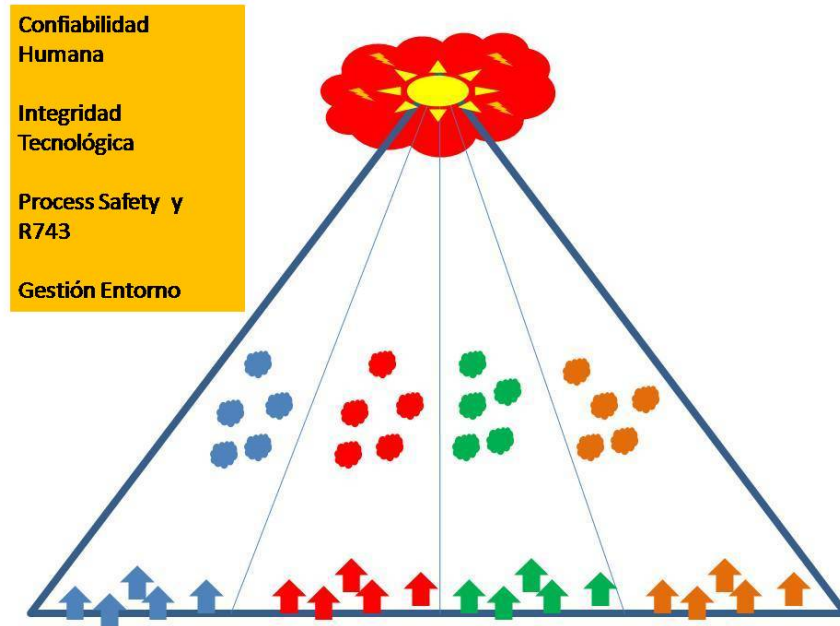


## **Desarrollo de escenarios de confiabilidad y riesgo**

(Notas tomadas del libro Integridad Tecnológica, H.E. Ecay. 2009, – HEE Consultores)

Primeramente abordaremos el tema de la creación de escenarios de confiabilidad. Los escenarios de confiabilidad son de primordial importancia para definir las condiciones tecnológicas y del contexto permitiendo de esta manera que los cálculos no sufran solapamientos ni errores en los datos utilizados. Si vamos a calcular la confiabilidad de un equipo o de un componente tecnológico, como paso inicial para definir su escenario de cálculo, tenemos que identificar el modo de falla que nos preocupa, por ejemplo, pérdida de producto al medio ambiente por una bomba centrífuga o indisponibilidad de la bomba por una falla mecánica, eléctrica o de control del proceso. Una vez definido el modo de falla debemos relacionarlo con cada uno de sus mecanismos de falla a saber: corrosión, fatiga, ampollado, sobrecarga, oxidación por temperatura, etcétera. Teniendo individualizado el modo de falla y su mecanismo de falla correspondiente el paso siguiente es construir nuestra tasa de falla. No podremos determinar la tasa de falla sin antes decidir si la misma va a representar un modo y mecanismo de falla único o varios lo que dependerá de nuestra necesidad. Una vez dirimida esta cuestión obtendremos los datos de falla que podrán provenir de nuestro sistema de mantenimiento o de valores aproximados de expertos. Los tiempos de falla, según ya se consideró, pueden o no considerar los tiempos de mantenimiento generando esto una diferencia en cuanto a si se trabajará con MTTF o MTBF. Después de todos estos planteos y antes del cálculo de la tasa de falla respectiva debemos analizar el entorno. El entorno influencia de distintas maneras la tasa de falla que pretendemos construir por eso, y para que su aplicación sea universal en nuestro escenario, deben quedar claras las condiciones ambientales de operación, los códigos de diseño, el tipo de mantenimiento que recibe, los factores de servicio, el número de equipos usados para el cálculo, etcétera. A esta altura se puede calcular una tasa de falla unívoca y bien determinada que será la base de nuestros cálculos de confiabilidad cuantitativa.

Como segundo desafío nos planteamos crear ahora escenarios de riesgo mayor. En primera instancia debemos, por métodos creativos o estructurados como son HAZOP y FMECA, identificar un Riesgo Mayor que sea posible y probable en su ocurrencia. Debemos discriminar si intervienen modos de falla tecnológicos en los niveles, equipo, control o seguridad de proceso o fallas humanas por salud, conducta o error. Las consecuencias de nuestro escenario deben ser claramente identificables y en lo posible medibles. Si el mismo está bien formulado deberá ser susceptible de recibir medidas preventivas por ocurrencia reiterada y medidas mitigantes para las consecuencias en el caso que las medidas preventivas fallen.



El pequeño casi incidente y la catástrofe comparten algo en común: la falla en la integridad tecnológica y el error humano. Si bien nuestra formación profesional nos predispone a modelar estos fenómenos en forma determinante, no podrán ser representados sin la herramienta probabilística que permita interpretar fenómenos que para el común de los hombres parecen azarosos, fatales, casuales y por lo tanto incontrolables. El hombre participa de este suceso con sus relaciones ambientales, psíquicas e interpersonales.

Los accidentes pueden también ser interpretados como la ausencia o puenteo de protecciones necesarias cuando el hombre o los activos están sujetos a actividades riesgosas. Irremediablemente, las operaciones productivas exponen a las personas y a los activos a situaciones peligrosas. Las empresas y su medio ambiente requieren formas de protección para mitigar, prevenir o eliminar los peligros, las posibles víctimas y pérdidas económicas.

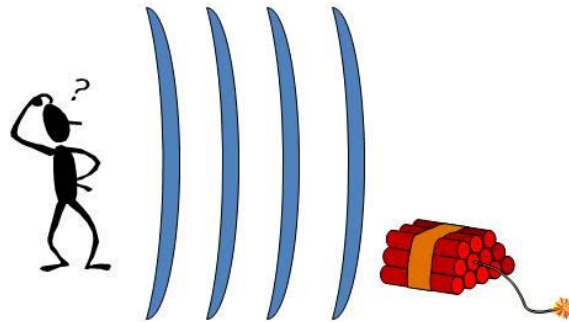
Un rasgo dominante en algunas culturas es la reactividad. Muchas veces y desgraciadamente los métodos de mitigación de los riesgos y sus factores causales son aplicados solo después de un gran evento que sensibiliza a los niveles directivos de las empresas y a los líderes de la sociedad. Es importante mencionar que en la búsqueda de estas mejoras de la seguridad se han encontrado además mejoras en la productividad y calidad de lo producido.

Las principales herramientas de protección que tenemos para estas situaciones son:

- Procedimientos de trabajo con análisis de tareas seguras, leyes, estándares y permisos
- Capacitación, educación y entrenamiento
- Limitación del número de demandas de proceso
- Gestión de los cambios y de los casi accidentes
- Supervisión, liderazgo y gestión humanos, uso de expertos
- Análisis de condiciones inseguras e investigación de incidentes
- Observaciones de comportamiento y desempeño, entrevistas

- Rediseño del puesto, incentivos y motivadores
- Control, premios, castigos, necesidades humanas y logros
- Evaluación de salud, inducción, socialización y factores culturales
- Tipos psicológicos - selección
- Métricas reactivas y proactivas
- Auditorías internas y externas y revisión de ojos fríos
- Gestión de contratistas y “safety time out”
- Tecnología (alarmas, contención, aislación del peligro)
- Redundancia humana, simulación e inteligencia artificial
- Gestión del riesgo humano, prevención y mitigación
- Utilización e interpretación del modelo del efecto domino y de los factores concurrentes

La intención de la teoría de la confiabilidad humana es ofrecer recursos defensivos y preventivos para compensar y prevenir fallas, que existirán mientras sigamos siendo humanos. También se convierte en una poderosa herramienta ética y pragmática industrial al servicio del hombre.



El objetivo principal de esta ciencia es la identificación y tratamiento de condiciones humanas, tecnológicas, de gestión y del entorno que determinan el incremento de las fallas humanas con sus incidencias en la seguridad, productividad y calidad de los procesos industriales. Entre las principales aplicaciones se encuentran:

- Capacitación al personal supervisor en la gestión adecuada de sus supervisados con respecto a minimizar el error humano.
- Capacitación a técnicos y operarios de oficinas, administración, producción, construcción y mantenimiento con miras de tomar mejores decisiones en el “día a día” mejorando su relación con el trabajo.
- Identificación de situaciones operativas y tecnología que predisponen al hombre a equivocarse.
- Análisis de áreas de los procesos de trabajo donde se cometan mayor cantidad de errores (hot spots) que impacten sobre la calidad, seguridad o productividad.
- Análisis de los escenarios de riesgo humano altos, medios y bajos, desarrollando estrategias para prevenir, eliminar o mitigar los mismos.

- Identificación de las debilidades en el personal operativo por medio de reuniones de seguridad y observaciones en las tareas; mejoría de las debilidades detectadas mediante muestras de distintos equipos de trabajo y preparación de un plan de capacitación incorporando nuevos conocimientos que se crean necesarios para fortalecer el desempeño con posterior evaluación del aprendizaje.
- Identificación y recuperación del personal con mal desempeño frente al error (malos actores).
- Desformalización y mejora de la integridad de la cultura operativa y del uso de herramientas conductuales. Análisis de la efectividad de las gestiones de cambio.
- Identificación de patrones comunes de solución por medio del estudio del tipo de error dominante.
- Estudio de las demandas de proceso en su entorno con origen en emergencias o interrupciones y estilos de gestión inadecuados con sus posibles mejoras.
- Identificación de problemas actitudinales y rasgos culturales significativos que incidan negativamente sobre la confiabilidad humana.
- Desarrollo de tasas de fallas cuantitativas y parámetros de confiabilidad con miras a monitorear las evoluciones de posibles tratamientos.
- Identificación de problemas estructurales que estén afectando indirectamente la confiabilidad humana.
- Trabajo en la inducción y socialización de recursos humanos así como en la identificación de riesgos inducidos por indisponibilidad humana en momentos claves.

En la integración de la arquitectura de un determinado sistema de seguridad o de toma de decisiones, donde el hombre y los servomecanismos en forma combinada son responsables de un dado parámetro o variable del proceso, el hombre será considerado un block con una tasa de falla asignada al igual que los restantes componentes no biológicos del arreglo técnico en cuestión.

Si bien el hombre puede controlar más de un lazo de seguridad o control los sistemas inanimados también pueden hacerlo, y en cada caso particular se evaluará la confiabilidad del sistema bajo estudio aplicando las tecnologías de árboles de falla, árboles de eventos y teoría del riesgo. La tecnología actual sobre la medición de la confiabilidad humana con el apoyo del entrenamiento (bancos de simulación), verificación, calificación, auditoria y validación permite este logro.

La primera pregunta que acude a nuestra mente es cuán eficiente y eficaz es su intervención y hasta qué punto se debe avanzar en la conformación de los sistemas operativos y de seguridad en las plantas industriales, equipamiento de transporte, etc. No hay duda que debe existir un determinado balance óptimo en la integración de lo humano y lo tecnológico. Debemos con el soporte de la confiabilidad humana esforzarnos por encontrarlo e implementarlo.

Los factores humanos que influyen al momento de tomar una decisión dependen de un gran número de condicionamientos. Estos factores son de diferente índole y de gran importancia. La incorporación del ser humano en un sistema automático conformado por series de equipos que están interrelacionados lógicamente y en forma secuencial también es esencial. El hombre provee una impronta típicamente humana que mejora el sistema por complementación con el automatismo. Lo paradójico resulta de admitir que el hombre en si mismo, afectable por cansancio, aburrimiento, tedio, sopor, miedo a la decisión, etcétera, logra, combinado con sistemas automáticos en forma inteligente y específica, una mejor confiabilidad del sistema en análisis, optimizando la ingeniería del riesgo.

Ubiquemos la situación en una sala de control de procesos automáticos de una planta de proceso continuo distribuida por el mundo. Las variables de proceso críticas que son controladas por un lazo de control automático pueden variar según el tipo de planta entre 100 y 350 variables. Cada una de ellas conforma un lazo de control que a su vez contiene un determinado número de componentes electromecánicos y químicos.

Cada variable a la que hemos hecho referencia puede descontrolarse (derivar fuera del rango de valor aceptable) como consecuencia de fallas en la cadena de eslabones que integran el lazo. Del mismo modo, la falla puede provenir de fallas intrínsecas de equipos rotativos o estáticos que colapsan. Frente a esta problemática la ingeniería de proyecto debe prevenir la situación con primera y/o segunda alarma y finalmente con un sistema de seguridad o morigeración. En esta etapa la conducción del evento se confía al operador del sistema que con conocimiento, habilidad y decisión transfiere el automatismo a control manual y opera el sistema de la mejor manera posible.



La actuación de un sistema de seguridad siempre debe tratar de evitarse, ya que su propia acción (última solución) implica un riesgo en si mismo. El paso a control manual de una variable inestable o descontrolada se resuelve en una etapa preventiva por medio de un operador (susceptible al error, problemas conductuales e indisponibilidad). Un ejemplo muy significativo en donde la capacidad humana se muestra con toda claridad es en procesos complicados continuos, donde los sistemas automáticos son más seriados que paralelos, y las variables individuales de los diferentes equipos que componen el proceso tienen efectos mutuos. Dependerá de la capacidad del operador (humano) correlacionar variables y descubrir incoherencias entre sus valores, pudiendo deberse a indicaciones de instrumentos erradas, fallas de otros equipos interrelacionados o defectos de calibración. La capacidad de un operador para relacionar el comportamiento contagioso de varias variables del proceso y poder diagnosticar donde está la causa primaria es una función extremadamente difícil para ser automatizada, a esto se agrega la creatividad para salvar el problema y defender la planta de la mejor manera posible. Un operador o conductor de un proceso, convenientemente capacitado y entrenado, puede descubrir fallas que son comunes a un determinado arreglo redundante, especialmente si todos los componentes que forman la arquitectura del sistema están basados en el mismo principio físico funcional.



Esta propiedad de razonar en forma lógica con creatividad es una de las grandes fortalezas de integrar la acción humana a los automatismos complejos. El colapso de un equipo (falla inesperada de muy baja probabilidad y alta consecuencia) con pérdidas de gases, líquidos (combustibles y tóxicos) más pesados o livianos que el aire, condiciones climáticas aleatorias, gran riesgo de explosión o toxicidad requiere de la toma de decisiones rápidas y acertadas, por lo que no hay nada mejor que el buen criterio humano apoyado en una muy buena capacitación y entrenamiento. La coordinación de Defensa Civil y accionamiento de todos los “LOP” (capas de protección) requiere de acertadas decisiones humanas para facilitar la ayuda externa.

Es posible también imaginar un sistema auxiliar extremadamente complejo que esté programado para diagnosticar fallas o dar consejos operativos, una especie de robot (computacional) que sirva de apoyo al operador que enfrenta una situación que lo supera en conocimientos para tomar una decisión acertada. La cantidad de información que debería concentrar desde los equipos de proceso y variables físicas o químicas que vienen del campo para su registración sería inmensa y la inteligencia de programación respetable, debido a la enorme cantidad de probabilidades de diferentes combinaciones de eventos indeseables posibles.

No se puede afirmar que esto sea una imposibilidad considerando el avance tecnológico actual, pero razones prácticas y económicas obvias como así también la dificultad de dotar a tal sistema de la confiabilidad que los códigos internacionales exigen a través de sus valores de tolerancia a la falla de la integridad de los sistemas de seguridad, son razones suficientes para afirmar que la incorporación humana verificada y validada es irremplazable como partícipe de los sistemas de seguridad del mismo modo que los automatismos lo son por razones de los límites biológicos del hombre (velocidad, precisión, cansancio, etcétera).

Por lo tanto, cada proceso interpretado en su forma más amplia (proceso industrial, sistema de transporte, generación de energía, etcétera) se corresponde con un sistema de seguridad en que participa el factor humano y robótico complementando arquitecturas de falla que cumplimentan las tolerancias de riesgo que exigen los códigos y su poder de policía frente al avance de la civilización.

En síntesis, gerenciar la confiabilidad humana en este contexto, significa evaluar (capacitando, entrenando, verificando y validando) los factores cualitativos que deben ser mejorados, teniendo siempre en cuenta el sistema en el cual se insertará al hombre y los valores cuantitativos que resulten de incorporar los automatismos que completan el sistema tecnológico-humano. Los códigos internacionales modernos British Standards, IEC, API entre otros, no solo incluyen y regulan la incorporación del factor humano, sino que establecen tablas con las tasas de falla (error humano) para su evaluación.

Debemos entender al hombre como un componente más dentro de la arquitectura de un sistema de seguridad y adjudicarle la porción de mejorabilidad del riesgo industrial correspondiente.

La teoría de la confiabilidad y la teoría del riesgo no han sido modificadas en sus fórmulas fundamentales y bases de cálculo al agregarse la confiabilidad humana como un componente a integrar. Lo que si se ha modificado es la necesidad de evaluar la tasa de falla humana que no se obtiene solamente de las tablas de los estándares sino que requiere de una valoración del nivel de gerenciamiento y organización empresarial. Como ya se dijo, la variabilidad de las tasas de falla humana es muy grande en función de múltiples factores y no presentan la simpleza de obtención de las tasas de falla de los sistemas no biológicos.