

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA **INVESTIGACIÓN** **DE ACCIDENTES DE TRABAJO**





*«Cada vez que ocurra un accidente,
no olvide reflexionar sobre las
posibilidades que tiene de poder
sacarle provecho a esta circunstancia»*

Epicteto, 55-135 D.C.

Metodología y técnicas analíticas para la investigación de accidentes de trabajo

© 2016 Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo

Primera Publicación año 2016

Autor

Carlos Arévalo Sarrate, ETSICCP de la UPM

Responsable de contrato por parte del IRSST:

Eva Barrio Reyes, Técnico del IRSST de la Comunidad de Madrid

Editan:

Fundación Agustín de Betancourt de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo.
Consejería de Economía, Empleo y Hacienda
Comunidad de Madrid

El Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo, colabora en esta publicación y no se hace responsable de los contenidos de la misma ni de las valoraciones e interpretaciones de sus autores. La obra recoge exclusivamente la opinión de su autor como manifestación de su derecho de libertad de expresión.



ÍNDICE

I. CONCEPTOS GENERALES -----	3
I.1.- Definición y clasificación de accidentes -----	5
I.2.- Indices de siniestralidad laboral -----	9
I.3.- Economía de la prevención y costes de la siniestralidad laboral-----	11
II. MODELOS CAUSALES DE GENERACIÓN Y DESARROLLO -----	19
DE ACCIDENTES	
II.1- Evolución de los modelos causales de accidentes -----	21
II.2- Relaciones de causalidad -----	27
II.3.- El factor humano en los accidentes de trabajo -----	31
II.4.- Modelos causales específicos: ejemplos de su aplicación en procesos de construcción -----	37
II.5.- Conclusiones -----	41
III. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES -----	43
III.1.- Objetivos y atributos necesarios para una adecuada investigación de accidentes -----	45
III.2.- Fases de una investigación de accidentes-----	47
III.3.- Fase 1 de Actuación Inmediata -----	51
III.4.- Fase 2: Planificación de la investigación -----	53
III.5.- Fase 3 de recopilación de información -----	57
III.6.- Fase 4: Análisis de hechos y del accidente -----	59
III.7.- Fase 5: Elaboración de informe de investigación y recomendaciones de mejora -----	61
III.8.- Fase 6: Gestión de mejoras-----	65
IV. TÉCNICAS ANALÍTICAS DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES ---	67
IV.1- Recomendaciones generales a considerar en relación con las técnicas a emplear -----	69
IV.2.- Técnicas basadas en los modelos secuenciales-----	71
IV.3.- Técnicas basadas en los modelos epidemiológicos -----	79
IV.4.- Técnicas basadas en los modelos sistémicos y tendencias más recientes-----	91
IV.5.- Análisis comparativo de las diferentes técnicas de investigación-----	103
IV.6.- Conclusiones-----	109
BIBLIOGRAFÍA -----	111



CONCEPTOS GENERALES



*«No podemos resolver los problemas
con el mismo nivel de pensamiento que
usamos cuando se crearon»*

Albert Einstein, 1879 - 1955

I.1

DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE ACCIDENTES

Definición de accidente

La definición general de un accidente puede agruparse en los **siguientes tres conceptos**:

Accidente:

- Suceso imprevisto que provoca una **alteración, con daño, a personas o bienes**.
- Acontecimiento que interrumpe la actividad del trabajador con o sin lesión.
- Todo acontecimiento, no deseado, que da por resultado un daño físico a personas (lesión o enfermedad) o **un daño a la propiedad** (materias primas, edificios, etc.)

Si bien dichas definiciones incluyen tanto los accidentes e incidentes operativos como los de carácter laboral, merece la pena analizar también la regulación que, en España, se otorga a estos últimos debido a su singularidad.

Así, la **definición legal de accidente de trabajo** que se ha venido utilizando tradicionalmente procede de la Ley General de la Seguridad Social y se refiere a **“toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena”**.

Para que un accidente de trabajo sea catalogado como tal se tienen que **cumplir tres requisitos**:

- ▣ **Trabajo ejecutado por cuenta ajena.**
- ▣ **Existencia de un agente lesivo procedente de elementos agresivos, de actos humanos propios o provocados por terceros, o de fuerza mayor.**

6

▣ **Un nexo causal entre el trabajo y el agente lesivo.**

El accidente incluye pues dos conceptos diferentes: **accidente CON BAJA** (accidente que sufre el trabajador y que le impide acudir al trabajo por tiempo superior a un día) y **accidente SIN BAJA** (aquél que, aun produciendo lesiones, una vez atendidas no impiden al trabajador reincorporarse al trabajo en la misma jornada).

Clasificación de los accidentes

Desde una perspectiva amplia, los accidentes pueden clasificarse de la siguiente manera en función de sus consecuencias:

I.- Accidentes que afectan a las personas. Incluyen desde incidentes sin daño (Accidentes blancos) a accidentes con daños incluyendo afecciones a la salud físicas o mental. Dentro de esta categoría se incluyen la afección a trabajadores (accidentes laborales) como a terceros.

II.- Accidentes que afectan al entorno/ambiente. Incluyen todos aquellos sucesos que generan un impacto ambiental como pueden ser la contaminación del ambiente o los daños al entorno, flora y fauna.

III.- Accidentes operativos. Que afectan a la operativa de instalaciones y equipos. En esta categoría se incluyen desde las afecciones a los niveles de seguridad de la instalación hasta su completa ruina incluyendo la afección a su normal funcionamiento.

De este modo, e incluyendo las consecuencias del suceso, se pueden considerar los siguientes accidentes e incidentes:



Fig. 1.- Clasificación general de accidentes

Clasificación de los accidentes laborales

Desde la óptica exclusivamente laboral -accidentes que afectan a personas que son trabajadores- la calificación legal de los accidentes se lleva a cabo por la Mutua de la empresa empleadora del accidentado pudiéndose estos catalogar en **Leves, Graves, Muy Graves y Mortales**.

En general, esta clasificación **obedece exclusivamente a criterios médicos** en función, habitualmente, **de la gravedad de la baja médica que puede generar el accidente o si éste puede generar lesiones incapacitantes para el accidentado**; así podemos considerar:

- ▣ **Accidente mortal.** Se denomina así al accidente del que se derive, directamente o debido al mismo, el fallecimiento del trabajador.
- ▣ **Accidente muy grave:** Se considera accidente muy grave cuando se producen lesiones cuyas consecuencias pueden causar alteraciones funcionales u orgánicas permanentes (secuelas incapacitantes) o hacen peligrar la vida del trabajador.
- ▣ **Accidente grave:** Se considera accidente grave cuando las lesiones que produce, no ponen en peligro la vida del trabajador, ni se prevé que las secuelas que puedan quedar sean incapacitantes.
- ▣ **Accidente leve:** Se considera accidente leve cuando las lesiones que produce, no se prevé dejen ningún tipo de secuelas.

Todo ello no obsta, claro está, para que **accidentes de cierta gravedad** (caída en altura de más de 10 metros de un trabajador, por ejemplo) sean finalmente calificado oficialmente como leve si los daños del accidentado finalmente no resultan relevantes.

I.2

ÍNDICES DE SINIESTRALIDAD LABORAL

Una vez haya ocurrido el accidente y sus consecuencias sean irremediables, es preciso aprovechar la lección para adoptar las medidas necesarias que eviten su repetición o, como mínimo, **minimicen sus consecuencias**. La recopilación detallada de los datos que ofrece un accidente laboral será, pues, una valiosa fuente de información que es conveniente aprovechar al máximo. Para ello es primordial que estos datos queden debidamente registrados, ordenados y dispuestos para su posterior análisis estadístico que ofrecerá información de lo que es realmente determinante del riesgo y permitirá establecer acciones preventivas o correctoras que eviten su repetición - disminución del índice de frecuencia - o minimicen sus consecuencias - disminución del índice de gravedad.

Es necesario, por tanto, que en el ámbito donde se vaya a efectuar este control estadístico se establezcan las normas o procedimientos que precisen los tipos de accidentes que deben registrarse, el camino que debe seguir la información y la responsabilidad en la recogida y tratamiento de los datos recopilados.

Este estudio estadístico se considera esencial para **orientar las acciones y técnicas preventivas encaminadas a corregir situaciones que ya han manifestado su riesgo a través de un accidente o incidente**. Y para que las estadísticas no queden en una mera recopilación de datos, será necesario que se presenten de forma que permitan identificar con facilidad los agentes más peligrosos, las formas de materialización más repetidas y las consecuencias posibles, para poder actuar en consecuencia.

Mediante los índices estadísticos se permite expresar en cifras relativas las características de la accidentabilidad de una empresa, sector o país, facilitando por lo general unos valores útiles a nivel comparativo.

10

Definición índices

Índice de Frecuencia

Representa el número de jornadas perdidas por cada millón de horas trabajadas. Se calcula mediante la expresión.

$$\text{Índice de frecuencia} = \frac{\text{Accidentes de trabajo con baja} \times 1.000.000}{\text{Número total de horas efectivamente trabajadas}}$$

Conforme a la *NTP 1. Estadísticas de accidentalidad en la empresa*, no deben incluirse los accidentes «In itinere», ya que se han producido fuera de horas de trabajo. Igualmente, deben computarse las horas reales de trabajo, descontando toda ausencia en el trabajo por permisos, vacaciones, bajas por enfermedad o accidente, etc.

Índice de Incidencia

Representa el número de accidentes con baja ocurridos por cada cien mil trabajadores expuestos.

$$\text{Índice de incidencia} = \frac{\text{Accidentes de trabajo con baja} \times 100.000}{\text{Afiliados a régimen S.S. con la contingencia de accidente de trabajo específicamente cubierta}}$$

Este índice es utilizado cuando no se dispone de información sobre las horas trabajadas.

Índice de Gravedad

Representa el número de jornadas perdidas por cada mil horas trabajadas. Se calcula mediante la expresión:

$$I.G. = \frac{\text{Nº de jornadas perdidas} \times 1000}{\text{Nº de horas perdidas}}$$

Las jornadas perdidas son las correspondientes a incapacidades temporales, más las que se fijan en el baremo de incapacidades permanentes.

Duración media de las bajas

Se utiliza para cuantificar el tiempo medio de duración de las bajas por accidentes y se calcula conforme a la siguiente fórmula.

$$\text{Duración media de las bajas.} = \frac{\text{Jornadas no trabajadas}}{\text{Accidentes de trabajo con baja}}$$

I.3

ECONOMÍA DE LA PREVENCIÓN Y COSTES DE LA SINIESTRALIDAD LABORAL

a) Impacto económico de la siniestralidad laboral

En relación con los aspectos **macroeconómicos de la siniestralidad laboral**, han de constatarse a nivel estatal **costes directos de las bajas laborales causadas por los accidentes de trabajo que se elevan a cifras astronómicas**.

Así, Según el Informe sobre la **accidentalidad laboral en el sector de la construcción. Sistema Delt@ 2003-2005, del SEOPAN**, para los accidentes leves el coste medio anual a nivel macroeconómico (coste público) **en jornadas no trabajadas es de 370 millones de euros y para los graves un coste medio anual de 21 millones de euros**.

Los accidentes en construcción suponen un coste total (público y privado), mayor de **391 millones de euros**

Y todo ello, aun sin contabilizar las pérdidas de producción que se derivan de dichas bajas ni los gastos y costes indirectos que originan por los daños materiales en las empresas, entre otros.

En el ámbito microeconómico, los efectos económicos de los riesgos profesionales son más difícilmente cuantificables, puesto que las empresas creen tenerlos asegurados, en cuanto que el sistema de la Seguridad Social cubre los gastos de atención sanitaria y las prestaciones económicas a los trabajadores durante su baja. Aparentemente esto es así, pero apenas resiste un somero **análisis de costes** sobre la realidad económica relacionada con los accidentes en la empresa. Estudios empíricos realizados en diferentes ámbitos empresariales llevan a la

12

identificación y cuantificación de muy numerosos tipos de costes y gastos (pérdidas) como consecuencia de los siniestros laborales y no incluidos en tipo alguno de seguro.

Según diversos autores, estos costes y pérdidas ascienden a cantidades económicas **muy superiores a los costes del seguro asumido por las empresas, con factores variables entre 4 y 15**. Se trata, en todo caso, de costes directos o indirectos que las empresas han de asumir como consecuencia de los accidentes que tienen lugar en su seno, haya o no realizado inversiones en la materia.

Así, en el ámbito macroeconómico y según datos del informe de costes de la siniestralidad laboral elaborado por CC.OO., en 2015 el coste total de los mismos supuso más de **13.085 millones de euros al año**, lo que equivale al 1,76% del PIB, De esta forma, los costes aproximados totales por los accidentes de trabajo en España en 2015 se situaron por sector en:

Agricultura327 millones de euros
Industria y energía	2.238 millones de euros
Construcción720 millones de euros
Servicios	9.801 millones de euros

Y todo ello, aun sin contabilizar el evidente impacto que el fenómeno de la siniestralidad laboral **tiene en los trabajadores afectados en términos de pérdida de calidad de vida y la afección al llamado “capital humano”** (ver NTP 983 Análisis coste beneficio en la acción preventiva (II): estrategias de medición).

De este modo, al tratar del impacto de la siniestralidad laboral, deben considerarse tres perspectivas o vertientes bien diferenciadas

- En primer lugar, el ya analizado y cuantificado efecto macroeconómico. Se trata del impacto que el fenómeno de la siniestralidad laborales tiene sobre el global de la sociedad (costes sanitarios, organizativos, de instituciones relacionadas con el fenómeno...).
- En segundo lugar, los costes microeconómicos o empresariales. Se trata de los costes que generan los accidentes laborales en las empresas y se analiza más adelante.
- Por último, y dentro de las consecuencias económicas de la siniestralidad laboral, aparece el impacto económico que sobre el propio trabajador afectado tiene el accidente. Esta última vertiente, menos analizada tradicionalmente, nos lleva a contabilizar los costes derivados del deterioro de salud y la calidad de vida que supone todo accidente laboral o de costes como los derivados del dolor y sufrimiento (tan difíciles de cuantificar como evidentes), la pérdida de capacidad adquisitiva, el lucro cesante u otros gastos no cubiertos por seguros.

A este respecto, constan estudios específicos que cifran el impacto económico medio de cada accidentado en más de 10.000 € (Generalitat de Catalunya, 2008).

Sin perjuicio de las dificultades existentes a la hora de cuantificar las tres vertientes de costes analizadas, se debe constatar como estudios específicos realizados en países como Australia (NOHSC, 2004) sitúan que la distribución entre los tres agentes es la siguiente:

Coste empresa (28%) --- Coste trabajador (44%) --- Coste sociedad (38%)

Impacto económico de la siniestralidad en las empresas

En el ámbito microeconómico, los efectos económicos de los riesgos profesionales son más difícilmente cuantificables, puesto que las empresas creen tenerlos asegurados, en cuanto que el sistema de la Seguridad Social cubre los gastos de atención sanitaria y las prestaciones económicas a los trabajadores durante su baja. Aparentemente esto es así, pero apenas resiste un somero **análisis de costes** sobre la realidad económica relacionada con los accidentes en la empresa. Estudios empíricos realizados en diferentes ámbitos empresariales llevan a la identificación y cuantificación de muy numerosos tipos de costes y gastos (pérdidas) como consecuencia de los siniestros laborales y no incluidos en tipo alguno de seguro.

Según diversos autores, estos costes y pérdidas ascienden a cantidades económicas **muy superiores a los costes del seguro asumido por las empresas, con factores variables entre 4 y 15**. Se trata, en todo caso, de costes directos o indirectos que las empresas han de asumir como consecuencia de los accidentes que tienen lugar en su seno, haya o no realizado inversiones en la materia.

Sistemas de cálculo y contabilización de costes directos e indirectos

Si bien el planteamiento enunciado en el párrafo anterior parece ser aceptado por buena parte de los agentes intervinientes, llama poderosamente la atención que el razonamiento análogo en el ámbito microeconómico no cuente, ni mucho menos, con el mismo nivel de aceptación. Así, resulta frecuente e incluso habitual, que las actuaciones preventivas de la empresa se sigan catalogando, como se ha comentado, como un **coste de la empresa y no como una inversión de futuro** a amortizar, entre otros, mediante los correspondientes ahorros vinculados a la misma.

De esta manera, la práctica real del sector, nos demuestra que el ámbito de la empresa está todavía lejos de considerar **la prevención como una inversión que, según su eficacia, pueda reportar a la empresa un beneficio cierto** (derivado, en este caso, de los ahorros económicos vinculados a la misma).

Para efectuar tal análisis, se considera imprescindible el contar con una metodología objetiva para **contabilizar los costes totales en los que incurre una empresa como consecuencia de los accidentes que sufren sus trabajadores**. Dichos costes arrancan de los costes directos de la empresa y se van extendiendo hacia una serie de costes adicionales cuya trascendencia también debe ser considerada.

Si bien existen diversos sistemas de evaluación de los costes empresariales derivados de la siniestralidad laboral (INHST en su NTP 540: Costes de los accidentes de trabajo: procedimiento de evaluación, IRSST en su Estudio de rentabilidad de la inversión en prevención en la construcción- 2009, OSALAN en Costes de la accidentalidad laboral en Euskadi en el año 2005 o en el propio calculador de costes INSHT (<http://calculadores.insht.es:86/Costedeaccidenteslaborales/Introducci%C3%B3n.aspx>), en el presente estudio se propone un modelo híbrido que se bien cuenta con la mayor parte de los costes unitarios contabilizados en el calculador del INSHT y en el modelo de OSALAN trata de simplificarlos, agrupando conceptos homogéneos y evitando contabilizar aquellos costes que se hubieran incurrido independientemente de acaecer el accidente.

1.- Costes directos.

Se trata de aquellos costes que la empresa puede contabilizar y, por lo tanto, afectan de manera directa a su resultado económico. Por lo tanto, se incluyen en este capítulo los costes vinculados al accidente de manera unívoca como son los siguientes:

- ▣ **Coste salarial del accidentado.** Durante el período de baja la empresa debe pagar un la parte del salario no aportada por la Seguridad Social y, además, la correspondiente cotización a la misma. Dentro de este capítulo se debe incluir, por tanto, el 25 % de la base reguladora del salario del trabajador durante el período de baja laboral. Además, se debe sumar el coste salarial de la jornada del accidente que, como es lógico, no es cubierta por la Seguridad Social.
- ▣ **Costes materiales.** Generalmente el accidente, sobre todo cuando es grave, suele acarrear la existencia de desperfectos o, incluso, pérdidas de maquinaria, herramientas o material. Dichos costes, al igual que los del apartado anterior, están relacionados de manera unívoca con la magnitud del accidente acaecido.
- ▣ **Costes salariales por tiempo perdido de otros trabajadores.** Generalmente, los accidentes suelen generar la necesidad de que compañeros del accidentado abandonen temporalmente sus tareas debido a la primera atención al mismo o, incluso, a su traslado al centro médico y similares. Dependiendo de la gravedad del accidente existirá un tiempo de parada de la producción que devengará, entre otros, una serie de costes salariales que se pueden relacionar unívocamente con el accidente acaecido,
- ▣ **Costes salariales de selección y /o. formación del sustituto.** Un coste en general olvidado es el que representan los costes en los que hay que incurrir para contratar al trabajador que sustituya al accidentado durante su periodo de baja.
- ▣ **Penalización por accidentes.** La Ley General de la Seguridad Social establece en su artículo 108 que la cotización por contingencias de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales dependerán, en parte, de la eficacia preventiva de la empresa en cuestión. Así, se establecen reducciones (bonificaciones) y aumentos (penalizaciones) de hasta el 10 % en las citadas primas llegando en casos de incumplimientos especialmente graves y reiterados a penas de hasta un 20%.
- ▣ **Sanciones administrativas.** Si bien no se puede admitir de manera absoluta que todo accidente de trabajo acarree una sanción de la Inspección de Traba-

jo y Seguridad Social, lo cierto es que la inmensa mayoría de los accidentes graves (y prácticamente todos los mortales) que se registran en las obras de construcción suelen, a veces únicamente por su trascendencia pública, llevar aparejados una sanción económica concreta. Si bien la gravedad de la sanción debería obedecer a la tipificación realizada en el Texto Refundido de la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden Social, lo cierto es que generalmente la gravedad de accidente, y no la de los posibles incumplimientos motivadores del mismo, suele ser el factor determinante de la cuantía de la misma.

2.- Costes indirectos.

Se trata, de aquellos costes que estando vinculados a los accidentes de trabajo acaecidos o bien no están relacionados de manera unívoca con un determinado accidente (pues se trata de costes de carácter general que "cubren" la totalidad de los accidentes y no uno en particular), o bien no pueden ser cuantificados o medidos de una forma concreta. A veces se incluyen dentro de este tipo de costes una serie de costes intangibles que si bien influyen en el resultado económico actual y futuro de la empresa no son, a primera vista, cuantificables a priori. Dentro de estos costes se incluyen los siguientes conceptos:

- ▣ **Costes de producción.** Sin perjuicio de los costes directos ya señalados en el apartado anterior vinculados de manera directa a la paralización de la producción que supone todo accidente, lo cierto es que la existencia de accidentes de trabajo conlleva el enrarecimiento del clima laboral y el deterioro de las relaciones laborales lo que, de una u otra manera, repercutirá en la producción de la empresa.
- ▣ **Incremento de los costes asegurados.** Si bien no suelen tenerse en cuenta en muchos estudios, lo cierto es que el acaecimiento de un accidente suele suponer un aumento de la prima de los diferentes costes asegurados mediante el pertinente incremento de la póliza de seguros. Dado que la magnitud de tal incremento depende de un número de accidentes, éste debe ser considerado un coste indirecto.
- ▣ **Costes administrativos y jurídicos.** Se trata de costes difícilmente estimables pero que van unidos al global de accidentes sufridos anualmente. Si bien los primeros no deben ser considerados como trascendentes, lo cierto es que los segundos (dada la reciente criminalización de los accidentes graves y mortales), sí que empiezan a resultar bastante relevantes.
- ▣ **Pérdida de imagen de la empresa.** Un último coste, de carácter intangible, consiste en la evidente pérdida de imagen de la empresa que gestiona de manera inadecuada la prevención de riesgos laborales. Así, cada vez son más frecuentes las Administraciones promotoras de obras que incluyen entre sus criterios de valoración a la hora de adjudicar una obra los niveles de siniestralidad registrados por la misma en los últimos años. Si bien es un coste considerable, lo cierto es que resulta de difícil estimación.

Si bien los diferentes estudios obrantes en la materia arrojan valores diferentes, tomando como referencia el realizado por OSALAN en 2006 sobre una serie de encuestas y datos registrados en 2005, los costes empresariales medios por cada tipo de accidentes y sector son los siguientes:

16

	LEVES	GRAVES	MORTALES
Agricultura	1.442,80	4.304,24	17.494,50
Industria	1.437,23	10.465,02	16.784,85
Construcción	1.321,06	12.128,73	22.799,10
Servicios	1.741,20	12.085,27	22.024,27
MEDIA	1.484,57	10.745,81	17.275,68

Estos costes unitarios servirán de referencia para las empresas que evalúen el coste de los siniestros acaecidos, así como para la estimación del rendimiento potencial de la inversión en prevención.

b) Economía de la prevención: análisis de la rentabilidad de la inversión en prevención

En un enfoque analítico, los costes empresariales por siniestralidad laboral crecen con el número de accidentes, y esto es independiente de que el coste del seguro se mantenga constante:

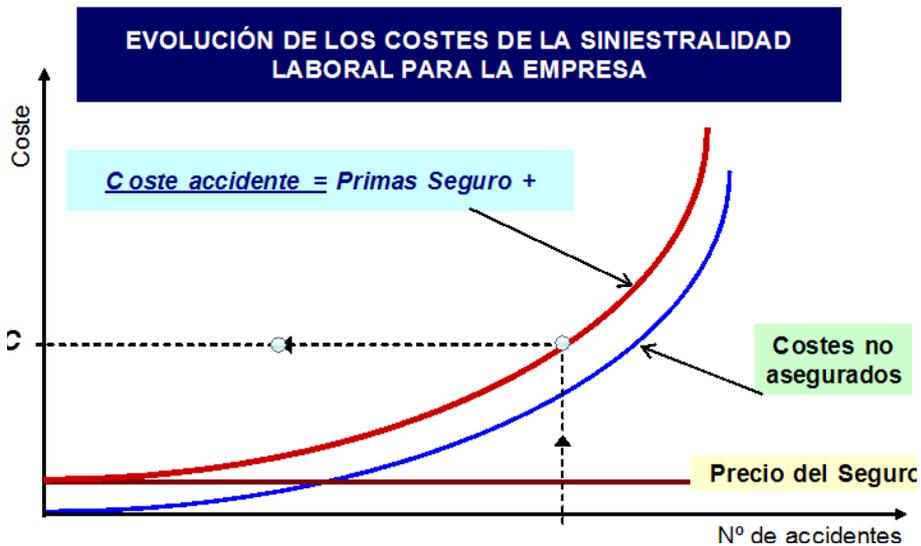
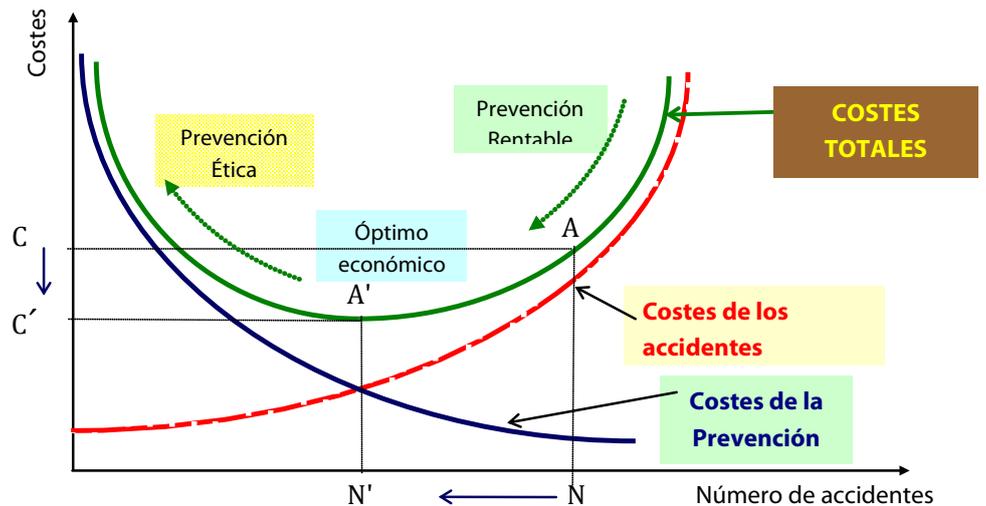


Fig. 2.-Evolución de los costes de la siniestralidad laboral.

Para mejorar la situación de siniestralidad, la empresa habrá de adoptar mecanismos preventivos, **invirtiendo en los mismos y** asumiendo los correspondientes gastos de prevención. **Podemos admitir que,** a mayor dedicación y eficacia de los medios preventivos, más seguridad, **menos accidentes y, por lo tanto,** menores costes derivados de la siniestralidad laboral.

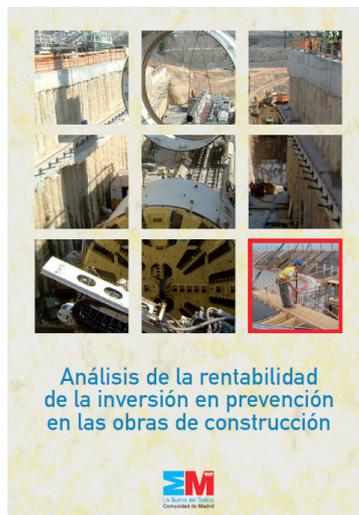
Para llevar a cabo un análisis cualitativo de este problema se parte de una empresa que en una situación original (A), con un determinado número de accidentes (N) y un nivel total de coste (C), obtenido como la suma de los costes derivados de los accidentes acaecidos más el coste de las medidas preventivas dispuestas. Si la empresa **incrementa la inversión en prevención, es lógico que mejore sus niveles de siniestralidad moviéndose por la rama rentable de la curva de costes totales.**



$$\text{Costes totales} = \text{Costes de la Prevención} + \text{Costes de los accidentes}$$

Fig.3.- Análisis económico de la relación coste- ahorro de la inversión en prevención en la empresa.

Así llegaríamos a una situación óptima de costes mínimos, aunque a costa de una siniestralidad N' (punto A', con N' accidentes y C' costes totales por el binomio siniestralidad-prevención). Por lo tanto, si la empresa lograra llegar a los niveles de inversión que le sitúen en dicho óptimo económico estaría mejorando notablemente la rentabilidad en esta materia, al obtener una serie de ingresos adicionales vía ahorro de los costes de la siniestralidad laboral evitada.



Análisis de la rentabilidad de la inversión en prevención en las obras de construcción



Para más información sobre la rentabilidad de la inversión en prevención, se puede consultar la publicación promovida por el IRSST de la Comunidad de Madrid en 2009, Análisis de la rentabilidad de la inversión en obras de construcción (Fundación Agustín de Betancourt, 2009)

También puede ocurrir que el nivel de siniestralidad resultante (N'), siga resultando inaceptable desde los puntos de vista social y jurídico. Ante esta necesidad quedarían dos caminos, o bien entrar en la rama de “*prevención ética*” en la que disminuyen los accidentes a costa de inversiones adicionales a la óptima o bien mejorar la eficacia de la gestión preventiva en la empresa lo que, en definitiva, llevaría a una nueva curva de costes pasando del óptimo económico A1 a un nuevo óptimo A2 con menores costes y menor número de accidentes (fig. 3)

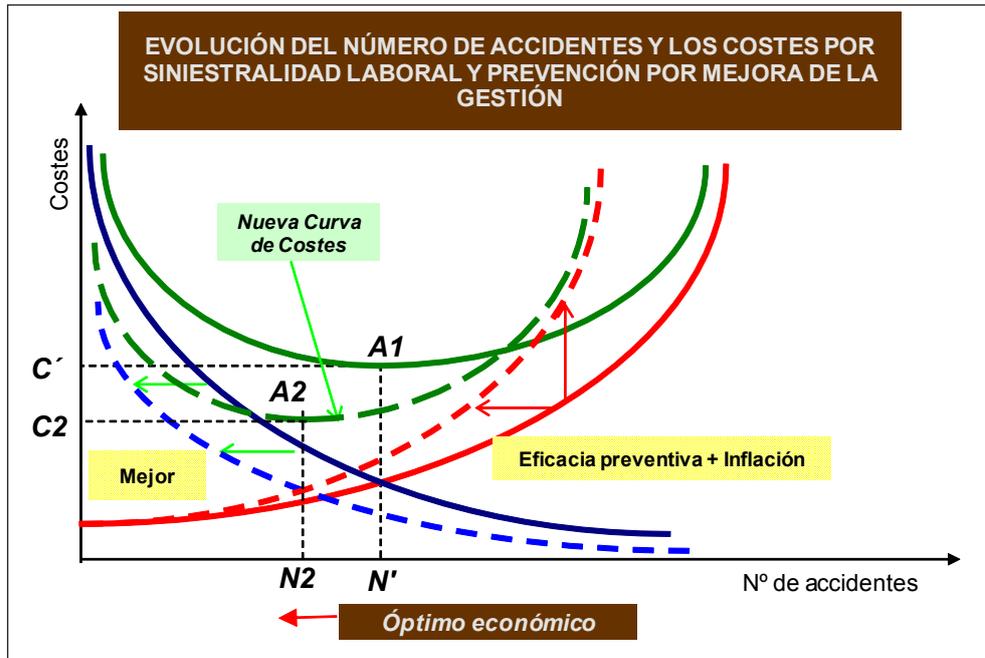
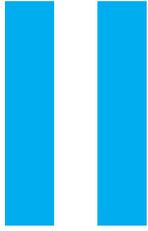


Fig.4. Evolución de la curva de costes totales.

Luego, cada empresa podrá ir mejorando sus resultados económicos en esta materia mediante los progresos obtenidos en su gestión preventiva. Todo ello, nos conduce a un evidente cambio de paradigma: el que los importes de las medidas preventivas y gastos de gestión en esta materia deben ser gestionados como una **inversión más de la empresa en vez de reducirlos, como todavía es habitual en la gran mayoría de ellas, a un coste impuesto exteriormente.**

Para poder emprender el camino enunciado es necesario comenzar por **conocer y evaluar los costes empresariales derivados de la siniestralidad** pues el resto de partidas incluidas en este análisis económico pueden ser fácilmente conocidas. Es por ello por lo que se considera imprescindible profundizar en el conocimiento y determinación de dichos costes.



MODELOS CAUSALES DE GENERACIÓN Y DESARROLLO DE ACCIDENTES



«Si tuviera una hora para resolver un problema y mi vida dependiera de la solución, dedicaría los primeros 55 minutos para encontrar la pregunta apropiada. Una vez supiera la pregunta correcta, podría resolver el problema en cinco minutos»

Albert Einstein, 1879 -1955

II.1

EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS CAUSALES DE ACCIDENTES

A lo largo del tiempo, diversos investigadores han desarrollado teorías para entender los procesos de generación de accidentes laborales, de manera que dichas teorías, cronológicamente, se engloban en los siguientes **tres modelos causales**:

a) Modelos secuenciales (Teoría de las Fichas de Dominó, Heinrich, 1931)

En este modelo primario, el accidente se conceptúa como una sucesión de causas y efectos que acaecen de manera secuencial en un determinado orden. El modelo se suele representar como una sucesión de piezas de dominó que en su caída arrastran a las siguientes y terminan por generar el accidente.

Heinrich, definió así la «**teoría del dominó**», de manera que cuando una de las fichas de dominó cae, se activa la siguiente, y la siguiente... pero la **eliminación de un factor clave** (por ejemplo, una condición insegura o un acto inseguro mediante la interposición de la consiguiente barrera) **impide el inicio de la reacción en cadena**.

Dicha teoría, postula cinco fichas de dominó metafóricas etiquetados con las causas del accidente. Son **Entorno social y ascendencia, fallos de la persona, acto inseguro o mecánico o físico (condición insegura), Accidentes y Lesiones**.

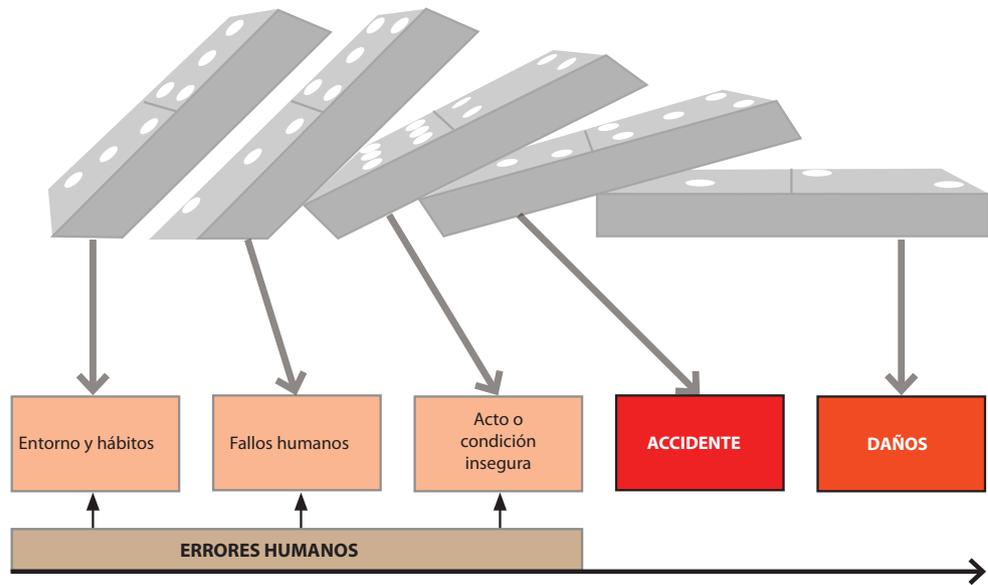


Fig. 1.- Teoría causal del dominó

Heinrich define cada una de estas «**fichas de dominó**» de manera que la forma de evitar su repetición se debe centrar en bien en eliminar dichos factores causales, bien interponer barreras que limiten el efecto de dichos los mismos.

El creador de este modelo, Heinrich, centró las causas del accidente en la **contribución de las personas** (Heinrich cifró tal contribución en el 88% de los accidentes laborales) sin valorar la incidencia de **factores de carácter organizativo o de gestión**.

Si bien estas teorías han sido claramente superadas por **modelos más aptos para representar sucesos complejos y muticausales como son los accidentes laborales**, no es menos cierto que los modelos causales siguen presentes en técnicas de análisis de accidentes como los árboles de fallos y tienen una aceptación clara en la explicación de fenómenos exclusivamente físicos (p.e. el fallo de una máquina).

Todo ello, no obsta para que a partir de la década de 1970 se empiecen a desarrollar otros modelos que incorporan los factores organizativos, latentes y presentes, bajo la denominación de **modelos organizativos** que se centran en analizar:

- El comportamiento antes del incidente
- El eventual, exceso de confianza
- Las condiciones de trabajo que afectaron a atención del trabajador
- Las respuestas de comportamiento no activadas que podrían haber evitado que el fallo desembocara en accidente

Dichos modelos son la antesala a los modelos epidemiológicos.

b) Modelos epidemiológicos (Reason, 1997)

Ante las limitaciones de los modelos secuenciales, se desarrollaron los llamados **modelos epidemiológicos o de fallos latentes**.

Se trata de **modelos de causa y efecto complejos**, lineales donde los accidentes son vistos como el **resultado de una combinación de fallos activos** (actos inseguros) y **las condiciones latentes** (condiciones inseguras).

Su denominación, deriva de una **metáfora médica** que compara las **condiciones latentes a los patógenos en el cuerpo humano** que permanecen latentes hasta que son **activados por la acción insegura**. Así, las insuficiencias de los sistemas (condiciones latentes) son las causas base del accidente que se ven activadas por actos inseguros.

En este modelo, los accidentes se previenen mediante el **fortalecimiento de las barreras y defensas**. El modelo de «**queso suizo**», desarrollado por James Reason (Fig. 5) es un ejemplo del modelo epidemiológico.

Estos modelos, recalcan la compleja **interacción de condiciones latentes y fallos activos**. Así, los **fallos activos son observables directamente** (parte de los actos inseguros de Heirinch). Las **condiciones latentes** son “**accidentes esperando a pasar**”: diseño, organización, formación, desequilibrio entre los niveles de competencia y responsabilidades. Con el paso del tiempo, los sistemas de gestión **construyen barreras** para proteger las condiciones latentes, de vez en cuando se combinan condiciones latentes desprotegidas con factores humanos/ organizativos y generan errores humanos o incumplimientos. Reason afirma que entienden muchos actos inseguros, **pocos se concretan en accidentes debido a las defensas ya existentes** (capas del modelo del Swiss Cheese). Además, se debe tener en cuenta que los agujeros en las defensas, pueden cambiar y aumentar o disminuir con el tiempo.

A diferencia de los modelos secuenciales, ahora la atención se centra en la **contribución de la organización a las insuficiencias y considera el error humano como un efecto, en lugar de una causa**.

Los modelos epidemiológicos difieren de los modelos secuenciales en cuatro puntos principales:

- ▣ **Desviación en el trabajo:** El concepto de actos inseguros pasa de ser sinónimo de error humano a la noción de desviación del rendimiento esperado.
- ▣ **Condiciones:** El modelo considera no solo las causas directas, sino también los factores que contribuyen a la desviación lo que dirige el análisis aguas arriba del escenario del accidente.
- ▣ **Barreras:** El modelo incorpora la consideración de barreras o defensas en todas las etapas de desarrollo del accidente. Se diferencian barreras en niveles de gestión y organización, procedimiento y ejecución. En la práctica totalidad de los accidentes se deben **identificar barreras o defensas que no han funcionado o no existían**.

- Las condiciones latentes:** El modelo incluye la introducción de condiciones latentes o inactivas que están presentes en el sistema antes de que haya cualquier secuencia del accidente.

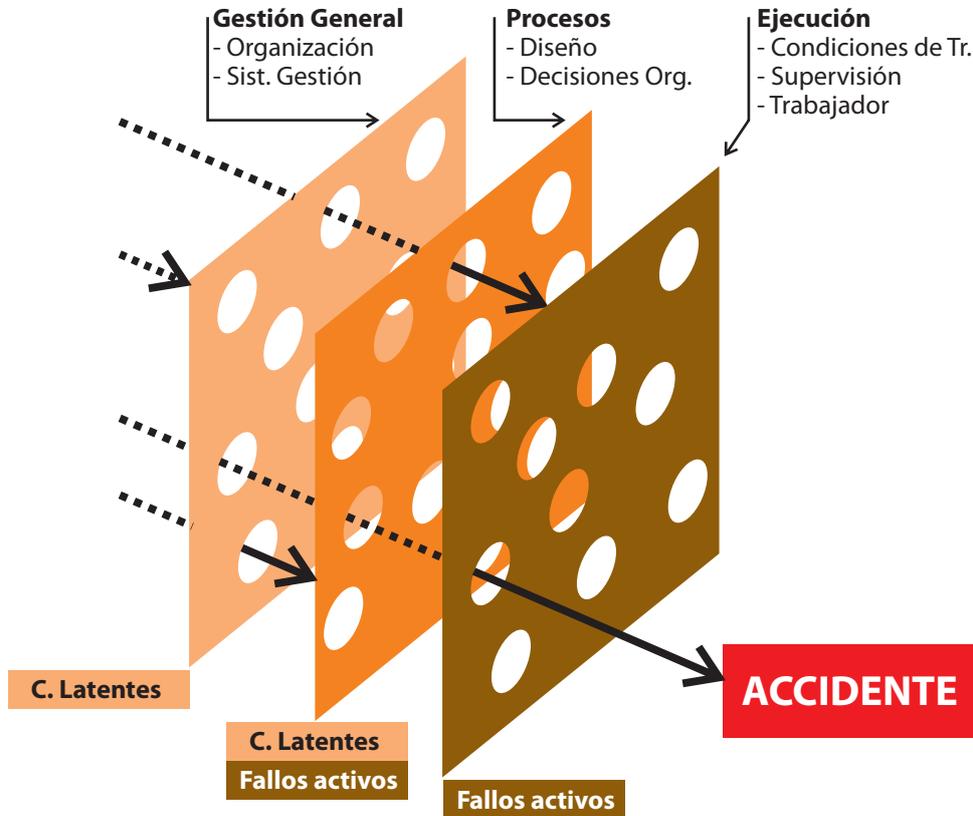


Fig. 2.- Modelos epidemiológicos (REASON)

El modelo epidemiológico permite al investigador pensar en términos distintos a las series causales, ofrece la posibilidad de detectar interacciones complejas y **centra la atención en las cuestiones de organización y gestión.**

En definitiva, son las condiciones latentes, a nivel organizativo y de **gestión y los factores de organización del lugar de trabajo, los que facilitan la aparición de actos inseguros y, éstos ante la debilidad de las barreras existentes, generan el accidente.** Adicionalmente, a medida de que las barreras sean más profundas serán necesarios más errores o actos inseguros para romperlas.



Fig. 3.- Adaptación del modelo epidemiológico de causalidad de accidentes (DOE, 2012).

El **modelo sigue siendo secuencial, sin embargo, con una trayectoria clara a través de las defensas ordenadas**. Según ciertos autores, debido a que es lineal, tiende a simplificar las complejas interacciones entre la multitud de fallos activos y condiciones latentes.

Las posibles limitaciones de los modelos epidemiológicos radican en que se basan en insuficiencias de la organización y gestión pero no puede explicar por qué estas condiciones o las decisiones fueron consideradas como normales o racionales antes del accidente.

Ante dichas limitaciones, en las últimas décadas se desarrollan los denominados **modelos sistémicos** que tratan de conceptualizar los accidentes como **combinaciones inesperadas de la variabilidad normal**.

c) Modelos Sistémicos Avanzados (Dekker, 2006)

Desarrollados para accidentes en entornos y procesos complejos (p.e. accidentes nucleares), estos modelos abogan por considerar que **los accidentes son provocados por combinaciones inesperadas de acciones normales**, en lugar de los fallos humanos, que se combinan, o resuenan, con otra variabilidad normal en el proceso de generar las condiciones necesarias y conjuntamente suficientes por falta de éxito.



Debido a la **naturaleza compleja**, no lineal de este modelo, es difícil de representar gráficamente. Una vía de representación es el juego denominado *The Jenga*, que describe el fallo de un sistema de piezas como un fenómeno complejo, no lineal. En él, cada vez que un bloque se extrae de la pila, tiene sutiles interacciones con los otros bloques que hacen que aflojar o apretar en la pila.

De esta forma, puede que el **trabajador cometa un error o tome una decisión que parece normal o apropiada, pero cuando se combina con las otras variables, genera el fallo del sistema**. La respuesta tradicional pasaría por culpar al trabajador, porque su acción generó el accidente, pero el **modelo reconoce que sin los otros bloques que faltan, no habría habido ninguna consecuencia**.

Así, se llegan a identificar factores causales que, en base al sistema de correlación puesto en práctica en el proyecto y la obra, pueden aumentar sus efectos.

Una ventaja importante del modelo sistémico es que proporciona una **comprensión más completa de las interacciones sutiles que contribuyeron al evento**. Debido a que el modelo considera los accidentes como el resultado de **combinaciones inesperadas de variabilidad normal**, se busca así entender cómo esa combinación pudo generar el accidente y en base a dicho entendimiento se identifican las condiciones latentes o debilidades.

II.2 RELACIONES DE CAUSALIDAD

Tradicionalmente, los procesos de investigación de accidentes se centran en **identificar y articular relaciones directas de causalidad (causa--- efecto)**. Así, se suele partir del hecho (accidente) para ir **infiriendo condiciones y actos inseguros** que expliquen, causalmente, el siguiente suceso.

Estos procesos, que se utilizan en técnicas habituales como el árbol de causas, parten de la relación causa- efecto de manera que para que un acto o condición puedan ser consideradas como una **causa eficiente del suceso correspondiente debe cumplir dos requisitos:**

- ▣ Por un lado que la causa **preceda en el tiempo** al suceso causado.
- ▣ Y, por otro, que la relación causal sea plena y constante de manera que la **misma causa genere siempre el mismo efecto**. En base a ello, sólo se podrá apreciar tal relación de causal cuando la **supresión de la condición suponga, de manera automática, la supresión del efecto/suceso causado o, en último lugar, del accidente**.

Si bien, como se ha comentado, **los modelos tradicionales siguen utilizando el término "causa"**, no es menos cierto que relación de causalidad eficiente no concurre en buena parte de los factores que habitualmente se identifican como causas eficientes de un accidente (así, por ejemplo la falta de supervisión puede contribuir al acaecimiento de un accidente pero difícilmente puede ser una causa efectiva pues puede persistir el accidente aún cuando haya supervisión).

Es por ello, que las teorías más modernas optan por restringir el empleo del término causa a la explicación de fenómenos físicos o mecánicos adoptando el término de **factor causal** en la investigación de factores que pudieron contribuir al accidente.

De esta manera, el **factor causal se define como un acto o condición necesaria y suficiente para contribuir a la secuencia del accidente**. A su vez, los factores causales se diferencian en:

- ▣ **Causas directas o primarias:** aquellos factores causales, actos o condiciones, que **desencadenaron de manera inmediata el accidente** (DOE, 1997). Se trata, habitualmente, de las condiciones presentes en el lugar del accidente.
- ▣ **Con causas:** Factor causal que, conjuntamente con otras causas, incrementa la probabilidad de un accidente pero que, aisladamente, no origina el mismo.
- ▣ **Factores coadyuvantes:** Factores y condiciones de carácter más permanente y general que afectan a las condiciones de trabajo relacionados, por ejemplo,

con procesos organizativos o de diseño. Dichos factores, por si solos, no causan el accidente, pero sí incrementan la probabilidad de que éste ocurra.

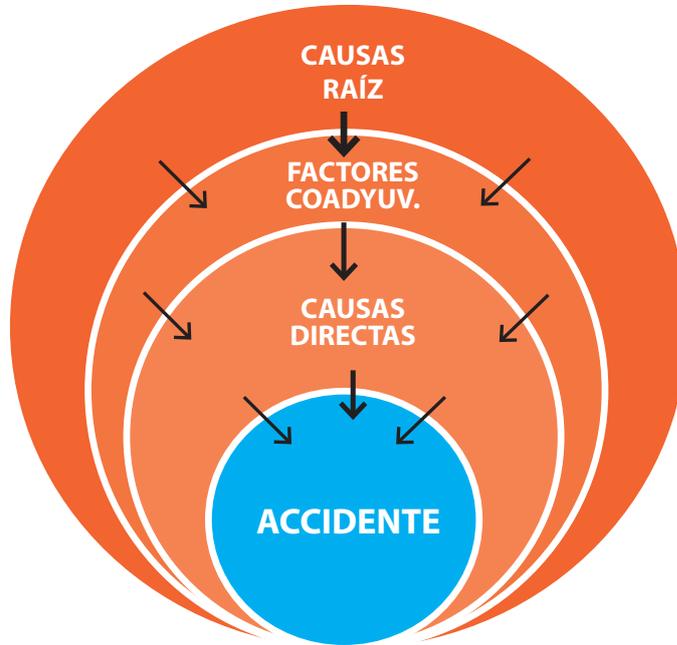


Fig. 4.- Diferentes niveles de factores causales de un accidente.

- ▣ **Causa raíz o básica:** Razón primordial del accidente relacionada con los **aspectos más generales o sistémicos** de la organización y gestión del trabajo. La corrección de una causa raíz del sistema sirve para prevenir la repetición del accidente. A su vez, una causa básica genera uno o varios factores coadyuvantes (p.e. la ausencia de un procedimiento de gestión genera desviaciones o errores en la organización del trabajo y, dicho factor, genera a su vez ausencia de medidas de protección o activación de situaciones de riesgo).

Considerando que el objetivo final de cualquier investigación de accidentes no es otro que definir las medidas o plan de acción a implantar para evitar su repetición, cualquier estudio causal debe incorporar un **análisis de las barreras** (consideradas éstas como obstáculos para el accidente) que existían con carácter previo al accidente y, de manera primordial, las barreras que es preciso reforzar o desarrollar a raíz de la investigación formulada.

Estas **barreras**, destinadas a desactivar la relación de causalidad acorde con lo analizado en el modelo epidemiológico de causación de accidentes se definen, DOE 1997, como:

Cualquier medida para controlar, prevenir o impedir el desencadenamiento de las relaciones causales de un accidente. Tradicionalmente éstas van desde los sistemas de gestión y procedimientos (a nivel de causas raíz) a procesos, supervisión o gestión de la alerta (a nivel de factores coadyuvantes) o equipos, medidas y dispositivos de protección y habilidades a nivel de causas directas. Según su capacidad, se distingue entre barreras de prevención (eliminan riesgos) y barreras de protección (disminuyen sus efectos).

En base a dicha definición, es aconsejable que el proceso de investigación causal incluye el estudio de las **barreras existentes**, las razones de su ineficacia y, en relación con las eventuales barreras ausentes, las causas de su ausencia (bien por fallos de gestión, bien porque las prioridades de la entidad no las incluyeron en la toma de decisiones).

En definitiva, los **modelos de investigación** deben diferenciar entre los siguientes factores causales:

1. **Barreras insuficientes** o debilitadas
2. **Fallos activos** o actos inseguros
3. **Precusores de fallos humanos**
4. **Condiciones latentes:** gestión, organización o lugar de trabajo.



Fig. 5.- Modelo descendente de investigación de accidentes

II.3

EL FACTOR HUMANO EN LOS ACCIDENTES DE TRABAJO

Dentro del análisis de factores causales, tradicionalmente se ha otorgado una notable relevancia causal al denominado factor humano que, en resumen, se centra en analizar la actitud y posibles desviaciones- cuando no errores, del propio accidentado o sus compañeros.

En relación con el factor humano y, más concretamente, el **comportamiento del trabajador**, investigadores como Rasmussen determinan tres modos en los que el trabajador procesa la información y **procede a actuar en relación la ejecución de la tarea encomendada**:

- ▣ **Modo de trabajo automático o en base a las habilidades propias.** En este modo de trabajar se desarrollan las tareas más habituales en base, principalmente, a la memoria inmediata. Se requiere, pues, poca atención por parte del trabajador que, al estar habituado a las operaciones en cuestión, no necesita un pensamiento o consciencia especialmente activa. Al tratarse de operaciones rutinarias, el **nivel de fallos es bajo** (se estima que 1 en cada 10.000 iteraciones de la tarea).
- ▣ **Modo de trabajo regulado.** En este modo es preciso un mayor nivel de autocontrol pues, al romperse la rutina ante situaciones de trabajo que si bien son conocidas no son habituales, es preciso poner en práctica conocimientos o normas de trabajo que si bien son conocidas exigen que el trabajador tome decisiones y adapte su actuación a la situación cambiante. En este modo de trabajo, los errores son más frecuentes, alrededor de 1 en cada 1.000 iteraciones, y se deben a una **incompleta interpretación** bien de la situación, bien de la respuesta que ésta exige.
- ▣ **Modo de trabajo en base al conocimiento.** En este caso, se trabaja frente a situaciones desconocidas (nuevas tareas o cambios sobrevenidos). Al tratarse de modos en los que el trabajador actúa en base a un nuevo razonamiento o, incluso, a conjeturas, el error es muy alto y sitúa en 1 de cada dos iteraciones.

De esta forma, es importante analizar en qué modo se trabajaba en el momento del accidente o, dicho de otro modo, **qué nivel de pensamiento consciente se requería para trabajar de manera adecuada**. Si bien los modos de trabajo van adaptándose de manera continua a la naturaleza del trabajo, se entiende que debe priorizarse el conocimiento y experiencia previos de manera que no se exija al **trabajador un nivel en el que dependa del mismo reconocer los riesgos y medidas a adoptar**. Por otro lado, aquellas tareas en las que sea preciso actuar

en modo basado en el conocimiento deberían, a lo sumo, **limitarse a tareas sin riesgo o con escasa vulnerabilidad.**

Igualmente, para determinar posibles causas y recomendaciones de mejora, conviene **comprender el modo de trabajo en el que acaece el accidente**, así en los fallos en trabajos ejecutados en **modo basado en habilidades suelen derivar de deslices o fallos de atención**- el fallo no deriva de falta de conocimiento o formación por lo que **la formación no es la solución** pues el experto en el trabajo es precisamente el accidentado. Del mismo modo, en estos casos modificar el procedimiento de trabajo por un solo accidente no es lo acertado pues obliga al **trabajador a salir del modo de trabajo más seguro para conocer un nuevo procedimiento y trabajar en base al conocimiento** (que es más inseguro hasta que se vuelva al modo habilidad).

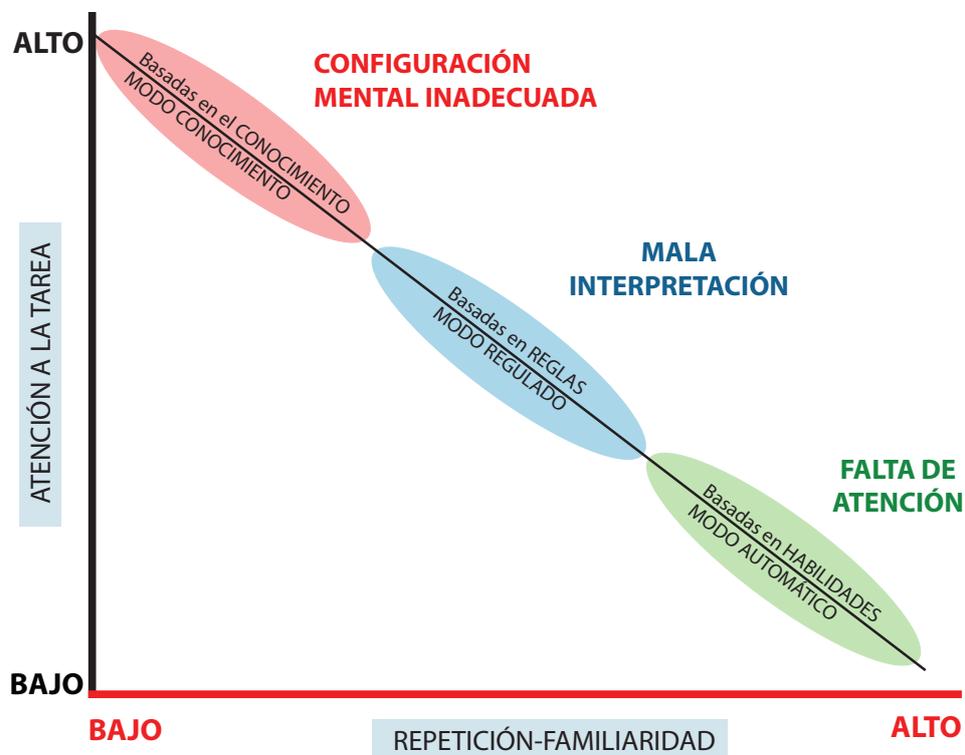


Fig. 6.- Modos de desarrollo de tareas (Rasmussen).

Por el contrario, la **formación puede ser apropiada cuando el fallo es debido a insuficiencias en las competencias del trabajador o cuando el accidente acaece en el modo de trabajo regulado** (inadecuada interpretación de la norma/procedimiento o de la respuesta a aplicar). También puede resultar útil en tareas ejecutadas en modo conocimiento siempre que el entendimiento del sistema por parte del trabajador se revele inadecuado.

Rasmussen, también describe como los **requisitos objetivos de cada trabajo y operación** (condiciones económicas, carga de trabajo y requisitos funcionales o de seguridad delimitan los límites del comportamiento aceptable. En su modelo, la presión para un trabajo eficaz se combina con la **tendencia humana de buscar que el trabajo requiera el menor esfuerzo** lo que lleva a los trabajadores a funcionar en el **límite del comportamiento aceptable**. Los programas preventivos

establecen un límite de comportamiento seguro. Si se detectan más presiones para trabajar cerca del límite de comportamiento aceptable, se debe diseñar el sistema de modo que sea tolerante con los errores y fallos.

En todo caso, el modelo de desarrollo de tareas debe incorporar, adicionalmente, el efecto del tipo de tareas sobre la percepción del riesgo y el consecuente **nivel de alerta del trabajador** que, frecuentemente, decrece a medida que la repetición aumenta.

En relación con el **factor humano y su contribución al accidente**, los modelos tradicionales que terminan por valorar la participación del trabajador en el accidente **han de ser descartados** pues centran la investigación en el eventual incumplimiento de los procedimientos por parte del trabajador o, a lo sumo, se concentran en la pretendida y omnisciente capacidad de supervisión y vigilancia del mismo (Dekker, 2002).

Desde un óptica preventiva, **tales modelos no pueden ser considerados como válidos pues derivan de la evidencia de que resulta mucho más fácil culpabilizar a los trabajadores de su propio accidente que buscar y encontrar las debilidades de la organización y del sistema de gestión en el que éstos trabajaban.**

En lo que al factor humano respecta, se pueden distinguir los siguientes fallos:

- 1.- **Error básico o deslíz.** En el que una persona olvida hacer algo debido a un fallo de atención, concentración o memoria (p.e. pulsar el botón equivocad). Obviamente si las consecuencias son relevantes, los sistemas operativas deben permitir estos errores y prevenirlos mediante automatismos.
- 2.- **Error cognitivo.** Se trata de circunstancias en las que un operario hace lo que está previsto y planificado, pero no en su totalidad (debería haber hecho algo más). No se trata necesariamente de un incumplimiento, pero parte de su actuación no se ajusta a lo procedimentado (p.e. se da por hecha una condición que exige dos comprobaciones al realizar solo una y tener un indicio de la segunda).
- 3.- **Incumplimiento.** Una persona decide actuar sin cumplir una norma establecida y conocida. En estos casos, resulta difícil revertir la situación, siendo preciso- en función del nivel de riesgo, prever sistemas redundantes en operaciones críticas. Puede tratarse de incumplimientos rutinarios (usos habituales que ni siquiera son percibidos o, por el contrario, son admitidos), o excepcionales (por situaciones particulares de la tarea o el entorno).

En todo caso, y sin perjuicio de que el comportamiento del trabajador sí debe formar parte de los factores analizados en la investigación, su valoración y la de las posibles desviaciones en su proceder **no deben ser consideradas como causas del accidente sino como eventuales efectos de fallos y desviaciones previas del sistema.**

En base a ello, se debe tratar de entender e identificar las circunstancias que facilitan los fallos humanos:



Fig. 7.- Factores que pueden contribuir para influenciar en la tarea (RSSB,2014)

De una manera más concreta, se debe tener en cuenta que los posibles errores humanos suelen contar con **cuatro tipo de precursores** que deben ser analizados en cada accidente:

1. **Las condiciones de ejecución de la tarea.** Como son urgencias, alta carga de trabajo, multitarea, monotonía, irreversibilidad de la operación, interpretación de los requisitos, objetivos poco claros, ausencia o insuficiencia de procedimiento.
2. **Las capacidades individuales.** Familiaridad con la tarea (pruebas), falta de conocimiento, nuevas técnicas, comunicación inadecuada, falta de experiencia, actitud insegura, fatiga o mala condición física.
3. **Ambiente de trabajo.** Distracciones, interrupciones, cambios, controles confusos, concurrencia con otros trabajos, respuesta equipos, conflictos personales...

En este ámbito, se debe recalcar la necesidad de que los sistemas de gestión a nivel organizativo y operativo incorporen en **concepto de resiliencia** en su su diseño y mejor continua. De esta forma, los sistemas organizativos y productivos más flexibles, incorporarán tal propiedad a su funcionamiento de manera que los posibles **errores humanos- inevitables en muchos casos, formen parte del aprendizaje de la organización.**

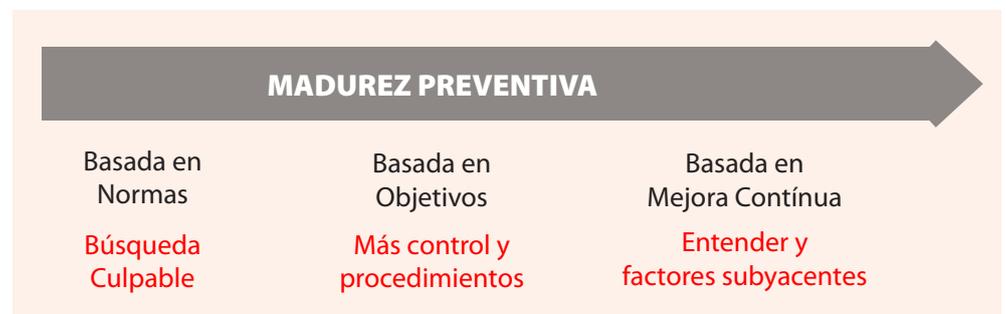
Así, el diseño de los sistemas organizativos y productivos debe ser **suficientemente flexible** para poder asimilar a dichos errores, lo cual implica que soporten diferentes estrategias para manejar los riesgos, en vez de funcionar únicamente bajo una sola estrategia como es habitual. Por ello, hay que analizar lo que las personas hacen y ver si es posible que el diseño lo facilite. Otra forma de entender la flexibilidad es que el diseño facilite la toma de decisiones sin tener que esperar por instrucciones de nivel superior

A este respecto, **factores como la experiencia, formación, capacidades físicas, conocimiento, el propio comportamiento del trabajador o sus eventuales condiciones de fatiga o stress** deben ser analizadas en la **investigación de cada accidente**, sin perjuicio de que no deberían ser consideradas como un factor causal del mismo, sino como una condición causada por otros factores causales a identificar.

Adicionalmente, es preciso constatar la concurrencia de teorías como la **homeostasis de riesgos** (Wilde,1982) que sostiene que el desarrollo de mejoras en la seguridad de las instalaciones y equipos puede generar una cierta relajación en términos de atención que, incluso, llegue a disminuir la eficacia de las mismas (p.e. el desarrollo de mejores sistemas de frenado en vehículos puede concurrir o llegar

a inducir un incremento de la velocidad de modo que el nivel riesgo no se vea realmente afectado por tal mejora). Sin perjuicio de que tales teorías no pueden ser consideradas de aplicación en su integridad- pues la cultura preventiva habría de prever y limitar tal compensación, es cierto que en ciertos sistemas complejos, el nivel de riesgo percibido y, por tanto, el nivel de alerta asociado pueden verse afectados negativamente por el desarrollo de ciertas mejoras de seguridad.

A este respecto, se debe considerar el modelo de madurez preventiva de las organizaciones promovido por la IAEA (International Atomic Energy Agency) que define tres niveles de organizaciones: las **basadas en normas** (en las que las personas son culpabilizadas por sus fallos en el cumplimiento de sus deberes y normas), **las basadas en los objetivos** (que responden ante los accidentes con más controles, más gestión y más formación) y las **orientadas a la mejora** (en las que el enfoque principal del accidente no es otro que entender lo ocurrido para mejorar en los factores subyacentes y causas raíz en vez de encontrar al culpable).



Conforme a tal modelo, las **organizaciones que centran sus investigaciones en los eventuales fallos o errores del trabajador/supervisores/técnicos no están si no retrocediendo en su madurez organizacional.**

II.4 MODELOS CAUSALES ESPECÍFICOS: EJEMPLOS DE SU APLICACIÓN EN PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN

Un **proyecto de construcción** presenta, a nivel procedimental, una serie de particularidades que deben ser consideradas de manera inicial:

- ▣ En primer lugar, se trata de un **proceso secuencial** (Diseño Conceptual—Ingeniería de Detalle— Planificación – Construcción), en el que las **decisiones tomadas en las etapas iniciales del proceso influyen de manera decisiva en las siguientes**.
- ▣ Adicionalmente, **se trata de un proceso *pluri* subjetivo en el que concurren, en diferentes fases, agentes diversos** que van desde la propiedad, a la ingeniería, el contratista y subcontratistas, los técnicos de obra...

Todo ello, hace que los estudios causales de accidentes en este sector hayan de participar de tales peculiaridades. En relación con la influencia causal de los procesos integrantes de un proceso constructivo, se debe partir del conocido **Informe Lorent** que, en 1991 concluyó que más del **60% de los accidentes mortales registrados en obras de construcción guardaban relación con decisiones llevadas a cabo en etapas previas al comienzo de las obras**.

Así, el citado **informe Lorent**, promovido por la UE, vincula el **35%** de los accidentes mortales del sector a las decisiones tomadas en la **fase de diseño de la obra** estando, adicionalmente, más de un **28%** de los mismos relacionados con las decisiones organizativas tomadas en la **etapa de planificación previa al comienzo de los trabajos**.

- **CONCEPCIÓN:** El **35% del total de accidentes mortales** registrados en obras de construcción se deben a decisiones tomadas en la **fase de diseño de la obra**.
- **ORGANIZACIÓN** El **28% a deficiencias en la organización y planificación de los trabajos** que se lleva a cabo con **carácter previo al comienzo de la obra**.
- **EJECUCIÓN:** Únicamente el **37% restante** tiene su origen en cuestiones relacionadas con la **fase de ejecución**.

Fig.8. Estudios de vinculación entre los accidentes mortales en la construcción y las diferentes etapas del proceso. Fuente: Lorent, 1991.

En la misma línea, la Comisión Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional del Gobierno de Australia (NOHSC 2004), determina que más del **30% de los 2.705 accidentes analizados en obras de construcción en Australia guardaron relación con el diseño de la obra.**

Esta influencia de las decisiones tomadas en las fases iniciales del proceso, se reflejan en importantes investigaciones como las efectuadas por Szymberski que concluyó, en su análisis de la industria de la construcción, que la **mejora de la prevención pasa por que la seguridad sea una de las consideraciones primordiales en las fases de diseño conceptual y preliminar.**

Su **curva de influencia tiempo/seguridad**, pone de manifiesto que una parte significativa de la capacidad de mejorar las condiciones de trabajo de la obra se pierde cuando dichas consideraciones se retrasan hasta la fase de construcción. De esta manera, retrasar las decisiones y actuaciones preventivas a la fase de ejecución no sólo resta eficacia a las mismas sino que supone desaprovechar las ventajas que ofrece la planificación en la materia y, en definitiva, el diseñar de manera eficaz para la eliminación, prevención y reducción de los riesgos laborales

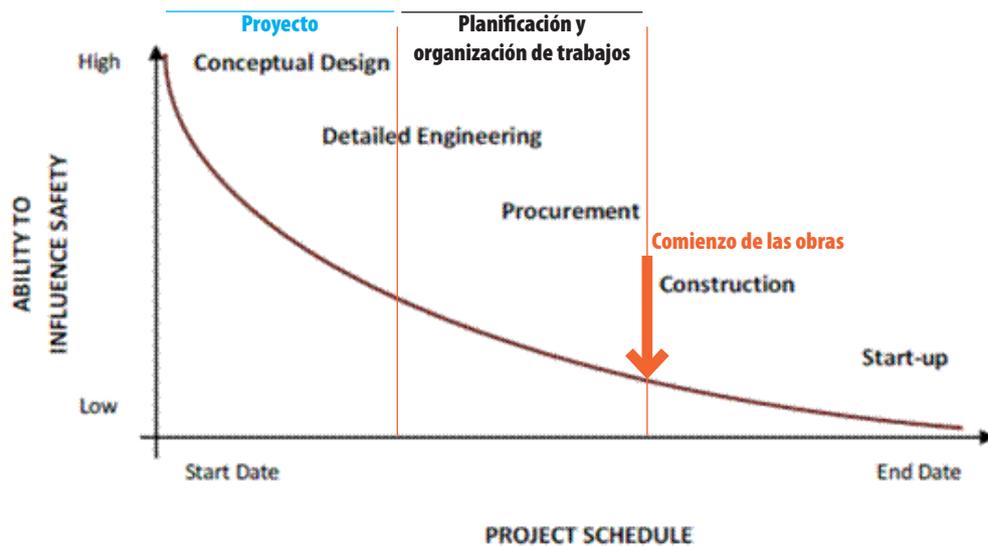


Figura 9.- Curva de influencia Capacidad de influir en la seguridad de los trabajos (Y): avance del proyecto (X). Elaboración propia en base a Szymberski, 1997.

En lo que se refiere a los modelos generales de causación de accidentes, las primeras investigaciones específicas del sector de la construcción (Firenze, 1978) se concentran en un **triángulo causal formado por factores físicos** (p.e. equipos de trabajo utilizados), factores relacionados con el lugar de trabajo (p.e. condiciones de la obra) y factores humanos (p.e. supervisión o comportamiento del trabajador).



Figura 10.- Triángulo causal de los accidentes (Firenze, 1978)

Dichos modelos, han sido redefinidos y ampliados por numerosos expertos entre los que destaca el **modelo de la jerarquía de influencias o modelo sistémico de causación de accidentes** (Haslam et al, 2005). En este modelo, de carácter **epidemiológico**, el accidente en las obras de construcción cuenta con los siguientes factores causales:

- ▣ Como **causas primarias**, se sigue partiendo del triángulo de Firenze y sus causas básicas.
- ▣ Dichas causas primarias derivan, a su vez de **factores coadyuvantes** relacionados con la programación de la obra, los condicionantes del entorno, las tareas de supervisión o las especificaciones.
- ▣ Por último, y a **nivel de causas raíz**, el modelo señala aspectos como el diseño de soluciones constructivas, la gestión del proyecto, las decisiones del cliente o las condiciones económicas.

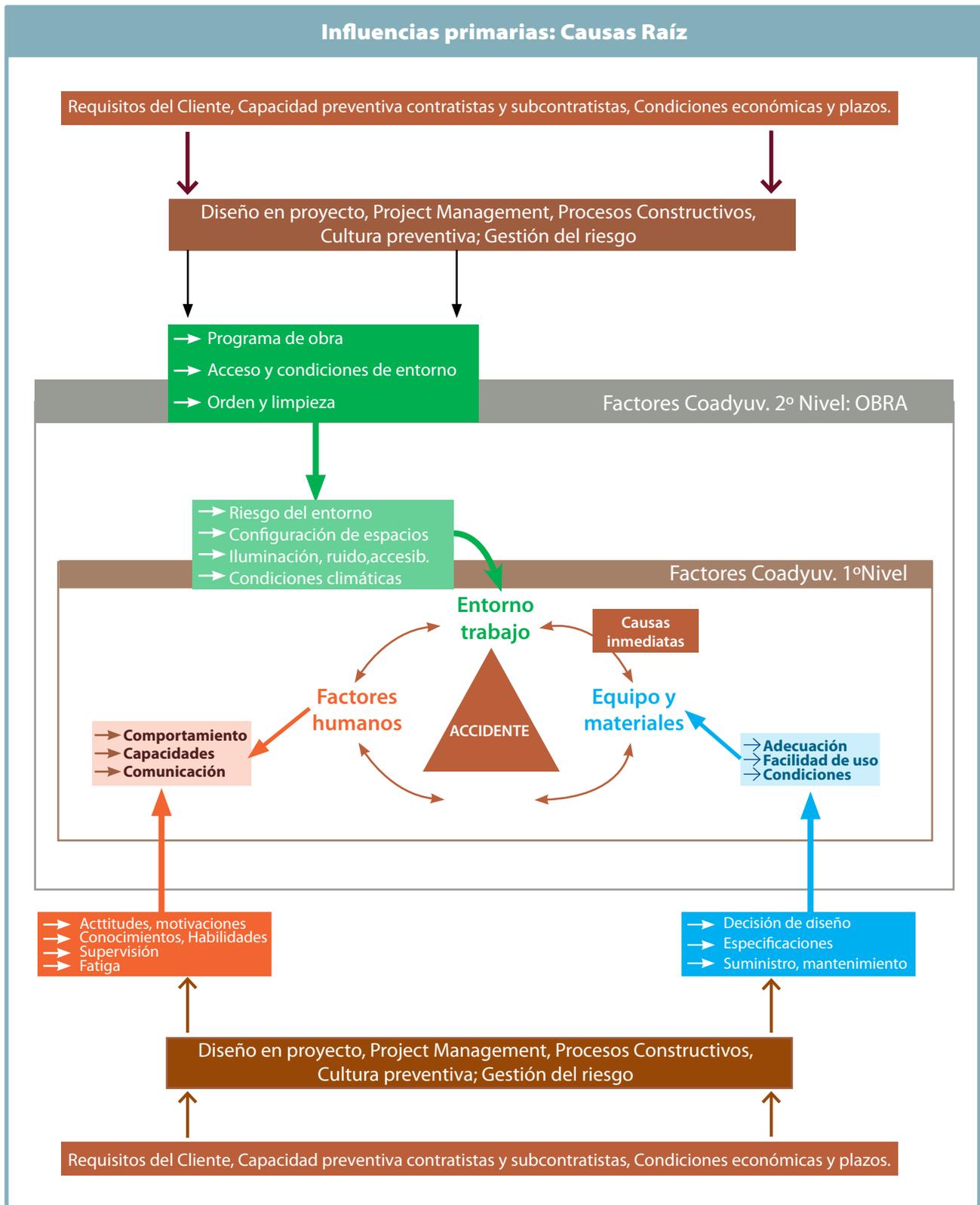


Fig. 11.- Modelo causal de accidentes en obras de construcción: Jerarquía de Influencias, Haslam et al, 2005

II.5 CONCLUSIONES

La base para la realización de cualquier investigación de accidentes es entender los **factores organizativos, de gestión, culturales o técnicos** que al no haber sido adecuadamente cubiertos pueden incidir en futuros accidentes o incidentes.

A este respecto, se debe considerar **aspectos generales** como los siguientes:

- ▣ Dentro de los sistemas complejos el **error humano no emana de la persona**, sino que es un **resultado o síntoma** de las condiciones latentes derivadas de la cultura y procedimientos de gestión y toma de decisiones de las organizaciones implicadas.
- ▣ La **causa directa o desencadenante de un accidente** (la que libera finalmente el/los peligro/s y causa el daño) es sólo el último escalón de una red de fallos que a menudo sólo se relacionan de forma remota con el accidente.
- ▣ La investigación de accidentes **requiere analizar en profundidad los procesos organizativos y de gestión de la entidad**: desde la asignación de funciones a la planificación de procesos, incluyendo los procesos de comunicación, formación, supervisión y gestión pues, en todos ellos, pueden coexistir fallos o condiciones latentes que pueden favorecer la repetición de accidentes o escenarios.
- ▣ Los **modelos epidemiológicos son los que mejor representan el fenómeno del accidente industrial**. En ellos, son las **causas raíz** (modelo de operación, decisiones del gestor de la instalación, plazos de actuaciones, sistema de gestión) las que determinan los **factores coadyuvantes** (condiciones latentes como son la configuración y planificación de la obra) favoreciendo éstos la aparición de **condiciones latentes en las causas inmediatas del accidente** (triángulo factor humano, equipos y entorno de trabajo).
- ▣ Por todo ello, **en los accidentes difícilmente se puede hablar de una única causa** e, incluso, se desaconseja utilizar **dicho término (“causa”)** pues suele ser fuente de prejuicios y, además de que las **relaciones de causalidad eficientes se restringen a la explicación de fenómenos físicos**, acaba por limitar el análisis a efectuar.
- ▣ Con carácter general, además, se debe analizar cuál es la **jerarquía de controles en aplicación** y valorar si se están priorizando las **soluciones que eliminen los riesgos**.
- ▣ En cualquier investigación de accidente, se deben priorizar las **soluciones destinadas a evitar la repetición del accidente** afectando, principalmente, a las **causas raíz y posibles insuficiencias del sistema de gestión**.
- ▣ Sin perjuicio de todo ello, las investigaciones de accidentes deben centrarse en aquellas **condiciones latentes cuya corrección resulta más urgente** pues, en la práctica, resultaría poco abordable tratar de resolver todos y cada uno de los posibles fallos detectados en un proceso de investigación.



METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES



«La ignorancia de las causas remotas dispone a atribuir todos los acontecimientos a causas inmediatas e instrumentales, porque éstas son las únicas que se perciben»

**Thomas Hobbes, Leviathan,
Cap. XI (1588-1679)**

III.1

OBJETIVOS Y ATRIBUTOS NECESARIOS PARA UNA ADECUADA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

Para que el proceso de investigación de accidentes resulte eficaz y útil, se deben seguir un mínimo de **objetivos** como son:

- ▣ Identificar y describir el **verdadero curso de los acontecimientos** (*qué, dónde y cuándo*)
- ▣ Identificar las **causas directas y raíces/factores contribuyentes del accidente** (*por qué*)
- ▣ Identificar las **medidas a considerar para eliminar/reducir/controlar los riesgos que han desencadenado el accidente** y, así, poder prevenir accidentes similares (**aprendizaje**)

Para lograr tales objetivos, se recomiendan que los **procesos de investigación** cumplan un mínimo de buenas prácticas o atributos (Hendrick y Beener, 1987) como son:

- ▣ **Que sean realistas:** es decir, que aporte una descripción realista de los hechos acaecidos.
- ▣ **Que no tengan un enfoque primario de carácter causal.** La finalidad primaria de la investigación es conocer lo que ha ocurrido, no determinar culpas o culpables. Únicamente se podrán determinar factores causales, que no causas, cuándo se haya comprendido perfectamente el desencadenamiento y condiciones del accidente.
- ▣ **Que sean consistentes.** De manera que las investigaciones realizadas en aplicación del proceso establecido sean coherentes entre accidente y accidente e independientes de los investigadores que las lleven a cabo. Sólo la coherencia entre resultados de diferentes investigaciones permite la comparación entre ellos.
- ▣ En lo que a los **procedimientos de investigación** respecta, éstos deben ser: **sistemáticos y ordenados** (de manera que faciliten a los investigadores el centrarse en los aspectos más significativos), **funcionales** (de forma que el trabajo sea eficiente) e **integrales** (al cubrir todo el proceso).
- ▣ Por último, en cuanto a los **resultado del proceso de investigación**, éstos han de ser: **completos** (de forma que no requieran recopilar más datos que los facilitados en el informe), **comprensibles, visuales y concluyentes** (de forma que faciliten la posterior toma de decisiones).

III.2 FASES DE UNA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES

El **proceso de investigación** de accidentes consta de las siguientes fases:

0.- ACCIDENTES	
1.- Atención a accidentados	Rescate, comunicación a servicios médicos y de atención, evacuación,
1.- Actuación inmediata	Aseguramiento de la zona, protección, limitación de accesos, paralización trabajos.
2.- Planificación de la investigación	Definir los objetivos, metodología, técnicas a aplicar y programación de la misma
3.- Recopilación de información	Testimonios testigos (escrito), reportaje fotográfico (más de un investigador), muestras (en su caso), LO ANTES POSIBLE
3.- Recopilación de información	Documentación: procedimientos, manuales equipos, documentos de utilización, permisos.... LO ANTES POSIBLE
4.- Análisis de hechos y accid.	Qué, Cómo, Por qué?. Análisis de hechos, verificación hipótesis, causas inmediatas, factores coadyuvantes y causas raíz
4.- Análisis de hechos y accidentes	Métodos de investigación de accidentes: inductivos, deductivos, técnicas de análisis
5.- Recomendaciones e informe	El informe es el registro de toda la investigación, dedicarle tiempo y enfoque amplio y visual
5.- Recomend. e informe	Mejoras en todos los niveles: Política empresa, Sistema de Gestión, Procedimientos, organización
6.- Aseguramiento aplicación de mejoras	Las lecciones aprendidas y mejoras propuestas deben transformarse, vía grupos de mejora, en medidas, procedimientos y actuaciones concretas

Figura 1.- Fases de un proceso de investigación de accidentes.

En cuanto a los aspectos a considerar en cada una de estas fases destacan:

▣ **En la Fase 1 de Actuación Inmediata:** En primer lugar, se debe priorizar una actuación eficaz para **minimizar los daños** aplicando los protocolos de emergencia previstos y asegurando tanto la pronta atención y evacuación como el aseguramiento y limitación de accesos a la zona. En este sentido, siempre y cuando no se cuente con la **garantía de seguridad en la zona**, se evitará el paso de personal no autorizado a la misma. Seguidamente, y una vez atendidos y/o evacuados los accidentados y garantizada la estabilidad de la zona, se analizarán las soluciones y procedimientos a habilitar para controlar o evitar el acceso de más operarios y personal a la zona del accidente.

▣ Seguidamente, en la **Fase 2 de planificación de la investigación**, es preciso determinar la metodología y dimensionamiento de la investigación a realizar. Dicha determinación se hará en función del tipo de accidente y los objetivos de la misma. Dentro de esta fase se determinarán aspectos como el programa de investigación, el equipo responsable de la misma, las técnicas a emplear y los recursos necesarios.

▣ **En la Fase 3 de recopilación de información**, se debe intentar que se realice lo **antes posible** de manera que el escenario del accidente no se haya modificado sustancialmente. Adicionalmente, se recomienda que se efectúe por al menos **dos personas** para evitar influencias subjetivas y, sobre todo, aumentar los datos registrados. En todos los casos, se recomienda elaborar un amplio reportaje fotográfico que cubra la integridad del escenario del accidente incluso, en su caso, aquellos aspectos que en una primera impresión pudieran no considerarse como críticos.

Adicionalmente, se debe considerar la idoneidad no solo de incluir entrevistas con personal afectado y relacionado con el mismo sino, en su caso, de **tomar declaración por escrito a los principales testigos** del accidente. Esta actuación, que se entiende recomendable en la mayor parte de los casos, debe contar con las garantías jurídicas necesarias (toma de declaración en presencia de, al menos un testigo, elaboración de una transcripción escrita, firma del trabajador y del testigo de la declaración).

Así mismo, se debe tener en cuenta que la información a recopilar incluye desde la toma de datos in situ, hasta la **documentación e información** de los equipos, empresas y personal implicados en el accidente o, en su caso, los procedimientos, planificaciones y programas de trabajo que regían las actuaciones en cuestión. En función del tipo de accidente, puede ser necesario efectuar comprobaciones, ensayos y reconstrucciones del accidente.

▣ **En la Fase 4 de análisis de hechos y del accidente**, se parte de la documentación e información recabada en la fase anterior y se incluye la identificación de causas directas (condiciones de trabajo), factores coadyuvantes y causas raíz.

Si bien las técnicas de análisis que se pueden llegar a aplicar son muy variadas, tradicionalmente se diferencian los **métodos deductivos** (que van de lo general a lo particular), de los **métodos inductivos** (que arrancan de una situación particular para ir infiriendo fallos o causas generales).

Durante esta fase, será habitual tener que recopilar datos adicionales, efectuar una selección de la información recabada, sintetizarla (p.e. reconstruyendo el escenario del accidente) y **validar la información obtenida**.

En todo caso, las principales técnicas de investigación a aplicar se analizan en el siguiente epígrafe.

▣ **En la Fase 5 de elaboración de informe de investigación y emisión de recomendaciones** se debe centrar el informe final en resumir las recomendaciones

para evitar la repetición de futuros accidentes. Para ello, el informe habrá de basarse en aquellos hechos, condiciones y evidencias que, una vez reveladas como causas raíz, pueden generar nuevos accidentes.

Como recomendación general, se deben priorizar las **medidas relacionadas con factores técnicos, operativos y de gestión y organización**. Así mismo, se recomienda centrar los **cambios en los niveles más altos de la gestión y organización de la empresa** de manera que, en el futuro, dichos cambios colaboren a evitar un espectro más amplio de accidentes (p.e. cambiando procedimientos de gestión). Igualmente, se deben priorizar las medidas que automaticen la mejora preventiva.

Por último, en esta fase se recomienda enfocar el informe final con **mentalidad abierta** evitando concentrar el mismo en matices o causas poco relevantes, de carácter muy particular o pequeño espectro. Así mismo, se debe considerar que el informe es el resultado de todo el proceso de investigación por lo que se debe cuidar su redacción, presentación y transmisión.

- ▣ Finalmente, en la **Fase 6** se deben acreditar que **las mejoras, recomendaciones y lecciones aprendidas se llevan a la práctica** asegurando, de esta forma, que el proceso de investigación ha resultado **eficaz**.

III.3 FASE 1: DE ACTUACIÓN INMEDIATA

Si bien en esta fase la prioridad será atender a los accidentados y asegurar la instalación y su entorno, es necesario considerar la conveniencia de **tomar los datos necesarios** una vez se hayan logrado los objetivos iniciales ya reseñados.

Igualmente, en aquellos incidentes en los que se liberen productos tóxicos o peligrosos, se recomienda incluir en la fase de respuesta inmediata la toma de mediciones.

En todo caso, se recomienda separar la gestión interna del incidente- que corresponde al sistema de gestión operativa de la instalación, de la propia investigación del incidente. En el caso de que la citada investigación recaiga en los propios responsables de la instalación, se recomienda separar las decisiones operativas- aseguramiento de la instalación, de las decisiones relacionadas con la investigación.

Adicionalmente, la toma inicial de información, en la medida de lo posible y una vez asegurada la situación, debe ser lo más **próxima posible al incidente** para evitar intervenciones que modifiquen el escenario del mismo.

III.4 FASE 2: PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

A la hora de determinar las características y dimensionamiento de la investigación a realizar, así como los recursos a dedicar y la programación de la misma, se recomienda contar previamente con un **criterio específico** que concrete tales parámetros en función de la potencial gravedad del suceso, la efectividad de las barreras y otros factores adicionales.

Por ejemplo, se puede considerar el criterio facilitado por la RBSS que **determina el nivel de la investigación en función de tres criterios de evaluación:**

1.- Potencial daño del suceso: Se trata de valorar cuáles podrían haber sido las **peores consecuencias** posibles del suceso. Para ello, se parte de una escala de daño que puede ir el nivel 1 al 5 como el siguiente¹:

- ▣ **Nivel 1.** No habría, en el peor escenario, daños personales ni materiales.
- ▣ **Nivel 2.** Daños menores: Se correspondería, en el peor caso, con accidentes leves o daños menores a cierta cantidad económica o afección menor al funcionamiento.
- ▣ **Nivel 3.** Daños moderados: Se corresponden, en el peor escenario, con accidentes graves individuales, daños mayores a la instalación, materiales o equipos.
- ▣ **Nivel 4.** Daños mayores: Que pueden generar el fallecimiento de una persona o varios accidentes graves y/o daños relevantes en términos materiales u operativos.
- ▣ **Nivel 5.** Daños catastróficos. Que pueden generar múltiples fallecimientos y daños irreparables.

De esta manera, se debe comenzar por evaluar la posibilidad del resultado más desfavorable desde el menor nivel de daño (nivel I) e ir avanzando hasta determinar el potencial del suceso.

1. Cada empresa debe fijar sus niveles de referencia en términos de daño personal, material, económico y operativo para concretar tales niveles de potencial daño.

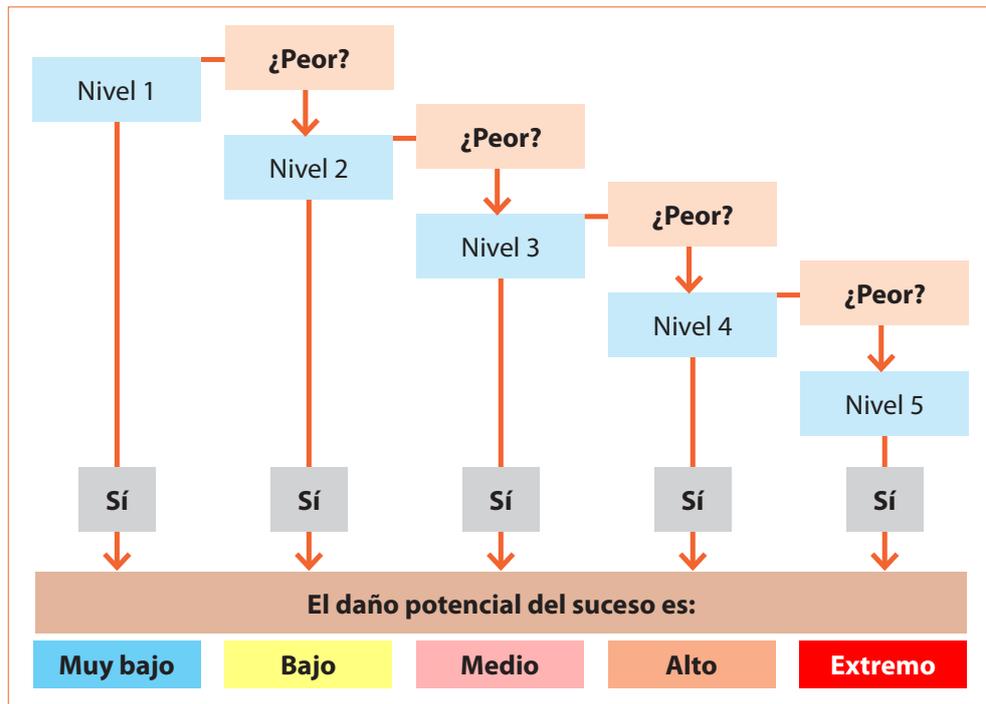


Fig. 2.- Análisis del daño potencial del incidente

2.- Efectividad de las barreras: Se trata de valorar a efectividad de las barreras (procedimientos, medios, medidas...) previstas para prevenir que el suceso pueda alcanzar el peor resultado posible. Para valorar dicha efectividad, se recomienda fijarse en las más próximas como son las definidas y relacionadas con la tarea y la instalación obviando, en este aspecto, las relacionada con la gestión general de la entidad.

En función de la efectividad de las barreras, se modifica el nivel de daño potencial del suceso de forma que asignando un nivel de efectividad de las barreras (Alto, medio, bajo o inapreciable), se varía el daño potencial de acuerdo a la siguiente escala:

Efectiv. Barreras (2)	Nivel inicial de daño potencial (1)				
	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Extremo
Alta	Riesgo muy bajo	Riesgo muy bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo medio
Media	Riesgo muy bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto
Baja	Riesgo muy bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto
Inaprec.	Riesgo muy bajo	Riesgo bajo	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo alto

Nivel inicial de la investigación			
Registro	Nivel Bajo	Nivel medio	Nivel Alto

Fig. 3.- Nivel inicial de la investigación en función efectividad barreras

A la hora de valorar la efectividad de las barreras se atenderán aspectos tales como si a pesar del suceso, varias de ellas permanecieron activas para evitar daños mayores (mitigadoras) y su influencia a la hora de evitar daños mayores.

3.- Factores agravantes adicionales: Una vez determinado el nivel inicial de investigación, este podrá ser confirmado o aumentado debido a la concurrencia de factores agravantes adicionales. De esta forma, y conforme a los criterios de gestión de los responsables externos a la instalación, se identificará si concurren posibles factores agravantes como son:

- ▣ Concurrencia de fallos de gestión generales
- ▣ Nivel de investigación utilizado en incidentes similares
- ▣ Cumplimiento de los procedimientos de gestión.
- ▣ Interrelación de diferentes sistemas
- ▣ Afección a trabajadores o zonas especialmente sensibles

En función de la eventual concurrencia de alguno de los citados factores adicionales, se podrá aumentar el nivel inicial de la investigación para fijar el nivel definitivo de la investigación.

De este modo, y tras aplicar los tres criterios de evaluación, se pueden obtener cuatro diferentes niveles de investigación como son:

Nivel I: Registro del incidente

Se trata de incidentes con muy bajo potencial de daño lo que debe llevar a investigaciones in situ por parte del **propio personal de la instalación afectada** (p.e. el inmediato superior/encargado al operario/s implicado/s). No será necesario habilitar recursos específicos, se utilizarán registros preestablecidos- formatos y se contará con un plazo máximo de reporte de 24 horas. En todo caso, el registro incluirá las **lecciones aprendidas o mejoras a implantar** para evitar su repetición.

Nivel II: Nivel bajo de investigación

Se trata de incidentes/accidentes en los que las barreras han evitado daños mayores, en el peor escenario, a los calificados como **moderados por la organización**. En estos casos, si bien se pueden seguir utilizando formatos tipo, se aconseja la revisión por responsables externos a la instalación habilitándose, en este sentido, un mayor plazo para su revisión. A este respecto, se debe considerar, que los incidentes suelen ofrecer una mayor utilidad para las organizaciones- pues su investigación se ve menos condicionada, por lo que se deben tratar de evitar investigaciones demasiado livianas.

Nivel III: Nivel medio de investigación

Se trata de incidentes/accidentes en los que las **barreras no han funcionado íntegramente** de la manera prevista y/o que, en el peor escenario, al menos podrían generar **daños moderados e, incluso, mayores**. En estos casos, se aconseja elaborar una programación específica de la investigación, asignando recursos externos a la instalación (equipo de investigación) y un tiempo mínimo de una semana/quince días.

Nivel IV: Nivel alto de investigación

Se trata de incidentes/accidentes en los que las **barreras no han funcionado de la manera deseada** y que, en el peor escenario, al menos podrían generar **daños mayores e, incluso, catastróficos**. En estos casos, se aconseja elaborar una programación específica de la investigación, asignando recursos externos a la instalación (equipo de investigación), plantear la posibilidad de contar con colaboradores ajenos a la organización (p.e. auditores) y un tiempo mínimo de dos a cuatro semanas.

Otros aspectos que han de ser tenidos en cuenta en la planificación de la investigación son:

- ▣ **Informe previo de la investigación.** Salvo en los casos en los que se efectúe el mero registro del incidente y/o se trate de niveles I bajos de investigación, se recomienda que en el plazo de 24/48 horas se elabore un **estudio previo** de la investigación que incorpore:
 - El análisis seguido para fijar el nivel de investigación.
 - Los objetivos de la investigación incluyendo, al menos, la identificación de sucesos, las causas inmediatas y subyacentes y las vías de mejora, así como las vías para su implantación.
 - Los integrantes del equipo de investigación. En el caso de niveles medios y altos se debe de considerar la posibilidad de contar con especialistas externos en casos de concurrencia de técnicas específicas ajenas a la organización (p.e. construcción de tipo no habitual), evidentes conflictos de interés, posible concurrencia de causas sistémicas y/o afección a terceros.
- ▣ **Programa de la investigación.** En el caso de investigaciones de nivel III y IV (medio y alto), se recomienda desarrollar y gestionar un programa de la misma que puede incluir los siguientes pasos:

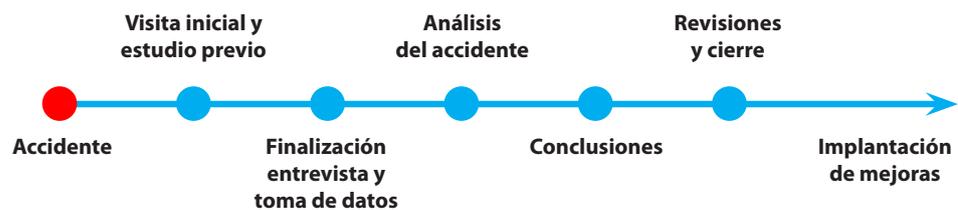


Fig. 4.- Ejemplo de programa temporal de investigación

III.5

FASE 3: RECOPILOCIÓN DE INFORMACIÓN

Esta fase debe iniciarse lo **antes posible** siempre que sea compatible con la seguridad de la instalación. Ello es debido tanto a la creciente posibilidad de alteración de los escenarios como a la contaminación de las versiones y olvidos de los testigos y partícipes en el incidente.

En esta fase es conveniente contar con protocolos de **control de la información y documentación**- sobre todo en los niveles 3 y 4 de investigación. En dichos niveles, resulta también necesario realizar una primera reunión de preparación y toma de contacto en la que se aclaren las funciones y procedimientos previstos, se concrete el programa de trabajo y se determinen las posibles técnicas a utilizar. Así mismo, es importante fomentar el **trabajo conjunto y coordinado** en el caso de equipos de investigación (evitando el predominio de alguno de sus integrantes).

Durante la toma de datos se habrán de guardar las debidas medidas de seguridad-sobre todo en el caso de productos tóxicos y peligrosos y tratar de contar con al menos dos personas para la toma de datos (vídeos, fotografías...).

En cuanto a las entrevistas con testigos y responsables de la instalación- recomendables en los niveles 3 y 4, se debe valorar la opción de **entrevistas personales o en grupos**. Así, mientras las primeras sirven para obtener versiones individuales y gozan de mayor proximidad, las segundas suelen ser más efectivas en términos de tiempo empleado y suelen servir para obtener descripciones más completas. En cualquier caso, se debe definir el **método de transcripción**- suele bastar con toma de notas.

En cuanto a la gestión de la entrevistas, se debe procurar crear un ambiente relajado, preparar previamente los testigos (generar confianza), formular preguntas abiertas, incorporar referencias, utilizar material complementario (p.e. fotos) y observar la actitud corporal del entrevistado.

III.6

FASE 4: ANÁLISIS DE HECHOS Y DEL ACCIDENTE

Durante esta fase, será habitual tener que recopilar datos adicionales, efectuar una selección de la información recabada, sintetizarla (p.e. reconstruyendo el escenario del accidente) y **validar la información obtenida**.

A la hora de analizar dichos hechos y factores causales, se recomienda seguir el siguiente **esquema por avances** (Arbeidsmiljøsentret, 2001):

- ▣ **Paso I: Identificación de sucesos**, decisiones, acciones y omisiones que desencadenan el accidente.
- ▣ **Paso II: Identificación de las desviaciones** que influyen en cada evento/secuencia que condujo al accidente. Esto incluye las desviaciones en la aplicación de procedimientos, las desviaciones de la práctica común existente, fallos técnicos y humanos.
- ▣ **Paso III: Identificación de las debilidades y defectos con los sistemas de gestión**. El objetivo es detectar posibles causas de las desviaciones o fallos identificadas en el Paso II p.e.: insuficiencia en los procedimientos, defectos en su aplicación, falta de formación o de seguimiento...
- ▣ **Paso IV: Identificación de las debilidades y defectos relacionados con la alta gestión de la empresa**, ya que es su responsabilidad establecer los sistemas de gestión necesarios y garantizar que los contenidos de los mismos (política de empresa, organización general, cultura, liderazgo, procesos).

A este respecto, se recomienda incluir la **valoración de la influencia del factor humano**, más como condición creada que como causa, incluyendo la valoración de aspectos tales como la posible sobrecarga de trabajo, desequilibrio entre competencias, formación o estado y tareas asignadas o la percepción del riesgo.

En todo caso, las principales técnicas de investigación a aplicar se analizan en el siguiente epígrafe.

III.7

FASE 5: ELABORACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN Y RECOMENDACIONES DE MEJORA

Considerando que el **producto final de todo proceso de investigación no es otro que el informe de investigación**, se recomienda prestar especial atención a su elaboración.

En este sentido, de cara a la **elaboración del informe**, resulta relevante:

1. **Reforzar la información gráfica.** De manera que se facilite su comprensión.
2. **Evitar documentos excesivamente extensos.** Para evitar que se dificulte su lectura, se recomienda emplear una redacción ágil y, en su caso, anexar la documentación adicional necesaria.
3. Resumir el **proceso de investigación seguido.**
4. Incluir las **técnicas de análisis utilizadas y el desarrollo del suceso** (p.e. mediante líneas de desarrollo temporal) así como la evaluación de la participación de **factores humanos.**
5. Incluir en las conclusiones las **causas inmediatas y los factores subyacentes.**
6. En caso de detectarse una **necesidad inmediata de cambio**- p.e. por tratarse de accidentes repetitivos o por hallarse en compromiso el funcionamiento de la instalación, se debe dictar dicha recomendación lo antes posible.
7. Cuidar los aspectos relacionados con la **protección de datos.** En aquellos casos en los que puede ser necesario enviar documentación a terceros, se debe cuidar especialmente esta información. Así mismo, se recomienda incluir el **consentimiento de utilizar los datos de testigos y demás para el propósito de la investigación.**

En cuanto a las conclusiones del informe, se recomienda:

- ▣ Concretar de manera concisa los **factores causales identificados y los hechos que los sustentan.**

- ▣ Tratar de evitar confusión con aspectos que pudieron considerarse inicialmente como factores causales del accidente.
- ▣ Incluir posibles **aspectos no resueltos** para su posterior seguimiento
- ▣ Reforzar aquellos aspectos y actuaciones que **funcionaron adecuadamente o mitigaron el daño**.
- ▣ Incluir una **cronología de hechos**.

En relación con las **recomendaciones de mejora**, se debe priorizar la **calidad, relevancia y factibilidad** de las propuestas de mejora frente a su número. Así mismo, debe guardar relación con las **conclusiones alcanzadas**. A la hora de efectuar recomendaciones, se considera conveniente tener en cuenta el principio SMART:

- ▣ Que las mismas resulten **específicas (S)** concretando la actuación a llevar a cabo, su responsable y plazos. Cada recomendación debe cubrir un **factor causal**, de forma que si no cubre ninguno, debe ser eliminada.
- ▣ Que sean **concretas (Measurable)**. Debe ser medibles o valorables en términos de implantación.
- ▣ Que resulten **posibles y prácticas (Attainable)**. No deben incorporar nuevos riesgos y ser sostenibles (en términos de coste y duración).
- ▣ Que sean **relevantes (R)** en relación con el escenario del accidente y sirvan, por tanto, para evitar su repetición.
- ▣ Que incorporen un **programa de tiempos (T)** para su implantación y control.
- ▣ Debe ser **proporcional al riesgo a controlar** (principio ALARP).

Así mismo, en caso de que el equipo de investigación no pertenezca a los departamentos afectados por las recomendaciones, conviene formular estas de modo aséptico sin ordenar a dicho departamento el cambio directo a realizar.

Finalmente, se recomienda **priorizar las recomendaciones** formuladas en términos de su **efectividad** (eliminada causas raíz), y su **dificultad de implantación**.

Igualmente, se recomienda tener en cuenta- en aquellos accidentes de **nivel 3 y 4 en los que concurren fallos de diseño y necesidades de rediseño, los principios básicos de las técnicas de prevención a través del diseño** (Ptd).

Dichas técnicas, arranca de las **barreras que integran el modelo epidemiológico**, el estándar **ANSI/AIHA Occupational. Health and Safety Management Systems Z10-2005²**, determina un orden de seis prioridades a considerar a la hora de **diseñar un proceso, equipo o lugar de trabajo** que se traducen, en orden de mayor a menor prioridad, en lo recogido en la siguiente figura.

2.- Si bien los estándares ANSI no son de obligado cumplimiento como sucede con las normas OSHA en EEUU, autores como Demby (2006) confirman que dichas recomendaciones a menudo acaban por formar parte de una norma OSHA.

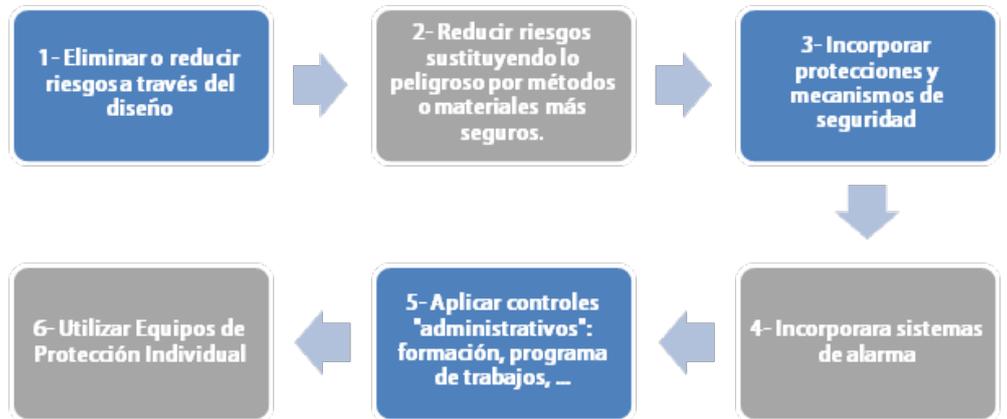


Fig. 5.- Jerarquía de Controles a considerar en las decisiones de diseño. Elaboración propia acorde con el estándar ANSI/AIHA (2005).

Esta **Jerarquía de Controles** constituye el principal criterio a considerar en la elección de las soluciones de diseño y, su aplicación, termina por determinar un orden de prelación en la determinación de las citadas barreras de manera que, en la **decisión de los métodos de trabajo a utilizar en las actividades críticas o de mayor complejidad**, se priorice la **eliminación de riesgos en base bien a la eliminación de la exposición, a la cancelación de la condición de peligro o a la sustitución de la fuente del mismo** (p.e. modificación el material empleado).

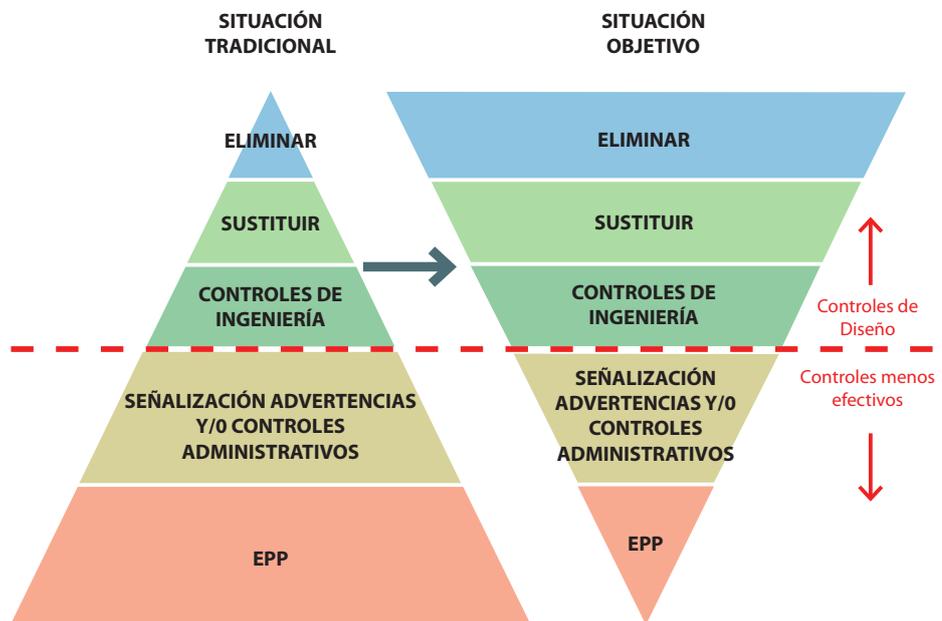


Fig. 6 - Inversión de la pirámide de jerarquía de controles a la hora de diseñar los métodos de trabajo.

Obviamente, los niveles más bajos de la pirámide, EPP, resultarán aceptables en aquellos trabajos con menores niveles de riesgo.

III-8

FASE 6: GESTIÓN DE MEJORAS

Las investigaciones favorecerán la **identificación de vías de mejoras y lecciones aprendidas que habrán de trasladarse al sistema de gestión** de la organización. Para ello, se recomienda contar con herramientas de gestión que faciliten tanto la **implementación de las mejoras propuestas como el control de tal implementación**. Por tanto, el **seguimiento de tales mejoras** resulta de especial interés para el global del proceso.

El hecho contrastado de que los accidentes, a menudo, no solo se **repiten** si no que demuestran que no se han **aprendido las lecciones y mejoras identificadas** en accidentes anteriores, obliga a contar con herramientas de gestión que permitan la revisión periódica del grado de implantación de las recomendaciones formuladas. Igualmente, se recomienda contar con **recopilaciones periódicas** de las mejoras implantadas derivadas de informes de investigación (propios y del sector). Todo ello, facilita la **mejora continua** del sistema de gestión de la organización.

Igualmente, se recomienda incluir en el informe final una **estimación del coste del siniestro** para lo cual puede ser de utilidad considerar el sistema de evaluación aportado en el epígrafe 1.3.d del presente estudio, así como, en su caso, incorporar un análisis coste/beneficio de las medidas que podrían haber contribuido a evitar el accidente analizado.

En cuanto al propio proceso de investigación, se recomienda medir periódicamente si el mismo se ajusta a las necesidades de la organización en términos como los recurso y tiempos empleados, el cumplimiento de lo programas, el ajuste de los niveles de investigación empleados, las validez e implantación de mejoras, los costes incurridos y evitados...

IV

TÉCNICAS ANALÍTICAS DE INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES



«En principio, la investigación necesita más cabezas que medios»

Severo Ochoa (1905-1993)

IV.1

RECOMENDACIONES GENERALES A CONSIDERAR EN RELACIÓN CON LAS TÉCNICAS A EMPLEAR

Ante la existencia de un gran número y variedad de técnicas de investigación de accidentes, es preciso comenzar por compendiar aquellas recomendaciones que, de una u otra manera, pueden ser de aplicación general.

Estas recomendaciones se refieren más al orden de actuación pues, como se verá más adelante, en cada método se manejan técnicas distintas. Así, y en base a las recomendaciones otorgadas por entidades especializadas en la materia (p.e. SINTEF, Foundation for Scientific and Industrial Research), **la investigación de accidentes debe considerar los siguientes hitos:**

- ▣ **Hito 1:** Identificación de la **secuencia de hechos** previa al accidente.
- ▣ **Hito 2:** Identificación de las **desviaciones y fallos** que influyen en la secuencia que condujo al accidente. Esto incluye las desviaciones de procedimientos, las desviaciones de ejecución y los fallos técnicos y humanos.
- ▣ **Hito 3:** Identificación de las **debilidades y defectos** con los sistemas de gestión que posibilitaron las desviaciones en el Hito anterior.
- ▣ **Hito 4:** Identificación de las debilidades y defectos relacionados con la gestión y organización de la **empresa/instalación/proyecto**.

Sin perjuicio de todo ello y a efectos del presente curso, los **principales técnicas y métodos de investigación de accidentes** se clasifican en:

- ▣ **Técnicas basadas en modelos secuenciales:** Que incluyen los **métodos clásicos** de investigación como son, de menor a mayor grado de avance: el Árbol de causas, Diagrama de Ishikawa, Método del dominó modificado o control de pérdidas... En estos casos, el accidente se representa como una sucesión de eventos ordenados, generalmente fallos en personas o equipos. El foco está centrado en el fallo de dichos agentes.
- ▣ **Técnicas basadas en modelos secuenciales:** Cuyo punto de referencia es el modelo del Queso Suizo y, por tanto, se centra el foco en los fallos latentes existentes en las barreras que la organización o sistema han ido construyendo.

En estas técnicas se incluyen técnicas elementales- con alcance concreto, como el Análisis de Barreras y el Análisis de Cambios y otras más completas- o fundamentales, como el ECFCA (Análisis gráfico de sucesos y factores causales), o el Análisis de Causas Raíz (RCA). Dado que estos métodos son los que se recomienda aplicar a los accidentes de trabajo más habituales- sector construcción, industrial y servicios, se profundizará en sus particularidades.

- ▣ **Técnicas basadas en modelos sistémicos:** Son métodos desarrollados para sistemas más complejos- p.e. accidentes en complejos industriales en servicio, industria química, aeroespacial y nuclear.

Tal y como se comentó en el apartado de los modelos causales, se trata de técnicas que configuran el accidente como una propiedad derivada de las interacciones complejas y no esperada de los diferentes factores y acciones del mismo. De esta forma, incluso acciones o desempeños normales (no extraordinarios) pueden interrelacionarse generando un accidente.

Si bien su aplicación se ha generado en sistemas complejos (aeroespacial, aviación o industria química), la tendencia futura pasa por la aplicación de sus fundamentos de manera simplificada a otros sectores.

Considerando su complejidad, se recogerán los principales atributos que caracterizan a los más utilizados: los métodos STEP, TRIPOD BETA y FRAM.

Adicionalmente, es preciso constatar como las principales técnicas analíticas se basan, a su vez, en los diferentes modelos causales analizados en el epígrafe 2 del presente estudio. Así, y sin perjuicio de las particularidades de cada técnica y de que las **fronteras entre modelos son variables**, constan las siguientes relaciones entre modelos causales y técnicas analíticas:

	<ul style="list-style-type: none"> • Arbol de causas • Diagrama de Ishikawa • SACAT o Dominó modificado 	MODELOS SECUENCIALES
MODELOS EPIDEMIOLÓGICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de barreras • Análisis de cambios RCA EFCA 	MORT
MODELOS SISTÉMICOS	MODELOS STEP, FRAM, Tripod Beta...	

Fig. 1.- Correlación técnica analíticas y modelo causal de referencia

IV.2

TÉCNICAS BASADAS EN LOS MODELOS SECUENCIALES

a) El Árbol de Causas

El método básico de análisis de accidentes laborales no es otro que el conocido **árbol de causas**. Este método persigue evidenciar las **relaciones entre los hechos** que han contribuido en la producción del accidente.

La pregunta clave es:

¿Qué tuvo que ocurrir para que este hecho se produjera?

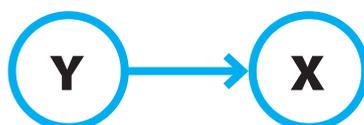
Se persigue pues, reconstruir las circunstancias que había en el momento inmediatamente anterior al accidente y que permitieron o posibilitaron la materialización del mismo.

Ello exige **recabar todos los datos** sobre tipo de accidente, tiempo, lugar, condiciones del agente material, condiciones materiales del puesto de trabajo, formación y experiencia del accidentado, métodos de trabajo, organización de la empresa... y todos aquellos datos complementarios que se juzguen de interés para describir cómo se desencadenó el accidente.

La construcción del árbol **se efectúa** partiendo del suceso último: **daño o lesión**. A partir del suceso último se delimitan sus **antecedentes inmediatos** y se prosigue con la conformación del árbol remontando sistemáticamente de hecho en hecho, respondiendo a la pregunta **'¿qué tuvo que ocurrir para que este hecho se produjera?'**.

En la búsqueda de los antecedentes de cada uno de los hechos podemos encontrarnos con distintas situaciones:

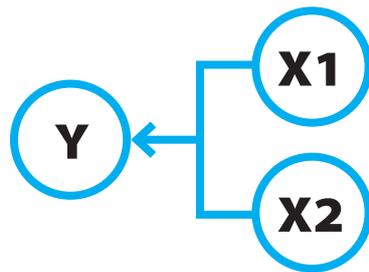
- 1) **El hecho (x) tiene un sólo antecedente (y)** y su relación es tal que el hecho (x) no se produciría si el hecho (y) no se hubiera previamente producido. Esta situación se denomina **ENCADENAMIENTO**.



- 2) **El hecho (x) tiene dos antecedentes.** para que el hecho (x) se produzca es necesario que además del hecho (y) se produzca el hecho (z). Esta situación se denomina **CONJUNCIÓN**.



- 3) **Varios hechos (x1), (x2) tienen un único hecho antecedente (y).** Ni el hecho (x1), ni el hecho (x2) se producirían si previamente no se produjera el hecho (y). Esta situación se denomina **DISYUNCIÓN**. Además, para que se produzca (X1) no es preciso que se produzca (X2) y a la inversa



- 4) **No existe ninguna relación entre el hecho (x) y el hecho (y).** (x) puede producirse sin que se produzca (y) y viceversa; son dos hechos independientes



Este método busca no quedarse sólo en las causas inmediatas que desencadenaron el último suceso, sino **identificar tanto los factores coadyuvantes como las causas raíz** que originaron las condiciones en las que sucedió el accidente.

El árbol finaliza cuando:

- ▣ Se identifican las **causas primarias** o causas que propiciando la génesis de los accidentes **no precisan de una situación anterior para ser explicadas** (generalmente al alcanzar el nivel del sistema de gestión).
- ▣ Debido a una toma de datos incompleta o incorrecta **se desconocen los antecedentes que propiciaron una determinada situación de hecho.**

Ejemplo de un árbol de causas para investigar un accidente industrial:

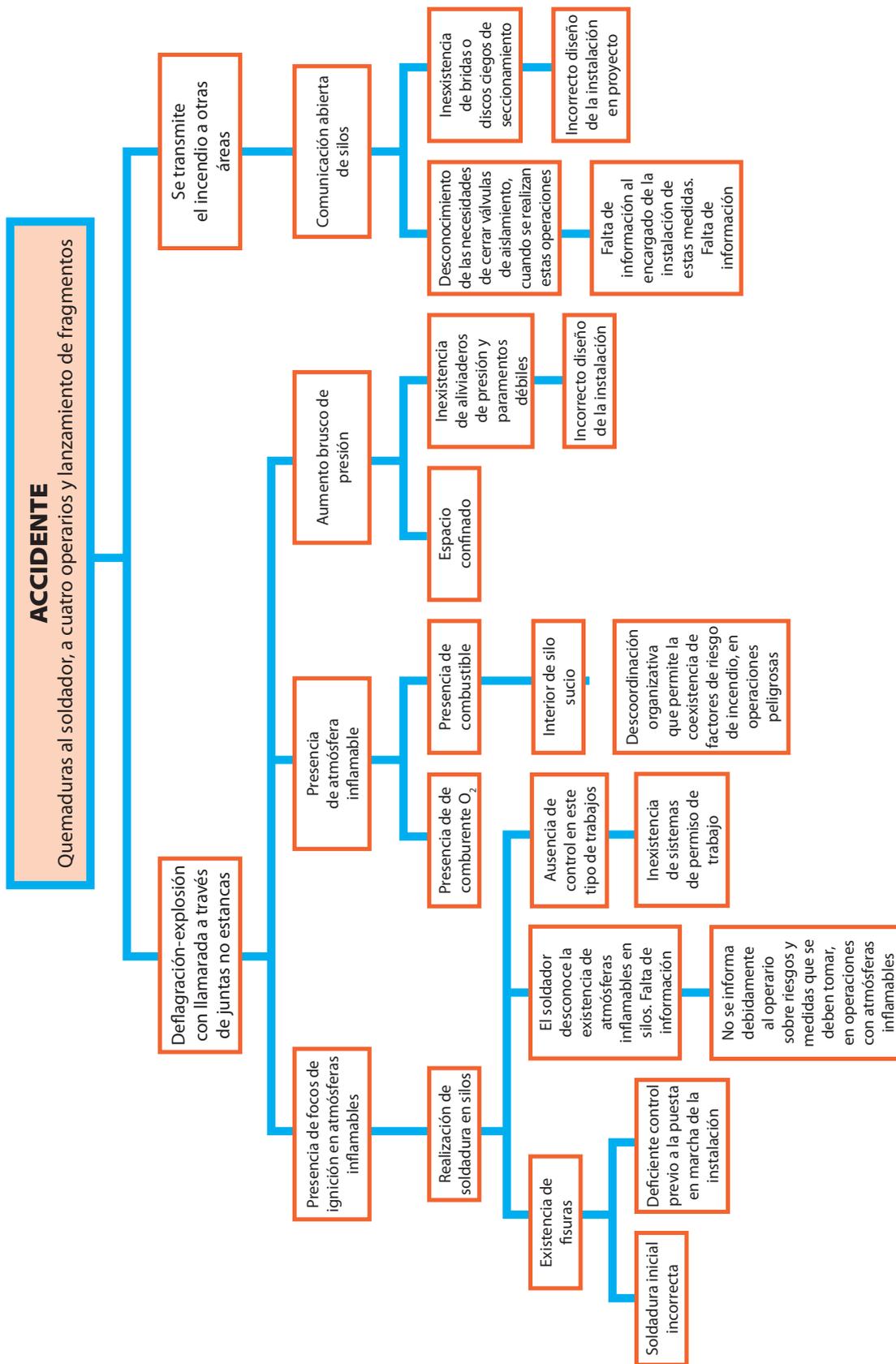


Figura. 2.- Ejemplo árbol de causas accidente en sector de la energía, INSHT 2012

Dada su simplicidad, el árbol de causas se puede utilizar como técnica inicial de investigación para obtener una primera secuencia de hechos en entornos con poca interacción (p.e. obras de construcción aisladas).

A continuación, se extrae un segundo ejemplo de accidente (accidente por atrapamiento en zanja) aplicando inicialmente el árbol de causas y complementándolo mediante el modelo de la jerarquía de influencias analizado específicamente para este sector en el apartado 2 de este manual.

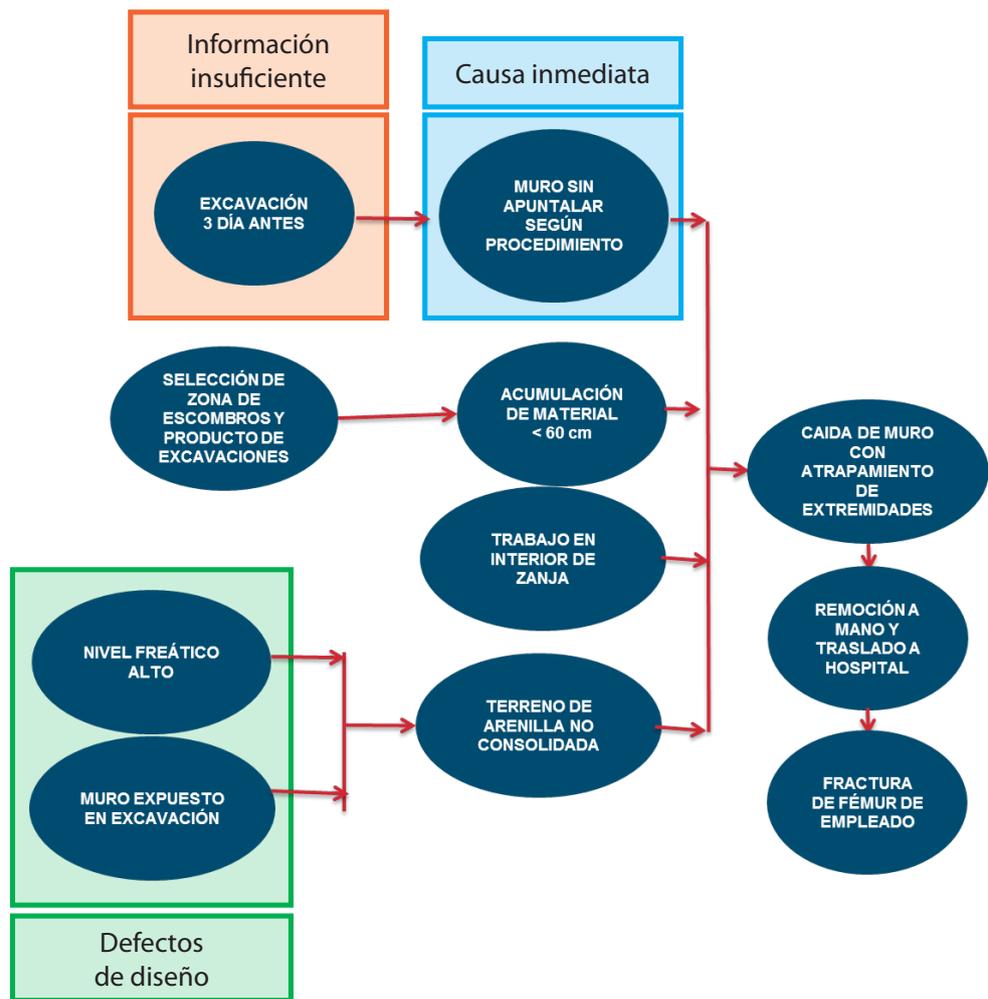


Fig. 3.- Ejemplo árbol de causas aplicado a accidente en construcción incluyendo jerarquía de influencias.

b) Técnicas fundamentales: el Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, conocido también como diagrama de espina de pez, es otra técnica fundamental binomial (causa-efecto) que permite una mejor organización y chequeo de los factores causales que, por ejemplo, pueden haberse identificado previamente empleando la técnica del árbol de causas.

Así, y aun no tratándose de un método secuencial, se representa gráficamente el conjunto de factores y subfactores causales (en la parte de las espinas) que contribuyen a generar un suceso/accidente (que aparece en la "cabeza" del diagrama).

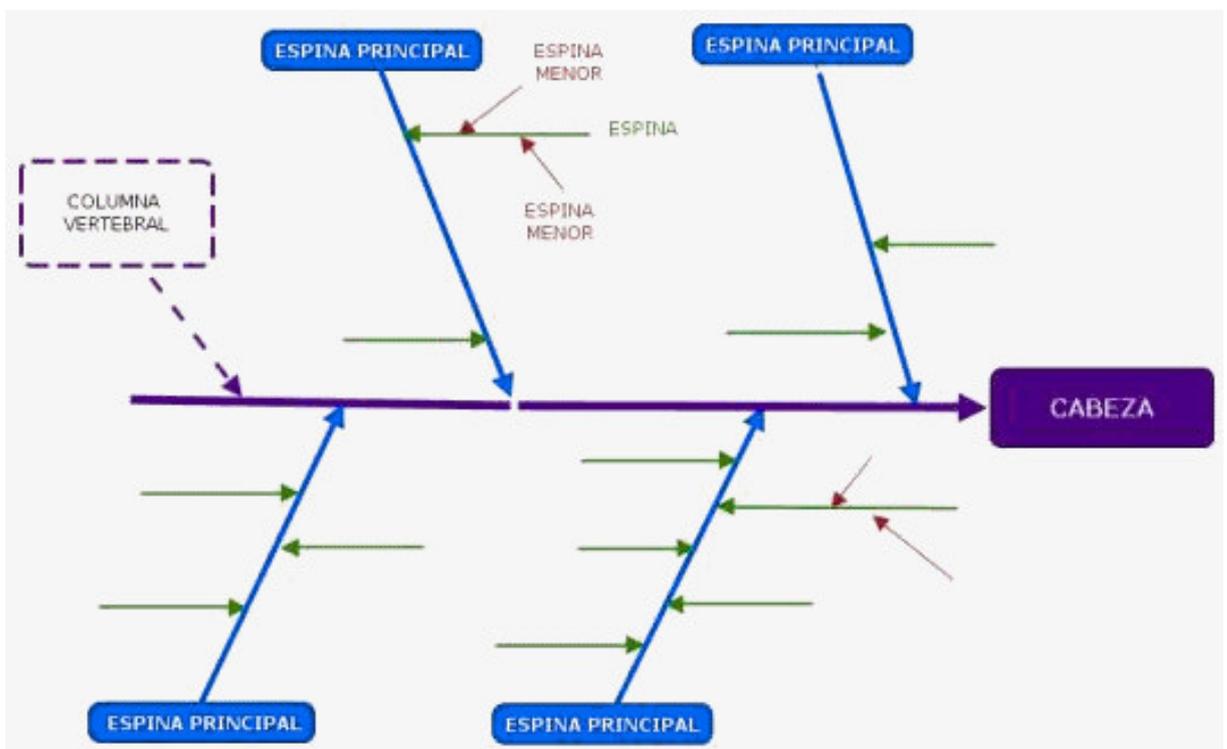


Fig. 4.- Esquema causal del diagrama de Ishikawa.

El diagrama ilustrativo de las relaciones causa- efecto de un accidente se elabora siguiendo la siguiente secuencia:

1. Se debe concretar el suceso "efecto" a investigar situándolo en la cabeza del esquema (final).
2. Seguidamente, se realiza la categorización de las espinas principales o categorías causales que suelen ser: materiales, equipos/máquina, métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente/condiciones ambientales; conocidas como las 5M's.

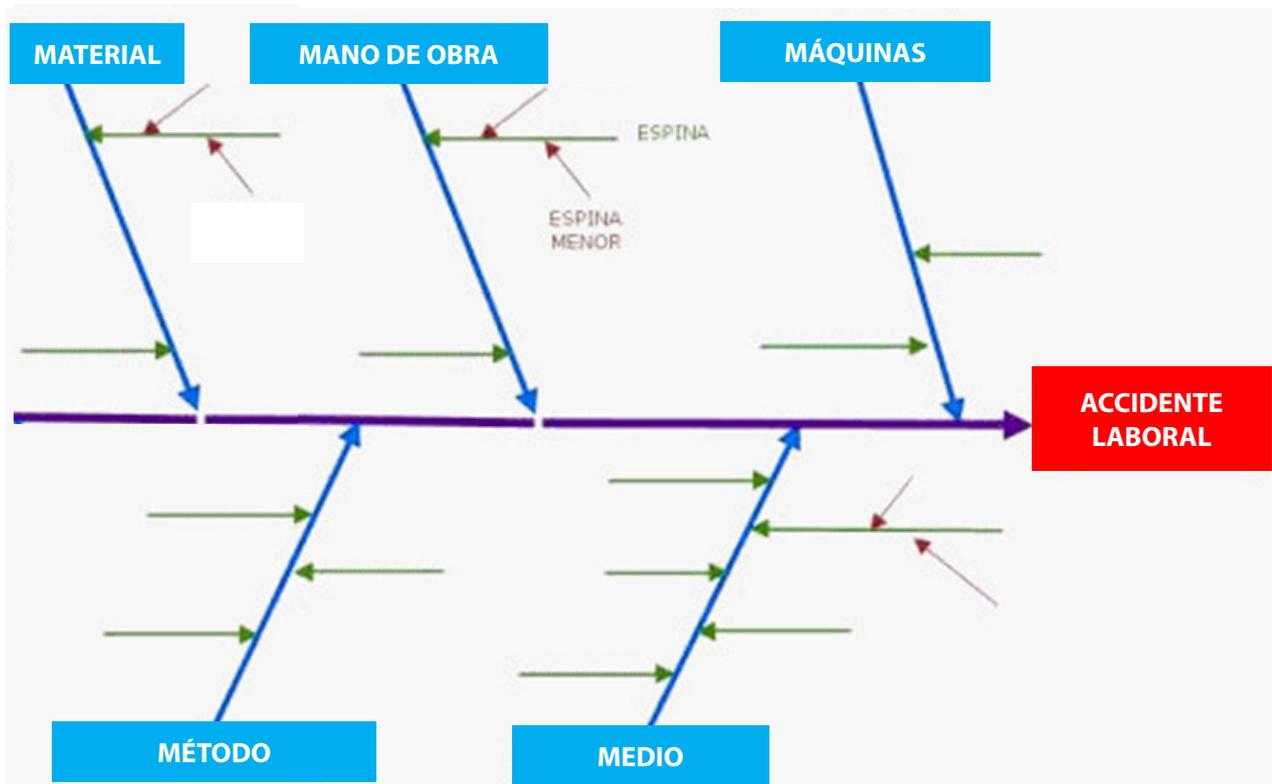


Fig. 5.- Esquema causal del diagrama de Ishikawa aplicado al accidente laboral.

3. Se debe identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las espinas, esto se puede realizar mediante un análisis causal de cada factor contribuyente de cada categoría.

Adicionalmente, se puede hacer una asignación de relevancia causal de cada factor y se puede establecer una **relevancia de las causas principales** para tratar unas antes que otras, además se puede añadir cualquier otra información que sea de utilidad.

Para aplicar esta técnica de manera eficaz se recomienda analizar previamente de manera global el suceso a investigar y tratar de identificar causas primarias que posibiliten una mejora continua.

c) Control de pérdidas, domino modificado y SCAT,

En la década de los años 70 y como ampliación de modelo secuencial de fichas de dominó de Heinrich, el ingeniero Frank E. Bird (origen también de la pirámide de relación entre tipos de accidente) desarrolla un método de control de pérdidas que, en el ámbito industrial, permite analizar miles de accidentes e incidentes

concluyendo con una técnica de análisis denominada de control de pérdidas o dominó modificado pues, como veremos, arranca de la teoría básica del dominó.

Dicha técnica, incluida en un modelo de gestión más amplio considera que la secuencia del accidente **incluye unas causas inmediatas y unas causas básicas**.

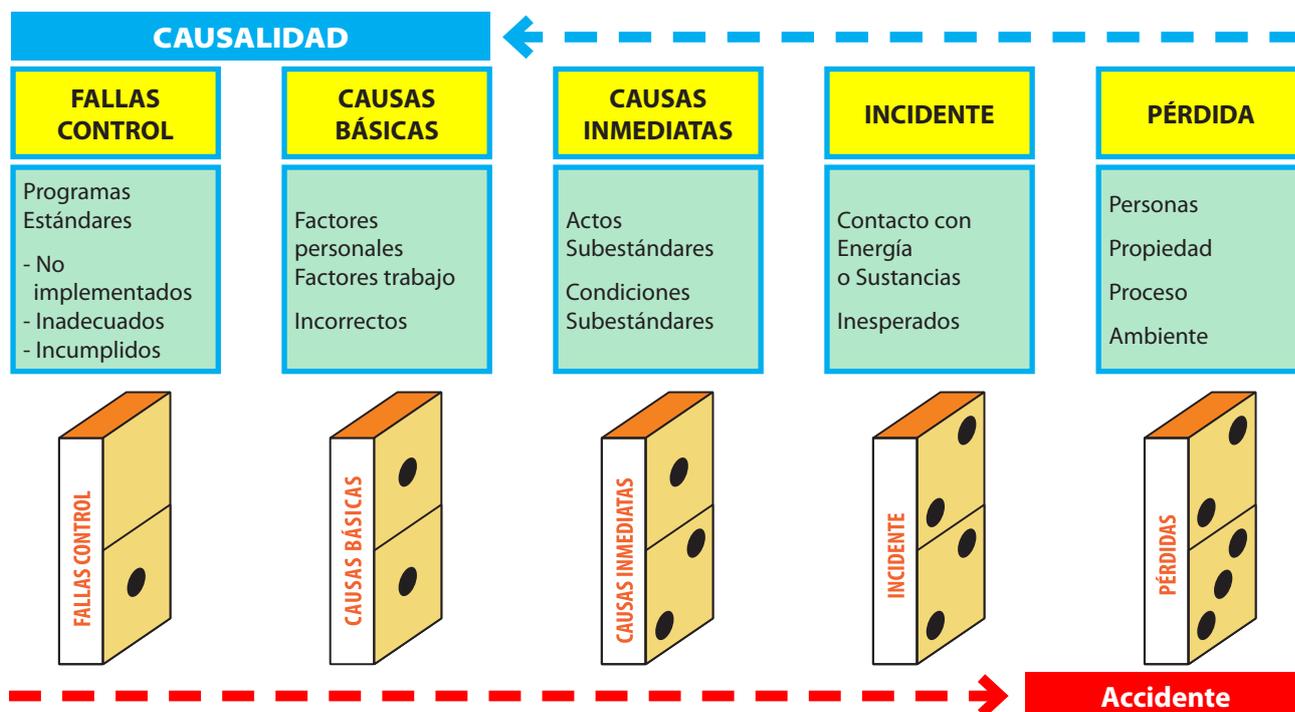


Fig. 6.- Técnica de análisis basada en control de pérdidas (Bird).

Así, el incidente/suceso que genera la pérdida deviene directamente de unas **causas inmediatas** que, a su vez, derivan de unas causas básicas. Estas **causas básicas**, están motivados **por fallos en el control y gestión de la empresa**. Esta teoría, origen de los sistemas de gestión iniciales, sitúan como detonante a los **actos subestándar** (inadecuados, pero no calificados como inseguros para evitar la focalización en los mismos) y a las condiciones sub-estándares que se producen al no controlar las causas básicas (ausencia de medidas de seguridad, mantenimiento inadecuado...).

La **Causa Básica** es la que deriva de la falta de control en la industria, y estas se pueden dividir en: **Factores personales** ligados al comportamiento humano (falta de conocimientos o capacitación, ahorrar tiempo...) y **factores del trabajo** relacionados con el lugar de trabajo y los procesos que en él se desarrollan (existencia de elementos de seguridad, estado de equipos, normas...). A su vez son los fallos **de gestión y control** (procedimientos inadecuados, inaplicación...) los que posibilitan las causas básicas.

Un ejemplo facilitado por la mutua SURATEP, que aplica el mandato previsto en Colombia de ir más allá de las causas inmediatas en la investigación oficial de accidentes (se debe explicar las causas reales que se manifiestan detrás de los síntomas), es el siguiente:

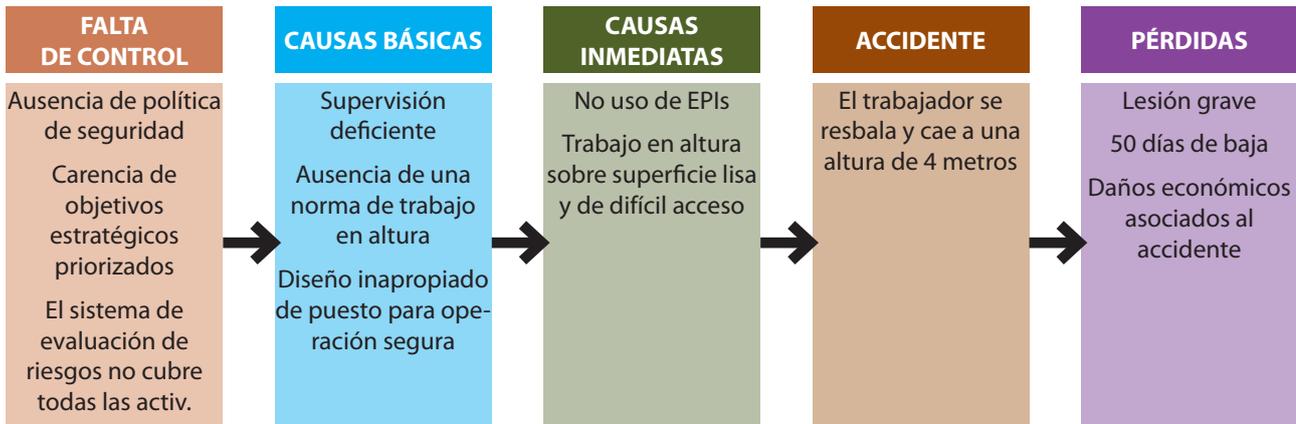


Fig. 7.- Ejemplo simplificado aplicación Técnica de análisis basada en control de pérdidas (Fuente: SU-RATEP).

La evolución de estas técnicas de análisis- cuyos registros y técnicas están protegidos por derechos de autor, ha originado métodos más desarrollados como el SCAT (y su evolución más reciente, el BSCAT que ya incluye las barreras dentro del desarrollo secuencial del accidente).

En cuanto al SCAT, ha sido desarrollado por el *International Loss Control Institute* (ILCI) y se centra el modelo causal de daños del propio ILCI. Se basa en la idea de que el resultado de un accidente es la pérdida, por ejemplo, daños a personas, propiedades, productos o el medio ambiente. El incidente (el contacto entre la fuente de energía y la «víctima») es el evento que precede a la pérdida.

Las causas inmediatas de un accidente son las circunstancias que preceden inmediatamente al contacto. Por lo general, se pueden ver, como son los actos inseguros o condiciones inseguras. Por último, las causas reales son el fundamento (enfermedad) de los síntomas detectados (causas inmediatas).

En este modelo, se identifican tres motivos de la falta de control:

- ▣ La falta o insuficiencia de programación
- ▣ La insuficiencia de procedimientos y estándares
- ▣ El incumplimiento de los mismos.

El SCAT se concreta en la aplicación de una tabla y lista de comprobación o de referencia para asegurar que una investigación ha incluido el análisis de todas las facetas de un incidente. Hay cinco bloques en un gráfico de SCAT. Cada bloque corresponde a un bloque de la pérdida en el modelo de causalidad. Por lo tanto, el primer bloque refleja una descripción del incidente.

El segundo bloque enumera los contactos que podrían haber llevado al incidente bajo investigación. En el tercer bloque se enumeran las causas inmediatas, mientras que el cuarto bloque se enumeran las causas básicas comunes. Por último, el quinto bloque incluye actuaciones habitualmente utilizadas para el control de los factores identificados.

IV.3 TÉCNICAS BASADAS EN LOS MODELOS EPIDEMIOLÓGICOS

La evolución de los modelos secuenciales y sus correspondientes técnicas analíticas, nos conducen a métodos en los que se atiende al accidente como un suceso derivado de los fallos en las barreras con las que, a diferentes niveles, cuenta una organización o sistema. Dichos fallos latentes son aprovechados por fallos activos (personas o sistemas) para generar el accidente.

Dentro de este apartado de técnicas analizamos tanto las elementales (análisis de barreras y cambios), como las fundamentales (más completas, ECFC/A, RCA..).

a) Técnicas fundamentales: el ECFC/A o Análisis gráfico de sucesos y factores causales.

Una evolución del árbol de causas y ya dentro del modelo epidemiológico, es el denominado **ECFC/A** (*Events and causal factors charting analysis*). Se trata de una **representación gráfica de la cronología del accidente** en base a los sucesos, factores causales y condiciones que han contribuido al mismo.

Como mejoras respecto del árbol de causas, este método aporta más **información gráfica** a la vez que permite incluir aquellas condiciones o hechos que, aunque cuenten con sustento probatorio, no se hayan podido demostrar a lo largo del proceso de investigación.

De manera resumida, el **método representa los siguientes conceptos**- junto con el gráfico que los representa:

- ▣ **Sucesos:** Son acciones o hechos que deben incluir, en su caso, la correspondiente información: cuantificación y fechas. Tienen carácter activo y **cada Suceso ha de derivar de los sucesos o condiciones**
- ▣ **Condiciones:** Describen situaciones o circunstancias en vez de acciones (Carácter pasivo). Están asociadas al correspondiente hecho y deben incluir fecha y tiempo en los que concurren.
- ▣ **Sucesos y condiciones supuestas.** Que recogen aquellos hechos y condicio-

nes que, aun contando con indicios que los soporten, no pueden ser considerados como hechos o condiciones demostradas.

Así, las fases que integran esta técnica de análisis son:

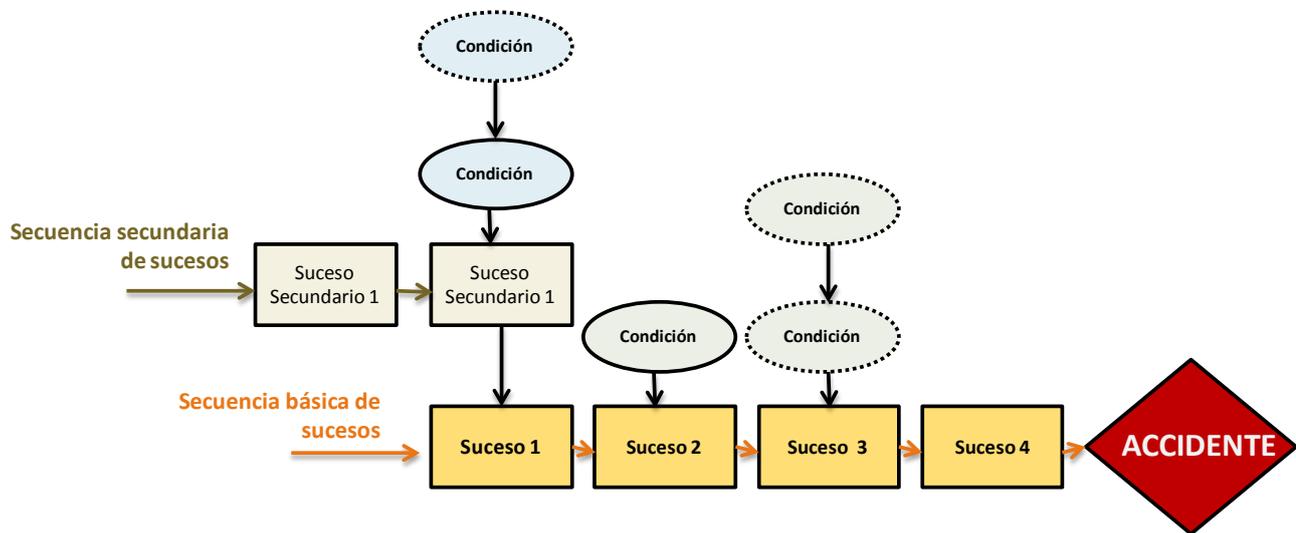
1.-Establecimiento de la **cadena de sucesos acaecida**. Para ello, se debe partir de la información obtenida durante el proceso de investigación. Dicho proceso deberá incluir la verificación de posibles alternativas e hipótesis como paso previo a su inclusión en el esquema de sucesos del accidente.

Durante este proceso, **se priorizará la búsqueda de hechos y no de culpas**.

2.- **Identificación de Factores causales:** causas inmediatas y factores/condiciones coadyuvantes. Se trata, en el primer caso de las condiciones físicas del escenario del accidente (condiciones pasivas que, en su caso, pueden ser cuantificadas o caracterizadas e incrementan el riesgo de accidente) y, en el segundo, de las condiciones pseudo permanentes que existieron en el mismo. En el caso de dichas condiciones se puede afirmar que éstas son necesarias, pero no suficientes para el accidente pues, en esencia, una sola de ellas no genera el accidente.

3.- Análisis de **condiciones de los sucesos**. Relacionando los sucesos con las condiciones en que acaecieron y utilizando las técnicas auxiliares de **análisis de barreras y de cambios**, se trata de caracterizar los sucesos acaecidos y poder incorporar al análisis el estudio del contexto del accidente.

Tras determinar la **cadena de sucesos**, se efectúa el análisis correspondiente de **factores causales obteniéndose un gráfico similar** al siguiente:



A este respecto, y para avanzar en la siguiente fase del análisis RCA, se recomienda limitar el ECFCA a aquellos sucesos significativos. Para ello, se debe **evaluar su relevancia** realizando la pregunta:

«si este hecho no hubiera ocurrido, hubiera acaecido el accidente?»

Si la respuesta es **SÍ**, entonces el **suceso no es relevante** y no es preciso caracterizar las condiciones que lo generaron. Si la respuesta es **NO**, entonces se debe realizar una nueva pregunta:

«El suceso en cuestión obedece a actividades habituales que tienen las consecuencias esperables o previstas?»”

Si la respuesta es Sí, entonces el suceso no es relevante. Por el contrario, si el hecho es una desviación de lo previsto o tiene consecuencias indeseadas, entonces el **suceso es relevante** y se deben caracterizar las condiciones que facilitaron su acaecimiento. A través de dicha caracterización —para la cual se realizarán preguntas como, por qué sucedió el hecho, ¿qué falló?, cómo se originó el hecho, quién debía controlar esa condición y demás, se identificarán los **factores causales relevantes**.

b) Técnicas elementales: el análisis de barreras

Como complemento a los métodos del ECFCA, se presenta el método de análisis de barreras que conjuga el estudio del accidente con el de las **medidas (barreras) que deberían haber prevenido su acaecimiento**.

En este **método**, una barrera es cualquier **medio utilizado para controlar, prevenir o impedir que el peligro se materialice en el accidente**.

A la hora de analizar las barreras, este método analiza las siguientes medidas:

- ▣ En primer lugar, las **medidas dispuestas** (individuales, colectivas, organizativas o procedimentales) en el lugar y momento del accidente y que resultaron activas.
- ▣ En segundo, las **posibles barreras disponibles pero que no fueron activadas**.
- ▣ En tercer lugar, las que aun cuando fueron previstas **que no estaban a disposición, pero sí se habían planificado**.
- ▣ Y, por último, otras barreras que, dispuestas o mejoradas, puedan **contribuir a evitar la repetición del accidente**.



Fig. 8- Tipos de barreras a analizar

A la hora de analizar las barreras, se recomienda estudiar la **trayectoria seguida por el peligro** en su camino hacia el accidente y es importante que la investigación incluya aquellas **barreras que no resultan obvias** (inmateriales).

Así mismo, se debe diferenciar entre **barreras preventivas** (eliminan el riesgo) de las de **protección** (disminuyen el daño) y que se analicen tanto las **características físicas y técnicas de barreras materiales e inmateriales como los posibles obstáculos** que hayan dificultado la activación de las mismas o los fallos que han conducido a su ineficacia.

Es importante consignar que, en la práctica totalidad de los accidentes hay **barreras/defensas que resultan decisivas bien por su mal funcionamiento, bien por su inexistencia.**

A menudo para analizar las barreras en este método se usan **tres niveles de análisis:**

- ▣ **El nivel I o de la actividad en desarrollo:** A este nivel, se debe recabar información sobre el procedimiento y programación previstos, la organización de las tareas (contratas, subcontratas, supervisión...), los niveles de formación de los participantes, los análisis de riesgos y medidas realizados, el plan de medidas de aplicación o los permisos de trabajo.
- ▣ En el **nivel II o de la instalación u obra** se trata de un análisis a nivel más amplio incluyendo factores como el sistema de gestión implantado, el grado de integración del mismo en la actividad, el diseño...
- ▣ Por último, en el **nivel III corporativo** se analizan factores macro como son la asignación de recursos a prevención, la dotación de técnicos y la política general de la empresa.

Generalmente, este método que es complementario a los métodos secuenciales, se representa mediante una tabla que se elabora siguiendo los siguientes pasos:

- ▣ **Primer paso:** Identificación del **peligro/s y el afectado/s** que aparecerán en la primera línea de la tabla.
- ▣ **Segundo paso:** Identificación en la **primera columna de las barreras** siguiendo los criterios ya analizados.
- ▣ **Tercer paso: Descripción del funcionamiento de la barrera**, tercera columna en la que se concreta la finalidad de cada barrera, si estaba dispuesta y funcionó y cómo, por qué no funcionó....
- ▣ **Cuarto paso: Razones del fallo de la barrera.** Representando en la cuarta columna los posibles motivos de la ineficacia de cada barrera.
- ▣ **Quinto paso: Consecuencias del fallo de la barrera.**

Un ejemplo de tabla de análisis de barreras (extracto de la parte de barreras disponibles, pero no implantadas) es el siguiente:

Peligro: Cable de 13 KV		Afectado: Trabajador mantenimiento	
Id. Barreras	Cómo actuaron?	Por qué Falló?	Afección al accidente
Barreras disponibles no efectivas			
1.- Planos de la instalación	No estaban completos pues no identificaban la posición exacta del cable	Se contaba únicamente con un croquis inicial y no con el plano final de la instlc.	Existencia de un cable desconocido
Barreras no disponibles			
2.- Permiso de excavación en la zona	No se cuenta con un sistema de permisos de excavación	Los operarios no fueron informados de la presencia del cable	Se perdió la posibilidad de informar a los operarios

Fig. 9- Ejemplo de tabla de barreras: ejemplo de contacto eléctrico con un cable de alta tensión.

c) Técnicas fundamentales: el análisis de cambios

La técnica de análisis de cambios se centra en el fundamento de que los cambios en los sistemas generan **desviaciones en los mismos**.

Si bien estos cambios pueden ser programados y perseguir la mejora del sistema, también pueden ser imprevistos y tener efectos indeseados. A menudo, dichos cambios se traducen en errores o accidentes.

Sobre esta base, esta técnica se basa en comparar dos escenarios: el del **acciden-**

te y otro ideal en el que no acaezca el accidente. De esta manera, el método debe discriminar no solo las diferencias que llevaron al accidente si no también los **efectos que dichos cambios** (en procedimientos, actuaciones, condiciones) tuvieron. Por lo tanto, el método del análisis de cambios se centra en diagnosticar la diferencia entre ambos escenarios y el efecto de los cambios sufridos respecto del escenario libre de accidente.

A menudo, el análisis de las citadas diferencias y el efecto en el accidente son incorporados a **modelos ECFCA**.

Para implementar estos métodos, se recomienda analizar en profundidad cada condición diferencial discriminando en función de preguntas específicas (*What, When, Where, Who, How*) y utilizando tablas de ayuda como la siguiente que analizan tanto el cambio como el efecto del mismo:

Factores	Condiciones Reales (accidente)	Situación IDEAL, sin accidente	Diferencia	Evaluación Efecto CAMBIOS
What Condiciones Hechos Actividades Equipamiento				
When Ocurrió Identificación Estado Instalación Programa				
Where C. Físicas Lugar Entorno Condiciones				
Who Personal Formación Cualificación Supervisión				
How Secuencia act. Análisis de riesgos Seguimiento				
Otros				

Para rellenar la tabla se sigue la siguiente secuencia:

- ▣ En primer lugar, se describe cada **hecho o condición** de interés en la segunda columna tal y como sucedió en el momento del accidente.
- ▣ Seguidamente se describe, en la tercera columna, **cómo debiera haberse desarrollado el hecho o condición en el escenario libre de accidente**.
- ▣ En tercer lugar, se destacan las **diferencias/cambios** entre ambos escenarios.
- ▣ Por último, se evalúa el **efecto de la condición analizada**.

Dicho análisis se debe efectuar tanto a nivel de escenario del accidente como en relación con los aspectos de organización y gestión.

En general las diferencias o cambios, cuando resultan relevantes, suelen ser utilizadas como factores causales en los modelos ECFCA o RCA.

Una de las debilidades de este método radica en que no logra considerar el **efecto multiplicador de cambios incrementales** (p.e. cuando el cambio radica en decisiones tomadas con mucha anterioridad y que han generado diversos efectos o condiciones), para compensar tal limitación se recomienda utilizar más de un escenario de comparación.

d) Técnicas fundamentales: el Análisis de Causas Raíz, RCA

(Root Cause Analysis)

El método fundamental por excelencia, y a menudo utilizado como conjunción de los anteriores métodos individuales, es el denominado **Análisis de Causas Raíz o RCA**. En el caso del RCA, el método persigue identificar aquellos **factores causales** que, si son corregidos, **evitarán la repetición de accidente similares o iguales**.

Las causas raíz podrán bien englobar, bien derivar de varios **factores causales relevantes**. La corrección de causas raíz no sólo prevendrá dicha repetición sino que, al estar encaminadas a mejorar el sistema de gestión podrán, además, **contribuir a evitar accidentes de otra naturaleza**.

Para ello, el método RCA- a diferencia del resto de métodos fundamentales que se orientan al cómo, el qué, el cuándo o el quién, se centra en resolver el **porqué del accidente**. Es por ello, que generalmente el **RCA se centra en el sistema de gestión de la empresa**.

Con carácter general, las **causas raíz** pueden incluir aspectos tales como:

- ▣ Deficiencias en la **organización de funciones técnicas y preventivas**.
- ▣ Deficiencias en los **procedimientos de gestión**, p.e. comprobación de la competencia, comprobación de que la evaluación de riesgos se adecúa a los trabajos a ejecutar.
- ▣ Deficiencias en la gestión de la **programación y comprobación de trabajos...**

Lógicamente, puede haber **más de una causa raíz por accidente pero, generalmente, no más de tres o cuatro**. Si al final del análisis aparecen múltiples causas raíz, se recomienda repetir en análisis analizando qué **factores causales pueden ser agrupados para conformar una causa raíz**.

Para **iniciar el RCA** se debe:

- 1.- Partir del **conocimiento previo de los hechos y sucesos** que rodean el accidente. Así mismo, se deben haber analizado los hechos mediante otros **métodos de investigación y contar con una lista inicial de factores causales**.

Para ello, se parte del análisis ECFC.

- 2.- Partiendo de los factores causales iniciales, **es preciso validar su significancia y normalidad**. Para ello, se deben realizar la siguientes preguntas:

«Si este factor se hubiera evitado, se hubiera roto la cadena fáctica del accidente?»

«Este factor es habitual y ha generado el resultado esperado»

Si la **primera respuesta es SÍ y la segunda NO**, el factor causal es relevante y debe pasar a formar parte del ECFCA que servirá para definir el RCA. El resto, se deben de eliminar para elaborar el ECFC.

Tal y como se ha comentado, se recomienda efectuar tal análisis en los **diferentes niveles jerárquicos**: causas directas o condiciones del accidente, acciones del trabajador, supervisión, gestión directa, gestión procedimientos y organización y gestión empresarial.

En general, no todas las cadenas de sucesos generarán factores causales ni causas raíz. En todo caso, es recomendable contar con el conjunto global de sucesos para entender las circunstancias que generaron el accidente.

- 3.- Finalmente, se **agrupan factores causales que dependen de una única causa raíz**:

NIVEL	FACTORES CAUSALES	CAUSAS RAÍZ
Nivel 5: Gestión y Política		CAUSA/RAÍZ 1
Nivel 4: Gestión y procedimientos		CAUSA/RAÍZ 2
Nivel 3: Gestión proyecto y obra		
Nivel 2: Supervisión		
Nivel 1: Acciones y trabajadores		
Nivel 0: Escenario causal		

Fig. 10.- Agrupación de Causas Raíz (modelo de niveles)

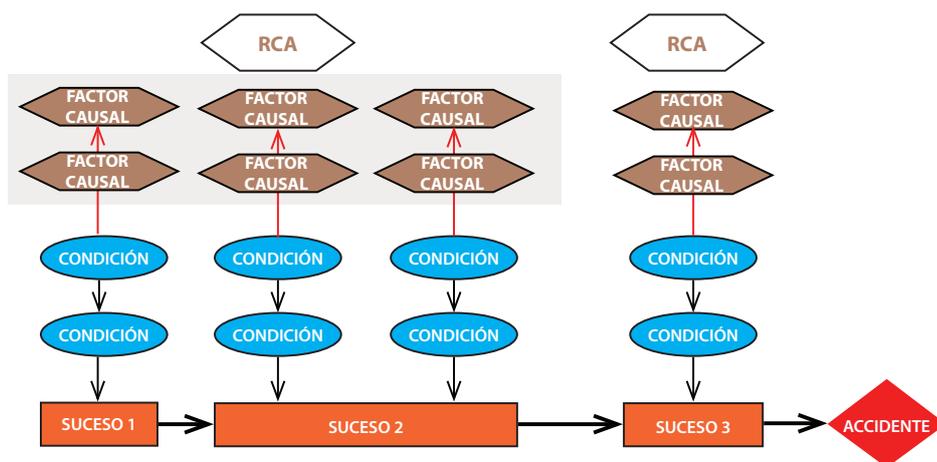


Fig. 11.- Ejemplo de esquema de RCA: secuencia de sucesos, determinación de condiciones y factores causales e identificación de Causas Raíz a partir de análisis ECFCA.

Dichas causas raíz deben ser consideradas como las fuentes de mejora del sistema a nivel estratégico por lo que difícilmente serán más de 3 o 4 por accidente. De este modo, se estará atacando la fuente del problema (enfermedad) y no los síntomas del mismo. Mientras que en el estudio del ECFCA se responde a las preguntas de qué, cuándo, cómo, dónde, quién y cuándo, en el caso de la causa raíz, el análisis a efectuar gira en torno al **Por qué**.

De este modo, se entiende que una buena solución pasa por **comenzar el análisis del accidente desde métodos más sencillos y descriptivos** (Árbol de causas, análisis de barreras o cambios), **para seguir por métodos más elaborados** (ECFCA y complementado hacia RCA), que permitan identificar causas raíz sobre las que efectuar las recomendaciones de mejora.

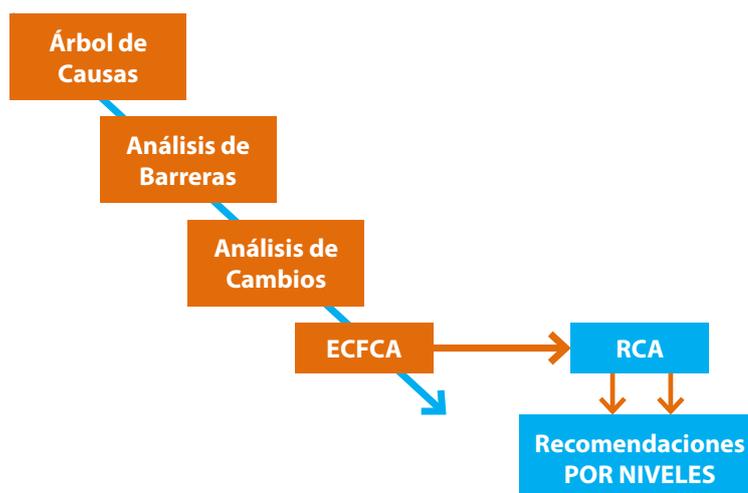


Fig.12. Secuencia de aplicación de técnicas analíticas de investigación

e) Técnicas Fundamentales Complejas: MORT

El método MORT (*Management oversight and risk tree*) es una **técnica analítica compleja** basada en una serie de diagramas y listas de chequeo. Originalmente fue desarrollado para la industria nuclear, si bien su utilización se ha ido generalizando en el sector industrial (p.e. *oil & gas*). Si bien parte del modelo epidemiológico de Reason- al focalizar el análisis en las barreras, incluye un tratamiento específico de las relaciones entre eventos y factores.

Método MORT consta de tres pasos:

- ▣ Paso 1: **Definir los sucesos a analizar.** Para ello se utilizan los modelos causales de flujo de energía y Análisis de Barreras ya descritos.
- ▣ Paso 2: **Caracterizar cada evento en términos de transferencias no deseadas de energía.** Para lo cual es preciso observar como los factores desencadenantes (energía) afectaron al objeto/persona. En este paso, el analista tiene como objetivo comprender la forma en que se produjo el daño, perjuicio o peligro. Se sigue pues un modelo causal de carácter epidemiológico.
- ▣ Paso 3: Evaluar la hipótesis de que las transferencias no deseadas de la energía fueron el resultado de la **gestión preventiva y organizativa de la actividad en la que se produjo el accidente.** Para ello, se debe analizar cómo se gestionó la actividad considerando aspectos como las decisiones de gestión y diseño sobre las personas, equipos, procesos y procedimientos que son relevantes para el accidente.

Para efectuar este análisis sistemático, el método facilita una serie de **diagramas MORT y una lista de aspectos a considerar** (numerados del 1 al 200). En esencia, esta técnica busca identificar los controles que deberían haberse activado para evitar un accidente o incidente a la vez que valora el comportamiento de los controles previstos. Para ello, se parte de una serie de árboles de riesgos (*risk trees*) que representan situaciones de conflicto. En esencia, las pérdidas (consecuencias del accidente) se generan bien por omisiones, despistes o riesgos asumidos y/o la combinación de dichos factores. El diagrama básico de análisis de fallos simplificado es el siguiente³:

3.- En 2009 se editó un diagrama MORT actualizado, más amplio, disponible en <http://www.nri.eu.com/NRI2.pdf>.

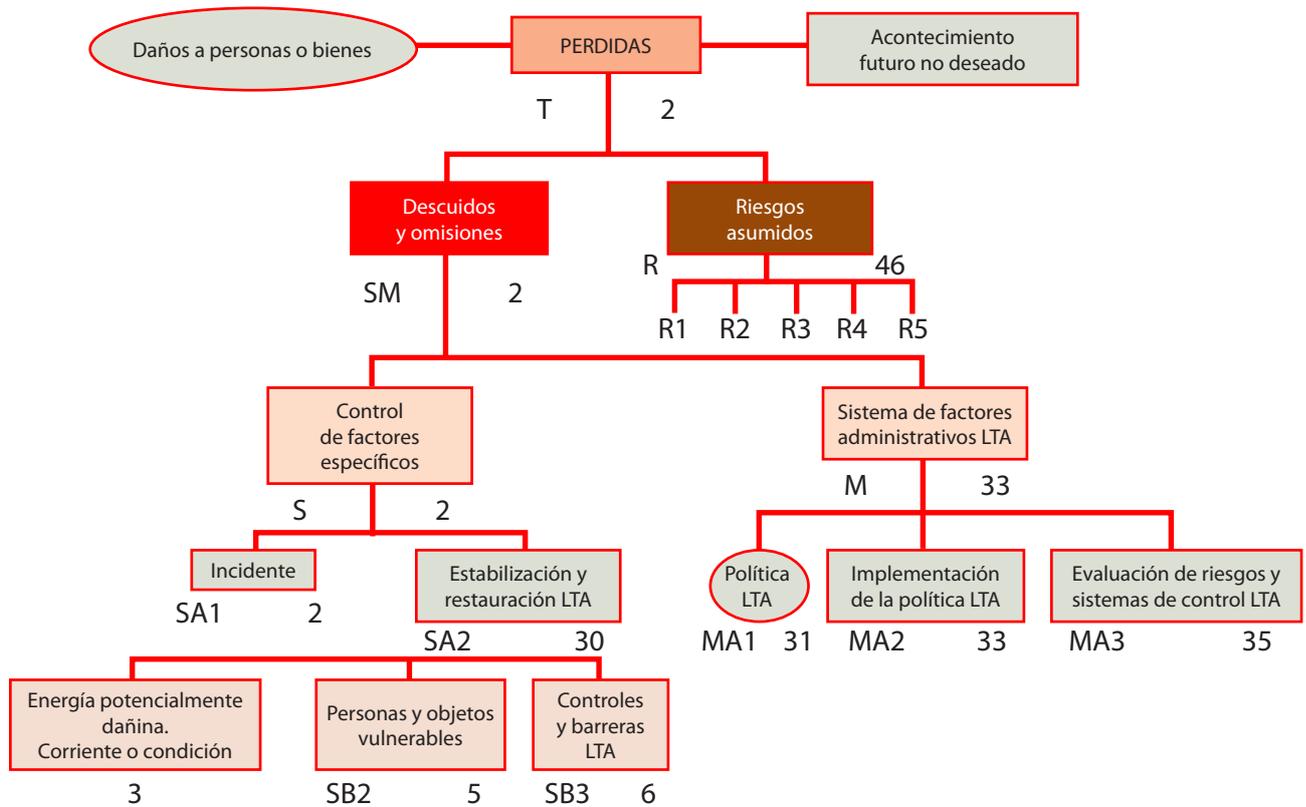


Fig. 13.- Diagrama de partida método MORT, Nordwijk Risk Initiative Foundation.

En este método, los gráficos están codificados de manera que los triángulos establecen las transferencias entre eventos y factores, cada rama se codifica por niveles (ver codificación más adelante), los eventos con R indican un riesgo asumido y los números se refieren a la página del índice del manual MORT en el que se trata dicho aspecto.

En este tipo de técnica, los descuidos **ocurren debido a que los controles físicos y de gestión son insuficientes** (LTA o *Less than adequate*). Adicionalmente, se valora la relación entre los controles y el incidente/accidente tanto en su generación (origen), como en su desarrollo (consecuencias). A la hora de ir generando el diagrama de cada accidente, se sigue la **siguiente secuencia de niveles iniciales**:

SA1: Descripción del incidente utilizando el análisis de barreras

SA2: Proceso de estabilización del sistema tras el incidente (influencia en consecuencias)

SB1: Condiciones ambientales o flujos de energía potencialmente peligrosos.

SB2: Personas, instalaciones u objetos expuestos

SB3: Barreras y controles, p.e. sistemas de información, control de operaciones, mantenimiento...

MA1: Procedimientos y política de gestión

MA2: Implementación de los procedimientos

MA3: Evaluación de riesgos y sistema de control

De esta forma, la investigación, que es compleja y exige formación específica, tiempo y sistemas maduros, se efectúa identificando si las causas identificadas en el manual MORT concurren en el incidente analizado cada apartado y valorando el comportamiento del sistema en dichos aspectos (identificando como LTA aquellos factores en los que los controles no han funcionado). De esta forma, se multiplica la información que se obtiene de cada análisis si bien, es cierto, que se trata de procesos de investigación muy extensos.

IV.4 TÉCNICAS BASADAS EN LOS MODELOS SISTÉMICOS Y TENDENCIAS MÁS RECIENTES

Además de los métodos y técnicas fundamentales analizadas, la bibliografía científica obrante en esta materia incluye una serie de métodos sistémicos indicados, principalmente, para **sistemas complejos** en los que las interacciones entre las variables que lo integran son las que, a la postre, generan el fallo de fiabilidad del sistema.

a.- Técnicas Sistémicas: TRIPOD BETA

La técnica TRIPOD BETA, desarrollado y aplicado principalmente en entornos offshore y que cuenta con su aplicación informática específica, parte del análisis entre las **diferentes variables del sistema incluye tanto el estudio de tales relaciones** como el del funcionamiento de las **barreras disponibles o no dispuestas**.

A la hora de establecer el diagrama TRIPOD BETA, se identifican las siguientes categorías:

- ▣ Los "*objetos*": que incluye a personas y equipos
- ▣ Los "*cambios*": variación de un objeto o sistema
- ▣ Los "*agentes*": factores que pueden motivar un cambio en un objeto
- ▣ Las "*barreras*": que bien han actuado (eficaces), bien han fallado posibilitando los cambios en los objetos (fallidas) o bien han resultado inadecuadas.

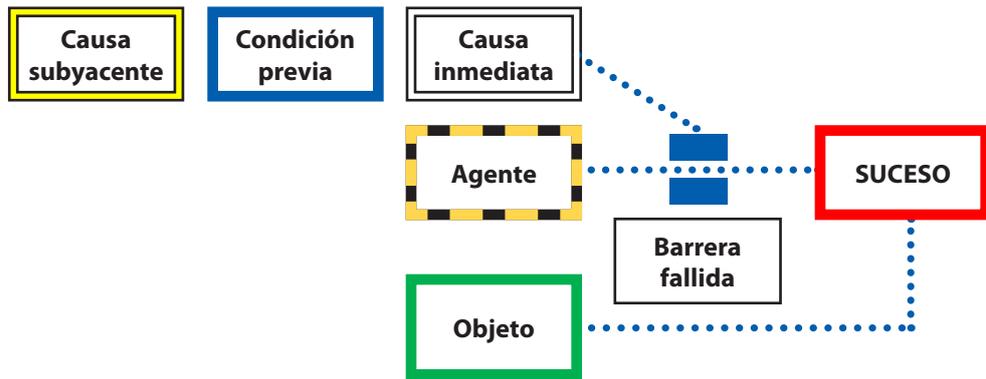


Fig. 14.- Relación causal de un suceso debido a la concurrencia de un agente, objeto y factores causales (Causas inmediatas, condiciones previas y causas subyacentes o latentes). REMAQUETAR

Esta técnica identifica una serie de **causas subyacentes o latentes que denominan factores de riesgo básicos** (FRB) que incluyen los siguientes conceptos:

- ▣ El diseño;
- ▣ La instalación/entorno
- ▣ La gestión del mantenimiento;
- ▣ Las condiciones que inducen a error
- ▣ La limpieza
- ▣ La existencia de objetivos no compatibles
- ▣ Los procedimientos;
- ▣ La comunicación;
- ▣ La formación y
- ▣ La organización.

El diagrama TRIPOD BETA establece la relación entre **los factores identificados anteriormente** (objetos, cambios y barreras) incluyendo en cada relación causal las barreras disponibles o no disponibles que podrían haber evitado el cambio en cuestión representando éstas abiertas en caso de que no hayan funcionad.

Así, por ejemplo, tras investigar un **accidente operacional y/o preventivo** se puede llegar a un diagrama como el que sigue:

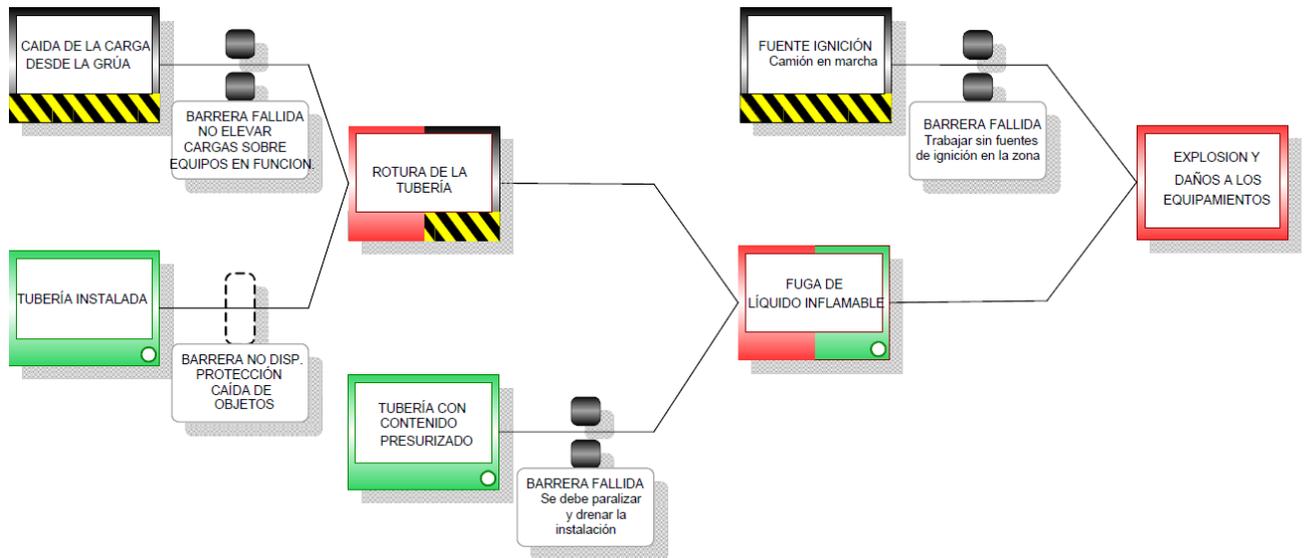


Fig. 15.- Diagrama TRIPOD BETA, ejemplo incluido Pranger (2009)

En el ejemplo, el suceso bajo investigación es el evento grafado al final (a la derecha). De manera que:

- ▣ El cuadro rojo se describe el evento en términos de su resultado (p.e. explosión y daños a la instalación).
- ▣ El cuadro con el borde rojo y amarillo / negro es una combinación de un objeto sometido a un cambio como resultado de otra serie de agentes y objetos: rotura de la tubería
- ▣ Las barreras abiertas- o fallidas, son las que hubieran impedido que el suceso analizado hubiera acontecido (barreras abiertas)
- ▣ Las barreras no disponibles son las medidas ausentes: p.e. no existía protección anti caídas de objeto en la tubería.
- ▣ En verde aparecen las condiciones previas (que motivaron un fallo o causa inmediata), p.e. condiciones de la tubería.

Por último, señalar que el TRIPOD BETA es una **herramienta basada en un software específico, intensiva en recursos y requiere de formación específica.**

b- Últimas tendencias en técnicas sistémicas: STEP y FRAM,

1. STEP, *Sequential timed events plotting*.

En cuanto a la técnica **STEP**, ésta se basa un proceso sistemático para la investigación de accidentes basado en **secuencias de eventos multi- lineales y una visión global del proceso del accidente**.

De este modo, la técnica se fundamenta en los siguientes conceptos:

- ▣ Ni el accidente **ni su investigación son una única cadena lineal de eventos**. Por el contrario, varias actividades se desarrollan al mismo tiempo.
- ▣ El accidente se describe en una hoja de hoja de cálculo que concreta los **eventos y actores**.
- ▣ Los eventos **fluyen lógicamente durante un proceso**. Las flechas del STEP establecen el orden de sucesos.
- ▣ Los procesos tanto productivos como de accidentes son similares y pueden ser entendidos utilizando procedimientos de investigación similares.

De esta manera, se ilustra la cadena de sucesos y su relación causal detectándose los **problemas de seguridad en la parte superior del diagrama**.

En el siguiente ejemplo, en una empresa de servicios, se ilustra la representación gráfica de un **accidente de tráfico laboral de un repartidor durante su jornada de trabajo** identificando tanto el desarrollo temporal y relaciones entre agentes como los problemas preventivos y/o barreras no aplicadas.

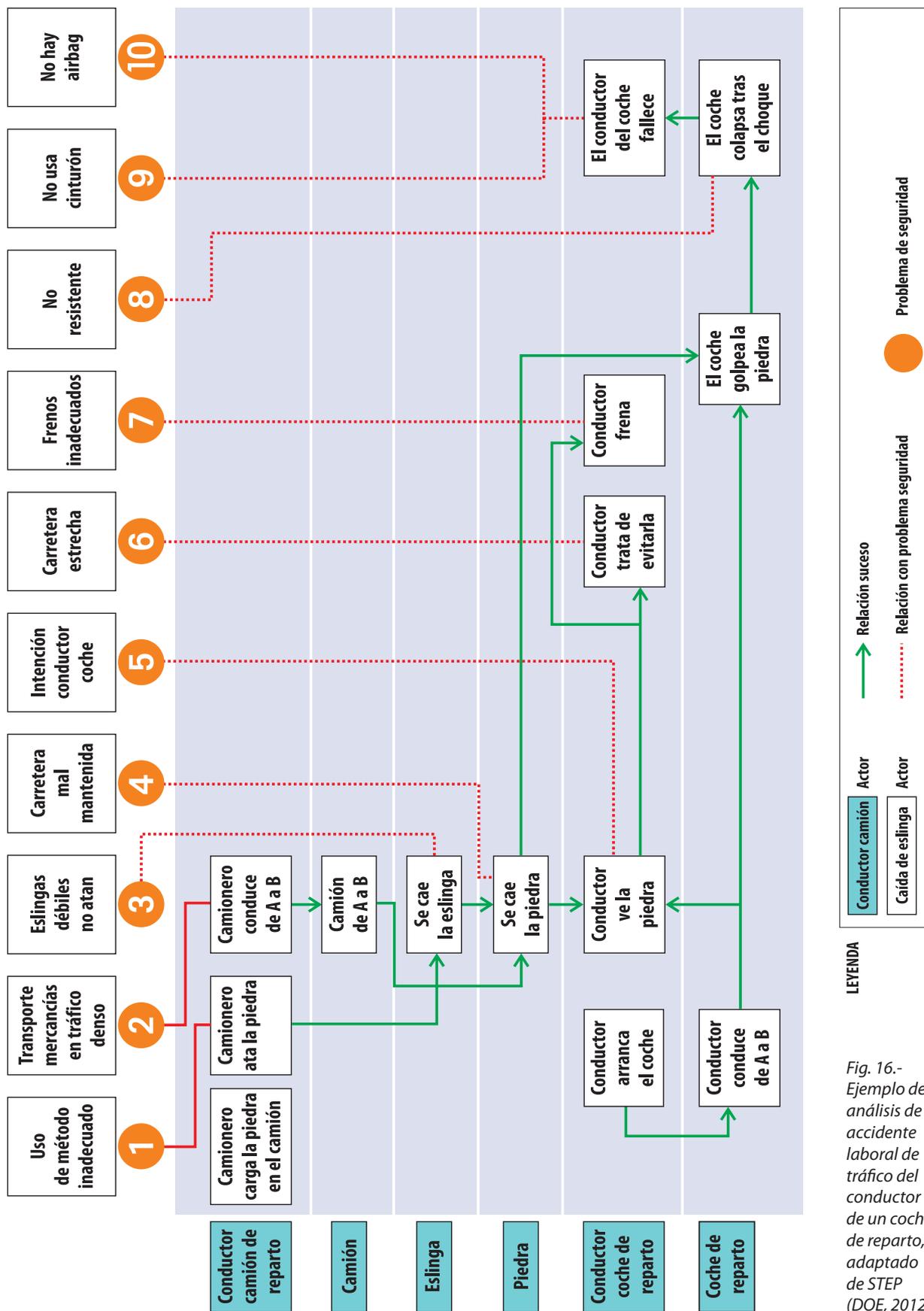


Fig. 16.- Ejemplo de análisis de accidente laboral de tráfico del conductor de un coche de reparto, adaptado de STEP (DOE, 2012)

2. FRAM (Functional Resonance Analysis Method)

El Método de Análisis funcional de resonancia o FRAM, se basa en las teorías desarrolladas por Hollnagel en 2004 y 2012 y proporciona una forma de describir los resultados **utilizando el concepto de la resonancia motivada por la variabilidad del rendimiento diario del sistema.**

Si bien se trata de un método sistémico que participa de sistemas complejos, desde 2014 el FRAM se ha utilizado en ámbitos tan variados como la aviación, la gestión del tráfico aéreo, transporte marítimo, las plantas de energía nuclear, ferrocarriles, servicios de salud, el cambio organizativo o procesos constructivos complejos.

Se basa en modelizar el suceso del accidente como una interacción compleja- a modo de resonancia, entre variables normales:

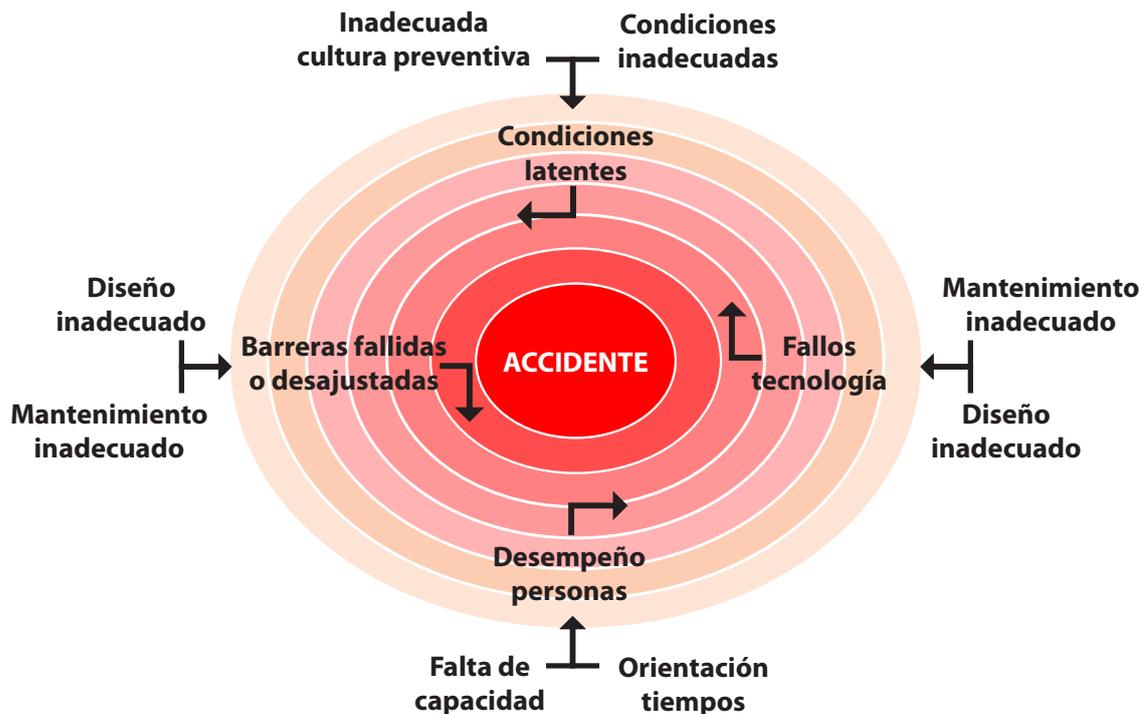


Fig. 17. Modelo seguido en el método FRAM, relación de resonancia entre factores (Safety Institute of Australia, 2012)

Para llegar a una descripción de la variabilidad funcional y de resonancia, y para identificar las **posibles recomendaciones para amortiguar la variabilidad no deseada**, la técnica FRAM consta de **cinco fases**:

- ▣ **Fase 1: Identificación y descripción de las funciones esenciales del sistema** y caracterización de cada función utilizando las seis características básicas (aspectos). Esta descripción puede ser ajustada posteriormente.
- ▣ **Fase 2: Verificar la integridad / consistencia del modelo.**

- ▣ **Fase 3: Caracterizar la variabilidad potencial de las funciones en el modelo FRAM**, así como una la posible variabilidad real de las funciones en una o más partes del modelo.
- ▣ **Fase 4: Definir la resonancia funcional del sistema basada en dependencias / acoplamientos** entre las funciones y el potencial de variabilidad funcional.
- ▣ **Fase 5: Identificar formas de supervisar el desarrollo de la resonancia**, ya sea para amortiguar la variabilidad que pueden conducir a resultados no deseados o para amplificar la variabilidad que pueden conducir a resultados deseados.

De cara a modelizar el sistema, la técnica FRAM modeliza por funciones/actividades que se relacionan entre sí por seis diferentes parámetros de la función, la salida de la función (*Output*), la entrada de la misma (*Input*), los recursos necesarios para el funcionamiento de la función (*Resource*) y las condiciones previas (*Preconditions*).

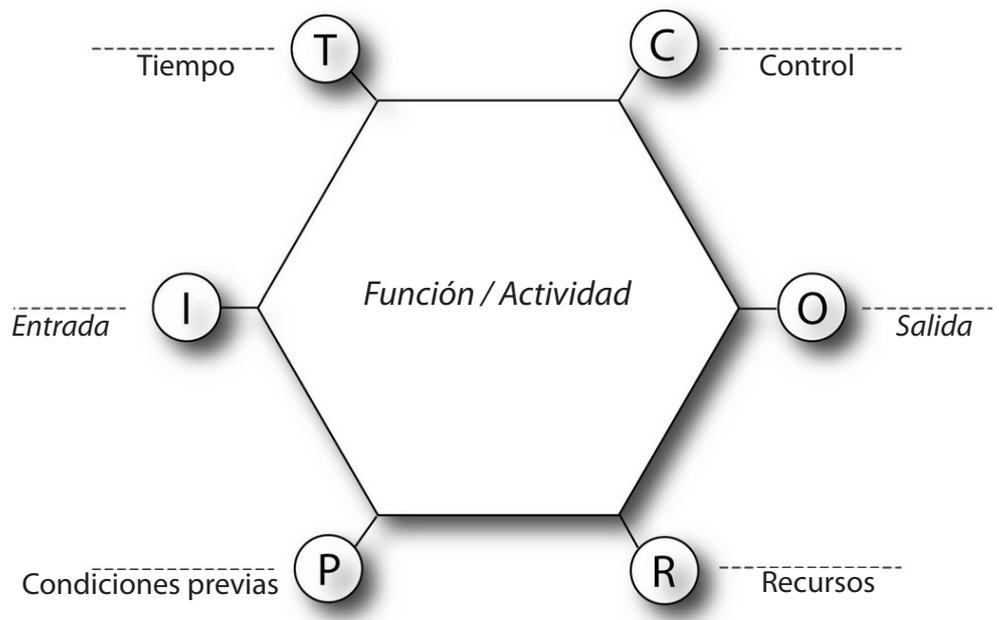


Fig. 18. Representación de Función/Actividad básica.

Una vez identificadas las actividades/funciones representativas, se lleva a cabo el establecimiento de relaciones entre todas ellas de manera que **no existe un vínculo único ni preconcebido pues, en la práctica**, cada función/actividad se puede conectar con cualquier otra con la que guarde una relación de alguna de las 6 categorías ya citadas.

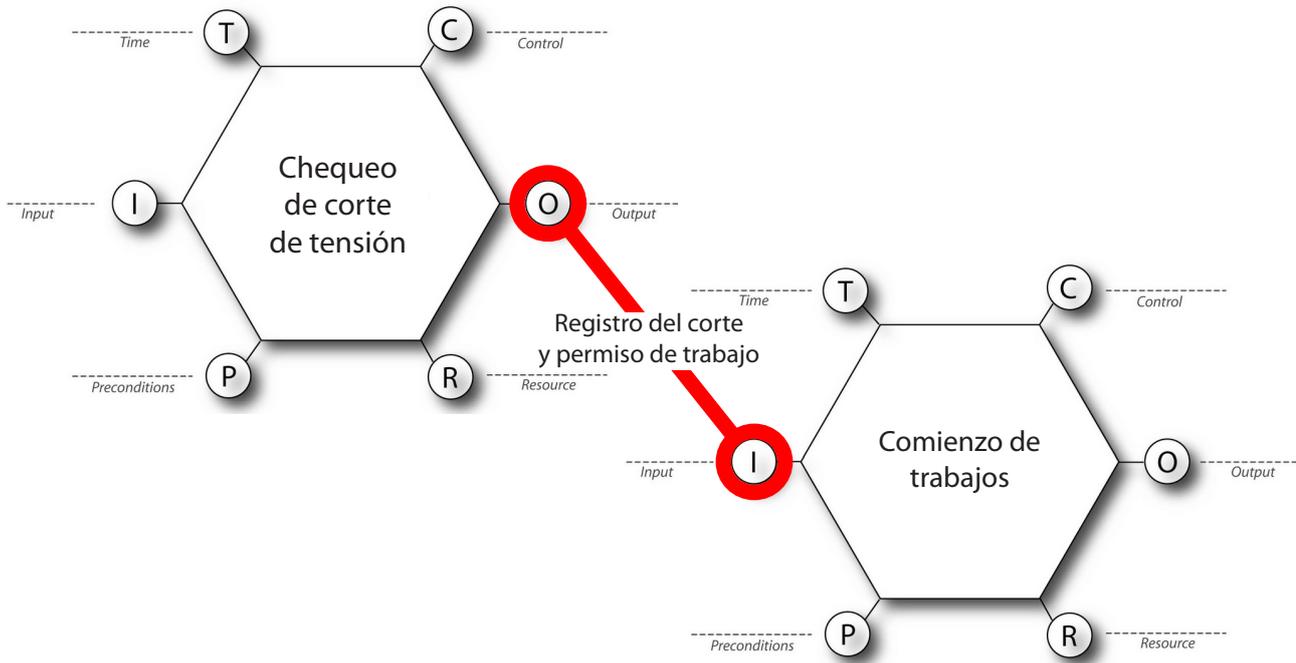
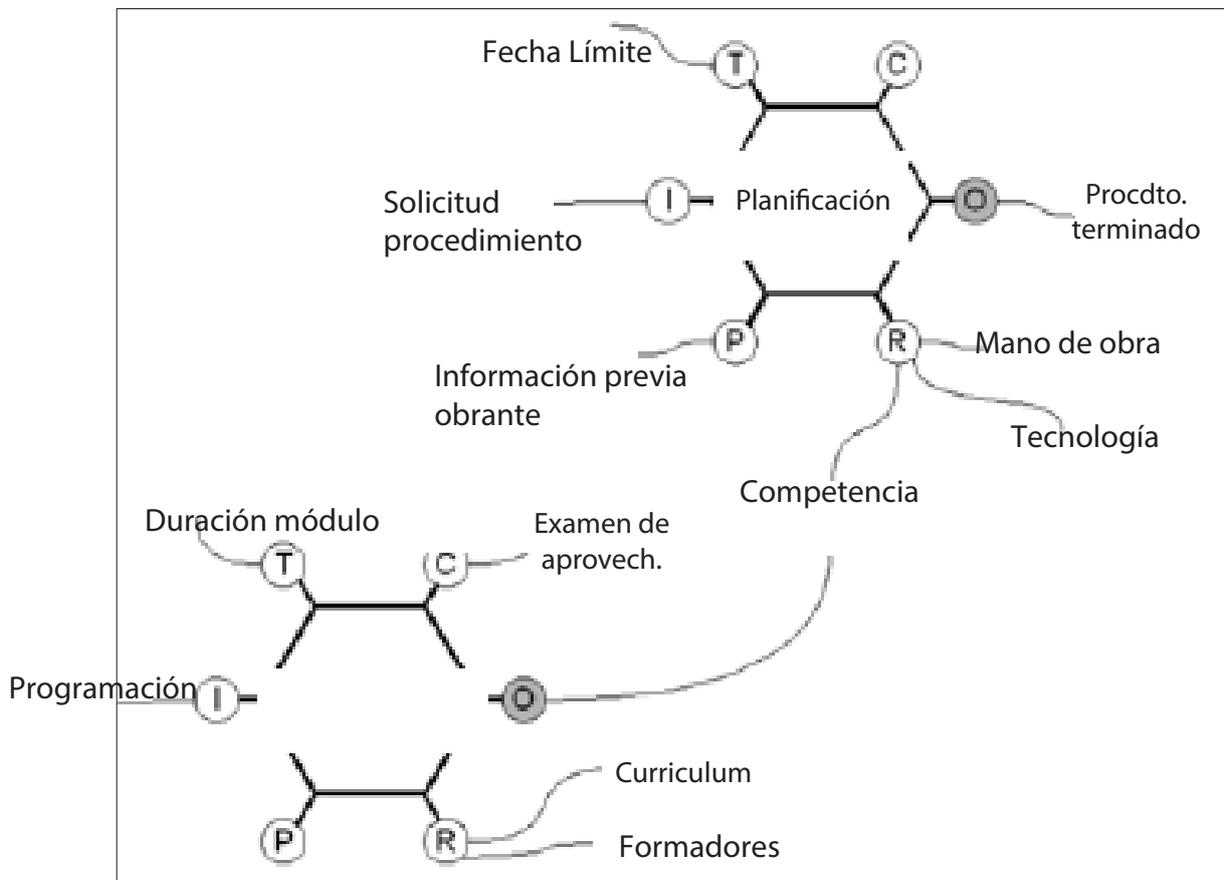


Fig. 19.- Dos ejemplos de relaciones entrada/salida entre actividades elementales.



Con ello, se logra establecer el modelo de representación comentado que representa cada momento de interacción (instantánea que muestra las condiciones del modelo en un determinado momento). En el siguiente ejemplo se modeliza el montaje de un andamio (Hollnagel, 2015):

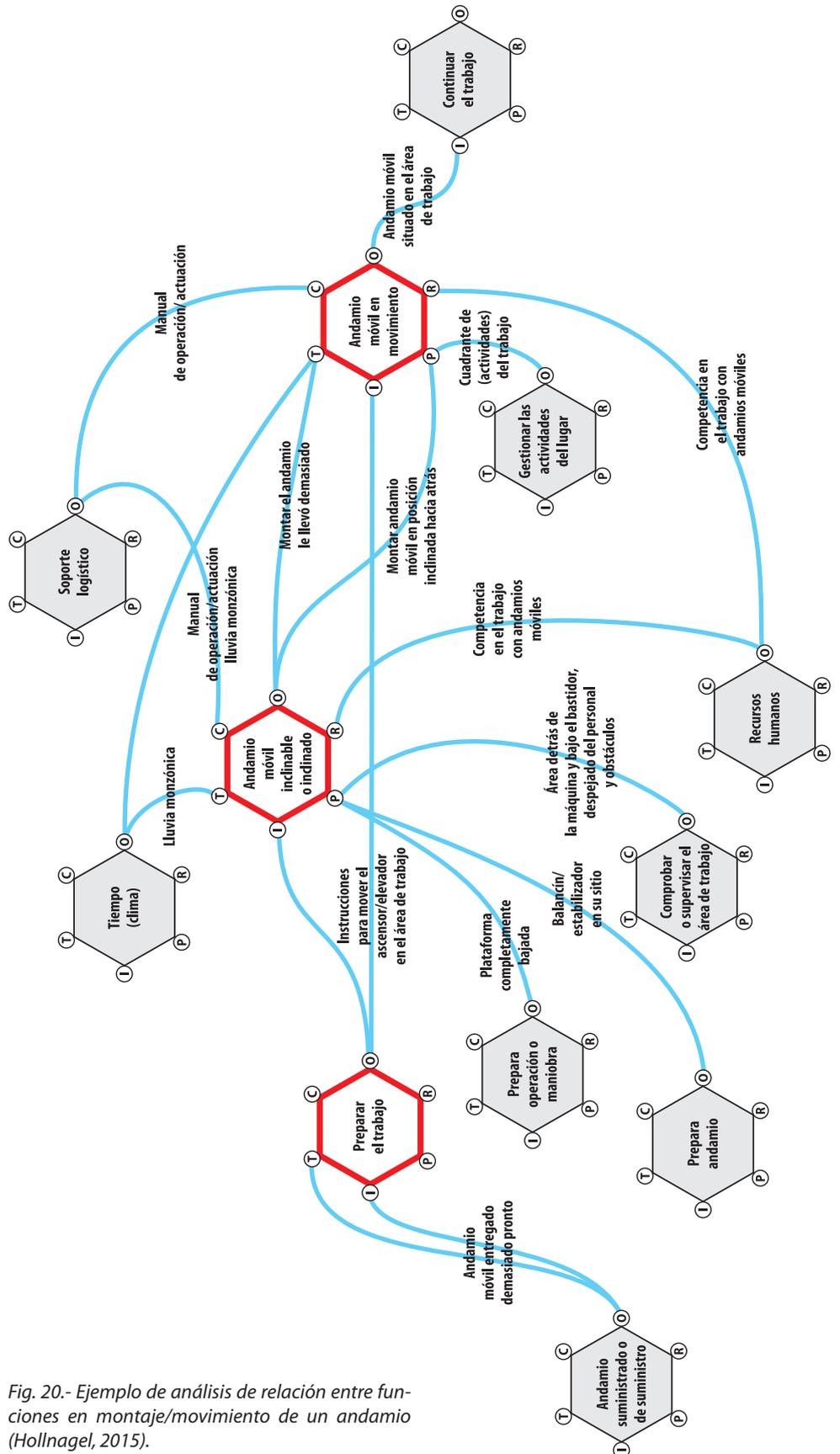


Fig. 20.- Ejemplo de análisis de relación entre funciones en montaje/movimiento de un andamio (Hollnagel, 2015).

El FRAM es una técnica orientada, pues, para construir un modelo para lo que proporciona modelizar las actividades del mismo mediante la relación- a modo neuronal, **entre las actividades** (funciones y aspectos). Así, el modelo posibilita la representación de los **posibles acoplamientos entre las funciones del sistema**.

Un modelo FRAM se puede utilizar para:

- ▣ Para la **investigación de eventos** (análisis de accidentes)
- ▣ Para prever las **consecuencias de los cambios a introducir en el sistema** y
- ▣ Para **analizar a posterior cómo se ha desarrollado un proceso y las relaciones** que lo rigen.

Esta técnica cuenta con una **herramienta informática gratuita** disponible en <http://functionalresonance.com/FMV/index.html>

Conforme con Hollnagel (2016), las ventajas de la técnica FRAM incluyen:

- ▣ Se proporciona una **manera de desarrollar una comprensión general de cómo funciona un sistema complejo**. FRAM no se descompone el sistema en componentes individualizados. Por lo tanto, evita **la trampa de encontrar una solución a cada una «causa»** o factor por sí solo, sino que el énfasis se centra en obtener una visión más completa del sistema.
- ▣ **FRAM ayuda al equipo de análisis para hacer preguntas antes de que busque respuestas**, en lugar de empezar por la búsqueda de respuestas. Tampoco se incluyen los supuestos sobre las relaciones específicas o típicas de causa-efecto.
- ▣ **FRAM se puede utilizar para modelar cualquier tipo de rendimiento o de la actividad**.
- ▣ **FRAM requiere imaginación**. El objetivo del método es guiar o controlar un análisis, no automatizarlo. Desde el FRAM es un método que guía a los analistas y les proporciona pistas sobre dónde buscar, pero no respuestas.

En cuanto a las **debilidades del FRAM**:

- ▣ Una debilidad es que exige **bastante tiempo y formación** para hacer un análisis de FRAM.
- ▣ El FRAM es un **método cualitativo**. Así, se centra en la posibilidad de que la variabilidad del sistema más que en cifrar la probabilidad fallo del sistema analizado.
- ▣ FRAM **requiere imaginación** al no ser un método cerrado o único.

Por último, reseñar que el FRAM se basa en cuatro principios fundamentales:

- ▣ Primero, que los **modelos de prevención y análisis deben ir más allá de la simple relación causa-efecto** (pues relaciona en función de 6 categorías)
- ▣ Segundo, que el **error y sus causas**, deben ser construidos en base el análisis, siendo más **relevante conocer la naturaleza dinámica del sistema que los fallos puntuales de los equipos y personas**.
- ▣ Tercero, que todos los **sistemas compensan eficiencia y minuciosidad** de forma que se va ajustando para absorber los comportamientos diarios basados en la experiencia.

- ▣ Por último, que la gestión de la prevención debe modelar cómo la **variabilidad de agentes y funciones afectan al sistema y pueden generar resonancias inadmisibles** (p.e. accidentes) teniendo en cuenta las variaciones introducidas de manera normal por la operación diaria.

c- Técnicas analíticas recientes centradas en el factor humano

La técnica HFACS (Análisis del factor humano y esquema de clasificación) nace en la industria naval y aeroespacial con el objeto de analizar las causas de los **errores humanos** partiendo, como modelo causal de referencia, del modelo del queso suizo de Reason.

Basándose en dicho modelo, se fijan **cuatro niveles** de consideración de errores humanos:

- ▣ **Nivel 1, Actos inseguros del personal:** incluye tanto **errores** (involuntarios) como **incumplimientos** (voluntarios). Dentro de los errores se diferencian errores de decisión (p.e. procedimiento seguido no apropiado), errores de percepción (decidir en base a información errónea o mala apreciación de distancias) y errores basados en las habilidades (p.e. omitir un paso o accionar involuntariamente los controles). Dentro de las violaciones/incumplimientos, se diferencian las cometidas por rutina (consentidas) y las excepcionales.
- ▣ **Nivel 2.- Condiciones previas para que existan actos inseguros.** Incluyen desde factores ambientales (físicos y tecnológicos), a condiciones de operación (p.e. estado psicológico o limitaciones físicas o mentales) y factores personales (p.e. disposición personal del operario o gestión de los recursos).
- ▣ **Nivel 3.- Cuestiones de supervisión.** Que pueden ser: supervisión inadecuada (fallando en liderazgo, supervisión, incentivos y/o formación), operaciones planificadas inadecuadas (p.e. falta de tiempo, insuficiente descanso...), fallo al corregir problemas e infracciones de supervisión (p.e. fallo en hacer cumplir las reglas).
- ▣ **Nivel 4.- Cuestiones organizativas.** Relativas bien a la **gestión de recursos** (humanos, económicos y personales, bien al **clima organizativo** (políticas, estructuras y cultura) y **los procesos organizativos** (operaciones, procedimientos y supervisión).

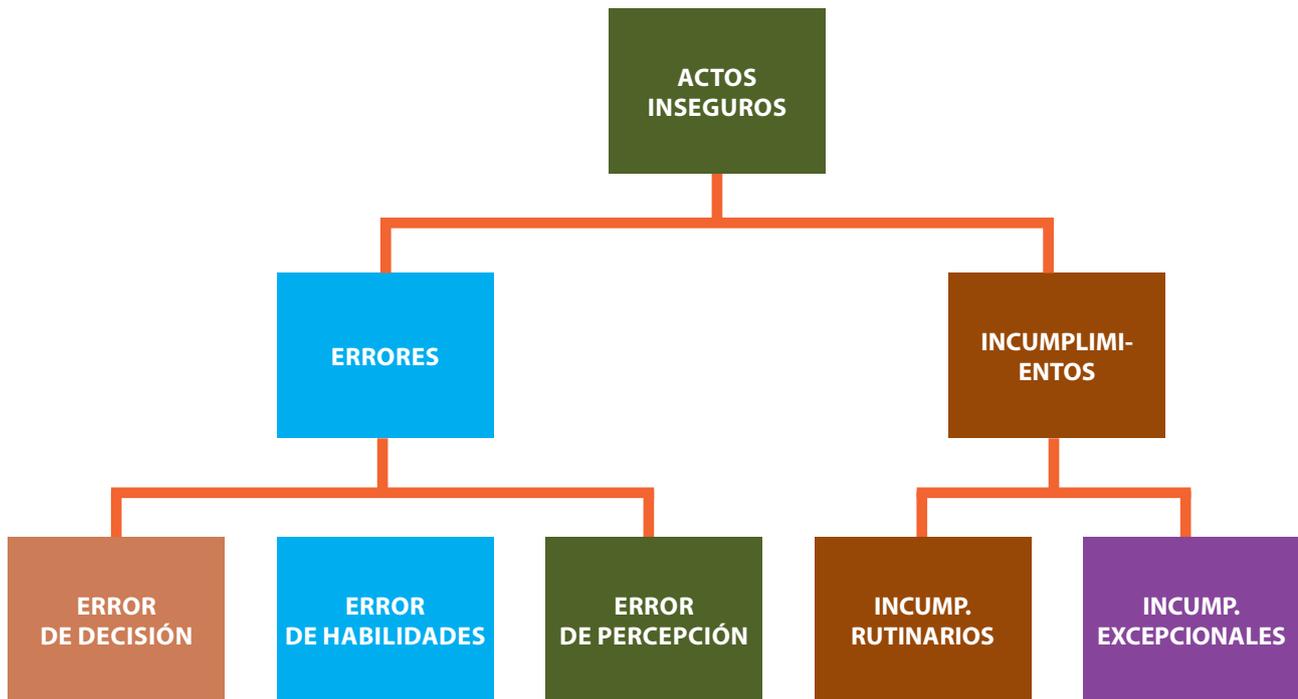


Fig. 21.- Clasificación de fallo humano mediante HFACS.

Utilizando el HFACS para la investigación de accidentes, las organizaciones son capaces de identificar las averías/fallos dentro de todo el sistema que pidieron permitir el accidente. HFACS también se puede utilizar de forma proactiva mediante el análisis de eventos históricos para identificar las tendencias que ocurren de nuevo en el rendimiento del sistema y deficiencias humanas. Así, permitirá a las organizaciones a identificar las **áreas débiles e implementar intervenciones específicas, basadas en datos, que en última instancia reducir las tasas de accidentes y lesiones.**

Adicionalmente, el uso de HFACS permite identificar **donde han surgido históricamente los riesgos y poner en práctica procedimientos para evitar estos riesgos, que permitan mejorar la actuación humana** y la disminución de las tasas de accidentes y lesiones.

IV.5

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

A la hora de comparar las técnicas analíticas recogidas en el bloque IV del presente estudio, es preciso comenzar por consignar cómo no existe ninguna técnica que se deba considerar como óptima con carácter general. Así, factores como el sector en el que acontece el suceso investigado, la programación y metodología de investigación, el tiempo o recursos disponibles o la cualificación de los investigadores, se consideran críticos a la hora de valorar la técnica a aplicar en cada caso.

A los efectos de facilitar tal análisis, se efectúa a continuación un **estudio cruzado de las principales características de las técnicas estudiadas** en función de los siguientes atributos:

1.- Dificultad. En términos de la necesidad de contar con técnicos debidamente formados para poner en práctica dichas técnicas. Se valora de 1 a 5 con la siguiente escala:

- 1: No precisa de formación específica, basta con una presentación/procedimiento
- 2: Precisa de formación sencilla (p.e. seminario)
- 3: Precisa de formación específica reducida (p.e. taller de 1/2 días)
- 4: Precisa de formación especializada (p.e. curso de varias semanas)
- 5: Precisa de formación superior y experiencia

2.- Orientación a la mejora preventiva. De manera que se valora si la técnica en cuestión cuenta o facilita un enfoque hacia la mejora de la seguridad en la organización. Se valora de 0 a 3 con la siguiente escala:

- 0: No se vincula con la mejora preventiva
- 1: Vinculación menor
- 2: Incluye una categoría relacionada con la mejora preventiva
- 3: Una parte esencial del método es la mejora preventiva.

3.- Enfoque global de la técnica. De manera que se diferencien aquellas técnicas que se basan en una perspectiva técnica, de las que se basan de factores humanos o las basadas en aspectos organizacionales.

104

- Téc.: Enfoque técnico
- Hum.: Enfoque factor humano
- Org.: Enfoque organizacional

4.- Secuenciación e identificación de barreras. De manera que se valora si la técnica en cuestión facilita una secuencia del desarrollo del suceso analizado y las barreras que se aplicaron y/o pudieron evitar el mismo. La escala que se aplica a cada atributo (Secuencia y barreras) es la siguiente:

- 0: No son una parte relevante de la técnica
- 1: Ambos aspectos forman parte de la técnica
- 2: La secuencia y las barreras son relevantes.

En base a todo ello, la comparación de las principales técnicas analizadas en el presente estudio arroja la siguiente situación:

Técnica	Dific.	Mejora	Enfoque	Seq. Barr.
Árbol de causas	2	1	Téc.	3/0
ECFCA	3	1	Téc.Hum. Org.	2/1
Análisis de Cambios	2	1	Téc.Hum. Org.	0/0
Análisis de Barreras	2	1	Téc.Hum. Org.	0/3
MORT	3	1	Téc.Hum. Org.	2/2
Tripod Beta	4	3	Téc.Hum. Org.	3/3
STEP	2	2	Téc. Hum.	2/0
FRAM	5	2	Téc. Hum. Org.	2/0
HFACS	2	3	Hum.	2/0

Por último, se efectúa un análisis simplificado de las ventajas y obstáculos para aplicar los principales métodos y técnicas analizadas:

Técnica	Ventajas	Obstáculos
Árbol de causas	Simplicidad, grafismo, técnica conocida	Método simplificado y binario. Difícil de incluir factor humano
ECFCA	Presentación gráfica y visual, maneja causas múltiples	El concepto de causa raíz puede desviar la atención.
Análisis de Cambios	Simplicidad. Basado en preguntas y con soporte	El escenario sin accidente puede no ser seguro
Análisis de Barreras	Simplicidad, estructura replicable	Método de carácter complementario
MORT	Diagrama visual e inclusión de causas y barreras por nivel	La causa raíz puede desviar atención. Dificultad en análisis de escenarios concurrentes
Tripod Beta	Método completo, definición visual	Dificultad incluir aspectos organizacionales
STEP	Diagrama visual, secuencias paralelas, orientado a mejora	No incluye aspectos organizacionales. Complejidad.
FRAM	Relaciones complejas entre variables del sistema	Complejidad, tiempo y pasos previos requeridos
HFACS	Profundo análisis del factor humano	Puede facilitar pasar por alto aspectos técnicos

Fig. 22.- Caracterización de las principales técnicas analíticas.

Aplicabilidad por sectores

Sin perjuicio de que la mayor parte de las técnicas y modelos analizados son aplicables a la práctica mayoría de los sectores, lo cierto es que tanto su origen como su aplicación inicial se ha concentrado en sectores específicos.

De esta forma, mientras los **sistemas más complejos en términos de interacciones exigen generalmente técnicas sistémicas** que permitan replicar las condiciones de dichas interacciones, los más aislados se representan con suficiente verosimilitud en modelos secuenciales y técnicas básicas.

Igualmente, aquellos sistemas cuyos procesos son más sencillos en términos de organización y variabilidad quedan suficientemente cubiertos por técnicas secuenciales mientras que, en el otro extremo, los sistemas **más complejos y variables** exigen de técnicas secuenciales.

Siguiendo a Perrow (1984) y a Hollnagel (2008), los sistemas – y los modelos causales que mejor se adaptan a los mismos, se pueden clasificar en función de estas dos variables (interacción y variabilidad) conforme al siguiente gráfico:



En cuanto a las técnicas descritas, su ubicación en dicha clasificación sería:

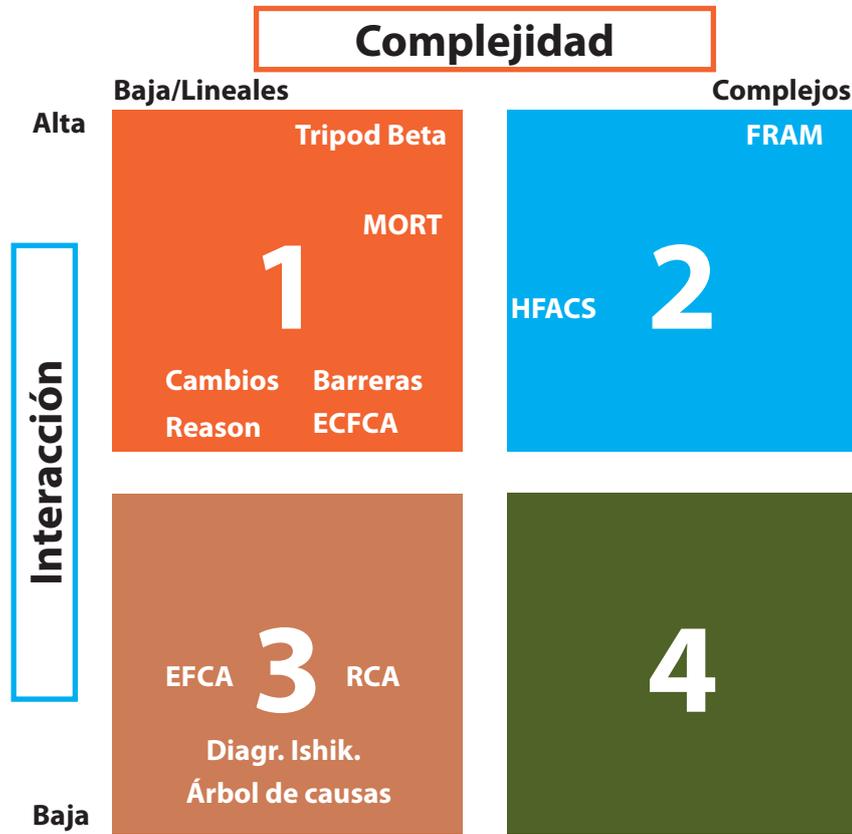


Fig. 23.- Caracterización de las principales técnicas analíticas en función de las propiedades del sistema a analizar (adaptación de Hollnagel, 2008).

IV.6 CONCLUSIONES

En este apartado se han tratado diferentes métodos y técnicas de investigación de accidentes. Sin perjuicio de las particularidades de cada uno de ellos, su utilización- y en general el proceso de investigación de accidentes, debe considerar los siguientes criterios:

- ▣ En primer lugar, que **no existe un método o técnica única para analizar los accidentes de trabajo** y que el idóneo deberá decidirse en función del tipo de accidente, organización, medios...
- ▣ En segundo lugar, que, en el ámbito de los proyectos de construcción, se recomienda abogar por **utilizar más de un método** de manera que no sólo se contrasten las técnicas disponibles, sino que además se puedan ir complementando y aprovechando los resultados de cada uno.
- ▣ En todo caso, el **enfoque general de la investigación** debe:
 - Estar orientado a conocer la **dinámica causal del accidente**. Desde este punto de vista se debe enfatizar en el conocimiento del escenario del accidente, la secuencia de hechos y la determinación de condiciones que han influido en cada uno de ellos.
 - El proceso **no debe buscar causas ni culpables**, sino centrarse en mejorar los procedimientos de organización y gestión de la empresa incidiendo, eso sí, en los factores causales y causas raíz clave.
 - El **método a utilizar debe adaptarse al potencial lesivo** de los hechos analizados y no al daño realmente producido. Igualmente, cuantos más complejos sean los sistemas que influyen en el accidente, más tiempo, expertos y metodologías habrán de ser puestas en práctica.
 - Se recomienda, igualmente, cuidar especialmente el **informe y registro final de la investigación priorizando enfoques gráficos** que refuercen las principales conclusiones alcanzadas.
- ▣ Por último, y como recomendación final, se entiende que una buena solución pasa por **comenzar el análisis del accidente desde métodos más sencillos y descriptivos** (Árbol de causas, análisis de barreras o cambios), **para seguir por métodos más elaborados** (ECFCA y complementado hacia RCA), que permitan identificar causas raíz sobre las que efectuar las recomendaciones de mejora.

V

BIBLIOGRAFÍA



Durante mucho tiempo, se ha afirmado que la mayoría de los accidentes se deben a errores humanos, y esto es cierto en un sentido, pero no es muy útil. Es como decir que las caídas son debidas a la gravedad ...

Trevor Kletz, Learning from accidents (1922-2013)

Publicaciones

National Safety Council 1955. Accident Prevention Manual for Industrial Operations, p.600. Chicago USA.

ILO, International Labor Office. Safety and health in building and civil engineering work. p. 386. International labor office, 1985.

Szymberski, R.: "Construction project safety planning". Tappi journal, vol. 80 (11) (1997), pp. 69-71.

National Safety Council 1955. Accident Prevention Manual for Industrial Operations, p.600. Chicago USA.

INSHT. 1999. NTP 540: Costes de los accidentes de trabajo: procedimiento de evaluación

INSHT. 2013. NTP 983 Análisis coste beneficio en la acción preventiva (II): estrategias de medición

Investigación de accidentes por el método del árbol de causas, INSHT 2012

Hinze, J., & Wiegand, F.: "Role of designers in construction worker safety". Journal of construction engineering and management vol. 118 (4) (1992), pp. 677-684.

Toole, T. M. & Gambatese, J.: "The trajectories of construction prevention through design". Journal of safety research, vol. 39(2) (2008), pp. 225-230.

Iraj Mohammadfam · Ahmad Soltanzadeh · Shahram Mahmoudi · Abbas Moghimbeigi. Analytical modelling of occupational accidents' size using structural equation modelling approach (SEM); a field study in big construction industries. Article · Sep 2016 · Occupational and Environmental Medicine

OSALAN. 2006. Costes de la accidentalidad laboral en Euskadi en el año 2005. OSALAN, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales (2006).

Sunday A. Adedigba · Faisal Khan · Ming Yang. Process Accident Model Considering Dependency Among Contributory Factors. Article · May 2016 · Process Safety and Environmental Protection.

Seokho Chi y Sangwon Han. Analyses of systems theory for construction accident prevention with specific reference to OSHA accident reports. ScienceDirect, 2013.

Chi, C.F., Chang, T.C., Ting, H.I., 2005. Accident patterns and prevention measures for fatal occupational falls in the construction industry. Applied Ergonomics 36, 391-400

Hinze, J., Pedersen, C., Fredley, J., 1998. Identifying root causes of construction injuries. Journal of Construction Engineering and Management 124 (1), 67-71.

Lorent, P.: From drawing board to building site: working conditions, quality and economic performance. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, p.64, Dublin (Ireland), 1991.

- Haslam, R. et al.: "Contributing factors in construction accidents". Applied Ergonomics, Vol. 36 (2005), pp. 401-415.
- Whitney DeCamp · Kevin Herskovitz. The Theories of Accident Causation. Dec 2015
- Zahid H Qureshi. A review of accident modelling approaches for complex socio-technical systems. Dec 2007
- Frank E, Bird y Geroge L. Germain. Liderazgo práctico en el control de pérdidas. La conservación de gente, propiedad, procesos ganancias. Det Norske Veritas, USA, Atlanta, Edición revisada 1990, p.72
- Buys, R.J. and Clark, J.L. (1978). Events and causal factors charting. DOE 76-45/14, (SSDC-14)
- Revision 1. Idaho Falls, ID: System Safety Development Center, Idaho National Engineering Laboratory.
- Health and Safety Executive (1997). Successful health and safety management. HSG65. HSE Books, Sudbury, Suffolk. ISBN 0 7176 1276 7
- Parliamentary Office of Science and Technology (2001) POST Note 156. (www.parliament.uk/post/pn156.pdf) quoting Feyer, A.M. and Shouldiamson, A.M. (1998):
- Human factors in accident modelling. In: Stellman, J.M. (Ed.), Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, Fourth Edition. Geneva: International Labour Organisation
- Baker, CC and Seah, AK(2004). Maritime accidents and human performance: the statistical trail.
- American Bureau of Shipping. Presented at MARTECH 2004, Singapore, 22-24 September, 2004
- Energy Institute (2003). Human factors briefing notes. <http://www.energyinst.org.uk/humanfactors/bn>
- Health and Safety Executive (2004). Managing human performance – briefing notes. <http://www.hse.gov.uk/humanfactors/comah/briefingnotes.htm>
- Health and Safety Executive (1999). Reducing error and influencing behaviour. HSG48. 2nd Edition. HSE Books, Sudbury, Suffolk. ISBN 0 7176 2452 8
- IAEA (1991). Safety Culture: A report by the international nuclear safety advisory group. Safety Series No 75-INSAG 41991. IAEA, Vienna.
- SI No. 205/3117 The Offshore Installations (safety case) Regulations 2005, ISBN 0110736109. The Stationery Office.
- Reason, J (1990). Human error. New York: Cambridge University Press.
- Health and Safety Executive (2005). Investigating accidents and incidents. HSG245. HSE Books. ISBN 0 7176 2827 2 (<http://www.hsebooks.com>)
- Health and Safety Executive (1997). Successful health and safety management. HSG65. HSE Books, Sudbury, Suffolk. ISBN 0 7176 1276 7
- National Occupational Health and Safety Commission (2004), The Cost of Work-related Injury and Illness for Australian Employers, Workers and the Community, Canberra

American Institute of Chemical Engineers (2003). Investigating chemical process incidents. 2nd Edition. AIChE, Park Avenue, New York 10016-5991. ISBN 0-8169-0897-4

American Bureau of Shipping (2005). Guidance notes on the investigation of marine accidents. ABS, Houston.

Blackett, C. (2005). PhD Thesis, Combining accident analysis techniques for organisational safety. National University of Ireland, Faculty of Science, School of Computer Science and Informatics. Dublin. <http://www.claireblackett.com/papers/ISSC05.pdf>

Health and Safety Executive (2001). Root causes analysis: Literature review. Contract Research Report 325/2001. HSE Books. ISBN 0 7176 1966 4 http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/2001/crr01325.pdf

Johnson, CW (2003). Failure in safety-critical systems: a handbook of accident and incident reporting. University of Glasgow Press, Glasgow, Scotland. ISBN 0-85261-784-4 <http://www.dcs.gla.ac.uk/johnson/book/>

Johnson, CW (2002) Ed.. Workshop on the investigation and reporting of incidents and accidents (IRIA 2002). Department of Computing Science. University of Glasgow.

Rail Safety and Standards Board (2004). Technical Report 09/T122/ENGE/003/TRT. Data to be collected for investigations of railway accidents. RSSB, London.

Análisis de los costes de la siniestralidad laboral en Cataluña. Propuesta metodológica y cifras para los años 2006 y 2007

Frei, R et al (2002) NRI MORT User's Manual. ISBN 90-77284-01-X Available from: <http://www.nri.eu.com/serv01.htm>

Perrow, C. (1984). Normal accidents: Living with high risk technologies. New York:

Kletz, T. Lessons from Disaster - How Organisations Have No Memory and Accidents Recur (1993) IChemE ISBN 0-85295-307-0;

Kletz, T. Learning from Accidents (1994/2001) Butterworth-Heinemann ISBN 0-7506-4883-X.

Kletz, T. By Accident... a Life Preventing them in industry (2000) PFV, ISBN 0-9538440-0-5;

Basic Books, Inc. Koornneef, F. (2000). Organisational learning from small-scale incidents. Delft University Press, Netherlands. ISBN 90-407-2092-4

Referencias WEB:

- Australian Transport Safety Bureau. <http://www.atsb.gov.au/>
- Failsafe Network Inc. <http://www.failsafe-network.com/index.htm>
- Federal Aviation Administration. <http://www.faa.gov/>
- Major Accidents Hazards Bureau. <http://mahbsrv.jrc.it/>
- Marine Accident Investigation Branch. <http://www.maib.dft.gov.uk/home/index.cfm>
- National Transportation Safety Board. <http://www.nts.gov/>
- Rail Accident Investigation Branch. <http://www.raib.gov.uk/home/index.cfm>
- Root Cause Live. <http://www.rootcauselive.com/>



**Comunidad
de Madrid**



FUNDACIÓN AGUSTÍN DE BETANCOURT