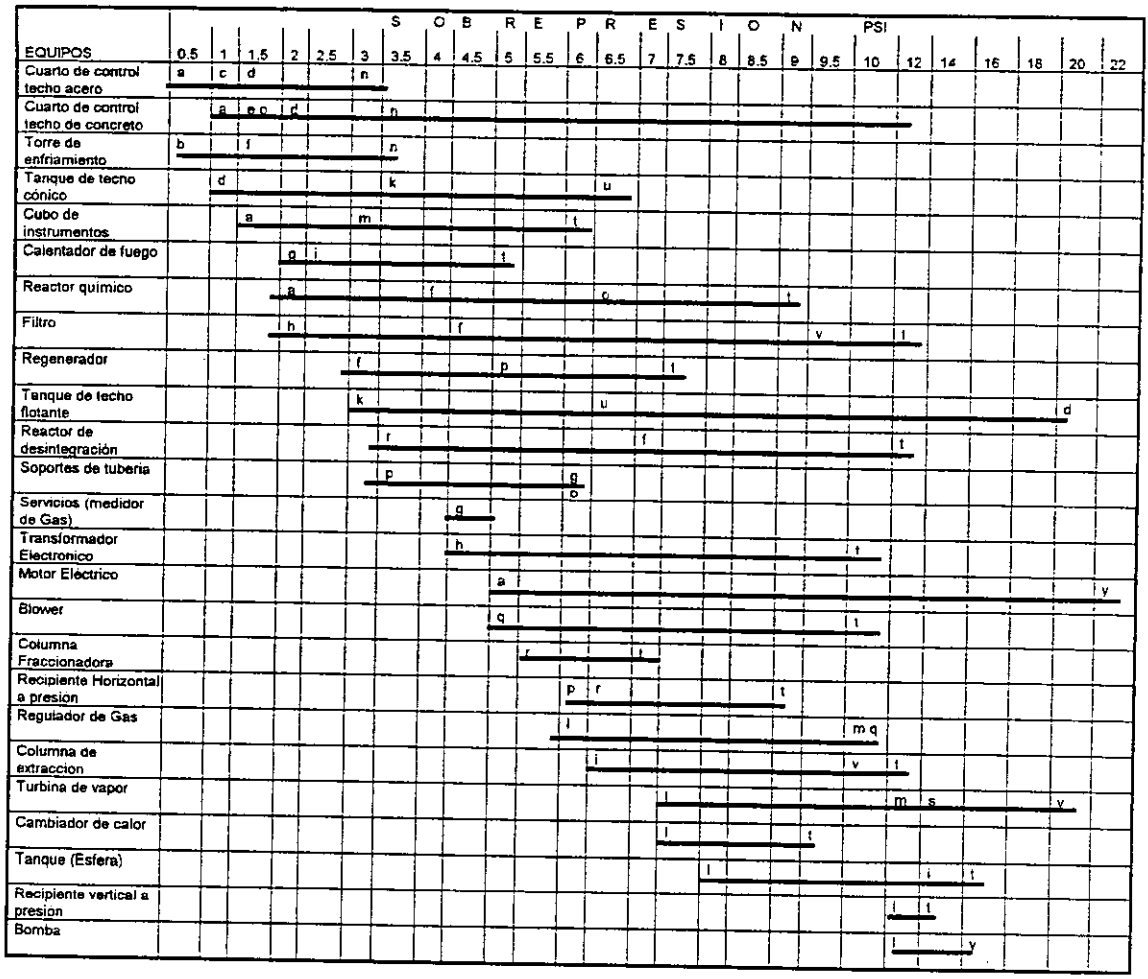
2.2 EXPLOSIONES DE NUBES DE VAPOR CONFINADO.

Las explosiones en locales cerrados son las que se producen dentro de algún tipo de contenedor, como un recipiente o una tubería. Las explosiones dentro de los edificios también corresponden a esta categoría. Las explosiones que se producen al aire libre se designan como no limitadas y originan presiones máximas de las explosiones en lugares cerrados suelen ser superiores y pueden llegar a cientos de kPa. Algunas de las explosiones industriales, se produjeron debido a que la nube de gas estaba encerrada.

2.3 EXPLOSIONES DE GASES.

Es posible hacer una distinción entre las explosiones de gases y las de polvos tomando como base el material de que se trate. Se producen explosiones de gases que en general son catastróficas, cuando se liberan y dispersan con el aire considerables cantidades de material inflamable para formar una nube de vapor explosivo antes de que tenga lugar la ignición.

TABLA2.3 ESTALLIDO SOBREPRESION EFECTOS VULNERABLES EN COMPONENTES DE PLANTAS



a. Ventanas y manometros rotos
b. Caida de persianas 0.3-0.5 psi
c. Dispositivos dañados por derrumbe de techo
d. Derrumbe de techo
e. Instrumentos dañados
f. Partes interiores dañadas
g. Ladrillos agrietados
h. Daño por proyección de particulas
i. Unidades afectadas
j. Caida vigorizante
k. Levantamiento de unidades (mitad-llena)
l. Daños severos en linea de transmision electrica
m. Controles dañados
n. Fallas de paredes de concreto
o. Derrumbe de estructura
p. Deformacion de estructura
q. Cubierta dañada
r. Estructura rota
s. Tuberias rotas
t. Unidades volcadas o destruidas
u. Levantamiento de unidades (0.9 llenas)
v. Unidades afectadas sobre cimientos

2.4 EXPLOSIONES DE VAPOR NO CONFINADO.

En los últimos años se han realizado diversos estudios. con base en las experiencias sufridas, que han definido clara y detalladamente el potencial explosivo de una nube de gas no confinada y que proponen métodos de análisis de las pérdidas una vez que haya ocurrido el desastre; dichos métodos consideran la velocidad de la fuga, velocidad del viento, dirección del viento y las condiciones atmosféricas.

Si una nube de vapor flamable se igniciona, puede ocurrir una explosión, físicamente, ésto ocurre cuando la nube de vapor se quema, los productos de la combustión tienen un volumen que es más grande que la nube original; los productos de la combustión tienen un volumen que es más grande que la nube original; los procesos de combustión ocurren rápidamente y los productos de la misma o suelen ser venteados, como consecuencia, se puede desarrollar una presión destructiva rápidamente y puede causar daños o estropicios por el confinamiento.
Si una nube de vapor no confinada se igniciona, los productos de la combustión se liberan y se expanden por no estar encerrados, cuando la reacción de reacción es suficientemente baja, la zona de reacción se mueve abajo de la velocidad del sonido y un pequeño incremento de la presión se presenta, cuando la razón de reacción es lo suficientemente alta, la zona de reacción se mueve arriba o cerca de la velocidad del sonido, entonces se produce una onda de presión porque los gases no pueden mover más rápido que la velocidad de del sonido; así que, dependiendo de la razón de reacción, la ignición de una nube de vapor flamable no confinada puede resultar en un simple quemado de la nube de vapor, una deflagración o una detonación.

2.5 MATERIALES FORMADORES DE NUBES EXPLOSIVAS.

Para propósitos de este procedimiento se considerarán sólo los siguientes materiales como posibles formadores de nubes explosivas:

1. Gases en estado líquido por enfriamiento.
2. Gases en estado líquido por efecto de alta presión.
3. Gases sujetos a presiones de 500 psig ó mayores.
4. Líquidos inflamables o combustibles a una temperatura mayor a su punto de ebullición y mantenidos en estado líquido por efecto de presión (excepto materiales con una viscosidad mayor que 1×10^6 centipoises o puntos de fusión sobre 212 °F).

3. FUNDAMENTO TEORICO.

En los últimos años se han hecho diversos estudios basados en las experiencias sufridas, que han definido clara y detalladamente el potencial explosivo de una nube de gases y que proponen métodos de análisis de las pérdidas ocasionadas después de ocurridos los desastres. Estos métodos incluyen datos como velocidad de la fuga, velocidad y dirección del viento, así como otras condiciones atmosféricas. Sin embargo, en la predicción de un desastre potencial, estas variables son desconocidas y debe determinarse una aproximación conservadora y práctica que reduzca sus efectos al mínimo para el cálculo de una nube. Por tal motivo se harán las siguientes suposiciones:

1) La fuga del material (almacenado o en proceso) es instantánea y no se considerará el caso de un escape de gas paulatino, excepto para fugas en tuberías de gran capacidad con material transportado desde instalaciones alejadas.

2) El material fugado se vaporiza instantáneamente y la nube se forma inmediatamente, de acuerdo a las condiciones termodinámicas del gas o líquido inflamable antes de la fuga.

3) La nube adquiere una forma cilíndrica cuya altura es su eje vertical. No se consideran distorsiones ocasionadas por viento o por estructuras y edificios presentes.

4) La nube tiene una composición uniforme y su concentración en el aire está en el punto medio entre los límites inferior y superior de explosividad del material.

5) Se tomará el calor de combustión de la TNT (1830 Btu/lb) para convertir el calor de combustión del material a un equivalente en peso de TNT.

6) La temperatura ambiente es constante: 70 °F (21.1 ° C).

Está reconocido que una explosión de una mezcla confinada vapor- aire dentro de un edificio tendrá una fuerza explosiva mayor que una explosión en espacio abierto del mismo volumen del vapor; sin embargo en la generalidad de los casos el volumen que ocupa una nube de vapor explosivo, productos de fugas factibles, será mucho mayor que el volumen de la mayoría de los edificios industriales. Por tal motivo, se supondrá que una fuga originada en el interior de un edificio, formará una nube de las mismas dimensiones que una originada en el exterior.

El análisis de una nube explosiva debe ser hecho sólo por personal familiarizado con la Planta y el proceso.

Por este método será posible calcular el daño máximo probable (DM) y el daño catastrófico probable (DC). Se debe utilizar para todas y cada una de las unidades de proceso o plantas con mayor potencial de formación de nubes explosivas. Debe considerarse que el potencial explosivo de una nube será el más peligroso de una planta, en la mayoría de los casos, aunque pueden existir otro tipo de riesgos que deben ser siempre tomados en cuenta. Por ejemplo, una planta con sólo un pequeño potencial de fuga de inflamables, puede tener un potencial peligros de explosión en el interior de los equipos que cause un daño grave que sobrepase el potencial de una nube explosiva.

Los resultados de éste análisis, además de determinar los daños máximo y catastrófico probable, permitirán evaluar la exposición al riesgo de ampliaciones de la planta, así como el proyecto y lay-out de nuevas plantas.

De esta manera deberá considerarse el espaciamiento entre plantas utilizando este método, siguiendo el criterio de todos los puntos siguientes:

A. Una nube explosiva originada en un área no deberá cubrir ninguna parte de los mayores edificios o procesos de un área vecina.

B. Todos los edificios y equipos mayores de un área deberán estar afuera del círculo de una onda expansiva de 3 psi de presión producida por la explosión de una nube explosiva de otra área.

C. Todos los edificios y equipos mayores afectados por ondas expansivas entre 1 y 3 psi de presión deberán estar diseñados para resistir una onda expansiva de 2 psi, considerando un factor de explosividad de f = 0.02.

Las áreas alcanzadas sólo por la circunferencia de una onda expansiva de 1 psi, pueden considerarse como separadas del área peligrosa.

3.1 SISTEMAS EXPERTOS

Los sistemas expertos es una nueva tecnología que ha resultado de las investigaciones realizadas en el área de la Inteligencia Artificial (IA). La finalidad de los sistemas expertos es asimilar el razonamiento de un experto humano en un área específica del conocimiento.

Son programas de computadoras que convienen en reglas el conocimiento de un experto, de tal forma que puedan emplear para obtener soluciones a problemas de un dominio específico.
A principio de los ochenta se pensaba que todavía que esta tecnología no tendría aplicación práctica porque los programas de computadora resultaban muy lentos. Sin embargo, para fines de los ochenta, con el desarrollo de la electrónica que ha llevado a computadoras cada vez más rápidos, los programas de los sistemas expertos se pueden correr fácilmente aun en una microcomputadora. Además, el desarrollo de un sistema experto no es complicado, ya que esencialmente consiste en una base de datos y una máquina de inferencias.

La base de los datos contiene toda la información relevante del área específica de conocimiento, o sea el conocimiento del experto humano. La máquina de inferencias es el mecanismo a obtener conclusiones a partir de los datos, de tal forma que se obtenga solución a algún problema.

Un sistema experto (SE) es un programa inteligente de una computadora que usa conocimiento y procedimiento de inferencia para resolver problemas que son suficientemente difíciles para requerir la asistencia de expertos humanos en su resolución. El conocimiento dentro de un sistema experto consiste de hechos y heurísticas. Los hechos constituyen un cuerpo de información abierto totalmente conocido por los expertos de un cierto campo. Las heurísticas son algo más privadas, reglas de buen juicio (razonamiento correcto o buenas suposiciones) que caracterizan la toma de decisiones a nivel de experto, es primariamente una función del tamaño y la calidad de la base de conocimiento que posea.

Es común en la actualidad caracterizar cualquier sistema de IA que use un dominio sustancial de conocimiento como un sistema experto. De esta forma, casi todas las aplicaciones a los problemas reales pueden ser consideradas dentro de esta categoría, aunque la designación de "sistemas basados en conocimiento" es más apropiada.

CARACTERISTICAS

1. Emplean las reglas de los expertos humanos para evitar que la computadora haga búsqueda ciega a las soluciones de los problemas.
2. Razonan por medio de manipulación simbólica.
3. Resumen los principios básicos del dominio específico.
4. Interaccionan inteligentemente con los usuarios.

3.2 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS EXPERTOS

Su campo de aplicación se encuentra donde existe un método heurístico aplicable y no es tan fácil definir un algoritmo; esto es, donde se puede llegar a obtener una respuesta mediante el "tanteo" del terreno con preguntas y respuestas que permiten avanzar por diferentes caminos hasta encontrar la solución. Un sistema experto es aplicable en el diagnostico, la predicción de la enseñanza, la planeación, la consultoria, la interpretación y el control, entre otras actividades que resuelven por el método heurístico. Su primera función consiste en servir como herramienta de apoyo para las personas expertas en alguna actividad. Actualmente su aplicación se ha extendido con éxito y ha rebasado su campo de acción para servir como una valiosa fuente de información que puede ser consultada por personas no expertas que buscan encontrar respuesta a sus interrogantes.

Los sistemas expertos requieren una amplia capacidad de memoria para almacenar el programa y la base de conocimientos. También necesitan un procesador de alta velocidad a fin de manejar la información en tiempo real, es decir, para poder un diálogo con el usuario sin consumir tanto tiempo en hacer las preguntas y procesar las respuestas como para que el usuario tome una siesta frente a la pantalla de la computadora entre una y otra pregunta. Esta limitación hizo que los sistemas expertos fueran durante una década el dominio exclusivo de las grandes computadoras. El desarrollo de la tecnología electrónica que ha producido los pequeños pero poderosos micro procesadores que ejecutan vario millones de instrucciones por segundo, ha permitido que los sistemas expertos sean ejecutados eficientemente en una computadora personal. Esta facilidad ha expandido en forma considerable su campo de aplicación y ha contribuido también a un aceleramiento en su investigación y desarrollo. Estas son algunas de las aplicaciones para computadoras personales:

- Diagnóstico de fallas en un sistema personal de computación.
- Asesoramiento para seleccionar programas de aplicación, equipo de cómputo y dispositivos periféricos a fin de integrar el sistema personal de computación adecuado a las necesidades del usuario.
- Diagnóstico de problemas en máquinas y aparatos, como automóviles, refrigeradores, lavadoras, etcétera.
- Pronóstico del estado del tiempo en la localidad.
- Diagnóstico de enfermedades a fin de aplicar primeros auxilios antes de acudir al medico.
- Control de la seguridad de las industrias casas o oficinas.
- Programas educativos y exámenes para calificar el aprovechamiento.
- Asesoramiento para tomar decisiones en materia de inversiones.

Los sistemas expertos pueden emplearse en la resolución de problemas de diversos géneros, cuyas características generales pueden resumirse como sigue:

1) Problemas que presentan una significativa diferencia entre las conclusiones obtenidas por un experto y las obtenidas por un no experto, aunado a la negativa de aceptar las decisiones de este último.

2) Problemas que involucran una falta de experiencias necesarias para su resolución, acoplado al alto costo de contratar o entrenar a un nuevo experto.

3) Problemas cuyos dominios son conocidos por expertos humanos o están documentados con ejemplos de toma de decisiones eficientes.

4) Problemas con dominios de conocimiento relativamente estrechos y estables.

5) Problemas en cuyos dominios prevalecen procedimientos heurísticos, opuestos a los procedimientos algorítmicos

6) Problemas con preponderancia de valores de atributo simbólicos, opuestos a valores de atributo numérico.

7) Problemas que requieren una base de conocimiento transparente, compatible con un idioma en particular.

8) Problemas que requieren tomar decisiones en ausencia de información (valores de atributo desconocidos)

9) Problemas con explosión combinatorial, consumidores de tiempo cuando se destacan con procedimientos algorítmicos.

Las áreas en que se puedan aplicar los sistemas expertos para resolver problemas son las siguientes:

⇒ *Interpretación.* Elaboración de conclusiones o descripciones de colecciones de datos (inferencia descriptiva de una situación a partir de registros de datos).

⇒ *Predicción.* Proyección de probables consecuencias de situaciones específicas (inferencia de consecuencias viables a partir de situaciones dadas).

⇒ *Diagnósticos.* Determinación de las causas del mal funcionamiento de un sistema y sea físico, químico o biológico basado en síntomas observables (inferencia de la causa de un multifuncionamiento o desviación a partir de información disponible).

⇒ *Diseño.* Determinación de la configuración de los componentes que cumplen ciertas metas de funcionamiento y que satisfacen un conjunto de restricciones (configuración de componentes bajo restricciones para cumplir las especificaciones globales del sistema).

⇒ *Planeación.* Elaboración de una secuencia de acciones que logren llegar a un conjunto de metas empezando de ciertas condiciones iniciales (desarrollo de secuencias de actividades y cronometración para lograr un resultado deseado en un tiempo específico).

⇒ *Monitoreo.* Comparación de comportamiento observando de un sistema con comportamiento esperado.

⇒ *Seguimiento* (comparación de observaciones para planear vulnerabilidades).

⇒ *Prescripción* (recomendación de remedios para el mal funcionamiento de un sistemas o su desviación con respecto a lo deseado).

⇒ *Depuración y reparación.* Prescripción e implementación de remedios para fallas de un sistema.

⇒ *Instrucción.* Detección y corrección de deficiencias de los estudiantes en el entendimiento de un cierto dominio (desarrollo de habilidades, experiencia o conocimiento para el usuario).

⇒ *Control.* Gobernar el comportamiento de un sistema en un medio ambiente complejo (combinación de algunas áreas anteriores, incluyendo monitoreo y prescripción).

Al incluir las áreas generales mencionadas, los sistemas expertos tienen grandes aplicaciones en administración financiera, planeación, mercadotecnia, ingeniería, ciencia aplicada, medicina, etc. De interés particular son las aplicaciones que se han desarrollado en ingeniería química, las cuales incluyen:

- ☑ Diseño de procesos.
- ☑ Simulación de procesos y optimización.
- ☑ Desarrollo de "Lay-Out" de plantas de proceso (apoyo en la toma de decisiones).
- ☑ Entrenamiento y/o capacitación.
- ☑ Diagnóstico de fallas de un proceso.
- ☑ Control de procesos.
- ☑ Diseño mecánico y estructural.
- ☑ Planeación de proyectos.
- ☑ Análisis de operaciones de paro y arranque de plantas industriales.
- ☑ Revisión crítica de diseños para flexibilidad, eficiencia y seguridad.
- ☑ Seguimiento y evaluación de corrientes de proceso.
- ☑ Programación automática.

La utilización de los sistemas expertos en los rubros mencionados dentro de la ingeniería química es un proceso real, que de ninguna manera implica una visión futurista ideal. sino que encuentra diversos ejemplos de apoyo en muchas partes del mundo. No obstante, esta visión futurista abandona los matices idealistas para indicar la enorme utilidad de los sistemas expertos en los próximos años.

Los sistemas expertos han abierto nuevos horizontes de aplicación para que las personas expertas y quienes no lo son puedan encontrar respuestas acertadas a sus preguntas. Las aplicaciones como ya se mencionaron son variadas y sólo tienen como limite la capacidad de las personas expertas que deben aportar sus conocimientos y metodología para encontrar soluciones, y la destreza de los profesionales para convertir ese caudal y ese método en un programa ejecutable por una computadora.

Los sistemas expertos pueden aumentar la productiva y la eficiencia de cualquier tarea que deba realizar un experto humano, y son necesarios para la modernización de las empresas y las industrias en general.

3.3 PRODUCCION DE UN SISTEMA EXPERTO.

Su producción requiere, como primer ingrediente, del caudal de conocimientos de uno o varios expertos en algún campo del saber universal. Estos conocimientos se organizan y se registran el la memoria de la computadora para poderlos consultar y de esta manera obtener repuestas a las interrogantes que se plantean. Un nuevo y moderno profesional de la informática, el ingeniero de conocimiento, es quien tiene la función de observar y analizar la forma en que los seres humanos expertos resuelven los problemas en cada una de las disciplinas. Estos métodos son almacenados en la memoria junto con los conocimientos para construir un sistema experto.

Para comprender mejor los principios y el funcionamiento de un sistema experto es conveniente compararlo con el procedimiento que se ha seguido tradicionalmente para escribir los programas. Este procedimiento se basa en ideas de John Von Neumann, quien fue uno de los pioneros del software en la década de los 40 y a quien se debe el concepto del programa almacenado en el interior de la computadora. Sus ideas dominaron durante tres décadas la filosofía de la computación.
En un programa tradicional se toma como punto de partida el diseño de un algoritmo que expresa el procedimiento para realizar un conjunto de operaciones y obtener un resultado final.

Un sistema experto no se basa en un procedimiento previamente definido que es almacenado como parte de un programa. En lugar de llegar una sola respuesta, el sistema experto trata de usar lo que conoce acerca del problema a resolver para definir un procedimiento que lo lleve a encontrar la respuesta acertada. En un sistema experto no existe un algoritmo o un camino definido para llegar a un punto final que es común a todos los casos. De hecho parte del problema por resolver en el sistema es precisamente definir el camino que deberá seguirse. La forma tradicional de programar se basa en un procedimiento algorítmico (reglas bien definidas para la solución de un problema). En contraste, el sistema experto se basa en un procedimiento heurístico, que consiste en resolver problemas sin seguir un camino definido, sin evaluando el progreso conseguido en cada paso hasta llegar a la solución final. Es un método de prueba y error para seguir avanzando y llegar a un resultado. Es un método semejante al que utiliza el ser humano en el aprendizaje.

Otra importante diferencia entre un sistema experto y un programa de procedimiento algorítmico radica en que éste trabaja con variables y valores, en tanto que aquél procesa símbolos. En este sentido, también existe una similitud con el método que sigue el ser humano en su razonamiento. Este usa la intuición, la analogía y el sentido común para resolver problemas. Estos procesos mentales están asociados con símbolos e imágenes. En tal campo, el ser humano es el más eficiente que la computadora. Sin embargo cuando se trata de manejar números y hacer cálculos con ellos, el software tradicional, que ha inspirado en el modelo algoritmico de Von Neumann, ha demostrado ser más rápido que el ser humano.

Para construir un sistema experto en el diagnóstico de enfermedades el ingeniero del conocimiento deberá integrar, almacenar y organizar el conocimiento de varios médicos expertos, pero también deberá identificar la estrategia o "heurística" que sigue el medico en el diagnóstico de las enfermedades para incorporarla como parte del programa, de tal manera que la computadora pueda hacer las mismas preguntas, esperar del paciente las respuestas, hacer asociaciones, centrar el problema, plantear nuevas preguntas y seguir por este camino hasta encontrar la solución. El experto humano tiene más de una ventaja sobre un sistema experto: el ser humano puede seguir un razonamiento formal , emplear analogías, usar su intuición, aplicar el sentido común y utilizar un procedimiento metódico; el sistema experto sólo puede seguir un razonamiento formal y utilizar un procedimiento metódico.

3.4 FUNCIONAMIENTO DE UN SISTEMA EXPERTO.

El programa se encuentra registrado en un disquete, como si se tratara de una hojas de cálculo, una base de datos o un procesador de palabras. Se carga en la memoria de la computadora y se inicia su ejecución de la misma forma que cualquier programa. En la pantalla aparece una pregunta que hace el programa al usuario al mismo tiempo que presenta el menú con varias opciones a escoger. Esta primera respuesta permite hacer una aproximación al tipo de problema que se debe resolver. A partir de este momento, el programa presenta en la pantalla una pregunta que el usuario debe contestar generalmente mediante una respuesta del tipo "si" o "no"; aunque se puede interrogar a la computadora mediante la expresión "porque" cuando el usuario no comprende con exactitud la pregunta requiere de una mayor explicación para saber que es lo que la computadora está considerando o "pensando". La respuesta del usuario da lugar a otra pregunta de la computadora y de te modo se continúa con preguntas y respuestas hasta que se llega a la solución del problema.

De hecho, se trata de un dialogo entre computadora y el usuario para llegar a una solución. En este diálogo, la computadora formula las preguntas y el usuario las contesta. También corre por cuenta de la máquina presentar en la pantalla un menú con opciones para escoger una de ellas. Esto último facilita que el sistema experto pueda disminuir el campo de actuación y centre el problema. En algunos programas el diálogo permite respuestas más complejas y completas por parte del usuario. Algunos programas permiten que se ignore la pregunta cuando el usuario no tiene seguridad en la respuesta que debe dar y se continúe adelante. La flexibilidad del programa depende de la cantidad de conocimientos que tiene almacenados, de las técnicas de procedimiento heurístico integradas por el ingeniero del conocimiento y por el tipo de lenguaje que se utilice en su producción.

3.5 INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO.

La dificultad para desarrollar sistemas expertos no radica tanto en la restricción impuesta por el hardware, tampoco en la producción misma del programa, sino en el problema que significa decantar el conocimiento de una persona experta y el método que utiliza para llegar a sus conclusiones en un formato codificado que pueda ser representado en un sistema experto. Este es el trabajo que debe hacer no un programador profesional sino un ingeniero del conocimiento, que capte cómo se aproxima la persona experta a la solución del problema y traduzca esta estrategia en una forma codificada que pueda convertirse en un programa de computadora.

Las personas expertas aplican el análisis, el razonamiento, la intuición y el sentido común para aproximarse a la causa del problema y finalmente llegar a la solución. en este procedimiento existe una fuerte dosis de aspectos subjetivos que se ponen en juego y que es difícil captar. De aquí que se necesite un ingeniero del conocimiento que aplique técnicas modernas a fin de comprender el proceso mental que sigue el experto para llegar sus conclusiones y pueda expresarlas en forma de instrucciones que la máquina las ejecute. Sin embargo, penetrar en los laberintos mentales del experto no es cosa fácil. Cuando el ingeniero del conocimiento conversa con el experto para captar el método que utiliza se encuentra frecuentemente con algunas respuestas que lo desconciertan y le hacen el trabajo más complicado. Si el experto afirma que llega a establecer sus conclusiones con una fuerte dosis de intuición y sentido común, el ingeniero del conocimiento difícilmente podrá convertir esta metodología en una expresión codificada dentro de un programa. Pero, así es como el ser humano piensa y llega a sus conclusiones.

No habrá que esperar a que el hombre cambie o se adapte a los requerimientos de la computadora porque esto limitaría su capacidad para resolver problemas con la chispa de la intuición o la sensatez del sentido común. Corresponderá a los profesionales de la informática, y en particular a los ingenieros del conocimiento, encontrar la forma de traducir al lenguaje de la computadora los procesos mentales del ser humano.

3.6 FUTURO DE LOS SISTEMAS EXPERTOS.

Cómo área de aplicación general (una de las más atractivas) de la Inteligencia Artificial, los sistemas de expertos tienen un campo de perspectivas futuras bastante prometedor. Al igual que las técnicas generales de IA, el gran desarrollo que tienen las estaciones de trabajo (arquitecturas computacionales de tipo interconectable) es un factor que influye grandemente en los sistemas expertos. Por ejemplo, la mayoría de los sistemas expertos que se han desarrollado son esencialmente sistemas auto-estables, es decir, pueden ejecutarse por sí mismos sin ninguna interrelación con otros sistemas. Sin embargo, es muy probable que en el futuro próximo una gran parte (si no la mayoría) de los sistemas expertos que sean desarrollados serán sistemas "empotrados", esto es, sistemas que forman parte del "software" global en la estación de trabajo.
Otra forma del sistema experto empotrado es la correspondiente a la famosa interfase inteligente. Esta es una mejor versión de la "interfase amiga" en software", pues será capaz de determinar inmediatamente si el usuario es novato o experto, para ajustar apropiadamente sus acciones. Esto es, el experto, para ajustar apropiadamente sus acciones. Esto es, el usuario principalmente requerirá más ayuda, soporte y guía, mientras que el usuario más experimentado necesitará menor asistencia.

Una tendencia que puede crecer enormemente en los siguientes años es el desarrollo de sistemas expertos relativamente pequeños. Muchas empresas están preparando sistemas expertos como medios para sanear sus finanzas, pues son altamente eficientes en lo que se refiere a la relación de productividad-costo.

Dentro de la Ingeniería Química y de manera especial en ingeniería de procesos, los sistemas expertos tendrán una gran utilidad en el desarrollo de herramientas que permitan la resolución de problemas y tareas diversas.

Estas herramientas se concentran principalmente en los siguientes aspectos:

- Asistencia en el desarrollo de procesos.
- Consulta para el diseño preliminar de procesos.
- Asesoría en el diseño de sistemas de control.
- Sistemas de consultores para las secuencias de separación.
- Consulta en el diseño de sistemas de manejo de energía.
- Consulta para el diseño de procedimientos operativos en áreas de arranque y paro de plantas, optimización de procesos y seguridad.
- Asesoría en campo para analizar el estado del proceso, fallas potenciales y acciones recomendadas para su corrección, manteniendo a salvo a los operadores de la planta.

Esta clases de sistemas representan aplicaciones potenciales de ingeniería de procesos por computadora, en primera instancia. En un futuro más distante, con el desarrollo de la tecnología de sistemas expertos, estas herramientas podrán hacer más que lo actual, incluyendo el desarrollo de moléculas con propiedades definidas y la selección entre diversas tecnologías de procesamiento alternativas, tomando en cuenta inclusive las trayectorias de síntesis bioquímica.

4. MÉTODO DE CALCULO.

4.1 Determinación de la fuga probable.

1. Daño Máximo Probable (DM).

Para efectos de cálculo de DM es una Planta con riesgo de formación de nubes explosivas, se usará el siguiente criterio para estimar las dimensiones de una fuga:

A) El tamaño de la fuga estará determinado por el contenido de mayor recipiente de proceso o serie de proceso conectados entre sí sin estar aislados uno de otro. Si existen válvulas automáticas o a control remoto que separen esos recipientes al originarse una fuga, se considerará que la mínima fuga se tomará como el contenido del mayor recipiente.

B) La existencia de fuentes de ignición en las cercanías de una posible fuga no se considerará como limitante de la formación de una nube. La experiencia de explosiones por nubes ha demostrado la posibilidad de formación de grandes nubes en las cercanías de fuentes de ignición, por efecto de corrientes de aire y difusividad del gas.

2. Daño Catastrófico Probable (DC).

Para efecto de la estimación del DC, se utilizará el siguiente criterio para la estimación del tamaño de una fuga:

a) El tamaño de la fuga dependerá del contenido del mayor recipiente de proceso o serie de recipientes conectados entres sí. No se considerará la existencia de válvulas automáticas.

b) Deberá considerarse la destrucción o daño grave de tanques mayores de almacenamiento como formadores de nubes explosivas catastróficas.

c) Se considera también fugas de tuberías de gran capacidad, alimentadas desde instalaciones remotas, propias o exteriores, suponiendo que la tubería es dañada seriamente y que el material fugará por 30 minutos.

d) Tampoco se considerará la posibilidad de limitación de la formación de una nube por fuentes de ignición cercanas.

e) Se tomará en cuenta gases o líquidos usados como combustibles.

4.2 Cálculo del peso del material en el sistema.

1. Gases. Si el material en el sistema es un gas a 500 psi o más de presión, el peso del gas se calculará por:

$$W_G = 0.002785\ MV_G \qquad (1)$$

donde:

W_G = peso del gas descargado (lb)

M = peso molecular del gas

V_G = volumen del gas corregido a condiciones normales (273°K y 1 atm)(ft^3)

Debe tomarse en cuenta el factor de compresibilidad del gas.

2. Líquidos. Si el material en el sistema se encuentra en estado líquido, se usará:

$$W_L = 8.35\ d\ V_L \qquad (2)$$

donde:

W_L = peso del líquido fugado (lb)

d = densidad del material a la temperatura del proceso:T_1 (g/ml)

V_L = volumen del líquido contenido (gal)

4.3 Cálculo de la cantidad vaporizada (W).

1. Para líquidos o gases licuados con punto de ebullición a 70 °F (21.1 °C), se supone que el 100% se vaporizará, por lo que:

W = WG y W = WL

2. Para los líquido con punto de ebullición sobre 70 °F, la cantidad vaporizada será:

$$= \frac{W_L \overline{Cp}(T_1 - T_2)}{\Delta H_v} \qquad (3)$$

donde:

W = Peso del material vaporizado (lb)

Cp = Media geométrica de los calores específicos a diferentes temperaturas entre T_1 y T_2. (cal/g- °C).

T_1 = Temperatura del líquido en el proceso (°C).

T_2 = Punto de ebullición (°C).

ΔHv = Calor de vaporización a T_2 (cal/g).

4.4 Cálculo de la magnitud de la nube.

Para efectos de este método se considerarán únicamente gases o vapores que sean más pesados que el aire, los cuales constituyen la inmensa mayoría de los potenciales formadores de nubes explosivas.

La experiencia ha demostrado que una nube explosiva alcanza una altura hasta de 10 pies, por lo que es conveniente considerar ésta como la altura general de una nube. Debe tenerse mucho cuidado de considerar una altura mayor para gases ligeros, ya que podría resultar un error en el diámetro de la nube que iría en una subestimación de su potencial.

El diámetro de a nube se calcula con:

$$D = 22.19\sqrt{\frac{W}{hMV}} \qquad (4)$$

D = Diámetro de la nube (ft)

h = Altura de la nube (ft)

M = Peso molecular

V = Fracción de la nube representada por vapor o gas si la nube entera se encuentra en la concentración explosiva media, calculada como:

$$= \frac{LEL(\%) + VEL(\%)}{2x100(\%)} \qquad (5)$$

Si se considera estandar una nube de 10 pies, se tiene:

$$D = 7.017\sqrt{\frac{W}{Mv}} \qquad (6)$$

4.5 Cálculo de la energía desprendida.

La energía desprendida por una nube explosiva estará expresada por su equivalente en toneladas de TNT y estará dada por:

$$e = \frac{W \Delta Hcf}{4X10^6} \qquad (7)$$

donde:

W_e = Peso de TNT que produce una fuerza equivalente a la explosividad de la nube (Ton TNT).
ΔHc = Calor de combustión del material (Btu/lb).

f = factor de explosividad.

El factor de explosividad (f) de materiales varía de 0.01 a 0.1 (adimencional) y depende de la capacidad del material a detonar. El valor calculado del factor de explosividad es 0.1 para propelentes de cohetes con oxígeno líquido.

Las nubes explosivas varían de 0.1 a 0.5 o más en caso de catástrofes.

Para el cálculo de DM se usará f = 0.02.
Para el cálculo de DC se tomará f = 0.1.

4.6 Cálculo del diámetro de las ondas expansivas.

Las ondas expansivas consideradas en este método, producto de una explosión, se expresan en unidades de presión y varían de 0.5 psi a 30 psi. Las ondas de mayor presión estarán en una circunferencia cerca del centro de la nube explosiva, mientras que la de menor presión abarcan, una circunferencia de diámetro mayor.

La determinación de los diámetros de estas circunferencias de onda expansiva se lleva a cabo por medio de la figura 4.1.

Se determinarán los diámetros para los valores de We obtenidos tanto para DMP como DMC.

4.7 Determinación de daño.

Para determinar la extensión del daño producido por una nube explosiva se usan las tablas 2.1, 2.2, y 2.3 basadas en los efectos de las presiones de onda expansiva, aunque a éstos deberán adicionarse los posibles incendios y/o explosiones subsecuentes. Este riesgo es importante ya que dentro de la circunferencia de onda expansiva de 5 psi existe la certeza de destrucción de tuberias y si existe riesgo de incendio por esta causa, puede considerarse un daño total (desastre) dentro de esta circunferencia. Entre las circunferencias de 3 y 5 psi existe menor riesgo de rotura de líneas, aunque esta probabilidad es definitiva.

En la determinación del DMP pueden tomarse en cuenta para considerar reducido el daño probable factores como tuberías soldadas, de rociadores, válvulas y tuberías protegidas, sistemas de agua contra incendio asegurados, etc.; sin embargo, para el cálculo de DMC, estos factores no deben tomarse en cuenta.

El análisis de los daños estimados va a mostrar perfiles de porciento de daño a diversas áreas de la Planta.

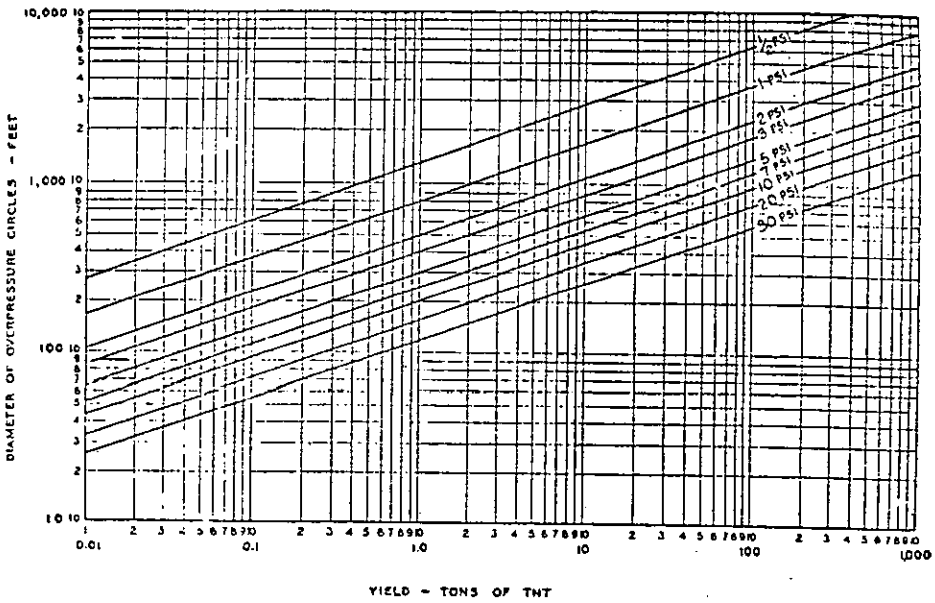


*FIGURA 4.1 DIAMETRO DE LOS CIRCULOS DE SOBREPRESION**

*CELANECE MEXICANA

5. MANUAL DE USUARIO

SISTEMA EXPERTO PARA EL CALCULO DE

"NUBES EXPLOSIVAS"

REALIZO: I.Q. REYNA I. RODRIGUEZ PIMENTEL

ASESOR: I.Q. EDUARDO VAZQUEZ ZAMORA

MENU PRINCIPAL

1.- EFECTUAR CORRIDA DE MODELO
2.- REPORTE IMPRESO
3.- BASE DE DATOS
4.- SALIR
Elige una opción ⟶

De este menú principal la opción no. 1 ejecuta la corrida del modelo la cual nos pide el nombre de la sustancia, así como los datos requeridos para aplicar este modelo, esta opción dará los resultados de peso del material en el sistema, diámetro de la nube formada, el daño máximo probable, el daño máximo catastrófico; además se tabulan DMC (daño máximo catastrófico) y DMP (daño máximo probable) para diversos diámetros de ondas expansivas.

La opción no. 2 ejecuta el reporte impreso, puede imprimir los resultados y la base de datos.

La opción no. 3 ejecuta la base de datos en la cual se encuentran los datos requeridos de algunas sustancias para poder aplicar el modelo de nubes explosivas , esta se encuentra integrada por: A) ALTAS aquí se da de alta cualquier sustancia que no este dentro de la base de datos; B) BAJAS la cual nos pide el nombre de la sustancia a borrar; C) CAMBIOS aquí se puede cambiar las caracteristicas de la sustancias; D) CONSULTAS aquí se puede consultar las propiedades de cualquier sustancia.

La opción no. 4 nos saca del sistema.

CORRIDA DEL MODELO

CORRIDA DEL MODELO

Si se elige la opción 1 aparecerá lo siguiente:

Nombre de la sustancia:

Da el nombre de la sustancia a la que se le desea aplicar el modelo

Aparecerán las características de esta

Nombre de la sustancia: Propano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

Peso molecular:	44
Calor de combustión:	19750
Limite inferior de explosividad:	2.20
Limite superior de explosividad:	9.50
Calor de Vaporización:	
Temperatura de ebullición:	- 42.2
Estado físico:	Gas
Densidad:	
CP-A:	
CP-B:	
CP-C:	
CP-D:	

Después pide la altura de la nube

ALTURA DE LA NUBE (ft) :_____

Inserta el valor

Se elige el tipo de sustancia a la que pertenece:

ELIGE TIPO DE SUSTANCIA
1. - GAS A 500 PSI O MAS
2.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR ENFRIAMIENTO
3.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR EFECTO DE ALTA PRESION
4.- LIQUIDO INFLAMABLE O COMBUSTIBLE
5.- SALIR

Se despliegan los resultados:

RESULTADOS

PESO DEL MATERIAL EN EL SISTEMA (Lb):
DIAMETRO DE LA NUBE FORMADA (ft):
EL DAÑO MAXIMO PROBABLE (Ton de TNT):
EL DAÑO MAXIMO CATASTROFICO ES (Ton de TNT):
Dar enter ↵

Aparece lo siguiente:

DIAMETRO DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[30.0 psi]		
[20.0 psi]		
[10.0 psi]		
[7.0 psi]		
[3.0 psi]		
[2.0 psi]		
[1.5 psi]		
[1.0 psi]		
[0.5 psi]		

Dar enter ↵

Si del menú:

ELIGE TIPO DE SUSTANCIA
1. - GAS A 500 PSI O MAS
2.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR ENFRIAMIENTO
3.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR EFECTO DE ALTA PRESION
4.- LIQUIDO INFLAMABLE O COMBUSTIBLE
5.- SALIR

Se elige el número 2 despliega.

GAS LIQUIDO POR ENFRIAMIENTO
TEMPERATURA DEL PROCESO:

Introduce el dato en °C y dar enter ↵

GAS LIQUIDO POR ENFRIAMIENTO
TEMPERATURA DEL PROCESO:
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL PROCESO:

Introduce el dato en galones y dar enter ↵

RESULTADOS

EL PESO DEL LIQUIDO EN EL PROCESO ES (Lb):
EL DIAMETRO DE LA NUBE FORMADA ES (ft):
EL DAÑO MAXIMO PROBABLE ES (Ton de TNT):
EL DAÑO MAXIMO CATASTROFICO ES (Ton de TNT):
Dar enter

Aparece lo siguiente:

DIAMETRO DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[30.0 psi]		
[20.0 psi]		
[10.0 psi]		
[7.0 psi]		
[3.0 psi]		
[2.0 psi]		
[1.5 psi]		
[1.0 psi]		
[0.5 psi]		

Dar enter

Si del menú:

ELIGE TIPO DE SUSTANCIA
1. - GAS A 500 PSI O MAS
2.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR ENFRIAMIENTO
3.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR EFECTO DE ALTA PRESION
4.- LIQUIDO INFLAMABLE O COMBUSTIBLE
5.- SALIR

Si se elige 3

GAS LIQUIDO A PRESION

GAS LIQUIDO A PRESION

TEMPERATURA DE PROCESO
Introduce el dato en °C

GAS LIQUIDO A PRESION

TEMPERATURA DE PROCESO
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL PROCESO
Introduce el dato en galones

RESULTADOS

EL PESO DEL LIQUIDO EN EL PROCESO ES (Lb):
EL DIAMETRO DE LA NUBE FORMADA ES (ft):
EL DAÑO MAXIMO PROBABLE ES (Ton TNT):
EL DAÑO MAXIMO CATASTROFICO ES (Ton de TNT):
Dar enter ↵

Aparece lo siguiente:

DIAMETRO DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[30.0 psi]		
[20.0 psi]		
[10.0 psi]		
[7.0 psi]		
[3.0 psi]		
[2.0 psi]		
[1.5 psi]		
[1.0 psi]		
[0.5 psi]		

Dar enter ↵

Si del menú:

ELIGE TIPO DE SUSTANCIA
1. - GAS A 500 PSI O MAS
2.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR ENFRIAMIENTO
3.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR EFECTO DE ALTA PRESION
4.- LIQUIDO INFLAMABLE O COMBUSTIBLE
5 - SALIR

Si se elige 4

LIQUIDO INFLAMABLE O COMBUSTIBLE:
TEMPERATURA DEL PROCESO:
Introduce el dato en °C y dar enter ↵

LIQUIDO INFLAMABLE O COMBUSTIBLE:
TEMPERATURA DE PROCESO
VOLUMEN DEL LIQUIDO EN EL PROCESO
Introduce el dato en galones y da enter ↵

CUANTOS CALORES ESPECIFICOS:
Dar el dato de 1 a 5 y se le da enter

RESULTADOS

EL PESO DEL LIQUIDO EN EL PROCESO ES (Lb):
EL DIAMETRO DE LA NUBE FORMADA ES (ft):
EL DAÑO MAXIMO PROBABLE ES (Ton TNT):
EL DAÑO MAXIMO CATASTROFICO ES (Ton de TNT):
Dar enter ↵

DIAMETRO DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[30.0 psi]		
[20.0 psi]		
[10.0 psi]		
[7.0 psi]		
[3.0 psi]		
[2.0 psi]		
[1.5 psi]		
[1.0 psi]		
[0.5 psi]		

Dar enter ↵

Si del menú:

```
ELIGE TIPO DE SUSTANCIA
1. - GAS A 500 PSI O MAS
2.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR ENFRIAMIENTO
3.- GAS EN ESTADO LIQUIDO POR EFECTO DE ALTA PRESION
4.- LIQUIDO INFLAMABLE O COMBUSTIBLE
5.- SALIR
```

Si se elige 5 regresará al menú principal:

```
1.- EFECTUAR CORRIDA DE MODELO
2.- REPORTE IMPRESO
3.- BASE DE DATOS
4.- SALIR
Elige una opción y dar enter ←┘
```

En este caso si se elige la opción 2 de REPORTE IMPRESO se despliega la siguiente pantalla:

```
        MENU DE IMPRESION DEL MODELO

1.- Resultados
2.- Base de datos
3.- Salir
Elija opción ──►
```

Si se elige 1 se despliega la pantalla

```
1.- Diámetros de las ondas expansivas
2.- Resultados
3.- Salir
Elija opción ──►
```

Si se elige 1 imprimirá lo siguiente:

DIAMETRO DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[30.0 psi]		
[20.0 psi]		
[10.0 psi]		
[7.0 psi]		
[3.0 psi]		
[2.0 psi]		
[1.5 psi]		
[1.0 psi]		
[0.5 psi]		

Si elige la opción 2 imprimirá lo siguiente:

RESULTADOS

EL DIAMETRO DE LA NUBE FORMADA ES.
EL DAÑO MAXIMO PROBABLE ES:
EL DAÑO MAXIMO CATASTROFICO ES:

Si se elige la opción 3 lo devolverá a la pantalla:

MENU DE IMPRESION DEL MODELO

1.- Resultados
2.- Base de datos
3.- Salir
Elija opción ⟶

Si elige la opción 2 aparecerá la pantalla:

1.- Consultas
2.- Listados
3.- Salir
Elija opción ⟶

Si elige la opción 1

C O N S U L T A S

QUE SUSTANCIA:

Se le da el nombre de la sustancia a consultar e imprimirá lo siguiente:

```
                    C O N S U L T A S

Nombre de la sustancia: Propano

 DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS
Peso molecular:
        44
Calor de combustión:                    19750
Limite inferior de explosividad:        2.20
Limite superior de explosividad:
        9.50
Calor de Vaporización:
Temperatura de ebullición:              - 42.2
Estado fisico:                          Gas
Densidad:
CP-A:
CP-B:
CP-C:
```

En el caso de que no se encuentre la sustancia elegida aparecerá lo siguiente:

```
El nombre no existe, presione enter para
continuar
```

Se lleva a cabo la instrucción y aparece lo siguiente:

```
Deseas visualizar otro <s/n>
```

Si se da la instrucción **s**

```
                    C O N S U L T A S

QUE SUSTANCIA:

Introduce el nombre de la sustancia
```

```
                    C O N S U L T A S

Nombre de la sustancia: Propano

 DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS
Peso molecular:                          44
Calor de combustión:                     19750
Limite inferior de explosividad:         2.20
Limite superior de explosividad:         9.50
Calor de Vaporización:
Temperatura de ebullición:               - 42.2
Estado fisico:                           Gas
Densidad:
CP-A:
CP-B:
CP-C:
CP-D:
```

Si se elige **n** regresa al menú:

```
MENU DE IMPRESION DEL MODELO

1.- Resultados
2.- Base de datos
3.- Salir
Elija opción ——▶
```

Si elige 3 lo devolverá al menú principal

```
1.- EFECTUAR CORRIDA DE MODELO
2.- REPORTE IMPRESO
3.- BASE DE DATOS
4.- SALIR
Elige una opción ——▶
```

Si de este menú se elige 3 aparecerá lo siguiente;

```
BASE DE DATOS
MENU
1.- Altas
2.- Bajas
3.- Cambios
4.- Consultas
5.- Listados
6.- Salir ——->
```

Si se elige el número 1 aparecerá lo siguiente:

```
                    A L T A S

Introduzca los Datos del Registro

Introduce el nombre de la SUSTANCIA
Propano


Introduce el nombre de la sustancia a la que se
le capturaran los datos
```

Después pide las caracteristicas de la sustancia estas se introducen de la siguiente forma:

```
Introduce el nombre de la SUSTANCIA:
Propano

Peso molecular es:      44

Introduce en unidades de Lb/Lbmol
```

```
Introduce el nombre de la SUSTANCIA:
Propano

Peso molecular es:      44
Calor de combustión:

Introduce en unidades de B.T.U. por libra
```

```
Introduce el nombre de la SUSTANCIA:
Propano

Peso molecular es:      44
Calor de combustión: 19750
Limite inferior de explosividad:          2.20
Limite superior de explosividad:
        9.50
```

Nombre de la sustancia: Propano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

Peso molecular:	44
Calor de combustión:	
Limite inferior de explosividad:.	2.20
Limite superior de explosividad:	9.50
Calor de Vaporización:	

Introduce el calor de vaporización (a temperatura de ebullición) en unidades de cal/g mol

Nombre de la sustancia: Propano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

Peso molecular:	44
Calor de combustión:	
Limite inferior de explosividad:	2.20
Limite superior de explosividad:	9.50
Calor de Vaporización:	
Temperatura de ebullición:	- 42.2

Introduce la temperatura de ebullición en °C

Nombre de la sustancia: Propano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

Peso molecular:	44
Calor de combustión:	
Limite inferior de explosividad:	2.20
Limite superior de explosividad:	9.50
Calor de Vaporización:	
Temperatura de ebullición:	- 42.2
Estado fisico:	Gas

Introduce liquido o gas

En el estado fisico se escribirá su estado normar (liquido, gas), ya que el usuario decidirá dentro del menú como efectuar la corrida del modelo (Gas a 500 psi o mas, Gas en estado liquido por enfriamiento, Gas en estado liquido por efecto de alta presión, Liquido inflamable o combustible, Salir).

Nombre de la sustancia: Propano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

Peso molecular:	44
Calor de combustión:	
Limite inferior de explosividad:	2.20
Limite superior de explosividad:	9.50
Calor de Vaporización:	
Temperatura de ebullición:	- 42.2
Estado fisico:	Gas
Densidad:	

En el caso de liquidos introduce la densidad en g/mL

Nombre de la sustancia: Propano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

Peso molecular:	44
Calor de combustión:	
Limite inferior de explosividad:	2.20
Limite superior de explosividad:	9.50
Calor de Vaporización:	
Temperatura de ebullición:	- 42.2
Estado fisico:	Gas
Densidad:	
CP-A:	
CP-B:	
CP-C:	
CP-D:	

Dar enter↵

Introduce las constantes para obtener el Cp en unidades de calorias/gramo °C

Las constantes CP-A, CP-B, CP-C, CP-D Se capturan para calcular el cp de las sustancias (en el caso de que sea elegida la opción de liquido inflamable o combustible).

En el caso de capturar algún dato mal se tiene que proceder al menú cambios para así cambiar la propiedad en la que existiera algún error.

Al acabar de vaciar todos los datos se le da enter o entrada a la computadora y aparece:

Nombre dado de alta <<s>> si deseas salir de la opción o <<enter>> para otra captura

En el caso de la opción s regresa al menú

BASE DE DATOS MENU 1.- Altas 2.- Bajas 3.- Cambios 4.- Consultas 5.- Listados 6.- Salir ----->

Si se da la opción <<enter>> aparecerá lo siguiente:

A L T A S Introduzca los Datos del Registro Introduce el nombre de la SUSTANCIA butano

Se empezaran a capturar los datos de las siguientes sustancias.

De la opción 2.- Bajas

BORRAR Introduce el nombre de la sustancia a eliminar Propano

Se da el nombre de la sustancia a borrar

Al darselo aparecerá en la pantalla el siguiente mensaje:

Deseas borrarlo <s/n>

Si se le da la opción S lo borra y pregunta:

Deseas seguir borrando registros <s/n>

Si la opción es S

BORRAR Introduce el nombre de la sustancia a eliminar Propano

Se sigue el mismo procedimiento anterior

En el caso de que la opción fuera n entonces se regresaría al menú:

BASE DE DATOS MENU 1.- Altas 2.- Bajas 3.- Cambios 4.- Consultas 5.- Listados 6.- Salir ---->

Si se elige la opción 3 CAMBIOS aparecerá la pantalla

C A M B I O S Introduce el nombre de la sustancia a cambiar. Propano

Al escribir el nombre de la sustancia aparecerá lo siguiente:

Nombre de la sustancia: Propano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

1. Peso molecular:	44
2. Calor de combustión:	19750
3. Limite inferior de explosividad:	2.20
4. Limite superior de explosividad:	9.50
5. Calor de Vaporización:	
6. Temperatura de ebullición:	- 42.2
7. Estado fisico:	Gas
8. Densidad:	
9. CP-A:	
10. CP-B:	
11. CP-C:	
12. CP-D:	

Campo a modificar:

Se captura el número del campo a modificar

Nombre de la sustancia: Propano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

1. Peso molecular:	44
2. Calor de combustión:	19750
3. Limite inferior de explosividad:	2.20
4. Limite superior de explosividad:	9.50
5. Calor de Vaporización:	
6. Temperatura de ebullición:	- 42.2
7. Estado fisico:	Gas
8. Densidad:	
9. CP-A:	
10. CP-B:	
11. CP-C:	
12. CP-D:	

Campo a modificar: 6
Temperatura de ebullición:

Insertar dato correcto y enter ↵

Después aparece la siguiente pantalla

Deseas más cambios <s/n>

Se elige **s**

C A M B I O S

Introduce el nombre de la sustancia a cambiar.
Propano

Dar enter ↵

En el caso de que la opción fuera **n** entonces se regresaría al menú:

BASE DE DATOS
MENU

1.- Altas
2.- Bajas
3.- Cambios
4.- Consultas
5.- Listados

6.- Salir ---->

Si se elige 4 CONSULTAS aparecerá lo siguiente:

C O N S U L T A S

Que sustancia:

Inserte nombre de la sustancia ↵

Al escribir que sustancia se quiere consultar despliega los datos de ésta.

Nombre de la sustancia: Propano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

Peso molecular:	44
Calor de combustión:	19750
Limite inferior de explosividad:	2.20
Limite superior de explosividad:	9.50
Calor de Vaporización:	
Temperatura de ebullición:	- 42.2
Estado fisico:	Gas
Densidad:	
CP-A:	
CP-B:	
CP-C:	
CP-D:	

En el caso de que no estuviera capturado esta sustancia aparecerá lo siguiente:

Este nombre no existe enter para continuar

Al darle enter aparece lo siguiente:

Deseas visualizar otro <s/n>

Al darle s aparecerá lo siguiente:

CONSULTAS

Que sustancia:

Inserta el nombre de la sustancia y dar enter ↵

y se seguirá la mecánica anterior.

Al darle la opción **n aparecerá el menú:**

```
BASE DE DATOS
MENU

1.- Altas
2.- Bajas
3.- Cambios
4.- Consultas
5.- Listados

6.- Salir ----->
```

Al elegir la opción 5 LISTADOS se despliega todos las sustancias capturadas con sus respectivas propiedades.

```
Nombre de la sustancia: Propano

  DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS
Peso molecular:                    44
Calor de combustión:               19750
Limite inferior de explosividad:   2.20
Limite superior de explosividad: 9.50
Calor de Vaporización:
Temperatura de ebullición:         - 42.2
Estado fisico:                     Gas
Densidad:
CP-A:
CP-B:
CP-C:
CP-D:
```

Al darle enter aparecerá la siguiente y así sucesivamente:

```
Nombre de la sustancia: Butano

  DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS
Peso molecular:                    44
Calor de combustión:               19750
Limite inferior de explosividad:   2.20
Limite superior de explosividad:   9.50
Calor de Vaporización:
Temperatura de ebullición:         - 42.2
Estado fisico:                     Gas
Densidad:
CP-A:
CP-B:
CP-C:
CP-D:
Dar enter  <-┘
```

Nombre de la sustancia: Ciclohexano

DESCRIPCION DE LAS CARACTERISTICAS

Peso molecular:	44
Calor de combustión:	19750
Limite inferior de explosividad:	2.20
Limite superior de explosividad:	9.50
Calor de Vaporización:	
Temperatura de ebullición:	- 42.2
Estado físico:	Gas
Densidad:	
CP-A:	
CP-B:	
CP-C:	
CP-D:	

Al terminar de desplegar toda las sustancias de la base de datos regresará al menú:

BASE DE DATOS
MENU

1.- Altas
2.- Bajas
3.- Cambios
4.- Consultas
5.- Listados

6.- Salir ——>

Al elegir la opción 6 SALIR nos devolverá al menú principal:

1.- EFECTUAR CORRIDA DE MODELO
2.- REPORTE IMPRESO
3.- BASE DE DATOS
4.- SALIR
Elige una opción——▶

Al elegir la opción 4 se saldrá del programa.

6. APLICACIONES

Sustancia : Gas en estado LIQUIDO por efecto de alta presión.

DATOS

Nombre de la sustancia: PROPANO			
Peso Molecular	=	44	(lb/lb-mol)
Densidad a Tp	=	0.516	(g/mL)
Temperatura de ebullición		-42.2	(°C)
Calor de Combustión	=	19750	(BTU/lb)
Temperatura del Proceso		20	(°C)
Volumen del Proceso	=	13.470	(gal)
Límite inferior de explosividad	=	2.2	(%)
Límite superior de explosividad	=	9.5	(%)
Altura de la nube		10	(ft)

RESULTADOS

Peso del material Líquido Fugado	=	57.96 lb
Diámetro de la nube	=	33.287 ft
Energía desprendida (DMP)	=	0.005724 Ton. TNT
Energía desprendida (DMC)	=	0.028621 Ton. TNT

DIAMETROS DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[0.5 psi]	230.790	394.642
[1.0 psi]	143.013	244.550
[1.5 psi]	86.700	148.250
[2.0 psi]	71.500	122.270
[3.0 psi]	52.200	89.262
[7.0 psi]	42.900	73.360
[10.0 psi]	35.750	61.137
[20.0 psi]	28.770	36.681
[30.0 psi]	21.450	36.681

Sustancia : Gas en estado LIQUIDO por efecto de alta presión.

DATOS

Nombre de la sustancia: PROPANO

Peso Molecular	=	44	(lb/lb-mol)
Densidad a Tp	=	0.516	(g/mL)
Temperatura de ebullición	=	-42.2	(°C)
Calor de Combustión	=	19750	(BTU/lb)
Temperatura del Proceso	=	20	(°C)
Volumen del Proceso	=	2245.0	(gal)
Límite Inferior de explosividad	=	2.2	(%)
Límite superior de explosividad	=	9.5	(%)
Altura de la nube	=	10	(ft)

RESULTADOS

Peso del material Líquido Fugado	=	9664.235 lb
Diámetro de la nube	=	429.794 ft
Energía desprendida (DMP)	=	0.954343 Ton. TNT
Energía desprendida (DMC)	=	4.771716 Ton. TNT

DIAMETROS DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[0.5 psi]	1270.20	2172.03
[1.0 psi]	787.11	1345.95
[1.5 psi]	477.19	815.98
[2.0 psi]	393.56	672.97
[3.0 psi]	287.29	491.27
[7.0 psi]	236.13	403.78
[10.0 psi]	196.78	336.48
[20.0 psi]	158.40	270.87
[30.0 psi]	118.06	201.89

Sustancia : Gas en estado LIQUIDO por efecto de alta presión.

DATOS

Nombre de la sustancia: PROPANO

Peso Molecular	=	44	(lb/lb-mol)
Densidad a Tp	=	0.516	(g/mL)
Temperatura de ebullición	=	-42.2	(°C)
Calor de Combustión	=	19750	(BTU/lb)
Temperatura del Proceso	=	20	(°C)
Volumen del Proceso	=	8.980	(gal)
Límite Inferior de explosividad	=	2.2	(%)
Límite superior de explosividad	=	9.5	(%)
Altura de la nube	=	10	(ft)

RESULTADOS

Peso del material Líquido Fugado	=	38.645 lb
Diámetro de la nube	=	27.178 ft
Energía desprendida (DMP)	=	0.003816 Ton. TNT
Energía desprendida (DMC)	=	0.019081Ton. TNT

DIAMETROS DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[0.5 psi]	201.6131	344.75
[1.0 psi]	124.93	213.63
[1.5 psi]	75.740	129.51
[2.0 psi]	62.460	106.81
[3.0 psi]	45.600	77.970
[7.0 psi]	37.470	64.090
[10.0 psi]	31.230	53.400
[20.0 psi]	25.140	42.990
[30.0 psi]	18.449	32.040

Sustancia : Gas en estado LIQUIDO por efecto de alta presión.

DATOS

Nombre de la sustancia: PROPANO

Peso Molecular	=	44	(lb/lb-mol)
Densidad a Tp	=	0.516	(g/mL)
Temperatura de ebullición	=	-42.2	(°C)
Calor de Combustión	=	19750	(BTU/lb)
Temperatura del Proceso	=	20	(°C)
Volumen del Proceso	=	3368	(gal)
Límite Inferior de explosividad	=	2.2	(%)
Límite superior de explosividad	=	9.5	(%)
Altura de la nube	=	10	(ft)

RESULTADOS

Peso del material Líquido Fugado	=	14493.986 lb
Diámetro de la nube	=	526.345 ft
Energía desprendida (DMP)	=	1.431281 Ton. TNT
Energía desprendida (DMC)	=	7.156406 Ton. TNT

DIAMETROS DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[0.5 psi]	1453.95	2486.20
[1.0 psi]	900.98	1540.64
[1.5 psi]	546.21	934.010
[2.0 psi]	450.48	770.320
[3.0 psi]	328.85	562.330
[7.0 psi]	270.29	462.190
[10.0 psi]	225.24	385.160
[20.0 psi]	181.32	310.055
[30.0 psi]	135.14	231.098

Sustancia : Gas en estado LIQUIDO por efecto de alta presión.

DATOS

Nombre de la sustancia: PROPANO

Peso Molecular	=	44	(lb/lb-mol)
Densidad a Tp	=	0.516	(g/mL)
Temperatura de ebullición	=	-42.2	(°C)
Calor de Combustión	=	19750	(BTU/lb)
Temperatura del Proceso	=	20	(°C)
Volumen del Proceso	=	224	(gal)
Límite Inferior de explosividad	=	2.2	(%)
Límite superior de explosividad	=	9.5	(%)
Altura de la nube	=	10	(ft)

RESULTADOS

Peso del material Líquido Fugado	=	963.971 lb
Diámetro de la nube	=	135.740 ft
Energía desprendida (DMP)	=	0.095192 Ton. TNT
Energía desprendida (DMC)	=	0.475960 Ton. TNT

DIAMETROS DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[0.5 psi]	589.31	1007.710
[1.0 psi]	365.18	624.450
[1.5 psi]	221.39	378.577
[2.0 psi]	182.59	312.220
[3.0 psi]	133.29	227.920
[7.0 psi]	109.55	187.330
[10.0 psi]	91.29	156.110
[20.0 psi]	73.49	125.670
[30.0 psi]	54.77	93.660

Sustancia : Gas en estado LIQUIDO por efecto de alta presión.

DATOS

Nombre de la sustancia: PROPANO			
Peso Molecular	=	44	(lb/lb-mol)
Densidad a Tp	=	0.516	(g/mL)
Temperatura de ebullición	=	-42.2	(°C)
Calor de Combustión	=	19750 (BTU/lb)	
Temperatura del Proceso	=	20	(°C)
Volumen del Proceso	=	24702	(gal)
Límite Inferior de explosividad	=	2.2	(%)
Límite superior de explosividad	=	9.5	(%)
Altura de la nube	=	10	(ft)

RESULTADOS

Peso del material Líquido Fugado	=	106303.575 lb
Diámetro de la nube	=	1425.446 ft
Energía desprendida (DMP)	=	10.497478 Ton. TNT
Energía desprendida (DMC)	=	52.487390 Ton. TNT

DIAMETROS DE ONDAS EXPANSIVAS

Para	[DMP]	[DMC]
[0.5 psi]	2824.89	4830.51
[1.0 psi]	1750.51	2993.34
[1.5 psi]	1061.25	1814.71
[2.0 psi]	875.25	1496.67
[3.0 psi]		
[7.0 psi]		
[10.0 psi]		
[20.0 psi]		
[30.0 psi]		

CONCLUSIONES

Este trabajo cuenta con la ventaja de que calcula nubes explosivas rápidamente, es fácil de manejar; pero se prefiere que lo ejecute una persona que conozca el proceso, ya que así no tendrá duda al elegir las opciones adecuadas. También nos ahorra la búsqueda de propiedades acordes con el modelo ya que se encuentran en las unidades correspondientes.

Las desventajas en el presente trabajo son: 1) que tiene dentro de la base de datos muy pocas sustancias, ya que solo se encuentran en este las que pueden formar nubes explosivas; 2) solo determina los diámetros para Daño Máximo Catastrófico y Daño Máximo Probable; no determina los daños que pueden causar estas explosiones.

Para mejorar este sistema tendríamos que incorporarle las sustancias que no se encontraran dentro de este sistema.

Así mismo, se puede decir que el principal objetivo de los sistemas expertos es el de acumular y preservar la experiencia y conocimiento generados durante el trabajo en un área específica, organizándose de una forma tal que cualquier humano con experiencia mínima o sin ella pueda aplicar este sistema, teniendo como ventaja el ahorro de tiempo en horas-hombre, costos y calidad de la labor realizada debido a la ausencia de un experto (humano) disponible en el ramo que se este llevando a cabo el estudio, como lo es el análisis de riesgos con base a nubes explosivas.

Por último se puede decir que el futuro de este tipo de herramientas es promisorio, debido a los múltiples adelantos y necesidades del conocimiento humano en sus diversas aplicaciones.

Ahora bien, la aplicación de este tipo de tecnología ayuda a darle velocidad al desarrollo de los trabajos (como ya se mencionó); y aplicados en particular a la carrera de ingeniería química, permitiendo que esta tenga un mejor desenvolvimiento de los sistemas expertos que requieran el análisis de riesgo con sustancias explosivas, permitiendo ejecutar de forma interna las regla heurísticas, bases de datos, modelos y herramientas necesarias para la mejor aplicación a un caso determinado.

BIBLIOGRAFIA

1. Continuing Engenierering Studies. U.T. (1993 October). Hazard Assesment and Risk Analysis techniques for Process Industries.

2. Kletz T.A. (1977, September) Jncofined vapor cloud explosions. In Chemical Engineering Progress (Ed) Loss Prevention: Vol. 11 (pp 50-55).

3. Lee J.H. Guirao C. M., Chiu K.W. & Bach G.G. (1977, September). Blast Effects from Vapor Cloud Explosions. In Chemical En gieering Progress (Ed) Loss Prevention; vol. 11 (pp. 59-69).

4. Hopp Vollrath. Fundamentos de Tecnología Quimica. Edit. Reverté, S. A. España 1984.

5. SEDESOL. Residuos peligrosos en el Mundo y en México. Serie de monografias No. 3.

6. Sangiovanni. "Expert systems in industry: A survey." Chemical Engineering Progress 83 (9) pp. 52-59 (1987).

7. Stephanopoulos G. " The future of expert sytem in chemical Engineering" Chemical Engineering Progress 83 (9) pp. 44-51 (1987).

8. Badiru, A. B. "Expert System Aplications in engineering and manufacturing," Prentice Hall Englewodd Cliffs N.J. U:S.A. (1992).

9. Zarlo Métrico:"Simple methods of microdetermination of industrial toxics in air."

10. Bikins. "The chemistry of industrial toxicology."

11. Cage Truhaut, Staffofrd:"Methods for determination of toxic subtances in air."

12. Paty. "Industrial hygiene and toxicology."

13. Turner D.B. "Workbook of atmosphere dispersion estimates". Environmental Protection agency, office of air programs, Research triangle park, North Carolina 1970.

14. Perry ." Manual del Ingeniero Quimico." Edit. Mc Grall Hill

15. Reid R. and Sherwood. "Propierties of gases and liquids: their stimation and correlation." Edit. Mc Graw Hill.

16. Russo M. F. And R. L: Peskin "Knowledge-based systems for the engineer" Chem. Eng. Prog. 83(9) (1987)

17. Base de datos CC.

18. "Toxic and hazadous industrial chemicals safety manual for hadling and disposal." Edit. International Technical information Institute.

19. Mureell, John Norman. Properties of liquids and solutions. Edit. J.Wiley

20. SEDUE. Sistema de información rápida de impacto ambiental. 1985

GLOSARIO DE TERMINOS

CALOR LATENTE DE VAPORIZACION: Cantidad de calor que se requiere para cambiar una unidad de peso de líquido a vapor sin cambio en la temperatura.

CALOR DE COMBUSTION: Calor liberado cuando una sustancia arde por completo en el oxígeno.

CALOR DE VAPORIZACION: Calor requerido para cambiar un líquido a gas.

CALOR ESPECIFICO: Cantidad de calor necesaria para elevar 1 gramo de sustancia 1 °C; es también la razón entre la capacidad térmica de una sustancia y la del agua a 15 °C. El calor específico de los fluidos varía con la temperatura y con la presión.

CAPACIDAD CALORIFICA. Cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado la temperatura de un sistema o sustancia, se expresa en calorías por grado centígrado.

CENTIPOISES: Es la centésima parte de un poise, el cual a su vez es la unidad métrica de viscosidad equivalente a un dina por segundo y por centímetro cúbico, todo ello medido a la misma temperatura.

DEFLAGRACION: Reacción química acompañada de vigoroso desprendimiento de calor, llama, chispas o chisporroteo de partículas de ignición.

DETONACION: Reacción química exotérmica que se propaga con tal rapidez que la velocidad de avance de la zona de reacción por el material no reaccionado excede la velocidad del sonido en el material sin reaccionar; esto es, que la zona de reacción que avanza va precedida por una onda de choque.

DENSIDAD: Masa entre unidad de volumen, en el sistema inglés, peso de un unidad de volumen, expresada habitualmente como libras por pie cúbico.

EXPLOSIVIDAD: Las sustancias explosivas son aquellas que de manera espontánea o por reacción química pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad tales que causen daño a los alrededores.

FLAMABILIDIDAD: La flamabilidad de un material tiene que ver con su grado de susceptibilidad para arder, al aumentar su temperatura . Las sustancias más flamables son líquidos con punto de ignición por debajo de 60 grados centígrados.

IGNICION: Proceso de iniciar la inflamación de una mezcla combustible, o los medios utilizados para el mismo. Denominado también encendido.

INTRINSECO: Que es propio de algo por sí mismo. Que constituye la sustancia de algo: las dificultades intrínsecas de un asunto.

LIMITE BAJO DE EXPLOSIVIDAD (LOWER EXPLOSIVE LEVEL)(LEL): Se refiere a la concentración mínima de vapores de una sustancia, mismo que pueden explotar si se calientan. Se expresa como porcentaje de vapor en el aire.

LIMITE SUPERIOR DE EXPLOSIVIDAD (UPPER EXPLOSIVE LEVEL)(UEL): Se refiere a la concentración más alta de vapores de una sustancia, los cuales, en presencia de calor, explotarán. Se expresa como porcentaje de vapor en el aire.

PUNTO DE EBULLICION: Temperatura a la que una sustancia cambia de estado líquido al gaseoso. El punto de ebullición del agua es de 100 °C. Esta expresión se refiere también a la temperatura.

PRESION DE VAPOR: Presión a la cual un líquido y sus vapores se encuentran en equilibrio a una temperatura dada. Si la presión del vapor alcanza la presión atmosférica prevaleciente, el líquido hierve.

SUSTANCIAS EXPLOSIVAS: Son aquellas que producen una expansión repentina por turbulencia originada por la ignición de cierto volumen de vapor inflamable acompañada por ruido, junto con fuerzas físicas violentas, capaces de dañar seriamente las estructuras por el paso de los gases que se expanden rápidamente.

TEMPERATURA DE AUTOIGNICION: Es la temperatura más baja en la cual un material flamable, al mezclarse con el aire, se incendia por sí sólo, sin la presencia de una flama o chispa. En una atmósfera enriquecida con oxígeno puede ocurrir que una mezcla flamable se incendie espontáneamente, a temperaturas más bajas que las normales.

TEMPERATURA DE IGNICION: Es la temperatura más baja en la cual un material emite vapores flamables en cantidad suficiente para incendiarse en presencia del aire, ante cualquier fuente de ignición.

ANEXO

PRIMER LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS*

En el Diario oficial de la Federación del 28 de marzo de 1990, se publicó el Acuerdo por el que las Secretaría de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5to. Fracción X y 146 de la Ley General del equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal expiden el primer listado de actividades altamente riesgosas:

I. Cantidad de reporte: a partir de 1 kilogramo

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Acido cianhídrico
Arsina
Cloro (1)
Dióxido de nitrógeno
Fosgeno
Ozono (2)
Tetrafluoruro de azufre
Acido fluorhídrico- (fluoruro de hidrógeno)
Cloruro de hidrógeno
Diborano
Flúor
Hexafluoruro de telurio nitrico
Seleniuro de hidrógeno
Tricloro de boro

B) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acrolina
Bromuro de propargilo
Carbonilo de níquel
Clorometil metil eter
Dioxolano
Fluoruro de cianúrico
Isocianato de metilo
Metil vinil cetona
Sulfuro de dimetilo
Alil amina
Butil vinil éter
Ciclopentano
Cloruro de metacriloilo
Disulfuro de metilo
Furano
Metil hidracina
Pentaborano
Tricloroetil silano

C) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

2 Clorofenil tiourea
2,6 Dinitro-O-cresol
Acido cloroacético
Acido tiociánico 2 benzo-cianico
Arseniato de calcio
Bromodiolona
Carbonilos de cobalto
Cianuro de sodio
Cloruro crómico
Cloruro platinoso
Cobalto 2,2 (1,2 etano)
Decaborano
Difacionona
Dimetil- p. Fenilendiamina
Endosulfan
Estereato de cadmio
Fenamifos
Fluroacetamida
Fósofo de cinc
Hexacloro naftaleno
Metil anzifos
Monocrotofos (Azodrin)
Paraquat
Pentadecilamina
Pentóxido de fósforo
Pireno
Seleniato de sodio
Tetracloruro de iridio
Tetraóxido de osmio
Triclorofon
2,4 Ditiobiuret
Acido bencen arsénico
Acido metil-o-carbamilo
Aldicarb
Bis clorometil cetona
Carbofurano (Furadan)
Cianuro de potasio
Cloroplatinato de amonio
Cloruro de dicloro benzalkonio
Cobalto
Complejo de organorodio
Dicloro xileno
Diisocianato de soforona
Dixitoxín
EPN
Estricnina
Fenil tiourea
Fosfóro (rojo, amarillo y blanco)
Fosmet
Hidruro de litio
Metil paration
Oxido de cadmio
Paraquat-metasulfato
Pentóxido de arsénico
Pentoxido de vanadio
Piridina, 2 metilm 5 vinil
Sulfato de talio
Tetracloruro de platino
Tiosemicarbazida
Trióxido de azufre

II. Cantidad de reporte: a partir de 10 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Acido sulfhídrico
Fosfina
Trifluoruro de boro
Amoniaco anhidro
Metil mercptano

B) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

1,2,3,4 Diepoxibutano
Bromo
Isofluorato
Oxicloruro fosforoso
Propionitrilo
Tetracoruro de titanio
Vinil norbomeno
2, cloroetanol
Cloro de acriloilo
Misitileno
Pentacarbonilo de fierro
Pseudocumeno
Tricloro(clorometil silano)

C) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

Acetato de metoxietilmercurio
Acetato mercúrico
Arsenito de sodio
Bromuro de cianógeno
Cloruro de mercurio
Fenol
Hidroquinona
Lindano
Malononitrilo
Oxido mercúrico
Pentacloruro de fósforo
Selenito de sodio
Telurito de sodio
Tricloruro de galio
Acetato fenil mercúrico
Arsenito de potasio
Azida de sodio
Cianuro potásico de plata
Cloruro de talio
Fosfato etilmercúrico
Isotiocianato de metilo
Malonato taloso
Niquel metálico
Pentaclorofenol
Salcomina
Telurio
Tiosemicarbacida acetona
Warfarin

III. Cantidad de reporte: a partir de 100 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Bromuro de metilo
Oxido de etileno
Etano (3)

En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

2,6- Diisicianato de tolueno
Acetato de vinilo
Acrilonitrilo
Beta propiolactona
Crotonaldehido
Eter bis-cloro metílico
Metil tricloro sitano
Oxido de propileno
Pentafluoruro de antiminio
Piperidina
Tetrametilo de plomo
Triclorobenceno
Trietoxisilano
Acetaldehído
Acido nítrico
Alcohol alílico
Cloroacetaldehido
Disulfuro de carbono
Hidracina
Nitrosodimetilamina
Pentacloroetano
Pentaclorometil mercaptano
Propilenimina
Tetranitrometano
Tricloruro de arsénico
Trifluoruro de boro

C) En el caso de las siguientes sustancias en estado sólido:

Acido cresílico
Acrilamida
Metomil
Yoduro cianógeno
Acido selenioso
Carbonato de talio
Oxido tálico

IV. Cantidad de reporte: a partir de 1,000 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Butadieno

B) En el caso de las siguiente sustancias en estado líquido*

Acetonitrilo
Cianuro de bencilo
Epiclorohidrina
Oxicloruro de selenio
Tetracloruro de carbono (3)
Trimetil silano
Benceno (3)
2,4-Diisocianato de tolueno
Isobutironitrilo
Peróxido de hidrógeno
Tetraetilo de plomo

V. Cantidad de reporte: a apartir de las siguientes sustancias en estado líquido:

2,4,6, Trimetil anilina
Ciclohexilamina
Diclorometil fenil silano
Forato
Gas mostaza; sinónimo (sulfato de bis(2-cloroetilo)
Lactonitrilo
Metanol
Percloroetileno
Tiocianato de etilo
Anilina
Cloruro de bencen sulfonilo
Etilen diamina
Formaldehído cianohidrina
Hexacloro ciclopentadieno
Mecloretamina
Oleum
Sulfato de dimetilo
Tolueno (3)

VI. Cantidad de reporte a partir de 100,000 hilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

1,1- Dimetil hidracina
Cumeno
Eter diglicidílico
Nevinfos (fosforin)
Tricloroforamida
Anhídrido metacrílico
Eter dicloroetílico
Fenil dicloro arsina
Octametil difosramida
Tricloro denil silano

VII. Cantidad de reporte a partir de 1000,000 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Adiponitrilo
Dibutiftalato
Dimetil 4- ácido fosfórico
Dioctilftalato
Metil-5-Dimeton
Tricloruro fosforoso
Clordano
Dicrotofos (bidrin)
Dimetilftalato
Fosfamidón
Nitrobenceno

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales

(2) Se aplica exclusivamente a actividades donde se realicen procesos de azonización.

(3) En virtud de que la sustancia presenta además propiedades explosivas o ininflamables, también será considerada, en su caso, en el proceso para determinar los listados de actividades altamente riesgosas, correspondientes a aquéllas en que se manejen sustancias explosivas o ininflamables.

FUENTE: Regulación y gestión de productos químicos en México, Instituto Nacional de Ecología. SEDESOL,1994.

* Para determinar si en una empresa química, las actividades que se realizan clasifican como altamente riesgosas, es necesario identificar las sustancias peligrosas y las cantidades mínimas que se manejen en producción., almacenamiento, etc., y revisar si aparecen en los listados de actividades altamente riesgosas. (Ver definición de cantidad de reporte)

SEGUNDO LISTADO DE ACTIVIDADES ALTAMENTE RIESGOSAS

Acuerdo por el que las Secretarias de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecologico y la Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. Diario oficial de la federación del 4 de mayo de 1992.

I. Cantidad de reporte: a partir de 500 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso:

Acetileno
Anhidrido hipocloroso
Butadieno
2-Buteno (cis,trans)
Ciclobutano
Cloruro de metileno
Difluoro 1-Cloroetano
2,2-Dimetil propano
Eter metilico
Fluoruro de etilo
Hidrógeno
Metilamina
Propano
Propino
Tetrafluoroetileno
Trimetilamina
Acido sulfhídrico
Butano (n,iso)
1-Buteno
Cianógeno
Ciclopropano
Cloruro de vinilo
Dimetil Amina
Etano
Etileno
Formaldehído
Metano
2-metilpropeno
Propileno
Sulfuro de carbonilo
Trifluorocloroetileno

B) En el caso de las sustancias en estado gaseoso no previstas en el inciso anterior y que tengan las siguientes caracteristicas:

Temperatura de inflamación <37.8°C
Presión de vapor>760 mmHg
Temperatura de ebullición <21.1 °C

C) En el caso de las siguientes sustancias en estado liquido:

2 Butino
Etilamina
Metil etil éter
Oxido de etileno
Cloruro de etilo
3-metil -1-buteno
Nitrato de etilo
1-pentano

II. Cantidad de reporte: a partir de 3,000 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado liquido:

Acetaldehído
Amileno (Cis,trans)
Disulfuro de arbono
2-metil -2 buteno
Pentano (n, iso)
Sufuro de dimetilo
Acido cianhídrico
Colodión
2-metil-1buteno
Oxido de propileno
1 Peteno

III. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado liquido:

Acroleina
Bromuro sw atilo
Ciclopentano
1-cloro propileno
Cloruro de atilo
Cloruro de propilo (n, iso)
Dietilamina
2,2- Dimetilbutano
2,3-Dimetil 1-buteno
2-etil 1-buteno
Eter vinílico
Alil amina
Carbonilo de níquel
Ciclopeteno
2-cloropropileno
Cloruro de acetilo
1,1- Dicloroetileno
Dihidropiran
2,3-Dimetilbutano
2,3-Dimetil 2-buteno
Eter dietílico
Etilico mercaptano

Etoxiacetileno
Formato de metilo
Isopreno
2-metil pentano
2-metil-1-penteno
4-metil-1-penteno
2-metil-2-propanotiol
Metil triclorosilano
Propenil etil éter
Triclorosilano
Vinil isopropil éter
Formiato de etilo
Furano
Isopropenil acetileno
3-metil pentano
2-metil-2-penteno
4-metil-2-penteno
Metil propil acetileno
Propil amina (n,iso)
Tetrahidrofurano
Vinil etil eter

IV. Cantidad de reporte: a partir de 20,000 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acetato de etilo
Acetato de vinilo
Acrilato de metilo
Alcohol metílico
Benceno
Butilamina (n,iso,sec,ter)
Ciclohexeno
2-cloro-2-buteno
Cloruro de vinilideno
Dicloroetileno (cis,trans)
Dimetildiclorosilano
2,3, dimetil pentano
Dimetoxi metano
Diisopropilamina
Eter etil propílico
Eter propílio (n,iso)
Eter ciclobutano
Etil diclorosilano
Etilennimina
Fluorobenceno
2-hexeno (cis,trans)
Hepteno
Heptileno 2 trans
Hexano (n,iso y mezclas de isómeros)
2 metil furano
Metil ciclopentano
Metil éter propílico
3 metil hexano
2 metil tetrahidrofurano
Monóxido de butadieno
2,5-Norbornadieno
Oxido de pentametileno
Pirolidina
Propionato de metilo
Trietil amina
2,3,3-Trimetil-1-buteno
2,4,4- Trimetil-2-penteno
Trimetilclorosilano
Acetato de metilo
Acetona
Acrilonitrilo
Alcohol etílico
1-bromo-2-buteno
Ciclohexano
Cicloheptano
Cloruro de butilo (n,iso,sec,ter)
Dicloroetano
1,2 dicloroetileno
1,1,Dimetil hidrazina
2,4 dimetil pentano
Diisobutileno
Dioxolano
Eter propílico
Eter butil éter
Etil ciclopentano
Etil metil cetona
Formiato de propilo(n,iso)
1-hexeno
Heptano (n, iso y mezclas de isómeros)
Heptileno
1,4 Hexadieno
Isobutiraldehido
Metil ciclohexano
Metil dicloro silano
2 metil hexno
Metil pirrolidina
Metil vinil cetona
Nitrato de etilo
Oxido de butileno
1,2-Oxido de butileno
Propionaldehido
Propionato de vinilo
2,2,3- Trimetil butano
2,3,4-Trimetil-1-penteno
3,4,4- Trimetil-2-penteno
Vinilisobutil éter

V. Cantidad de reporte: a partir de 50,000 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado gaseoso.

Gas L.P. comercial (1)

VI. Cantidad de reporte: a partir de 100,000 kilogramos

A) en el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Acetato de propilo
Alcohol desnaturalizado
Alcohol alílico
Alcohol propílio (iso)

Amilamina (n, sec)
Butirato de metilo
Butironitrilo(N,iso)
2,3- dimetil hexano
Eter alílico
2-metil2-butanol
2-metil-3-etil pentano
Metil metacrilato
Propionato de etilo
Propionao de etilo
Tetrametilo de pomo
2,2,4- Trimetil pentano
Tolueno
Bromuro de N-butilo
Butirato de metilo
1,2-dicloropropano
P-dioxano
Formiato de isobutilo
2-metil butiraldehído
3-metil2-butanotiol
Piperidina
Propionato de etilo
Propionitrilo
2,2,3- Trimetil pentano
2,3,3- Trimetil pentano

VII. Cantidad de reporte: a partir de 200,000 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido.

Acetal
Acetato de isoamilo
Acetonitrilo
Alcohol amílico (n, sec)
Amil mercaptan
1-butanol
Butirato de etilo (n,iso)
Cloruro de amilo
Cumeno
Dietílico carbonato
1,3-dimetil ciclohexano
Estireno
Etil butilamina
Etil ciclohexano
Etileno-glicol dietílico éter
Isobromuro de amilo
Metacrilato de etilo
Metil propil cetona
Nitrometano
Octeno (iso)
2-Octeno
2,2,5-trimetil hexano
Xileno (m,o,p)
Acetato de butilo (iso,sec)
Acetato de isopropenilo
Acrilato de isobutilo
Alcohol butílico (iso,sec,ter)
Benzotrifluoruro
Butil mercaptan (n,sec)
Clorobenceno
Crotonaldehído
Dietilcetona
1,3-dimetil butilamina
1,4-dimetil ciclohexano (cis,trans)
Etilbenceno
2-etilbutiraldehído
Etilendiamina
Ferropentacabonilo
Isoformiato de amilo
Metil isobutil cetona
Nitroetano
Octano (n,iso)
1-Octeno
Oxido de mesitilo
Vinil triclorosilano

VIII. Cantidad de reporte: a partir de 10,000 kilogramos

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido, no previstas en las fracciones anteriores y que tengan las siguientes caracteristicas:

Temperatura de inflamación < 37.8 °C
Presión de vapor > 760 mmHg
Temperatura de ebullición > 21.1 °C

IX: Cantidad de reporte: a partir de 10,000 barriles

A) En el caso de las siguientes sustancias en estado líquido:

Gasolina (1)
Kerosenos incluye naftas y diáfano (1)

(1) Se aplica exclusivamente a actividades industriales y comerciales.

CANTIDAD DE REPORTE: Cantidad mínima de sustancia peligrosa en producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, o la sumas de estos existentes en una instalación o medio de transporte dados, que al ser liberada, por causas naturales o derivadas de las actividad humana ocasionaría un efecto significativo a la población, o a sus bienes.