SEGURIDAD FUNCIONAL EN INSTALACIONES DE PROCESO

Sistemas Instrumentados de Seguridad y Análisis SIL

Coordinadora:
Inmaculada Fernández de laCalle

Autores:
Alfonso Camacho López ● Inmaculada Fernández de la Calle ● Carlos Javier Gasco Lallave ● Ana María Macías Juárez ● Mª Ángeles Martín Hernández ● Gabriela Reyes Delgado ● Julio Rivas Escudero

DIAZ DE SANTOS

ISA Sección Española

ACERCA DE LOS AUTORES

A

COORDINADORA

Inmaculada Fernández de la Calle

Licenciada con Grado en Ciencias Químicas en la Universidad Complutense de Madrid en la Especialidad de Química Industrial. Experta en Seguridad Funcional con certificación vigente (CFSE).

Amplia y reconocida experiencia en Instrumentación y en Seguridad Funcional, actualmente trabaja en Técnicas Reunidas, S.A. como líder de especialidad, desarrollando además Guías de Cálculo e Instrucciones de Trabajo relacionadas con la Seguridad Funcional y Válvulas, tanto de control todo nada como de seguridad. Durante cinco años estuvo vinculada a Intecsa Industrial.

Realiza labores docentes tanto en su empresa como en ISA España, impartiendo el curso sobre Válvulas de Seguridad y Dispositivos de Alivio. Es miembro de ISA España y participa activamente en las reuniones técnicas.

Es la coordinadora de esta obra y ha escrito además los capítulos **9** (Lógica del sistema instrumentado de seguridad), **10** (Desarrollo de las especificaciones de seguridad-SRS), **11** (Diseño conceptual del SIS de cada función) y **12** (Diseño de detalle del SIS).

AUTORES

Alfonso Camacho López

Ingeniero Técnico. Amplia y reconocida experiencia en Instrumentación, Automatización y Control de Procesos Químicos, Sistemas de Control Distribuido y Sistemas Instrumentados de Seguridad en Refinerías de Petróleo, Plantas Petroquímicas y Central Nuclear.

Ha desarrollado su carrera profesional trabajando en el mantenimiento de instrumentación, en el diseño de la instrumentación y el control de unidades de procesos en empresas de ingeniería. Ha sido responsable de la organización y supervisión del montaje, de las pruebas y de la puesta en marcha de múltiples unidades de procesos en plantas petroquímicas.

Profesor en el Máster de Instrumentación y Control de Procesos de ISA/Repsol.

Ha escrito el Capítulo **8** (Elementos de campo del sistema instrumentado de seguridad).

Inmaculada Fernández de la Calle

Licenciada con Grado en Ciencias Químicas en la Universidad Complutense de Madrid en la especialidad de Química Industrial. Experta en Seguridad Funcional con certificación vigente (CFSE).

Amplia y reconocida experiencia en Instrumentación y en Seguridad Funcional, actualmente trabaja en Técnicas Reunidas, S.A., como líder de especialidad, desarrollando además Guías de Cálculo e Instrucciones de Trabajo relacionadas con la Seguridad Funcional y Válvulas, tanto de control todo nada como de seguridad. Durante cinco años estuvo vinculada a Intecsa Industrial.

Realiza labores docentes tanto en su empresa como en ISA España, impartiendo el curso sobre Válvulas de Seguridad y Dispositivos de Alivio. Es miembro de ISA España y participa activamente en las reuniones técnicas.

Es la coordinadora de esta obra y ha escrito además los Capítulos **9** (Lógica del sistema instrumentado de seguridad), **10** (Desarrollo de las especificaciones de seguridad-SRS), **11** (Diseño conceptual del SIS de cada función) y **12** (Diseño de detalle del SIS).

Carlos Javier Gasco Lallave

Licenciado en Ciencias Físicas por la UNED en la especialidad de Física Industrial y Experto Universitario en Regulación y Control de Procesos Industriales por la Universidad Politécnica de Madrid.

Ha desarrollado su profesión en el sector petroquímico, enfocándose en el entorno de la Seguridad de Proceso, como experto en Sistemas Instrumentados de Seguridad y Atex, y compagina su actividad profesional con el mundo universitario y de la enseñanza, donde realiza actividades docentes como profesor en el Máster "Química en la Industria", de la Universidad Rovira y Virgili de Tarragona y es responsable de Formación y vocal de Cataluña de ISA-España.

En su carrera profesional ha participado en proyectos internacionales como Ingeniero de Instrumentación en Initec Industrial, del grupo Técnicas Reunidas y ha sido parte activa en la implementación de estos sistemas en Dow Chemical Ibérica (España y Portugal) como SIS Coach.

Actualmente es uno de los responsables de la gerencia de Seguridad Funcional en un gran proyecto.

Ha escrito los Capítulos **2** (Legislación, estándares y normativas), **3** (Capas de protección en instalaciones de proceso), **14** (Mantenimiento y explotación del SIS) y **15** (Modificaciones del SIS).

Ana María Macías Juárez

CEO de Maja Consulting Group. Ingeniero Industrial del Instituto Tecnológico de Boca del Río, especialista en Seguridad Funcional para la industria de procesos del sector hidrocarburos con quince años de experiencia en Análisis de Riesgo del Proceso, Determinación de funciones de seguridad y asignación de SIL objetivo. Ha publicado artículos de seguridad y de alarmas críticas en Intech-ISA/México. Ha impartido múltiples cursos para el sector energético y ha sido líder de proyectos de seguridad para centros de investigación y tecnología en México.

Ha escrito los Capítulos **5** (Diseño conceptual) y **17** (Caso práctico).

Mª Ángeles Martín Hernández

Ingeniera Técnica Industrial, especialista Senior en Sistemas de Control y de Seguridad, experta en Seguridad Funcional Certificada (CFSE), trabaja desde el 2003 en el departamento de Control Avanzado e Instrumentación de la Dirección de Ingeniería-Dirección Técnica de Repsol.

Ha trabajado en Empresarios Agrupados en ingeniería para el mantenimiento eléctrico de la central nuclear de Almaraz desde 1989 hasta 1992. En Técnicas Reunidas S.A. desde 1993 al 2003, en el departamento de Sistemas para la Automatización de Procesos Industriales y en el departamento de Instrumentación y Control.

Ha escrito el Capítulo **13** (FAT, instalación, comisionado y validación del SIS).

Gabriela Reyes Delgado

Jefe de Área de Seguridad de Procesos de la División de Seguridad Industrial de Inerco, S.A. Ingeniero Industrial Especialidad Química y Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales, especialidades Seguridad, Higiene y Ergonomía.

Ha trabajado en Inerco desde el año 2000 y cuenta con una dilatada experiencia en la aplicación de la metodología Hazop (*Hazard and Operability Study*) y Análisis SIL de acuerdo a las Normativas ANSI/ISA-S84.01-1996 e IEC 61508/61511 sobre Seguridad Funcional, así como en la aplicación de otras metodologías de identificación de riesgos, en nuevos proyectos e instalaciones existentes de las principales empresas del sector del refino, petroquímico y del gas, y en general del sector industrial, tanto a nivel nacional como internacional.

Dispone de una experiencia contrastada en docencia sobre Análisis de Riesgos Industriales, habiendo impartido ponencias sobre Estudios Hazop y Análisis SIL en numerosos cursos, así como en publicación de artículos sobre la materia en distintas revistas especializadas.

Ha escrito los Capítulos **6** (Análisis de Riesgos de Procesos), **7** (Metodologías para la determinación del índice SIL) y **16** (Gerencia de la seguridad funcional) y desarrolló el borrador del Índice de este libro.

Julio Rivas Escudero

Asesor de Grandes Proyectos en la Refinería de Somorrostro de Petronor.

Ingeniero eléctrico. Ha desarrollado su carrera profesional en Petronor. Anteriormente ha sido Jefe de Instrumentación y Electricidad de Mantenimiento y Jefe de Instrumentación de Ingeniería. En los años 90 lideró el proyecto de Reinstrumentación y Digitalización de la refinería y ha estado involucrado en numerosos proyectos de control avanzado. Jefe del Departamento de Control Avanzado y Sistemas de Producción en la Refinería de Somorrostro de Petronor durante quince años (1992-2007). Miembro de ISA España, perteneció a su comité ejecutivo durante seis años, de los que tres fue Presidente.

Profesor y asesor del Máster de "Instrumentación y Control de Procesos de ISA/Repsol" en los aspectos de Seguridad Industrial.

Ha escrito los Capítulos **1** (Introducción a los sistemas instrumentados de seguridad) y **4** (Introducción al ciclo de vida de los sistemas instrumentados de seguridad). Además de él partió la idea del libro y de su empuje inicial.

PRESENTACIÓN

Me corresponde el honor de presentar este libro sobre Sistemas Instrumentados de Seguridad, que esperamos sea el primero de una serie de libros técnicos en español publicados por la Sección Española de lSA.

ISA, International Society of Automation, es una organización internacional sin ánimo de lucro, formada por profesionales del ámbito de la instrumentación, el control de procesos y otros campos de la automatización.

La Sección Española de ISA se fundó en 1998 y, en pocos años, se ha convertido en referente europeo por la calidad y número de actividades que realiza, entre las que destacan las reuniones técnicas, los cursos de formación y el prestigioso Máster en Instrumentación y Control de Procesos. Con este libro, inauguramos una actividad que nos ilusiona particularmente: la edición de libros técnicos.

Para la elaboración de este libro se ha reunido a un magnífico grupo de profesionales con gran experiencia en el área de la Seguridad Funcional. Cada uno ha aportado su conocimiento y experiencia, de forma que la obra representa un completo análisis teórico y práctico.

Hemos pretendido crear un libro útil para todos los interesados en la Seguridad, tanto estudiantes como profesionales y así cumplir con la misión fundamental de ISA: fomentar y divulgar el conocimiento en el área técnica de la automatización para ayudar a los profesionales del sector a resolver sus problemas técnicos, a mejorar sus conocimientos y capacidad de liderazgo y favorecer en general su desarrollo profesional.

Finalmente, quiero agradecer a todos los que han contribuido a que este libro haya salido a la luz. De forma especial a Inmaculada Fernández, por su eficaz labor de coordinación general de la obra, fundamental para lograr que todo el libro tenga continuidad, un estilo único y coherencia, a pesar de estar realizado por diversos autores. A los autores y revisores de los distintos capítulos, por su esfuerzo, robando muchas veces tiempo de su vida personal. Y a Francisco Díaz-Andreu y Manuel Bollaín por su trabajo y empuje para lograr que, finalmente, este libro haya podido ser una realidad y sentar las bases para futuros proyectos.

Esperamos haber cumplido nuestro objetivo.

Francisco Javier Calmuntia Arroyo
Presidente de la Sección Española de ISA

PRÓLOGO

"Cuando conocemos, pues, que algo sucede, siempre estamos presuponiendo que algo antecede y que a ese algo sigue lo que sucede conforme a una regla"

Critica de la Razón Pura- Inmanuel Kant.

Este libro surge como respuesta a la necesidad creciente de encontrar respuesta en español a un tema tan nuevo y tan integrado en el sector de Procesos como es el de los Sistemas Instrumentados de Seguridad.

Cuando se gestó la idea de escribir este libro, asumimos el reto que se nos planteaba de ser los pioneros, de dar las explicaciones a nuestro modo, desde nuestra experiencia, plasmando las dificultades que a lo largo de estos años nos hemos ido encontrando, y llegar a todos los que formamos este gran sector, desde el consultor hasta el usuario final, en nuestro idioma.

Es un libro de estudio y de consulta que recorre paso a paso todos los aspectos del ciclo de vida de seguridad, basándonos en los estándares europeos IEC-61508 e IEC-61511 y la normativa americana ISA-84.00.01.

Comenzamos por desarrollar la normativa aplicable, la que es de obligado cumplimiento y la que se recomienda utilizar en su defecto.

Pasamos al estudio de las capas de protección, las que son IPL, los créditos asociados (o su factor), recorriendo también sus tipos.

Estudiamos de manera global el ciclo de vida de la seguridad, el diseño conceptual, los documentos que se originan en cada etapa del proyecto, qué información proporcionan, y cómo se utiliza esa información

Estudiamos los diferentes métodos de análisis de riesgos, así como los de asignación de SIL.

Analizamos la instrumentación de campo y la lógica con respecto a la seguridad funcional, los tipos de instrumentos, su instalación, y su mantenimiento.

Desarrollamos en el Capítulo 10 la *Especificación de seguridad* (SRS), incluyendo un formato recomendado, incluyendo además qué información debe recoger cualquier especificación de seguridad.

En el Capítulo 11 incluimos el detalle de cada *Función instrumentada de seguridad* (SIF), cómo se verifica una SIF, qué aspectos hay que considerar en su verificación, las distintas arquitecturas y su influencia en los resultados de *probabilidad de fallo en demanda* (PFD), *disponibilidad* (A) y *fiabilidad* (R).

Pasaremos a ver el detalle del SIS, qué consideraciones hay que tener en el diseño: los baipases, consideraciones ambientales, minimización de los fallos con causa común.

En el Capítulo 13 desarrollamos la instalación, comisionado y la validación del SIS, y en el apéndice incluimos listas de chequeo para cada uno de los aspectos que hay que comprobar.

En los Capítulos 14 y 15 pasamos por las tan importantes pruebas manuales incluyendo ejemplos de procedimientos de mantenimiento y de operación y la gestión de los cambios en el SIS.

Incluimos también un capítulo sobre gerencia funcional, identificando las actividades de gestión necesarias para asegurar que se cumplen los objetivos de la seguridad funcional.

En el Capítulo 17 hemos desarrollado un ejemplo práctico del ciclo de vida de seguridad aplicada a una SIF en una torre de absorción del proceso de desulfuración.

Al final de cada capítulo hemos añadido dos apartados importantes:

- CONSEJOS PRÁCTICOS
- PARA NO OLVIDAR

De manera que sea más fácil fijar los conocimientos que se desarrollan y que hemos querido transmitir.

Para finalizar, se incluyen dos anexos:

- Glosario de términos y acrónimos.
- Referencias bibliográficas.

Es por lo tanto un libro global sobre Seguridad Funcional basado en los estándares internacionales y en nuestra propia experiencia.

Inmaculada Fernández de la Calle
(Coordinadora de la obra)

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS INSTRUMENTADOS DE SEGURIDAD (SIS)

Julio Rivas Escudero

SUMARIO: **Introducción. Necesidad y ámbito de aplicación de un SIS. Terminología y definiciones más importantes.** ***Para no olvidar. Consejos prácticos.***

1.1. INTRODUCCIÓN

Cuando un accidente ocurre, es debido normalmente a una serie de causas o sus combinaciones que producen un evento peligroso.

En la industria están implementados los Sistemas de Parada de Emergencia (ESD) para la protección a los seres humanos, al medio ambiente y a los equipos. No es por lo tanto un concepto nuevo, lo que sí es novedoso, es la forma de tratarlo, es decir, los sistemas de parada de emergencia van a disponer de un ciclo de vida, que denominaremos Ciclo de Vida de Seguridad, que empezará en su etapa de definición y acabará en la desmantelamiento.

La variedad de nombres asignados a los Sistemas de Parada de Emergencia parece algo ilimitado: Sistema de Enclavamientos (IS), Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS), Sistema de Parada de Emergencia (ESD), etc.

Dentro de la Industria de Proceso, el debate continúa sobre el significado de cada uno de ellos. Incluso en el Comité ISA SP84 hubo discusiones continuas (y cambios frecuentes) sobre la terminología, definición y significado de cada uno de esos términos.

No obstante la confusión en la industria va más allá del propio significado, afecta al propio diseño, instalación, puesta en marcha, mantenimiento, modificaciones, etc. de estos sistemas. Así, nos encontraremos con muchos ejemplos y preguntas que no son fáciles de responder o que la respuesta no es la misma, dependiendo de la norma, estándar o persona que la dé. A título de ejemplo se exponen algunas dudas típicas:

1.1.1. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA A UTILIZAR

¿Qué tecnología deberá ser usada: relés, estado sólido, microprocesador (PLC)? ¿Depende dicha selección de la aplicación?

Los relés son todavía usados en pequeñas aplicaciones pero ¿diseñaría un sistema de 500 entradas/salidas con relés? ¿Es económico diseñar un sistema con 20 entradas/salidas con PLC redundantes?

Algunos prefieren no usar sistemas basados en software en aplicaciones de seguridad. ¿Es una buena recomendación?

1.1.2. SELECCIÓN DE REDUNDANCIA

¿Cómo de redundante debería ser diseñado un sistema instrumentado de seguridad?

¿Depende de la tecnología o del nivel de riesgo?

Si la mayoría de los sistemas basados en relés son simples, ¿por qué son tan populares, actualmente, los sistemas programables de triple redundancia?

1.1.3. ELEMENTOS DE CAMPO

¿Deberían los elementos sensores iniciadores ser de tipo transmisor o interruptor (*switch*)? Si usamos transmisores, ¿analógicos o digitales?

¿Redundancia o no en los elementos de campo? ¿Pueden usarse los mismos elementos de campo para enclavamientos y para control?

¿Frecuencia de prueba de dichos elementos?

Un objetivo de este libro es tratar de dar respuestas a estas preguntas y de clarificar la confusión general que sobre estos sistemas se está produciendo.

1.2. NECESIDAD Y ÁMBITO DE APLICACIÓN DE UN SIS

Los accidentes industriales raramente suceden por una sola causa. Lo normal es que sean consecuencia de una combinación de eventos poco comunes que se piensa son independientes y que no deberían suceder al mismo tiempo. Tomad, como ejemplo, el peor accidente químico ocurrido hasta la fecha que tuvo lugar en Bhopal (India) en una planta de pesticidas. Unas 3.000 personas murieron de inmediato y al menos 12.500 fallecieron en las semanas posteriores por inhalar gas y beber agua contaminada. Desde entonces se estima que unas 25.000 personas han perdido la vida por las secuelas y unos 150.000 están afectados de alguna manera.

Ocurrió de esta manera:

El material que fugó en dicha planta fue *isocionato de metilo* (MIC). Dicha fuga (del orden de 40 toneladas) se produjo en un tanque de almacenamiento que *contenía más cantidad* de lo que establecían los *procedimientos de seguridad de la compañía.*

Los procedimientos de operación establecían asimismo usar un sistema de refrigeración para mantener la *temperatura en el producto* de dicho tanque en 5 ºC disponiendo de una *alarma* cuando la temperatura subiese de 11 ºC.

El sistema de refrigeración estaba desconectado, el MIC se había almacenado a una temperatura cercana a los 20ºC y se había reajustado la alarma a 20 ºC.

Un trabajador fue comisionado para lavar con agua unas tuberías y filtros que se encontraban obstruidos. El agua pasó al tanque de almacenamiento del MIC a través

de la fuga de una válvula produciéndose una reacción violenta con gran producción de gases.

Los medidores de presión y temperatura del tanque que indicaban la situación anormal no fueron tenidos en cuenta al pensar que eran imprecisos.

El separador/lavador de venteo de gases a antorcha que podía haber neutralizado la fuga estaba fuera de servicio por estar suspendida la producción de MIC y pensar que no era por tanto necesario.

Asimismo la propia antorcha que podría haber quemado parte de dichos gases estaba fuera de servicio por mantenimiento.

Finalmente hubo una serie de acontecimientos y errores en los planes de emergencia que completaron el fatal escenario de dicho accidente.

Por lo explicado anteriormente, queda claro que los accidentes suelen ser una combinación de raros eventos que se suelen asumir como independientes y de difícil coincidencia en el tiempo. Uno de los métodos de protegerse contra ellos es implementando múltiples e independientes capas de protección que hagan más difícil que dichos eventos deriven a condiciones peligrosas.

Es por tanto fundamental que desde el inicio de un proyecto y en su etapa de explotación y mantenimiento se dispongan de dichas capas de protección perfectamente estructuradas, sujetas a procedimientos y mantenidas con una idea muy simple:

"No poner todos los huevos en la misma cesta".

En el Capítulo 3 de este libro se explicarán con detalle cada una de las capas de Protección tanto las de tipo preventivo como las de mitigación.

De manera general, las primeras son aquéllas diseñadas para prevenir y anticiparse a que un determinado peligro pueda ser efectivo y llegue a darse. Son las que se aplican en primer lugar, y las más importantes son:

- Diseño de planta.
- Sistemas de control.
- Sistemas de alarmas.
- Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS).

Las segundas son aquéllas que se diseñan para paliar o limitar las consecuencias de un suceso una vez que este realmente ha sucedido. Las más importantes son:

- Sistemas de fuego y gas.
- Sistemas de contención.
- Planes de emergencia.

Como se puede constatar, los Sistemas Instrumentados de Seguridad constituyen la última capa de seguridad preventiva y ahí radica su gran importancia y necesidad dentro de la Seguridad Industrial de las Industrias de Proceso.

Conviene, no obstante, clarificar la diferencia existente entre lo que es de obligado cumplimiento por ley y lo que es una buena práctica de diseño y trabajo recogido en especificaciones, estándares y normas. También decir que lo que puede ser obligatorio en un país (ejemplo: EE UU), puede no serlo en otros o viceversa. Esto se verá con detalle en el Capítulo 2, pero incluimos aquí algunas ligeras pinceladas.

En la Unión Europea y como es lógico en España, *lo obligado por ley* se recoge en Directivas y su transposición a reales decretos.

Un ejemplo (entre muchos) es la Directiva 96/82 CE (9/12/96) llamada Seveso II y su traslado al RD 1254/1999 (16 Julio 99) de "Prevención de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas". También está en este caso la Directiva ATEX.

Referente a los sistemas instrumentados de seguridad (SIS) "no" hay ninguna directiva ni RD que obligue a su cumplimiento (pero sí que existen estándares europeos, como por ejemplo la EN-746-2 que obliga a un determinado SIL en algunos lazos de seguridad, estableciendo además el intervalo de pruebas y la arquitectura que debe ser implementada).

Existen estándares y normas cuyo cumplimiento se considera recomendable y con visión de futuro deberá ponerse en práctica en los Proyectos y Modificaciones ya que, como en otros campos, finalmente aparecerá la directiva que obligue a su cumplimiento.

Centrándonos en el tema de los SIS, como hemos anticipado, se cubrirán en el Capítulo 2, de forma detallada, todo lo relativo a legislación y normativas existentes. A modo de preámbulo, y para completar este apartado, se describe lo más relevante de los dos organismos internacionales que disponen de los estándares que son la base de todo lo relacionado con los SIS:

1.2.1. ANSI/ISA

En primer lugar está la ISA (Sociedad Internacional de Automatización). El estándar de ISA relacionado con los SIS es el ANSI/ISA 84.01, denominado "Aplicación de SIS para las Industrias de Proceso".

El ISA SP84 (Comité de estándares y prácticas nº 84) ha trabajado muchos años en la elaboración y desarrollo de este estándar. Inicialmente, estaba dirigido direccionado solo a los sistemas que efectuaban las funciones lógicas y con posterioridad se incluyeron los elementos de campo. El documento ha sufrido muchos cambios a lo largo del tiempo y su futuro a largo plazo está condicionado al desarrollo del estándar IEC 61511.

El primer documento fue editado en 1996 (actualmente está el de 2004) y ya que dentro de la IEC está representando a EE UU el ANSI (Instituto Nacional de Estandarización Americano), este Instituto soportará el estándar IEC 61511 y podrá reemplazar al ANSI/ISA S84.01. En cualquier caso, al día de hoy el ISA 84.01/2004 es básicamente idéntico al IEC 61511 con la inclusión de una cláusula de salvaguarda (*abuelo-grandfather*) que afecta a modificaciones en instalaciones existentes y que básicamente dice lo siguiente:

"Para los sistemas instrumentados de seguridad existentes (SIS), diseñados y construidos de acuerdo con los códigos, normas, prácticas con anterioridad a la emisión de esta norma (por ejemplo, ANSI/ISA 84.01-1996), el propietario / operador de la planta debe determinar y documentar que el equipo está diseñado, mantenido, inspeccionado, probado y funciona de una manera segura".

1.2.2. IEC

IEC (International Electrotechnical Commission) tiene dos estándares relacionados con los sistemas instrumentados de seguridad:

- IEC 61508 "Seguridad Funcional: sistemas relacionados con la seguridad" que afecta a todo tipo de industrias y que se usa básicamente por fabricantes y suministradores. IEC formó posteriormente un grupo de trabajo para desarrollar un documento específico de SIS para el sector de las industrias del proceso y aplicable, no solo a fabricantes y suministradores, sino también a diseñadores, integradores y usuarios. El estándar se denominó IEC 61511 "Seguridad Funcional: SIS para el Sector de la Industria del Proceso" que debe ser usado como complemento del IEC 61508.
- IEC 61511 es una norma técnica que establece las prácticas en la ingeniería de sistemas que garantizan la seguridad de un proceso industrial mediante el uso de la instrumentación. Estos sistemas se denominan *sistemas instrumentados de seguridad.* El título de la norma es "seguridad funcional - sistemas instrumentados de seguridad para el sector de la industria de procesos".

El sector de la industria de procesos incluye muchos tipos de procesos de fabricación, tales como refinerías, petroquímicas, químicas, farmacéuticas de pasta y papel, energía, etc. El estándar del sector proceso no se aplica a las instalaciones de energía nuclear o reactores nucleares. IEC 61511 cubre el uso de equipos eléctricos, electrónicos y electrónicos programables. Mientras IEC 61511 es aplicable a los equipos que utilizan sistemas hidráulicos o neumáticos para manipular elementos finales, el estándar no cubre el diseño e implementación de la lógica neumática o hidráulica.

Esta norma define los requisitos de seguridad funcional establecida por la norma IEC 61508 en el sector de las industrias de proceso. IEC 61511 centra la atención en un tipo de sistema instrumentado de seguridad utilizado en el sector de proceso, el denominado Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS). La Norma no establece requisitos de otros sistemas de seguridad instrumentados, tales como sistemas contra incendios y de gas, sistemas de alarmas, etc.

El organismo europeo de normalización, CENELEC, ha adoptado la norma como la EN 61511. Esto significa que en cada uno de los estados miembros de la Unión Europea, la norma se publica como una norma nacional. Por ejemplo, en Gran Bretaña, que es publicado por el organismo nacional de normalización según la norma BS EN 61511. El contenido de estas publicaciones nacionales es idéntico a la de la

Norma IEC 61511. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la IEC 61511 no está armonizada como directiva de la Comisión Europea hasta la fecha (año 2011).

El sistema de gestión del SIS debe definir cómo un propietario/operador tiene intención de evaluar, diseñar, verificar, instalar, validar, operar, mantener y mejorar continuamente sus SIS. Las funciones esenciales del personal asignado a la gestión del SIS deben estar contempladas y bien definidas en procedimientos, según sea necesario, para apoyar la ejecución coherente de sus responsabilidades.

ISA 84.01/IEC 61511 utiliza un orden de magnitud métrica, el SIL, para establecer el objetivo necesario. Un análisis de riesgos operativo es parte del ciclo de vida para identificar las funciones de seguridad necesarias y la reducción del riesgo respecto a determinados eventos peligrosos. Las funciones de seguridad asignadas al SIS son las funciones instrumentadas de seguridad (SIF), la reducción del riesgo, atribuido a cada una de ellas, se relaciona con el SIL. La base de diseño y operación se ha desarrollado para garantizar que el SIS cumple con el SIL requerido. Los datos de campo se recogen a través de actividades programadas para evaluar el rendimiento real del SIS. Cuando los rendimientos no se cumplen, deben tomarse medidas para cerrar la brecha, asegurando un funcionamiento seguro y fiable.

1.3. TERMINOLOGÍA Y DEFINICIONES MÁS IMPORTANTES

Veamos algunas terminologías y definiciones más usadas:

1.3.1. ¿QUÉ ES UN SISTEMA INSTRUMENTADO DE SEGURIDAD (SIS)?

Un *sistema instrumentado de seguridad* (SIS) es un nuevo término usado en los estándares que normalmente también ha sido y es conocido por la mayoría como: *sistema de parada de emergencia* (ESD), *sistema de parada de seguridad, sistema de enclavamientos, sistema de disparos de emergencia, sistemas de seguridad,* etc.

También podría ser definido como la última capa de seguridad preventiva para que si el sistema de control y la actuación del operador son insuficientes y se alcanzan niveles de variables predeterminados que no deben superarse bajo ningún concepto, debe disponerse de un sistema que de forma automática realice las acciones oportunas (paradas parciales o totales de equipos y plantas) para así evitar el peligro.

Estos sistemas instrumentados de seguridad están normalmente separados e independizados de los sistemas de control, incluyendo la lógica, los sensores y válvulas de campo y a diferencia de los sistemas de control, que son activos y dinámicos, los SIS son básicamente pasivos y dormidos por lo que normalmente requieren un alto grado de seguridad y de diagnósticos de fallos, así como prevenir cambios inadvertidos y manipulaciones y un buen mantenimiento.