

Título: “Escenarios de Fuego en Refinería”.

Expositor: Fernando Stevanato.

Empresa : Repsol YPF.

Resumen:

Resulta de interés en la industria petrolera, efectuar un análisis de riesgo preliminar de las instalaciones, advirtiéndole sus puntos críticos, para detectar las medidas necesarias de mitigación frente a un siniestro.

Se han desarrollado varios modelos matemáticos de simulación que permiten una vez identificado los escenarios de mayor riesgo (en función de los materiales combustibles, tóxicos, etc.), poder evaluar las zonas de intervención durante la emergencia y los daños ocasionados tanto a las personas como a las instalaciones.

Para cada uno de los escenarios planteados se definen los planes de actuación con el objeto de minimizar los daños y las posibilidades de propagación del siniestro. Dichos planes incluyen:

Maniobras Operativas: bloqueos de válvulas para aislar sectores, descarga de equipos, despresurización, venteos, etc.

Acciones de Control: enfriamiento, mitigación, extinción , etc.

Identificación de zonas: intervención, alerta y áreas seguras, para proteger a los operadores y personal de brigada.

Este tipo de estudio sirve de base para efectuar los simulacros operativos y de extinción, en forma conjunta, lo permite una herramienta básica de entrenamiento.

“Escenarios de Fuego en Refinería”.

1.- Introducción

Con el Objeto de lograr un adecuado manejo de las emergencia, se ha realizado un estudio integral de las Situaciones de Riesgo de Incendio, Explosión y Escape de Gases, en cada una de las Unidades de Proceso y Almacenamiento del C.I.L.C. “Complejo Industrial Refinería Luján de Cuyo”.

El proyecto está destinado a brindar una herramienta que permita en caso de emergencia disponer de una guía breve y concreta de intervención, tanto a nivel de maniobras operativas, como pautas de ataque al siniestro. Para lo cual se han analizado diferentes escenarios o hipótesis de siniestro de cada una de las unidades en función de los inventarios de Hidrocarburos, y de Sustancias Peligrosas (LPG, SH2, etc.), de los estudios de análisis de riesgos operativos (HAZOP) y de experiencias Internacionales.

El estudio se logró mediante la participación activas de los Ingenieros de cada una de las unidades de proceso, personal operativo, y de Seguridad y expertos a nivel internacional. Con esta información se utilizo Modelos Matemáticos de Dispersión de nubes, explosiones, etc., avalados internacionalmente.

Para lograr un adecuado beneficio de esta herramienta se están realizando prácticas simuladas de rutina en forma semanales de cada uno de los escenarios, de forma los integrantes de las brigadas de ataque con el personal operativo se familiarizan, de manera de evitar improvisaciones que generalmente son poco eficientes en situación de crisis.

Mediante este estudio se evaluó adicionalmente las necesidades de abastecimiento de agua para cada escenario y como el estudio se realizó en la integridad de la refinería, se recalculo la red de incendio conforme a estándares Internacionales como FM (Factory Mutual) , NFPA (National Fire Protection Asociation), cumplimiento de la legislación vigente, estándares de la compañía y recomendaciones de la compañía de seguros.

Asimismo el modelo nos ofrece una estimación de las posibles consecuencias de daños personales y materiales.

2.- Desarrollo

Los escenarios planteados han sido definidos en función de su criticidad, y se han analizado en función de cada una de las situaciones de riesgo, contemplando la posibilidad de los siguientes tipos de siniestros:

- Incendio de charco o *pool fire* (confinado o no confinado).
- Incendio de tanque.
- Dardo de fuego o JET FIRE.
- Boil Over.
- BLEVE.
- Explosión confinada (CVE).
- Explosión no confinada (UVCE).
- Deflagración / detonación de nube de gas o vapor inflamable (UVCE).

- Dispersión de nube de vapor o gas tóxica.
- Derrame de productos no confinados.
- Dispersión de humos de combustión.

La criticidad de cada uno de los escenarios de fuego fue definida en relación de:

- Inventario de hidrocarburos y sustancias tóxicas.
- Factor energético: presión, calor de combustión.
- Factor tiempo: para una cantidad determinada de producto cuanto más corto sea el tiempo de escape más elevadas serán las concentraciones a una determinada distancia, y más difícil e improbable será la huida o la evacuación de la población y el control de la situación.
- Relación intensidad/distancia del equipo y personas.
- Factor de exposición. Estudiar la distribución sobre el terreno de los efectos (radiación, concentración) y de las personas, para no llegar a conclusiones excesivamente alarmistas u optimistas.
- Estudios preliminares de riesgo, análisis de riesgo operativos (HAZOP) de las instalaciones, recomendaciones de compañías de seguro y análisis de eventos catastróficos ocurrido en el mundo.

Para cada uno de los escenarios planteados se definieron los planes de actuación (contingencia), con el objeto de minimizar los daños y la posibilidad de propagación del siniestro. Dichos planes incluyen, entre otros aspectos:

- Maniobras operativas: bloqueo de válvulas para aislar sectores de las unidades, descarga de equipos, despresurizaciones, venteos, by-pass y otras acciones a realizar por los operadores de las unidades.
- Acciones de control, enfriamiento, mitigación y extinción, incluido medidas de protección pasiva (Ej. confinamiento de derrames) a desarrollar por el personal de Seguridad.
- Identificación de zonas de intervención y zonas de alerta para proteger a los operadores y personal de Seguridad de planta.
- Planos y/o gráficos necesarios para su mejor interpretación.

Con la información relevada y mediante apoyo de modelos matemáticos de simulación reconocidos internacionalmente, se lograron obtener los círculos de intervención en la emergencia en función de la estimación de daños.

Para el estudio se utilizó el modelo de **BREEZE HAZ fire / explosión / Dispersión de Nubes**, para evaluar el alcance de daños relacionados con escenarios de BLEVE, fuegos de charco confinados y no confinados, explosiones de nubes confinadas y no confinadas, JET FIRE. El sistema evalúa mediante la cálculos valores de radiación, sobrepresión y dispersión de gases , etc.

Para el caso de:

- **Fuegos de charco confinados.** El modelo calcula la distancia a varios niveles de radiación especificados por el usuario y también posibilita el cálculo del incremento de la temperatura a una distancia dada.

- **Fuegos de charco no confinados.** El modelo calcula la distancia a varios niveles de radiación especificados por el usuario y el flujo de radiación como una función del tiempo a una distancia determinada siguiendo la expansión del derrame.
- **Dardo de fuego.** El modelo calcula la distancia a varios niveles de radiación especificados por el usuario y puede calcular las dimensiones de un dardo de fuego de alta velocidad emergente de una tubería fracturada.
- **BLEVE.** El modelo calcula la distancia a varios niveles de radiación especificados por el usuario y puede calcular las dimensiones de un dardo de fuego de alta velocidad emergente de una tubería fracturada.
- **U.S. Army TNT Equivalency.** Basado en el trabajo de la U.S. Army, este modelo utiliza una relación proporcional entre la masa inflamable en una nube un peso equivalente de TNT. El modelo supone que la totalidad de la masa entra en explosión y que la explosión se centra en una única y determinada ubicación. El modelo utiliza una o dos curvas de la onda expansiva, dependiendo si la simulación se hace suponiendo como una presión sobre una superficie o bien al aire libre.
- **TNO Multi-Energy.** Este modelo trata la explosión potencial de una nube de vapor como un número de cargas equivalentes de combustible-aire. La explosión de la nube de vapor se modela como una serie de sub-explosiones correspondiendo cada sub explosión a una fuente potencial explosiva dentro de la nube.
- **AFTOX – IMPUFF** (nubes de gases neutras): es un programa utiliza información provista, conforme a datos sobre propiedades físicas tomados de su extensa base de información, para predecir como una nube de gas peligroso se puede dispersar en la atmósfera después de una pérdida o fuga accidental.

Esta herramienta de simulación permite predecir cantidades de productos químicos emergentes de cañerías de gas fracturadas y/o con pérdidas importantes, tanques o recipientes con pérdidas, dando lugar a la modelización de la dispersión tanto de gases con distintas densidades respecto del aire. Como “output” los distintos programas arrojan los siguientes resultados:

- Para nubes “tóxicas”: los umbrales de seguridad TLV/TWA (tolerancia límite) e IDLH/IPVS (riesgo inmediato para la salud y la vida de las personas).
- Para nubes “inflamables”: contemplando los límite inferior de inflamabilidad.

I - CONCEPTOS GENERALES.

1.- Tipos de Fenómenos Peligrosos. En general, los accidentes mayores están relacionados con los siguientes tipos de fenómenos :

- Tipo térmico: radiación térmica.
- Tipo mecánico: ondas de presión.
- Tipo químico: emisión a la atmósfera o vertido incontrolado de sustancias contaminantes tóxicas o muy tóxicas.

Veamos cuales son las magnitudes físicas que determinan el daño y los valores límite que se deben respetar.

1.1.- Fenómenos de tipo térmico:

- Radiación térmica emitida por llamas y cuerpos incandescentes en incendios y deflagraciones. Valores límite de exposición humana: 5 kw/m² durante un tiempo máximo de exposición de 3 minutos para la zona de intervención y 3 kw/m² para la zona definida como de alerta; en ambos casos sin ropa de protección.

1.2.- Fenómenos de tipo mecánico producidos por explosiones y deflagraciones:

- Valor local del impulso de la onda de presión. Valores límites de exposición humana: 150 mbar para la zona de intervención y 100 mbar para la zona definida de alerta.
- Sobre presión estática de la onda de presión (pico máximo de la onda de presión). Valores límite: 125 mbar para la zona de intervención y 50 mbar para la zona definida de alerta.
- Alcance máximo de los proyectiles con un impulso superior a 10 mbar producidos por la explosión, a causa del estallido original en una instalación industrial, o bien originados en otras sucesivas, como consecuencia de estos fenómenos o por desprendimiento de fragmentos debidos a una onda de presión. Valores límites: alcance del 95 % de los proyectiles en la zona de intervención y alcance del 99,9 % de los proyectiles en la zona de alerta.

Se tiende a planificar sólo con el alcance de la sobre presión estática, más fácil de estimar que el valor del impulso de la onda de presión.

1.3.- Para fenómenos de tipo químico:

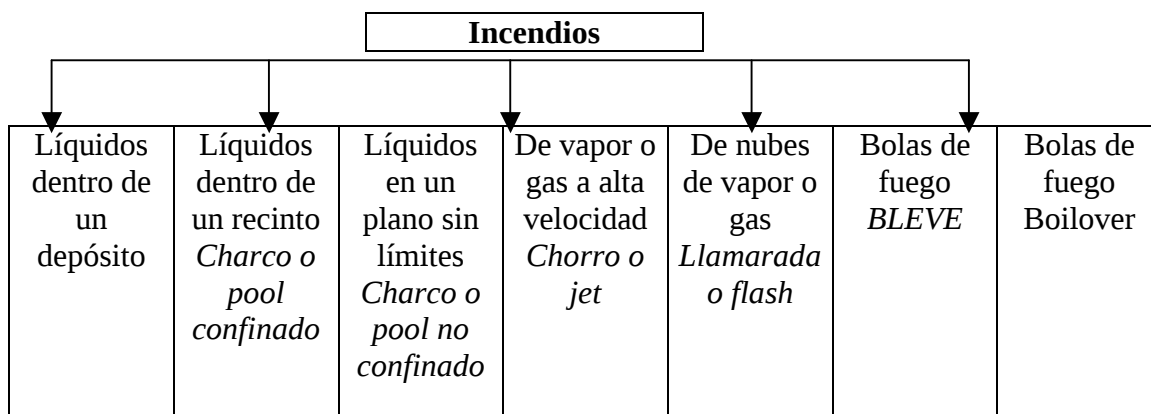
- Concentración de sustancias peligrosas superior al equivalente del límite Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud (IPVS), habitualmente expresado en ppm o mg/m³. Este límite depende de la naturaleza tóxica de cada sustancia.

2.- Escenarios que determinan fenómenos peligrosos de tipo térmico

- *Incendio de charco (pool fire)*. Combustión con llama de difusión del líquido de un charco de dimensiones conocidas (extensión) como un dique o un tanque, que se produce en un recinto descubierto. La radiación es inversamente proporcional a la cantidad de humos de las llamas; cuanto más pesado es el combustible mayor es la cantidad de humos oscuros.
- *Dardo de fuego (jet fire)*. Llama alargada de gran longitud y poca amplitud, provocada por la ignición de un chorro turbulento de gases o vapores combustibles. Es un típico soplete.
- *Llamarada (flash fire)*. Llama progresiva de difusión, de baja velocidad que no produce ondas de presión significativas. Normalmente está asociada a la dispersión de vapores inflamables (más pesados que el aire) a ras del suelo. Cuando la nube encuentra un punto de ignición, el frente de la llama generado se propaga hasta el punto de emisión, barriendo y quemando toda la zona ocupada por los vapores dentro de los límites de inflamabilidad. Si el origen de los vapores es un derrame con evaporación, el fenómeno acaba en un *incendio de charco*.

- **BLEVE-Bola de fuego:** Boiling Liquid Expanding Vapor Explosión. Este escenario se refiere a la bola de fuego producida por la explosión violenta y total, debida al calentamiento externo de un recipiente que contiene un gas inflamable licuado a presión. La presión interior produce el estallido del recipiente, que es favorecido por el contacto directo de la llama con las paredes del mismo.
- El boilover o borbollón puede producirse sobre todo en almacenajes en tanques conteniendo mezclas de diversos hidrocarburos. Si en uno de estos depósitos se produce un incendio (puede durar muchas horas) la capa superficial de hidrocarburo se va calentando (por conducción) debido a la radiación. A medida que transcurre el tiempo una “onda de calor” se propaga hacia la parte inferior del depósito. Si el mismo contiene agua, en forma de capa acuosa o de emulsión, en algún momento esta ola de calor (a una temperatura superior a la de ebullición del agua) llegará a la capa acuosa. Esto provocará la vaporización inicial del agua, y la turbulencia de este fenómeno provocará la mezcla de ambas capas, con una fuerte vaporización de agua. La generación casi instantánea de una gran masa de vapor, con un volumen específico muy superior al del líquido, provocará una violenta erupción, con la formación de una bola de fuego y la proyección del combustible hacia arriba y al exterior.

Los diferentes tipos de incendios se pueden esquematizar de la siguiente forma:



3. Escenarios que determinan fenómenos peligrosos de tipo mecánico

- **Explosiones en general.** Expansión brusca de una masa de gases contra la atmósfera que la envuelve.
Explosión química: la energía que produce la expansión de los gases se origina en una reacción química. Son las explosiones derivadas de reacciones incontroladas y las asociadas a la ignición o descomposición de sustancias explosivas.
Explosión física o estallido: la energía se produce por la expansión rápida de vapores o gases debido al colapso de un recipiente.
- **Explosión de una nube de vapor inflamable no confinada (UVCE - Unconfined Cloud Explosión).** Explosión química que involucra una cantidad importante de gas o vapor en condiciones de inflamabilidad, que se dispersa por el ambiente exterior. Por lo general la cantidad de gas tiene que superar el valor de algunas toneladas y la fuga y movimiento de la nube se da en una forma *turbulenta*.
 En general este tipo de accidentes se asocia al escape masivo de gases licuados, gases refrigerados y líquidos inflamables muy volátiles (con una intensa evaporación), circunstancias

que pueden generar una gran cantidad de vapores o gases inflamables en un breve período de tiempo.

- *Llamarada o flash fire*. Cuando la masa liberada no es tan importante y/o el escape y traslado se da en una forma *laminar*, normalmente la ignición de la masa de vapor deriva en una *llamarada o flash fire*, sin efectos mecánicos importantes.
- *Explosión de vapor confinado* (CVE, Confined Vapor Explosion). Tipo de explosión química que involucra gases inflamables en condiciones de confinamiento (total o parcial). Se vincula a explosiones derivadas de la combustión de vapor o gas inflamable dentro de recintos cerrados (Ej. naves industriales, cámaras de aire de depósitos o recipientes, sistemas de drenaje contaminados por productos volátiles).
- *Explosión física*. Estallido de recipiente a presión por la rotura repentina del mismo, causada por la presión interior y por una falla de la resistencia mecánica del recipiente: provoca una dispersión violenta del fluido interior, una onda de presión y proyectiles.
- *BLEVE*. Ya fue definida anteriormente. Puede suceder también con sustancias licuadas a presión y no inflamables cuando, en determinadas situaciones de presión y temperatura, el recipiente que las contiene se rompe repentinamente.
Cuando está asociado al fenómeno de *bola de fuego*, al efecto de la sobre presión debe sumarse la radiación térmica emanada de la bola de fuego. Esta última es tan importante que la planificación de emergencia en general se realiza teniendo en cuenta los daños de este último fenómeno.

4.- Escenarios que determinan fenómenos peligrosos de tipo Químico

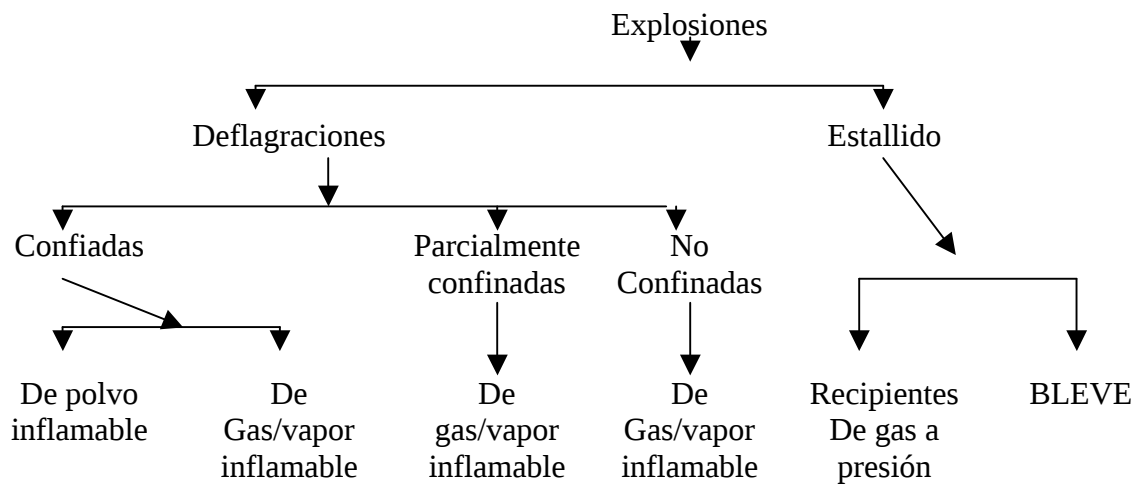
Los mismos se encuentran asociados a la concentración de una sustancia emitida al ambiente (de tipo térmico para sustancias inflamables y de tipo químico para sustancias tóxicas). Un escape de un producto tóxico o inflamable en forma gaseosa, o bien en forma líquida en condiciones de ser vaporizado, produce una nube de gas. Esta nube según la velocidad de salida del producto, se comporta como:

- *Un chorro gaseoso (turbulent free jet)*: en este caso, la dispersión del producto depende de la velocidad y de la presión de salida. Cuando el gas o vapor está suficientemente diluido y su velocidad es menor que la velocidad del viento, se dispersará a corta distancia en función de las condiciones meteorológicas.
- *La dispersión atmosférica*: la nube, en función de las condiciones meteorológicas, se extiende y se desplaza mientras se va diluyendo. Las áreas de terreno que quedan bajo el efecto de esta nube sufrirán las consecuencias del producto contaminante, que en algunas ocasiones, como en Bhopal en el año 1984, pueden ser muy graves.

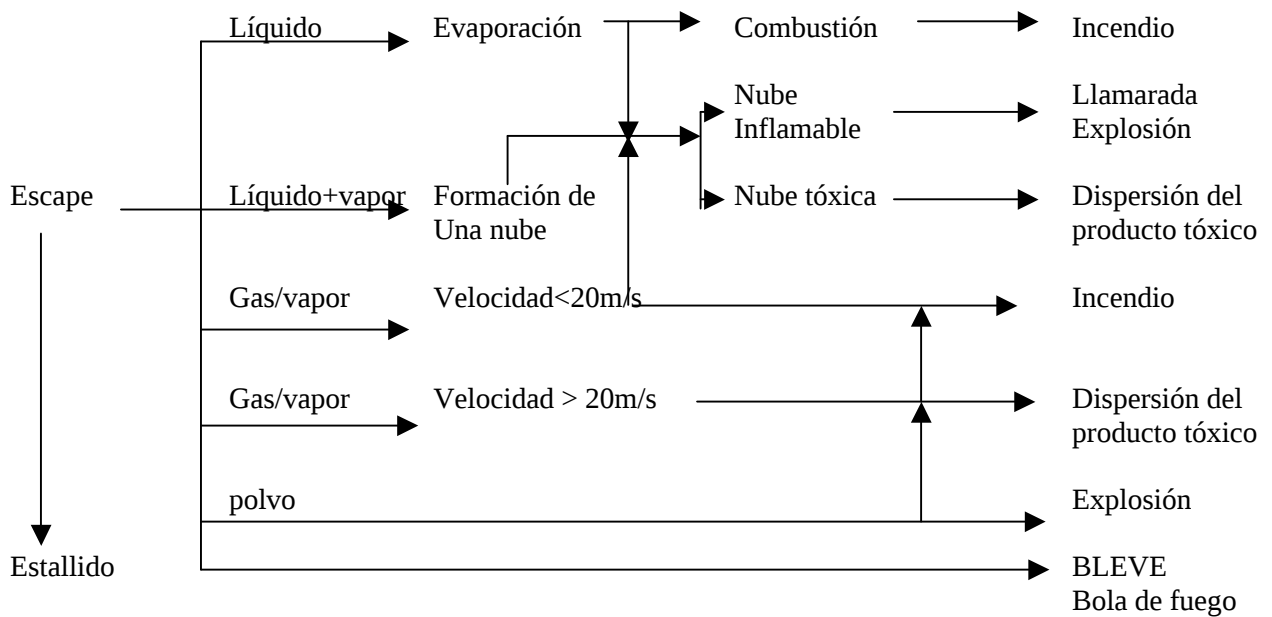
Según la evolución del fenómeno en el tiempo, las emisiones pueden clasificarse en:

- instantáneas (soplo).
- continuas (emisiones prolongadas en el tiempo) y en régimen transitorio (emisiones limitadas y a menudo de caudal variable)

Esquema: explosiones originadas por una combustión muy rápida.



Esquema: escape accidental de un producto tóxico o inflamable.



Los accidentes mayores están normalmente asociados al escape de un producto tóxico o inflamable, generalmente un fluido. Sin embargo, algunos accidentes, por ejemplo las explosiones por reacciones químicas descontroladas pueden suceder en el interior de un equipo sin que se produzca un escape.

Si el escape es de un líquido, se formará un charco - en función de la disposición del terreno - y habrá evaporación. Si el producto es combustible, puede dar lugar al *incendio* del charco, o bien puede derivar en una nube que se inflamará al encontrar un punto de ignición, con la consiguiente explosión.

Además de la onda de sobrepresión, que puede destruir las instalaciones circundantes, puede provocar nuevos escapes (efecto dominó). Si el producto es tóxico, la nube simplemente se difundirá en la atmósfera, si es más liviana que el aire, ó bien se desplazará a ras del suelo, según las condiciones atmosféricas, con el riesgo para la población.

4.1.- Dispersión de nubes tóxicas o inflamables

El término dispersión es utilizado en la modelización de accidentes para describir la evolución de una nube de gas tóxica o inflamable en la atmósfera. La dispersión de una nube de gas sigue una difusión, o transporte de su masa, producida por el movimiento molecular del aire mientras se va diluyendo a medida que va disminuyendo su concentración, a causa de la entrada de nuevas moléculas de aire dentro de la nube. La dispersión incluye el desplazamiento de la masa en la dirección del viento y su expansión en sentido transversal al viento, tanto vertical como horizontal.

4.2.- Influencia del viento

El viento tiene un efecto de arrastre que provoca la dispersión de nubes por desplazamiento de la masa de gas. El viento influye también en la estabilidad atmosférica, que es el otro factor principal para determinar la dispersión de gases.

La información sobre el viento de una determinada zona geográfica se reúne en la denominada “rosa de los vientos” o representante gráfica de la frecuencia de los vientos según su dirección y velocidad.

4.3.- Estabilidad atmosférica

La estabilidad atmosférica es una variable que se establece para caracterizar la capacidad que la atmósfera tiene para dispersar un contaminante; en realidad, lo que representa es el grado de turbulencia existente en un momento determinado. Se ha establecido una clasificación en categorías (denominadas a menudo “categorías de Pasquill”), tal como se muestran en la tabla:

Tipo de estabilidad	Definición
A	Muy inestable
B	Inestable
C	Ligeramente inestable
D	Neutra
E	Ligeramente estable
F	Estable
G	Muy estable

4.4.- Temperatura y humedad relativa

La temperatura y la humedad (según la estación del año), el nivel de radiación solar y el viento tienen efectos significativos en la dispersión de gases pesados como los hay en una refinería.

La humedad del aire tiene efectos mas significativos sobre la dispersión de un contaminante si existe reactividad entre el producto y el vapor de agua contenido en la atmósfera .

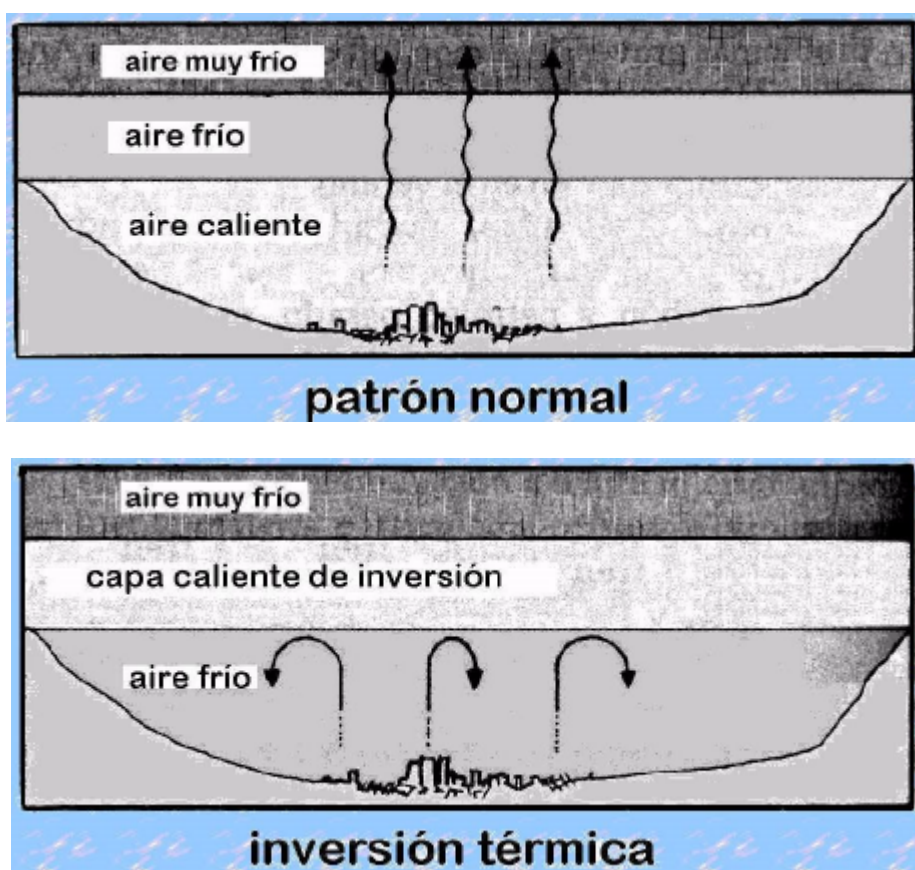
La humedad tiene también otro efecto significativo si el gas que se dispersa está a una temperatura más baja que la del ambiente. En este último caso, la humedad afecta al balance energético de las masas de gas y aire implicadas en la dispersión y provoca problemas de condensación de vapor de

agua, por ejemplo en las nubes de gases licuados de petróleo (GLP); se ven blancas porque condensan la humedad del aire.

4.5.- Inversión térmica

El fenómeno de inversión térmica se presenta cuando en las noches despejadas el suelo ha perdido calor por radiación, las capas de aire cercanas a él se enfrían más rápido que las capas superiores de aire lo cual provoca que se genere un gradiente positivo de temperatura con la altitud (lo que es un fenómeno contrario al que se presenta normalmente, la temperatura de la troposfera disminuye con la altitud). Esto provoca que la capa de aire caliente quede atrapada entre las 2 capas de aire frío sin poder circular, ya que la presencia de la capa de aire frío cerca del suelo le da gran estabilidad a la atmósfera porque prácticamente no hay convección térmica, ni fenómenos de transporte y difusión de gases y esto hace que disminuya la velocidad de mezclado vertical entre la región que hay entre las 2 capas frías de aire.

El fenómeno climatológico denominado inversión térmica se presenta normalmente en las mañanas frías sobre los valles de escasa circulación de aire en todos los ecosistemas terrestres. También se presenta este fenómeno en las cuencas cercanas a las laderas de las montañas en noches frías debido a que el aire frío de las laderas desplaza al aire caliente de la cuenca provocando el gradiente positivo de temperatura.



Cuando se emiten contaminantes al aire en condiciones de inversión térmica, se acumulan (aumenta su concentración) debido a que los fenómenos de transporte y difusión de los contaminantes ocurren demasiado lentos, provocando graves episodios de contaminación atmosférica de consecuencias graves para la salud de los seres vivos.

La inversión térmica es un fenómeno peligroso para la vida cuando hay contaminación porque la capa de aire frío, al comprimir los contaminantes contra el suelo, la concentración de los gases tóxicos puede llegar hasta equivaler a 14 veces más.

Condiciones de inversión térmica de larga duración con contaminantes de bióxido de azufre y partículas de hollín causaron la muerte de miles de personas en Londres, Inglaterra en 1952 y en el Valle de Ruhr, Alemania en 1962.

Generalmente, la inversión térmica se termina (rompe) cuando se calienta el suelo y vuelve a emitir calor lo cual restablece la circulación normal en la tropósfera.

Si el escape es una mezcla de líquido y vapor, como suele suceder con líquidos sometidos a presión y temperatura que experimentan una despresurización súbita, es prácticamente seguro que se formará una nube – excepto si el viento lo impide - con las mismas consecuencias finales que para el caso anterior.

Está normalmente aceptado que en un escape de gas o de vapor, la situación dependerá de la velocidad de salida. Si es inferior a unos 20m/s, puede formarse una nube; si se trata de un gas combustible, puede arder como una antorcha. Si la velocidad es superior a 20m/s, la turbulencia impide la formación de la nube y el producto queda diseminado en la atmósfera; si es combustible, puede inflamarse y formar una antorcha o jet fire capaz de destruir otras instalaciones cercanas (radiación muy importante). En estos casos de salida de producto inflamable a una velocidad elevada, la ignición puede ser provocada por las chispas originadas a causa de la electricidad estática generada por la propia salida de fluido.

5.- Cuantificación de los daños

El estudio incluye los círculos con distinto grado de daños a las instalaciones de la Refinería y las curvas de diferente grado de letalidad, que permitirán a CILC la cuantificación de los daños (activos) y lesiones (personas), además de los radios de intervención y de alerta ya mencionados.

Los daños cuantificados están relacionados con:

- La radiación térmica (Flash Fire, BLEVE, Pool Fire, Jet Fire, Boil Over, Incendio de Tanque, Derrame de productos no confinados).
- Sobre presión derivada de explosión (VCE, UVCE, BLEBE, CVE).
- Dispersión de nubes de vapor o gas tóxicas, humos de combustión.
- En los casos de dispersiones de nubes de gas inflamable o vapores inflamables se determinaron adicionalmente los valores correspondientes de los límites inferior y superior de explosividad.
- En los casos de dispersiones de nubes de gas tóxicas o vapores tóxicos, se determinó adicionalmente la concentración del IDLH (immediately dangerous for life and health).
- En caso de dispersiones de nubes de gas instantáneas se aportó el tiempo de paso de la nube por las diferentes áreas de la refinería, según su trayectoria más probable. Se aplicaron los criterios de letalidad según la metodología Probit en caso de fugas instantáneas.

Es importante considerar que la expresión de los daños causados tanto a personas como a las instalaciones, es una expresión pirometrológica en base a accidentes ocurridos a nivel mundial y ello alimenta a diferentes bases de datos para realizar este tipo de estimaciones.

Las zonas de intervención, alerta y de Seguridad mencionadas son representadas mediante círculos centrados en el lugar del accidente y cubren el área en la que se esperan determinados niveles de daños o de afectación. De manera genérica son:

- En la zona de intervención: Constituida en el sector de la unidad de proceso donde se origina el incidente o emergencia. En esta zona actúan los que tienen la función de controlar y neutralizar el peligro existente o potencial que pueda generarse, es la zona de mayor riesgo.
- En la zona de alerta: Próximo a la zona caliente se ubica la base de operaciones donde se implementan y coordinan todas las acciones estratégicas tendientes a neutralizar dicho peligro existente, es la zona de riesgo moderado. En esta zona se ubicará las ambulancias con el equipo médico. Este sitio debe estar claramente identificado, deben concurrir los jefes de los grupos de apoyo (internos y/o externos) convocados durante una situación de emergencia, a la espera de las ordenes y decisiones que emanan del coordinador de la emergencia.
- En la zona de Seguridad: Cercana al sector del incidente, pero fuera del mismo, ésta zona sirve para hacer llegar todos los recursos materiales y humanos que fueran requeridos durante la emergencia. Actúan aquellos grupos que sirven como soporte a los grupos que desarrollan tareas de intervención tales como servicio médico, vigilancia, personal contratista (electricistas, cañistas, etc) infraestructura de mantenimiento , materiales y equipos ,etc. .Es la zona definida sin riesgo.

II.- ESCENARIOS DE FUEGO TIPICOS

Cada uno de los escenarios de fuego desarrollado está compuesto por:

- a.- Definición de la Hipótesis de siniestro. Se identifica perfectamente el lugar donde se desarrolla el evento en la unidad de proceso.
- b.- Datos de Equipos. Se definen la variables de proceso del equipo en consideración.
- c.- Acciones Operativas. Son las acciones desarrolladas por el personal operativo destinadas a minimizar o eliminar el impacto del evento, para ello se describen sintéticamente las acciones primarias a ser realizadas. En algunos casos específicos se derivan a procedimientos específicos de intervención propio de la unidad de proceso.
- d.- Control y extinción. Está referenciado a las maniobras de extinción a ser desarrollada por el personal de brigada con el fin de contener o extinguir el incendio o escape de gas del evento.

El objeto que este conjunto de maniobras se encuentran resumidas en un mismo contexto tanto Operativas como de Control es potenciar la simultaneidad de acciones con el fin de mitigar el evento en la forma mas rápida, coordinada y segura posible para las personas. Cada maniobra de control está relacionada con el caudal de agua necesario para la extinción, ello permite conocer la necesidad de agua del evento y si las instalaciones dispuestas de la red de incendio son las adecuadas.

Cada escenario de incendio se ve respaldado por una memoria de cálculo donde nos informa la relación de las distancias con los variables en consideración (sobrepresión del medio, efecto térmico, concentración de un tóxico por efecto de la dispersión, etc.). Ello permite definir los círculos de intervención o las plumas de dispersión del tóxico como e han definidos anteriormente.

Asimismo cada escenario se encuentra vinculado con los posibles daños personales o materiales relacionados con el efecto de sobrepresión, térmico o de contaminación si así correspondiere, ello permite definir los círculos de intervención o la pluma de dispersión del contaminante o tóxico. El motivo de esta representación es hacer tomar conciencia al personal operativo y de brigada que interviene en el evento sobre la posibilidad de acercamiento al área de conflicto y zonas periféricas en relación a las consecuencias más desfavorables del evento.

II- 1.- Escenarios Típicos

Hipótesis LX.02 : UPF en bomba LX-P1A

HIPOTESIS N° LX.02	UPF: derrame e incendio de producto en bomba de carga de gasoil liviano LX-P1A
---------------------------	---

Variables de operación					Dimensiones del equipo		
Temperatura (°C)	Presión (kg/cm2)	Volumen (m3)	Caudal (m3/h)	Composición (%)	Diámetro (m)	Altura (m)	Recinto (m)
130	152	-	150	GOL: 100	-	-	-

Acción operativa

Paso	Acción	Ejecutar en
1	Detener la bomba	Sala de control o en sub estación usina
2	Provocar shutdown de hornos de la unidad	Sala control o campo
3	Bloquear entrada de cargas	Campo, límite de batería
4	Despresurizar la unidad	Sala control y campo

Control y extinción; consumos de agua: las acciones indicadas dependerán de la dirección y velocidad del viento (especialmente monitores para niebla); la siguiente guía considera viento predominante dirección NE / SO

Pa-so	Equipos a utilizar		Ubicación	Acción a tomar	Caudal GPM	
	Detalle	Dispo-nible?			Dispo-nible	Suge-rido
1	Monitores M31 de piso y monitores MA9 y MA10 elevados (si fueran accesibles)	Si?	Sobre Av. E	Monitor de piso: formar espuma Monitor elevado: formar niebla y refrigerar aeroenfriadores y demás equipos	1500	1500
2	Monitor MA11	SI	Sobre horno LX-H1B	Formar niebla y refrigerar aeroenfriadores y demás equipos	500	500
3	Monitor de la Autobomba M. Benz. Equipo fijo 14 ó 15	SI	Estacionar sobre calle 12	Formar niebla o espuma, según sea necesario	500	500
4	Monitor M32 de piso (si es posible acceder)	Si	Calle 12 esq. Av. E	Formar espuma o agua pulverizada según necesidad. Refrigerar al brigadista que actúe al monitor	500	500
5	1 manguera de autobomba M. Benz	SI	Sigue estacionada en calle 12	Armar 1 manguera y enfriar LX-V3, LX-V4 (acumuladores /separadores de alta y baja presión) y aeroenfriadores	300	300
6	Monitor autobomba M. Benz	Si	Idem anterior	Formar niebla y refrigerar aeroenfriadores y otros equipos	500	500
7	Autobomba E-ONE (si se estima necesario)	SI	Estacionar sobre Av. E esq. calle 7	Formar agua pulverizada o espuma según sea necesario	1000	1000
8	Sistemas refrigeración bombas unidad y acumulador LPG/nafta	NO	Sugerido por CILC	Habilitar y refrigerar	0	370
9	Monitor telecomandado	NO	Sugerido por LEA: a ubicar sobre Av. E	Formar niebla o espuma, según sea necesario	0	2000
				Consumo total de agua	4800	7170

II.2.- Cálculo de respaldo

UNCONFINED POOL FIRE MODEL

UNIDAD: ISOMAX - AGUAS AGRIAS I

Derrame e incendio de producto en bomba de carga de gasoil liviano LX-P1A. Diámetro cañería de envío 6"

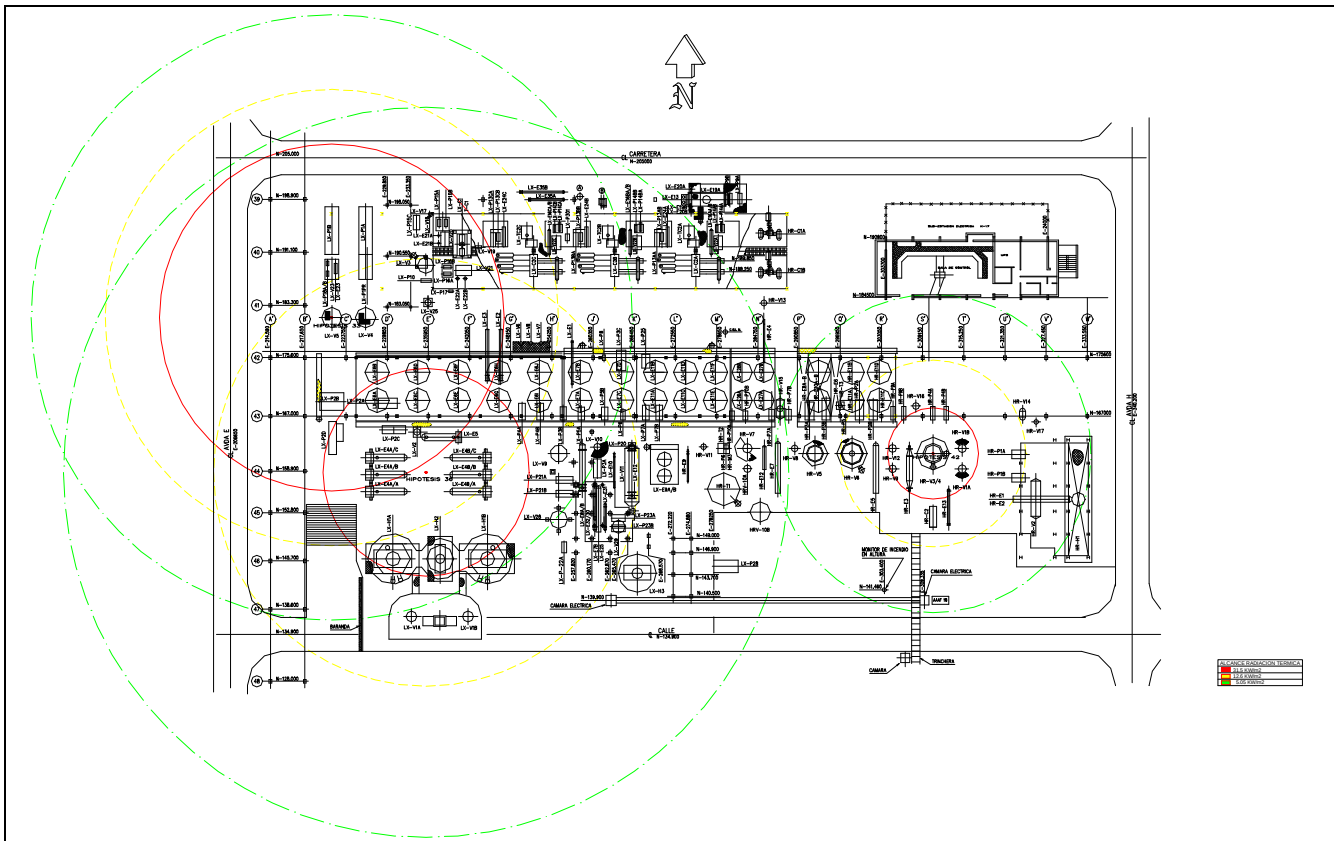
LEZA, ESCRIBANA Y ASOCIADOS S.A. Diciembre de 2003

STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size

Maximum pool radius	: 20.73 m
Mass burning rate	: 0.064 kg/m ² s
Flame length	: 46.13 m
Flame tilt from vertical	: 68.72°
Flame drag ratio	: 1.13
Maximum emissive power	: 80.0 kW/m ²
Effective emissive power	: 80.0 kW/m ²

Thermal flux (kW/m ²)	Distance From center of Pool (m)
37.5	67.04
12.6	81.68
4.0	104.89



EJEMPLO: PLANTA ISOMAX
Gráfico con círculos de radiación para distintas hipótesis

Referencias:

círculos rojos: radiación 37,5 kw/m² (daños físicos del orden del 80%)
 círculos amarillos: zona límite de intervención de bomberos (radiación 12,6 kw/m²)
 círculos verdes: zona de alerta (radiación de 4 kw/m², máxima tolerable por el hombre sin vestimenta especial)

Hipótesis GCI.04 : UPF en torre GV-15

HIPOTESIS N° GCI.04	UPF: derrame e incendio de producto en cabeza de torre separadora de nafta GV-15
----------------------------	---

Variables de operación					Dimensiones del equipo		
Temperatura (°C)	Presión (kg/cm2)	Volumen (m3)	Caudal (m3/h)	Composición (%)	Diámetro (m)	Altura (m)	Recinto (m)
120	0.7	6.3	-	NAFTA	-	-	-

Acción operativa

Paso	Acción	Ejecutar en
1	Cortar carga desde GV-5	Campo o en sala control
2	Cortar el reboiler de GE-20	Sala control
3	Si es posible, evacuar gases a mechero (no es esencial)	Campo, en plataforma

Control y extinción; consumos de agua: las acciones indicadas dependerán de la dirección y velocidad del viento (especialmente monitores para niebla); la siguiente guía considera viento predominante dirección NE / SO

Pa-so	Equipos a utilizar		Ubicación	Acción a tomar	Caudal GPM	
	Detalle	Dispo-nible?			Dispo-nible	Suge-rido
1	Monitor MA8	Si	Sobre Av. "E" esquina calle 14	Formar espuma o niebla, según necesidad	500	500
2	Monitor M38	Si	Sobre calle 14	Formar espuma o niebla, según necesidad	500	0
3	Monitor MA7	Si	Sobre calle 14, lindero a unidad Unifining	Formar espuma o niebla, según necesidad	500	500
4	Monitor M32	Si	Sobre calle 12	Refrigerar aerofriadores y equipos zona	500	500
5	3 mangueras desde Autobomba M.Benz	Si	Estacionar sobre Calle 14	Alimentar desde hidrante doble H86; Formar espuma + niebla de agua	800	800
6	3 mangueras 2½"	Si	Armar desde Calle 12	Alimentar con equipo fijo N° 14: Formar espuma o niebla de agua, según necesidad	1200	0
7	Camioneta pronto ataque jefe turno	Si	Estacionar sobre calle 12 esq. Av. E	Formar espuma y combatir	1000	0
8	Monitor telecomandado	No	Sugerido por LEA; a ubicar sobre calle 14 en límite con unidad Unifining	Refrigerar	0	2000
9	Autobomba E-One	No	Estacionar en calle 14 esq. Av. E	Alimentar desde equipo fijo a ubicar en Av. E esq. Calle 14, sugerido por LEA. refrigerar	0	2000
				Consumo total de agua	5000	6300

Cálculo de respaldo

UNCONFINED POOL FIRE MODEL

GASCÓN I - AMINAS I

Derrame e incendio en cabeza de torre separadora de nafta GV-15.

LEZA, ESCRIBANA Y ASOCIADOS S.A. Diciembre de 2003

STORAGE TANK LEAK WITH IMMEDIATE IGNITION OF SPILLED CONTENTS

Distance to Radiation Levels at Maximum Pool Size

Maximum pool radius	: 4.92 m
Mass burning rate	: 0.094 kg/m ² s
Flame length	: 21.54 m
Flame tilt from vertical	: 40.02°
Flame drag ratio	: 1.25
Maximum emissive power	: 110.0 kW/m ²
Effective emissive power	: 107.25 kW/m ²

Thermal flux (kW/m ²)	Distance From center of Pool (m)
37.5	36.69
12.6	40.37
4.0	45.13

OUTPUT:

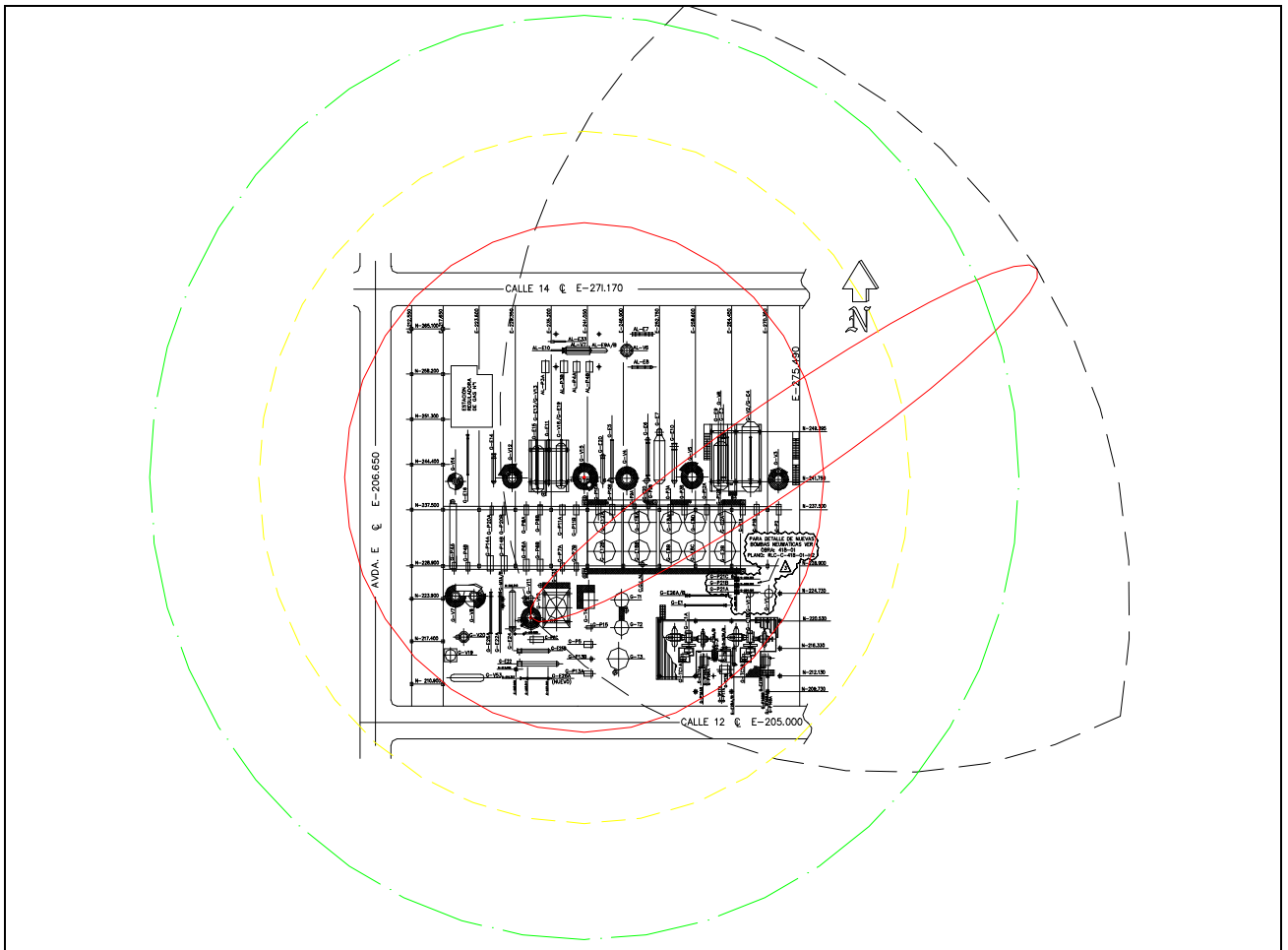
Height of interest	1.6 meters
Averaging time	1800.0 seconds
Lower contour	10 ppm
Middle contour	100 ppm
Upper contour	300 ppm

RESULTS:

Concentration ppm	Distance meters
10 (Ceiling)	83.356
100 (IDLH)	64.000
300	45.000

Toxic corridor:

Maximum distance	55.349 meters
Direction and width	90 degrees (circle)



EJEMPLO: PLANTA GASCON I

Gráfico con círculos de radiación y nubes de contaminación para distintas hipótesis

Referencias:

Radiación:

círculos rojos: radiación 37,5 kw/m² (daños físicos del orden del 80%)

círculos amarillos: zona límite de intervención de bomberos (radiación 12,6 kw/m²)

círculos verdes: zona de alerta (radiación de 4 kw/m², máxima tolerable por el hombre)

Nube de gas:

Diagrama de lenteja interior: máxima concentración tóxica (zona de intervención)

Diagrama de lenteja exterior: dispersión de la concentración tóxica (zona de alerta)

I. 3.- Modelo Informático.

Con la información disponibles de los diferentes escenarios de fuego del CILC se ha desarrollado una aplicación informática que permite al personal de intervención de cualquier unidad de proceso acceder en forma rápida y eficaz, y de esta forma poder refrescar las maniobras esenciales en forma genérica de su accionar frente a una emergencia. Asimismo posibilita conocer las zonas de acercamiento más segura, en relación los círculos de intervención.

Asimismo cada escenario posee descripto la totalidad de la red de incendio con los distintos elementos de extinción (monitores, tomas de aguas, válvulas de aislamiento, etc.) que permite identificar en forma rápida cada elemento de acuerdo a las necesidades.

Con la información disponible de los diferentes escenarios de fuego del CILC se ha desarrollado un modelo informático que permite a los supervisores y operadores de proceso y al personal de Seguridad de la refinería tener una herramienta ágil que le permita acceder y refrescar la memoria en forma genérico de su accionar frente a una emergencia mayor.

En el caso de las maniobras operativas desplegadas en esta guía, se han desarrollo procedimientos específicos teniendo en cuenta la seguridad de las personas y de las instalaciones, esta información se encuentra incorporada en los manuales de las unidades de proceso.

III.- Conclusiones

Después de los diversos simulacros realizados consideramos que es una herramienta muy útil en el desarrollo de una emergencia, tanto desde el punto de vista didáctico como material de capacitación, como material en el momento de un siniestro, ya que contiene la información básica que todo operador debe conocer para mitigar el evento en forma ordenada y planificada.

Entiendo que este tipo de herramienta permiten al personal de intervención de una organización poder conocer y atacar un evento de la forma que le brinde al personal de intervención la mayor seguridad personal, ya que para nuestra organización la Seguridad es un factor primordial, tanto de respeto al ser humano como a la política de la compañía.

IV.- Bibliografía

Estudio realizado por la empresa LEA (LEZA, ESCRIBANA y ASOCIADOS), en colaboración con todo el personal del CILC