

VALUATIVE SAS NIT 830.121.091-0 Oficinas a nivel Nacional
info@valuative.co - www.valuative.co

INGENIERIA FORENSE

Capitulo II

**UN CASO PRÁCTICO
Y REAL**

**INVESTIGACIÓN DE SINIESTROS
MEDIANTE MÉTODOS DE INGENIERÍA FORENSE
CAPITULO II**

UN CASO PRÁCTICO Y REAL

FUENTE:

UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA, ESPAÑA

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo, se desarrolló la investigación del origen y las causas de un siniestro, determinando las circunstancias y los actores que intervienen para que acontezca un hecho no deseado. Mediante el uso de la metodología de Ingeniería Forense (Ingeniería Inversa), se logra determinar el comportamiento de un sistema dinámico y las consecuencias del daño originadas por tal suceso, las cuales son cuantificables a medida del grado de daño adquirido ante una pérdida.

ÍNDICE DE TEMAS

Introducción	3	Clasificación de Riesgos según su origen	21
Ciencia en el análisis de Siniestros	5	Siniestros asociados al tipo de Riesgo	22
Objetivos generales	6	Tipos de Fenomenologías	22
Objetivos específicos	6	Actores que intervienen en un siniestro	24
La Era de la Civilización del Riesgo	7	Fenómenos asociados al tipo de Riesgo	26
Teoría de la Protección	8	Investigación y aplicación en un caso Real	27
Amenaza, Peligro, Riesgo y Detrimiento	9	Técnicas en Investigación de Campo	29
Nivel de Seguridad y Grado de Protección	10	Hallazgos plasmados en Fotografías	30
Los Sistemas Caóticos	11	Descripción y evaluación de áreas	33
Características de los Sistemas No Lineales	12	Generación de Hipótesis	35
La Ingeniería Forense	13	Búsqueda y análisis de evidencia	39
Metodología de la Ingeniería Forense	14	Rechazo o aceptación de hipótesis	42
Metodología Científica	15	Origen del Siniestro	43
Normatividad y Conocimiento Técnico	16	Consecuencias del Daño	44
Dinámica de los Sistemas	18	EPILOGO	46
Circunstancias de un Siniestro	20	Conclusiones	47

INTRODUCCIÓN

La creciente evolución del ser humano para el cumplimiento de sus necesidades, ha conllevado el incremento del uso de nuevas tecnologías y recursos naturales para su mejor desarrollo y el cumplimiento de sus necesidades.

En los últimos años la creciente industrialización ha generado una serie de preocupaciones para la sociedad misma, ya que esta revolución tecnológica ha generado un gran consumo de recursos, como es el caso del consumo energético, el agua, entre otros. La aportación que se tiene ante este cambio ya sea favorable para el ser humano, también es en gran medida una serie de problemas, los cuales actualmente son sujeto de estudio para la amortiguación de sus efectos al medio.

Ante los avances tecnológicos generados, el uso de sustancias peligrosas dentro de los procesos, el uso de maquinarias, materiales entre otros han originado una serie de amenazas a la seguridad natural y social, no solo causando un fuerte impacto económico para las diferentes actividades empresariales sino que además daños materiales, medio ambientales y sociales, o en el peor de los casos la muerte humana individual o colectiva.

El hecho es que el crecimiento de las necesidades humanas a llevado a un incremento en la evolución de la tecnología y por lo tanto, un incremento en los peligros que le rodean; a esta nueva sociedad se le denomina “sociedad de riesgos”.

Esta denominada sociedad de riesgos, tendrá que tomar medidas de protección y prevención ante los siniestros mediante la investigación de los actores que intervienen en su medio, para así poder cumplir con sus expectativas de vida, manteniendo así la mejor interacción entre las personas y el medio.

La brecha existente entre el riesgo y el siniestro, definirá una serie de actores secuenciales extraordinarios y repentinos en el tiempo, de los cuales emergen un sinnúmero de sucesos causantes de siniestros tecnológicos y ambientales, logrando con ello una alteración a un medio determinado. Muchos de estos siniestros no han sido identificados y muchos siguen siendo una interrogante en su investigación.

Para poder determinar la naturaleza de los siniestros, es necesaria la introducción del conocimiento de áreas especializadas dirigidas a la investigación de sucesos afectantes y dañinos.

Es tal el caso de la Ingeniería Forense, la cual se basa en la aplicación de la crítica y el saber tecnológico apoyada en el método del porqué de las cosas y así determinar la investigación de sucesos causantes de daños y trastornos mediante la investigación visual y objetiva de los diferentes actores que intervienen y correlacionan en un hecho ya acontecido, es decir, su principal esencia es el estudio de los siniestros.

Así pues, en este estudio, se explican algunos conceptos necesarios para el mejor entendimiento de las circunstancias en las que acontece un siniestro, se hace un análisis de los actores que intervienen en el mismo. Se expondrá el procedimiento que sigue la Ingeniería Forense en la interpretación correcta en la que acontece un siniestro.

Observaremos casos reales de investigación, donde podremos analizar las distintas consecuencias que se derivan de un siniestro.

Antiguamente, la visión que se tenía ante un hecho accidental e inusual cuando era de carácter inexplicable, lo delimitaban como un hecho divino o debido al destino propio; este hecho en la actualidad podría definirse como la falta del conocimiento mismo.

Históricamente hablando, en la época Romana el estudio de estos hechos ya denotaba un cambio absoluto en el saber, en las cortes de la antigua Roma también llamado foro romano, los jueces se sentaban a deliberar ante un hecho ocurrido, para así, hacer sus leyes.

He de ahí la palabra forense proveniente de la palabra latina **forensis**. Se refiere a “foro” en una clara alusión al foro romano. Se usa actualmente en referencia al debate de ideas, motivos, causas, así como en la presentación de evidencia.

Pero es en China durante la dinastía Tang, cuando en el siglo VII, Ti Yen Chieh se hizo famoso por utilizar la lógica y las pruebas forenses para resolver crímenes. Es en este punto donde los historiadores coinciden en el lugar y fecha del nacimiento de las ciencias forenses, las cuales desde su campo propio de estudio, proporcionan información útil para poder evaluar un aspecto concreto en un juicio, es decir, todo lo forense, por tanto, contiene un fuerte componente argumentativo, de confrontación entre distintas ideas, opiniones, versiones o evidencias.

En el caso específico de la Ingeniería Forense, ésta tuvo su desarrollo más importante hasta el crecimiento de las ciudades, sobre todo a partir de la revolución industrial, ya que la cantidad de siniestros creció al mismo ritmo que la población.

Esta ciencia forense, ha logrado un avance significativo en la calidad de la investigación en todos los campos de la siniestralidad, para ello hace uso de personal especializado, como es el caso del ingeniero forense el cual se ocupa de los aspectos asociados a la determinación de las causas físicas o técnicas de los accidentes mediante la metodología que expone dicha área.

Actualmente, las circunstancias, los factores y actores influyentes a que se desarrolle un hecho no deseado y las consecuencias de daño originados. Han resultado en una serie de investigaciones actuales y que a la fecha son sujeto de estudio debido a la necesidad de la protección misma y supervivencia del ser humano.

La reciente investigación del orden como consecuencia del caos mismo en los sistemas dinámicos, su evolución temporal y dinámica, la influencia de los distintos factores y actores que intervienen para que un determinado sistema cambie su estado, el actual estudio ante una civilización de riesgos para la obtención de la protección misma y la supervivencia del ser humano, el estudio de siniestros mediante metodologías de investigación para la determinación de sus causas y efectos, todo esto ha llevado a un nuevo replanteamiento en el estado científico en relación a la investigación de los eventos siniestrales.

LA IMPORTANCIA DE LA CIENCIA EN EL ANALISIS DE SINIESTROS

La investigación de siniestros hace frente a los inminentes cambios que exige una sociedad de riesgos expuesta a un constante peligro. Esto debido a riesgos de origen natural, humano y más aún tecnológico, siendo este último generado a medida del avance tecnológico continuo provocado por el ser humano, sea esto por el atendimento de sus actuales y crecientes necesidades.

Aunque la investigación de siniestros ha sido completamente estudiada desde tiempos antiguos, la lectura ante la manera de comprender estos hechos mediante una visión objetiva y prevenible es un tanto limitado a nivel cultural.

Es por ello de la adopción de una metodología en la investigación de siniestros para el mejor entendimiento de los sucesos, aquellos sucesos caóticos, en los que ponen en amenaza la supervivencia del ser humano y la limitación de sentirse seguro y protegido.

Los modelos actuales que intervienen en una parte fundamental del entendimiento en la investigación de siniestros, marcan un cambio significativo para el conjunto de áreas actuales que se dedican a esta rama, ya sea el caso de la Ingeniería Forense, la cual hace uso de una metodología científica en conjunto a los conocimientos técnicos de la dinámica de los sistemas, su comportamiento, evolución en el espacio tiempo, así como los requerimientos gubernamentales necesarios que den lugar a una mejor calidad de vida con un constante aprendizaje del funcionamiento y actuación de los diversos factores y actores que influyen para que un siniestro pueda originarse.

La metodología de la ingeniería forense pretende determinar la causa raíz del siniestro ya acontecido, definiendo una serie de pasos lógicos, objetivos y determinísticos para la obtención de cómo es que el suceso fue adoptado como un hecho caótico.

Con la investigación de siniestros mediante métodos de Ingeniería Forense, se busca el mejor entendimiento de la actuación que tiene un hecho catastrófico ante la pérdida de bienes materiales, naturales y en el peor de los casos la muerte humana.

El poder comprender los factores y actores influyentes para determinar su origen y causas, determinar la magnitud del daño que puede originarse, para hacer frente a los cambios constantes y entrópicos que nos rodean y así mantener la supervivencia del ser humano.

Es por ello que el actual crecimiento tecnológico desmedido a consecuencia del ser humano, ha denotado un avance alarmante ante el peligro, donde la cultura y el ambiente mismo son actualmente susceptibles, de ahí la importancia del saber de los aconteceres del medio que nos rodea y del que generamos en constante cambio.

Para poder entender mejor el problema es necesario que nos planteemos las siguientes cuestiones:

¿En qué circunstancias acontece un siniestro?

¿Qué actores intervienen para que se origine un siniestro?

¿Cuál es la interpretación veraz y objetiva de un siniestro mediante los métodos de ingeniería forense?

¿Qué consecuencias de daño se origina ante un siniestro?

Son entonces estas cuestiones las determinantes para la resolución del problema que se nos presenta, es decir, la determinación en la circunstancias los actores y la misma evolución del sistema mismo para la determinación metodológica en la investigación de siniestros sea cual sea su origen. Nos ayudaran a determinar el mejor entendimiento de un siniestro para la obtención de la protección y supervivencia humana.

LOS OBJETIVOS GENERALES

Exponer los actores que interviene y las circunstancias en las que acontece un siniestro para la mejor interpretación que sigue la metodología de la Ingeniería Forense y así determinar el origen, causas y consecuencias de un siniestro.

LOS OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar las circunstancias en las que acontece el siniestro.
- Análisis de los actores que intervienen al acontecer un siniestro.
- Exponer el procedimiento que sigue la Ingeniería Forense, en la interpretación correcta y veraz de las diferentes discusiones que se pueden presentar al esclarecer un siniestro.
- Establecer el origen y las causas de ocurrencia de un siniestro.
- Determinar las consecuencias de daños ocasionados por un siniestro, donde se derivan daños val en la propiedad, bienes e incluso lesiones en las personas y en algunos casos, con pérdidas de vida humanas.

La investigación y el análisis de los actores que intervienen ante un hecho que conducen a daños y trastornos, proporciona medidas de protección y prevención de los siniestros.

El valorizar las consecuencias que conlleva un siniestro, mantendrá un foco activo del estudio de estos hechos y así disminuir en gran medida el efecto de pérdidas que se tiene ante acontecimientos no deseados para el mantenimiento de un bienestar social/ ambiental y económico.

Para ello, hay que tomar partida de las circunstancias en las que estos acontecen, los actores influyentes a que esto suceda y esclarecer por metodología el origen, las causas y las consecuencias en las que incurre un suceso de gran magnitud. Permitiéndonos así asegurar una mejor calidad de la investigación, y mantener un estudio continuo de los aconteceres y lo que los provoca para la disminución de su impacto en la sociedad y el medio.

LA ERA DE LA CIVILIZACION DEL RIESGO

La civilización del riesgo es consecuencia de la generación del gran riesgo tecnológico, con ella se nos plantea un nuevo problema y de extrema gravedad, dando lugar a la responsabilidad social para lograr hacer frente a los sucesos catastróficos, (*Patrick Lagadec*).

Hoy en día, la existencia de zonas que se encuentran bajo la amenaza de graves destrucciones, contaminaciones y evacuaciones, son causas de grandes catástrofes tanto naturales como tecnológicas.

Entiéndase como una catástrofe a un desastre inevitable por alteración de un medio, entre ellos podemos encontrar dos tipos: **catástrofe natural**, que es la ruptura de un sistema natural ante un desastre y **catástrofe tecnológica**, que es un acontecimiento extraordinario y repentino que alteran de manera irreversible la estabilidad de un estado de cosas [2]. No todo acontecimiento extraordinario y repentino siempre es catástrofe, solo se puede considerar como catástrofe, en los siguientes casos:

- Solo será catástrofe aquellas eventualidades repentinas que ocasione una alteración
- destructiva (irreversible) en el entorno natural o urbano.
- Una catástrofe no es catástrofe si no hay un deterioro.
- En la medida que los trastornos ocasionados se perciben y se manifiestan
- públicamente.

Es un hecho actual que la tecnología se ha convertido en una fuente potencial de catástrofes y por tanto pérdidas, es por ello que ya no puede ser ignorada nuestra responsabilidad social, ya que estará en juego nuestra supervivencia. El valor catastrófico que se genera, viene dado por lo que se destruye no por lo que origina la destrucción. Las investigaciones actuales sobre estos fenómenos, se basan en la protección personal y el saber del porqué de estos, para así evitar en mayor medida pérdidas tanto económicas como humanas.

Patrick Lagadec dice, hay que interrogarse en cuanto a las nuevas exigencias que la sociedad técnico-científica debe imponerse a si misma si pretende reunir las condiciones necesarias para su desarrollo, esta es la verdadera tarea que es preciso acometer. Sin ideas preconcebidas; sin alarmismos, sin el terror que paraliza, sin la despreocupación que conduce al desastre. Pero si con la seriedad de nuestro pensamiento.

Teoría de la protección

Teoría que se basa en el cumplimiento de la primera necesidad del ser humano, la protección, para su propia supervivencia ante un peligro. El peligro es consecuencia del ambicioso crecimiento del ser humano al incrementar sus actividades para el logro de sus objetivos, es decir, una mejor calidad de vida. Para que el peligro pueda actuar, es necesaria la ayuda de un agente agresor el cual será el causante de un daño, independientemente a su procedimiento, origen y surgimiento. Es por ello de la ambición por alcanzar un estado confortable ante el peligro, es decir, la protección.

La protección es una acción conducente a oponerse a los efectos o consecuencias perjudiciales que un agente agresor puede inducir sobre la naturaleza de un individuo o de una colectividad o sobre su entorno vital, provocando daños materiales o sociales, o inherentes a su bienestar o a su calidad de vida.

Existen dos mecanismos para conseguir la protección acorde al tipo de peligro:

- Mecanismos Intrínsecos: son involuntarios, inherentes a la naturaleza del individuo (comportamiento del individuo).
- Mecanismos Extrínsecos: fruto de un proceso de estudio y análisis del peligro y en la experiencia de causas, consecuencias, efectos (Información).

Para poder adquirir la protección, es necesario encontrar el equilibrio funcional entre estos dos mecanismos, para ello ambos deben de actuar en conjunto para lograr su objetivo. Dentro de las causas que hacen disminuir la eficacia de la protección ante una situación de catástrofe, encontramos:

- Falta del equilibrio entre alguno de los elementos de los mecanismos intrínsecos y Extrínsecos.
- Grupos críticos, es decir, grupos con menor defensa ante un peligro como lo son aquellos condicionados físico/mental (niños, ancianos, enfermos).

Como parte de la protección encontramos la seguridad, pero esta no es en si la protección, ya que no sirve de nada tener seguridad sin haber aprovechamiento de los conocimientos necesarios para actuar ante un peligro (mecanismo extrínseco), más que nada la seguridad es un componente añadido al grado de protección que un individuo pueda adquirir por medio de los conocimientos previos adquiridos mediante una planificación, formación y capacitación.

Evaluación de la amenaza, peligro, riesgo y detrimento

Estar bajo la amenaza de un peligro, es correr el riesgo de sufrir un daño causado por la actuación de un acto temerario en conjunto a un pensamiento imprudente que incrementaría el detrimento (deterioro) social de la comunidad.

La amenaza, el peligro y el riesgo son parte de un estado de actuación continuo para la generación de un daño ante un suceso catastrófico, es decir, a medida que se tenga una amenaza se ha generado un peligro, y en consecuencia un riesgo para una determinada población, sujeto o cosa.

La amenaza representa un peligro latente asociado con un fenómeno físico de origen natural o tecnológico que puede presentarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente.

Su análisis es más bien probabilístico ya que lo combina con el análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, y debido a la complejidad de los sistemas por la interacción de sus variables, es más complicado el deducir su ocurrencia.

Entonces la amenaza es el estado latente al peligro y este todo aquello que puede originar un daño.

La diferencia fundamental entre la amenaza, peligro y el riesgo, está en que la amenaza y el peligro están relacionados con la probabilidad de que se manifieste un evento natural o un evento provocado, mientras que el riesgo está relacionado con la probabilidad de que se manifiesten ciertas consecuencias.

El riesgo es resultado de tres factores:

Peligrosidad (P): conjunto de características intrínsecas a un fenómeno que lo hace peligroso (tipología, probabilidad de ocurrencia, dimensión espacial y temporal).

Vulnerabilidad (V): Tanto por uno de la población, bien o servicio expuesto a un peligro que resultaría dañado por la acción de éste. Se expresa con una escala del 0 al 1, donde 0 ausencia total de daños y 1 el mayor nivel de daños, destrucción total.

Exposición (E): conjunto de personas, bienes y servicios expuestos a la acción de un peligro.

A su vez, existen dos tipos de riesgos:

Riesgo absoluto (sociológico y colectivo): Valoración total de daños en un intervalo de tiempo determinado.

Riesgo relativo (individual): Se obtiene dividiendo el riesgo absoluto por aquella magnitud sobre la que se ha aplicado.

Siendo entonces el riesgo la probabilidad de que ocurran daños y pérdidas materiales, ambientales y humanas por la falta del conocimiento.

Para obtener la **probabilidad del riesgo ante un determinado peligro**, se valora mediante la siguiente expresión:

$$R = \text{Frecuencia de ocurrencia} \times \text{Daño que produce dicho peligro}$$

Mientras que el **daño generado** puede ser calculado como:

$$D = \text{Número de víctimas} / \text{Sucesos Ocurridos}$$

Para poder determinar el número de veces que se puede ocasionar un daño o (**Frecuencia**):

$$F = \text{Número de sucesos provocados en un daño (D)} / \text{Intervalo de tiempo } \Delta T$$

Para poder disminuir el daño hay que adoptar medidas de protección y para la disminución de la frecuencia hay que evitar que se produzca tal suceso causante de daño.

Existen diferentes tipos de detrimento (deterioro):

1. **Detrimento tangible**, evaluable u objetivo (cuantificable en el deterioro).
2. **Detrimento difícilmente evaluable o relativo** (cuando la sociedad queda afectada por algún accidente).
3. **Detrimento intangible o subjetivo** (penalizaciones que sufre una población a causa de una catástrofe, así sea por la adopción de medidas de seguridad).

El Nivel de seguridad y grado de Protección:

Este a su vez depende de tres factores:

$$N_s = F_m \times F_a \times F_p$$

Por lo tanto, el **nivel de seguridad** es un concepto **cuantitativo** que mide la eficacia global conseguida con las estructuras y actividades asociadas a la seguridad, y depende de factores económicos y culturales.

Se obtiene, teniendo en cuenta el rendimiento aportado por el material (f_m), la eficacia de la actuación de los sujetos activos (f_a , autoridades de protección) y el comportamiento de los sujetos pasivos (f_p , Población en general).

El **grado de protección** se determina mediante una función de relación, dicho grado está relacionado cuantitativamente con parámetros:

$$GP = f(ta, ns, c, ea, m, d, h, \dots)$$

- ta** Conocimiento que se tenga del tipo de accidente
- ns** Nivel de seguridad alcanzado
- c** Nivel cultural de la población (comportamiento de las personas)
- ea** Estación del año (lluviosa o seca)
- m** Condiciones meteorológicas reinantes
- d, h** El día y la hora, pueden ser sensibles en su influencia

NOTA: En la Teoría del Caos, se considera que todo sistema dinámico es sensible a las variaciones en las condiciones iniciales y los cambios que se generan en su comportamiento futuro aun así siendo determinísticos dadas sus variables iniciales, complicando su predicción.

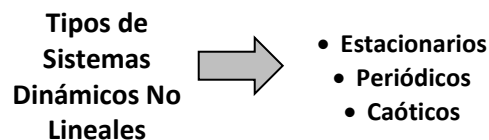
Los Sistemas Caóticos

Por otra parte, teniendo en cuenta que un sistema puede ser desde un átomo, molécula, compuesto, célula, organismo, cámara fotográfica, televisor, insecto, flor, tierra, sociedad, ciudad, galaxia, sol, en si cualquier pedazo de materia, se define sistema como cualquier colección de materia que quiere estudiar, o sea aquella en la que concentramos nuestra atención en un momento dado.

Siendo los sistemas dinámicos el objeto de estudio de dicha teoría, se modelan cómo evolucionan estos con el paso del tiempo.

Hay **dos tipos de sistemas dinámicos**, los discretos y los continuos.

- **Sistemas discretos:** Varían con el tiempo paso a paso y se dividen en lineales (La suma de dos soluciones es una solución) y no lineales (no hay proporcionalidad entre causa y efecto).
- **Sistemas continuos:** El tiempo no corre paso a paso, sino que lo hace continuo. Un sistema visto desde el punto de vista del caos, es decir, un sistema caótico, es un sistema flexible y no lineal. Tal es el caso de la exposición a eventos naturales como el terremoto, por tanto:



CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS NO LINEALES

En los sistemas dinámicos no lineales, podría decirse que es un **suceso indeterminado** ya que la magnitud de este se mide por los valores del instante anterior, sin embargo, los valores de salida no son proporcionales a los valores de entrada, así, **microcambios** en el inicio pueden causar **macrocambios** en el estado final, como en el caso de los sismos.

El comportamiento caótico de un sistema ya sean estos a niveles microscópico, macroscópico y cosmológico, nos dicen que:

- Un sistema mantiene una armonía organizada, simple y compleja en un caos determinado.
- Cada sistema actúa para conformar un equilibrio entre el caos y el orden.
- El desarrollo del caos en un sistema será en función al tiempo, ya que este no es lineal si no fractal según la perspectiva. Este siempre es consecuencia de la inestabilidad.
- El cambio de las variables iniciales en un sistema determinan gran influencia sobre el resultado caótico.
- Los cambios que se generan por un pequeño efecto o distintas variables en una totalidad de un sistema tienden a la auto organización para lograr el orden.

Todos los mecanismos que funcionan en nuestro planeta están impregnados de caos, toda naturaleza de sólidos, fluidos, sonidos, calor, luz, electricidad. Un ejemplo de sistema caótico podría ser un río, en donde cada partícula de agua sigue una trayectoria aleatoria e impredecible que sin embargo no rompe con la dinámica establecida en el mismo río.

El caos desde la perspectiva del orden se refiere a la manifestación de acontecimientos de la vida cotidiana que son aparentemente aleatorios y desordenados.

Esta definición surge a partir de poder entender que el orden reduce en medida al desorden, pero es aquí donde surge el paradigma de que cualquier factor, por más mínimo que sea, puede afectar gradualmente al comportamiento y la evolución de la naturaleza misma.

Por otra parte, se define entropía como el grado de desorden y de caos que existe en la naturaleza o cosa analizada, es el segundo principio de la termodinámica que puede definirse esquemáticamente como el “progreso para la destrucción”, o “desorden inherente a un sistema”.

Así mismo, es importante considerar que el aumento de la entropía resulta de dos distintos procesos:

- **Principio de la reducción de la tensión:** disminución de la energía potencial, debido a la Interacción espontanea por fuerzas de campo.
- **Principio de la dirección dinámica:** orden alcanzado en las condiciones de un sistema afectado, agentes y sucesos que actúan de manera desordenada, es decir, una serie de fuerzas que intervienen mutuamente de forma constante (aumento de entropía).

Cuanto mejor sea la distribución en el grado de distribución de la energía, mayor será su entropía, ya que sin el grado de desorden no habría existencia de entropía.

Los sistemas, al llegar a su máximo nivel de aumento de entropía, desorden y equilibrio ya no puede regresar a su estado inicial, lo que significa una disminución imposible de la entropía; esto conlleva a la integración del sistema muerto al medio ambiente, es decir, el máximo de entropía al incorporarse y alcanzar el equilibrio y la estabilidad a que tiene el resto del universo observable que se compara.

LA INGENIERIA FORENSE

La ingeniería forense aplica un sinnúmero de aplicaciones simultáneas o secuenciales de varios conocimientos y metodologías de la ingeniería, para poder dar respuesta a los distintos tipos comunes de fallos, eventos catastróficos y la pérdida general de los bienes.

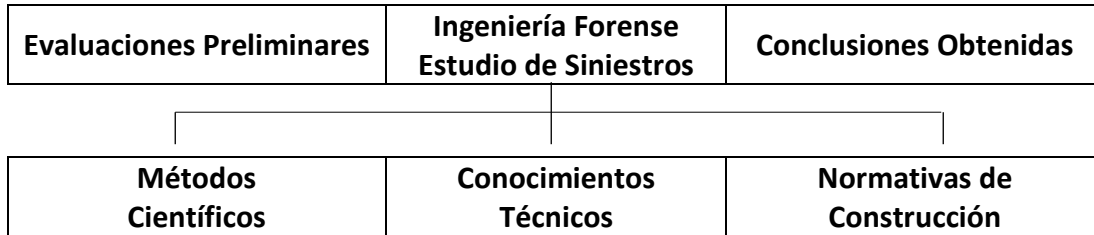
Los ingenieros forenses normalmente analizan cualquier tipo de siniestro, respondiendo a la pregunta, ¿que causó que esto suceda? Esto conlleva al análisis metodológico, ya sea como, accidentes de coches, derrumbes de edificios, accidentes industriales, explosiones y varias lesiones que cundan en lesiones y pérdidas significativas, no siendo estos los más comunes.

La definición según *Randall K. Noon*, nos afirma que la Ingeniería Forense es similar al análisis de fallas y análisis de causa raíz con respecto a las metodologías de ciencia y de ingeniería empleadas; asociada a los accidentes, crímenes, catástrofes, la degradación de los bienes y varios tipos de fallos.

El análisis de fallos hace referencia a la determinación de como una parte o componente fundamental de un sistema ha fallado, por ejemplo, selección de material, diseño, uso del producto, métodos de producción, mecánica de la falla dentro de la pieza, etc.

El análisis de la causa raíz hace referencia en aspectos de cómo se gestionó el fallo.

El asociamiento de ambos conlleva a una estructura sólida en la investigación de la Ingeniería Forense, ya que el análisis de fallos determina la parte específica del fallo, mientras que el análisis de la causa raíz nos determinan un panorama amplio para que este no vuelva a ocurrir.



Metodología de la Ingeniería Forense

Inicialmente a la investigación de siniestros, sólo el resultado final es conocido, esto podría ser una casa quemada, maquinaria dañada, derrumbe de una estructura, un accidente vehicular, etc.

Un ingeniero forense aplica normas y prácticas habituales de trabajo, por ejemplo, códigos de construcción, códigos de equipos mecánicos, fuego, especificaciones de materiales eléctricos, códigos de productos de almacenamiento y las especificaciones, métodos de instalación y diversas normas de seguridad, entre otros, todo esto con el fin de cumplir con los reglamentos y objetivos en la investigación.

Es entonces aplicada la “**Ingeniería Inversa**”, denotando una serie de preguntas las cuales son claves en el proceso de investigación para saber cómo se produjo el error, quién, qué, dónde, cuándo, por qué y cómo.

La información del testigo principal debe ser cuidadosamente examinada y evaluada, sus percepciones del evento también pueden estar influenciadas por su educación y formación, experiencias, su condición física con respecto a la vista o el oído, y los prejuicios sociales o culturales.

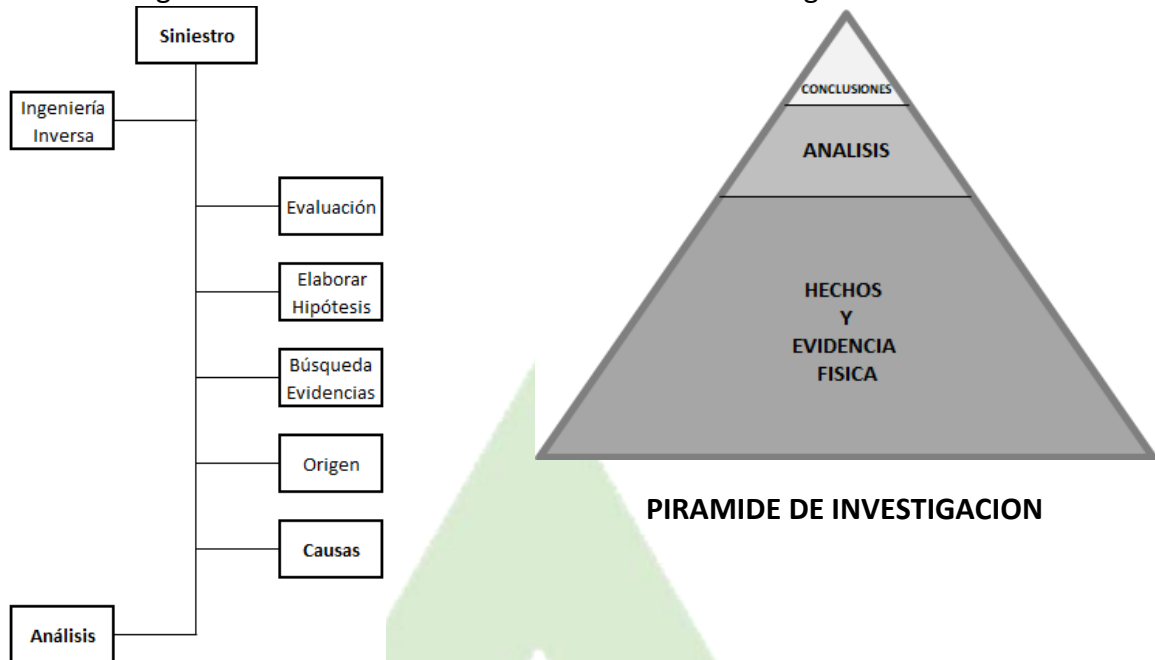
Metodología de la Ingeniería Forense:

- Evaluar lo que había antes del siniestro: el estado en que estaba antes del siniestro.
- Evaluar lo que está presente después del siniestro, y en qué estado se encuentra actualmente.
- Elaboración de hipótesis, posibles formas en que los factores y actores intervienen para dar lugar al siniestro (caos).
- Búsqueda de evidencias que niegan o apoyan las diversas hipótesis.
- Aplicar los conocimientos de ingeniería y la habilidad para relacionar los distintos hechos y pruebas en un escenario, para determinar su origen y causas del siniestro.

La lógica proporciona orden y coherencia a todos los hechos, principios, y las metodologías que afectan a un caso particular. Figura izquierda.

En la figura de la derecha se muestra la evolución de la investigación de un siniestro, teniendo como base fundamental los diferentes factores y actores que intervienen en el

suceso por medio de evidencias, posteriormente el análisis de ellas y culmina en el vértice superior al triángulo las conclusiones determinadas ante la investigación.



METODOLOGIA EN LA INVESTIGACION DE SINIESTROS

Metodología científica

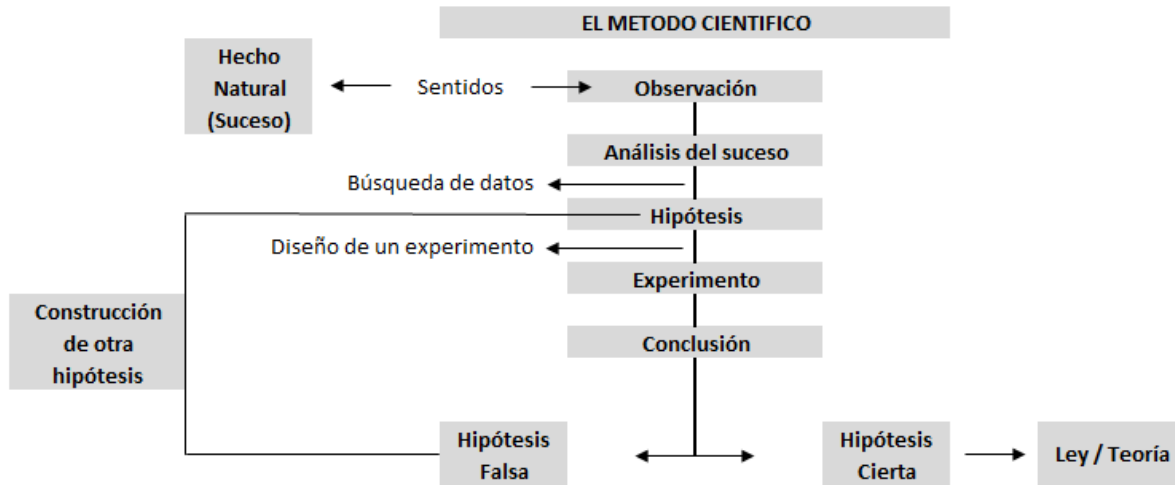
Randall K. Noon, nos explica el método científico para la investigación de siniestros en la generación de hipótesis, mediante la reconstrucción de accidentes, fallos y siniestros en general.

Aplicación del método científico:

1. Una hipótesis general de trabajo de investigación se propone sobre la base de las observaciones.
2. A medida que se recopila más información, la hipótesis de trabajo original es modificada para abarcar la creciente evidencia.
3. Después de cierto tiempo, la hipótesis de trabajo podría ponerse a prueba mediante la presencia de indicios que pueden no haber sido obvios o se pasaron por alto durante el esfuerzo de recopilación de información inicial.

Una hipótesis es considerada una reconstrucción completa, cuando cumple los siguientes requisitos:

1. La hipótesis explica todas las observaciones verificadas.
2. Cuando sea posible, la hipótesis predice con exactitud la existencia de más evidencia no conocidas previamente.
3. La hipótesis es coherente con principios científicos aceptados, el conocimiento, y las metodologías.



NORMATIVIDAD Y CONOCIMIENTO TECNICO

El conocimiento técnico, será aquel que después de un proceso experimentado y estudiado por el ingeniero forense, opere de manera sinérgica junto a la investigación del siniestro, así en conjunto con la normativa aplicada, poder llegar a una investigación objetiva. Hablemos desde el comportamiento de los sistemas físico, químicos y mecánicos y cualquier otro conocimiento útil en la investigación.

Dentro del marco legal del cual hace uso la Ingeniería Forense, para la determinación de las condiciones de uso adecuadas para mantener un estado material, ambiental y humano equilibrado, hace presente una serie de decretos de orden gubernamental útiles para la investigación de los siniestros (i.e. NSR-10, o de Construcción Sismo Resistente), las cuales nacen a posterior de un hecho catastrófico.

En mayo de 2015 el Gobierno nacional compiló una gran cantidad de decretos para unificar en una sola norma los diferentes aspectos de un sector de la economía, normalmente en cabeza de un Ministerio.

Estos decretos, denominados únicos, se definen de esta manera:

“Los Decretos Únicos son aquellos expedidos por el Gobierno nacional en los cuales se incorporan en un solo cuerpo normativo las disposiciones de carácter reglamentario vigentes, de competencia de los sectores de la administración pública nacional; con el objetivo de permitir un mejor conocimiento del Derecho y tener certeza sobre la vigencia de

las normas, en aras de facilitar a los ciudadanos y las autoridades el ejercicio de sus derechos y el cabal cumplimiento de sus deberes.”

*Cada Decreto Único compila en promedio más de 50 decretos. El más relevante para el sector de la construcción es el 1077 de 2015: **Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.***

En esta norma se compilan decretos que reglamentan los aspectos de las **licencias de urbanismo y construcción** para cualquier proyecto que incluya edificaciones en el país y se detallan otros criterios. Algunos de los requisitos a tener en cuenta son:

- Obligación de los Municipios a incorporar la **gestión del riesgo** en sus normas de ordenamiento territorial (Ley 1523 de 2012).
- Obligación por parte de los urbanizadores de realizar **estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa o inundación** como requisito previo para obtener la licencia de urbanismo (Ley 9/97).
- Exigencia de contar con una **interventoría para proyectos** contratados con el Estado (Ley 80/93).
- Obligación de presentar **proyectos arquitectónicos** que tengan en cuenta a las **personas en condición de discapacidad** (Ley 1680/13).
- **Exigencia de estudios** arquitectónicos, geotécnicos, estructurales, no estructurales (Ley 400/97).
- Necesidad de contar con **revisor estructural** independiente y un **supervisor técnico** independiente en ciertos casos (Ley 1796/16).

Para guía de nuestros lectores, sugerimos consultar, entre otras, la Web:
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/normas-construccion-edificaciones-en-colombia>

Estos reglamentos hacen de guía y alusión al ingeniero forense las condiciones de trabajo y funcionamiento donde se haya originado el siniestro, determinando las condiciones iniciales para poder saber si estas cumplían o no con los reglamentos necesarios de funcionamiento, para así determinar con mayor facilidad los factores que intervinieron en el origen del siniestro.

Cabe destacar que cada siniestro maneja un sinnúmero de afectantes que pueden originar un desencadenante de eventos inesperados, lo cual para cada uno de ellos se suele hacer uso de normas específicas al tipo de siniestro originado, de las cuales nombraremos las más esenciales.

Según la normativa consultada, a continuación se hace mención de solo algunas de las tantas normas empleadas para la investigación de siniestros en la Ingeniería Forense. Estas normas definen conocimiento fundamental para la investigación, ya que definen las condiciones y el mejor control del ámbito al riesgo que se genere.

METODOLOGIA 5 “M”

Una vez ocurrido un siniestro, se comienza con la investigación de los actores de riesgo haciendo uso de diferentes técnicas y metodologías de investigación para llegar a su solución. Esta metodología tiene el fin de ayudar a generar ideas ordenadas en la investigación de siniestros para identificar las causas que lo originan [9].

Un método de análisis de uso frecuente para la investigación de un problema ya sea fallos, accidentes o siniestros, se fija en cinco pilares fundamentales alrededor de los cuales giran las posibles causas de un problema, en su mayoría definidas por Toyota. Las 5 “M” son:

1 Maquinaria: Análisis de las entradas y salidas de cada maquinaria que intervienen en el proceso, así como de su funcionamiento de principio a fin y los parámetros de configuración, permitirá saber si la causa raíz de un problema está en ella. Es recomendable para la investigación aislar las partes o componentes hasta localizar el foco del problema.

2 Método: Se trata de cuestionarse la forma de hacer las cosas.

3 Mano de obra (factor humano): El personal puede ser el origen de un siniestro, ya sea por la falta de experiencia, información o bien por la temeridad ante una actividad o situación generadora de riesgo.

4 Medio ambiente: Valorar las condiciones ambientales en el siniestro, ya que no es lo mismo un siniestro con una mayor expansión por viento a un día caluroso sin viento, esto determinara en función del daño que se ocasiona.

5 Materiales: Rastreabilidad del material que puede cumplir ciertas especificaciones o ser defectuosa.

La metodología 5 “M” en conjunto de técnicas de investigación ya sea como, entrevistas a testigos, recolección de datos, inspección del sitio, etcétera que permiten hacer de una manera eficaz la determinación de los factores que intervienen en un siniestro.

Seguir una metodología de análisis estructurada como la anterior mencionada, permite ir acortando áreas concretas para detectar los factores de riesgo causantes de un siniestro. Hay ocasiones en la que las fronteras entre alguna de las “M”, puede ser difusa, ya sea por su interacción ante un siniestro. Esto no supone un mayor problema en el análisis ya que se puede asignar una posible causa a cada uno de los elementos interactuantes y analizar los efectos de cada uno de ellas.

Dinámica de los sistemas

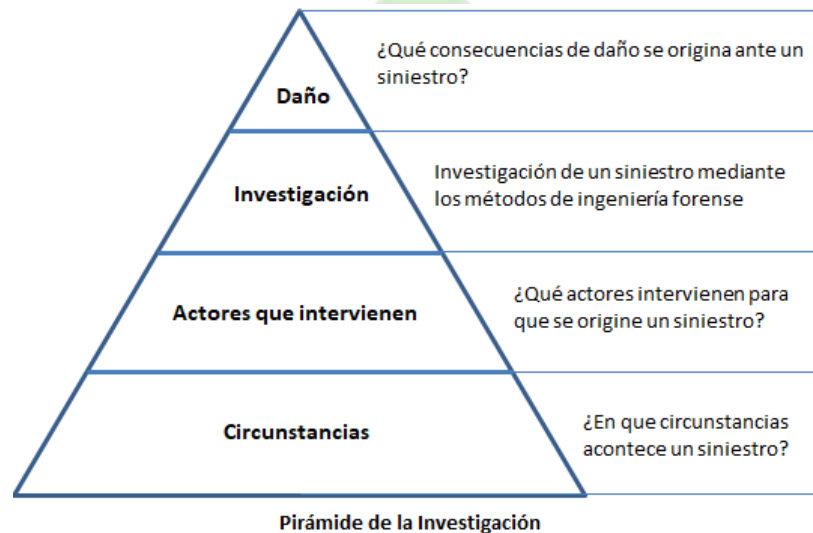
Herramienta y enfoque para entender el comportamiento de los sistemas a través del tiempo, es de utilidad entender el comportamiento de los sistemas ante un grado de aumento entrópico, como conocimiento técnico/científico para la investigación de siniestros.

Entre los sistemas más estudiados por la ingeniería forense encontramos.

- 1 Dinámica del fuego.
- 2 Dinámica de sistemas eléctricos.
- 3 Dinámica de los materiales.
- 4 Dinámica de los sistemas sociales.
- 5 Dinámica de reacciones exotérmicas.

Por razones de extensión, no entraremos a revisar cada una de las dinámicas mencionadas, pero en un futuro, según nos sea solicitado por nuestros lectores, podremos ampliarlos en nuevas ediciones.

Por ahora baste mencionar el proceso metodológico para evaluar la patología en casos de siniestros por fuego mediante “Investigación de siniestros mediante métodos de Ingeniería Forense.



Una vez obtenido los conocimientos básicos definidos en el fundamento teórico, determinaremos las circunstancias y los actores que intervienen en un siniestro, a su vez se hará la interpretación objetiva y veraz de un siniestro aplicando el método de Ingeniería Forense para la determinación de las causas y su origen, haciendo uso de técnicas y herramientas de apoyo en la investigación, si aun así, la determinación de estas dependieran del siniestro y de los circunstancias en que se generen es más que nada por dar un seguimiento metodológico y el avance objetivo en una investigación.

Al igual determinaremos los daños ocasionados a consecuencia de un siniestro según su origen.

Circunstancias en las que acontece un siniestro

Para poder determinar las circunstancias en que se genera un siniestro, hay que definir una serie de términos útiles en el mejor entendimiento del tema.

- 1 **Circunstancia:** conjunto de lo que está en torno a alguien o algo.

Las circunstancias están vinculadas al contexto y pueden influir, con mayor o menor determinación, en la esencia de las cosas.

2 Siniestro: ¿es el evento accidental o incidental provocador de daños o pérdidas económicas, materiales, medio ambientales y humanas?.

Siendo un *Incidente*.

Como el suceso acontecido que tuvo el potencial de ser un accidente, ¿hubo personas involucradas sin que sufrieran lesiones o se presentaran daños?

Siendo un *Accidente*.

¿Se trata de un acontecimiento repentino, prevenible y no deseado?.

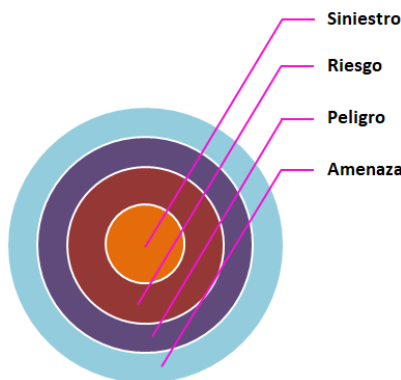
Si bien hay existencia de un sinnúmero de accidentes e incidentes, de los más destacados encontramos los accidentes laborales y las enfermedades profesionales, ya que la mayor parte del día estamos expuestos al riesgo generado. Sin embargo, el alcance de ésta presentación no involucra este tipo de afectaciones.

Ahora bien, teniendo un panorama más amplio del siniestro y los conceptos necesarios para el entendimiento de las circunstancias responderemos a la primera cuestión. ¿En qué circunstancias acontece un siniestro?

¿Acontece un siniestro a partir de que una situación está expuesta a una amenaza de peligro el cual de origen a un tipo de riesgo conllevando a un accidente o incidente (siniestro)?.

En una escala de tiempo podríamos decir que la amenaza, y el peligro son los primeros desencadenantes originarios de un riesgo. En medida que estos disminuyen, el riesgo dejara de existir.

Así, definiremos la amenaza como la advertencia a un hecho peligroso y al peligro como todo aquello que puede generar un daño. Sabiendo esto, podremos definir que el riesgo es la probabilidad de que un siniestro ocurra.



Se deduce entonces de la ilustración que la amenaza, el peligro y el riesgo son los factores causantes de un siniestro, pero con diferencias entre ellos y en la manera que actúan en el tiempo para poder conllevar el suceso.

El tipo de acción que se genere en un determinado lugar aunado al tipo de riesgo, las condiciones y actores necesarios serán las circunstancias principales al generar un siniestro. En consecuencia, las circunstancias en que se genera un siniestro serán:

- La existencia de un peligro el cual genere un tipo de riesgo asociado a una cierta actividad.
- El aumento entrópico de un sistema para la generación de un orden sobre el mismo caos, entiéndase que el caos genera orden, según la teoría del caos.
- Las condiciones necesarias para generar un siniestro, ya sean estas de origen por fallo natural, entiéndase ambientales ya sea como el clima, fallo tecnológico, entiéndase el uso de maquinaria y productos químicos y el tipo de actuación social o antisocial del ser humano.
- La intervención de actores que actúan en un determinado espacio tiempo e interactúan entre sí para desencadenar un siniestro.

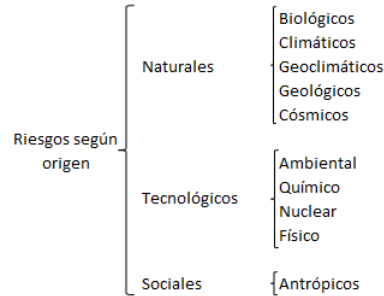
Entre otras circunstancias que son clave en la agravación de los siniestros encontramos:

- Que el lugar no cuente con los requerimientos necesarios para la protección y seguridad del mismo, ya sea como el uso de equipo de seguridad y medidas de seguridad pertinentes.
- La falta de capacitación y conocimiento sean circunstancias viables a generar o agravar un siniestro.

Siendo todas estas circunstancias, las determinantes para la generación de una serie de eventos no deseados. Ya que en medida que el caos aumenta su nivel de entropía, generando graves daños dependiendo de su magnitud, obteniendo pérdidas económicas, ambientales, materiales y en el peor de los casos muertes humanas.

Clasificación del riesgo según su origen

La existencia de un riesgo es una circunstancia fundamental en la generación de un siniestro, esta circunstancia es generada por un tipo de riesgo asociado a una actividad en especial. Entonces, se definen una gran variedad de tipos de riesgos según su origen:



Fenómenos y siniestros asociados al tipo de Riesgo

Una vez definidas las circunstancias en las que acontece un siniestro, una de ellas siendo el tipo de riesgo originado por el peligro generado en una actividad en concreto, asociamos una serie de accidentes y fenómenos comunes según el tipo de riesgo.

Tipos de riesgo social: Riesgos de la actividad humana.

Riesgos Antrópicos:

- Actividades sociales: Trabajo, circulación de todo tipo de transporte, ocio, métodos, etc.
- Actividades antisociales: Robos, atracos, sabotajes, atentados, Vandalismo y riesgos asociados.

Tipos de riesgo naturales: Riesgos asociados al comportamiento natural de los organismos y de los sistemas naturales.

- Riesgos Climáticos: Riesgos asociados al comportamiento natural de los organismos y de los sistemas naturales.
- Riesgos Geo climáticos: Inundaciones
- Riesgos Geológicos: Movimientos de laderas, terremotos y maremotos.
- Riesgos Cósmicos: Caída de asteroides y/o chatarra espacial.
- Riesgos Biológicos: Plagas y epidemias causadas frecuentemente por Virus y bacterias

Tipos de riesgo Tecnológico: Riesgos fruto de efectos tecnológicos y percibidos como controlables.

- Riesgos Ambientales: Contaminación de fuentes de agua, aire y suelos.
- Riesgos Nucleares: Explosiones nucleares, radiaciones ionizantes (radiactividad en general).

- **Riesgos Físicos:** - Mecánicos: Elementos geomecánicos, máquinas y herramientas, espacios confinados, recipientes a presión, manejo de herramientas manuales, mecanismos en movimiento.
- **No mecánicos:** Iluminación, humedad, ruido, vibraciones, radiaciones ionizantes y no ionizantes, eléctricas (altas tensiones, electricidad estática, cables en mal estado, conexiones eléctricas inadecuadas), incendios (temperaturas extremas).
- **Riesgos Químicos:** La forma material de un producto químico puede influir en como penetra en el organismo y en alguna medida en el daño que provoca. Las principales formas materiales de los productos químicos son sólidos, polvos, líquidos, vapores y gases, estos son provocadores de fenómenos de fuego, corrosión, toxicidad, reacciones químicas generales, etc.

Tipos de fenomenologías:

Mecánicas: Ondas de presión y proyectiles, características de las explosiones, manipulación de materiales.

Térmicas: Radiación térmica, generada en los incendios.

Químicas: Fugas o vertidos incontrolados de sustancias contaminantes, tóxicas y muy tóxicas.

Explosivas: Hay varios tipos o clases:

- Vapor confinado (VCE).
- Vapor no confinado (UVCE).
- Polvos.
- Expansión de vapor de un líquido en ebullición (BLEVE).

Fuegos: Causante de efectos térmicos por la transferencia de calor (entropía) a los organismos y objetos en su entorno. Hay varias formas:

- ✓ Piscinas de Incendio (Poolfire)
- ✓ Llamadas (Flashfire)
- ✓ Bola de Fuego (Fireball)

El fuego es iniciado por tres factores causales, combustible, oxígeno y fuente de ignición, que en su conjunto conforman el Triángulo del Fuego.

Escape de sustancias tóxicas: Referido a la propiedad de una sustancia con capacidad de producir un daño (físicamente en el humano, por ejemplo, toxicidad o envenenamiento).

Clasificación y control de las sustancias:

- 1.- Explosivos.
- 2.- Gases.

- 3.- Líquidos inflamables.
- 4.- Sólidos inflamables.
- 5.- Sustancias oxidantes, comburentes y peróxidos.
- 6.- Materiales tóxicos, infecciosos y nocivos.
- 7.- Materiales radiactivos.
- 8.- Ácidos y bases.
- 9.- Residuos peligrosos (Diversos).

La Norma NFPA 704 es el código que explica el “diamante de fuego” establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego utilizado para comunicar los riesgos de los materiales peligrosos. Es importante para ayudar mantener el uso seguro de productos químicos.

EL TETRAEDRO DEL FUEGO: Este esquema clasifica mundialmente las sustancias y los peligros asociados al hombre como a los viene:



Sistema de identificación en el transporte de sustancias peligrosas.

Para poder identificar una sustancia peligrosa las naciones unidas fija un número único de identificación a la sustancia, como código de registro. El código de riesgo se forma con el conjunto de números según los peligros que presenta una sustancia, por ejemplo:

La nafta o gasolina común, (combustible de automóviles), tiene número de ONU 1203 y sabemos que es un líquido inflamable y si le echamos agua cuando arde reacciona mal. Entonces el código de riesgo va a ser X30, la X porque reacciona mal con el agua, el 3 porque es un líquido inflamable y el cero porque no tiene otro riesgo.

La **acetona** de número de ONU 1090 y su código de riesgo es X333, la X porque reacciona con el agua y 333 porque es muy inflamable. Cuando se repitan los números es porque el riesgo es alto.

Al igual pueden existir combinaciones las cuales nos indican el grado de riesgo que conlleva esa sustancia, es decir, una combinación 23, donde el riesgo primario es 2 (gases), y como riesgo secundario 3 (líquido inflamable), por lo tanto, el riesgo será de un gas inflamable. Este será en aumento según los riesgos secundarios que se añadan a él.

Actores que intervienen en un siniestro

La civilización de riesgos identifica tres tipos de siniestros según su origen, ya sea natural, tecnológico y social. Ocasionados por un tipo de riesgo determinado (químico, físico, biológico, nuclear o antrópico) siendo estos resultantes de 3 factores principales la peligrosidad, vulnerabilidad y la exposición, dando como circunstancia la intervención de uno o varios actores que difieren en función del lugar y sus condiciones, y que interactúan entre sí para así dar lugar a un hecho no deseado.

Es entonces un actor de riesgo, cualquier característica o fenómeno ya sea de origen natural, tecnológico o social. Estos son capaces de sumarse unos a otros y aumentar el nivel entrópico de los sistemas produciendo un fenómeno de interacción determinantes para ocasionar un siniestro.

Sería imposible definir de una manera concreta la gran diversidad de actores que intervienen en un siniestro, así que clasificaremos estos actores según los 5 pilares fundamentales en una investigación de accidentes, según metodología 5 “M”.

- **Medio ambiente:** Intervención de actores de tipo de riesgo de origen natural, ya sean como el clima, virus o bacterias.
- **Metodológicas:** Intervención de actores de tipo de riesgo de origen social, ya sea por la imprudencia de no utilizar algún tipo de sistema que resguarde la seguridad, o bien no seguir las instrucciones.
- **Maquinaria:** Intervención de actores de tipo de riesgo tecnológico, ya sea como fallos eléctricos o fallo de maquinaria.
- **Materiales:** Intervención de actores de tipo de riesgo tecnológico, ya sea como sustancias químicas.
- **Humanos:** Intervención del ser humano como actor de tipo de riesgo social, ya sea como la temeridad, falta de conocimiento, vandalismo, etc.

De los actores mencionados anteriormente, se determinan ciertos fenómenos según su tipo de riesgo (como ya se hizo mención de los fenómenos en el tema anterior), los cuales suelen ser variantes en la intervención y la manera que actúan dependiendo del lugar y sus condiciones para desencadenar un siniestro. Es de todo esto la importancia del estudio de los siniestros y el daño que generan, para así definir sus circunstancias y los actores que

intervienen, la frecuencia en que se origina mediante la evaluación del peligro, riesgo y el grado de daño que puede ocasionar, para así obtener un nivel de protección eficaz.

FENOMENOS MAS ESTUDIOS PRINCIPALES REALIZADOS POR LA INGENIERIA FORENSE:

FENOMENOS ASOCIADOS AL TIPO DE RIESGO	
Físicos / Eléctricos	Altas Tensiones Electricidad estática Cableados en estado de deterioro Conexiones eléctricas inadecuadas
Físicos / No Mecánicos	Ruido Vibraciones Temperaturas extremas (Incendios) Humedad Iluminación Radiaciones ionizantes y no ionizantes
Químicos	Material Particulado Gases y Vapores Líquidos Sólidos
Físico - Químicos / Mecánicos	Proyección de chispas y/o partículas Mecanismos en movimiento Sobrepresión de equipos Manipulación de materiales Manejo de herramientas manuales Maquinaria y equipo
Sísico - Químicos / Mecánicos (Incendio y/o explosiones)	Combustibles Sólidos Líquidos Inflamables Gases y vapores Fuentes de calor
Locales	Estructuras Señalización Orden y aseo Condiciones de Almacenamiento Disposición de espacios Estados de los techos, pisos, escaleras, plataformas y demás instalaciones

Haciendo uso de la metodología de la Ingeniería Forense, se podrán determinar los actores que intervienen en un siniestro según las circunstancias y el lugar en el que se originó, como a su vez con el apoyo del conocimiento técnico, normativo, técnicas y de herramientas, como la recolección de información mediante entrevistas, inspección de campo y otras metodologías que serán de apoyo, podremos determinar y organizar el o los diferentes actores que interactúan y cuales son más determinísticos para que el siniestro se haya generado.

Investigación

Si bien cada siniestro es distinto dadas sus circunstancias y los actores que los desencadenan, el presentar una metodología y las técnicas necesarias para la investigación de los siniestros, definirán una mayor eficacia para la resolución de estos y determinar la magnitud que un siniestro puede ocasionar debido al daño que se ha generado.

Metodología ingeniería forense:

La metodología a utilizar se basará en el seguimiento de los pasos que conlleva una investigación de un siniestro y la formación de su informe mediante métodos de ingeniería forense.

Ingeniería inversa

1. Recolección de información (entrevistas, búsqueda de información).
2. Inspección del campo (observación e inspección, montaje fotográfico).
3. Descripción y evaluación del área (descripción del área, planimetría).
4. Generación de hipótesis.
5. Búsqueda y análisis de evidencias o muestras en el siniestro (pruebas de materiales).
6. Rechazar o aceptar hipótesis.
7. Origen del siniestro.
8. Causa del siniestro.
9. Análisis y conclusiones del siniestro.

ETAPAS EN EL DISEÑO DE UNA INVESTIGACION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SINISTRO	Recolección de información	Inspección de Campo (Observación e Inspección)	Descripción de área afectada	HIPÓTESIS	Búsqueda y análisis de evidencia	Rechazar o aceptar hipótesis	Se Determina del Origen	Se Determina(n) la(s) Causa(s)	Análisis
	Entrevistas		Característica del Area						
	Búsqueda de Información	Montaje fotográfico	Planimetría	PRUEBAS					
Conocimiento Técnico / Dinámica de los sistemas / Normatividad									

APLICACIÓN A LA INVESTIGACION DE UN SINIESTRO REAL

1. Siniestro a evaluar

Incendio ocurrido en las naves industriales de la empresa “X” en las afueras de la ciudad capital de un país.

2. Recolección de la información

Se realiza una investigación previa para determinar un breve relato de lo ocurrido y la búsqueda de información relevante en la investigación.

Objetivos: Reconstrucción del hecho.

Técnicas empleadas en la recolección de datos

Técnicas	Utilidad
Entrevistas (quien, que, dónde, cuándo, porqué y cómo)	Recolección de información de testigos principales, dueños y todo aquel involucrado en el sitio u observador.
Búsqueda de información	Ya sea el caso de datos necesarios en la investigación.

De la recolección de datos se obtuvo la siguiente información:

Entrevista

De la cual podemos relacionar hechos para determinar una breve historia de lo ocurrido, siendo en esta ocasión el vigilante propio de la empresa quien fue interrogado.

- ✓ El incendio afectó a dos naves industriales. En adelante se referencian como Nave 1, situada al este, destinada a almacenamiento; y Nave 2, situada al oeste, destinada a oficinas así como otros servicios tales como restaurante.
- ✓ En estas instalaciones se celebran bodas, bautizos y comuniones, disponiéndose además de cierta extensión ajardinada a tal efecto, y un extenso parking de vehículos.
- ✓ La empresa también cuenta con todo el material y aparatos necesarios para desarrollar su actividad de catering, entendiéndose por tal la prestación de servicios y material necesario, tanto para convenciones, stands, publicaciones, ferias, etc.
- ✓ El presente incendio ocurre un lunes con las primeras luces del día, siendo detectado alrededor de las 6:40am horas por el vigilante propio de la empresa, en dos naves propiedad de la empresa “X”, junto a la empresa “Y”, en el extrarradio de la ciudad Capital.
- ✓ En ese momento la actividad en las naves era nula, habiéndose accedido a ellas por última vez durante la noche anterior, alrededor de las 23:30 horas para estacionar un camión en el extremo norte de la nave 1.

- ✓ Se trata de un camión rígido con su caja posterior descapotada, de la marca YYYYY, con matrícula XXXX. Habitualmente se estacionaba en el exterior, pero al estar cargado y dada la amenaza de lluvia se aparcó en el interior de la nave. Según indica el vigilante, cuando se dio cuenta del incendio éste ya estaba relativamente extendido por una de las naves; alertando inmediatamente a los bomberos y a los propietarios.
- ✓ A la llegada de los Bomberos el fuego ya afectaba a las dos naves, limitándose los mismos a controlar las llamas y evitar que éstas afectaran a otras instalaciones próximas, así como minimizar los efectos sobre las instalaciones aeroportuarias.
- ✓ El recinto cuenta con un sistema de circuito cerrado de televisión con cámaras perimetrales, registrando y grabando de forma permanente lo que ocurre en el exterior. Las imágenes se almacenan en unos discos duros que se encuentran en la planta de oficinas dentro de la nave 2.
- ✓ La acción de las llamas en las oficinas y su total destrucción, no permite la recuperación de las imágenes. En las inmediaciones existen otras cámaras de grabación.

Búsqueda de información adicional

- ✓ Los terrenos ocupan una superficie de unos 78.000 m² en los que existe una superficie construida, de unos 35.500 metros distribuidos en diversas edificaciones.
- ✓ Ambas naves se emplazan en una parcela propiedad de la empresa 'Y', el cual cede los terrenos por un tiempo de 25 años con la condición de que al finalizar su contrato, suscrito en el año 1995, la empresa inquilina "X" debe ceder las dos naves que ella misma en su día construyó.

Técnicas empleadas en la inspección de campo

Una vez reconstruidos los hechos ocurridos, según las entrevistas realizadas y la investigación de información, ya sean como datos cástrales, los cuales serán de utilidad en la investigación, se procede entonces a la investigación de campo.

Inspección de Campo

Se hace una inspección del sitio y se observa con detalle cualquier aspecto fundamental en la investigación.

Objetivos:

Observación e inspección del campo afectado radial e interior para evaluar el daño ocasionado.

Descripción del área afectada para evaluar las condiciones en las que se encuentra actualmente.

Técnicas	Utilidad
Montaje Fotográfico	Durante todo el periodo de investigación se hace uso de un montaje fotográfico del área y los alrededores en el cual ocurrió el siniestro, además de toda aquella evidencia y muestras que sean requeridas o presuman un posible papel en la intervención del siniestro.

Tras el incendio y la extinción del mismo, no cabe lamentar daños personales aunque sí cuantiosos daños materiales, el mismo es de destrucción total, tanto a nivel de contenido como por daños sobre las construcciones, que se han visto colapsadas. Estos daños son de mayor consideración en la nave 1 que en la nave 2.

Se procede a realizar la inspección ocular sobre el escenario donde el mismo se desarrolló, destacando los siguientes hechos:

Por condiciones de derecho de autoría hemos sido requeridos para (con algunas excepciones) no publicar las fotos utilizadas en el reconocimiento y respetando la solicitud, esta se tendrá en cuenta, usando exclusivamente, aquellas autorizadas que narran o evidencian condiciones halladas y se interpretan o explican para cada gráfica.

HALLAZGOS PLASMADOS EN TOMAS FOTOGRAFICAS

- Todo el complejo está cercado por un vallado metálico con un único acceso, si bien
- relativamente fácil de franquear.
- La fachada principal al oeste del conjunto linda con una zona asfaltada destinada al estacionamiento o parking, la cual está completamente despejada de mercancías.
- En el lado este existe una campa en la que se almacenaba material muy diverso al aire libre (cajas, sillas, cámaras frigoríficas, bombonas de gas butano, materiales de construcción, urinarios, etc).
- Frente a la fachada sur de la nave 1, hay diversas bombonas de butano afectadas o semiafectadas por el fuego, las cuales fueron sacadas del interior de las naves por los Bomberos.

Inspección perimetral y hallazgos de la zona afectada por el fuego.

DESCRIPCION

Dos edificaciones están próximas entre sí, dispuestas de forma paralela con un pasillo de unos 4 metros de ancho entre ambas; pero separadas de cualquier otra instalación o edificación.

El pasillo intermedio aparece completamente lleno de escombros y elementos estructurales colapsados.

El cerramiento de la fachada de la nave 2 se presenta completamente abierto, siendo calcinado su aislamiento interior de espuma rígida de poliuretano, material combustible.

El frontal metálico de la parte superior del cerramiento, muestra huellas de calor principalmente en su mitad norte.

En la fachada sur de la nave 2, el frontis metálico muestra una huella de calor. Esta forma de la cubierta sin duda hizo que el humo, el calor y las llamas ascendentes, tendieran a desplazarse preferentemente de derecha a izquierda en el interior, facilitando la propagación en este sentido.

También se observan los restos de las cámaras del sistema de captación de imágenes por medio de un circuito cerrado de televisión propio (destacadas en rojo en la fotografía).

La fachada norte posee daños más intensos, en ella existe una puerta de acceso a vehículos que aparece cerrada, con oxidaciones intensas en su ángulo superior izquierdo.

Hacia la izquierda, hacia la nave 1, los daños aumentan considerablemente, pasando de existir tonalidades marrones sobre las chapas metálicas, fruto de la oxidación, a coloraciones más oscuras y azuladas, fruto de la reducción del metal.

En la parte este del conjunto se comprueban los daños sobre la nave 1, la fachada sur, pese a mostrar una total destrucción, es la menos afectada de esta nave. La fachada lateral derecha de la nave, recayente al este, muestra una destrucción y colapso total, que es tanto más agresiva cuanto más al norte (véase fotografía siguiente).

Se recoge una vista aérea del área afectada, muy útiles para comprender la magnitud del evento y una primera aproximación de los daños presentados. Presumimos que la misma fue obtenida a partir de un servicio aéreo o mediante el uso de Drones.

Con base en dicho registro, se menciona que se puede observar las huellas de calor sobre la cubierta.

El estado general de la cubierta, extiende una notable diferencia entre ambas naves en cuanto a la oxidación que muestra el chapado metálico.

Se distinguen los puntos donde ha habido mayor intensidad de llamas. En la nave 1, existen grandes extensiones que presentan intensas oxidaciones así como zonas azuladas debidas a reducción por presencia de llama directa. En cambio la nave 2 no presenta huellas de tal intensidad a excepción de su ángulo noreste, y principalmente en el lado exterior de la fachada. (Llamamos la atención del lector sobre la exactitud que se manifiesta en los detalles...)

Descripción del levantamiento Descriptivo de las áreas afectadas

- ✓ En primer lugar, se accede a la Nave 2, a la zona sur, menos afectada por el incendio. En la planta baja hay un comedor, cocina y vestuarios, que no resultaron afectados por las llamas de forma directa. La estructura de hormigón de esta zona es a simple vista, completamente estable.
- ✓ La planta de piso que alberga las oficinas, sí aparece completamente arrasada. En ella todos los equipos informáticos y mobiliario presentan una calcinación completa, si bien las zonas perimetrales del extremo sur están menos afectadas. No existe elemento alguno recuperable.
- ✓ Entre esta zona de oficinas y el cuerpo principal de la nave, se halla una zona de almacenamiento que consta de planta baja en la que había diversos productos y un altillo en el que se almacenaban minimotos.
- ✓ Se entra al interior del cuerpo principal de esta misma nave 2, el cual ofrece una vista bastante diáfana sólo obstaculizada por los elementos estructurales de cubierta colapsada y restos de maquinaria o bancos de trabajo carbonizados.
- ✓ El material almacenado era en su gran mayoría madera, habiendo quedado ésta totalmente carbonizada a excepción del interior de algún apilamiento que aparece ahora disperso.
- ✓ No existen graves o grandes afectaciones puntuales ocasionadas por contenido combustible, y sí se observa que el calor desarrollado al arder espuma rígida de los cerramientos, ha participado en los daños ocasionados en esta nave 2.
- ✓ El acceso a la nave 1 se realiza mediante su fachada sur, existiendo una destrucción total de las instalaciones y afectaciones más graves, tanto a nivel de contenido como estructurales. Debido al colapso de la cubierta se realiza un desescombros selectivo con maquinaria pesada.
- ✓ Destaca sobre otras huellas, la característica huella de calor existente sobre la fachada vecina, así como los daños causados en zonas puntuales.
- ✓ En el interior de esta nave aparecen multitud de restos de diverso equipamiento y material de cocina, y mobiliario, quedando únicamente y como es lógico, su estructura metálica. También hay una zona particularmente afectada en la que se almacenaban lonas de material plástico.

Descripción y evaluación del área total afectada

Mediante la recolección de información y la observación e inspección del área afectada podremos determinar las condiciones estructurales el uso que se les daba y los distintos sistemas que se pueden encontrar en las instalaciones antes de originarse el siniestro y poder hacer su demostración topográficamente mediante planos.

Objetivos:

1. Determinar las condiciones estructurales del área, el uso y los materiales estructurales.
2. Determinar los diferentes tipos de mecanismos que se emplean en el lugar ya sea como eléctricos, drenaje y sistemas de seguridad.
3. Demostración topográfica del área en el que se originó el siniestro.

Técnicas empleadas:

Técnicas	Utilidad
Planimetría	Realizar los oportunos planos del lugar del siniestro, considerados necesarios para representar topográficamente el mismo, así como todos sus mecanismos y sistemas que lo incluyan.

Características del área

Nave 1

Tiene una superficie aproximada de 1.220 m² de superficie en planta.
De estructura metálica con cubierta de vertiente a un agua (hacia el este) a base de cerchas tipo belga de perfiles metálicos de sección cuadrangular y plancha metálica galvanizada.

Los cerramientos se resuelven con un murete de hormigón de aproximadamente un metro de altura y remate hasta la cubierta con planchas metálicas tipo sándwich, con relleno aislante en su interior de espuma rígida de poliuretano.

Está dedicada a almacén, existiendo en todo su perímetro interior estanterías metálicas repletas de materiales y enseres muy variados Existen zonas de altillo sobre las cuales también existía mercancía almacenada.

Sólo existe instalación de alumbrado compuesta por lámparas de 400 W.

Nave 2

Cuenta con 1.100 m² de superficie en planta.

Su obra es de idénticas características constructivas, a excepción de su extremo sur, dedicado a oficinas donde la obra se resuelve por medio de estructura de hormigón y cerramientos acristalados.

Destinada en gran parte de su superficie a taller, principalmente de carpintería, existiendo material almacenado a tal efecto así como maquinaria para realizar los trabajos de reparación, mantenimiento y montajes como: escaleras, escenarios, paramentos, etc. En esta nave existe tanto instalación de alumbrado como de fuerza.

El extremo sur de este recinto alberga en planta baja una zona de vestuarios, comedor para los trabajadores y una cocina. La planta superior está íntegramente destinada a oficinas, con diversos despachos y mesas de trabajo con sus correspondientes equipos informáticos y archivo.

Cabe indicar que todo suministro eléctrico en las instalaciones quedaba anulado desde el cuadro principal.

Respecto a las medidas de protección contra incendios las instalaciones con que cuenta la empresa, se reducen a extintores móviles en el interior de las instalaciones, no poseyendo ni bocas equipadas contra incendios o hidrantes exteriores, ni sistemas de detección, alarma de incendios y medidas de protección pasivos.

Planimetría y realización del croquis. Haciendo uso de las siguientes técnicas:

<u>Técnica empleada</u>	<u>Descripción</u>
Técnicas de detalles	Propias del investigador
Técnicas fotogramétricas	Realizadas por tomas fotográficas
Técnicas G.P.S. y Dron	Receptor vía satélite
Métodos de coordenadas	Localización de una evidencia en distancia

Se deben obtener o en su defecto realizar bosquejos de los planos del lugar del siniestro, necesarios para la representación topográfica de este. Los principales, son:

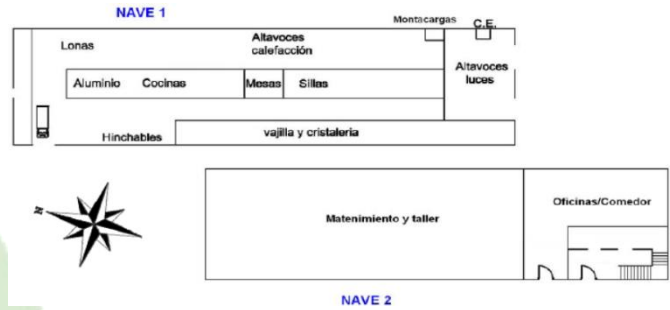
Plano Topográfico	Muestra el plano del terreno en el cual está ubicada nuestra instalación afectada.
Plano Layout (Plano de diseño)	Muestra detalladamente el plano de la planta afectada en vista superior.
Plano de Instalaciones	Muestra de todo aquel mecanismo eléctrico y fontanería ubicados en la instalación
Plano de elementos de seguridad	Muestra todos aquellos elementos de seguridad en las instalaciones ya sean, salidas de emergencia, extintores, rociadores, alarmas contra incendio.

El uso de herramientas actuales en mapeo de zonas ha facilitado el trabajo en la elaboración de planos topográficos del terreno en el cual se encuentra ubicada el área de afectación del siniestro. Por tanto, en la medida de lo posible, los originales deben procurar obtenerse

directamente del cliente y en su defecto utilizando las herramientas descritas, realizar una aproximación a los mismos.

Para poder detallar el layout del área afectada es necesaria la reconstrucción del sitio mediante el uso de la información obtenida en el proceso de recolección de datos.

Haciendo uso de herramientas de diseño de instalaciones y planos, se realiza el layout en vista superior haciendo referencia del área afectada delimitando las áreas del lugar y su función principal, al igual detallando mecanismos eléctricos y de fontanería y mecanismos de seguridad en las instalaciones ya sean, salidas de emergencia, extintores, rociadores, alarmas contra incendio y demás detalles relevantes.



Plano ficticio de zonas afectadas

GENERACION DE HIPOTESIS

Su finalidad es la de mediante las investigaciones previas, se expliquen todas las observaciones verificadas en campo.

La afectación sobre los diferentes elementos estructurales y materiales, facilita las claves para establecer una serie de hipótesis por lo cual pudo haber ocurrido el siniestro dado el comportamiento, frente a las llamas o el calor de los mismos.

Las observaciones realizadas desde el exterior de las naves permiten establecer el sentido de propagación general de las llamas en el ejemplo del presente incendio y aproximar una zona de origen relativamente reducida.

Mediante las vistas aéreas, se estudia la dirección del colapso estructural, así como las huellas de llama o calor existentes.

Ejemplos de una descripción de los **registros fotográficos** observados, son:



Caída de la cubierta de la Nave 2

En la nave 2, que resultó menos afectada, se observa inmediatamente por la dirección de caída de la cubierta, que la propagación fue de norte a sur, plasmándose huellas de llama significativas sobre los frontis metálicos, tanto en el interior como en el exterior.

En este mismo frente metálico, existen huellas puntuales de calor en el tercio norte, que evidencian el desarrollo del incendio en el interior. Estas huellas son de menor intensidad que en la fachada contraria, donde la afectación fue más intensa y con ataque de las llamas desde la nave 1, visible sobre las planchas del cerramiento.



Huella de calor



Cono de ataque

Sobre este mismo cerramiento lateral recayente al pasillo medianero, existe un indicador de propagación muy claro por medio del cono de ataque, plasmado en base a los diferentes grados de afectación de la chapa. Este indicador evidencia que el fuego se propagó de norte a sur en la nave 2.

Respecto a la nave 1, se comprueba la existencia de dos zonas principales de afectación, definidas por la tonalidad azulada del chapado metálico que refleja una reducción del material, una de ellas situada en el tercio sur y la otra en el norte.



Zonas de afectación nave 1

Entre ambas zonas existen indicadores de propagación estructurales que definen una propagación de norte a sur, como por ejemplo lesiones direccionales sobre estanterías con mercancía.



Afectación en los materiales de la nave 1

Se puede comprobar también en el interior, la afectación sobre los apilamientos de perfilaría de aluminio que se han visto parcialmente fundidos, los cuales muestran una dirección de propagación también de norte a sur y preferentemente de este a oeste.

La zona de origen del tercio norte se extiende unos 20 metros junto a la fachada este y queda definida por la tonalidad azulada fruto de la reducción superficial de las planchas de cero y mediante la apertura de la cubierta



Afectación área norte nave 1

En esta zona norte existen dos áreas de afectación, una destinada al almacenamiento de lonas y otra de tableros de madera, siendo ambas de grave afectación, si bien todavía quedan partes intactas de los apilamientos.



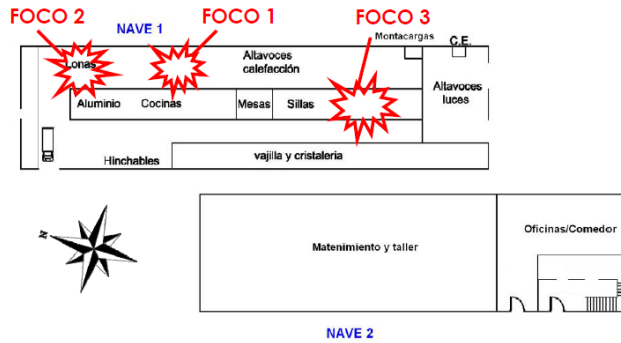
Estas dos áreas dentro del área de origen del incendio norte, corresponden a dos focos de incendio (focos 1 y 2), desde donde se propagaron las llamas al resto de instalaciones.

En el área sur, existe una afectación idéntica desde donde también se propagaron las llamas, definiéndose éste como un nuevo foco del incendio, foco 3.

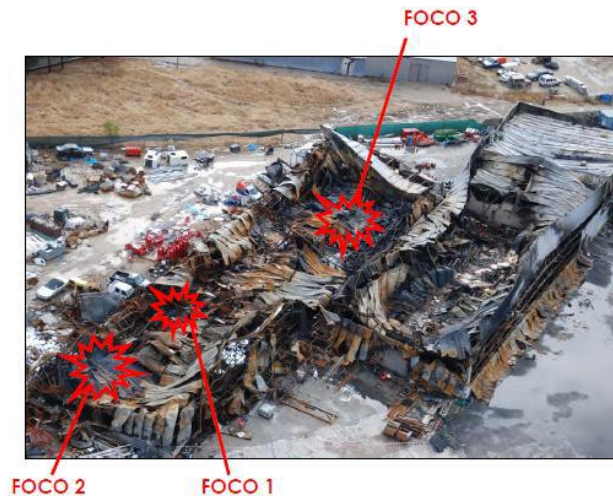


Ilustración Afectación área sur Nave 1

Se hace claro entonces que el evento en análisis tuvo tres frentes de fuego definidos y es entonces cuando los planos resultan muy útiles para entender la magnitud y extensión del daño:



...que en una panorámica aérea se identifican con total claridad:



Al ser detectados 3 focos de incendio de los cuales se puede definir una propagación sobre el mismo sentido de norte a sur se puede definir que el siniestro pudiera haber sido causado por los siguientes actores:

Algún tipo de fallo eléctrico que definió una propagación del fuego, ya sea por las instalaciones eléctricas del área o bien por el camión previamente estacionado antes de ocurrir el siniestro.

Disposición de material combustible en las áreas afectadas que determinarían un aumento de entropía (carga térmica) en los materiales de almacenamiento ya que de todos los focos de afectación en ambos se muestra una gran destrucción y un solo sentido de propagación, difiriendo en la localización de cada uno.

Búsqueda y análisis de evidencias

Dadas las observaciones realizadas, se procede a examinar con detenimiento los restos existentes en el lugar o lugares en los que se cree hipotéticamente se origina el siniestro.

Este factor, normalmente es pasado por alto por los reconocedores de siniestros y en su lugar tienden a recopilar simplemente decenas y decenas de registros fotográficos, que sin ningún tipo de guía explicativa no conducen a nada concreto, salvo, que se evidencia la magnitud del evento. Por ello, los detalles son tan importantes llevando al lector de lo general a lo particular.

Veamos:

Con referencia así el vehículo IVECO estacionado en la zona norte de la nave 1 fuese el causante de un fallo eléctrico se dispone a su análisis:



El vehículo afectaciones sobre la cara externa de su carrocería, siendo estas procedentes desde la parte posterior desde su caja de carga.

Comprobados los restos en su interior, tanto en el compartimento motor como en el habitáculo de pasajeros, no existen evidencias de fallo eléctrico interno. El cableado se presenta con la clásica coloración verdosa que identifica la presencia de cloruros de cobre que se dan al calcinarse la funda plástica protectora del cable sobre el mismo. Caso de una avería de tipo eléctrico, el cableado aparecería desnudo y con colores rojizos.

Entre los restos de la instalación eléctrica de la nave, se observa que la misma únicamente contaba con un cuadro eléctrico en su extremo sur desde el cual se daba alimentación a diversos focos de alumbrado suspendidos de la estructura de la cubierta. No existía instalación eléctrica de fuerza o alimentación a maquinaria alguna, ni a cargadores o baterías.



Los cables presentan el aislante plástico carbonizado y adherido a los conductores de cobre, lo que evidencia un ataque exterior de las llamas, presentando el cobre una coloración azulada, producto de la acción del ácido clorhídrico generado a partir de la emisión de cloro por parte del aislante plástico al consumirse y combinarse éste con la humedad ambiental, que ataca a la superficie del metal de cobre, quedando ésta con esta coloración característica.

No se observa en los elementos presentes evidencias o indicios de fallo eléctrico alguno.

En lo referente a la primera de ellas, foco 1, donde se almacenaban las lonas, éstas aparecen con un elevado grado de calcinación, quedando sin embargo apilamientos de las mismas carbonizados perimetralmente, lo cual resulta llamativo al no presentarse una afectación direccional por alcance del fuego.



Calcinación de materiales en el foco 1

Este hecho indica que las llamas han afectado por todos sus costados a los apilamientos de lonas, siendo éste un indicio de la existencia de diversas direcciones de afectación opuestas y de la presencia de sustancias acelerantes de la combustión.

La exploración de los restos, también muestra que:



Oquedades en el foco 1

Entre los apilamientos, existen oquedades causadas por la acumulación de estas sustancias acelerantes, las cuales ocasionan afectaciones puntuales y carbonizaciones localizadas. Estas evidencias son conocidas como 'cavernas'.

En lo referente al foco 2, se comprueba la existencia de los mismos efectos anteriormente descritos, con combustiones bajas y perimetrales, pero esta vez sobre tableros de madera apilados.



Oquedades y calcinación en el foco 2

Establecido pues que en ambos focos (1 y 2) existen indicios de derrame de sustancias acelerantes de la combustión, se realiza una toma de muestras en cada uno de ellos con el objeto de realizar un análisis químico de su presencia. No se realizó toma de muestras en el Foco 3 dado que este foco fue desescombrado completamente por la Autoridad Científica de forma previa a nuestra investigación.

Las muestras fueron remitidas al Instituto de Tecnología Química, donde fueron sometidas a análisis, y extracción líquido-sólido a temperatura ambiente con diclorometano [CH₂Cl₂ **Ficha de Datos de Seguridad Roth En caso de incendio pueden formarse: Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, Cloruro de Hidrógeno y Fosgeno** – Nota de la redacción].

El extracto fue concentrado y analizado en un cromatógrafo HP-Masas.

El resultado analítico indica textualmente lo siguiente:

“La muestra M1 (foco 1): presenta compuestos típicos de combustión de madera y plásticos junto a restos de hidrocarburos aromáticos en el rango de composición de una gasolina comercial: xilenos (c2-alquilbencenos), trimetilbencenos (c3-alquilbencenos) y c1-naftalenos.

La muestra M2 (foco 2): presenta compuestos típicos de combustión de madera y plásticos.

En resumen, en la muestra M1 se ha encontrado compuestos comunes en composición a la gasolina comercial, que se pueden considerar acelerantes de la combustión”.

Rechazo o aceptación de hipótesis

Con base en los estudios los análisis realizados y a las evidencias encontradas, se desmienten o se aceptan las hipótesis generadas.

En el solo caso que ninguna de las hipótesis sea la correcta, es necesaria la retro inspección en la investigación, para determinar si ha quedado alguna pista suelta esencial en la investigación que no haya podido ser encontrada a simple vista.

Se rechaza la hipótesis de un fallo eléctrico tanto en el origen de las instalaciones como en el vehículo estacionado por efectos de lluvia, ya que el cableado no presenta ningún tipo de señal que este haya originado algún tipo de presencia de fallo eléctrico como ya se comentó anteriormente.

En cambio, la sola existencia de los tres focos diferenciados entre sí, la ausencia de una trayectoria natural y no forzada de las llamas, y el hallazgo de acelerantes en uno de ellos, lugar en el que no debiera existir tal sustancia al no ser consustancial de la actividad, establece la naturaleza del **incendio, a consecuencia de sustancias combustibles**, verificando y aceptando esta hipótesis.

Origen, causa y conclusiones del siniestro

Se define entonces que el hecho no deseado accidental debido a la gran pérdida económica y material generada y no lamentando pérdidas humanas define un siniestro de categoría 2.

Las circunstancias dan origen a una situación expuesta a una amenaza de peligro el cual dio origen a un riesgo conllevado así al origen del siniestro.

En una escala de espacio y tiempo se define la misma evolución del sistema para generar el caos existente, esto debido al incremento de entropía en la propia dinámica del mismo.

Origen:

Dada la investigación del siniestro y las condiciones de los materiales expuestos con anterioridad se determinó el origen del incendio en distintos puntos de la nave 1, como se muestra en la ilustración.

Causas:

Dadas las investigaciones previas, se define una serie de actores interactuantes entre sí que difieren en función del lugar y sus condiciones determinando un grado de daño. Entre los actores encontrados en la investigación y haciendo uso de la metodología 5 “M” la cual será de apoyo para generar ideas organizadas y así facilitar el esclarecimiento de los actores afectantes; se determinan entonces los siguientes actores:

1. **Medio ambiente:** La participación de actores ambientales como el viento, son partícipes de la propagación norte-sur del incendio.
2. **Métodos:** La falta de sistemas de seguridad contra incendios, exponen actores metodológicos para la prevención de riesgos.
3. **Maquinaria:** No se determinó ningún actor consecuente de un tipo de riesgo mecánico, eléctrico durante la investigación.
4. **Materiales:** La presencia de un actor principal como en este caso lo es el acelerador combustible debido a 3 factores que desencadenaron el incendio (oxígeno, combustible, calor) y añadiendo el material sensible almacenado en el área afectada determinaron el aumento entrópico del siniestro.
5. **Humanos:** Como ya se mencionó anteriormente la existencia de 3 focos diferenciados entre sí, la ausencia de una trayectoria natural y no forzada de las llamas, el hallazgo de gasolina comercial en uno de ellos, lugar en el que no debería existir tal sustancia al no ser consustancial de la actividad, define un actor humano determinante en la generación del siniestro.

Análisis y Conclusiones

Es entonces la intervención de todos los actores mencionados anteriormente para determinar un riesgo resultante de 3 factores:

1. La peligrosidad generada por el tipo de riesgo.
2. La exposición de los bienes expuestos al riesgo.
3. La vulnerabilidad de los bienes afectados expuestos a actores interactuantes.

Gracias a la investigación, se determina el origen y las causas del siniestro. Es entonces donde se define que el origen del riesgo es tecnológico y humano.

Siendo tecnológico por la existencia de un tipo de riesgo químico que origina en un incendio debido a una sustancia de tipo 3 (líquido inflamable) según la clasificación de sustancias según su tipo de riesgo.

Siendo de origen humano por la existencia de un riesgo entrópico de origen antisocial, lo cual nos define un accidente no laboral, sino más bien intencionado.

Es entonces el incendio un acto provocado de forma intencionada en al menos 3 focos del incendio causados por la actuación del combustible y el material que en el área se encontraba; aunado a esto que no existieran métodos de seguridad y el ambiente necesario para su propagación, determinaron en un grado de daño en magnitudes de pérdidas considerables económicas y materiales, que pudieran haber sido disminuidas en menor grado ante la presencia del siniestro.

Determinar las consecuencias de daño ocasionados por un siniestro

Para poder determinar las consecuencias de daño ocasionados por un siniestro, hay que entender el origen y causa de los daños.

Como se ha mencionado anteriormente el daño es:

Efecto obtenido ante las consecuencias producidas por un siniestro sobre los bienes y la calidad de vida, es decir, la pérdida.

El siniestro es evaluable en 3 categorías, según su daño originado:

- **Categoría 1:** daños materiales en instalaciones, sin daños externos.
- **Categoría 2:** posibles víctimas, daños materiales en las instalaciones, repercusiones exteriores, limitados a daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente en zonas limitadas.
- **Categoría 3:** posibles víctimas, daños materiales grave o alteraciones en el medio ambiente en zonas extensas en el exterior de la instalación industrial.

Si aun así para la empresa la principal pérdida es el estado económico en sus bienes y servicios, existen diferentes tipos de pérdidas a consecuencia del daño originado por un siniestro, entre las cuales podemos clasificarlas en:

Pérdidas económicas: Grado de afectación ante un siniestro, debido al deterioro en el estado de bienes y servicios en términos monetarios.

Pérdidas materiales: Grado de afectación ante un siniestro, debido al deterioro en el estado de los bienes.

Perdidas medio ambiente: Grado de afectación ante un siniestro, debido al deterioro en el estado de los organismos y el medio.

Pérdidas sociales: Grado de afectación ante un siniestro, debido al deterioro en el ser humano o colectivos.

Para poder determinar las consecuencias de siniestro, hay que cuantificar el estado de las pérdidas, para determinar el grado de deterioro y determinar si es cuantificable para ello existen 3 clasificaciones del tipo de detrimento (deterioro):

- ✓ **Detrimento tangible**, evaluable u objetivo (cuantificable en el deterioro).
- ✓ **Detrimento difícilmente evaluable o relativo** (cuando la sociedad queda afectada por algún accidente).
- ✓ **Detrimento intangible o subjetivo** (penalizaciones que sufre una población a causa de una catástrofe).

La cuantificación constituye la unión entre la identificación del daño y su posterior valoración económica.

Para nuestro caso en particular, anteriormente estudiado en el que se determinaron el origen y las causas de un siniestro, podremos determinar el tipo de pérdida generada y como cuantificar su grado de detrimento.

Teniendo un siniestro por la exposición que se tubo al medio ambiente. Entre las pérdidas generadas por el siniestro mediante la inspección de campo se lograron encontrar perdidas de carácter, económico, material y ambientales.

Teniendo un tipo de detrimento tangible, evaluable u objetivo, en medida a que no existió afectaciones de tipo social.

En cuanto a la pérdida de material, para determinar sus consecuencias de daño, podemos cuantificarlo mediante un inventario de pérdidas, donde se evalúa, lo que se tenía, lo recuperable y lo perdido.

En cuanto a la pérdida económica, para determinar sus consecuencias financieras, se determinará a medida que lo invertido en bienes y servicios sea considerada una perdida ya sea parcial o total en términos monetarios.

Ecuación de la Pérdida Económica

$$\text{Pérdida económica} = \text{Invertido en bienes y servicios} - \text{lo recuperado}$$

En cuanto a la pérdida ambiental las consecuencias de daño dependerán del tipo de sistema al cual afecte, ya sea agua, suelo, aire y el medio en general.

Para determinar la cuantificación de pérdida medioambiental, se evalúan los siguientes aspectos:

- ✓ **Valoración a la exposición:** Consiste en la estimación cuantitativa de la concentración que pueden alcanzar las sustancias químicas en el medio receptor. Dicha concentración es la dosis de una sustancia, recibida por un organismo, en caso de un siniestro ya sean derrames, vertidos, fugas, incendios, etc.

En el caso evaluado, para evaluar el daño ambiental obtenido por el incendio, hay existencia de modelos de simulación que permiten estimar la concentración esperada de dicha sustancia o agentes desencadenantes de daño en cada comportamiento ambiental (programas de simulación). Estas expresiones exigen una gran cantidad de información razonable sobre la sustancia (propiedades físico-químicas, medio receptor, capacidad de propagación, cantidades involucradas en el siniestro).

La principal eventualidad de un daño máximo generado es el ser humano, pasando una preafectación y no menos importante el medio natural, donde el ser humano puede ser expuesto por diferentes maneras. A manera de ejemplo:

- *Exposición por inhalación del aire.*
- *Exposición por ingestión y contacto dérmico con el suelo.*
- *Exposición por consumo de alimentos.*
- *Exposición por ingestión de agua, procedente de aguas subterráneas contaminadas.*

Valoración de los efectos: *Determina la intensidad del daño ocasionado por el siniestro mediante el empleo de umbrales de toxicidad, con el fin de estimar la relación entre la dosis o el nivel de exposición a una sustancia y la incidencia y la severidad de un efecto.*

EPILOGO

Nos enseña el Dr. Omar Darío Cardona A. en su estudio de la “**Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo**”, que:

El riesgo puede reducirse si se entiende como el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

AMENAZA o PELIGRO: (H)	Definida como la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.
VULNERABILIDAD: (V)	Definida como el grado de pérdida de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado.
RIESGO ESPECIFICO: (Rs)	Definido como el grado de pérdidas esperadas debido a la ocurrencia de un evento particular y como una función de la Amenaza y la Vulnerabilidad.
ELEMENTOS BAJO RIESGO: (E)	Definidos como la población, las edificaciones y obras civiles, actividades económicas, servicios públicos, utilidades y la infraestructura expuesta.
RIESGO TOTAL: (Rt)	Definido como el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de evento desastroso, es decir el producto del Riesgo Específico (Rs) y los elementos bajo riesgo (E).

Por lo tanto, la **Evaluación del Riesgo** puede llevarse a cabo mediante la siguiente formulación general:

$$Rt = (E)(Rs) = (E)(H . V)$$

Conclusiones

Los estudios actuales en la investigación de los siniestros mediante métodos de ingeniería forense ya sea cual sea su origen (natural, tecnológico, social) definen una serie de circunstancias y actores que intervendrán para la generación de dicho suceso, sean estas circunstancias y actores variables dependiendo del lugar, la actividad y las condiciones iniciales.

La constante evolución y la generación de riesgos en la pérdida de la protección del ser humano ha conllevado al surgimiento de metodologías de investigación como es el caso de la ingeniería inversa, en la reconstrucción de los hechos para el entendimiento del porqué de sus razones, como evitarlos o disminuir en gran medida sus efectos.

Aunque en la actualidad no se tenga aún la capacidad de determinar el momento espacio – tiempo y las magnitudes en daño que se generarán ante un siniestro. Debido a la variabilidad de estos hechos y la evolución dinámica de los mismos sistemas en la generación del caos, ya que por el momento son indeterminados, debido a la inestabilidad de su actuación.

La importancia de determinar su origen y las causas de un siniestro son imprescindibles para el mejor entendimiento y el comportamiento de su dinámica, la determinación de los actores que intervienen para poder conllevar un siniestro, las circunstancias que influyen y así entender su porque.

El uso de una metodología forense en la investigación de siniestros, define un avance científico/social importante, ya que como se puede observar en la investigación realizada, la comprensión del peligro y los riesgos que nos rodean, el impacto que tendrán sobre nuestra vida y el daño que estos generen, determinan un avance fundamental en aquellos estudios, los cuales pretenden manipular estos eventos no deseados o bien disminuir sus efectos, mediante el uso de técnicas de evaluación a las condiciones iniciales y las probables variaciones que pudiesen ocurrir en un determinado hecho, su frecuencia y el impacto que tendrían, es el caso, por ejemplo, del estudio de análisis probabilísticos de riesgos, más sin embargo, son solo un camino de las investigaciones previas mediante la metodología de la Ingeniería Forense.

El avance en el mejor entendimiento en la evolución de los sistemas dinámicos a través del tiempo, son otro aspecto fundamental que la misma investigación de siniestros proporciona información para entender su complejidad, es el caso, de la teoría del caos, donde siendo el ser humano el único sistema que lucha. Otro avance, ante la investigación de siniestros mediante métodos de ingeniería forense, podemos hablar de la cuantificación de su daño, a raíz de las consecuencias generadas y la magnitud en que se presentan, son determinantes para la evaluación de su grado de afectación en pérdidas económicas, materiales y

principalmente ambientales que en mayor medida determinan una afectación inherente al ser humano.

El uso de una investigación mediante una ingeniería inversa, define un camino fundamental para la determinación del porqué de las cosas, la evolución y cambio en el tiempo de los sistemas y su dinámica, todo mediante la valoración veraz y objetiva del origen, causas y consecuencias que conlleva un siniestro.

La herramienta anterior presentada solo define un paso importante en la investigación de los acontecimientos en la vida del ser humano para la determinación de su daño, las consecuencias y valorización de éstas, y así obtener la supervivencia de una civilización del riesgo y satisfacer una necesidad primordial del ser humano, es decir, una eficaz protección ante la evolución del mismo y el impacto generado en su vida y el medio en el que vive.

Recomendaciones

- Mantener un estudio continuo de los siniestros, sea cual sea su estado original (natural, tecnológico, social), para la determinación de los distintos actores y circunstancias que rodean a los sistemas.
- Mantener un constante aprendizaje de los sistemas dinámicos, para desarrollar eficientes investigaciones en los diferentes escenarios, en los cuales pueda conllevar una serie de hechos no deseados.
- Hacer uso de los sistemas metodológicos propuestos, y de las herramientas necesarias en la investigación de siniestros, para la mejor interpretación veraz y objetiva de ellos.
- Fomentar el mejor desarrollo en la obtención de la protección para disminuir los daños consecuentes a un siniestro.
- Desarrollar una mentalidad a la civilización del riesgo, la cual, haga uso de la investigación para la obtención de la protección misma, así como también, un constante aprendizaje a los actores y circunstancias que acontece un siniestro.

Juan Carlos Lancheros Rueda – C.E.O.
Cert CILA, BC's Mech Eng, BC's B.A, M.I.A, P.M.S, F.M.S.