



Incendios en Instalaciones Industriales

Por: Antonio Manuel Collazos Gamez
Subdirección para el Conocimiento del Riesgo

El rápido desarrollo tecnológico que ha experimentado a nivel mundial la industria en general y más específicamente el gran crecimiento de la industria química, esto ha provocado un aumento de inventario de productos en las instalaciones y esto conlleva al aumento de la probabilidad de riesgos de incendios con un potencial intrínseco de pérdidas humanas y económicas importantes.

Las instalaciones industriales se pueden definir como un sistema compacto que combina e integra diversos suministros y servicios para crear una infraestructura industrial funcional destinada a la fabricación y/o transformación de productos.

En dichas instalaciones se almacenan los productos acabados y las materias primas para la fabricación.

En general, una instalación industrial está compuesta por el propio edificio, las instalaciones específicas (aire acondicionado, calderas, saneamiento etc.) y la maquinaria.

Por lo anterior, el riesgo de incendio se nos presenta en el lugar de trabajo y de igual forma representan también un riesgo para la población en general, a pesar de eso, no siempre se adoptan las medidas necesarias para prevenirlo o protegerse contra el mismo.

Debido a todo esto se debería hacer un completo y adecuado análisis de riesgos de las instalaciones con el fin de tomar la mejor decisión sobre qué sistema de protección contra incendio o medidas de mitigación son las más adecuadas, esto se debe hacer desde la etapa de ingeniería y durante todo el ciclo de vida de cualquier proyecto de instalación industrial de cualquier empresa, con el fin de actuar de forma preventiva

Las medidas apropiadas para evitar el riesgo de incendios pueden variar según las circunstancias en que se presente el riesgo, pero el incendio como fenómeno, su evolución y las medidas de seguridad admiten un tratamiento común.

Cada año es mayor el porcentaje de incendios industriales registrados en el mundo, estos son más frecuentes debido a que se trabaja con líquidos inflamables, equipos eléctricos y combustibles ordinarios y adicionalmente antes no contaba con todos los registros, información y herramientas además del incremento de instalaciones industriales y manejo de sustancias peligrosas.



A continuación, algunos ejemplos de incendios industriales a nivel mundial que han tenido graves consecuencias.

- Tocoa (Venezuela), en 1982, se originó un incendio en la planta de generación eléctrica "Ricardo Zuloaga", más de 150 muertos entre bomberos, personal de rescate, periodistas, personal de la misma empresa eléctrica, personal de seguridad y algunos habitantes que se encontraban en el lugar. Se produjo un boiler (acumulación de vapores calientes). Se liberó una gran cantidad de calor que con solo la radiación quema todo lo que está alrededor. El combustible se inflama, cubre las zonas cercanas y va avanzando, quemando todo lo que encuentra a su paso. Ver figura 1.



Fig. 1 Incendio Tocoa – Venezuela <http://caraboboesnoticia.com/>

- Incendio San Juan de Ixhuatepec, México DF, México, 1984, instalación de almacenamiento de GLP, aproximadamente 500 muertos y la destrucción casi total de la instalación de almacenamiento.



Fig. 2 Incendio San Juan de Ixhuatepec, Mexico
<https://proteccioncivilsanluis.gob.mx/>

- Explosión e Incendio en Ghent – Belgica, 2004, perforación de un gasoducto debido a unas obras en las instalaciones de la empresa de manufactura de diamantes en Ghislenghein, 15 muertos y 112 heridos.



Fig. 3 Explosión e Incendio en Ghent – Belgica,
<https://elpais.com/diario/2004/07/31/internacional/>



INCENDIOS INDUSTRIALES

El incendio es una combustión que se desarrolla sin control en el tiempo y en el espacio. Y el fuego puede tener un efecto destructivo cuando se pierde el control del mismo.

Son muchos factores que pueden generar los incendios industriales, para que esto suceda debe existir el triángulo de combustión o de fuego. Este se forma con la presencia de tres elementos que son: combustible, comburente (oxígeno) y energía de activación (calor, chispa, corriente eléctrica, etc.). Si falta o se suprime uno de ellos, el fuego deja de existir.

El fuego se desencadena cuando estos factores se combinan en la proporción adecuada, el triángulo es de gran utilidad para explicar cómo podemos extinguir un fuego eliminando uno de los lados del triángulo.



Fig. 4. Triangulo del fuego_ Ref. aelaf.es

Actualmente se ha descubierto que para que se mantenga la combustión es necesario un cuarto elemento que es la reacción en cadena. El triángulo del fuego explica cómo se produce el fuego y es el tetraedro del fuego el concepto que explica cómo dicho fuego puede propagarse y tener continuidad.



Fig. 5 Tetraedro del fuego_ Ref. 2020 Melisam Fire Group.



Los incendios industriales suelen clasificarse en función del estado de agregación y naturaleza del elemento o material implicado en el incendio, por lo que se pueden presentar incendios de maquinaria industrial e incendios de materiales en estado sólido, líquido, gaseoso o polvo. Cada uno de estos tipos de incendios se abordará individualmente.

Incendios de maquinaria

Los incendios de maquinaria industrial se producen principalmente por riesgos de tipo eléctrico, por la presencia de sustancias peligrosas, por los combustibles y/o aceites lubricantes que se utilizan como parte del funcionamiento de sus mecanismos. En algunas de estas maquinarias industriales es habitual encontrar sistemas de extinción de incendios propios, por lo que estas cuentan con un elemento específico para controlar el riesgo de incendio, que frecuentemente es provocado por las siguientes causas:

- Cortocircuito debido a cables gastados, enchufes rotos, entre otros.
- Líneas recargadas que se recalientan por la conexión de excesivos aparatos eléctricos y/o por la excesiva cantidad de derivaciones en las líneas que no tienen en cuenta la capacidad eléctrica instalada.
- Mantenimiento defectuoso de los equipos eléctricos.
- El incendio de aceites de maquinaria (generadores, transformadores, etc.) se produce por fricción o por una fuga, dado que estos se encuentran a altas temperaturas. Normalmente esta maquinaria dispone de un recipiente donde se acumula el aceite para evitar fugas a otras instancias. Los gases producidos por estos aceites son altamente tóxicos.



Fig. 6 Incendio en Transformador de Potencia

<https://zensitec.com/sistemas-contra-incendios/extincion-por-agua/sistemas-contra-incendios-en-transformadores>



Incendios en almacenamiento de sólidos

La gravedad y magnitud de los incendios de almacenamientos sólidos dependen en gran medida de la naturaleza combustible del sólido implicado, de la cantidad que haya y de la continuidad que presenten.

Salvando la posibilidad de encontrar sólidos susceptibles de polimerizar, entrar en combustión espontánea u otros casos que se puedan considerar “extraños”, se puede pensar que un incendio industrial de sólidos tiene, como norma general, menor peligrosidad que uno de líquidos, gases o pulverulentos, pues la energía que absorbe el sólido para arder debe utilizarse en primera instancia para llevarlo a estado gaseoso.

En este tipo de incendios, es habitual emplear estrategias de suspender el aporte y la pérdida de continuidad antes de atacar el incendio en sí mismo. Otras veces, en función de la compactación que tenga el sólido que se está quemando, convendrá dejarlo arder de forma controlada y limitando la propagación del mismo al entorno inmediato.



Fig. 7. Incendio en bodega de almacenamiento de plásticos
<https://www.elcolombiano.com/antioquia/>

Incendios en almacenamiento de líquidos o gases

Los incendios que se producen en los establecimientos industriales en los que se utilizan o almacenan líquidos y/o gases inflamables se suelen clasificar en función de la forma en que acontece el incidente. En este sentido, los tipos más habituales de incendios industriales son:



- Incendio de charco.
- Incendio de tanque.
- Dardo de fuego.

Estos incendios tienen lugar cuando se produce un fallo en las medidas de prevención y con frecuencia son devastadores, debido a la alta inflamabilidad y al alto poder térmico de los combustibles afectados. En ocasiones junto con ellos pueden presentarse otros fenómenos tales como la bola de fuego (BLEVE) o bien la formación de nubes tóxicas.

- **Incendio de charco**

El incendio de charco también llamado pool fire, se produce por el vertimiento de un líquido inflamable, que se extiende por el suelo y alcanza un espesor reducido; si existe un dique u otra zona de contención, se forma un charco de mayor profundidad (y por lo tanto menor superficie capaz de vaporizar e inflamar). Estas condiciones hacen factible la aparición de un incendio siempre que exista un punto de ignición cercano.

El líquido inflamable vertido se evapora en función de su volatilidad, de su temperatura, de la temperatura ambiente y de la velocidad del viento en el momento del incidente, entre otras cosas. Los vapores se irán diluyendo poco a poco en la atmósfera. Si estos son más pesados que el aire, se formará una pequeña nube inflamable que será desplazada por el viento a ras de suelo. Mientras avanza la nube seguirá diluyéndose progresivamente, pero, si entra en contacto con un punto de ignición cuando su concentración se encuentra entre los límites de inflamabilidad, se producirá su combustión y el frente de llama retrocederá hasta alcanzar el vertido, lo que provocará el denominado incendio de charco.

Por este motivo, en cualquier instalación industrial en la que se utilicen o almacenen líquidos inflamables están muy controladas o prohibidas las prácticas que generan un punto de ignición (por ejemplo, fumar o soldar) y deben utilizarse siempre herramientas antiestáticas y antideflagrantes.

En los casos más restrictivos, se generan recintos denominados ATEX (atmósferas explosivas) donde está prohibido utilizar teléfonos móviles y cualquier otro elemento que no estuviera certificado ATEX.



Fig. 8 Incendio de charco o Pool Fire
https://guiar.unizar.es/1/Accident/An_conse/Charco.htm

- **Incendio de tanque**

Los incendios de tanques de almacenamiento de combustibles líquidos involucran mucho más combustible que los de charco y suelen ser, por ello, más peligrosos. Dan lugar al evento denominado rebosamiento por ebullición o BoilOver, que es un fenómeno extremadamente peligroso asociado frecuentemente a los incendios de tanque de crudo de petróleo, en los que suele haber restos de agua que, por ser más pesada, queda decantada en el fondo.

Durante la evolución del incendio, que puede durar varias horas, al principio se queman las fracciones más volátiles del petróleo. Al enriquecerse los componentes más pesados (de mayor temperatura de ebullición) forman una capa superficial que aumenta progresivamente de temperatura y espesor, y también avanza en profundidad. De esta manera una "onda de calor" de más de 200 °C se propaga hacia la parte inferior del depósito hasta que toma contacto con el agua decantada, lo que provoca su vaporización súbita y genera una violenta erupción que incrementa instantáneamente la radiación térmica y extiende el incendio en las inmediaciones.



Fig.9. Incendio de Tanque

<https://docplayer.es/190650259-Incendios-en-liquidos-inflamables-y-combustibles-brigada.html>

- **Dardo de Fuego**

Cuando ocurre una fuga accidental de vapores o gases inflamables (por ejemplo, en la rotura de una tubería procedente de un vaporizador o en la línea de impulsión de un compresor) se produce este tipo de incendio, también conocido como jet fire.

El escape da lugar a lo que se denomina chorro turbulento (jet), que hace que la masa de gas inflamable se mezcle con el aire circundante desde el punto de fuga. En la zona frontal del jet, donde ya ha cesado la turbulencia, la nube inflamable diluida resultante es desplazada por el viento y se dispersa.

De forma similar al incendio de charco, si la nube alcanza un punto de ignición, se produce inmediatamente la inflamación de la masa de gas, el frente de llama retrocede hasta el lugar de la fuga y se forma un dardo de fuego que se mantiene mientras permanezca la emisión de gas o bien de vapor.



Fig.10. Jet Fire

<https://essd.com.co/blog/f/%C2%BFqu%C3%A9-es-el-jet-fire>

Incendios con materiales pulverizados

Un factor que afecta enormemente a la velocidad de combustión es la forma física del combustible, ya que, al aumentar la superficie de contacto entre el combustible y el comburente, más fácilmente se produce la combustión. De esta manera, en combustibles sólidos finamente divididos (partículas $> 0,5$ mm), se produce una combustión rápida, pero sin peligro de explosión. Por el contrario, si el combustible se encuentra en estado pulverulento (partículas $< 0,5$ mm), la combustión es muy rápida y puede llegar a inflamarse espontáneamente en el aire o incluso ser explosivo. Además, la temperatura y la energía de ignición necesarias para que estallen las nubes de polvo son mucho más bajas que las producidas en las fuentes de ignición comunes.

La decisión más relevante para extinguir este tipo de incendios con éxito pasa por elegir el agente extintor adecuado en función del estudio de una serie de factores como: la naturaleza del polvo, el sitio en el que se encuentra, la presencia de otros equipos o materiales en las proximidades del incendio, la disponibilidad de medios, etc.



Fig.11. Incendio en Molino de Harina

<https://telemundoyakimatricities.com/incendio-destruye-un-molino-de-harina/>

Gestión del riesgo de incendio en Instalaciones Industriales

Gracias al desarrollo tecnológico hoy día se disponen de soluciones de seguridad en materia de prevención y extinción de incendios para todo tipo de instalaciones por lo que establecer un plan de seguridad contra incendios se basa en hacer un buen análisis de riesgos y elegir los sistemas que mejor se adapten a las condiciones de cada instalación.

Las circunstancias que dan lugar a ignición son; por lo general, relativas a factores humanos o a fallos de equipos. La mayoría de los fallos de equipos se pueden investigar hasta encontrar problemas de diseño, de fabricación, de instalación, de mal uso o de mantenimiento.

Escenarios de Incendio

La experiencia nos indica que una respuesta adecuada ante un eventual incendio se logra en parte, cuando existe conocimiento e intervención de los responsables de los riesgos potenciales de cada uno de los escenarios de las instalaciones a su cargo, compromiso de mejoramiento en medidas de prevención, mitigación y control y, adecuados equipos y sistemas de protección contra incendios.



Así mismo, la identificación de las causas de incendio, los escenarios donde se desarrolla el incendio y la valoración de las consecuencias que puedan afectar a las personas, medio ambiente, comunidad, operaciones e instalaciones, permiten determinar el costo de los recursos requeridos para la reducción y mitigación del impacto a un nivel aceptable.

Los impactos que se recomiendan tener en cuenta en el análisis de vulnerabilidad, son entre otros los siguientes:

- Seguridad de las personas
- Medio Ambiente
- Pérdida de activos/daños en la propiedad
- Interrupción de Negocios/ lucro cesante
- Impacto con la comunidad

Extensión, Cuantificación y Consecuencias del fuego

Las consecuencias potenciales de un incendio dependen de las características del combustible incendiado, de las condiciones de propagación, del tamaño y duración del incendio, así como de otros factores, tales como: distribución y proximidad al equipo, temperatura ambiente, condiciones atmosféricas, dirección del viento y presencia de personas en el área afectada. Es importante que se haga una valoración de los riesgos de incendio en las instalaciones.

Los escenarios, la evaluación de los recursos requeridos y el plan pre-incendio deben corresponder a la instalación específica a la cual se le está haciendo el respectivo análisis de riesgos.

Filosofía de Respuesta

La filosofía de respuesta ante un eventual incendio deberá reflejar la criticidad de la seguridad de las personas, el medio ambiente y el nivel de impacto en la comunidad pública. Así mismo, deberá considerar daños a la propiedad e interrupción de la operación.

También la filosofía adoptada deberá considerar la criticidad de las instalaciones y equipos con relación a la misión y a las operaciones de la empresa, así como las consecuencias de un incendio o explosión. También se debe tener en cuenta la legislación vigente sobre el tema y el impacto social.

Los riesgos de incendio deberán ser gestionados para minimizar la exposición del personal, preservar la vida, minimizar daños y limitar pérdidas en los negocios que surjan como consecuencia de eventuales incendios y que podrían ser razonablemente prevenidos.



Requerimientos de Diseño

Las causas que generalmente afectan un adecuado diseño de sistemas contraincendio, son entre otras: falta de una buena o adecuada ingeniería, sistemas de protección contraincendio sobre diseñados o deficientes, consultores y/o diseñadores sin formación ni experiencia en el área, sistemas y equipos no mantenidos adecuadamente, hacen que los sistemas no funcionen adecuadamente cuando se presente una contingencia.

Se debe tener un buen criterio de ingeniería, como también, el conocimiento y experiencia de quienes diseñan, construyen y mantienen sistemas de protección contraincendio.

Por lo anterior se requiere que el diseño del sistema sea adecuado para cada instalación con su respectivo análisis de costo beneficio.

Seguridad física

Lo primero antes de comenzar la actividad, es la estructura y organización de las instalaciones estableciendo medidas de protección físicas pasivas y activas que dificulten, entorpezcan y delimiten cualquier incendio que se pueda producir de modo que se pueda facilitar su extinción más rápidamente.

Prevención

Algunas de las medidas en materia de prevención de incendios son:

- Mantener los depósitos de combustible en lugares apartados de las zonas de trabajo y el cubrimiento de los materiales próximos con lonas ignífugas.
- Colocar medidas preventivas de sistemas de detección y extinción de incendios, como algún extintor, en las zonas más peligrosas y con mayor probabilidad de la creación de un incendio.
- Señalizar las áreas en las que se prohíbe fumar y hacer cumplir con dicha prohibición.
- Elaborar y realizar un plan de mantenimiento preventivo a la maquinaria y equipos.
- Se recomienda realizar inspección visual en zonas peligrosas y propensas a la generación de un incendio
- Proteger y aislar el cableado de las instalaciones.
- Realización de señalizaciones de seguridad, consistentes en una clara indicación de las zonas de almacenamiento y manejo de aquellos materiales altamente combustibles, así como de aquellos trabajos con riesgo crítico.



Control y Extinción de Incendios

El objetivo primario de respuesta al fuego es detectar un incendio en su estado incipiente y extinguirlo o controlarlo antes que este se extienda o escale.

Los tipos de protección disponibles son:

- Protección Pasiva

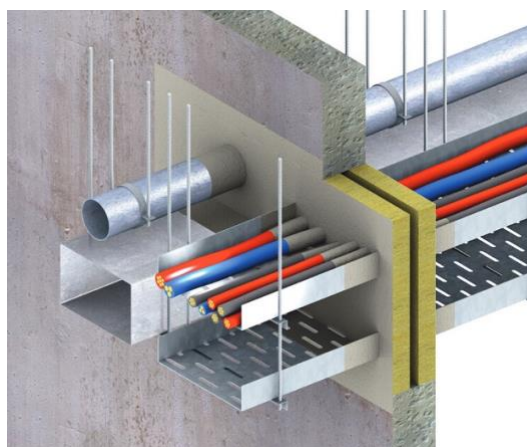


Fig.12. Protección Pasiva_Ref._ <https://www.archdaily.co/co/988729/seguridad-contra-incendios-para-salvar-vidas-mediante-la-proteccion-pasiva>

- Detección de Fuego y Gas



Fig.13. Sistema de detección de incendio_ <http://www.apmcontrol.com/>



- Sistemas de Protección Activa



Las medidas descritas junto con el entrenamiento e intervención rápida de la Brigada de Emergencia y los planes de respuesta a emergencias proveen una protección contraincendio adecuada en una instalación industrial.



BIBLIOGRAFÍA

- Grupo Tragsa & CEIS Guadalajara, Manual de Incendios v6, España, 2015
- La prevención del riesgo en los lugares de trabajo, Paralelo Edición S.A., 2007, http://istas.net/descargas/gverde/INCENDIO_EXPLOSION.pdf
- Casal, J., Montiel H., Planas E., Vílchez J.A. Análisis del riesgo en instalaciones industriales. Ediciones UPC., Barcelona, 1999.
- Norma ISO 31000, 2018, NTC-ISO31000_Gestion_del_riesgo.pdf. Procesos para la gestión del riesgo ISO 31000