



XXIV CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

4 AL 6 DE MAYO DE 2022. Bogotá - Colombia



APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RBI EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS DEL PARQUE MUNDO AVENTURA

Sonia Mireya Pulido Duarte

E.mail: sonja_mysa@hotmail.com

Fabio Alexander Rojas Pérez

E.mail: fabioalexanderperez@hotmail.com

Bogotá, D.C. - Colombia

Resumen

El presente proyecto de investigación se basa en la aplicación de la Metodología de Inspección Basada en Riesgo (conocido como RBI por sus siglas en Inglés) en los Activos de Corparques Mundo Aventura ubicado en la ciudad de Bogotá, esta inspección se centra específicamente en las estructuras de las atracciones mecánicas, que por su continuo funcionamiento se ven expuestas a fenómenos de desgaste, corrosión y fatiga que pueden afectar la integridad de la infraestructura de las atracciones y por ende generar riesgos para los públicos de interés e impactar de manera negativa en la continuidad y en la sostenibilidad del Parque.

Por lo anterior, se realiza la recopilación de la información técnica de las atracciones, así como de su historial de mantenimiento con el fin de adaptar la metodología de Inspección Basada en Riesgo y estructurando un plan de trabajo ajustado a la realidad y necesidades de la Corporación en procura de lograr una adecuada gestión de mantenimiento de equipos estáticos, de manera que se mejore aún más los estándares de seguridad del parque y sea un mecanismo complementario a los controles actuales, con lo anterior se busca ser pioneros y ejemplo de buenas prácticas para la industria del entretenimiento.

I. INTRODUCCIÓN

Los parques de atracciones son centros de entretenimiento que cuentan con múltiples tipos de estructuras estáticas que tienen como fin dar soporte a los diferentes mecanismos empleados para provocar en los visitantes distintas experiencias y sensaciones, estas estructuras están sujetas a diversos fenómenos de degradación que pueden afectar su vida útil e integridad generando riesgos para la infraestructura, colaboradores y público de interés que podrían incluso amenazar su continuidad en el tiempo, por eso es indispensable definir métodos que aseguren su óptimo funcionamiento.

La metodología empleada está fundamentada en el Análisis Basado en Riesgo, utilizado en principio para el estudio de equipos estáticos como tanques, tuberías y estructuras tal como fue desarrollada por el API 580-581 e implementada en la industria de los hidrocarburos, esta ha sido adaptada a otras industrias aterrizándola a las particularidades de cada sector. En la industria de las Atracciones Mecánicas

no se encuentra aún precedente del uso de esta técnica, lo cual implica realizar el análisis de los diversos mecanismos de falla que puede incidir en las estructuras para adaptar y aterrizar la sistemática al contexto de los parques de atracciones con el fin de generar planes de inspección que sean acordes y pertinentes a la realidad de los mismos.

El parque Mundo Aventura es un parque de Atracciones operado por Corparques, el cual es filial de la Cámara de Comercio de Bogotá que se encuentra ubicado en la ciudad de Capital de Colombia y cuenta con más de veinte años de operación ininterrumpida convirtiéndose como el parque número uno de Colombia por cantidad de visitantes, Mundo aventura cuenta en sus trece hectáreas con 28 Atracciones Mecánicas distribuidas en Infantiles, Familiares y Extremas, además de atracciones no mecánicas, destrezas, un complejo de fiestas infantiles y una granja.

II. METODOLOGÍA DESARROLLADA

Se estableció como objetivo principal la aplicación de la metodología RBI y la generación de una propuesta de mejora en la gestión de activos del Parque Mundo Aventura. Para lo anterior se establecieron tres objetivos específicos como la caracterización de los activos críticos y las metodologías usadas por el parque para su mantenimiento, así como el análisis de criticidad de los activos definiendo además los pasos para la adaptación de la Metodología de Inspección Basada en Riesgo y finalmente se define un plan de inspección que genere valor agregado al Parque de Diversiones.



Fig 1. Parque Mundo Aventura



XXIV CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

4 AL 6 DE MAYO DE 2022. Bogotá - Colombia



A. Caracterización de Activos del parque Mundo Aventura y su Estrategia de Mantenimiento

Para la Caracterización de Activos del parque Mundo Aventura y su Estrategia de Mantenimiento se definió la siguiente metodología con el fin de lograr definir las oportunidades de mejora en este ámbito:

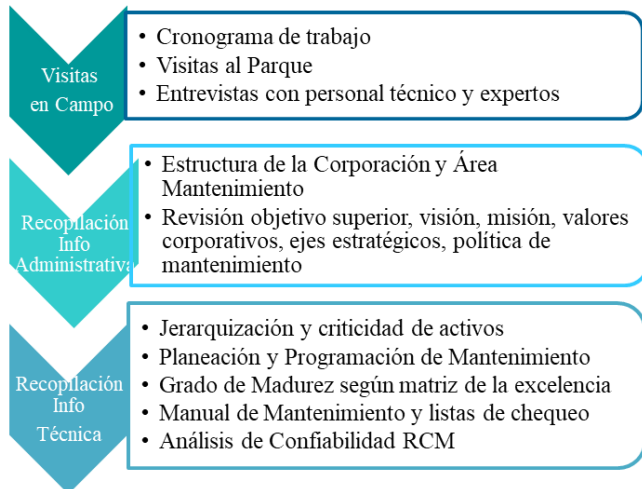


Fig 2. Metodología para Caracterización de Activos del parque Mundo Aventura

de falla acorde a la realidad de la operación, que esté basado en el riesgo específico de cada escenario y que tenga la posibilidad de llevar una trazabilidad para analizar las tendencias en el comportamiento estructural.



Fig 4. Atracciones Parque Mundo Aventura

B. Adaptación Metodología de Inspección Basada en Riesgo

Una vez identificadas y definidas las oportunidades de mejora para el mantenimiento estructural, el siguiente paso fue definir la estrategia para la Adaptación Metodología de Inspección Basada en Riesgo dentro del contexto del mantenimiento del Parque Mundo Aventura, para lo cual se definió también una metodología:

Posteriormente, se define el procedimiento empleado para hacer la caracterización de los activos críticos de Mundo Aventura.

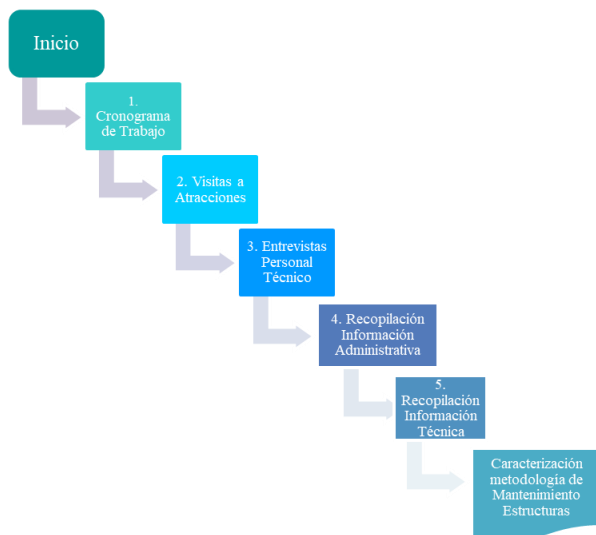


Fig 3. Procedimiento para Caracterización Activos Mundo Aventura



Fig 5. Metodología para la Adaptación Metodología RBI

Estableciendo los lineamientos y parámetros de la Inspección basada en Riesgo y asociando esto a las oportunidades de mejoras evidenciadas, se define una estrategia para la adaptación de esta metodología que consta en la estructuración del Procedimiento RBI y una serie de formatos de apoyo como se muestra a continuación:

Para el mantenimiento de las atracciones se emplea como metodología central el RCM (Mantenimiento Basado en Confiabilidad) el cual es efectivo para equipos dinámicos pero no es igual de eficaz para equipos estáticos, por lo tanto es ideal implementar una técnica que contemple los mecanismos



XXIV CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

4 AL 6 DE MAYO DE 2022. Bogotá - Colombia

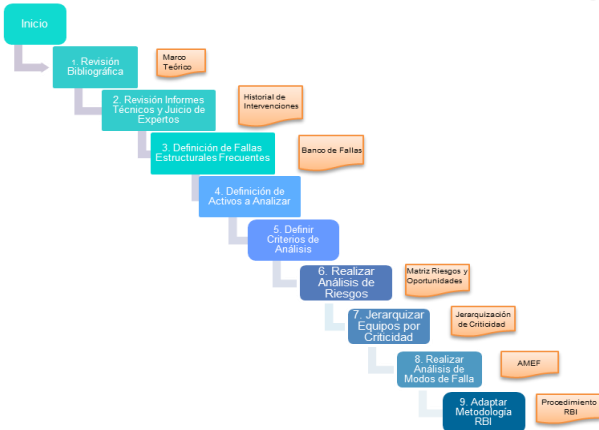


Fig 6. Pasos para la Adaptación Metodología RBI

Elemento	BANCO DE FALLAS PARA ELEMENTOS DE CONEXIÓN					Código: RA6-XX FECHA EMISIÓN: FECHA VIGENCIA: VERSIÓN: 1 PÁGINA: 1 DE 1
	Mecanismo de Falla	Tipo de falla	Severidad	Porcentaje de Pérdida/ Afectación	Método Medición	
Columnas Principales	Por flexión	Baja	Aparición de cualquier Grieta o Fisura Deformación <0.02%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Inspección Periódica (Trimestral)	
		Media	Aparición de cualquier Grieta o Fisura Deformación 0.02-0.05%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Inspección Constante (Mensual)	
		Alta	Aparición de cualquier Grieta o Fisura Deformación >0.05%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Cambio Inmediato	
Fatiga	Por Torsión	Baja	Deformación del Perfil, Aparición de grietas, fisuras, deformación > 0.02%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Inspección Periódica (Trimestral)	
		Media	Deformación del Perfil, Aparición de grietas, fisuras, deformación 0.02-0.05%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Inspección Constante (Mensual)	
		Alta	Deformación del Perfil, Aparición de grietas, fisuras, deformación > 0.05%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Cambio Inmediato	
Por Abolladura	Fatiga	Baja	Deformación del Perfil, Aparición de grietas, fisuras, deformación > 0.02%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Inspección Periódica (Trimestral)	
		Media	Deformación del Perfil, Aparición de grietas, fisuras, deformación 0.02-0.05%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Inspección Constante (Mensual)	
		Alta	Deformación del Perfil, Aparición de grietas, fisuras, deformación > 0.05%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Cambio Inmediato	
Corrosión	Fatiga	Baja	Deformación del eje <0.02%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Inspección Periódica (Trimestral)	
		Media	Deformación del eje 0.02- 0.1%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Inspección Constante (Mensual)	
		Alta	Deformación del eje > 0.1%	Inspección visual, Medición de Espesores, Partículas Magnéticas, Ultrasonido.	Cambio Inmediato	

Fig 8. Formato de Banco de Fallas

A. Historial de Fallas

En este formato se consigna el historial de intervenciones y de fallos ocurridos específicamente en elementos estructurales indicando la criticidad de los mismos, esto con el fin de identificar las tendencias de falla.

HISTORIAL DE FALLAS ESTRUCTURALES				FECHA EMISIÓN: FECHA VIGENCIA: VERSIÓN: 1 PÁGINA: 1 DE 1	
Atracción	Fecha	Tipo de Reparación	Historial de Fallas y Reparaciones	Ubicación	Severidad
2015		Inspección visual de la estructura...	Inspección en los dientes del anillo de levante	Punto Ataque	
		Inspección por CCTV (SMT) en los brazos y estructura en general	Inspección en la parte inferior en uno de los brazos	Brazo Gondola	
2016		Inspección visual general de soporte base, tambor, cilindro...	Cambio de manguera por deformación del flexor, góndola No 4	Góndola No 4	
		Inspección visual de partículas suspensas en la estructura que conforma la atracción	Cambio de tres platinas de los cinturones de seguridad	Cinturones de seguridad	
2017		Inspección visual general de soporte base, tambor, cilindro...	No reporta		
		Inspección visual de partículas suspensas en la estructura que conforma la atracción	No reporta		

Fig 7. Formato de Historial de Fallas

B. Banco de Fallas

Con la información obtenida en el historial de fallas, junto con revisión de información técnica se construye el Banco de Fallas que analiza los principales mecanismos y causas de falla de elementos estructurales que integran las atracciones, definiendo criterios de aceptación o rechazo de elementos como vigas, columnas, arrostamientos, elementos mecánicos, uniones soldadas entre otros

C. Matriz de Riesgos y Oportunidades

Se construye el análisis de riesgos y oportunidades a través de la evaluación de los cuatro principales mecanismos de falla identificados: Corrosión, Desgaste, Sobreesfuerzo y Fatiga, calculando los riesgos inherentes asociados para cada atracción.

Atracción	Mecanismo de Falla	Severidad	MATERIALES				MANTENIMIENTO				OPERACIÓN				SEGURIDAD				COSTOS			
			Riesgo	Oportunidad	Riesgo	Oportunidad	Riesgo	Oportunidad	Riesgo	Oportunidad	Riesgo	Oportunidad	Riesgo	Oportunidad	Riesgo	Oportunidad	Riesgo	Oportunidad				
2015	Corrosión	Alta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
			2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	

Fig 9. Matriz de Riesgos y Oportunidades

D. Jerarquización de la Criticidad

Con el resultado cuantitativo de esta matriz sumada a otros cinco criterios como los ciclos recorridos por la atracción, el historial de intervenciones, el impacto en la seguridad de las personas, el uso del activo y los costos de mantenimiento se construye la tabla de cálculo de la jerarquización de la criticidad:

Criterios de Evaluación Análisis Criticidad Estructural			
Ítem	Descripción Criterio	Criterio	Ponderación
1	Matriz Riesgos y Oportunidades	C1	25%
2	Ciclos Recorridos Atracción	C2	25%
3	Historial Fallos Estructurales	C3	15%
4	Impacto en la seguridad de las personas	C4	15%
5	Uso del activo	C5	10%
6	Costos de mantenimiento global	C6	10%
		Total	100%

Fig 10. Criterios de Evaluación Análisis Criticidad

Con estos criterios se establece la jerarquización de la



XXIV CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

4 AL 6 DE MAYO DE 2022. Bogotá - Colombia



criticidad de las atracciones desde el punto de vista estructural.

Análisis de Criticidad Estructural Portafolio de Activos Área de Atracciones

Activo	Criterio de Evaluación						Criticidad Total Activo
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	
Troncos	60,0	39,6	8,0	5,1	0,3	20,6	28,96
Montaña Rusa	62,0	6,1	8,0	5,0	0,6	7,2	19,76
Ranger	63,0	7,4	9,0	2,4	0,5	3,5	19,71
Ikaro	60,0	3,1	8,0	2,8	0,4	6,5	18,08
Tropicana	54,0	7,2	8,0	1,5	0,5	7,1	17,47
Quantum	52,0	6,6	8,0	6,2	0,2	2,4	17,04
X-Treme	52,0	3,1	8,0	2,4	0,6	6,0	15,99

Fig 11. Jerarquización de la Criticidad

E. Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)

Este formato define la función, modos y efectos de falla de los diferentes elementos estructurales y les da una calificación según su criticidad, definiendo un plan de acción.

Descripción del Proceso / Propósito del Proceso	ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLA										ECONO: MAG-04 FECHA EMISIÓN: FEBRERO VIGENCIA: PERMANENTE VERSIÓN: 1 PÁGINA: 1 DE 1			
	Modo de Falla Potencial	Efectos de Falla Potencial	Causa(s) de Falla Potencial	Frecuencia	Control de Activos / Estrategia de Prevención	Gravidad	Acción(es) Recomendadas	Responsable Fecha Compromiso	Acciones Tomadas	Supervisión	Validación	Definitiva	ENR	
Columnas: Soportar cargas de compresión y flexión. Transmitir las cargas a la cimentación.	Deflexión de Placa Base de la Columna	La columna puede perder rigidez, estabilidad y dependientemente afectando operativamente el óptimo funcionamiento de las atracciones.	Corrosión Segueño Sobreesfuerzos Fatiga	2	Inspección periódica apoyado con ENO.	2	Definir un plan de inspección periódico con ENO para detectar evidencia de fallas estructurales.							
	Desgarramiento de la Placa Base	La columna puede estar por debajo del momento de la placa base, la atracción se puede deformar o colapsar.	Corrosión Segueño Sobreesfuerzos Fatiga	2	Inspección periódica apoyado con ENO.	2	Definir un plan de inspección periódico con ENO para detectar evidencia de fallas estructurales.							
	Estallamiento de los pernos de fijación de la columna	La columna puede perder rigidez por ruptura de los pernos.	Corrosión Segueño Sobreesfuerzos Fatiga	2	Inspección periódica de los elementos de fijación.	2	Identificar y etiquetar de los pernos.							
	Compresión de la Columna por sobre carga	La columna se puede comprimir al recibir una carga mayor a la que fue diseñada.	Corrosión Segueño Sobreesfuerzos Fatiga	1	Inspección periódica apoyado con ENO.	1	Realizar verificación periódica con ENO para verificar que no se haya producido sobreesfuerzos en la estructura, verificación dimensional de los pernos.							
Fijación en la columna	La columna puede estar sujeta a cargas y/o impactos externos.	Corrosión Segueño Sobreesfuerzos Fatiga	2	Inspección periódica apoyado con ENO.	1	Realizar verificación periódica con ENO para verificar que no haya fallado el sistema que sujeción tiene en la columna.								

Fig 12. Análisis Modo y Efecto de Fallas AMEF

F. Procedimiento RBI

Se define el procedimiento RBI que es análogo al procedimiento RCM usado para equipos estáticos en el cual se desglosa el paso a paso de la metodología y define los responsables de cada fase de su ejecución.

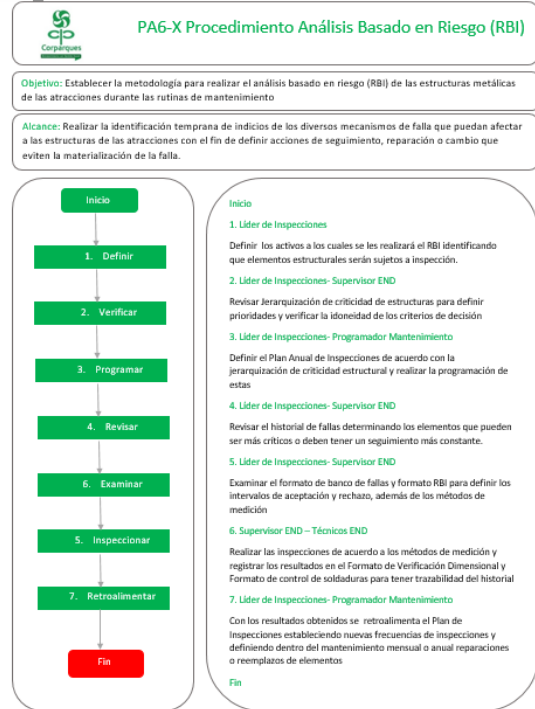


Fig 13. Procedimiento RBI

C. Plan de Inspección bajo la Metodología Basada en Riesgo

Con el procedimiento RBI definido, se establece un plan de inspecciones anual el cual se apoya con formatos donde se registran las mediciones realizadas a las estructuras, con esta herramienta se puede llevar trazabilidad del comportamiento estructural.



Fig 14. Plan de Inspección RBI



XXIV CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

4 AL 6 DE MAYO DE 2022. Bogotá - Colombia



Para el desarrollo del Plan de Inspecciones bajo la metodología RBI, se desarrollan formatos de inspección dimensional, inspección de uniones soldadas, entre otros que permitirán definir una línea base para el seguimiento de las estructuras.

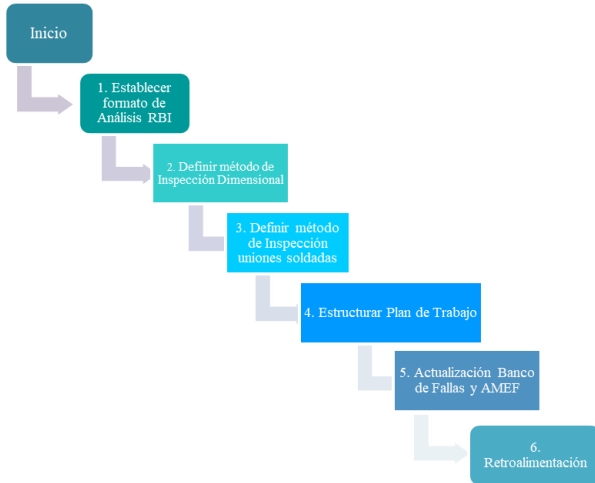


Fig 15. Pasos para Plan de Inspección RBI

A. Formato de Inspección Basado en Riesgo

Es un formato análogo al formato de RCM en el cual se describen los elementos estructurales, sus modos de falla así como las inspecciones para determinar su presencia y evolución y la frecuencia estimada para dichas mediciones, es la hoja de ruta por atracción que le indica al inspector el qué, el cómo y el cuándo inspeccionar.

ANÁLISIS RBI EN ESTRUCTURAS									
SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION
1	Barras	Control	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual
1	Columnas	Control	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual	Inspección Visual

Fig 16. Formato de Inspección Basado en Riesgo

B. Formato de Inspección Dimensional

Este formato desglosa cada elemento estructural y define criterios de decisión para facilitarle al inspector END su diligenciamiento, proporcione bases para la toma de decisiones de aceptación, seguimiento o rechazo y determine información para analizar las tendencias en el comportamiento estructural.

SECCION	DIMENSIONAMIENTO POR PERFIL DE LAS ESTRUCTURAS METALICAS												Criterio de Decisión	Defectos Encontrados	Fecha de la Inspección	Inspector	Recomendaciones	
	Perfil Estándar				Perfil Instalar				Análisis de Tendencia									
Columnas	Perfiles	h	t	b	t	h	t	b	t	h	t	b	t	Alto 2020	Alto 2020	Alto 2020	Alto 2020	Alto 2020
		h	t	b	t	h	t	b	t	h	t	b	t					
		h	t	b	t	h	t	b	t	h	t	b	t					
		h	t	b	t	h	t	b	t	h	t	b	t					
	Tubos	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Alto 2020	Alto 2020	Alto 2020	Alto 2020	Alto 2020
		Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t					
		Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t					
		Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t	Ø	t					

Fig 17. Formato de Inspección Dimensional

C. Formato de Inspección de Soldadura

Este formato establece criterios de aceptación de uniones soldadas de acuerdo a las diferentes indicación que pueden aparecer en las soldaduras como grietas, socavados, inclusiones, las pautas técnicas están alineadas a la AWS D14.4.

SECCION	FORMATO DE INSPECCION DE UNIONES SOLDADAS EN ESTRUCTURAS												Criterio de Decisión	Defectos Encontrados	Fecha de la Inspección	Inspector	Recomendaciones	
	Criterios de Aceptación				Criterios de Aceptación				Análisis de Tendencia									
SOLDADURAS	Criterios de Aceptación	SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios	Alto 2020	Alto 2020	Alto 2020	Alto 2020	Alto 2020
		SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios					
		SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios					
		SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios	SI	NO	Comentarios					

Fig 18. Formato de Inspección de Soldadura

C. Bitácora de Inspección

Es un formato creado para plasmar a manera de resumen los principales hallazgos y recomendaciones producto de las inspecciones para facilitar el seguimiento y progreso de las posibles indicaciones encontradas.

BITÁCORA DE INSPECCION DE ESTRUCTURAS EN ATRACCIONES MECANICAS												Criterio de Decisión	Defectos Encontrados	Fecha de la Inspección	Inspector	Recomendaciones	
ITEM	ACTIVIDAD	DESCRIPCION / COMENTARIO	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	CATEGORIA DE INSPECCION	FRECUENCIA	TIPO DE ENSAYO	TIPO DE ENSAYO	TIPO DE ENSAYO	TIPO DE ENSAYO	TIPO DE ENSAYO	TIPO DE ENSAYO						
1	Inspección	Inspección visual de las uniones soldadas	Normas de soldadura	Inspección Visual	Anual	Visual	Visual	Visual	Visual	Visual	Visual	Visual	Visual	Visual	Visual	Visual	Visual

Fig 19. Bitácora de Inspección

D. Plan Maestro de Inspección

Es el plan de Inspección en el cual se definen las actividades de verificación anual de las atracciones en las que se utilizan las diferentes técnicas de ensayos no destructivos usados por Mundo Aventura, implementando además el uso de los formatos de verificación desarrollados anteriormente.



XXIV CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

4 AL 6 DE MAYO DE 2022. Bogotá - Colombia



Item	DESCRIPCIÓN	# PER APLICADO	FREC.	MAQUINA	Mts	HRS	Inicio	MES															
								ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE				
1	Inspección Visual de Uniones Soldadas, Rocios, Cortadas, Rigladadores.	2	Manual	Montaña Rica	300	5,00	1/01/2020	1,0															
	Partículas Magnéticas	2	Actual	Montaña Rica	250	30,00	1/01/2020	1,0															
	Ultrasonido	2	Semestral	Montaña Rica	700	12,00	1/01/2020																
2	Inspección Visual de Uniones Soldadas, Rocios, Cortadas, Rigladadores.	2	Manual	Troncos	300	5,00	1/01/2020	1,0		1,0													
	Partículas Magnéticas	2	Actual	Troncos	250	30,00	1/01/2020	1,0															
	Ultrasonido	2	Semestral	Troncos	700	12,00	1/01/2020																
3	Inspección Visual de Uniones Soldadas, Rocios, Cortadas, Rigladadores.	2	Manual	Ranger	300	5,00	1/01/2020	1,0		1,0													
	Partículas Magnéticas	2	Actual	Ranger	250	30,00	1/01/2020	1,0															
	Ultrasonido	2	Semestral	Ranger	700	12,00	1/01/2020																

Fig 20. Plan Maestro de Inspección

B. Fase II: Fortalecimiento

La fase II de Fortalecimiento tiene como pilares: *Formatos, Inspecciones, Actualización de Criterios y Retroalimentación.*



Fig 23. Pilares Fase II

III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

La propuesta de solución consiste en la puesta en marcha tanto del procedimiento como de los formatos mencionados anteriormente con el fin de optimizar el mantenimiento de las estructuras del Parque, para esta implementación se sugiere que Mundo Aventura lo realice en 3 fases:

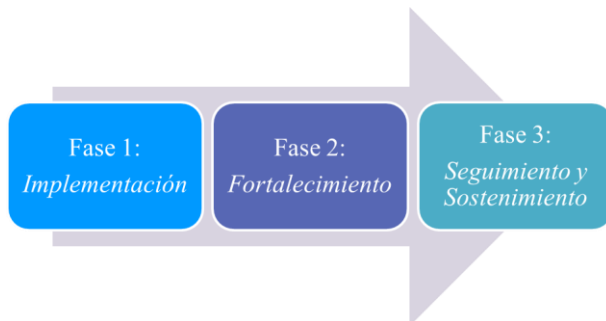


Fig 21. Fases para Implementación

A. Fase I: Implementación

La fase I de implementación establece cuatro pilares: *Capacitaciones, Formatos, Inspecciones y Retroalimentación.*



Fig 22. Pilares Fase I

C. Fase II: Seguimiento y Sostenimiento

La fase III de Seguimiento y Sostenimiento tiene como pilares: *Formatos, Documentación, Tendencias y Competencias.*

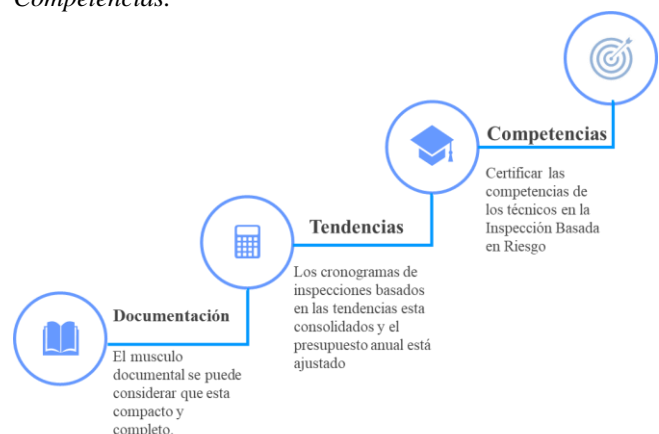


Fig 24. Pilares Fase III

IV. IMPACTOS ESPERADOS

A. A nivel de Talento Humano

Ampliación de las competencias por medio de la capacitación, formación y desarrollo en la metodología RBI así



XXIV CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

4 AL 6 DE MAYO DE 2022. Bogotá - Colombia



como en las técnicas de Ensayos No Destructivos indispensable para el desarrollo de la metodología, así como la certificación de las competencias del personal técnico para mejorar su perfil laboral.

B. A nivel de Costos

La reducción de los posibles costos derivados de fallas estructurales, eventos catastróficos, reparaciones, lucro cesante y afectación a personas e infraestructura

C. A nivel de Ciclo de Vida del Activo

Prolongación del tiempo de vida útil de los activos lo que generará ingresos adicionales a los contemplados según el tiempo de funcionamiento inicialmente considerado.

D. A nivel de Confiabilidad y Disponibilidad

Garantizar la confiabilidad y disponibilidad lo que asegura el cumplimiento de proyecciones de rentabilidad, al reducir los tiempos de paradas de operación debidos a fallas estructurales



Fig 25. Vista Aérea Parque Mundo Aventura

IV. CONCLUSIONES

- Se definió y estructuró el Plan Maestro de Inspecciones, los formatos de Banco de Fallas, AMEF, Análisis RBI, Formato de Inspección Dimensional, Inspección de Soldaduras, el propósito de estos formatos es tener criterios de decisión y trazabilidad de las inspecciones para detectar de manera temprana fallos potenciales y realizar un análisis de tendencias que permita determinar el comportamiento de las estructuras.
- La metodología de Inspección Basada en Riesgo permite determinar el nivel de riesgos de las estructuras para establecer métodos de reducción o mitigación a partir de Planes de Inspección que evidencien de manera temprana fallas potenciales.
- Con ayuda del RBI se establecen prioridades para la asignación de recursos de acuerdo con el nivel de criticidad de las estructuras optimizando la ejecución presupuestal.

- Esta metodología permite realizar análisis económicos de los riesgos evaluados facilitando la toma de decisiones que defina la estrategia para mantener los equipos en condiciones de operatividad y confiabilidad.
- Uno de los beneficios de la metodología RBI es la optimización de los programas de inspección, además permite la constante retroalimentación para mejorar resultados.
- Realizar la implementación requiere del trabajo en equipo y una importante sincronización entre las diferentes áreas
- Efectuar la aplicación por fases facilita un acoplamiento y alineación del equipo de trabajo que permitirá la continuidad de la Metodología RBI en el tiempo venciendo la resistencia inicial y la posible inercia.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a la Junta Directiva de Corparques Mundo Aventura, al Director General Andres Falla por apoyar el desarrollo del presente proyecto.

De igual manera los autores agradecen a los docentes de la Especialización de Gerencia de Mantenimiento de la Universidad Escuela Colombiana de Carreras Industriales ECCI en especial a la Ingeniera María Gabriela Mago por su asesoría y apoyo constante así como al ingeniero Miguel Urian por sus consejos y sugerencias.

REFERENCIAS

- [1] L. E. Broche, Mantenimiento Basado en el Riesgo para el equipamiento de la línea de producción de Refrescos Carbonatados en la UEB Embotelladora Central "Osvaldo Socarrás Martínez", M. Eng. thesis, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Cuba, 2015.
- [2] C. D. Caro, Desarrollo de una Estrategia de Mantenimiento Basada en Análisis de Riesgo y Confiabilidad para Atracciones Mecánicas, M. Eng. thesis, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2018.
- [3] O. F. Castellanos, A. M Fúquene and D. C Ramírez, *Análisis de tendencias: de la información hacia la innovación*, Ed. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2011.
- [4] J. García González, Mejora en la Confiabilidad Operacional de las Plantas de Generación de Energía Eléctrica: Desarrollo de una Metodología de Gestión de Mantenimiento Basado en el Riesgo (RBM), M. Eng. thesis, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Madrid, España, 2004.
- [5] O. R. Herrera and J. A. Betancourt, Plan de Mantenimiento Basado en RBI para la caldera de vapor Power Master del Área de Apoyo Crítico de una empresa del sector Nutraceutico (Omega 3), M. Eng. thesis, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2018.
- [6] E. D. Masterán, E. A. Rojas, J. A. Hernández and E. E. Gutiérrez, "Aplicación de la tecnología de inspección basada en riesgo (IBR) para la generación de planes óptimos de inspección a equipos estáticos en la industria del petróleo y gas", *Ingeniería Petrolera*, pp 38-56, 2015.
- [7] E. Meneses, K. More, U. Siccha, G. Verastegui and A. Espinoza, Inspección Basada en el Riesgo (IBR-API RP 580) Risk Based Inspection (RBI-API RP 580), M. Eng. thesis, Universidad Mayor de San Marcos, Lima, Peru, 2012.
- [8] J. C. Sánchez, Implementación Metodología RBI a un Recipiente a Presión Bajo los Parámetros de la API 581, E. Eng. thesis, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2018.
- [9] P. J. Vega, Inspección basada en el Riesgo, RBI, para la línea crítica de producción de la Planta para concentrados de la empresa Itacol S.C.A ubicada



XXIV CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

4 AL 6 DE MAYO DE 2022. Bogotá - Colombia



en Girón, Santander, M. Eng. thesis, Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, Colombia, 2009.

[10] Á. P. Sánchez, “La gestión de los activos físicos en la función mantenimiento”, *Ingeniería Mecánica*, pp 72-78, 2010.

[11] R. J. Medina. (2016) La Gestión de Activos, su Historia y definiciones, aspectos claves para entender su alcance, LinkedIn en homepage de LinkedIn. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/la-gestion-de-activos-su-historia-y-definiciones-para-medina-cmrp/?originalSubdomain=es>

[12] A. E. Avendaño, Elaboración de un Plan de Inspección Basado en Riesgos (RBI) para Tanques de Almacenamiento de Productos Derivados del Petróleo en la Empresa Mansarovar Energy Colombia Ltd Puerto Boyacá, M. Eng. thesis, Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña, Colombia, 2015.

[13] (2020) Mundo Aventura website. [Online]. Available: <https://www.mundoaventura.com.co/>

[14] (2020) Corparques website. [Online]. Available: <https://corparques.com/>

[15] (2020) ACOLAP website. [Online]. Available: <http://acolap.org.co/>

Hoja de Vida de Autores

SONIA MIREYA PULIDO DUARTE

Ingeniera Mecánica, Auditora Interna en ISO 55001 y Especialista en Gerencia de Mantenimiento con amplia experiencia en la Gestión de Mantenimiento en empresas del sector de los Hidrocarburos, consumo masivo y entretenimiento bajo los lineamientos de gestión de Activos.

Datos de Contacto

1. Nombre del autor: Sonia Mireya Pulido Duarte
2. Teléfono
 - a. Celular: 3134753742
3. Dirección del autor(es)
 - a. Residencia: Carrera 68 #5-17 Apto 921 Torre 5. Portoamericas.
 - b. E. mail: sonja_mysa@hotmail.com
 - c. Ciudad: Bogotá D.C
 - d. País: Colombia

Ingeniero Mecánico y Especialista en Gerencia de Mantenimiento con amplia experiencia en el sector metalmecánico con la fabricación de tanques, chimeneas, estructuras, separadores entre otros. Adicionalmente, cuenta con experiencia en la gestión de mantenimiento en la Industria de los Hidrocarburos y Gas.

Datos de Contacto

1. Nombre del autor: Fabio Alexander Pérez
2. Teléfono
 - e. Celular: 3045654024
3. Dirección del autor(es)
 - f. Residencia: Carrera 111b #142-42 Apto 302
 - g. E.mail: fabioalexanderperez@hotmail.com
 - h. Ciudad: Bogotá D.C
 - i. País: Colombia