

LA GESTIÓN DE INTEGRIDAD EN LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES

*Conferencia pronunciada
por el Académico Titular Dr. Ing. Mario Solari
en la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires
el 7 de agosto de 2012*

LA GESTIÓN DE INTEGRIDAD EN LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES

Dr. Ing. MARIO SOLARI

Resumen

Las instalaciones industriales, que involucran procesos peligrosos, deben gestionarse adecuadamente para asegurar la integridad de sus activos físicos, y minimizar las posibles consecuencias sobre la vida y el medio ambiente. Se describen brevemente los elementos que componen los sistemas de gestión de la integridad, empleados en la industria del gas y petróleo. Se los compara con el Concepto de Seguridad Alemán de Exclusión de Roturas (*Break Preclusion*), aplicable a centrales nucleares. Se presentan la tecnología de inspección basada en riesgo (RBI) y la metodología *Risk-Informed In Service Inspection* (RI-ISI) aplicable al campo nuclear. Finalmente, se mencionan algunas experiencias desarrolladas en el ámbito local, que incluyen el desarrollo de software en el marco del FONTSOFT (MINCYT). Se concluye recomendando la realización de esfuerzos para avanzar en el desarrollo de estos temas, vitales para la seguridad y el medio ambiente.

Abstract

Industrial installations involving hazardous processes must be managed properly to ensure the integrity of its physical assets, and minimize the potential impact on life and the environment. We briefly describe the components of systems integrity management, employees in the oil and gas industry. It compares with the German Security Concept Break preclusion applicable to nuclear power plants. Risk based inspection (RBI) and the methodology Risk-Informed In Service Inspection (RI-ISI) applicable to the nuclear field are also presented. Finally, RBI experiences and software development under the FONTSOFT (MINCYT) are described. It concludes by recommending the implementation of efforts to improve the development of these issues, vital to safety and the environment.

1. Introducción

Las industrias que manejan procesos peligrosos deben implementar un adecuado sistema de toma de decisiones capaz de gestio-

nar la integridad de sus activos físicos y minimizar las posibles consecuencias sobre la vida y el medio ambiente.

En la presente comunicación focalizaremos nuestra atención en las herramientas disponibles para minimizar la ocurrencia de accidentes mayores utilizables en las industrias químicas, petroquímicas, refino de petróleo, extracción y transporte de hidrocarburos, transporte y almacenamiento de productos químicos peligrosos, y generación de energía nuclear e hidroeléctrica.

Comenzaremos describiendo los elementos que componen un sistema de gestión de activos, destacando la gestión de los activos físicos. Luego, nos detendremos en un proceso particular del sistema: el Proceso de Gestión de la Integridad. Estos modernos enfoques sobre la integridad mecánica y funcional, serán comparados con el Concepto de Seguridad Alemán Break Preclusion aplicable a centrales nucleares.

Destacaremos la importancia de lograr mantener la integridad de los activos pertenecientes a la Industria del Gas y Petróleo durante su ciclo de vida. Para ello, desde hace poco más de una década, se dispone de la metodología de inspección basada en riesgo (Risk-Based Inspection, RBI o RB-ISI). Mientras que la industria nuclear también está comenzando a emplear una metodología similar, aún en desarrollo, denominada Risk-Informed In Service Inspection (RI-ISI). Finalmente, presentaremos algunas experiencias en el ámbito local, destinadas a mantener la integridad de activos físicos, que incluyen el desarrollo de software en el marco del FONTSOFT (MINCYT).

2. Gestión de Integridad de Activos

Las lecciones aprendidas del análisis de los accidentes mayores, demuestran que fueron originados tanto por causas técnicas como por errores humanos, atribuibles mayoritariamente a debilidades organizacionales. Aún la más alta tecnología disponible no puede compensar por completo los errores humanos y las debilidades de la organización¹. Luego, para minimizar los riesgos de las instalaciones industriales se debe trabajar primariamente en organización y gestión.

¹ R. M. Chandima Ratnayake, “*Engineering AIM for Sustainable Performance (AIM-Asset Integrity Management)*”, 13th March, 2012, IQPC 7th Annual Asset Integrity Management Week, Abu Dhabi.

En 2004 el Instituto Británico de Gestión de Activos (UK Institute of Asset Management), junto con British Standards Institution, desarrolló el documento PAS 55, que constituyó la primera especificación pública disponible para la gestión optimizada de los activos físicos². Este documento es empleado para mejorar los servicios públicos, el transporte, la minería y las industrias de fabricación en todo el mundo. La ISO ha aceptado PAS 55 como base para el desarrollo de la nueva serie de normas internacionales ISO 55000. La evaluación de riesgos es una herramienta central en los sistemas de gestión de activos basados en PAS 55.

Los tipos de activos incluyen los activos físicos, activos de información, activos financieros, activos intangibles y activos humanos. Aquellos activos que tienen el potencial de impactar sobre el logro de los objetivos de la organización se los denomina activos críticos. Éstos pueden ser críticos para la seguridad (*safety-critical*), para el ambiente (*environment-critical*), o para el desempeño (*performance-critical*), y pueden estar relacionados con requerimientos legales, y/o regulatorios y/o estatutarios.

3. Elementos de un Sistema de Gestión de Integridad de Activos Físicos

La tendencia actual para gestionar el ciclo de vida de los activos físicos es la de emplear iniciativas basadas en riesgo junto con iniciativas basadas en integridad estructural. Para asegurar la integridad de los activos físicos se deben considerar tres aspectos interrelacionados: Integridad del Diseño, Integridad Técnica e Integridad Operacional. Además, se debe lograr un adecuado desarrollo de las capacidades de las personas que participan en estos procesos.

La Integridad del Diseño tiende a asegurar la integridad mecánica y funcional para todas las sollicitaciones previstas en toda la vida útil del activo. La solución técnica seleccionada debe cumplir con el propósito del proyecto, con las normativas aplicables, y debe tener un riesgo aceptable en todo ciclo de vida del activo. Se emplea el concepto de Riesgo ALARP, "*as low as reasonably practicable*", en que el riesgo residual debe ser tan bajo como sea razonablemente factible.

La Integridad Técnica determina que el riesgo debe ser gestionado desde la construcción, mantenimiento y operación, hasta el

² PAS 55:2008, "*Asset Management*", DRAFT ISO/CD 55000 Asset management.

retiro, con la aplicación de las normas y procedimientos obligatorios. Mientras que, la Integridad Operacional, consiste en asegurar que la integridad se controla y gestiona eficazmente. Y que los cambios en el estado de la integridad se detectan, gestionan y resuelven.

La definición de integridad enfatiza *salvaguardar la vida y el medio ambiente*, por lo que el sistema de gestión debe garantizar que el riesgo originado por la presencia de una instalación, debe ser lo suficientemente bajo como para no incrementar apreciablemente tanto el riesgo individual, inevitable y aceptado, preexistente, como el riesgo social o colectivo.

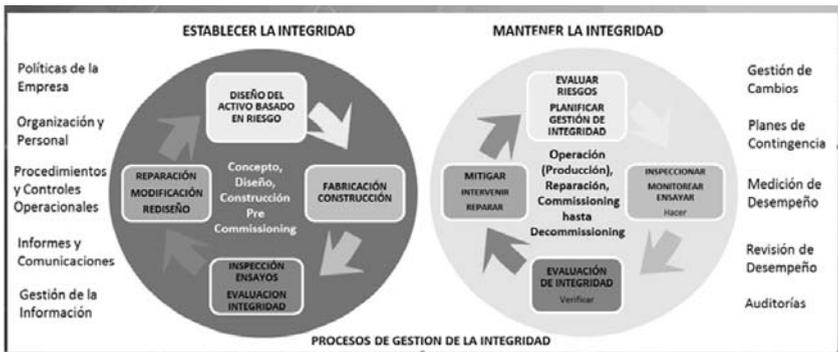


Figura 1. Elementos de un sistema de Gestión de Integridad de Activos Físicos

Otro elemento empleado por las organizaciones para la gestión de la integridad es la estrategia de Mejora Continua de la Calidad en cuatro pasos: Planificar, Monitorear (Hacer), Analizar y Actuar. Todo el ciclo debe ser documentado.

La Figura 1, presenta en forma esquemática la interacción de los principales elementos de un sistema de Gestión de la Integridad de Activos Físicos, que integra todos los conceptos básicos mencionados.

4. El Proceso de Gestión de Integridad de Activos Físicos

Entre los elementos del sistema de gestión de integridad (Figura 1) se destacan dos círculos que corresponden a los Procesos de Gestión de Integridad destinados a Establecer la Integridad en las fases

de desarrollo, diseño³ y construcción, y a Mantener la Integridad en la fase de operación.

Ambos Procesos de Gestión de Integridad planifican las acciones empleando herramientas basadas en riesgo para la toma de decisiones. Por ejemplo, en el proceso de mantener la integridad se planifican las inspecciones y monitoreo, se evalúan los resultados, y se decide sobre las acciones de mitigación / reemplazo / reparaciones necesarias para mantener la integridad. La información recogida permite optimizar la efectividad de las futuras acciones de inspección y monitoreo y asignar los intervalos de inspección en un ciclo de mejora continua.

El proceso de gestión de la integridad de activos físicos está descrito según el tipo de activo físico: líneas de transporte de hidrocarburos líquidos⁴, líneas de transporte de gases⁵, equipos “estáticos” (recipientes sometidos a presión, cañerías y tanques)^{6, 7}.

Esta breve síntesis intenta mostrar el “*state-of-the-art*” de los sistemas de gestión de integridad empleados en la industria del petróleo y gas, para controlar y minimizar la ocurrencia de accidentes mayores.

ASME⁸ ha desarrollado métodos basados en riesgo para la gestión de integridad en el ciclo de vida de los activos físicos, aplicables a un gran espectro de industrias desde la generación de energía eléctrica por combustibles fósiles, industrias de procesos químicos y petroquímicos hasta la industria farmacéutica. Mientras que para la gestión de riesgos en la generación de energía hidroeléctrica se siguen los lineamientos del Bureau of Reclamation⁹.

La industria nuclear emplea el análisis de riesgo probabilístico, denominado PRA (*Probabilistic Risk Assessment*), que evalúa los riesgos asociados con la operación y mantenimiento de las plantas

³ “Risk Based Design”, M. Solari, Chapter 2, “Handbook of Mechanical Alloy Design”, Ed. G. Totten, K. Funatani and L. Xie, published by Marcel Dekker, USA, Nov. 2003.

⁴ API Standard 1160, “*Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines*”, USA, 2001.

⁵ ASME B 31.8 S, “*Managing System Integrity Of Gas Pipelines*”, USA, 2004.

⁶ API RP 581, “*Risk-Based-Inspection Technology*”, USA, 2008.

⁷ API RP 580, “*Risk-Based Inspection*”, USA, 2002.

⁸ Standard ASME PCC-3, “*Inspection Planning Using Risk- Based Methods*”, 2007.

⁹ “*Guidelines For Achieving Public Protection In Dam Safety Decisionmaking*”, U.S. Department of The Interior, Denver, Colorado, USA, Bureau of Reclamation, 2003.

nucleares en forma cualitativa y cuantitativa. ASME¹⁰ elaboró un Standard para soportar decisiones basadas en riesgo relacionadas con el diseño, licenciamiento, construcción, operación y mantenimiento de plantas comerciales de energía nuclear. En Alemania se emplea el concepto de Break Preclusion (BP), basado en consideraciones de seguridad y redundancias independientes.

5. Concepto de Exclusión de Rotura (Break Preclusion)

El Concepto de Exclusión de Rotura (BREAK PRECLUSION CONCEPT - BPC) fue desarrollado en Alemania para la industria nuclear^{11,12,13}. El BPC considera los pre-requisitos necesarios de redundancias, cuya implementación asegura que resulte poco creíble una falla catastrófica (exclusión de falla catastrófica) de los sistemas y componentes relacionados con la seguridad.

Para cumplir con el BPC, se deben aplicar exigentes medidas para optimizar el diseño, análisis de tensiones, materiales y su procesamiento, fabricación, montaje, operación, ensayos, mantenimiento e inspección durante fabricación y servicio. El procedimiento está basado en un conjunto de premisas mostradas en la Figura 2.

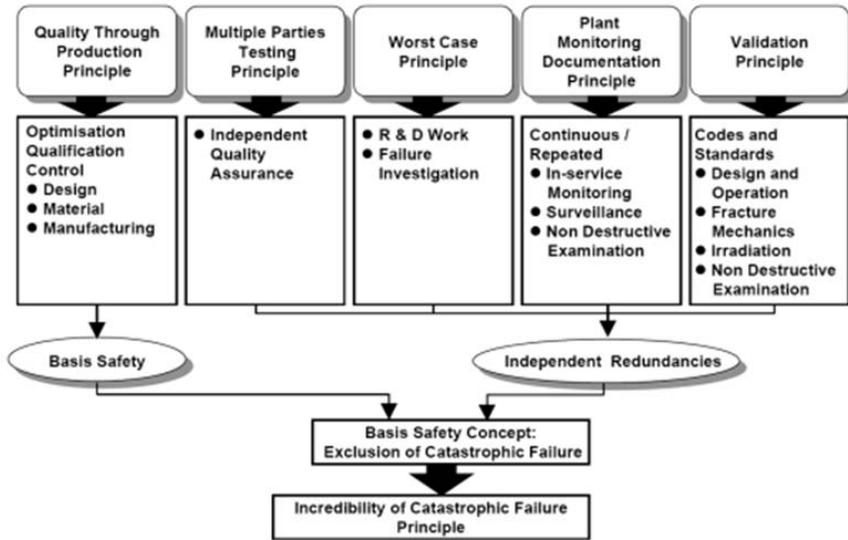
Además de cumplir con la seguridad básica y las redundancias descritas, se debe cumplir con el Principio de Exclusión de Fallas Catastróficas o Principio de Control de los Mecanismos de Falla. Se debe dominar el “*state-of-the-art*” del conocimiento científico y tecnológico de los modos de falla, tipos de daño, mecanismos de falla, así como las causas físicas y latentes de las fallas. También se deben conocer detalladamente las condiciones de cargas durante todo el ciclo de vida. Esta información es el input para realizar los análisis de tensiones, análisis de fatiga y análisis fractomecánico, requeridos para satisfacer esta premisa. Se emplea el Análisis Fractomecánico pre-

¹⁰ ASME “*Standard for Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications*”, ASME RA-S-2002, AN American National Standard, 2002. Addenda ASME RA-Sa-2003, ASME RA-Sb-2005, ASME RA-Sc-2007.

¹¹ “*Guidelines of the German Reactor Safety Commission (RSK-Guidelines) for Pressurised Water Reactors*”; 3rd Edition, October 14, 1981; Revised Section 21.1 of 03/1984 and Section 21.2 of 12/1982; Editor: Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS).

¹² RKS “*Guidelines for Pressurised Water Reactors*”; 2nd Edition, January 24, 1979; Editor: (GRS).

¹³ “*General Concept for the Integrity of Pressurized Components*”, E. Roos at al., Transactions, SMiRT 16, Washington DC, August 2001.



Break Preclusion (BP)
German Basis Safety Concept (BSC) schematically

Figura 2. Concepto Alemán de Exclusión de Roturas

ventivo determinístico LBB (Leak Before Break). El concepto LBB, acepta una pérdida, siempre que sea detectable y haya tiempo suficiente como para ejecutar acciones preventivas, que aseguren la seguridad de la planta, antes de que ocurra una rotura catastrófica. El Nuclear Regulators Working Group¹⁴ y la IAEA¹⁵ también emplean los desarrollos relativos al Leak-Before-Break (LBB).

Finalmente, el cumplimiento del BPC exige satisfacer el Principio de incredibilidad de fallas catastróficas, evaluando la probabilidad de ocurrencia de fallas y sus consecuencias, para asegurar que los riesgos resultan menores que los admisibles.

El Concepto de Break Preclusion fue empleado en el diseño y construcción de la Central Nuclear Atucha II, siendo consistente con los elementos del sistema de gestión de integridad presentado previamente en la Figura 1.

¹⁴ "European Safety Practices on The application of Leak Before Break (LBB) Concept", EUR 18549 EN, January 2000.

¹⁵ "Applicability of the Leak-Before-Break Concept", IAEA-TECDOC-710, June 1993.

6. Risk-Base Inspection (RBI) en la industria del petróleo y gas

Dentro de un Sistema de Gestión de Integridad se destaca el proceso de Inspección Basada en Riesgo (Risk-Base Inspection, RBI). El RBI, empleado en la industria del gas y petróleo, enfatiza la seguridad y confiabilidad a través de inspecciones costo-efectivas. Utiliza métodos cuantitativos basados en riesgo para la toma de decisiones y considera las incertidumbres vinculadas con la planificación de las inspecciones.

La Probabilidad de Falla $P_f(t)$ de un dado equipo (recipiente a presión, tanque, tramo de cañería, etc.), se calcula a partir de datos objetivos de la Frecuencia Genérica de Falla, gff , modificados por un Factor de Daño, $D_f(t)$, que mide el grado de deterioro en servicio del equipo, y por un Factor Sistema de Gestión, F_{MS} , que considera el grado de implementación del sistema de gestión en la Planta:

$$P_f(t) = gff \cdot D_f(t) \cdot F_{MS}$$

Las Consecuencias se determinan calculando el Área afectada por el evento potencial analizado y las consecuencias financieras asociadas. Finalmente, el riesgo para el equipo se calcula como el producto de probabilidad por consecuencias.

$$R(t) = P_f(t) \cdot C(t)$$

Habiéndose determinado, para el equipo en estudio, el riesgo en función del tiempo, es posible evitar que el riesgo supere un valor máximo admisible realizando la acción de inspeccionar y eventualmente reparar el equipo. De este modo se le da un cierto crédito a la inspección según sea la efectividad de la técnica de inspección seleccionada. La frecuencia de inspección queda también determinada.

El método de inspección basada en riesgo permite focalizar los recursos en inspeccionar, monitorear y mitigar sólo aquellos activos físicos de mayor riesgo, que en general corresponden a menos de un 20 % del total de activos.

7. Risk-Informed In Service Inspection (RI-ISI), empleado en Centrales Nucleares

En el campo nuclear (Centrales Nucleares) se emplea un proceso similar al RBI que se denomina RI-ISI (Risk Informed In Service Inspection).

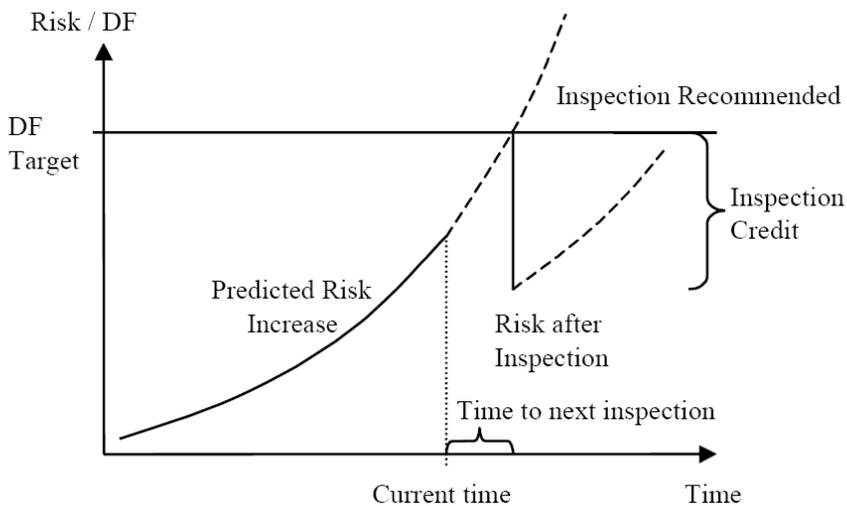


Figura 3. *Planificación de las Inspecciones Basada en Riesgo (API RP 581)*

Durante la fase de diseño de las primeras centrales nucleares¹⁶ se creía que los altos estándares empleados para diseñar y fabricar componentes pasivos permitirían el funcionamiento sin problemas durante toda su vida útil. Por esta razón, la necesidad de la inspección en servicio no fue inicialmente considerada. Sin embargo, con la experiencia de la operación, se comprobó que los componentes se degradaban con el tiempo, a pesar de los altos estándares de diseño empleados. Luego, la industria comenzó a desarrollar programas de inspección en servicio (In-Service Inspection, ISI). La inspección en servicio periódica¹⁷, ISI, de las centrales nucleares se inició en la década de 1970. Inicialmente se basó en la opinión de los expertos en construcción y operación de plantas convencionales.

La American Society of Mechanical Engineers (ASME) desarrolló el ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI: Rules for In Service Inspection of Nuclear Power Plant Components. La Section XI inicialmente proveyó reglas para inspeccionar sistemas Clase 1, progresivamente se incluyeron los sistemas Clase 2 y 3.

¹⁶ "Risk-informed in-service inspection of piping systems of nuclear power plants: process, status, issues and development", Vienna, International Atomic Energy Agency, 2010.

¹⁷ "IMPROVEMENT OF IN-SERVICE INSPECTION IN NUCLEAR POWER PLANTS", IAEA-TECDOC-1400, IAEA, VIENNA, 2004

ASME formó una fuerza de tarea¹⁸ para estudiar la aplicación de métodos basados en riesgo (comienzos de los '90) fijando directrices para los programas de inspección basada en riesgo. En 1993, EPRI comenzó el desarrollo de una *full-scope risk-informed inspection methodology*. EPRI aplicó RI-ISI a dos plantas piloto que fueron revisadas por la NRC. En este mismo período de tiempo, el grupo de propietarios de Westinghouse desarrolló una metodología RI-ISI.

A fines de los '90, tanto la Comisión de Regulación Nuclear (NRC)¹⁹, USA, como la industria nuclear, reconocieron que la evaluación probabilística del riesgo (PRA) había evolucionado, resultando un complemento útil a los enfoques tradicionales de ingeniería deterministas empleados en los marcos regulatorios. En 1995 se estableció una declaración de política²⁰ sobre el uso de PRA en las actividades nucleares y un marco regulatorio²¹ para inspección en servicio de cañerías (ISI) que, junto con otros documentos, incorpora perspectivas de riesgo en la regulación de las centrales nucleares.

En la evaluación de la seguridad pública y desarrollo de regulaciones para reactores nucleares y materiales, NRC (Nuclear Regulatory Commission USA) tradicionalmente ha utilizado un enfoque determinista. Sin embargo, actualmente, NRC emplea los enfoques de Risk- Informed y Basado en el Desempeño. NRC utiliza la información de riesgo para Reducir la probabilidad de un accidente y Mitigar sus consecuencias.

En Europa, la Red Europea para la Inspección y Calificación (European Network for Inspection and Qualification ENIQ), decidió en abril de 1996 configurar un grupo de tarea de riesgo (TGR) para armonizar los distintos enfoques nacionales de RI-ISI. Los Reguladores Europeos decidieron en 1996 configurar una Task Force (TF) bajo el Nuclear Regulators Working Group (NRWG) para acordar la filosofía y principios gobernantes de la RI-ISI.

Actualmente, para implementar un Programa de ISI en Centrales Nucleares, se disponen de tres enfoques: Muestreo al Azar

¹⁸ ASME, "*Risk-Based Inspection-Development of Guidelines, Volume 2-Part 1, Inspection of LWR components*", (1992).

¹⁹ Regulatory Guide 1.178 "*An Approach For Plant-Specific Risk-informed Decisionmaking In service Inspection of Piping*" – 1998.

²⁰ USNRC, "*Use of Probabilistic Risk Assessment Methods in Nuclear Regulatory Activities; Final Policy Statement*", *Federal Register*, Vol. 60, p 42622, August 16, 1995.

²¹ USNRC, "*Framework for Applying Probabilistic Risk Analysis in Reactor Regulation*", *SECY-95-280*, November 27, 1995.3.

(Randomly sampled), Orientado a los daños (Damage oriented), y Risk-informed (RI-ISI).

El RI-ISI (Risk-Informed In Service Inspections) es una metodología para establecer un programa de inspección costo-efectivo basado en la evaluación de riesgos y en el conocimiento de los mecanismos específicos de degradación. Es un Programa alternativo al requerido por ASME Code Section XI Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components. Aprovecha la experiencia de operación acumulada de más de 13 000 años-reactor.

El Risk-Informed (RI-ISI), utilizado por el NRC basa las decisiones en percepciones de riesgo junto con la información determinista, y de licenciamiento. Las principales etapas del proceso RI-ISI²² son mostradas en la Figura 4.

En la metodología RI-ISI, las consecuencias generalmente se miden en términos de la probabilidad condicional de daño del núcleo (Conditional Core Damage Probability, CCDP) y de la probabilidad condicional de una gran liberación temprana, ambas debidas a la rotura de una cañería (Conditional Large Early Release Probability, CLERP). Este enfoque difiere del aplicado en la industria convencional, que determina las consecuencias financieras calculando consecuencias para la vida, para el ambiente, daño de la propiedad, así como la interrupción del negocio.

Debido a la falta de modelos validados, y al gran esfuerzo requerido para realizar los intervalos de inspección, en muchos casos estos aún son determinados por los **principios deterministas** de ASME Sección XI o por experiencia técnica.

Aún hay muchos argumentos que indican que no todos los eventos pueden ser predichos y que el concepto de RI-ISI puede ignorar áreas de riesgos significativos. Una *Integrated risk-informed ISI methodology* debe asumir la posibilidad de que ocurran degradaciones, en localizaciones que no son esperables. En particular, aquellos lugares de altas consecuencias, deben ser considerados, aun cuando no haya indicios de que pueda aparecer un daño. Esas localizaciones deben ser incluidas en el programa de inspección. Esto significa que aún falta mucho desarrollo para consolidar estas metodologías.

²² “*Risk-informed in-service inspection of piping systems of nuclear power plants: process, status, issues and development*”. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2010.

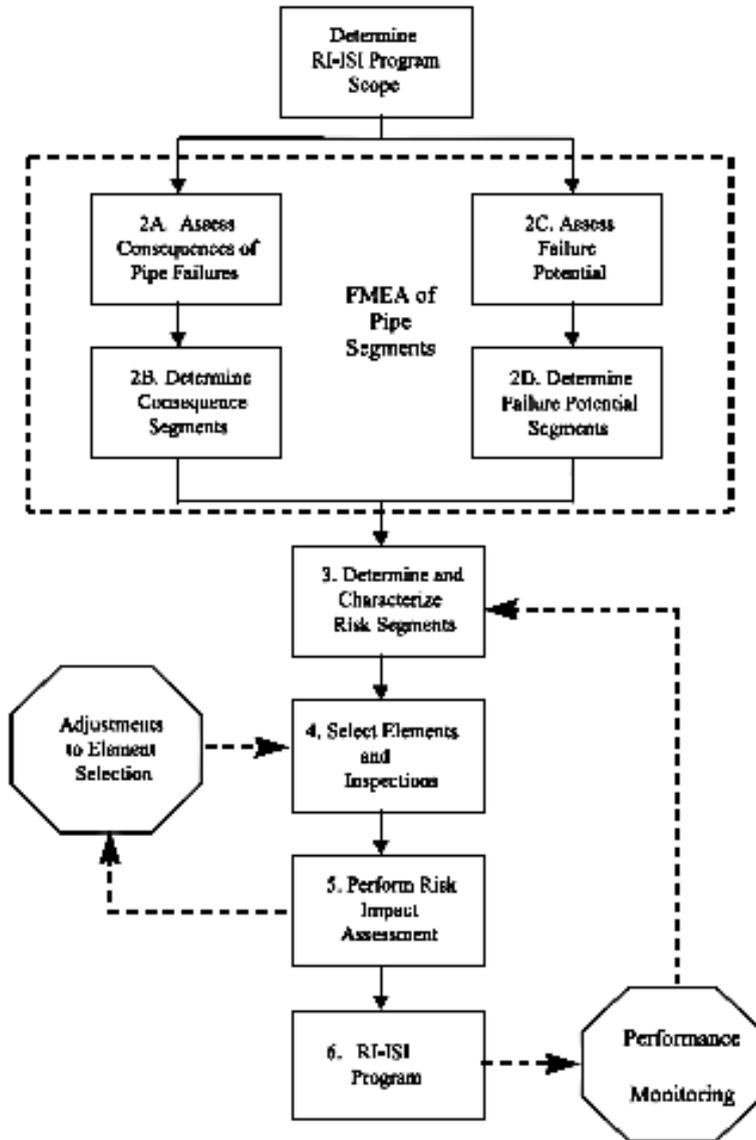


Figura 4. PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO RI-ISI²³

²³ “Risk-informed in-service inspection of piping systems of nuclear power plants: process, status, issues and development”, IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-3.1, Vienna, 2010.

8. Proyectos internacionales en desarrollo en el campo del RI-ISI

El campo del RI-ISI, aplicado a Centrales Nucleares, esta aún en pleno desarrollo, tal como surge de los programas desarrollados con la participación de NRC, EPRI y Battelle Institute, denominados PARTRIDGE²⁴ y el “*xLPR Pilot Study Report*”²⁵.

Los principales objetivos del PARTRIDGE son:

- a. El desarrollo del código xLPR (eXtremely Low Probability of Rupture) (muy baja probabilidad de ruptura). Los sistemas aprobados por LBB (Leak Before Breck) han experimentado mecanismos de degradación: *primary water stress corrosion cracking (PWSCC)*. Además de modelar los mecanismos de degradación, se modelan estrategias de mitigación y la influencia de las tecnologías de inspección sobre la frecuencia de fallas. Los programas xLPR representan un proceso cooperativo entre NRC y la industria, para desarrollar robustas herramientas de software para mejorar el diseño y las decisiones regulatorias. La motivación para este desarrollo está relacionada con que NRC SRP 3.6.3 no permite mecanismos activos de degradación, como PWSCC, para el análisis Leak Before Break (LBB). El documento 10CFR50 Appendix A, GDC-4 requiere demostrar una extremadamente baja probabilidad de falla. El xLPR es una herramienta probabilística (utiliza Monte Carlo) desarrollada para satisfacer los requerimientos de GDC-4.
- b. Continuar el desarrollo del PRO-LOCA (Probabilistic Fracture Mechanics Code - PFM), versión actualizada del PRAISE (Probabilistic Fracture Mechanics Code), que fuera empleado en el Proyecto de CNA II a comienzo de los '80.

²⁴ “*Probabilistic Analysis as a Regulatory Tool for Risk-Informed Decision Guidance*” (PARTRIDGE), Robert Tregoning (U.S. Nuclear Regulatory Commission) and Paul Scott (Battelle Memorial Institute), WGIAGE Metals Subgroup Meetin 1 CSNI - WGIAGE Meetings, Paris, April 12 - 14, 2010, France.

“*xLPR Pilot Study Report*”. U.S. NRC-RES, Washington, DC, and EPRI, Palo Alto, CA:

NUREG-2110 and EPRI 1022860. 2012.

²⁵ “*xLPR Pilot Study Report*”. U.S. NRC-RES, Washington, DC, and EPRI, Palo Alto, CA:

NUREG-2110 and EPRI 1022860. 2012.

9. Actividades realizadas en Argentina vinculadas con Inspección Basada en Riesgo

En la industria petrolera, la primera práctica recomendada para RBI (API 581) data del año 2000. En Argentina, su implementación comenzó inmediatamente en YPF, Pan American Energy, Pluspetrol, Petrolera Entre Lomas, Petrobas (PECOM Energía), etc. La implementación incluyó inicialmente el desarrollo local de software (CTI-SIBAR y SIBARNET). Luego, desde el país se difundió la implementación de la metodología de inspección basada en riesgo a la industria del petróleo y gas de Perú y Bolivia. El Curso de capacitación RBI, desarrollado a partir de esa experiencia local, fue adquirido por ASME Internacional, y hoy lo dictan periódicamente en toda Latinoamérica Instructores Autorizados por ASME provenientes de nuestro país. En la industria de generación hidroeléctrica, Central Hidroeléctrica Yacretá, se desarrolla la implementación de metodologías basadas en riesgo para la gestión de integridad, basada en estas experiencias. En el marco del FONTSOFT (MENCYT) se encuentra avanzado el desarrollo del Software SIGIN FX (Sistema de Gestión de Integridad de Activos Físicos Basado en Riesgo), que constituye una solución avanzada con gran potencial de crecimiento para ser aplicado en la industria local.

La industria nuclear argentina ha manifestado interés por el RI-ISI, aunque aún no hay desarrollos específicos implementados. La CNEA²⁶ ha desarrollado detallados conocimientos sobre los mecanismos de daño que deben integrarse con las herramientas de inspección y riesgo.

10. Conclusiones

Las instalaciones industriales que involucran procesos peligrosos, disponen de una metodología bien establecida para gestionar la integridad de sus activos físicos y minimizar las posibles consecuencias sobre la vida y el medio ambiente.

Los sistemas de gestión empleados internacionalmente basan las decisiones, total o parcialmente, en riesgo. Aún se debe profundizar

²⁶ Mario Solari, “*RI-ISI Risk-Informed In-Service Inspection*”. Conferencia pronunciada en CNEA - Centro Atómico Constituyentes, Buenos Aires, 24 de agosto de 2012.

sobre las técnicas empleadas para estimar la probabilidad de ocurrencia de eventos no deseados, requeridas para realizar la evaluación de los riesgos.

Considerando la relevancia del RI-ISI, que esta herramienta está en pleno desarrollo, y la amplia experiencia local en el desarrollo e implementación de RB-ISI o RBI, en la industria convencional, se recomienda realizar un esfuerzo local para avanzar en el tema, por ejemplo posibilitando que el país participe en Proyectos internacionales de cooperación en el tema.