

GESTIÓN DE RIESGO UNIFICADA PARA PLANTAS Y DUCTOS

Marcos Meyer, Icorr, mmeyer@icorr.com.ar

Marcos Tissera, Icorr, mtissera@icorr.com.ar

Leda Orfei, Icorr, lorfei@icorr.com.ar

Leo Martin Orfei, Icorr, orfeileo@icorr.com.ar

Sinopsis

Desde hace más de una década, han sido desarrollados diversos enfoques y modelos para la implementación de Sistemas de Gestión de Integridad (SGI) en la industria de petróleo y gas a nivel local. Dichas actividades se han focalizado, mediante el empleo de pautas y lineamientos volcados en la normativa internacional y regulaciones locales, sobre dos tipos de instalaciones: ductos y equipos de plantas.

Muchos de los conceptos aplicados en la gestión de integridad para los diferentes tipos de instalaciones de superficie en yacimientos productores de petróleo y gas, clasificados básicamente en sistemas de plantas y ductos, resultan comunes a ambos tipos de sistemas. Por otra parte, algunos de los elementos y actividades que conforman el proceso de gestión de integridad, deben ser diseñados en función de las características particulares de cada tipo de instalaciones.

Se ha desarrollado e implementado un modelo de Sistema de Gestión de Integridad de instalaciones de superficie unificando la gestión de plantas y ductos. Dicha implementación se ha centrado en la optimización de recursos y actividades clave del Sistema de Gestión de Integridad, como por ejemplo:

- Modelos y herramientas para identificación y evaluación de amenazas y análisis de riesgo
- Gestión de resultados de riesgo
- Diseño de planes basados en riesgo
- Georreferenciación

El presente trabajo se focaliza sobre los aspectos y resultados principales de la implementación del modelo de Sistema de Gestión de Integridad unificado para plantas y ductos.

1. Introducción

La Gestión de Integridad implica un conjunto de actividades con el objeto principal de que los sistemas mecánicos y estructurales sean diseñados, contruidos, operados, mantenidos y verificados según las normas aceptadas para garantizar que dichas instalaciones estén en condiciones seguras para el servicio, evitando así la pérdida de integridad de contención y estructural.

El proceso de Gestión de Integridad se fundamenta en un ciclo de mejora continua que requiere un claro entendimiento de los parámetros de diseño y operación, riesgo y confiabilidad, requerimientos de inspección, etc.



Figura 1. Esquema de los elementos o actividades que intervienen en la Gestión de Integridad.

Si bien existen trabajos y desarrollos previos, los antecedentes que generaron la amplia difusión del concepto y proceso de Sistema de Gestión de Integridad (SGI), tal como se emplea actualmente en la industria de petróleo y gas, tuvieron lugar en los inicios de la década de 2000.

Dichos antecedentes se concentraron sobre dos tipos de sistemas de instalaciones: ductos y componentes de plantas:

- Metodología RBI (Risk Based Inspection)
Es la herramienta de gestión y análisis de riesgo adoptada en la industria para los sistemas de plantas de proceso. Inicialmente se publicaron dos documentos, API 581 Base resource document (1st Ed May 2000) y API 580 (1st Ed May 2002). API RP 580 es una guía para implementar sistemáticamente la metodología RBI, mientras que API RP 581 provee la metodología detallada para el cálculo de RBI.
- Gestión de integridad de ductos
Mayo 2001: El Departamento de Transporte (DOT) de EE.UU. establece en CFR 195.452 (Código de Regulaciones Federales) requerimientos para la Gestión de Integridad de Cañerías de líquidos peligrosos.
Noviembre 2001: API publica la primera edición de la norma 1160 (cañerías de hidrocarburos líquidos).
2002: Se publica la norma ASME B31.8S (cañerías de gas), en base a API 1160.
En todos estos documentos se presentaron los conceptos y elementos clave para la implementación de programas de gestión de integridad de ductos, principalmente:
 - Integración de información
 - Identificación de áreas sensibles
 - Identificación de amenazas
 - Evaluación de riesgos
 - Evaluación de integridad
 - Proceso de evaluación y mejora continuo

A partir de estos inicios, el desarrollo e implementación de los SGI han continuado su evolución con marcadas diferencias, según se trate de sistemas de ductos o plantas. Adicionalmente, esta evolución ha promovido avances relevantes de la industria en aspectos como:

- Integración de datos: bases de datos, software.
- Desarrollo de tecnologías de inspección.
- Desarrollo de metodologías de análisis de riesgo.
- Desarrollo de otros documentos y normativa asociados.

En el ámbito de la industria local, se han replicado las mismas tendencias, adoptadas por algunas regulaciones nacionales (NAG-100, Resolución 1460 SEN) o provinciales en el caso de sistemas de ductos. Para sistemas de plantas, se han documentado en algunas regulaciones requerimientos en cuanto a la gestión de integridad de determinados tipos de componentes (Resolución 785 SEN, Normas NAG).

No obstante la división marcada anteriormente entre ductos y plantas, muchos de los conceptos aplicados en la gestión de integridad para los diferentes tipos de instalaciones de superficie en yacimientos productores de petróleo y gas, resultan comunes a ambos tipos de sistemas, fundamentalmente en elementos como la integración de la información, objetivos del análisis de riesgo y los conceptos asociados a la gestión y mitigación del riesgo, y la visión del SGI como un proceso de evaluación y mejora continua.

2. Desarrollo

Considerando como un objetivo prioritario la realización de mejoras en los procesos, se ha desarrollado e implementado un modelo de SGI de instalaciones de superficie unificando la gestión de plantas y ductos. Dicha implementación se ha centrado en la optimización de recursos y actividades clave del SGI.

Se desarrollan a continuación las bases y conceptos metodológicos del nuevo SGI y se describen elementos y aspectos de aplicación.

2.1. Modelo de riesgo

2.1.1. Concepto

El modelo es la base metodológica que sustenta el proceso de análisis y gestión de riesgo. La selección del modelo resulta un aspecto clave dentro del SGI, ya que es la herramienta a partir de la cual se tomarán una serie de decisiones asociadas a la gestión del riesgo que involucran gestión de los recursos de ingeniería y mantenimiento.

2.1.2. Marco normativo

El enfoque empleado en la normativa internacional ha diferido sustancialmente entre sistemas de plantas y ductos:

- Componentes de plantas: Desde la publicación de las normativas API RBI (año 2000), la industria, prácticamente en su totalidad, ha adoptado estas metodologías para el análisis y la gestión de riesgo de componentes de plantas. Actualmente se incluyen modelos o metodologías de nivel cuantitativo.
- Ductos: Los códigos aplicables de mayor divulgación (API 1160 y ASME B31.8S) indican lineamientos y etapas requeridas en la evaluación pero no definen tipo o metodología de cálculo de riesgo. Hasta el momento la industria de petróleo y gas no ha adoptado una metodología unificada por norma para análisis de cañerías.

Dentro del ámbito normativo, no obstante, se ha observado una tendencia de los últimos años y actual en cuanto a los modelos de análisis de riesgo de diferentes tipos de instalaciones. Esta tendencia marca la utilización de modelos de nivel cuantitativo en detrimento de modelos de tipo cualitativo.

Ejemplos de lo indicado anteriormente son:

- La metodología API RBI, presentada en el documento API RP-581: a partir de la segunda edición publicada en 2008, se eliminan las metodologías cualitativa y semi-cuantitativa de probabilidad, por no obtener un ajuste adecuado en los resultados de riesgo, incluyéndose únicamente metodologías de tipo cuantitativo tanto para el cálculo de probabilidad como de consecuencia. La metodología RBI es utilizada como norma de referencia a nivel mundial para análisis de riesgo de equipos y cañerías de plantas.
- Las normativas europeas BSI PD 8010-3 (2009) e IGEM/TD/2 Edición 2 (2012), que podrían denominarse de última generación, las cuales proveen una guía para la realización de evaluaciones de riesgo de cañerías que transportan sustancias inflamables y gas natural, respectivamente. Ambos documentos prescriben la utilización de metodologías de análisis de riesgo de tipo cuantitativo únicamente. A pesar de ello, no se especifica un modelo o algoritmo particular a emplear.

2.1.3. Unificación del modelo de riesgo

A partir de las consideraciones expuestas anteriormente, se desarrolló un enfoque para lograr la unificación del modelo de riesgo de instalaciones de superficie.

Partiendo de la premisa de utilización de RBI como modelo de análisis de riesgo para componentes de plantas, avalado por normativa internacional (API-RP581) y utilizado por la amplia mayoría de los operadores a nivel

mundial desde hace casi dos décadas, se planteó el desarrollo de un modelo para análisis de ductos tomando como base la metodología RBI.

Para ello se plantearon etapas de desarrollo de ingeniería conceptual y de detalle, las cuales incluyeron, resumidamente:

- Recopilación y evaluación crítica de diferentes modelos de riesgo utilizados para análisis de ductos en la industria de petróleo y gas.
- Evaluación de la validez del modelo RBI para uso en análisis de ductos (considerando que el mismo se emplea para cañerías de planta).
- Identificación y evaluación de adaptaciones o modificaciones requeridas para la aplicación del modelo RBI al análisis de ductos, fundamentalmente para amenazas no dependientes del tiempo.
- Desarrollo de modelos o algoritmos parciales para los cambios requeridos.
- Recopilación de diferentes bases de datos y publicaciones de la industria para obtención de parámetros a utilizar en el nuevo modelo.
- Desarrollo del modelo completo.
- Validación del modelo.

Como resultado del proyecto de desarrollo planteado, se obtuvo un modelo de análisis de riesgo para cañerías basado en el modelo API RBI, es decir una metodología cuantitativa (QRA, quantitative risk assessment). Los detalles relacionados a la metodología de cálculo son presentados en el trabajo Análisis de riesgo cuantitativo (QRA) de ductos de yacimiento (D. Benaroya, H. Capello, M.Meyer, IAPG 2017).

El nuevo modelo de análisis de riesgo unificado fue implementado en diferentes operadoras del ámbito local a partir de 2015.

Entre las principales ventajas de la implementación del modelo RBI de ductos, en paralelo con su implementación en componentes de plantas, se observaron las siguientes:

- Los datos recopilados para sistemas de ductos y componentes de plantas son integrados en una misma y única base de datos.
- La utilización de la misma base de algoritmo de cálculo posibilita la utilización de una misma herramienta (software) de cálculo.
- Al trabajar sobre la base del mismo modelo de riesgo (RBI), se facilita el entendimiento y expertise de los analistas de riesgo.
- Se unifican los parámetros de expresión de resultados de probabilidad, consecuencia y riesgo en sistemas de componentes de plantas y ductos, posibilitando realizar evaluaciones comparativas entre diversos sistemas.
- Se unifica la modalidad para realizar evaluaciones del impacto sobre el riesgo de las acciones de mitigación para ambos tipos de sistema, lo cual contribuye a unificar los criterios de la gestión de riesgo.
- Al tratarse de un modelo de riesgo cuantitativo, es posible transformar los resultados de RBI a matrices de riesgo corporativas, con la finalidad de facilitar la presentación de la gestión de riesgo a niveles gerenciales.

2.2. Software

Como se mencionó anteriormente, una de las ventajas sobresalientes de la implementación de un modelo de riesgo unificado es la posibilidad de utilización de una única herramienta sistematizada (software) para el cálculo y la gestión de riesgo.

Los casos citados de implementación del SGI unificado tuvieron como herramienta de soporte un software específico desarrollado en paralelo al modelo.

Al sistematizar la gestión y cálculo de riesgo en un mismo software se logró optimizar, principalmente, los siguientes aspectos:

2.2.1. Árbol de instalaciones

La presentación del árbol de instalaciones de la compañía se muestra unificada, permitiendo realizar operaciones de carga de datos y visualización de ambos tipos de instalaciones en simultáneo, como se observa en la Figura 1.

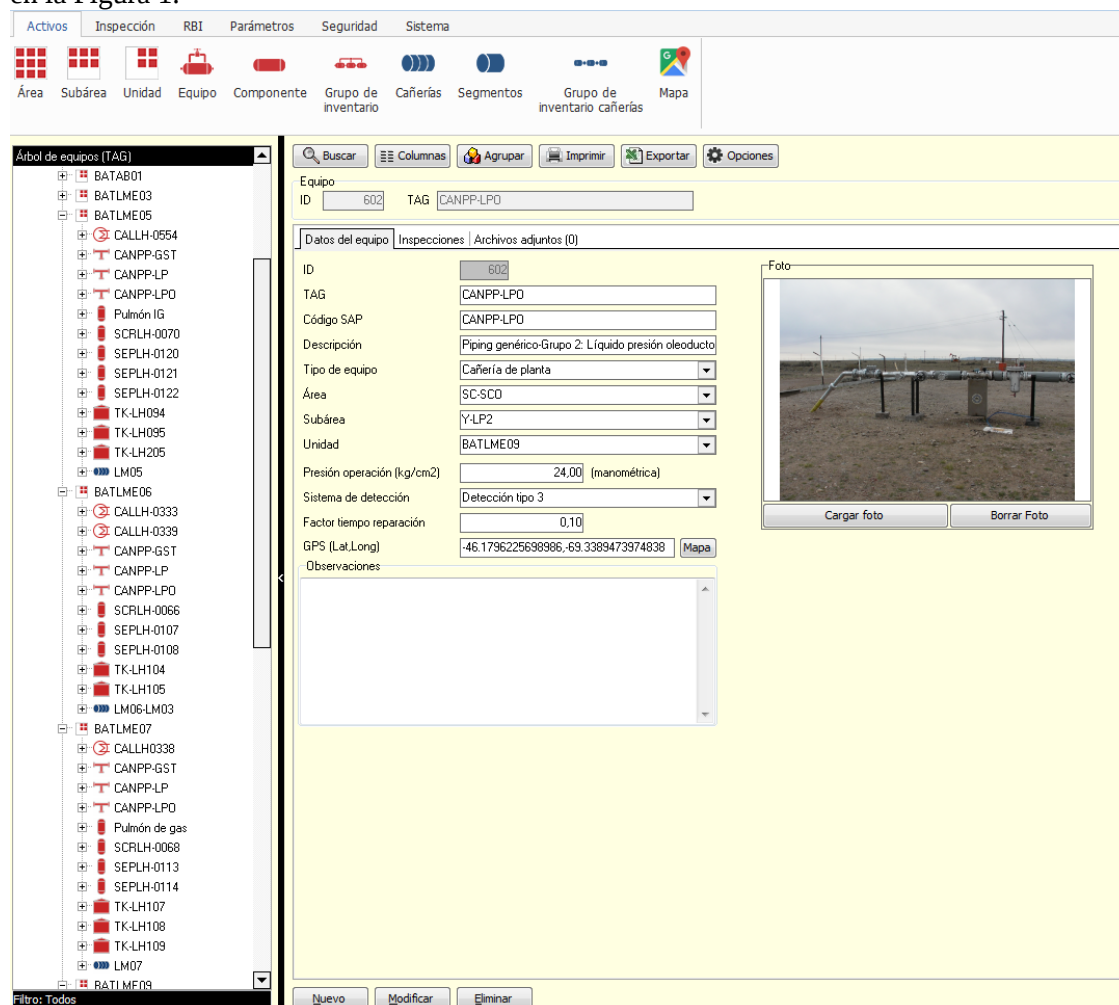


Figura 1. Imagen mostrando el árbol de instalaciones en el software, en donde se observan equipos (color rojo) y ductos (color azul).

2.2.2. Base de datos de integridad

La unificación de la base de datos permite organizar en una única herramienta el registro de información de las instalaciones y del riesgo asociado. De esta manera, se logra optimizar la integración de información y resultados.

2.2.3. Georreferenciación

Se utiliza un mismo sistema de georreferenciación y visualización para ductos y componentes de plantas, como se muestra en las Figuras 2 y 3.

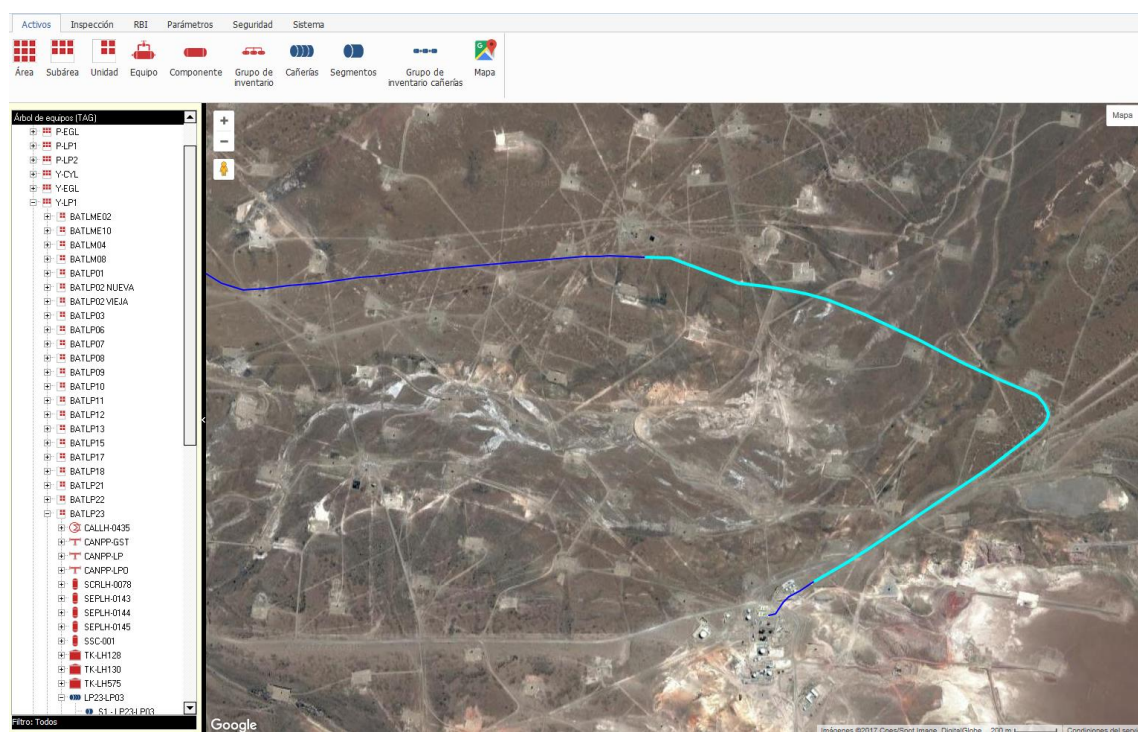


Figura 2. Vista de traza georeferenciada de un segmento y ducto.

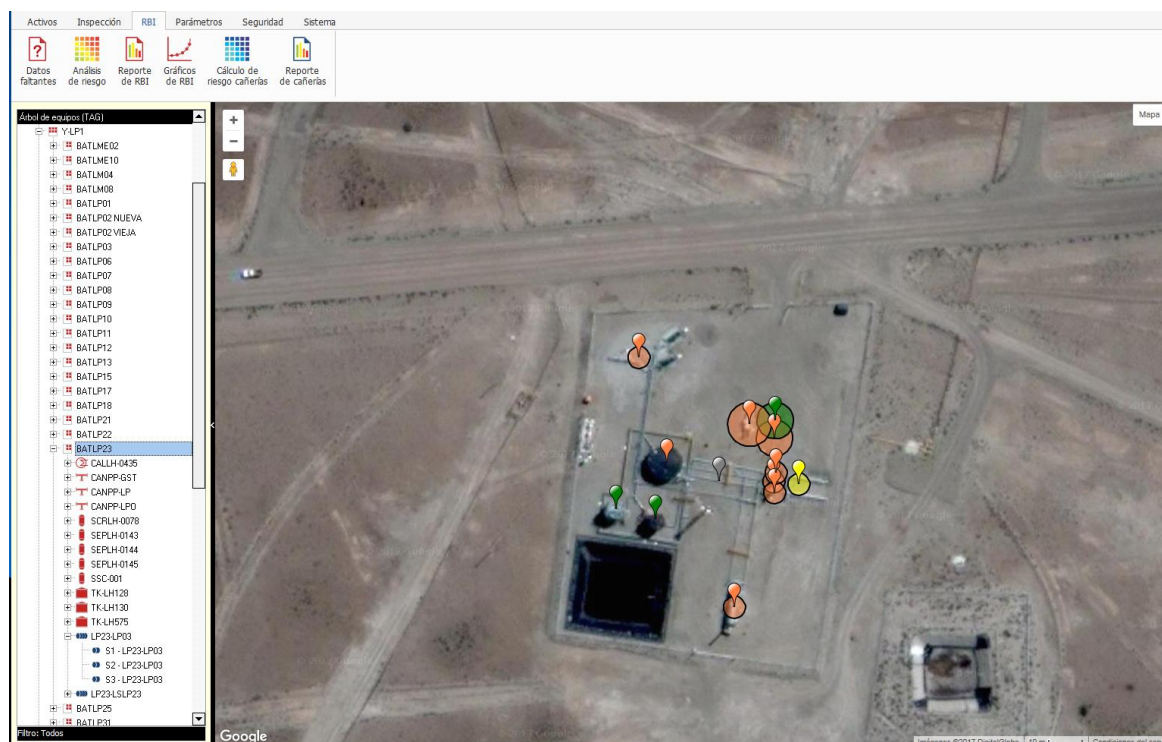


Figura 3. Vista georeferenciada de componentes de una planta.

2.2.4. Presentación de resultados de riesgo

Para la presentación de los resultados de riesgo obtenidos a través del modelo unificado se utilizó la matriz propuesta por API RBI: una matriz de riesgo simétrica de 5x5 no balanceada, es decir que posee mayor peso en la categoría de consecuencia.

En esta modalidad de presentación de resultados se obtiene una representación del riesgo de cada sistema (ducto, componente de plantas) evaluado y/o del riesgo comparativo entre sistemas. Se muestran ejemplos de matriz unificada en las Figuras 4 y 5.

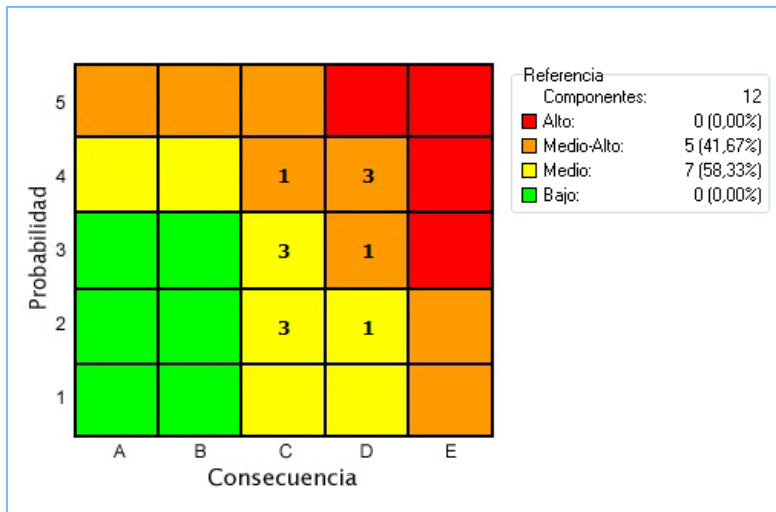


Figura 4. Ejemplo de matriz de riesgo de ductos por segmentos.

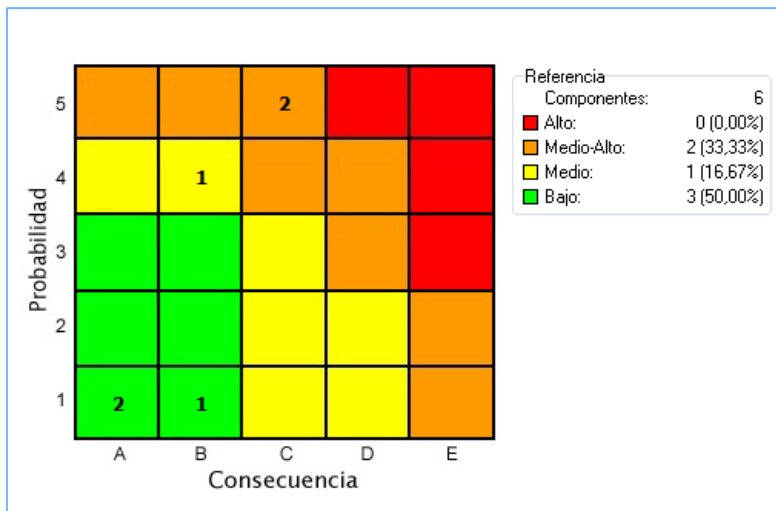


Figura 5. Ejemplo de matriz de riesgo componentes de una planta.

2.2.5. Utilización de matrices corporativas

Actualmente muchas compañías operadoras basan su gestión de riesgos de seguridad y medio ambiente en estándares o procedimientos corporativos, en los cuales se definen y establecen criterios y/o metodologías para la identificación, evaluación y control de los riesgos que puedan afectar a la seguridad de las personas, las instalaciones y al medioambiente.

Generalmente, en dichos procedimientos se incluyen criterios de referencia para la evaluación de riesgos, los cuales son representados típicamente sobre una matriz.

Otro de los aspectos que surgen a partir de la unificación del modelo de riesgo y sus características, según se indicó anteriormente, es la posibilidad de transformar los resultados de riesgo bajo la metodología API RBI (modelo unificado) a los criterios y escalas de probabilidad, consecuencia y riesgo corporativos.

Este tipo de procesos ha sido implementado en operadoras a partir de la unificación del SGI.

3. Conclusiones

Con el objetivo de obtener mejoras en los procesos, se desarrolló e implementó un modelo de SGI de instalaciones de superficie unificando la gestión de plantas y ductos. Las conclusiones más relevantes resultantes del proyecto se enuncian a continuación:

- Se desarrolló un enfoque para lograr la unificación del modelo a utilizar para el análisis de riesgo de instalaciones de superficie (componentes de plantas y ductos), en base a las siguientes consideraciones:
 - Consenso a nivel internacional de la norma y modelo API RBI.
 - Escasa definición de pautas para la aplicación de modelos o metodologías de análisis de riesgo por parte de los códigos aplicables a ductos de mayor divulgación (API 1160 y ASME B31.8S).
 - Tendencia de la industria de petróleo y gas hacia la utilización de modelos de nivel cuantitativo en detrimento de modelos de tipo cualitativo (API RP-581, BSI PD 8010-3, IGEM/TD/2).
- El nuevo modelo desarrollado para análisis de ductos toma como base la metodología RBI, por lo cual se trata de una metodología cuantitativa (QRA, quantitative risk assessment). En dicho desarrollo se plantearon y ejecutaron etapas de desarrollo de ingeniería conceptual y de detalle.
- El modelo de análisis de riesgo unificado fue implementado en diferentes operadoras del ámbito local a partir de 2015.
- Entre las principales ventajas de la implementación del nuevo modelo de SGI, se citan:
 - Integración en una misma y única base de datos.
 - Utilización de la misma base de algoritmo de cálculo que posibilita el uso de una misma herramienta (software) de cálculo.
 - Unificación de los parámetros de expresión de resultados y matrices.
 - Unificación en criterios de la gestión de riesgo.
- La implementación del SGI unificado tuvo como herramienta de soporte un software específico desarrollado en paralelo al modelo, logrando optimizar aspectos como: presentación del árbol de instalaciones, unificación de la base de datos de integridad, sistemas de georreferenciación, presentación de resultados.

4. Bibliografía

API RP 580 Inspección Basada en Riesgo.

API RP 581 Tecnología de Inspección Basada en Riesgo.

BSI PD 8010-3, Guía para la aplicación de análisis de riesgo de cañerías que contienen productos inflamables con riesgo de accidentes mayores.

IGEM/TD/2, Evaluación de riesgos de cañerías de gas natural de alta presión.

Código ASME B31.8S, Sistema de Gerenciamiento de Integridad para Cañerías de Gas.

API 1160, Sistema de Gerenciamiento de Integridad para Cañerías de Hidrocarburos Líquidos.

5. Breve CV de los autores

Marcos Meyer

Ingeniero Mecánico, UNMdP; especialización en Ciencia y Tecnología de Materiales del Inst. Sábato (CNEA/UNSAM). Cuenta con 20 años de experiencia en la industria como ingeniero en las áreas de integridad, corrosión e inspección, trabajando tanto en compañías operadoras del sector de petróleo, gas y petroquímica (YPF, Repsol, Pan American Energy) como empresas en el área de consultoría. Instructor en cursos especializados de Sistemas de Gestión de Integridad de Ductos (ASME B31.8S y API 1160) y RBI (Risk Based Inspection API 580/581) brindados a la industria de gas y petróleo. Actualmente se desempeña como Director de Icorr Ingeniería S.A.

Marcos Tissera

Ingeniero en Materiales, Universidad Nacional de Mar del Plata; especialización en Ciencia y Tecnología de Materiales del Inst. Sábato (CNEA/UNSAM). Cuenta con más de 19 años de experiencia en la industria como

ingeniero en las áreas de corrosión, inspección e integridad, trabajando en empresas del sector de petróleo y gas, y en el área de consultoría. Profesor adjunto de la UNMdP, Facultad de Ingeniería, Dto. de Materiales, en la cátedra de Corrosión. Instructor en cursos especializados RBI (API RP 580/581) brindados a la industria de gas y petróleo. Actualmente se desempeña como Director de Icorr Ingeniería S.A.

Leda Orfei

Licenciada en Ciencias; Universidad Nacional de Mar del Plata; 4 años de Doctorado en Ciencias INTEMA – CONICET área Corrosión. Cuenta con 6 años de experiencia en consultoría para la industria, sector petróleo y gas. Actualmente se desempeña como líder de gestión de proyectos en Icorr Ingeniería S.A.

Leo Orfei

Licenciado en Sistemas; cuenta con 15 años de experiencia como administrador de bases de datos y programación en diferentes lenguajes; certificado por Microsoft en SQLServer; líder de proyectos en países de latinoamérica (Colombia, México, Venezuela, Chile, Bolivia) en el desarrollo y start-up de sistemas para compañías internacionales. 6 años en desarrollo de sistemas de análisis de riesgo RBI. Desarrollador líder de software I-Risk en Icorr Ingeniería S.A.