

# HISTORIA DE LA CIENCIA DE LA SEGURIDAD Y EL DESAFÍO DE LA ASISTENCIA SANITARIA SEGURA

**Lic. Alejandro Covello**

*Aviador Militar Retirado, Cronista e Investigador*

*Asesor de Investigación de Accidentes en el Transporte*

*Miembro del Equipo Pyramides RA, Consultora en Factores Humanos*

**Lic. Valeria Escobar**

*Diseño didáctico*

---

## Introducción

La palabra historia nos obliga a la temporalidad y su consecuencia es una línea de tiempo, en este caso, de las ideas y modelos que han influido en la disciplina de la investigación de los accidentes y de la seguridad.

Utilizaremos el término "seguridad" en referencia al estado en el que los riesgos asociados a cierta actividad se reducen y controlan a un nivel aceptable a fin de prevenir accidentes, en el sentido del término inglés *safety* y no como *security*, que se refiere a la seguridad policial o prevención del delito. En relación con las actividades vinculadas a la atención de la salud, algunos autores la definen como "seguridad del paciente" o "asistencia sanitaria segura", entendiendo como la prevención de resultados adversos originados de los procesos de la atención sanitaria. En esta Unidad didáctica adoptaremos el término asistencia sanitaria segura.

Luego estamos obligados a elegir un origen. Para esa elección haremos una pregunta: ¿en qué momento de la vida del *Homo faber* el accidente comenzó a ser un problema?, ¿cuándo ese problema condujo a la investigación de accidentes? y ¿cuáles fueron las respuestas al problema de los accidentes en el trabajo? Véronique De Keyser, de la Universidad de Lieja (Bélgica) y Anna B. Leonova, de la Universidad del Estado de Moscú (Rusia), realizaron una investigación que titularon "Prevención del error y bienestar en el trabajo en Europa del Oeste y Rusia. Tradiciones psicológicas y nuevas tendencias" (2012), que trata sobre esta cuestión. Según las autoras, el problema del error humano y de la salud en el trabajo tiene sus raíces a comienzos del siglo pasado, a partir de la **preocupación por proteger a los trabajadores en su actividad**. Debido a la presión social, con el nacimiento de los partidos de los trabajadores y los sindicatos, los

países europeos crearon gradualmente una red de seguridad para limitar los accidentes, las enfermedades profesionales, y la contaminación en el trabajo. Se diseñó un verdadero arsenal legislativo y también los servicios de seguridad con misiones específicas. Al mismo tiempo, la naturaleza y el contenido del trabajo cambiaron profundamente.

## Objetivos

- Efectuar una revisión de los modelos sobre la investigación en seguridad sanitaria.
- Comparar diferentes modelos de investigación sobre seguridad sanitaria.

### Red conceptual

#### HISTORIA DE LA CIENCIA DE LA SEGURIDAD Y EL DESAFÍO DE LA ASISTENCIA SANITARIA SEGURA

*HISTORIA DE LA INVESTIGACIÓN DE ACCIDENTES Y SU APOORTE A LA SEGURIDAD OPERACIONAL*

*HERBERT HEINRICH Y EL MODELO LINEAL DE CAUSA Y EFECTO (1931)*

*MODELOS DE ANÁLISIS EPIDEMIOLÓGICOS, FACTORES HUMANOS Y ORGANIZACIONALES (1940, 1961, 1990)*

*CONFRONTACIÓN DE AMBOS MODELOS*

*DERIVA PRÁCTICA Y SISTEMAS DE GESTIÓN DE ASISTENCIA SANITARIA*

*RETOMAR EL MODELO DEL QUESO SUIZO*

## Historia de la investigación de accidentes y su aporte a la seguridad operacional

¿Qué había sucedido para llegar a los comienzos del siglo pasado con ese arsenal legislativo que daba respuesta al problema de los accidentes de trabajo? Nada menos que la Revolución Industrial, una transformación tecnológica, cultural y socioeconómica trascendental en la historia de la humanidad, que se inició en la mitad del siglo XVIII y finalizó alrededor de 1840. No obstante, sus resultados continuaron evidenciándose hasta mediados del siglo XIX, para dar nacimiento a la Segunda Revolución Industrial.

Con la Revolución Industrial nació una economía urbana, industrial y tecnológica, al tiempo que finalizó el trabajo basado en la mano de obra manual, la artesanía y la tracción animal. Se construyeron establecimientos industriales y, con ellos, una arquitectura totalmente nueva para el hombre. Fue el paso de una economía agrícola a una economía industrial y los oficios artesanales fueron reemplazados por la producción en serie. Miles de personas migraron del campo a las ciudades donde se encontraban las industrias, en busca de mejoras salariales y de una mejor calidad de vida. No obstante, la capacidad de las ciudades se vio superada y esto provocó hacinamientos, enfermedades y epidemias. Las condiciones de salud y seguridad en las industrias eran precarias, principalmente debido a la ausencia de una cultura de la seguridad. La industria era algo nuevo y, si bien solucionaba cuestiones vinculadas a la producción, provocaba problemas inéditos como los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales.

En este contexto, los obreros, quienes ocupaban un mismo lugar de trabajo y convivían entre 12 y 14 horas por día, se reconocieron en los mismos problemas y necesidades. Para dar un ejemplo, las dos terceras partes de los trabajadores eran mujeres y niños, que sufrían lesiones, mutilaciones o morían en accidentes trágicos y repetitivos. En 1871, el 50% de los trabajadores morían con menos de 20 años por enfermedades profesionales o accidentes de trabajo; las dos terceras partes, mujeres y niños (Ramírez, 1986). De este "nuevo problema" nacieron los reclamos y las protestas obreras colectivas; con el correr del tiempo, la protesta social o la presión social (De Keyser y Leonova, 2012) se organizó en partidos políticos de trabajadores y en sindicatos. Pero no solo fueron los partidos de los trabajadores y los sindicatos los que intervinieron en el problema de la seguridad y salud ocupacional; también lo hicieron los Estados. Una verdadera revolución social que provocó la creación del "arsenal legislativo" a nivel mundial.

En 1778, el rey Carlos III de España firmó el edicto de protección contra accidentes (De la Poza, 1990). Más tarde, el Parlamento inglés, en 1802, reglamentó el trabajo en las fábricas que limitaba la jornada laboral y fijaba niveles mínimos para la higiene, la salud y la educación de los trabajadores (Letayf y González, 1994). En 1841, 1844 y 1850 se reglamentaron las leyes de trabajo para los niños y las mujeres, así como la inspección de las fábricas, respectiva-

mente. Inglaterra fue uno de los líderes de Europa occidental en lo que respecta a la legislación de salud y seguridad ocupacional. En 1867, promulgó una nueva ley referida a enfermedades ocupacionales. De todo ese arsenal legislativo, las leyes que dieron origen a la investigación de los accidentes fueron las de resarcimiento ante muerte o invalidez a causa de accidentes en el trabajo, ya que se obligaba a investigar el hecho para determinar una **páguese o déjese de pagar**.

En 1880, se promulgó en Inglaterra una ley de común responsabilidad de los patrones en los accidentes de trabajo. En 1884, Otto von Bismarck organizó un programa de indemnizaciones y decretó la primera ley obligatoria de compensación de los trabajadores.

Veamos el ejemplo del reino de Bohemia. Esta era una región que poseía un crecimiento económico importante, con un gran desarrollo industrial, donde prevalecían las industrias del juguete, de elevadores, de autos, las canteras y las granjas. Allí los accidentes de trabajo fueron uno de los ejes centrales sobre los cuales se dirimieron los conflictos sociales entre los asalariados y los dueños de los medios de producción, sumado a la lucha por mejores condiciones laborales (jornada de 8 horas, salario digno, día de descanso, prohibición del trabajo infantil, entre otros). La ley promulgada por Bismarck hizo que en el reino de Bohemia unas 35 000 fábricas se suscribieran obligatoriamente a un seguro de accidentes laborales (Obregón, 2003). Se crearon así las hoy llamadas **aseguradoras de accidentes de trabajo**. La Revolución Industrial creó las condiciones de posibilidad para que un accidente de trabajo dejara de ser un problema individual (del afectado) para ser una cuestión política y social a la que se comenzaba a dar respuesta. El accidente empezó a ser investigado y se comenzaron a hacer informes para determinar las responsabilidades y, a partir de allí, asignar o no un resarcimiento. En este punto se inició el nacimiento de la investigación de accidentes, en la cual el informe final era el medio para dar una respuesta judicial y económica. Las conclusiones de las investigaciones contenían un **responsable** y un **culpable**, y se habilitaba a pagar, o no, tal o cual indemnización a los trabajadores heridos por accidentes de trabajo. Esta respuesta se apoyó en un reclamo de justicia por parte de los trabajadores que buscaba identificar al responsable, al culpable y a la víctima para dictar la pena: el resarcimiento o la negación del pago. Todavía la prevención de accidentes no había nacido.

Tomemos un caso de estudio clínico actual para dar un ejemplo de la respuesta judicial y económica. Este caso fue publicado en un artículo del diario *El País*, de Madrid, el 23 de julio de 2009.

**/Caso clínico**

*En una unidad de cuidados intensivos (UCI) de un hospital, el bebé prematuro A fue colocado en una incubadora. Este bebé, como todos los de la unidad, debía ser monitoreado, alimentado y medicado. A las 15.15 del 12 de julio de 2009, la enfermera X, siguiendo instrucciones de la supervisora de enfermería, se presentó en la UCI del servicio de Neonatología para familiarizarse con ella y realizar una labor de aprendizaje, sin atribución de funciones concretas.*

*Hasta las 21, la jornada transcurrió sin inconvenientes, pero en ese momento se interrumpió la actividad ordinaria porque las enfermeras más experimentadas se concentraron en otro bebé que presentaba problemas que debían ser atendidos con urgencia, por ello una enfermera y una auxiliar tuvieron que atender al otro bebé de la misma sala.*

*La enfermera X, que realizaba su primer día de práctica en la UCI, viendo que sus compañeras estaban ocupadas, decidió prestarles ayuda [...] y comenzó a administrarle ella sola la alimentación al bebé prematuro A. Minutos después, este sufrió una trombosis masiva que desembocó en una falla multisistémica y determinó su muerte.*

**Respuesta judicial-económica:**

*El informe elaborado bajo la respuesta judicial-económica dictaminó lo siguiente:*

*La enfermera X confundió la sonda nasogástrica (la “vía” de alimentación) con la intravenosa (la “vía” de medicación) y provocó con ello la muerte del bebé prematuro A.*

*La enfermera agarró una jeringuilla con un líquido blanquecino destinada a A y la conectó a través de la bomba de infusión a una vía periférica, dando por sentado que la solución contenía lípidos. La leche entró en el torrente circulatorio del bebé y le provocó la muerte.*

*La respuesta pública del gerente del hospital poco después del fallecimiento del bebé atribuyó el fallecimiento al “terrorífico error” de una enfermera.*

**Las conclusiones del juicio fueron:**

*La enfermera que cometió el error que provocó el fallecimiento el 13 de julio de 2009 del bebé A [...] fue condenada a 6 meses de prisión [...]. La sentencia considera que la enfermera es autora de un delito de homicidio por imprudencia grave.*

*La juez destaca que el fatal error se hubiera evitado con “una simple comprobación”, bien directamente por la propia acusada examinando la jeringa, o recabando información de sus compañeras [...] Esa falta de cuidado y previsión “es la causa” del luctuoso y fatal resultado, producto de la notoria negligencia e inexcusable descuido. La enfermera fue condenada penalmente y se pidió una indemnización aproximada de 200 000 euros. La respuesta judicial-económica finaliza en el último párrafo del caso citado con una pena y una indemnización. No se formularon recomendaciones.*

Retomando la línea temporal, podemos concluir que, al inicio del siglo pasado, si bien había nacido la investigación de accidentes, no pasó lo mismo con la prevención. Para que una investigación de accidentes haga un aporte a la seguridad, el accidente debe ser "explicado" y concluir con recomendaciones, a diferencia de identificar a un culpable, una víctima, un indemnizado o un indemnizador.

---

**\*** *Llegamos así a una primera premisa: una investigación judicial o de resarcimiento económico no se articula ni tiene los mismos fines que una investigación de seguridad.*

---

Volviendo al objetivo de una investigación de seguridad, el cual es la prevención de futuros accidentes o incidentes, queda claro que el propósito no es determinar la culpa o la responsabilidad. ¿Esto quiere decir que no existen responsables ante un accidente? ¿Quién es el responsable? Seguro que existen responsabilidades y responsables, que es necesario investigar para luego **sanar** a los damnificados y a la sociedad a través de una pena, multas o resarcimiento económico. Como en el ejemplo del caso clínico citado, para ello existe el sistema judicial, la investigación judicial, jueces y fiscales y, en lo que respecta al incumplimiento de las normas y reglamentos, situándonos en el cuidado y la atención de la salud tanto las organizaciones privadas como las del Estado pueden realizar una investigación interna a modo de sumario, que concluyan en sanciones o multas. Por lo tanto, las investigaciones judiciales, de resarcimiento económico y los sumarios internos tienen la potestad de realizar una investigación para llegar al conocimiento de una verdad relacionada con un delito, falta, indisciplina, incumplimiento de normas y reglamentos. En relación con los organismos citados y con la potestad de sanción o resarcimiento, para una investigación de seguridad se hace necesaria la independencia de las autoridades y los organismos estatales o privados involucrados en el accidente, ya que son **juez y parte**. A modo de ejemplo, podemos citar la ley de creación de la Junta de Seguridad en el Transporte, cuya misión es: "... contribuir a la seguridad en el transporte a través de la investigación de accidentes y la emisión de recomendaciones..." (art. 5) y cuyo artículo 2 cita:

"Son principios de la política de seguridad en el transporte:

a) Independencia: basada en la delimitación entre las funciones de regulación, prestación y control de los servicios de transporte, de la investigación y determinación de los hechos, condiciones, circunstancias y causas probables, así como los factores contribuyentes de los sucesos de transporte, sean estos incidentes o accidentes. La investigación debe garantizar la imparcialidad, transparencia y rigurosidad científica".

Volvamos entonces al problema de explicar un accidente con el objetivo de la seguridad. "A través de la historia se desarrollaron varios tipos de explicaciones y la forma en que las personas explicaron los accidentes determinó los tipos de acciones que tomaron para prevenir futuros accidentes" (Dekker, 2019). Estas explicaciones pertenecían el azar o la intervención divina, pasando por la tecnología y el error humano en análisis lineales, hasta llegar a los factores humanos y organizacionales con análisis sistémicos. Sigamos esta línea de tiempo. En primer lugar, tenemos el azar. La palabra accidente viene del alemán *ungelucke*, que significa falta de suerte. O en otras palabras, la condición que desde esta perspectiva se necesita para que el accidente suceda. En este caso el azar tiene un fuerte componente explicativo a partir de la misma etimología de la palabra accidente, y los modelos como el del "queso suizo" de James Reason explican que el accidente surge de la concatenación imprevista, impredecible, de varios sucesos distintos, cada uno de ellos necesario, pero insuficiente por sí solo y que es una probabilidad donde el azar juega su rol.

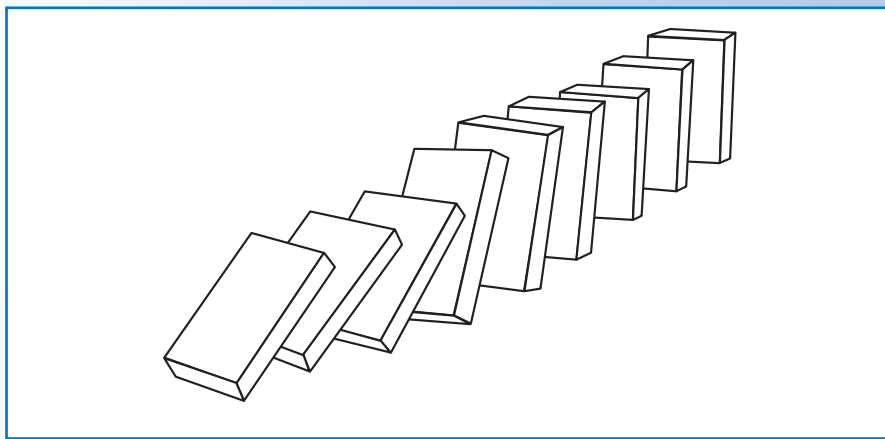
Continuando con la línea de tiempo, otro factor que explicaba el accidente era la creencia de la intervención divina y la respuesta era la oración, el arrepentimiento o las ofrendas. No hace falta ir hacia atrás para dar ejemplos, ya que en este siglo podemos todavía observar en la cabina de vuelo de muchas aeronaves militares o civiles una imagen de la Virgen de Loreto, patrona de la aviación. Lo mismo sucede con Stella Maris, protectora de los marinos, o en los autos con la Virgen de Luján. Estas imágenes funcionan como "protectoras" y sin duda están ahí para "evitar" accidentes. Ahora bien, estos factores, azar y creencia religiosa, existen hasta hoy. Sin embargo, a la hora de realizar el estudio y la investigación científica de un accidente o de una estrategia de seguridad operacional, se los descarta, ya que no aportan nada al sistema. Hacia fines de siglo XIX y principios del XX, surgieron explicaciones potentes respecto de la prevención de accidentes cuyos hitos son:

- La *US Railroad Safety Appliance Act* (1893); su ley presentaba la necesidad de combinar la seguridad tecnológica (hoy seguridad operacional) y las políticas públicas gubernamentales.
- El trabajo del médico escocés Thomas Oliver, quien escribió *Ocupaciones peligrosas y enfermedades propias de los oficios* (1918).
- La oficialización de la licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo de la Universidad de Harvard (Arias Gallegos, 2012).
- La creación del Servicio de Prevención de Accidentes en 1921 por parte de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), fundada en 1919, que elaboró la primera recomendación sobre la indemnización por accidentes de trabajo en 1925. Su objetivo era solucionar los conflictos por resarcimientos y no la prevención de los accidentes.

Muchos autores (Asfahl, 1990; Hollnagel, 2009; Arias Gallegos, 2012, entre otros) sostienen que el nacimiento de la seguridad y la salud laboral como disciplina científica se produjo en 1931, tomando como hito la publicación de *Industrial Accident Prevention* (Prevención de accidentes en la industria), escrita por el estadounidense Herbert Heinrich. Vale señalar que, quien hoy es recordado como **el padre de la seguridad industrial** era un empleado más dentro de una de las tantas divisiones de inspección de una compañía de seguros de riesgo de trabajo. Heinrich desarrolló un modelo lineal de causa y efecto que aún se adopta para el análisis de accidentes.

## Herbert Heinrich y el modelo lineal de causa y efecto (1931)

El modelo lineal o de causa y efecto dice que existe un encadenamiento de causas y efectos que forman una "serie general", en la cual los elementos se encadenan en un período cuyo origen es una causa raíz y el final es la consecuencia. Casi siempre se lo representa como una cadena de eventos o también como el efecto dominó, que se produce cuando al caer una ficha las demás también lo hacen, y así sucesivamente.



▲ Fig. 1

Para construir la serie general, también llamada cadena de eventos o sucesos, deben cumplirse determinadas premisas:

- todo efecto proviene necesariamente de una causa



- toda causa necesariamente produce un efecto concreto
- la causa debe ser anterior en el tiempo al efecto
- la causa y el efecto deben ser contiguos en el tiempo y en el espacio
- debe haber una conexión explícita y clara entre la causa y el efecto. O, en otras palabras, se debe poder demostrar que la misma causa produce siempre el mismo efecto.

Heinrich fue el principal exponente teórico del modelo lineal y el primero en aplicarlo a la investigación de accidentes. Según ese autor, la aparición de una lesión resulta invariablemente de una secuencia completa de factores; el último de estos es el propio accidente. El accidente, a su vez, **es invariablemente causado o permitido por el acto arriesgado de una persona o por una amenaza mecánica o física** (Heinrich, 1980 [1931], citado en Hollnagel, 2009). Heinrich había realizado un estudio donde concluía que, de cada 75 000 accidentes, el **88% eran actos inseguros** (comportamiento de una persona), el 10% eran condiciones peligrosas y el 2% eran actos imprevistos. Es decir que, para ese autor, la mayor fuente de accidentes se debía a los comportamientos inseguros del trabajador por sobre cualquier otra condición o factor. Luego, como cada modelo de análisis de accidentes conlleva una estrategia de seguridad, nació la "seguridad basada en el comportamiento (BBS: *behavior based safety*)".

---

\*

*Así, el "acto arriesgado de una persona" se traducía como error humano, mientras que la "amenaza mecánica o física" era interpretada como sinónimo de falla técnica.*

---

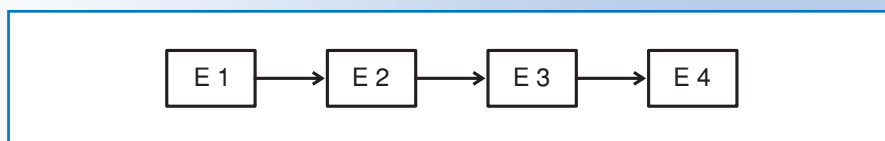
En conclusión:

- Los accidentes se producen de acuerdo con la metáfora de la caída de las piezas del dominó: la primera pieza cae e inicia la secuencia de caída de las próximas. O como una cadena de eventos que enlaza causas y efectos.
- Los accidentes se producen a partir de un hecho inesperado (la caída de la primera pieza), que desencadena una secuencia de acontecimientos (la caída de las piezas siguientes).
- Existe una causa-raíz (la primera pieza) que es, en general, el comportamiento del operador de primera línea o bien la falla técnica.
- Si se elimina la causa-raíz, se quita una ficha del dominó o se corta un eslabón de la cadena, el accidente se detiene.

- El modelo sostiene que un solo eslabón o ficha (causa-raíz) *per se* es el causante y suficiente para que el accidente ocurra.

Con la consideración de Heinrich de que el 88% de los accidentes se debían a una causa-raíz, denominada "acto inseguro (comportamiento) del operador de primera línea", nació la hasta hoy tradición de la falla única y el error humano como la gran causa-raíz.

Este análisis tiene grandes limitaciones. Si se analiza la línea de tiempo que propone este modelo, siempre hay un origen: la causa primera o raíz: la primera ficha en caer del dominó. A partir de ese momento, el tiempo se desplaza de manera lineal hacia delante, del origen a la consecuencia, de A a B. El modelo pertenece al registro de las ecuaciones lineales. Entonces uno de los riesgos que presenta este modelo consiste en que al construir la cadena de eventos desde la causa (evento 1) hasta el efecto (evento 2) y explicar la consecuencia a partir de una causa-raíz, con las próximas e idénticas consecuencias se hará el razonamiento inverso, es decir, del efecto a la causa-raíz (error humano).



▲ Fig. 2

*Un mismo evento pasa a ser de efecto a causa del evento próximo. Con ello cada evento es causa y efecto a la vez.*

Hollnagel (2009) llama a esto "la afirmación del consecuente": si A, entonces B; luego B, entonces A. Demos un ejemplo:

Si se da A, entonces se da B = si llueve, entonces la calle se moja.

Si se da B = la calle esta mojada, se da A = por lo tanto tiene que haber llovido.

Como podemos apreciar, la última conclusión no tiene que ser necesariamente cierta, ya que podría suceder que alguien mojara la calle con intención de limpiarla.

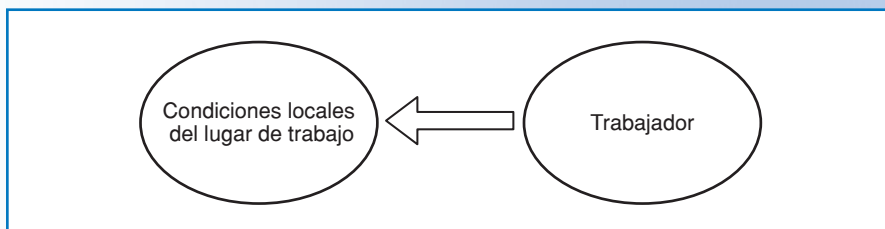
En nuestro caso clínico:

Si existió un comportamiento inseguro de la enfermera, entonces el bebé muere.

Si un bebé muere, entonces tiene que haber ocurrido un comportamiento inseguro del personal de la UCI.

**En el modelo lineal de falla única, encontrar el comportamiento inseguro es el fin de la investigación.** En referencia, y retomando el concepto de "error humano", Hollnagel sostiene que luego de la tendencia a explicar los accidentes por las tecnologías o las cuestiones técnicas, en su lugar vino la acción del hombre: **"Lo que es conocido de un modo infame como 'error humano', tan infame que, si pienso que ninguna industria o sistema o máquina se crea a sí mismo, solo puede encontrarse la causa en el hombre"** (Hollnagel, 2009).

Otra importante limitación es que no se logra capturar lo más importante: ¿qué produjo el comportamiento inseguro de la enfermera (el error humano)? y que con este razonamiento el error humano siempre es el final del análisis. Ahora bien, si consideramos que los modelos de análisis de accidentes son presunciones que guían nuestra búsqueda de hallazgos y creemos que los comportamientos inseguros explican los accidentes, ¿a qué prestaremos atención cuando ocurra un accidente?: al comportamiento del trabajador de primera línea, perdiéndonos la oportunidad de explicar qué produjo el desvío del comportamiento. Luego, como los modelos de análisis de accidentes se convierten en estrategias de seguridad y este modelo se basa en el comportamiento humano, la estrategia es actuar sobre los operadores de primera línea.



▲ Fig. 3  
*Estrategia de seguridad basada en el comportamiento.*

La estrategia es adaptar al trabajador a las condiciones fijas de la situación de trabajo y del sistema. En este caso, luego de un evento negativo las recomendaciones actúan sobre los comportamientos individuales, van hacia el individuo (respetar las normas, premios, castigos, etc.) y dejan intacto el sistema. Charles Perrow dice: "Las investigaciones de accidentes generalmente comienzan con la suposición de que el operador ha cometido un desvío y si esto se puede comprobar es el final de la investigación. Hallazgos en los diseños del sistema, implican rediseños, actualización, adecuación, etc. Encontrar que las condiciones de posibilidad del accidente están en el diseño del sistema se toma como una amenaza; en cambio, encontrar en los operadores la causa (falla única) conserva el sistema con medidas cautelares 'soporíferas' en la instrucción" (Perrow, 1984).

Asimismo, existe una evolución del primer modelo lineal, llamado **árbol de fallas y errores**. Si bien podría decirse que es superior al primero porque considera una multiplicidad de causas, conserva la clasificación primaria de la falla única al que llama causa-raíz. Por lo tanto, la línea de tiempo, la línea de razonamiento y la profundidad de análisis continuaron siendo las mismas.

En resumen, el modelo de Heinrich se enfocó en eliminar el comportamiento inseguro del trabajador y fue a través de este modelo que se creó la estrategia de seguridad basada en el comportamiento, modelo que aún tiene una fuerte aceptación en el análisis de los accidentes.

Sin embargo, a partir de entender las industrias como sistemas complejos y de pensar que estamos transitando la **Cuarta Revolución Industrial**, las ideas de Heinrich encuentran serias limitaciones.



*Si bien los modelos de análisis deben ser lo más simples posible, nunca deben ser más simples que el objeto estudiado. Por ello, no es posible aplicar modelos simples a sistemas complejos.*

---

Se puede afirmar que ninguna falla única o acto inseguro (error humano) puede provocar un accidente en un sistema complejo, como lo son las industrias aeronáutica, de energía nuclear, químicas, etc., así también la industria de la asistencia sanitaria la cual, **aunque enormemente beneficiosa, también es, como otras muchas industrias importantes, intrínsecamente peligrosa** (Vincent y Amalberti, 2015). La asistencia sanitaria es un sistema complejo en gran escala que no solo se restringe a los hospitales, sanatorios o clínicas, sino también al hogar, ámbito en el cual, en palabras de Vincent y Amalberti, todavía no ha sido abordada. El sistema complejo sanitario está compuesto por hospitales, farmacias, salas de radioterapia, medicina nuclear, unidades de cuidados intensivos, etc. (Vincent y Amalberti 2015). Asimismo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) define: "Los sistemas de prestación de atención sanitaria son complejos por su diseño y están sujetos a errores. En la mayoría de los casos de daños al paciente, un elemento central son los factores humanos en el marco de sistemas cuyos procedimientos y prácticas están deficientemente diseñados" (OMS; 2019). En conclusión, los modelos lineales encuentran grandes limitaciones para explicar los accidentes o gestionar la seguridad en los sistemas complejos.

Tres ideas claves de Heinrich influyeron en las prácticas de seguridad (e incluso en algunas teorías) durante décadas.

Estas ideas son:

- Las lesiones son el resultado de una causalidad lineal única.
- Hay una relación fija entre los accidentes (o simplemente "sucesos"), las lesiones menores y las lesiones mayores.

- Los actos inseguros de los trabajadores son responsables del 88% de los accidentes industriales.

Sin embargo, se ha comprobado que **las tres ideas claves son falsas** (limitadas para sistemas complejos) (Dekker, 2019).

Las personas que trabajan en sistemas complejos cometen errores cuya explicación va más allá del ámbito de la psicología individual. En la actualidad, el error humano dejó de ser la explicación y causa de un accidente y se convirtió en una consecuencia de factores más profundos. "El ser humano fue cada vez más reconocido como un receptor de problemas de seguridad operacional, problemas que se crearon en una fase anterior y luego se lo transmitieron las herramientas, tecnologías, organizaciones, entornos de trabajo o tareas" (Dekker, 2019).

Ninguna estrategia de seguridad en una industria ultrasegura está **basada en la sola intervención** sobre el comportamiento humano o el error humano. Las industrias ultraseguras controlan su seguridad a través de sistemas o barreras de defensas que contienen el error. Protegerse solo de las fallas únicas en sistemas complejos sería condenarse a la catástrofe. Así, y producto del desarrollo tecnológico y la transformación del trabajo, el criterio de falla única encontró su límite y se abrió una nueva frontera en la seguridad operacional.

Antes de pasar al análisis epidemiológico y a la estrategia de seguridad de factores humanos y organizacionales, volvamos al caso clínico.

#### /Caso clínico (continuación 1)

##### ? Ejercicio de aplicación

*A partir del modelo lineal de Heinrich, construya la cadena de eventos a través de estos hallazgos e identifique la causa-raíz, utilizando la conclusión de la investigación de accidentes presentada:*

*La enfermera confundió la sonda nasogástrica (la "vía" de alimentación) con la intravenosa (la "vía" de medicación) y provocó con ello la muerte del bebé prematuro A.*

*La enfermera agarró una jeringuilla con un líquido blanquecino destinada a A y la conectó a través de la bomba de infusión a una vía periférica, dando por sentado que la solución contenía lípidos. La leche entró en el torrente circulatorio del bebé y le causó la muerte.*

*Se atribuyó el fallecimiento al error de una enfermera.*

*Conclusiones:*

*La enfermera cometió el error que provocó la muerte del bebé por imprudencia grave.*

*Se destaca que el error mortal se hubiera evitado con una simple comprobación, bien directamente por la propia acusada con el examen de la jeringa, o recabando información de sus compañeras. Esa falta de cuidado y previsión es la causa del resultado fatal, producto de la negligencia y el descuido.*

.....  
 .....  
 .....

*Podrá cotejar su respuesta en la página...*

John Carroll, del *Massachusetts Institute of Technology*, llama a esto "la seducción de la causa-raíz". Tenemos una causa-raíz porque queremos tenerla; por ello inventamos una conveniente. ¿Por qué queremos una causa-raíz? Porque **nos da la ilusión de control sobre los accidentes**, sobre la seguridad. Sin embargo, estamos atacando síntomas y no enfermedades, atacamos los síntomas y no las condiciones que los generaron. Entonces, por más que la causa-raíz tranquilice, es una mala idea para gestionar la seguridad a través de la investigación de accidentes.

El *Manual de instrucción sobre factores humanos*, de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), sostiene en su punto 1.2.2: "... la expresión 'error humano' no constituye ayuda alguna para la prevención de accidentes, dado que, aunque puede indicar dónde se produce un colapso del sistema, no ofrece ninguna orientación en cuanto a por qué ocurre eso" (OACI, 1998).

## Modelos de análisis epidemiológicos, factores humanos y organizacionales (1940, 1961, 1990)

El modelo epidemiológico fue creado por Suchman en *A conceptual analysis of the accident phenomenon* (1961), quien utilizó la metáfora de la enfermedad para representar un accidente. De acuerdo con este enfoque, compara el accidente con la ocurrencia de una enfermedad, en especial con enfermedades de contagio, en las que existen agentes infecciosos que ingresan en un anfitrión predispuesto y con ciertas condiciones ambientales. Este modelo contiene tres factores que promueven el accidente:

- **Anfitrión (*host*):** se entiende que son aquellos factores presentes en el individuo que lo hacen más o menos vulnerable a sufrir accidentes.

Así, podemos analizar tasas de accidentes según membresías de grupos demográficos (sexo, edad, raza, estado socioeconómico, etc.), características de la personalidad (agresividad, sociabilidad, nerviosismo, etc.), actitudes (toma de riesgos, actitudes hacia la obediencia a la ley, creencias de seguridad), estado físico (salud, estructura corporal, tiempo de reacción, etc.) de aquellas personas que tienen o no tienen accidentes. Estos son el tipo de factores que afecta la exposición del individuo y sus reacciones dentro de la situación del accidente.

Suchman sostenía la teoría de la propensión al accidente, la cual nunca se demostró científicamente. En el documento citado *Error prevention and well-being at work in Western Europe and Russia*, de Keyser y Leonova (2012), se desarrolla ampliamente la falacia de la propensión al accidente.

- **Agente infeccioso (huésped):** se refiere al huésped que el anfitrión alberga. Esto es el objeto que causa el accidente o la lesión.

Por lo tanto, enumeraríamos como posibles agentes de accidentes: automóviles, aviones, cuchillos, venenos, agua, fuego, etc. Estos objetos contienen potencialidades de accidentes o lesiones y pueden analizarse en términos de la potencia o la probabilidad de su efectividad. Por lo tanto, los venenos pueden ser clasificados según la letalidad, los automóviles según la condición mecánica o la velocidad, etc.

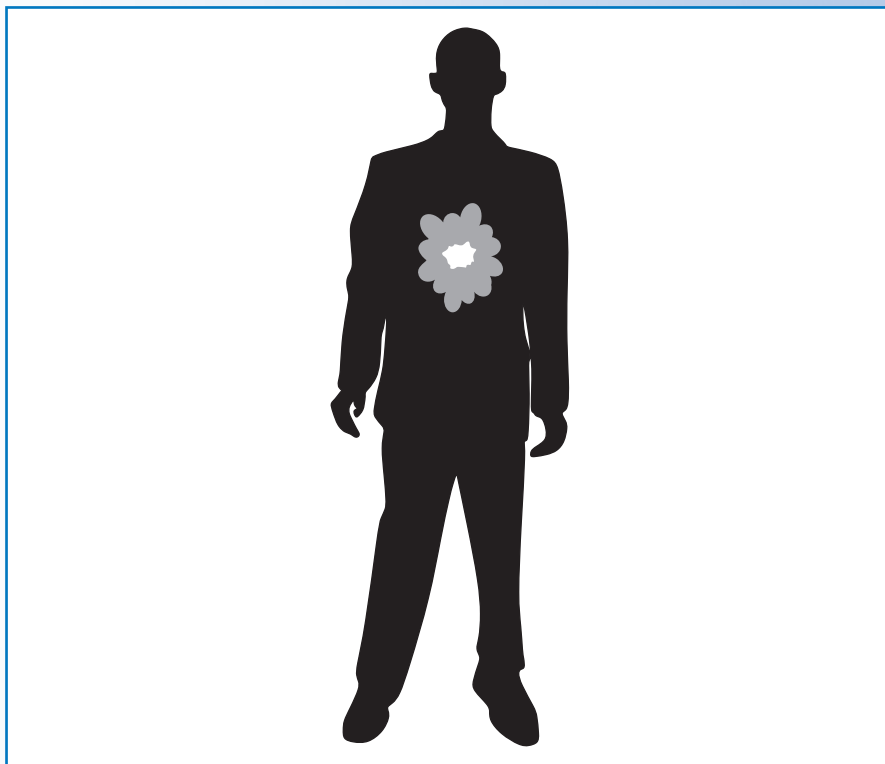
- **Factores ambientales:** las condiciones físicas que rodean al individuo, que constituyen un riesgo de accidente en sí mismos o que aumentan su predisposición a los accidentes o la potencia del agente para causarlos.

Por lo tanto, los peligros ambientales incluyen caminos estrechos, trampas de fuego, casas de la vecindad, techo desprotegido, repisas, botellas de veneno sin marcar, etc.

Suchman (1961) expresa que los factores del agente infeccioso están fuertemente relacionados y dependen del anfitrión y las condiciones ambientales, con un sesgo hacia los factores humanos. La ingeniería humana ha demostrado que no es tanto el hombre frente al ambiente, sino que lo importante es el hombre en el ambiente.

Hacia finales de la década de 1980, Reason retomó el modelo epidemiológico con el propósito de dar respuesta a accidentes catastróficos de sistemas complejos como los de Three Mile Island (1979), Union Carbide Corporation Bhopal, India (1984), Chernóbil (1986), Challenger (1986), Zeebrugge (1987), entre otros. En su libro *Error humano* explica la metáfora de los **patógenos residentes**, referidos al agente infeccioso de Suchman. Reason muestra que estos patógenos representan la mayor amenaza para la seguridad de un sistema complejo y aleja el enfoque centrado en los errores cometidos por los operadores y en las fallas materiales (anfitriones). El autor sostiene que los operadores, lejos de ser la causa del accidente, son herederos de los defectos del sistema. A su vez, introduce una nueva condición para que se produzca el accidente, más allá de los agentes infecciosos y el anfitrión. Esta nueva condición son las **fallas o ausencia de las defensas** o, en otras palabras, un **sistema inmunitario débil**.

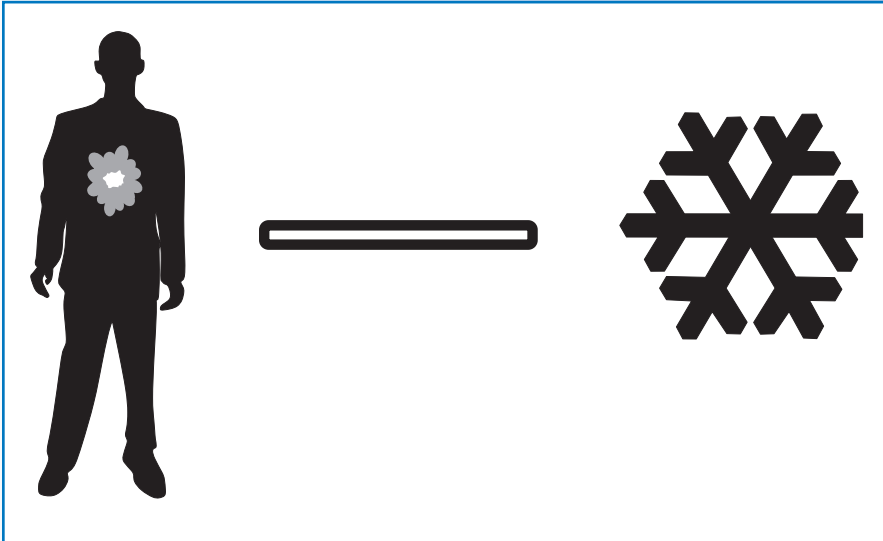
Hagamos una descripción breve del modelo epidemiológico de Reason: para contraer una enfermedad, la primera condición necesaria es que exista un **patógeno latente** (agente infeccioso, virus o bacteria en palabras de Suchman). Pongamos como ejemplo el virus de la gripe. La primera condición para contraer esta enfermedad (o el equivalente al accidente) es que un anfitrión reciba el agente infeccioso dentro del cuerpo.



▲ Fig. 4  
*El hospedador alberga un virus.*

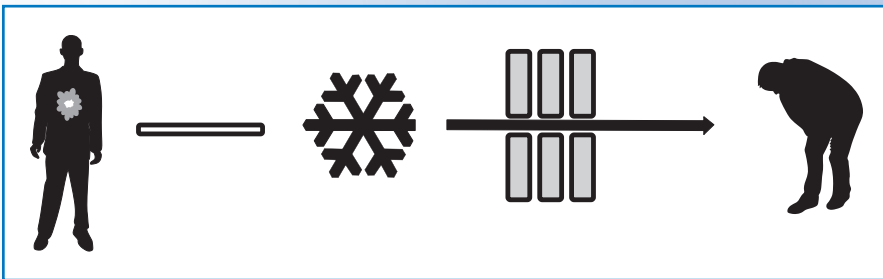
Ahora bien, muchas personas tenemos no solo el virus de la gripe dentro del cuerpo, sino otros patógenos latentes. Sin embargo, no necesariamente todos nos enfermamos. Para contraer la enfermedad, es necesario un factor local o desencadenante. En el caso del virus de la gripe, este podría ser, por ejemplo, una condición del ambiente que lo active, como la exposición a una baja temperatura extrema.





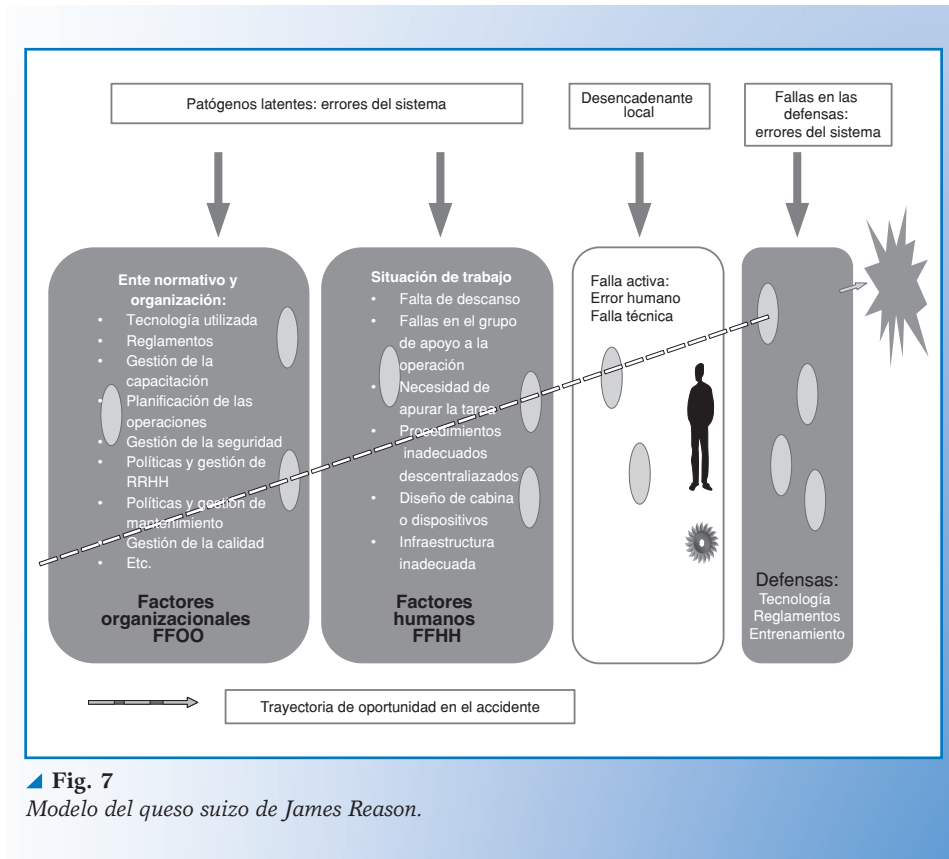
▲ Fig. 5  
*Se suma un factor desencadenante: el frío.*

El ejemplo continúa de esta manera: mucha gente posee el virus de la gripe, esa misma gente sale a trabajar con los primeros fríos y, sin embargo, solo algunos se engripan (accidente) ¿Cuál es la próxima condición para contraer la enfermedad? Tener el sistema inmunitario debilitado, es decir, las defensas bajas.



▲ Fig. 6  
*Sistema inmunitario bajo. Resultado: enfermedad/accidente.*

Podemos afirmar, entonces, que deben existir tres condiciones para que ocurra la enfermedad: poseer el patógeno latente, virus o bacteria; que exista un factor local o desencadenante; y tener las defensas bajas. Obsérvese cómo Reason incorpora el concepto de defensas entendiéndolo a través de la metáfora de la enfermedad como el sistema inmunitario. De esta manera, Reason se desprende del anfitrión como causa-raíz o final de un accidente e incorpora en este lugar las defensas del sistema. Veamos ahora una de las representaciones de este modelo y por qué pasó a denominarse modelo del **queso suizo**.



Reason llamó a los virus **patógenos latentes, errores del sistema**; al **desencadenante local, error humano o falla activa**, y al **sistema inmunitario débil, falla en las defensas**, que pertenecen también a errores en el sistema. Hasta aquí las tres condiciones enunciadas por Reason (1990). Sin embargo, cada una de estas ventanas de oportunidad o agujeros (errores del sistema y desencadenante local), si bien es necesaria para que el accidente ocurra, es insuficiente por sí sola. Se necesita una cuarta condición: una alineación, una concatenación imprevista, habitualmente impredecible, de varias ventanas de

oportunidad por las que debe pasar la **trayectoria de oportunidad de un accidente** (fig. 7). En el modelo del queso suizo, el accidente es una probabilidad en función del número de patógenos presentes en el sistema, los desencadenantes locales y las debilidades de las defensas. En un determinado momento interviene el azar y alinea la trayectoria de oportunidad del accidente, la cual se muestra en la figura 7 con la línea punteada.

La línea de razonamiento del modelo de Reason es totalmente diferente del modelo lineal. Se parte del lugar donde finalizaba el modelo lineal, el factor local o desencadenante (error humano/falla técnica) y se busca la explicación en los patógenos latentes y en las defensas que tienen los sistemas complejos. Las causas más profundas son los patógenos latentes que se encuentran antes del accidente y son tres: la situación de trabajo o contexto de trabajo (que llamamos FFHH), los prestadores de servicio y el ente regulador (FFOO), y las defensas. **Los patógenos (o condiciones latentes) constituyen la mayor amenaza para la seguridad de un sistema complejo.**

Utilizando la metáfora epidemiológica, los patógenos latentes o virus existen antes de comenzar la secuencia de un accidente y conviven en el sistema. Por otro lado, el factor desencadenante error humano/falla mecánica es ubicuo. Ninguno puede ser eliminado por completo. En otros términos, todos los sistemas fabricados por el hombre contienen patógenos latentes; errar es humano y la falla mecánica va a ocurrir. Es evidente, entonces, que la apuesta o inversión en seguridad está en primer lugar en el diseño de las defensas que atrapan errores y fallas mecánicas. Por ello, una característica de los sistemas complejos es que incorporan dispositivos de defensas suficientes para proteger el sistema contra las condiciones latentes y las posibles fallas desencadenantes. El diseño de los sistemas ultraseguros se basa en la filosofía de la defensa. Cuanto más complejo es el sistema, más inversión se destina al diseño de dispositivos de defensa. Finalmente, Reason modificó algunos términos de su modelo a través del tiempo, reemplazó errores latentes por fallas latentes y en la gestión de los grandes riesgos (1997) prefirió el término **condiciones latentes**. En el caso de la falla activa, también reemplazó el término por factor desencadenante en tanto consecuencia de condiciones estructurales y no una causa en sí. Este modelo, en vez de adjudicarle la causa del accidente a una falla única, acepta que el error humano y la falla técnica son una acción esperada y normal que llegó a producirse por razones que debemos explicar y cuyas condiciones están más atrás en el tiempo.



*La explicación que brinda Reason es que no existe necesariamente error o falla, son condiciones de posibilidad del sistema, donde una condición no es una causa y no hay causa necesaria (causa-raíz) para la ocurrencia del accidente.*

---

Por último, el modelo fue llamado del queso suizo debido a sus agujeros. El término queso suizo no fue acuñado por el propio Reason, sino probablemente

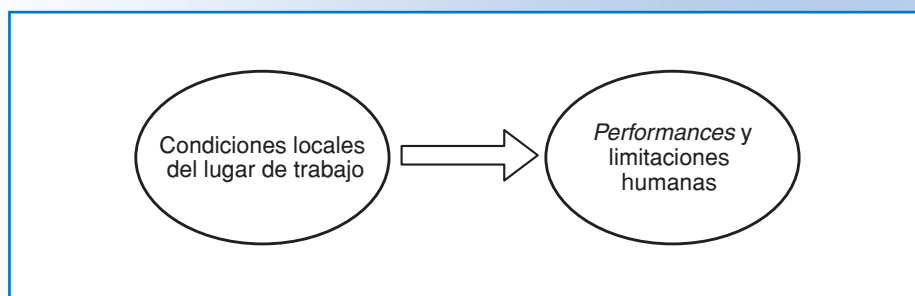
por Rob Lee, quien entonces era director de la oficina de investigación de seguridad aérea en Australia (Reason y cols., 2006; citado en Dekker, 2009).

## Confrontación de ambos modelos

Para profundizar en la confrontación entre ambos modelos, nos plantearemos las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se detiene un accidente en el modelo lineal?
- ¿Cómo se detiene un accidente en el modelo epidemiológico?
- ¿En cuál de los dos modelos descritos una sola causa es condición suficiente para la ocurrencia de un accidente?
- ¿Qué condiciones deben darse en el modelo epidemiológico para la ocurrencia de un accidente?

A partir de las respuestas a las preguntas citadas que nos permiten la confrontación de los dos modelos, queda claro que **el modelo lineal es útil para los sistemas simples, mientras que el modelo epidemiológico fue el primero en adaptarse a los sistemas complejos**. Los modelos lineales, al recurrir a explicaciones simples, suelen ser altamente deficientes en cuanto a su capacidad de capturar las oportunidades de mejoras profundas, dado que identifican casi irremediabilmente al error humano o a la falla técnica como la causa de los accidentes. Estos modelos suelen culminar en recomendaciones soporíferas, estériles y poco aplicables como prestar más atención, poner énfasis, tener más conciencia o conciencia situacional o cumplir las normas. Por el contrario, el modelo del queso suizo es más potente en tanto recurre a explicaciones vinculadas al contexto de desempeño de los operadores y los factores organizacionales. Esto, a su vez, facilita la aplicación práctica de las mejoras necesarias y nuevas defensas. El gran aporte y la diferencia que marcó la evolución del modelo del queso suizo fue abrir la puerta a la estrategia de los factores humanos y los análisis sistémicos. La flecha entre el trabajador y el contexto de trabajo cambió de dirección.



▲ Fig. 8

*Estrategia de seguridad basada en los factores humanos.*

Esta estrategia considera el desempeño y las limitaciones humanas para diseñar las condiciones locales del lugar de trabajo y el sistema. Por ello, las tecnologías y los sistemas se diseñan no solo para resistir o tolerar las acciones no deseadas de los individuos, sino también para que el diseño no induzca a errores. De esta manera, las tecnologías y diseños se ajustan a las fortalezas y limitaciones del desempeño humano. La línea de tiempo avanzó desde una estrategia basada en el comportamiento hasta los factores humanos y luego organizacionales.

\*

*Retomando la asistencia sanitaria como un sistema complejo, el documento A72/26 de la OMS reconoce que inculcar una cultura de la seguridad y un enfoque centrado en el paciente y mejorar y garantizar la seguridad de este requieren la creación de capacidad, un liderazgo sólido, enfoques sistémicos y sistemáticos, y que la mayoría de los eventos adversos pueden evitarse con estrategias eficaces de prevención y mitigación (incluida la consideración de los factores humanos, como la formación).*



*Para ampliar el concepto sobre los factores humanos, consulte la Unidad didáctica "Los factores humanos en la crisis de la COVID-19", publicada en el Módulo 2, Séptimo ciclo del PROTIPED.*

Como ya dijimos, si bien la estrategia de los factores humanos cobró una importancia relevante en la década de 1980 de la mano de la industria de la aviación, fue desarrollada entre 1940 y 1950 y fue, en palabras de Dekker, la primera revolución cognitiva de la ciencia de la seguridad. "Esta fue la primera revolución cognitiva (1940 y 1950), alejando la investigación de seguridad operacional del conductismo (comportamiento)" (2019). ¿Por qué los factores

humanos hicieron su despegue en las décadas de los ochenta y los noventa? Creemos que se debe al desarrollo y la transformación tecnológica que convirtió las industrias de sistemas simples en sistemas complejos y, a su vez, se incluyeron los factores organizacionales FFH y OO.

"La segunda revolución cognitiva (1980 y 1990) se apartó del primer paradigma de procesamiento de información mentalista y excesivamente tecnificado, individualista, basado en tareas de laboratorio. Tomó el estudio de la cognición en la naturaleza y se propuso comprender el sentido de colaboración de las personas en su interacción con las tecnologías complejas y críticas para la seguridad. La ingeniería de sistemas cognitivos ha llevado las ideas de los factores humanos y la segunda revolución cognitiva a sistemas sociotécnicos complejos, donde una multitud de personas y artefactos tecnológicos gestionan operaciones críticas para la seguridad. La ingeniería de los sistemas cognitivos no divide los sistemas en componentes humanos y de máquinas. En cambio, estudia el sistema cognitivo conjunto, con sus funciones y objetivos, como su unidad de análisis" (Dekker, 2019).

Durante la década señalada por Dekker, Charles Perrow, abogado a la problemática de la gestión de riesgos en los sistemas complejos, estudió de manera transversal diferentes tipos de industria e investigó el primer accidente nuclear de la historia, ocurrido el 28 de marzo de 1979, en la planta nuclear de Three Miles Island, Estados Unidos, donde un reactor sufrió la fusión parcial de su núcleo, lo que significó que la reacción nuclear dejó de estar controlada. Como resultado de sus investigaciones, Perrow planteó su teoría de accidentes normales, una clase de accidente que es al mismo tiempo previsible e inevitable. La noción de **accidente normal**, expuesta en su libro *Normal accidents. Living with high-risk technologies* (1984), supone una comprensión de los accidentes como acontecimientos intrínsecos a los sistemas complejos, los cuales, a su vez, son constituidos por diferentes componentes o subsistemas. Los accidentes normales emergen de las características mismas de los sistemas cuya complejidad no solo está dada porque los constituyen componentes también complejos en los que se intersectan **elementos sociales y técnicos**, sino además por la estrecha interrelación entre tales componentes e incluso subsistemas. En los accidentes normales no pueden anticiparse todas las eventualidades que pueden ocurrir debido a dicha complejidad, y son inevitables y a la vez previsibles. Perrow denomina **normal** a este tipo de accidente porque: "es el producto de las propiedades del sistema y no de los errores que los propietarios, los diseñadores y los operadores cometen en el ejercicio de sus funciones" (Perrow, 1984). Por ende, un accidente normal no es el resultado de un sabotaje, un error humano o una guerra, sino de "la interacción imprevista de múltiples fallas" (Perrow, 1984, 2009). Más tarde, Reason en su libro *Human error* (1990) desarrolla el modelo de análisis epidemiológico de accidentes y el concepto de condiciones latentes, retomando el análisis de Three Miles Island (1979) y otras catástrofes como las de Bhopal (1984), Challenger (1986) y Chernóbil (1986).

Continúa Diane Vaughan con su libro *The Challenger launch decision. Risky technology, culture and deviance at NASA* (1996), donde describe el concepto de normalización del desvío en un análisis exhaustivo del accidente del trasbordador espacial Challenger, que de alguna manera es retomado por Scott Snook en su libro *Friendly fire. The accidental shootdown of U.S. Black Hawks over Northern IRAQ* (2000) para presentar el concepto de **deriva práctica**. Así terminaba el siglo pasado con un marco teórico y conceptual totalmente nuevo para analizar los riesgos e investigar los accidentes en los sistemas complejos.

¿Qué había pasado para producir un nuevo marco teórico conceptual?: **un cambio de época**. Flavia Costa la nombra como la época del **Tecnoceno** en la que, a través de poner en marcha tecnologías de alta complejidad y de altísimo riesgo, dejamos huellas en el mundo que exponen no solo a las poblaciones de hoy, sino a las generaciones futuras en los próximos miles de años. Podemos citar como ejemplo la catástrofe de Chernóbil, ocurrida el 26 de junio de 1986, que dejó innumerables víctimas mortales y otras tantas con consecuencias gravísimas. La nube radiactiva se expandió desde la antigua Unión Soviética hacia los países escandinavos, luego Alemania, Polonia, Austria, Suiza, Norte de Italia, la antigua Yugoslavia, Grecia y Rumania. Un desastre de escala planetaria, en palabras de Costa, la huella radiactiva provocada en Chernóbil convivirá en el planeta más de 250 000 años. Ese cambio de época, ubicado alrededor de los años setenta y ochenta, produjo un salto de escala en los accidentes industriales, cuyas consecuencias no solo son los miles de muertos y heridos por el factor desencadenante, sino que también dañan las generaciones futuras o provocan en las víctimas tratamientos médicos de por vida, además de los inmensos daños al medioambiente.

Podemos describir este salto de escala con algunos de los accidentes ocurridos a finales del siglo pasado:

- Seveso Italia. ICMESA (Industrie Chimiche Meda Società), 1976. Emisión de sustancias tóxicas y cancerígenas. Dioxina TCDD. Se estiman 37 000 personas expuestas y daños al ambiente.
- Three Miles Island, Estados Unidos (1979), ya citado.
- San Juan Ixhuatepec México, 1984. Depósitos de Pemex. Explosión de cuatro esferas de 10 000 barriles estándares de petróleo y dos tanques de 25 000 barriles, con 600 muertos y 2500 heridos (fuentes oficiales).
- Bhopal, India. Union Carbide Corporation, 1984. Explosión y escape de metilisocianato. Se estima que hubo decenas de miles de muertos y 30 000 enfermos crónicos.
- Chernóbil, 1986, ya citado.
- Barco petrolero Exxon Valdez, Alaska, 1989. Derrame de petróleo y daños al medioambiente.

La asistencia sanitaria como sistema complejo también está expuesta a este tipo de accidentes. Entre 1985 y enero de 1987, un acelerador lineal de radioterapia, el Therac-25, causó al menos seis accidentes. Tres de los pacientes murieron como consecuencia directa de una sobreradiación. Fue el accidente más grave en los 35 años de los aceleradores lineales médicos. Los errores de irradiación abarcan los casos de sobreexposición a la radiación y aquellos en los que se irradia al paciente incorrecto o la zona equivocada. Según el examen de los datos publicados a lo largo de 30 años sobre seguridad en la radioterapia, se estima que la incidencia general de errores es de 1500 por cada millón de ciclos de tratamiento. "Los sistemas de prestación sanitaria son complejos por su diseño y están sujetos a errores" (OMS, 2019).

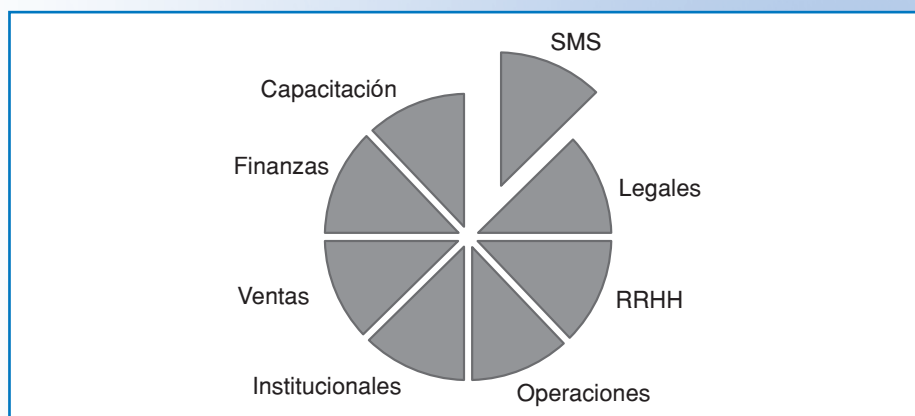
Estos accidentes pusieron en duda la confiabilidad del control por *software* de los sistemas de seguridad crítica, los cuales se convirtieron en caso de estudio en la informática médica y en la ingeniería del *software*. La comisión investigadora concluyó que el accidente se debió a prácticas del desarrollo, análisis de requerimientos y mal diseño del *software* y no a errores aislados. **Un accidente normal, en palabras de Perrow.**

Estos tipos de accidentes continuaron y continúan en nuestro siglo. Hemos construido gran parte de nuestra vida en el planeta en torno a sistemas complejos y tecnologías de alto riesgo, algunas imposibles de desechar, al menos a mediano plazo. Volviendo al caso del Therac-25, hoy investigamos accidentes del *software*. Por ello, el desafío es responder con sistemas de gestión de seguridad y de riesgos tan fuertes y razonables como sea practicable.

## Deriva práctica y sistemas de gestión de asistencia sanitaria

En la década de 1960, se produjo un nuevo punto de inflexión en las estrategias de seguridad: el cambio desde una gestión de prevención de accidentes (Comité PREVAC) a los sistemas de gestión de la seguridad y salud del trabajador (SGSS) o sistemas de gestión de seguridad operacional (SMS: *safety management system*). Utilizaremos aquí la especificidad de la asistencia sanitaria para nombrarlos **como sistemas de gestión** de asistencia sanitaria segura (SGASS). Los sistemas de gestión integraron la seguridad como una función de negocios más en la organización. Una función de negocios dentro de una organización de asistencia sanitaria es un conjunto de actividades que deben llevarse a cabo para que la organización pueda funcionar y cumplir sus objetivos. La suma de funciones de negocios, su gestión y sus procesos es lo que representa a una organización.





▲ Fig. 9  
El SGASS como función de negocios.

Antes de seguir con los sistemas de gestión de seguridad, presentaremos el concepto de **deriva práctica**, desarrollado por Scott A. Snook, quien investigó el accidente ocurrido el 14 de abril de 1994, cuando dos aviones de caza F-15 accidentalmente derribaron dos helicópteros Black Hawk sobre el norte de Irán y mataron a 26 personas. En *Friendly Fire: the accidental shootdown of U.S. Black Hawks over Northern Iraq*, Snook sostiene un análisis dinámico del accidente a nivel individual, grupal y organizacional, al que denomina deriva práctica, un desacoplamiento constante en el tiempo de los procedimientos originales de diseño. A través de la deriva práctica se explica cómo el rendimiento de cualquier sistema se aleja de forma constante de su diseño original. Cuando se diseñan los sistemas se deben resolver dos problemas: los recursos necesarios para lograr los objetivos de producción y cómo puede protegerse al propio sistema de los peligros durante las operaciones requeridas para alcanzar los objetivos de producción. Cuando se diseña un sistema de asistencia sanitaria, se deben identificar los recursos para lograr los objetivos de asistencia sanitaria y proteger el sistema de los peligros y accidentes durante las tareas a fin de obtener los objetivos. Para dar respuesta a este segundo problema se desarrollaron los SGASS.

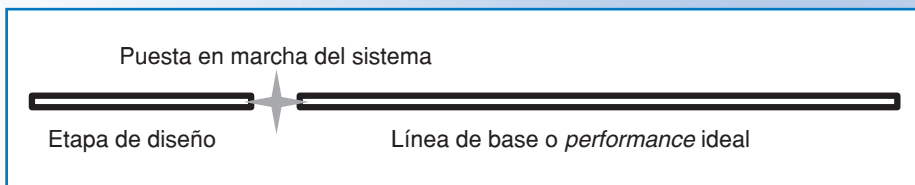
Volviendo al diseño del sistema, los diseñadores definen escenarios posibles e interacciones operacionales a los efectos de identificar los peligros y definir las defensas necesarias para lograr los objetivos definidos de producción y de asistencia sanitaria segura, esto es, la tecnología, los reglamentos y la instrucción necesaria para que las personas puedan operar adecuadamente; la tecnología, los reglamentos y los procedimientos que rigen el comportamiento del sistema. Desde la perspectiva de un SGASS y a partir del modelo del queso suizo, se identifican las defensas como las estrategias que permiten reducir el riesgo a lo más bajo posible y tan razonablemente como sea practicable: *as low as reasonably practicable* (ALARP).

El diseño inicial del sistema es una hipótesis de *performance* teórica (ideal), que se ensaya, se valida y finalmente se convierte en **un sistema operacional** con niveles de producción y seguridad aceptables. Snook llamó a esta hipótesis **línea de base global de diseño o ruta** (*global rute baseline*).

La línea de base supone que:

- Está disponible la tecnología necesaria para lograr las metas de producción del sistema.
- Las personas están capacitadas, son competentes y están motivadas para operar correctamente la tecnología, según lo previsto.
- Los reglamentos y procedimientos indicarán el comportamiento humano y del sistema.

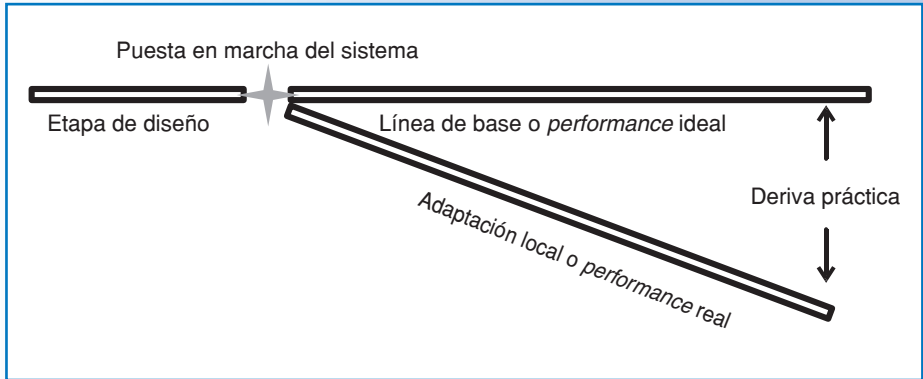
Estas suposiciones son el trasfondo del rendimiento del sistema base (o ideal) y pueden representarse gráficamente como una línea horizontal a partir de la fecha de implantación operacional, como se muestra en la figura 10.



▲ Fig. 10

*Línea de base o performance ideal.*

Sin embargo, como la realidad es más compleja, no siempre los procedimientos de diseño pueden cumplirse o la tecnología está disponible, la capacitación no es lo suficientemente necesaria, el personal no alcanza las competencias, o los reglamentos son ambiguos o difíciles de cumplir para alcanzar los objetivos de producción, surge la adaptación local o los procedimientos informales o atajos, con el propósito de alcanzar esos objetivos. Esto se grafica con una deriva en relación con la línea de base.



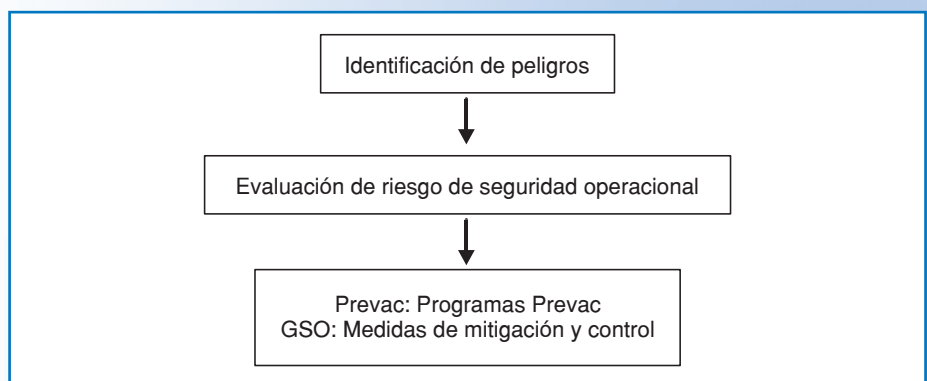
▲ Fig. 11  
Deriva práctica.

El resultado entre ambos muestra la deriva práctica entre la línea de base global y la *performance* real. Lo que significa que cuanto más se alejan las adaptaciones locales de la base de diseño, menor es el control sobre el sistema y, por ende, mayor es el peligro de tener consecuencias catastróficas.

Resumiendo, puede haber dos escenarios posibles:

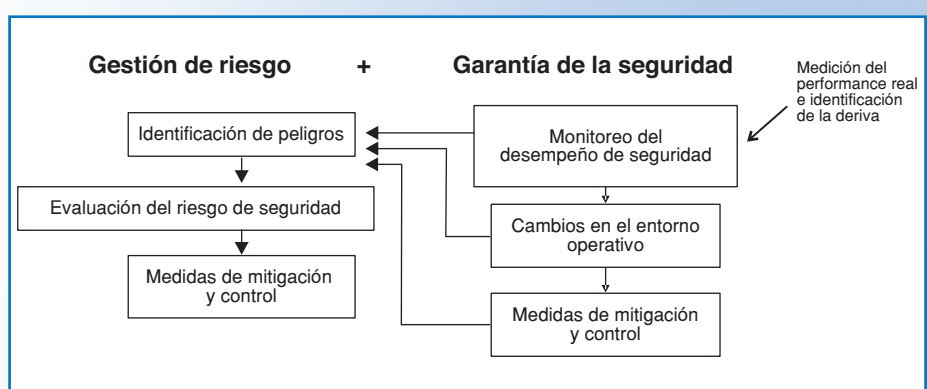
- Que **no** exista una lectura acerca de cómo funciona el sistema en la vida real, rendimiento operacional, lo que genera un alejamiento gradual del rumbo previsto, rendimiento de base, y aumenta la deriva práctica.
- Que **sí** exista una lectura acerca de cómo funciona el sistema en la vida real, rendimiento operacional, y se implementen nuevos diseños y defensas para que el alejamiento gradual del rumbo previsto, rendimiento de base, sea mínimo.

Aquí entra el SGASS. Con la incorporación de los sistemas de gestión de seguridad, la medición de la seguridad se basa no solo en el análisis de los accidentes o eventos no deseados (estrategia reactiva), sino que se suma la gestión del riesgo en el mismo diseño del sistema: identificar los peligros y definir las defensas necesarias o las medidas de mitigación (estrategia protectora), ya que como dijimos, la seguridad es contemplada desde el momento mismo del diseño del sistema de producción.



▲ Fig. 12  
*Gestión de riesgo.*

A esto se suma una **estrategia predictiva**, que resulta en medir la *performance* real en un presente cercano a través de lo que se llama la garantía de la seguridad.



▲ Fig. 13  
*Gestión de riesgo en el diseño del sistema y a través de estrategias reactivas y proactivas más garantía de la seguridad para medir la performance real.*

Se forma así un círculo virtuoso que le permite a la organización adjudicar recursos para las actividades relacionadas con la gestión de la seguridad basada en datos.

Con la lectura de la *performance* real y la garantía de la seguridad comienza el estudio de la cognición en la naturaleza, referido a la cognición humana en su hábitat natural, es decir, a la actividad humana constituida culturalmente de forma natural.

Los sistemas de gestión, a su vez, aportaron la formalización del lenguaje, así como nuevas herramientas y técnicas para la seguridad. Este enfoque ha tenido un impacto en la forma en la que hablamos de seguridad en los sistemas complejos, incluida la asistencia sanitaria.

Llegado a este punto, volveremos al caso clínico para reanalizar el accidente ocurrido en la UCI y desarrollarlo a partir de un modelo epidemiológico, alejado de la respuesta judicial y del resarcimiento económico.

## Retomar el modelo del queso suizo

A continuación, desarrollaremos los pasos por seguir.

### Primer paso

#### Identificar los factores desencadenantes

La enfermera agarró una jeringuilla con un líquido blanquecino destinada a A y la conectó a través de la bomba de infusión a una vía periférica, dando por sentado que la solución contenía lípidos. La leche entró en el torrente circulatorio del bebé y provocó su muerte.

#### Premisa del modelo del queso suizo:

El error de la enfermera no es la causa del accidente. El error de la enfermera es la consecuencia de lo anterior.

En un análisis lineal, el análisis hubiera finalizado aquí. En el modelo del queso suizo es el inicio del análisis.

### Segundo paso

#### Preguntar

¿Cuáles son las condiciones de posibilidad para que la leche (alimentación) sea conectada a una vía periférica hacia el torrente circulatorio?

Las posibles respuestas son:

- Los envases no tienen un elemento identificador (cartel o etiqueta).

- No existe un procedimiento de identificación.
- Debido a ello, los enfermeros recurren a un método informal para distinguir la vía correcta: tiran suave del cable o lo siguen con la vista.
- En los primeros días después del nacimiento del neonato, es muy común que este reciba alimentación parenteral (que va por vena). Después, se le suministra nutrición enteral (que va por sonda nasogástrica). Ambos productos son muy parecidos y tienen la misma consistencia y el mismo color blanquecino. Sin embargo, no están identificados.
- Las conexiones a la sonda intravenosa y a la nasogástrica son idénticas.
- Las vías son del mismo grosor y del mismo color; las bombas, llaves y jeringas utilizadas para ambas son las mismas.
- Escasez de personal, por lo cual un enfermero novato (sin habilitación) tiene que trabajar solo.
- La distribución del espacio de trabajo dificulta la simultaneidad en la supervisión.
- No existe un plan organizativo de contingencia frente a las emergencias.

## Explicar

La consecuencia, el factor desencadenante:

- Si los envases no están identificados.
- Si no hay un procedimiento de identificación.
- Si los líquidos son casi idénticos.
- Si las conexiones son compatibles y tienen el mismo grosor, color, bombas y jeringas.
- Si existe un procedimiento informal habitual para suplir la deficiencia de identificación.
- Si estos líquidos deben darse de forma habitual a los neonatos.
- Si la escasez de personal crea otro hábito informal como que los enfermeros en instrucción o bajo supervisión realicen tareas que no les corresponden.
- Si el lugar de trabajo dificulta la supervisión.

¿Cuál será el comportamiento más probable en una enfermera ante un caso como el de A? ¿Cuánto tiempo puede pasar sin que ocurra un accidente?

El comportamiento habitual en esa UCI era idéntico a como se venía realizando diariamente en el hospital, esto es, la *performance* real y existía evidencia de ello: en 2008, una mujer había muerto en el mismo hospital tras recibir por vena un dilatador de pupila destinado a su bebé. Un caso idéntico.

## Tercer paso

Una vez que explicamos el comportamiento de la enfermera, la descripción de la *performance* real, se buscará impactar sobre el sistema a través de recomendaciones. Las recomendaciones van todas al sistema, ya que este es el que debe modificarse.

Las recomendaciones son:

- identificar los envases con leyendas y colores
- colorear los líquidos para evitar confusiones
- diseñar conexiones incompatibles, cambio de grosor y colores distintos en bombas y jeringas
- diseñar un procedimiento de identificación de los líquidos según su leyenda y colores, y realizar un chequeo cruzado
- incrementar el personal en las salas de urgencia
- diseñar protocolos claros de funciones de un enfermero en instrucción y supervisión
- rediseñar el lugar de trabajo que permita la fácil supervisión de las tareas

## Conclusión del estudio del caso clínico

Puede verse aquí lo que hemos llamado la respuesta al accidente por la seguridad frente a la respuesta judicial económica. Al utilizar el modelo del queso suizo, se encuentran dos grandes diferencias con el análisis lineal: 1) se describe el accidente frente a identificar una causa-raíz, 2) las recomendaciones van hacia el sistema. Ninguna recomendación va hacia los trabajadores de primera línea, en este caso, los enfermeros.

*\* Esto demuestra la potencia, la mayor utilidad que tienen los análisis epidemiológicos o sistémicos en los sistemas complejos y el informe de accidentes, más allá de dar explicaciones al comportamiento humano, se convierte en una instancia pedagógica.*

**?** Actividad

*Complete el cuadro comparativo de los modelos presentados en la Unidad didáctica.*

MODELO	TIPOS Y CARACTERÍSTICAS
Herbert Heinrich y el modelo lineal de causa y efecto	
Modelos de análisis epidemiológicos, factores humanos y organizacionales	

Conclusiones

La asistencia sanitaria inmersa en los grandes cambios biosociotecnológicos de nuestra época ha evolucionado y el contexto, las demandas y la tecnología donde desarrollan su profesión los trabajadores de la salud se han transformado. Así como la Primera Revolución Industrial preparó las condiciones para que comience la historia de la ciencia de la seguridad, hoy la gestión de los riesgos de seguridad sanitaria plantea desafíos. Los nuevos tratamientos, la biomedicina, la tecnologías, etc., han hecho grandes aportes al sistema complejo de la atención sanitaria. Sin embargo, según expresa la OMS: "Debemos aceptar que la seguridad del paciente (asistencia sanitaria segura) representa un gran problema de salud pública. Los esfuerzos mundiales por reducir la carga de daños al paciente no han logrado cambios sustanciales en los 15 últimos años a pesar de los trabajos pioneros en algunos entornos de atención sanitaria. Se estima que anualmente se pierden en todo el mundo 64 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad a causa de una atención poco segura. Esto significa que los daños a los pacientes por eventos adversos es probablemente una de las 10 principales causas de muerte y discapacidad en el mundo, y la evidencia disponible sugiere que la mayor parte de esta carga recae sobre los países de ingresos bajos y medianos, donde cada año se producen 134 millones de eventos adversos relacionados con la atención sanitaria en los hospitales debido a la atención poco segura, lo que contribuye a la muerte de 2,6 millones de personas" (OMS, 2019).

Las dos primeras demandas cuando diseñamos un sistema es asegurar los recursos para la producción y que esa producción esté libre de acontecimientos



adversos. En relación con el **dilema de la seguridad** en los países de ingresos bajos y medios, la atención de calidad deficiente ocasiona costos anuales de entre 1400 y 1600 millones de dólares.<sup>4</sup> El análisis de estos valores (134 millones de eventos adversos y sus consecuencias; pérdida de 64 millones de años de vida; miles de millones de dólares de pérdida productiva, y una de las 10 principales causas de muerte y discapacidad en el mundo) nos señala que existen condiciones de diseño que se deben modificar.

Por ello, el documento 72.6 de la OMS del 28 de mayo de 2019 insta a los Estados Miembros en su punto 3 a **elaborar y aplicar políticas, leyes, estrategias, orientaciones y herramientas nacionales y a destinar los recursos adecuados, con el fin de reforzar la seguridad de todos los servicios de salud** y es aquí donde el Sistema de Gestión de Asistencia Sanitaria Segura puede brindar respuestas a los nuevos desafíos de seguridad. Un sistema que permite enunciar la política de asistencia sanitaria segura de la organización, sus procesos y procedimientos y adoptar decisiones estratégicas para **destinar los recursos adecuados, con el fin de reforzar la seguridad de todos los servicios de salud**. Un sistema basado en datos con dos componentes estructurales: la gestión de riesgos, que permite anticipar el futuro evento adverso, y la garantía de seguridad, que brinda la *performance* real en tiempo presente.

Sin caer en análisis contrafácticos y retomando el caso clínico con una SGASS, no se hubiera necesitado investigar el accidente del bebé prematuro para identificar un peligro y mitigarlo con las recomendaciones de seguridad. Porque el SGASS habría identificado el peligro en el diseño de la UCI, y si así no fuera, hubiéramos tenido la garantía de la seguridad para detectarlo o, finalmente, aprendido del evento adverso del mismo hospital y con la misma causa ocurrido un año antes (2008). No alcanza con estrategias reactivas que tomen acciones solo cuando un evento adverso ocurre. Por ello, un SGASS permite crear una cultura de seguridad, estrategias proactivas y predictivas, sistemas de notificación obligatoria y voluntaria no punitivos, y realizar el análisis de los accidentes más allá de la falla única depositada en el operador de primera línea. Estos son los nuevos requerimientos a lo que nos insta la OMS: "Promover una cultura de seguridad proporcionando una formación básica a todos los profesionales de la salud y desarrollar una cultura no culpabilizante de notificación de incidentes que afecten a los pacientes mediante sistemas abiertos y transparentes que permitan identificar y examinar los factores que causan y contribuyen a los daños –incluido el factor humano– y extraer enseñanzas al respecto... y [evitar] las culturas punitivas en las que se culpa al individuo y obstaculizan la notificación de incidentes de seguridad e impiden que se aprenda de ellos..." (OMS, 2019).

A partir del invento de la máquina de vapor, la humanidad nunca pudo ni podrá prescindir de los sistemas complejos y de las tecnologías de alto riesgo, como tampoco estará libre de sufrir eventos adversos. El accidente sistémico es, por definición, **inevitable y previsible**; por consiguiente, es necesario enfrentarlo con la mayor preparación posible y dejar de dar explicaciones simples a problemas complejos. La ciencia de la seguridad nos permite captar signos

del futuro, mensajes claros que nos instan a actuar a fin de evitar nuevas catástrofes.

## Nuestras respuestas

### Caso clínico

### Ejercicio de aplicación

Si usted puede comparar su resultado con el de otros colegas, podrá concluir que la causa-raíz es totalmente arbitraria: confusión, dar por sentado, error, no comprobar, falta de cuidado, falta de previsión, etc.

## Lecturas sugeridas

*De Keyser V. Leonova A. Error prevention and well-being at work in Western Europe and Russia, Kluwer Academic Publishers; 2012.*

*De la Poza J. Seguridad e higiene profesional. Con normas comunitarias europeas y norteamericanas. Madrid. Paraninfo; 1990.*

*Dekker S. Foundations of Safety Science A Century of Understanding Accidents and Disasters. Routledge; 2019.*

*Dekker S. Ten questions about Human Error, a new view on Human Factors and System Safety, Ashgate; 2003.*

*Heinrich HW. Industrial Accident Prevention: A Scientific Approach, Nueva York: McGraw-Hill; 1931.*

*Hollnagel E. Barriers and accident prevention, Ashgate; 2004.*

*Hollnagel E. Safety-I and Safety-II: the past and future of safety management. UK: CRC Press; 2014.*

*Hollnagel E. Barreras y prevención de accidentes. Madrid: Modus Laborandi; 2009.*

*Letayf J, González C. Seguridad, higiene y control ambiental, México: Mc Graw-Hill; 1994.*

*OACI. Documento 9859; 2018.*

*Obregón MG. Una semblanza sobre la seguridad industrial. Rev Seg Industr 2003;10(2):9-19.*

*OMS 72ª Asamblea Mundial de la Salud. Seguridad del paciente. Medidas mundiales en materia de seguridad del paciente. Informe del Director General; 2019.*

*Perrow C. Normal Accidents: Living With High Risk Technologies. Princeton University Press, Princeton: 1984.*

*Ramírez C. Seguridad industrial. Un enfoque integral. México: Limusa, 1986.*

*Reason J, Human error. Nueva York: Cambridge University Press; 1990.*

Reason J. *El error humano*. Madrid: Modus Laborandi; 2009.

Reason J. *La gestión de los grandes riesgos. Principios humanos y organizativos de la seguridad*. Madrid: Modus Laborandi; 2010.

Shafiq J, Barton M, Noble D, Lemer C, Donaldson LJ. *An international review of patient safety measures in radio-therapy practice*. *Radiother Oncol*. 2009;92:15-21.

Slawomirski L, Auraaen A, Klazina N. *The economics of patient safety: Strengthening a value-based approach to reducing patient harm at national level*. París: OCDE; 2017.

Snook SA. *Friendly fire: the accidental shootdown of U.S. Black Hawks over Northern Iraq*. Princeton University Press; 2000.

Suchman E. *A conceptual analysis of the accident phenomenon*. *Social Problems* 1961;8(3):241-53.

Vaughan D. *The Challenger Launch Decision: Risky Technology, Culture, and Deviance at NASA*. University of Chicago Press, 1996.

Vincent C, Amalberti R. *Seguridad del paciente. Estrategias para una asistencia sanitaria más segura*. Madrid: Modus Laborandi; 2015.

