



Cómo obtener protección contra peligros concurrentes y consecuentes

Documento técnico sobre soluciones de sellado para proyectos de energía nuclear

Escrito por:

John Hallström, ingeniero sénior de pruebas y certificados, industrias de energía y procesos
Gavin Cornall, gerente de segmento global, energía
Roxtec International AB



Contenido

Acerca de Roxtec	3
Asegurar las entradas de cables y tuberías de acuerdo con las guías de seguridad del OIEA	4
Enfoque de diseño multidisciplinario	5
Consideraciones de diseño: peligros internos y externos	7
Peligros externos	8
Protección contra la entrada de agua	10
Protección contra incendios certificada	12
Prevención eficaz de fugas de gas	14
Prevención del riesgo de explosión	15
Blindaje contra interferencias electromagnéticas	16
Aprendizaje pos-Fukushima sobre los peligros concurrentes y consecuentes	18
La solución completa: protección contra múltiples peligros	19

Acerca de Roxtec

Roxtec es un proveedor global de soluciones de seguridad y un socio que agrega valor al servicio y apoyo de sus clientes con soluciones de sellado modulares certificadas para penetraciones de cables, tuberías y conductos, así como con experiencia técnica y sofisticadas soluciones digitales para diseño, construcción y operaciones seguras. Los pasamuros para cables y tuberías de Roxtec no solo brindan protección contra múltiples riesgos, como los incendios, gases, filtraciones de agua, interferencias electro-magnéticas, cargas de explosión y riesgo de explosión, sino que también marcan la diferencia en industrias exigentes y proyectos desafiantes a lo largo del mundo. El sistema de sellado contribuye a garantizar la seguridad, la eficiencia y la confiabilidad operativa. La invención de Roxtec para la adaptabilidad, Multidiameter™, se basa en módulos de sellado con capas de goma extraíbles y garantiza una estanqueidad perfecta alrededor de cables y tuberías de diferentes tamaños.

Con sede en Suecia y filiales en todo el mundo, Roxtec es un grupo basado en la orientación al cliente y el espíritu emprendedor. La mentalidad de la empresa es ayudar a proteger la vida y los activos y hacer de nuestro mundo un lugar seguro y sostenible. Roxtec cuenta, por ejemplo, con amplios recursos de investigación y desarrollo, un laboratorio de pruebas de fuego y otras capacidades de prueba para su uso en el proceso de desarrollo de productos y precertificación, así como para la personalización de soluciones de sellado.



Referencia a publicaciones del OIEA

Se reproducen extractos de las siguientes publicaciones con la autorización reconocida del OIEA:

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Diseño de instalaciones nucleares contra eventos externos excluyendo terremotos, Serie de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-68, OIEA, Viena (2021) (extractos de las páginas 4, 7, 16 y 42).

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, Protección contra riesgos internos en el diseño de centrales nucleares, Serie de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-64, OIEA, Viena (2021) (extractos de las páginas 18, 19, 23, 25, 27, 44, 46, 78 y 79).

Asegurar las entradas de cables y tuberías de acuerdo con las guías de seguridad del OIEA

La energía nuclear tiene el potencial de proporcionar una fuente de energía segura y sostenible cuando se siguen todos los protocolos y regulaciones de seguridad. No se puede exagerar la importancia de la protección contra riesgos internos y externos en las instalaciones nucleares, particularmente en términos de barreras y separación. Las medidas de protección son esenciales para garantizar la seguridad y la integridad de las centrales nucleares y de los pequeños reactores modulares (SMR).

Las instalaciones nucleares pueden enfrentarse a múltiples peligros simultáneamente. Por ejemplo, un terremoto puede ser seguido por fenómenos meteorológicos extremos, incendios e inundaciones. Las barreras robustas y los sistemas de aislamiento deben ser capaces de abordar estos desafíos, estar diseñados para prevenir accidentes, proteger la salud y la seguridad del público, limitar el impacto ambiental y garantizar la viabilidad a largo plazo de la energía nuclear.

En este documento se presenta una forma de asegurar las penetraciones de cables y tuberías de acuerdo con las Guías de Seguridad Específicas (SSG) SSG-64 y SSG-68 de la OIEA. Como conclusión, hacemos una recomendación para estandarizar el uso de sellos de cables y tuberías Roxtec en las barreras de separación, paredes, pisos y gabinetes de cualquier instalación nuclear.

La energía nuclear se considera una fuente de energía verde y baja en carbono, ya que genera electricidad con mínimas emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, es parte de los esfuerzos para combatir el cambio climático. A diferencia de los combustibles fósiles, como el carbón y el gas natural, la energía nuclear no libera dióxido de carbono (CO₂) durante la producción de electricidad. En cambio, se basa en la fisión nuclear controlada de uranio u otros materiales radiactivos para generar calor, que se convierte en electricidad. Esto hace que la energía nuclear sea una opción para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y realizar la transición hacia una combinación energética sostenible.

Medidas para minimizar el riesgo

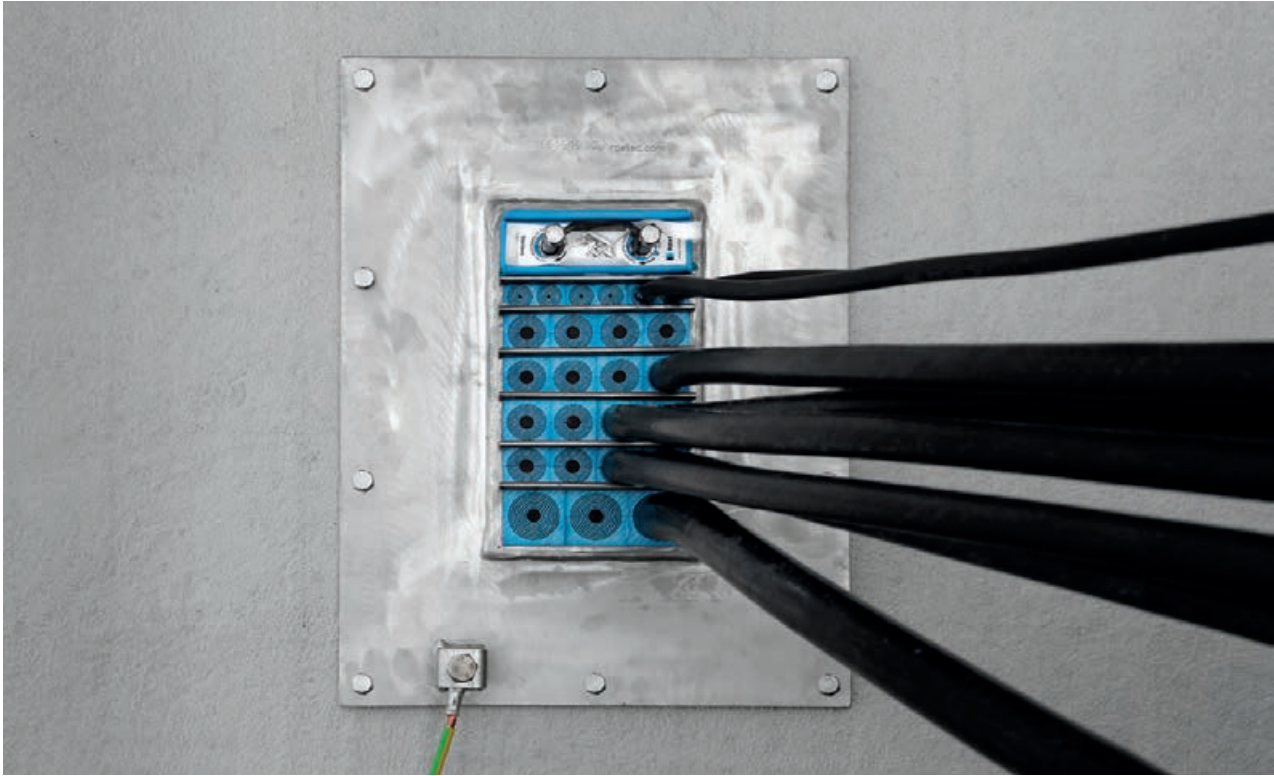
Se deben implementar numerosas medidas de seguridad, regulaciones estrictas y tecnologías avanzadas para minimizar los riesgos asociados con la energía nuclear. Estas medidas incluyen diseños de reactores robustos, múltiples capas de seguridad, capacitación

rigurosa de los operadores, inspecciones regulares y planes de respuesta a emergencias.

La industria nuclear mundial se esfuerza continuamente por mejorar la seguridad a través de la investigación y el desarrollo.

Este compromiso con la seguridad significa una vigilancia continua para prevenir accidentes, proteger el medio ambiente y salvaguardar el bienestar de las personas, y la industria nuclear tiene un sólido historial de seguridad. Accidentes como los de Chernóbil y Fukushima han puesto de relieve los riesgos, pero son excepciones. La industria ha aprendido lecciones de estos accidentes, lo que ha llevado a poner aún mayor énfasis en la seguridad.

Enfoque de diseño multidisciplinario



El proceso de diseño y obtención de la aprobación regulatoria para una instalación nuclear implica un enfoque que integra requisitos, diseño de ingeniería, consideraciones de seguridad y cumplimiento normativo. La consideración de los peligros internos y externos es primordial en el diseño de plantas de energía nuclear y otras instalaciones nucleares para minimizar el riesgo de accidentes. Esto requiere un enfoque multidisciplinario con aportes de ingenieros, expertos en seguridad, reguladores y otros. Las actualizaciones continuas y las revisiones de seguridad periódicas son esenciales para garantizar que la instalación siga siendo resistente a los peligros cambiantes a lo largo de su vida operativa y para garantizar la seguridad del personal, el público y el medio ambiente.

Factores de seguridad en el diseño y operación

La redundancia, la diversificación y las barreras separadoras son principios cruciales para mejorar la seguridad y mitigar los riesgos asociados a las instalaciones y operaciones de energía nuclear.

1. Redundancia

La redundancia implica tener múltiples sistemas o componentes de seguridad idénticos o diversos que puedan realizar las mismas funciones de seguridad. Además, garantiza que, si un sistema o componente falla, hay otros de respaldo para mantener la seguridad. Este principio es vital para prevenir accidentes y mantener el control incluso ante fallas de equipos o errores humanos. Mejora la confiabilidad y la tolerancia a fallos, reduciendo el riesgo de accidentes y sus consecuencias.

2. Diversificación

La diversificación es la práctica de utilizar diferentes tecnologías, materiales o enfoques en los sistemas y procesos de seguridad. Minimiza el riesgo de fallas donde múltiples componentes o sistemas fallan debido a una vulnerabilidad compartida (CCF, falla de causa común). Al diversificar las medidas de seguridad, las instalaciones nucleares reducen el riesgo de que un único punto de falla comprometa la seguridad. Esta práctica agrega capas de protección y resiliencia al marco de seguridad general.

Un ejemplo de diversificación de la seguridad son los sistemas de alimentación eléctrica de respaldo, los cuales consisten en contar con suministros de energía de emergencia mediante el uso de generadores de energía alimentados por diésel y respaldos secundarios alimentados por batería. Si los conjuntos de generadores se ven afectados, se puede extraer energía de un sistema de respaldo para garantizar un funcionamiento seguro en caso de una pérdida de energía.

3. Barreras/separación

En el diseño de los sistemas de seguridad de las centrales nucleares, la redundancia y la diversificación sólo se pueden mantener si se evita que los peligros y sus consecuencias asociadas se propaguen a múltiples sistemas, componentes o estructuras.

Esto se logra estableciendo tanto barreras robustas como sistemas de separación y brindándoles el mantenimiento necesario. Todas estas medidas de protección contra peligros internos y externos, especialmente en términos de barreras y separación, son esenciales para garantizar la seguridad y la integridad. Estos sistemas de separación física están diseñados para abordar, contener, soportar y mitigar los impactos de múltiples desafíos simultáneos, como terremotos seguidos de inundaciones o eventos climáticos extremos. Estas medidas de protección previenen, ralentizan o limitan los efectos en caso de accidente. Las barreras son fundamentales para garantizar el funcionamiento seguro de las instalaciones nucleares frente a múltiples amenazas potenciales.

“El diseño de los equipos deberá tener debidamente en cuenta el potencial de fallos por causa común de elementos importantes para la seguridad, a fin de determinar cómo deben aplicarse los conceptos de diversidad, redundancia, separación física e independencia funcional para lograr la fiabilidad necesaria.”

Requisito de seguridad específico SSR-2/1 (Rev. 1) del OIEA “Seguridad de las centrales nucleares: Diseño”, requisito 24, reproducido en la Serie de Normas de Seguridad del OIEA N° SSG-68 (ver la referencia en la página 3).



Consideraciones de diseño: peligros internos y externos

La defensa en profundidad es un principio fundamental de seguridad de múltiples capas que se aplica en el diseño, la operación y la supervisión regulatoria de las instalaciones de energía nuclear. Consiste en implementar capas de medidas y sistemas de seguridad múltiples, redundantes e independientes que prevengan accidentes y ofrezcan protección contra la liberación de materiales radiactivos. El objetivo es garantizar que incluso si una o más barreras de seguridad fallan debido a eventos inesperados, existan capas adicionales confiables de protección para mantener la seguridad.

Los principios y las capas clave de defensa en profundidad dentro de la seguridad nuclear son los siguientes:

- Prevenir el peligro
- Limitar la gravedad del peligro, en caso de que ocurra
- Limitar las consecuencias del peligro, en caso de que ocurra y sea grave

El diseño nuclear, que aborda tanto los peligros internos como los externos, es un proceso que implica:

1. Mitigación de peligros internos

Una ingeniería sólida, sistemas de seguridad y una fuerte cultura de seguridad previenen y responden a peligros internos como fallas de equipos y errores humanos.

2. Resiliencia ante peligros externos

Las instalaciones nucleares están diseñadas para resistir desastres naturales, amenazas terroristas y otros peligros mediante integridad estructural, redundancia y medidas de seguridad integrales.

3. Barreras de seguridad

Las barreras, tanto físicas como de procedimiento, se integran en el diseño para mitigar posibles accidentes, garantizando la protección del personal, el público y el medio ambiente.

4. Cumplimiento normativo

El cumplimiento de normas regulatorias estrictas garantiza que los diseños nucleares cumplan con los requisitos de seguridad y mitiguen las amenazas internas y externas.

"Se identificarán todos los peligros internos y externos previsibles, incluida la posibilidad de que sucesos inducidos por el hombre afecten directa o indirectamente la seguridad de la central nuclear, y se evaluarán sus efectos. "Se deben tener en cuenta los peligros al diseñar la disposición de la planta y al determinar los eventos iniciadores postulados y las cargas generadas para su uso en el diseño de elementos relevantes importantes para la seguridad de la planta".

Peligros externos

Los peligros externos generalmente se definen como eventos que ocurren fuera de la planta principal. En la sección 1.13 de la SSG-68 de OIEA se describe una amplia gama de eventos "inducidos por el hombre" y "naturales" que deben tenerse en cuenta.

Esta Guía de Seguridad es aplicable al diseño de nuevas instalaciones nucleares y a la evaluación de la seguridad de las instalaciones nucleares existentes en relación con los siguientes eventos externos:

Eventos inducidos por el hombre:

- Accidentes aéreos
- Explosiones (es decir, deflagraciones y detonaciones) con o sin fuego y con o sin misiles secundarios
- Liberación de gases o líquidos corrosivos o peligrosos (p. ej. asfixiantes, tóxicos) estando almacenados fuera o dentro de la planta o mientras se los transporta.
- Liberación de material radiactivo de fuentes que están fuera o dentro de la planta
- Incendio generado fuera del sitio o por fuentes en el sitio
- Colisión de barcos o escombros flotantes con estructuras relacionadas con la seguridad, como tomas de agua o estructuras asociadas con el disipador de calor final.
- Colisión de vehículos con SSC (sigla en inglés para la clasificación de estructuras, sistemas y componentes [Structures, Systems and Components])
- Interferencia electromagnética de fuentes que están dentro o fuera de la planta
- Inundaciones por rotura de tuberías externas
- Cualquier combinación de los factores anteriores que se dé como resultado de un evento iniciador en común, por ejemplo, una explosión acompañada de fuego y liberación de gases y humos peligrosos

Eventos naturales:

- Inundaciones producidas por fenómenos como mareas, tsunamis, seiches, marejada ciclónica, olas generadas por el viento, precipitaciones que provocan inundaciones de ríos y arroyos cercanos, formación de presas y sus fallos, macareos y olas inducidas mecánicamente, desplazamiento del cauce de los ríos, y niveles elevados de agua subterránea
- Condiciones meteorológicas extremas (de temperatura, nieve, granizo, heladas, congelación del subsuelo y sequía)
- Vientos extremos, como los vientos de trayectoria recta, aquellos relacionados a tormentas tropicales (por ejemplo, ciclones, huracanes, tifones) y tornados
- Tormentas de polvo y arena
- Rayos
- Vulcanismo
- Fenómenos biológicos

Guía de Seguridad Específica del OIEA SSG-68 (ver la referencia en la página 3).



La consideración del rango de riesgo externo es un aspecto crítico para garantizar la seguridad y resiliencia de las instalaciones nucleares. Los desastres naturales y las amenazas provocadas por el hombre pueden plantear desafíos importantes para el funcionamiento seguro de las centrales nucleares. Se los debe tener en cuenta para establecer los estándares de efectividad de la diversificación, redundancia y barreras que protegen estas funciones.

Protección multirriesgo de Roxtec

Los sellos para cables y tuberías de Roxtec son sistemas de protección pasiva que están diseñados para otorgar protección contra múltiples peligros concurrentes y consecuentes, internos y externos, así como naturales y de origen humano. Al estudiar varias secciones de SSG-64 y SSG-68, queda claro que el sistema de sellado Roxtec proporciona la protección multirriesgo que se requiere en materia de seguridad nuclear. Estos sistemas pasivos garantizan la integridad y operatividad de los sistemas de seguridad activa que protegen.

Protección contra la entrada de agua

Las penetraciones de servicios se destacan en relación con la mitigación de inundaciones en la sección 5.21 de SSG-68 Sección C (iii) que establece:

La instalación nuclear deberá estar protegida contra la inundación de base de diseño mediante uno o más de los siguientes medios de protección...

Guía de seguridad específica del OIEA SSG-68 (ver referencia en la página 3).

Esto se expresa más específicamente en SSG-64 Sección C (iii) sobre puertas y penetraciones estancas:

4.160. Las bandejas de cables deben diseñarse de manera que limiten la propagación de inundaciones. Para lograr esto, se pueden aplicar ciertas características a los diseños, tales como los orificios de drenaje y penetraciones estancas.

4.161. En la medida de lo posible, las penetraciones estancas deben fabricarse con materiales resistentes a la degradación y deben instalarse en lugares que faciliten su inspección y mantenimiento.

Guía de Seguridad Específica del OIEA SSG-64 (ver la referencia en la página 3).

Cumplimiento de todos los requisitos

Los sellos para cables y tuberías redondos y rectangulares de Roxtec brindan protección certificada contra la humedad, la entrada de agua y las inundaciones. Los marcos de tránsito están hechos de materiales duraderos, como acero inoxidable, aluminio o compuestos, y el caucho EPDM está desarrollado para soportar el envejecimiento y el calor. Los sellos tienen buena reputación

ya que sirven para ordenar cableados muy densos, se pueden abrir para realizar cambios de última hora, son de fácil mantenimiento y permiten futuras ampliaciones, y simplifican las inspecciones visuales de seguridad.

El SSG-64 también menciona consideraciones específicas sobre el riesgo de inundaciones que se deben tener en cuenta:

4.169. Además de los impactos directos de las inundaciones (por ejemplo, rociado, inmersión) descritos en esta subsección, la liberación de agua en una habitación también podría tener un efecto significativo en las condiciones ambientales generales. Estos efectos (por ejemplo, aumento de la humedad, niveles de radiación, temperatura) deben considerarse en el proceso de calificación del equipo. Se debe prestar especial atención a las posibles liberaciones de hidrógeno disuelto en el agua y en otros fluidos distintos del agua (por ejemplo, productos químicos utilizados para la extinción de incendios).

4.170. El diseño debe considerar que el agua presente durante una inundación interna podría imponer una presión hidrostática sobre aquellos SSC en contacto con esa agua (p. ej., puertas, paredes, pisos, penetraciones). Si no se tiene en cuenta adecuadamente, esto podría provocar fallas estructurales y daños por caída de objetos o cargas pesadas. También podría provocar fallos en barreras y puertas importantes para la seguridad.

Guía de seguridad específica del OIEA SSG-64 (ver referencia en la página 3).

Eliminando los efectos de la humedad

Los sellos para cables y tuberías de Roxtec se utilizan a menudo para proteger áreas con equipos sensibles del riesgo de humedad y cambios de temperatura. Los sellos estancos evitan los efectos de la humedad, como las descargas parciales y, al ser herméticos, logran establecer un clima interior estable. Los sellos permiten la gestión del flujo de aire y optimizan las condiciones de los sistemas de aire acondicionado o refrigeración. Los sellos están probados para soportar vapor agre-

sivo, fumigantes tóxicos y productos químicos, y están certificados para ser totalmente capaces de resistir presiones de agua constantes y catastróficas.

Consulte el informe técnico "Efectos de la humedad en subestaciones" de EA Technology para obtener más información sobre cómo evitar el riesgo de descargas parciales mediante el uso de pasamuros para cables y tuberías estancos. Está disponible en roxtec.com.

Protección contra incendios certificada

SSG-64 y SSG-68 enfatizan respectivamente la necesidad de barreras cortafuegos separadoras:

4.33. La segregación de partes redundantes de un sistema de seguridad garantiza que un incendio que afecte a una división de un sistema de seguridad no impida la ejecución de la función de seguridad dentro de otra división. Para lograr esta segregación, se debe ubicar cada división redundante de un sistema de seguridad en su propio compartimento contra incendios o al menos en su propia celda contra incendios. Se debe minimizar la cantidad de penetraciones entre los compartimentos contra incendios de diferentes divisiones redundantes y estas se deben sellar de manera adecuada.

Guía de seguridad específica de la AEA SSG-64 (ver referencia en la página 3).

5.102. La protección de la instalación contra incendios que se originen fuera del sitio debe lograrse minimizando la probabilidad de un incendio externo y proporcionando medidas de protección contra incendios externos, cuando sea necesario. Se deben tomar medidas para reducir la cantidad de material combustible y material inflamable en las proximidades del sitio y cerca de las rutas de acceso al sitio; alternativamente, se deben instalar barreras de protección contra incendios adecuadas. Se deberá eliminar cualquier vegetación que pueda propagar un incendio en las proximidades de la instalación. También se deben prever, según corresponda, otras medidas de diseño, como la separación física y la redundancia de los sistemas de seguridad, compartimentos contra incendios separados u otras barreras contra incendios y sistemas de detección y extinción de incendios (por ejemplo, sistemas de rociadores).

Guía de seguridad específica del OIEA SSG-68 (ver referencia en la página 3).

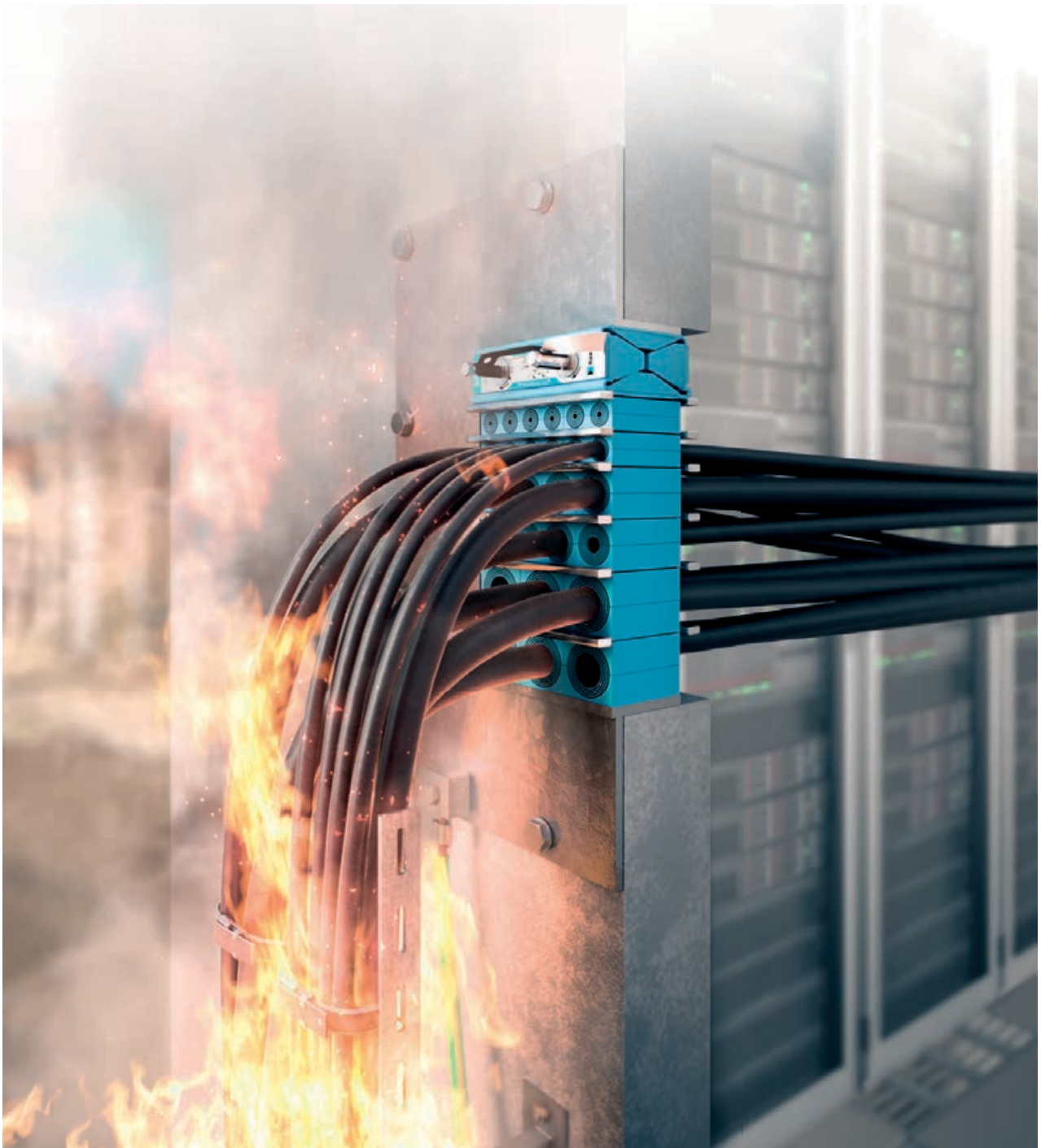
Sellos clasificados contra incendios para asegurar barreras

Los sellos de entrada de cables y tuberías de Roxtec protegen contra el humo y el fuego. El sistema resistente al fuego asegura una barrera eficaz contra el fuego y, además, fue puesto a prueba y aprobado por autoridades certificadoras de todo el mundo. El sistema de sellado Roxtec se puede utilizar para todo tipo de cables eléctricos penetrantes, tuberías de acero, tuberías de plástico y conductos que pasan a través de paredes o pisos o ingresan a gabinetes, recintos o equipos. Los sellos Roxtec son "más que una barrera contra incendios" y están diseñados para sellar huecos y aberturas con el objetivo de evitar la propagación del fuego. Las soluciones de Roxtec tienen clasificaciones de resistencia al fuego que van desde E15 a EI240 o F y FT, y de A0 a A60 o más. Los sellos están, por ejemplo, probados y aprobados según las normas EN 1366-3, UL 1479 y el código FTP IMO 2010.

En cuanto a su reacción al fuego, estos sellos no contribuyen a la inflamabilidad o combustibilidad gracias a sus materiales de alta calidad. Los sellos Roxtec con marcos de acero se prueban con el método SBI y tienen la clasificación B-s1, d0 según la norma de clasificación EN 13501-1. La "B" significa que el producto "no presenta combustión súbita generalizada" y confirma que este material combustible ofrece el comportamiento ante un incendio más seguro posible. Roxtec cuenta con un avanzado laboratorio de pruebas de fuego que se utiliza para I+D, pruebas indicativas y pruebas presenciadas por terceros. Todos los certificados de aprobación de tipo Roxtec se emiten sobre la base de pruebas realizadas en laboratorios de pruebas independientes acreditados. Los tránsitos Roxtec están aprobados para su uso en secciones con clasificación de resistencia al fuego de clase A, clase B, clase H y clase J. El sistema está clasificado y aprobado como resistente contra dardos de fuego según el estándar ISO 22899-1:2021.

Menos aberturas en las barreras

Dado que los sellos son eficientes en términos de área y capaces de manejar una densidad de cables muy alta de manera ordenada y prolija, permiten reducir la cantidad de aberturas necesarias en una barrera contra incendios. Cuantos más cables puedan pasar por cada penetración, mayores serán las posibilidades de garantizar la integridad.



Prevención eficaz de fugas de gas

Las secciones en SSG-64 subrayan la importancia de la hermeticidad al gas:

4.32. La disposición de la planta debe ser tal que los materiales combustibles (sólidos, líquidos y gases) no estén cerca de elementos importantes para la seguridad, en la medida de lo posible. El objetivo del diseño debe ser segregar los elementos importantes para la seguridad de las cargas de incendio elevadas y segregar los sistemas de seguridad redundantes entre sí. El objetivo de esta segregación es reducir el riesgo de propagación de incendios, minimizar los efectos secundarios y prevenir fallos por causas comunes.

4.51. Para asegurar su habitabilidad, la sala de control principal y la sala de control complementaria deberán estar protegidas contra la entrada de humo y gases de combustión y contra otros efectos directos e indirectos del incendio y del funcionamiento de los sistemas de extinción.

Guía de Seguridad Específica del OIEA SSG-64 (ver la referencia en la página 3).



Separación de sistemas de seguridad

Los tránsitos para cables y tuberías de Roxtec son herméticos y permiten un control total del gas, vapor, humo y partículas. Responden a la necesidad de evitar fugas de gases y a los requisitos relativos a la separación de diferentes materiales combustibles. Su misión principal es restablecer la máxima integridad en cualquier pared, piso, techo, gabinete o equipo donde exista necesidad de penetraciones de cables, tuberías y conductos. Al mantener los compartimentos seguros y separados entre sí, los sellos protegen los sistemas de seguridad redundantes y diversos y contribuyen a la confiabilidad operativa a largo plazo para todas las partes de la diversificación de seguridad.

Prevención del riesgo de explosión

SSG-64 explica la importancia de prevenir los riesgos de explosión en las instalaciones de energía nuclear:

4.63. Los gases y líquidos inflamables y los materiales combustibles que pueden llegar a producir o contribuir a la formación de mezclas explosivas deben excluirse de los compartimentos (es decir, áreas cerradas separadas por barreras) que protegen los equipos o sistemas que son importantes para su seguridad contra otros peligros internos. Estos gases y líquidos inflamables y materiales combustibles también deberán excluirse de las zonas adyacentes a dichos compartimentos o de las zonas conectadas a estos compartimentos mediante sistemas de ventilación. Cuando esto no sea posible, se deberán limitar estrictamente las cantidades de dichos materiales y se deberán proporcionar instalaciones de almacenamiento adecuadas. Las sustancias reactivas, oxidantes y materiales combustibles se deben segregar unos de otros.

4.75. Existen algunos peligros (p. ej., fallas de arco de alta energía) que, si bien no son explosiones como tal, son similares a ellas debido a la carga que imparten (p. ej., temperatura, presión, misiles) en las SSC cercanas. Con el objetivo de mitigar los efectos de estos peligros, resulta apropiado aplicar disposiciones de diseño similares a aquellas utilizadas para mitigar los de las explosiones.

4.76. Se deben prever disposiciones de diseño para limitar las consecuencias de una explosión (sobrepresión, generación de misiles o incendio). Los efectos consiguientes que las explosiones postuladas pueden provocar en los elementos importantes para la seguridad deben evaluarse en relación con los objetivos de diseño del párrafo 2.12. También se deben evaluar las vías de acceso y las vías de escape para el personal operativo que realiza acciones manuales importantes para la seguridad y, si es necesario, se deben implementar disposiciones de diseño especiales.

Guía de Seguridad Específica del OIEA SSG-64 (ver la referencia en la página 3).

Soluciones de sellado a prueba de explosiones

El sistema de sellado de cables Roxtec se desarrolla con el objetivo de evitar el riesgo de explosión mediante la separación eficiente de diversas sustancias, así como el de soportar la carga de explosión y presiones máximas. Si existen requisitos de clasificación Ex, Roxtec ofrece una gama de sellos con clasificación Ex para usar en áreas peligrosas.

Los sellos de Roxtec no solo brindan un desempeño certificado contra incendios y cuentan con certificaciones IP y NEMA contra el ingreso de agua y polvo, sino que también proveen protección comprobada contra explosiones, reducen el riesgo de fallas de descarga

parcial en las celdas de conmutación y reducen los efectos provocados por un arco eléctrico. Por un lado, los sellos evitan que se presenten las condiciones y causas típicas de un arco, tales como la humedad relativa, el polvo y las plagas; por el otro, mitigan la carga explosiva o la propagación del fuego en caso de que se produzca un arco eléctrico. El sistema incluso está probado y aprobado para ayudar a que los cuadros de distribución pasen pruebas de tipo arco interno.

Para aprender cómo evitar las averías catastróficas en celdas de conmutación, lea el informe técnico "Arco interno y descarga de arco eléctrico en celdas de alta tensión (AT) y media tensión (MT)" de Threepwood Consulting. Está disponible en roxtec.com.

Blindaje contra interferencias electromagnéticas

SSG-64 contiene varias secciones sobre seguridad eléctrica. Es fundamental garantizar la compatibilidad electromagnética (EMC), evitando al mismo tiempo la interferencia electromagnética (EMI) y los pulsos electromagnéticos (EMP).

4.188. Los peligros de interferencia electromagnética se pueden clasificar como peligros internos (p. ej., causados por inducción o radiación de equipos instalados, ya sea que funcionen normalmente o estén averiados) o como peligros externos (p. ej., rayos, radiación provocada por llamaradas solares o por equipos que estén fuera de los límites de la planta y operados por otros organismos).

4.189. En muchos casos, las normas de diseño y construcción de equipos abordan tanto la prevención de las fuentes de interferencia electromagnética como la capacidad de los equipos para soportar interferencias electromagnéticas.

4.190. Las interferencias electromagnéticas deben limitarse de manera que se garantice el funcionamiento del equipo. En SSG 39 se proporcionan recomendaciones para minimizar los efectos de la interferencia electromagnética en los componentes o sistemas de instrumentación y control [6]. Esto incluye una serie de técnicas, como las siguientes: a) supresión de ruido electromagnético en la fuente; b) separación y aislamiento de los cables de señales para instrumentación y control de los cables de energía; c) blindaje de equipos y cables contra fuentes externas de radiación magnética y electromagnética; d) filtrado de ruido electromagnético antes de que pueda acoplarse a circuitos electrónicos sensibles; e) neutralización o aislamiento de equipos electrónicos con respecto a diferencias de potencial de tierra; f) conexión a tierra adecuada para equipamientos eléctricos y de instrumentación y control, así como de conductos, gabinetes, componentes y blindajes de cables.

Guía de Seguridad Específica del OIEA SSG-64 (ver la referencia en la página 3).



Sellos que protegen contra EMI y EMP

Roxtec ofrece soluciones de sellado para blindaje electromagnético, así como para conexión equipotencial y a tierra de cables blindados y protegidos. El sistema de sellado Roxtec ES (blindaje electromagnético) garantiza la protección de equipos eléctricos y electrónicos sensibles contra interferencias electromagnéticas y pulsos electromagnéticos. El sistema cubre las necesidades de instalaciones y aplicaciones nucleares exigentes. El blindaje es un método para reducir las perturbaciones electromagnéticas y bloquear el campo con barreras hechas de materiales conductores o magnéticos. Funciona, a su vez, a la inversa, ya que impide que las señales electromagnéticas y los campos electromagnéticos salgan de un área blindada.

Unión y puesta a tierra extremadamente eficientes

El sistema Roxtec BG™ combina funciones de sellado, conexión equipotencial y conexión a tierra en un solo pasacables. Proporciona una conexión eficiente de baja impedancia a la armadura del cable, ideal para conectar interferencias conducidas a tierra. Las pruebas muestran realmente un nivel de eficiencia de unión notable que supera el 99%.

Cuando se trata de aplicaciones en gabinetes y recintos, los sellos multicable Roxtec BG™, en comparación con los prensacables tradicionales, son mucho más eficientes en términos del área que ocupan. Certificados según estándares de seguridad internacionales, los sellos ayudan a reducir el tiempo de instalación en un 50 por ciento y permiten a los usuarios ahorrar hasta un 70 por ciento de espacio en sus gabinetes.

Para aplicaciones en paredes y pisos, donde es necesario evitar que perturbaciones eléctricas ingresen a un edificio, los sellos Roxtec BG™ se pueden aplicar en menos tiempo que los métodos que combinan espuma, abrazaderas y cables flexibles tipo "pigtail".

Aprendizaje pos-Fukushima sobre los peligros concurrentes y consecuentes

A pesar de muchos años de operación nuclear segura a nivel mundial, pueden ocurrir situaciones que vayan más allá de lo que se había considerado o planificado. El accidente en la planta nuclear de Fukushima Daiichi, el 11 de marzo de 2011, fue una combinación trágica de peligros concurrentes y consecuentes que desencadenó una secuencia de eventos que comprometieron el cierre seguro de la planta. En los años posteriores al accidente, se introdujeron varias modificaciones y mejoras en la orientación y la gobernanza

de la industria. Además, reguladores de todo el mundo transmitieron las recomendaciones del OIEA al nivel nacional. En el Reino Unido, por ejemplo, los aprendizajes clave se resumen en la actualización de la Oficina de Regulación Nuclear (ONR) del Reino Unido, que describe las principales consideraciones para un diseño y una operación seguros:

“La posibilidad de que un peligro afecte la seguridad debe tener en cuenta los efectos potencialmente generalizados de los peligros externos (y algunos internos) (incluidos los peligros concurrentes y consecuentes) que pueden poner a prueba múltiples funciones y ubicaciones de seguridad simultáneamente. Además, el peligro puede afectar a múltiples instalaciones, así como a la infraestructura local y nacional. Por lo tanto, se debe considerar el impacto en la gestión de accidentes y en los mecanismos de preparación para emergencias, como el acceso al sitio y los servicios, y también los riesgos consecuentes de las instalaciones nucleares y no nucleares adyacentes”.

PRINCIPIOS DE EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD PARA INSTALACIONES NUCLEARES, párrafo 236, EDICIÓN 2014, REVISIÓN 1 (ENERO DE 2020), Oficina de Regulación Nuclear, Reino Unido.

La solución completa: protección contra múltiples peligros

Con las soluciones de sellado de Roxtec para cables y tuberías, es posible garantizar la seguridad, la eficiencia y la confiabilidad operativa en plantas de energía nuclear tradicionales, así como en otras nuevas, como los reactores modulares pequeños. Roxtec cuenta con experiencia en sellado y tecnología que cumple con las normativas, así como con una gama completa de servicios, que incluyen soporte técnico, personalización, capacitación en instalación, inspecciones de seguridad y herramientas digitales para el diseño de tránsito y la gestión de cables. Los sellos previenen riesgos múltiples y brindan protección certificada contra peligros concurrentes y consecuentes, lo que significa que pueden mantener la seguridad incluso cuando un evento causa otro y las amenazas se acumulan. También pueden limitar el efecto y la gravedad de los peligros externos e internos que puedan producirse.

Para garantizar la seguridad en tiempos de incertidumbre, los sellos Roxtec se prueban para todo, desde eventos sísmicos, efectos de rayos e interferencias electromagnéticas hasta incendios, gases, polvo, plagas e inundaciones. Añaden protección contra explosiones, reducen el riesgo de actividad de descarga parcial y limitan los efectos de un arco eléctrico. También pueden proporcionar blindaje electromagnético, así como conexión equipotencial y a tierra.

Los sellos Roxtec se pueden atornillar, fijar en el concreto o soldar y se los puede usar en paredes, pisos y gabinetes o cualquier otra barrera de separación. Proporcionan un rendimiento inmediato sin necesidad de secado o curado y juegan un papel clave para asegurar equipos y sistemas de respaldo para una redundancia y diversificación completas.

Los sellos son fáciles de utilizar en una obra de construcción o en una fábrica de SMR para la producción en serie y modular. Su excelente relación de llenado permite a los usuarios gestionar una alta densidad de cables sin comprometer el rendimiento. Los sellos Roxtec son fáciles de adaptar a cables y tuberías de diferentes tamaños y se pueden abrir para permitir cambios. Proporcionan la capacidad de agregar cables y tuberías adicionales para simplificar las actualizaciones y la expansión del proyecto sin el riesgo de dañar o interactuar con los servicios ya instalados.

Pueden ser pequeños componentes modulares en una enorme planta o una serie de pequeños reactores modulares, pero añaden flexibilidad y escalabilidad a los proyectos de energía nuclear y protección para todas las capas de defensa convencional.

En resumen, los tránsitos para cables y tuberías Roxtec son altamente recomendados para proyectos de energía nuclear.

Protecting life and assets

Roxtec es el líder mundial en tránsitos flexibles para cables y tuberías. Desde nuestros inicios en Suecia en 1990, hemos crecido con éxito hasta cubrir todos los continentes. Nuestra pasión son las soluciones de sellado innovadoras y nuestro objetivo es hacer de nuestro mundo un lugar más seguro.

- Amplios recursos de I+D e instalaciones de pruebas avanzadas
- Inventor del Multidiameter™
- Clientes en más de 80 mercados

¿Quiere saber más sobre los sellos de cables y tuberías para proyectos de energía nuclear?

Escanea el código QR o visita roxtec.com

