

INSPECCIÓN BASADA EN EL RIESGO (IBR-API RP 580)

RISK BASED INSPECTION (RBI-API RP 580)

EDGARD MENESES RAMIREZ, KARLA MORE PALACIOS, ULISES SICCHA JARA, GABRIELA VERASTEGUI CUBA y ANGIE ESPINOZA CRUZ ⁽¹⁾

RESUMEN

Inspección Basada en Riesgo (RBI) es un enfoque basado en el riesgo para la priorización y planificación de las inspecciones, principalmente en la industria del petróleo y el gas. Este tipo de inspección analiza la planificación de la probabilidad de fracaso y las consecuencias de la misma con el fin de desarrollar el plan de inspección. Está relacionado con la Gestión de Activos Basado en el Riesgo, Gestión de Integridad basado en el riesgo y Gestión de resultados basada en el riesgo.

Se utiliza para dar prioridad a la inspección, por lo general por medio de ensayos no destructivos (END), los requisitos para las principales plataformas petrolíferas, centros mineros, refinerías e instalaciones químicas en todo el mundo. Los resultados del plan de inspección describen el tipo y la frecuencia de la inspección para los activos de una compañía. Se utiliza para tuberías industriales, sistemas de proceso, tuberías, estructuras y muchos otros tipos de activos en estos sectores.

Los artículos con alta probabilidad y consecuencias de falla (es decir, de alto riesgo) se les da una mayor prioridad para la inspección que los artículos con baja probabilidad de falla o sea que tiene consecuencias bajas. Esta estrategia permite una inversión racional de los recursos de inspección.

PALABRAS CLAVE

Confiabilidad, Inspección, Consecuencia, Peligro, Criticidad, Probabilidad, Riesgo.

SUMMARY

Risk Based Inspection is a risk based approach to prioritizing and planning inspection, predominantly in the oil and gas industries. This type of inspection planning analyses the likelihood of failure and the consequences of the same in order to develop and inspection plan. It is related to Risk Based Asset Management, Risk Based Integrity Management and Risk Based Management.

It is used to prioritise inspection, usually by the means of non-destructive testing (NDT), requirements for major oil platforms, mining centers, refineries and chemical installations around the world. The resulting inspection plan outlines the type and frequency of inspection for the asset. It is used for industrial pipework, process systems, pipelines, structures and many other types of assets in these industries.

¹ Egresados de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos – UNMSM.

Items with high probability and high consequence are given a higher priority for inspection than items that are high probability but for which failure has low consequences. This strategy allows for a rational investment of inspection resources.

KEY WORD

Reliability, Inspection, Consequence, Danger, Criticality, Likelihood, Risk.

I. INTRODUCCIÓN

La inspección basada en el riesgo es un proceso que sirve para identificar, evaluar y definir los riesgos industriales (debido a la corrosión y fracturas por exceso de tensión), que pudieran poner en peligro la integridad de los equipos, tanto presurizados como estructurales. La RBI aborda los riesgos que se pueden controlar mediante inspecciones y análisis adecuados.

Durante el proceso de RBI, los ingenieros diseñan la estrategia a seguir en la inspección (qué, cuándo, cómo inspeccionar) que encaje mejor con los mecanismos de degradación que se hubieran previsto u observado.

II. MARCO CONCEPTUAL

Debido a lo acelerado y complejo que resulta actualmente la Toma de Decisiones en los procesos productivos, muchas veces las empresas se ven obligadas a ejecutar acciones de inversión basadas en información incompleta, incierta o difusa, debiendo a su vez producir con más bajo costo, mejor calidad y mayor nivel de Confiabilidad. Es por ello que muchas de las más importantes empresas del mundo utilizan cada vez más intensamente las disciplinas y metodologías de Ingeniería de Confiabilidad, Análisis de Riesgos y Gerencia de la Incertidumbre. Más aún, la tendencia es hacia la utilización de enfoques integrados, como Confiabilidad Integral. ⁽²⁾

La historia nos dice que el 80% de los riesgos en las plantas industriales, en general, el 20% se relacionan con el equipo de presión. Para ser más eficiente con las inspecciones y el mantenimiento, es muy útil para identificar este 20% o más. ⁽²⁾

El propósito de la clasificación de riesgo del equipo es proveer las bases para tener una idea de la inspección directa de riesgo donde los recursos de mantenimiento (tiempo y dinero) se pueden optimizar en el programa de inspección. Esto da como resultado operaciones más seguras y fiables, mientras se controlan los recursos. Los pagos de los programas de Inspección basada en el Riesgo están en promedio alrededor de 10 a 1. ⁽³⁾

¿Por qué necesitamos RBI?

- La inspección basada en riesgo puede reducir el riesgo de fallas de alta consecuencia
- Mejorar la rentabilidad de los recursos de inspección y mantenimiento
- Proporcionar una base para la transferencia de recursos de menor a equipos de mayor riesgo

² The Hendrix Group, Introduction to Risk Based Inspection, Primera Edición Agosto 1996.

³ Asociación Argentina de Materiales, Estudio De "Inspección Basada En Riesgo" De Una Unidad De Alquiler Con Hf, Setiembre del 2009.

- Medir y comprender los riesgos asociados a los programas de inspección en curso
- Medida de reducción del riesgo como consecuencia de las prácticas de inspección

Capacidades de la Inspección Basa en el Riesgo

La Inspección Basa en el Riesgo (RBI) tiene la capacidad de hacer lo siguiente:

- Evaluar los planes actuales de inspección para determinar las prioridades para las inspecciones
- Evaluar los planes de futuro para la toma de decisiones
- Evaluar los cambios a las operaciones básicas que afectan a la integridad del equipo
- Identificar crítica contribuyentes al riesgo que de otro modo puede ser pasado por alto
- Establecer niveles óptimos económicos de la inspección pesadas contra la reducción del riesgo
- Incorporar los niveles de "riesgo aceptable"

Medición del Riesgo

El riesgo es una combinación de la probabilidad y consecuencia. Una forma de ilustrar el riesgo es para mostrar los factores de riesgo y las consecuencias en un gráfico XY.

FIGURA 01. Probabilidad vs. Consecuencia ⁽⁴⁾

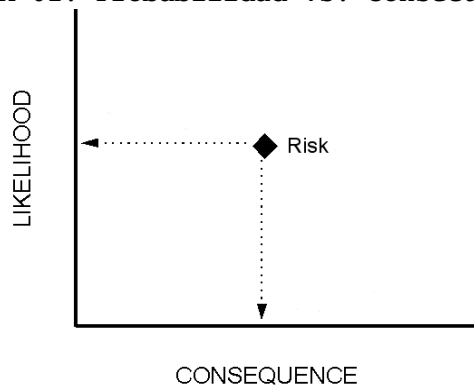
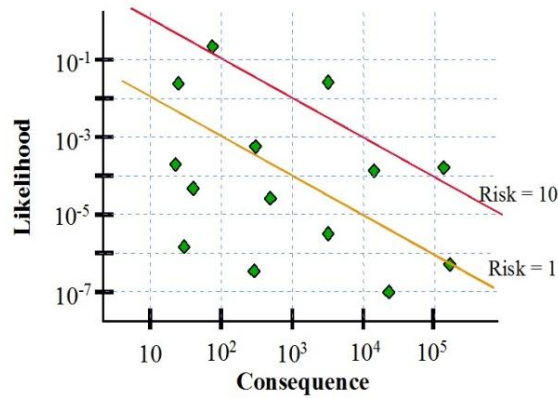


FIGURA 02. Líneas de Riesgo Iso (Probabilidad vs. Consecuencia) ⁵

⁴ American Petroleum Institute, API RP 580, API Recommended Practice 580, Risk-Based Inspection, Primera Edición Mayo del 2002.

⁵ The Hendrix Group, Introduction to Risk Based Inspection, Primera Edición Agosto 1996.



Otra forma de medir el riesgo a través de un método cuantitativo. En la siguiente grafico se puede apreciar los índices de riesgo según el color, siendo el de menor jerarquía el color blanco y el de mayor jerarquía el color rojo.

FIGURA 03. Matriz den criticidades. La combinación da como resultado seis niveles de criticidad: N (Negligible), L (Low), M (Medium), MH (Medium High), H (High) y E (Extreme).⁽⁶⁾

		CRITICIDAD				
		E	MH	MH	H	E
CLASE DE PROBABILIDAD	H	M	MH	MH	H	E
	M	M	M	M	MH	H
	L	L	L	M	MH	MH
	N	N	L	M	M	MH
	CLASE DE CONSECUENCIA	N	L	M	H	E

Niveles de la Inspección Basada en el Riesgo

El procedimiento API RBI tiene tres niveles de análisis:

Nivel I - Herramienta de la investigación que rápidamente se pone de relieve el riesgo que los usuarios de equipos de alto riesgo tal vez desee evaluar en mayor detalle.

Nivel II - un paso más cerca de ser un análisis cuantitativo de Nivel I, y se trata de un enfoque debajo de la escala de nivel III. Proporciona la mayor parte del beneficio del análisis Nivel III, pero que requiere menos de entrada de nivel III.

Nivel III - enfoque cuantitativo del RBI que proporciona el análisis más detallado de los tres niveles.

Tabla 01. Niveles y comparación RBI⁽⁷⁾

⁶ Asociación Argentina de Materiales, Estudio De "Inspección Basada En Riesgo" De Una Unidad De Alquiler Con Hf, Setiembre del 2009.

⁷ The Hendrix Group, Introduction to Risk Based Inspection, Primera Edición Agosto 1996.

	I	II	III
Level Definition	Qualitative	Quantitative	Quantitative
Process Inputs	Ranges	Actual Number	Actual Number
Damage Mechanisms	High, Medium, Low Susceptibility	Damage Factor 1 – 5,000 Range	Damage Factor 1 – 5,000 Range
Safety Risk	5 x 5 Matrix Location	Consequence Area, Damage Factor, 5 x 5 Matrix	Consequence Area, Failure Frequency, Quantified Risk
Financial Risk	Business Interruption Only	N/A	Safety, Production, Environmental

Metodología

La metodología Inspección Basada en Riesgo está fundamentada en las normativas API RP-580 y API PUB-581 y que permite caracterizar el riesgo asociado a los componentes estáticos de un sistema de producción sometidos a corrosión, con base en el análisis del comportamiento histórico de fallas, modos de degradación o deterioro, características de diseño, condiciones de operación, mantenimiento, inspección y políticas gerenciales tomando en cuenta al mismo tiempo la calidad y efectividad de la inspección, así como las consecuencias asociadas a las potenciales fallas.

El objetivo fundamental del RBI es definir planes de inspección basados en la caracterización probabilística del deterioro y el modelaje probabilístico de la consecuencia de una falla (caracterización del riesgo).

Existe una "Metodología RBI mejorada o Metodología Integrada para la Integridad Mecánica de Activos" se basa en la integración de las metodologías de Inspección Basada en Riesgos, "Valoración del Riesgo por Corrosión" (VRC)", Integridad Mecánica (IM) y modelaje probabilístico del deterioro, lo cual permite ampliar el espectro de cobertura de mecanismos de deterioro considerados en el enfoque clásico del IBR.

La inspección basada en riesgo sigue la siguiente metodología:

- Recolección de datos e información.
- Análisis del riesgo.
- Evaluación de consecuencias.
- Evaluación de la probabilidad de falla (veces/año).
- Evaluación del riesgo (mediante matriz de riesgos).
- Clasificación de los riesgos.
- Revisión del plan de inspección.
- Reevaluación del plan de inspección.

Aplicación Del RBI

Para tener una idea más clara tomaremos un ejemplo aplicativo de un caso que se dio en la refinería SHELL CAPSA, Argentina, donde existen más de 1200 equipos estáticos, 300 tanques de almacenamiento y gran cantidad de cañerías, se llega a la conclusión de que las tareas de inspección exigen gran cantidad de recursos. Es por ello que se recurre a diferentes metodologías para administrar estas tareas, siendo la Inspección Basada en Riesgo (RBI, Risk Based Inspection) una de ellas.

Se debe tener en cuenta que los resultados reales no serán mencionados por ser es de carácter confidencial.

El proceso RBI comienza con la generación de una base de datos que contiene toda la información relevante para evaluar la integridad de los equipos. Esta base de datos debe incluir: datos de proceso, datos de diseño, descripción y evaluación de los mecanismos de degradación, y una compilación de las historias de inspección de cada equipo y cañería de la unidad.

Luego, se deben definir y describir los circuitos de corrosión (CC) de la unidad. Un CC es una sección de la unidad que tiene materiales de construcción y condiciones de proceso "similares". Como consecuencia, un CC se encuentra expuesto a "similares" mecanismos de degradación. En este trabajo, se definieron 17 circuitos de corrosión. Debe destacarse que los equipos pueden estar subdivididos en más de un componente. Cada parte (que se le llamará "TAG") puede estar sometida a diferentes mecanismos de corrosión, por lo que pueden pertenecer a diferentes CC.

El paso siguiente es asignar los modos de falla relevantes a cada TAG del CC. Cada TAG puede tener asignado más de un modo de falla, por lo que el estudio S-RBI se realiza para cada combinación TAG-Modo de Falla posible. La unidad de alquilación posee en total 18 intercambiadores de calor, 10 recipientes, 5 columnas de fraccionamiento, 1 horno y 'gran cantidad' de cañerías, los cuales suman un total de 120 TAGs. Al asignar los modos de falla a cada TAG, se obtuvieron 175 combinaciones TAG-Modo de Falla a analizar. A continuación, deben evaluarse las criticidades de todas las combinaciones TAG-Modo de Falla definidas.

Las probabilidades de falla se evalúan respondiendo cuestionarios, dependiendo del modo de falla asignado al equipo. Las consecuencias de falla son independientes de los modos de falla asignados. Se evalúan respondiendo cuestionarios, que tienen en cuenta consecuencias en las siguientes áreas: económicas, de salud y seguridad y medio ambiente. La de mayor severidad es la que determina la clase de consecuencia del componente y se introduce en la matriz.

Una vez evaluadas las criticidades, según sea el nivel de las mismas, se tomarán diferentes medidas.

Si la criticidad es N, en principio no es necesario realizar una inspección formal y/o plan de monitoreo (siempre y cuando esto cumpla con las regulaciones locales). Si la criticidad es H o E, se deberá realizar un análisis más detallado, que se encuentra fuera del alcance del S-RBI. Este análisis involucra una etapa de toma de decisiones, en la que se evalúa la aceptabilidad de estos riesgos con las distintas opciones de mitigación, teniendo además en cuenta un análisis costo/beneficio.

Dependiendo del modo de falla asignado, se responderán diferentes cuestionarios, a partir de los cuales se obtiene una "puntuación" que define el índice de confianza. En general, el índice de confianza depende de varios factores, como por ejemplo, la cantidad de inspecciones llevadas a cabo previamente. Esto significa que si el equipo ya tiene varias inspecciones (lo que forma parte de su historia); se obtiene un mayor índice de confianza.

El próximo paso es definir los programas de inspección. El objetivo de un programa de inspección es especificar y realizar las actividades necesarias para detectar el deterioro del equipo en servicio antes de que ocurra la falla y de esta forma evitarla. Muchas situaciones pueden llevar a la falla del equipo, tales como errores de diseño, defectos de fabricación, mal funcionamiento de dispositivos de control, daño progresivo, etc. De todas estas situaciones, la inspección estará destinada principalmente a la detección del daño progresivo. Los parámetros que definen un programa de inspección son: ubicación de la inspección, técnica a utilizar, alcance de la inspección e intervalo entre inspecciones.

Para mantener el análisis RBI actualizado, se requiere de una revisión regular del mismo. Algunos eventos que sugieren realizar una revisión son: paradas de planta (planeadas o no), excursiones en la ventana operativa y cambios en la planta (incluyendo cambios en las condiciones de proceso).

Mecanismos de corrosión dependientes del tiempo

Son mecanismos de degradación estables, tienen una velocidad de corrosión constante en el tiempo, la cual no cambia drásticamente cuando ocurren pequeñas variaciones en las condiciones de proceso. Los mecanismos de este tipo asignados a la unidad son: Corrosión por HF, Corrosión Bajo Depósito, Corrosión por Agua de Enfriamiento y Corrosión por Soda Cáustica.

El nivel de criticidad y el índice de confianza se combinan en una tabla de doble entrada (Tabla 1) para obtener un Factor de Intervalo. La Tabla 1 es ilustrativa y no corresponde con la empleada durante el RBI, dado que es de carácter confidencial. El factor de intervalo es un número que, al multiplicarlo por la vida remanente, determina el máximo intervalo entre inspecciones.

TABLA 02. Determinación del Factor de Intervalo. ⁽⁸⁾

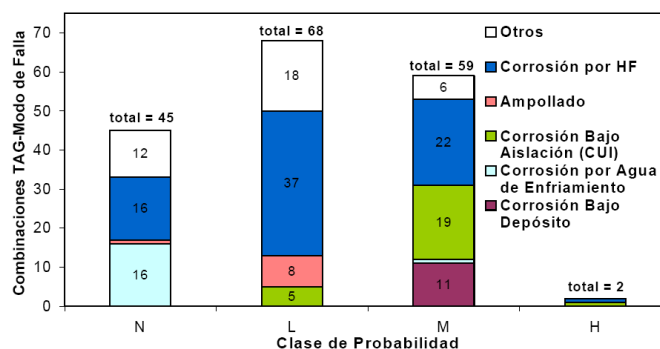
Factor de Intervalo		Índice de Confianza		
		1	2	3
Criticidad	M	0.1	0.2	0.3
	L	0.2	0.3	0.4
	N	0.3	0.4	0.5

III. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Probabilidades de falla, consecuencias de falla y criticidades

La Figura 04 muestra el diagrama correspondiente a las probabilidades de falla, obtenidas para cada combinación TAG-Modo de Falla. Los diferentes colores representan los modos de falla más relevantes presentados en el estudio. Por simplicidad, se agrupa en color blanco al resto de los modos de falla.

FIGURA 04. Probabilidades de Falla. ⁽⁹⁾



Se observa que casi todas las combinaciones TAG-Modo de Falla poseen clases de probabilidad N, L y M. Incluso, se esperaría que la mayoría de

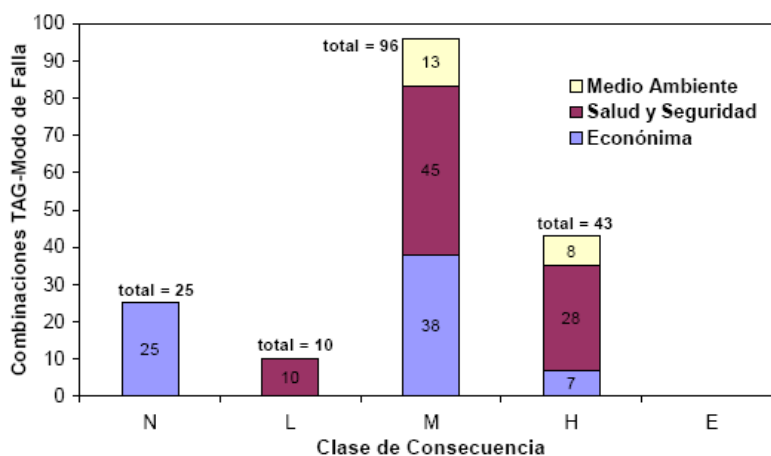
⁸ Asociación Argentina de Materiales, Estudio De "Inspección Basada En Riesgo" De Una Unidad De Alquiler Con Hf, Setiembre del 2009.

⁹ Asociación Argentina de Materiales, Estudio De "Inspección Basada En Riesgo" De Una Unidad De Alquiler Con Hf, Setiembre del 2009.

las combinaciones TAG-Modo de Falla tengan clases de probabilidades N y L. Sin embargo, existe una gran contribución de la clase de probabilidad M. Esto se debe principalmente a dos factores. Primero, las velocidades de corrosión asignadas a los mecanismos de degradación que dependen del tiempo fueron muy conservadoras. Este criterio fue adoptado para tener un mayor margen de seguridad. Segundo, la unidad opera en un rango de temperaturas tal que se tiene susceptibilidad a CUI. Debido a esto, la mayoría de los equipos que poseen aislación tienen clase de probabilidad M para este mecanismo de daño.

La Figura 05 muestra el diagrama correspondiente a las consecuencias de falla, obtenidas para cada combinación TAG-Modo de Falla. En la figura se detallan los tipos de consecuencia posibles: económica, salud y seguridad o medio ambiente, graficando en cada caso sólo la de mayor clase.

FIGURA 05. Consecuencias de Falla. ⁽¹⁰⁾



En la Figura 05 se observan 25 combinaciones TAG-Modo de Falla con consecuencia de falla despreciable. Es decir, la consecuencia clase N es simultáneamente despreciable en los 3 campos (económica, salud y seguridad y medio ambiente). Estos componentes, junto con las 10 combinaciones TAG-Modo de Falla de consecuencia L, tienen bajas consecuencias debido a que una falla del componente no tiene implicancias económicas, no afecta el medio ambiente y no tiene problemas significativos de salud y seguridad. La combinación de las consecuencias de estos componentes con la probabilidad de falla (no necesariamente baja) en la matriz de riesgo determinará la criticidad de los mismos.

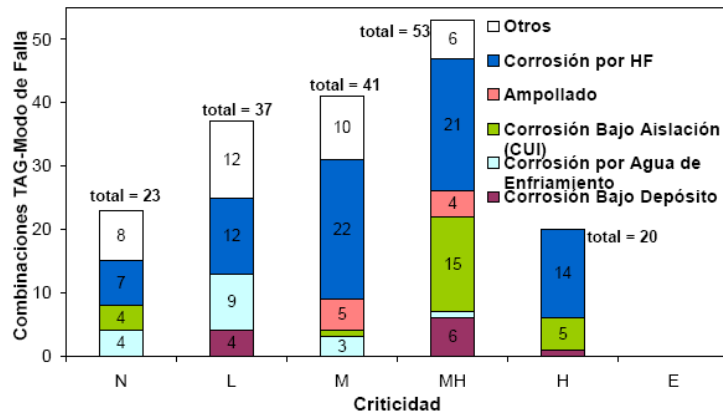
Por otro lado, se observa mayor cantidad de combinaciones TAG-Modo de Falla que presentan clases de consecuencia M y H frente a las de clase N y L. Este hecho tiene dos contribuciones. Una de ellas proviene de la naturaleza tóxica del HF, en donde una falla de un componente podría causar graves consecuencias de salud y de medio ambiente. La segunda corresponde al factor económico, donde una falla implicaría una parada de planta.

Según los días de parada, la consecuencia económica será clase M o H.

Figura 06. Diagrama correspondiente a las criticidades. ⁽¹¹⁾

¹⁰ Asociación Argentina de Materiales, Estudio De "Inspección Basada En Riesgo" De Una Unidad De Alquiler Con Hf, Setiembre del 2009.

¹¹ Asociación Argentina de Materiales, Estudio De "Inspección Basada En Riesgo" De Una Unidad De Alquiler Con Hf, Setiembre del 2009.

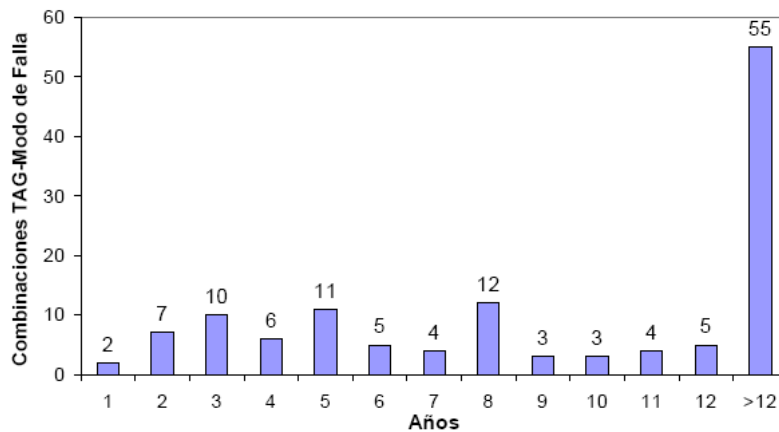


Para el entendimiento de este gráfico debe tenerse en cuenta el siguiente factor: las combinaciones TAG-Modo de Falla de la Figura 06 son exactamente las mismas que las de la Figura 2, sin embargo se distribuyen en forma diferente debido a la combinación entre la probabilidad (Figura 04) y la consecuencia de falla (Figura 05) en la matriz de riesgo. El diagrama de la Figura 06, obtenido de la unidad de alquiler, presenta una envolvente aproximadamente gaussiana con su máximo desplazado hacia la derecha. Esto se debe a que las velocidades de corrosión asignadas fueron muy conservadoras.

3.2 Máximo Intervalo Entre Inspecciones

La **Figura 07** muestra el máximo intervalo entre inspecciones (MII) de las combinaciones TAG-Modo de Falla que tienen asignados mecanismos de degradación dependientes del tiempo.

FIGURA 07 Intervalo máximo de Inspecciones. ⁽¹¹⁾

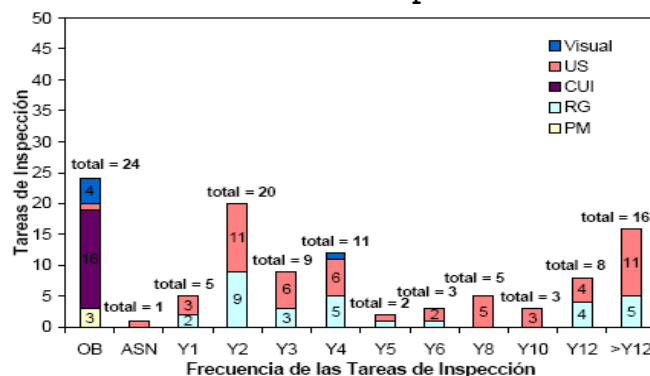


Habitualmente, el periodo de inspección para los equipos y cañerías de la unidad es de 4 años (tiempo entre paradas programadas de la unidad).

Intervalo Entre Inspecciones

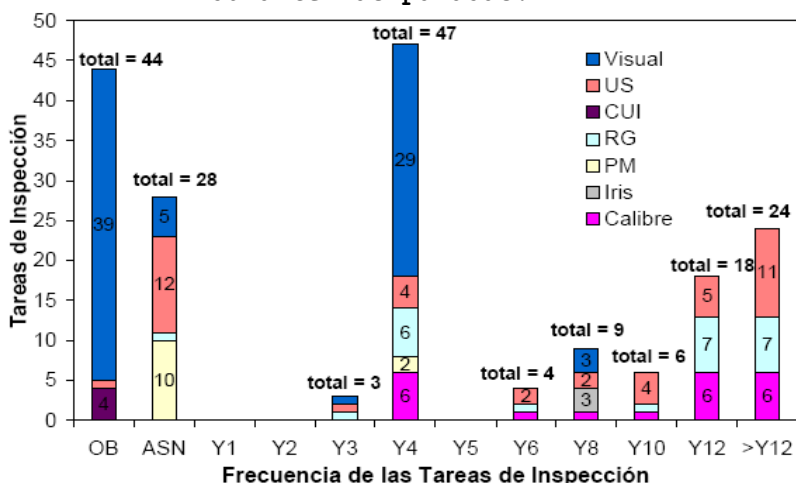
Las Figuras 08 y 09 muestran la cantidad de tareas de inspección definidas para todas las combinaciones TAG-Modo de Falla en función de la frecuencia a la que deben realizarse dichas tareas. Las tareas de inspección de la Figura 09 pueden realizarse "en línea", mientras de las de la Figura 10 deben realizarse durante las paradas de la unidad.

FIGURA 08. Frecuencia de las tareas de inspección a realizarse en línea. ⁽¹²⁾



Las Figuras 08 y 09 tienen mayor cantidad de combinaciones TAG-Modo de Falla (respecto de la Figura 5) debido a que las tareas de inspección se definen para todos los mecanismos de degradación (dependientes del tiempo y no dependientes del tiempo). Además, en general se define más de una tarea de inspección por combinación TAG-Modo de Falla.

FIGURA 09. Frecuencia de las tareas de inspección a realizarse durante las paradas. ⁽¹³⁾



Al comparar las Figuras 07 y 09, se observa que en la Figura 09 se tiene mayor cantidad de inspecciones que deben realizarse cada 4 años y menor para intervalos mayores que 12 años. Este hecho tiene principalmente 2 contribuciones. La primera de ellas proviene de los equipos que están pintados en su interior, cuyas velocidades de corrosión han resultado ser bajas por el efecto de la pintura. Esto da como consecuencia períodos máximos entre 12 años. Sin embargo, la pintura dura mucho menos que ese tiempo, por lo que debe inspeccionarse visualmente cada 4 años para comprobar su estado. En caso de que esta inspección visual indique que la pintura se encuentra deteriorada, es necesario medir el espesor del componente.

Esto da origen a las 12 inspecciones ASN por ultrasonido que se observan en la Figura 09. La segunda contribución proviene de algunos equipos que tienen máximos intervalos entre inspecciones iguales a 5, 6 y 7 años (ver Figura 07), los cuales se decidió inspeccionarlos cada 4 años con la finalidad de que las inspecciones se realicen en las paradas generales de la unidad.

¹² Asociación Argentina de Materiales, Estudio De "Inspección Basada En Riesgo" De Una Unidad De Alquiler Con Hf, Setiembre del 2009.

¹³ Asociación Argentina de Materiales, Estudio De "Inspección Basada En Riesgo" De Una Unidad De Alquiler Con Hf, Setiembre del 2009.

En la Figura 09 se observan 42 tareas de inspección que deben realizarse con frecuencias mayores o iguales que 12 años, lo cual se debe a que los TAGs correspondientes poseen baja criticidad y alto índice de confianza.

Esto resulta en una gran optimización de las tareas de inspección, centrándose las mismas en los TAGs de mayor criticidad y sin malgastar recursos en componentes que no necesitan ser inspeccionados en todas las paradas. Por otro lado, existen 39 inspecciones visuales, es decir, cada vez que se tenga la oportunidad, sólo para tener mayor tranquilidad de que el equipo se encuentra en buenas condiciones.

Por último, si se suma la frecuencia de inspección (Figuras 08 y 09) a la fecha de la última inspección de cada combinación TAG-Modo de Falla, se obtiene la fecha de la próxima inspección. De esta forma, es posible obtener una lista de componentes con las fechas de las próximas inspecciones, junto con la técnica y mecanismo de degradación a inspeccionar.

3.3 CONCLUSIONES

- Se concluye que la metodología RBI reemplaza por completo las inspecciones basadas en el tiempo.
- La metodología permite identificar componentes de mayor criticidad, concediéndoles mayor atención. Por otro lado, la metodología también identifica componentes de criticidades despreciables, cuyos períodos de inspección resultan ser mayores que los habituales. De esta forma, se optimizan las tareas de inspección.
- Al aplicar la inspección RBI reduce el riesgo, ampliando el periodo de inspección en los lugares más peligrosos o de difícil acceso.
- La metodología RBI facilita la planificación del mantenimiento.
- El RBI reduce los costos asociados a la falla de equipos y/o paradas de planta.

IV. RECOMENDACIONES

- Implementar la metodología RBI en el plan de de inspecciones e inspecciones para aumentar la seguridad en las instalaciones.
- Tener un registro histórico y detallado de las inspecciones y mantenimientos de los equipos y estructuras de interés, para facilitar la aplicación de la metodología RBI.

V. AGRADECIMIENTOS

A Dios por las bendiciones que nos brinda y permitir que se cumplan nuestras metas.

A nuestros padres por darnos la vida y apoyarnos en todo lo que nos hemos propuesto.

A nuestros maestros, que compartieron con nosotros sus conocimientos para convertirnos en profesionales, por su tiempo, dedicación y por su pasión por la actividad docente.

VI. REFERENCIAS

1. American Petroleum Institute (2002), API RP 580, API Recommended Practice 580, Risk-Based Inspection. Primera Edición **(falta numero de paginas)**
2. American Petroleum Institute (2008), API RP 581, Risk-Based Inspection Technology, Segunda Edición. **(falta numero de paginas)**
- 3.
4. The Hendrix Group (1996), Introduction to Risk Based Inspection, Primera Edición. **(falta numero de paginas)**
- 5.
6. Asociación Argentina de Materiales (2009), Estudio De "Inspección Basada En Riesgo" De Una Unidad De Alquiler Con Hf. **(falta numero de paginas)**
- 7.