

PLAN DE INSPECCIÓN VISUAL Y DE EVALUACIÓN DE ESTRUCTURAS CIVILES IMPLEMENTADO EN LA REFINERÍA DE CAMPANA

Montore Ros, Nicolas – Strategy & Equipment Reliability - Pan American Energy
NMontoreRos@pan-energy.com

1. Sinopsis

El objetivo del trabajo consiste en presentar el plan de inspección visual y de evaluación de estructuras civiles implementado en la Refinería de Campana. El alcance de las inspecciones abarca estructuras de hormigón y estructuras metálicas.

Las estructuras en refinería están sujetas a degradación continua, principalmente debido a la corrosión atmosférica. Esta degradación puede amplificarse en entornos capaces de proporcionar mayores concentraciones de humedad, exposición a gases ácidos y atmósferas que contienen cloruro asociadas a instalaciones costeras o marinas. Durante la vida útil de una instalación, el daño mecánico, la exposición al fuego, la sobrecarga, el impacto y la fatiga también pueden provocar un mayor deterioro de las estructuras.

La metodología propuesta consiste en una primera instancia en identificar el tipo de deterioro y los defectos, determinar su origen y estimar la extensión y la cantidad del deterioro.

En una segunda etapa se le asigna una categoría a cada estructura en función de su condición de daño, siendo la categoría 4 la que agrupa las estructuras sin deterioro y la categoría 1 a las estructuras con una degradación significativa.

La categorización de las estructuras permite identificar prioridades para la intervención según criticidad de daño y además le permite establecer la frecuencia de inspecciones futuras al departamento de confiabilidad.

El informe final de inspección concluye, en caso de ser necesario, con una serie de recomendaciones de reparación.

El objetivo principal de las inspecciones periódicas es identificar el deterioro en estructuras y, por lo tanto, garantizar la aptitud continua para el servicio a través de recomendaciones tempranas de mantenimiento y de reparaciones adecuadas.

2. Introducción

Una estructura no se deteriora si se usa y mantiene de acuerdo con su diseño original y si se expone a las condiciones consideradas en ese diseño.

Las principales causas de deterioro en estructuras pueden ser:

- Corrosión de la atmósfera (CO₂, lluvia ácida).
- Ataque químico (ataque de sulfato, derrame de agua agria o descarga de la válvula de purga, agua de las pruebas de la red contra incendios, agua subterránea que sube a la estructura por

acción capilar, sal arrastrada por el polvo en el aire o por la deriva de una torre de enfriamiento que usa agua salada).

- Daño por heladas en hormigón mojado (humedecimiento por escorrentía inadecuada de agua de lluvia, derrames o condensación atmosférica).
- Expansión térmica de equipos calientes.
- Incendio, incluido el choque térmico del agua contra incendios.
- Cargas excesivas, fatiga.
- Abrasión, impacto de cargas caídas.
- Defectos de diseño, como detalles que fomentan el inicio de la corrosión, o cargas concentradas con detalles inadecuados para distribuir la carga.
- Defectos de construcción, incluidos materiales inaceptables y corrosión de placas de acero empotradas en la superficie del hormigón.
- Mantenimiento deficiente.

Muy a menudo, el hormigón armado se deteriora por la corrosión del refuerzo, lo que provoca desprendimiento o delaminación de la cubierta de hormigón, exponiendo aún más el refuerzo y acelerando la velocidad de corrosión.

El propósito de la inspección visual de estructuras es:

- a) Identificar defectos estructurales o el inicio del deterioro;
- b) Estimar la extensión y cantidad de deterioro;
- c) Identificar dónde se necesitan medidas preventivas para evitar la pérdida inaceptable de capacidad estructural y confiabilidad.

Los ejemplos de defectos inaceptables incluyen elementos o conexiones que están severamente corroídos, elementos que muestran evidencia de corrosión oculta, elementos faltantes y elementos doblados o desprendimientos.

El deterioro y los defectos deben evaluarse en cuanto a su condición esperada y la capacidad de servicio resultante durante el período hasta la próxima inspección.

3. Desarrollo

3.1. Categorías de Condición de Daño

Como primer paso se definieron cuatro categorías de acuerdo a la condición de deterioro de la estructura:

Condición S4: Sin Deterioro

El elemento está en condiciones casi originales, como fue construido. Defectos no estructurales menores pueden estar presentes.

Acción: ninguna

Condición S3: Deterioro Activo

El deterioro está activo con una pérdida de sección/capacidad que no excede el 10% o un defecto estructural menor identificado.

Acción: Detener el deterioro o corregir el defecto para asegurar una futura durabilidad. La evaluación del riesgo y la evaluación de costo-beneficio puede permitir el aplazamiento de las medidas correctivas.

Condición S2: Deterioro Significativo

Pérdida estructural entre 10% y 25% de la sección/capacidad, o un defecto identificado que tiene el potencial de perjudicar la aptitud de la estructura para el propósito o forma un riesgo potencial de seguridad.

Acción: Remediar la falla o investigar más a fondo con un ingeniero civil/estructural o un individuo debidamente capacitado y calificado que realice una evaluación de riesgos para determinar la mitigación requerida.

Condición S1: Deterioro Avanzado

La pérdida estructural excede el 25% de la sección/capacidad, o un defecto identificado de tal manera que la estructura se ha visto significativamente comprometida. La estructura puede haber fallado o estar en peligro de falla bajo cargas.

Acción: Se deben tomar medidas tempranas para mitigar los riesgos. Cercar el área y/o proporcionar apuntalamiento temporal para apoyar a los elementos podría ser necesario. Se debe consultar a un ingeniero civil/estructural o a un individuo debidamente capacitado y calificado. La reparación, reemplazo o refuerzo, según corresponda, debe planificarse de manera prioritaria.

Bajo un programa de inspección y mantenimiento preventivo, la condición S3 debe activar pasos para evitar el deterioro de las condiciones S2 y S1.

3.2 Inspección de Campo

Previo a realizar la inspección de la estructura el inspector debe consultar los informes de inspección anteriores y, cuando corresponda, los planos de disposición general antes de comenzar la inspección. Se debe realizar una inspección visual de todos los elementos estructurales identificando:

- a) Condición actual y grado de deterioro o daño;
- b) Deficiencias graves, por ejemplo, corrosión intensa que necesita seguimiento;
- c) Defectos que puedan causar problemas de seguridad con respecto al acceso (Esto debe incluir placas de piso, escaleras, plataformas, pasamanos, escaleras y losas de piso).

La acumulación de óxido en los miembros de acero debe eliminarse localmente cuando sea posible con un cepillo u otras herramientas manuales para poder determinar el grado aproximado de pérdida de sección por corrosión.

Las áreas de hormigón que no muestran deterioro deben golpearse en varios lugares con golpes de martillo para confirmar que no se produzca delaminación. El hormigón que está agrietado o astillado debe golpearse con un martillo y hacer un esfuerzo para extraer las piezas con un destornillador u otra herramienta manual simple para desalojar el hormigón si es posible.

Si no se eliminan los escombros o la acumulación de óxido, entonces, como mínimo, esa parte de la estructura debe considerarse como "no inspeccionada".

Aparte de las pruebas selectivas de martillo, raspado y palanca, no se deben realizar otras pruebas o controles físicos a menos que la estrategia del equipo o el plan de inspección lo requieran de otra manera.

Se debe registrar la naturaleza y ubicación del deterioro o defecto, utilizando fotografías cuando corresponda.

A cada área de deterioro o defecto se le debe asignar una Categoría de condición S1 a S4. El deterioro o los defectos con Categoría de condición S1 o S2 son significativos y deben ser evaluados de inmediato por un especialista civil/estructural y pueden requerir más datos para confirmar la condición, o para ser utilizados como parte de una evaluación de aptitud para el servicio. Cualquier hallazgo de tipo S1 justificaría pasos de mitigación inmediatos (apuntalamientos, etc.) y una reparación/refuerzo/reemplazo planificado, según corresponda de manera prioritaria. Para problemas inminentes de seguridad del personal, se deben introducir mitigaciones inmediatas, por ejemplo, evitar el acceso a la estructura degradada hasta que se pueda implementar una reparación permanente, y dar aviso de manera inmediata al departamento de Operaciones y de HSE.

Las siguientes estructuras y áreas tienen más probabilidades de deteriorarse:

- Deck metálicos y sus estructuras de soporte
- Soportes de hormigón armado para intercambiadores de calor
- Fundaciones de maquinaria, equipos y tuberías
- Estructuras metálicas (con o sin fireproofing) que soportan equipos elevados
- Soportes y anclajes de tubería
- Patas de apoyo del recipiente
- Pilas
- Placas anulares de tanque
- Fosas de azufre
- Separadores API y otras estructuras de retención de agua
- Torres de enfriamiento de hormigón
- Unidades de naftalina

Los siguientes eventos deben tomarse como signos de peligro para las estructuras:

- Spray de agua salada
- Carga anormal
- Fuego o alta temperatura
- Goteo de efluentes
- Vapor o humedad que impactan o se acumulan en una estructura
- Suciedad acumulada en una estructura, o al pie de un tanque de acero como resultado de una inundación
- Efectos ambientales (exposición a lluvias torrenciales, etc.)

Los siguientes hallazgos pueden ser señales de fallas:

- Grietas, desprendimientos o nidos de abejas superficiales, posiblemente con signos de óxido o depósito blanco (cemento disuelto) saliendo de las grietas
- Manchas de óxido de hierro en la superficie del hormigón
- Deformaciones excesivas, asentamientos, elementos fuera de plomo, desalineaciones
- Daños mecánicos

3.3. Inspección Visual de Estructuras de Hormigón Armado

Hay cinco signos que se deben buscar en una inspección visual en estructuras de hormigón armado:

- Grietas en la superficie: el hormigón permanece esencialmente entero, pero su superficie está agrietada.
- Delaminación: el hormigón de la cubierta se separa del hormigón base a nivel del acero de refuerzo debido a la fisuración inducida por la corrosión.
- Descascarado: las piezas de hormigón comienzan a soltarse de la sección.
- Desintegración: descomposición general de la superficie, pérdida de la pasta de cemento y aflojamiento del agregado.
- Popouts: pequeñas áreas de la superficie de hormigón se desprenden debido a la falta de firmeza del agregado a la intemperie.

El agrietamiento de la superficie no necesariamente significa deterioro. El hormigón armado está diseñado para agrietarse. Muchas estructuras agrietadas funcionan bien durante toda su vida de diseño. Los anchos de grietas aceptables dependerán del tipo de estructura y su entorno.

El desprendimiento, la desintegración y la delaminación son signos definitivos de falla, mientras que los popouts generalmente son solo superficiales. Sin embargo, si el deterioro del popout es grave, puede ser indicativo de un problema subyacente más grave de la durabilidad del agregado/hormigón.

Los elementos clave a buscar son:

Fallas superficiales	Agrietamiento Nido de abeja superficial Descamación (pequeños trozos de hormigón poco profundos sueltos) Descascarado/ Desprendimientos (bloques de hormigón sueltos) Desintegración (agregado suelto)
Filtraciones de agua	Humedad superficial Filtración o fuga a través de juntas o grietas
Movimientos	Deformaciones Levantamientos o asentamientos
Corrosión	Mancha de óxido del agua que se filtra por las grietas Refuerzo corroído expuesto a la vista
Misceláneos	Ampollas de membranas y recubrimientos Estanque de agua Decoloración del hormigón.

Al inspeccionar visualmente las estructuras de hormigón armado, hay que tener en cuenta todas las grietas o manchas en la superficie, y el ancho, la longitud y la orientación de las grietas. El ancho de las grietas se puede medir con precisión con una regla especial para medir fisuras.

Las grietas orientadas a lo largo de las líneas del refuerzo principal en columnas o vigas indican corrosión del refuerzo, esto puede ir acompañado de desprendimiento del hormigón del recubrimiento. Las grietas orientadas perpendicularmente al refuerzo principal en las vigas no necesariamente indican corrosión.

Las vigas a flexión están diseñadas para agrietarse, las grietas tienden a formarse en la ubicación de los estribos porque su unión al hormigón es más débil que la resistencia a la tracción del hormigón, por lo que forman un punto débil donde la grieta tenderá a formarse. En muchas vigas y paredes a flexión, el patrón de grietas sigue fielmente la posición del refuerzo, que es perpendicular a la dirección de la tensión.

Si la ubicación y la dirección de las grietas no están relacionadas con el refuerzo, la corrosión probablemente no sea la causa.

Las manchas de óxido no siempre son causadas por la corrosión del refuerzo, sino a menudo por fuentes externas o inclusiones de sulfuro en el hormigón, ninguna de las cuales es estructuralmente significativa. Cuando el agrietamiento es paralelo al refuerzo o al miembro de acero estructural subyacente, una pequeña pieza de cubierta de hormigón debe eliminarse cuidadosamente por astillado. El examen del acero subyacente mostrará si la causa es la corrosión.

3.4. Categorías de Condición de Estructuras de Hormigón Armado

Categoría S4

- Estado original, como fue construido
- Grietas de contracción finas
- Defectos superficiales menores
- Parches y reparaciones de construcción originales, si las hay
- Reparaciones previas en buen estado, sin grietas

Nota: El hormigón de buena calidad tiene pocos o ningún defecto superficial, pero los acabados rugosos y los parches de mortero de unión son normales.

Categoría S3

- Grietas localizadas (>1mm de ancho) en menos del 50% de la longitud del elemento y/o desprendimiento localizado que indica la pérdida por corrosión de menos del 10% del área de la barra de refuerzo.
- Descascarado, piezas sueltas de hormigón o barras de refuerzo expuestas con pérdida por corrosión de menos del 10% del área de la barra de refuerzo.
- Pérdida del área bruta de la sección de hormigón de menos del 10%.
- Manchas de óxido de las grietas.
- Falta de recubrimiento.
- Panal de abejas excesivos.
- Reparaciones previas agrietadas o con desprendimientos.

Nota: Se debe realizar una evaluación de riesgo y un análisis de costo-beneficio para evaluar la necesidad de acciones para prevenir un mayor deterioro.

Categoría S2

- Amplias grietas generalizadas (>1mm de ancho) y/o astillamiento en más del 50% de la longitud del elemento, lo que indica una pérdida por corrosión del 10% al 25% del área de la barra de refuerzo.
- Pérdida de área bruta de sección de hormigón entre 10% y 25%.
- Se requiere una evaluación adicional para confirmar la integridad estructural.

Nota: La pérdida de más del 10% del área bruta de la sección de armadura puede dar como resultado márgenes de seguridad inaceptables y debe ser evaluada por un ingeniero civil/estructural o un individuo debidamente capacitado y calificado. Se deben tomar medidas tempranas para mitigar los riesgos (vallado, señalización, apuntalamientos, etc.). La reparación, refuerzo o reemplazo, según corresponda, debe planificarse para evitar un mayor deterioro y que el elemento no alcance una condición del tipo Categoría S1.

Categoría S1

- Amplias grietas generalizadas (>6mm de ancho) y desprendimientos en más del 50% de la longitud del elemento, lo que indica una pérdida por corrosión de más del 25% del área de la barra de refuerzo.
- Falla del elemento, deformación grave, aplastamiento, etc.
- Se considera que la estructura es potencialmente peligrosa y requiere acción temprana.

Nota: La pérdida de más del 25% del área bruta de la barra de refuerzo o de la sección de hormigón puede sobrecargar la estructura más allá de los límites del código. La pérdida de más del 50% del área bruta de armadura puede tener como resultado márgenes de seguridad inaceptable.

3.5. Inspección Visual de Estructuras Metálicas

Las técnicas de inspección para las estructuras metálicas con fireproofing de hormigón son, en general, similares a las de las estructuras de hormigón armado.

En estructuras de acero con fireproofing de hormigón, la corrosión puede empeorar mucho antes de que aparezcan signos de deterioro en la superficie. La inspección requerirá eliminar un poco del material para exponer el acero, por lo cual, la dificultad es determinar cuándo se necesita realizar una inspección. La frecuencia dependerá de la calidad del fireproofing, el entorno y las condiciones de funcionamiento.

A medida que los materiales de fireproofing envejecen, su efectividad puede verse comprometida. Se pueden desarrollar problemas que afectan la función del sistema y posiblemente debilitar los materiales protegidos subyacentes.

- Para fireproofing de hormigón, es aceptable el agrietamiento de menos de 0.64cm de ancho.
- El abultamiento de cualquier material de fireproofing es un indicio de que puede estar ocurriendo corrosión y una señal temprana de un posible problema de funcionamiento.
- La pérdida de adherencia al material subyacente puede afectar el funcionamiento de los materiales de revestimiento (es decir, intumescentes epoxis, etc.). Las causas pueden ser la

penetración de humedad, la corrosión, el uso de una imprimación inadecuada o una preparación deficiente del material subyacente antes de la ignifugación.

- El fireproofing a menudo se daña cuando se golpea durante la construcción o cuando se realizan tareas de mantenimiento en el sector.
- La inspección y las pruebas periódicas maximizan la vida útil del fireproofing.

Las siguientes consideraciones se deben tener en cuenta al momento de inspeccionar una estructura metálica con fireproofing:

- Durante la inspección del fireproofing se deben detectar grietas, delaminaciones, manchas de óxido, abultamientos o depósitos de minerales blancos o estalactitas que cuelguen de la parte inferior del hormigón.
- Las grietas abiertas en la parte superior y a los lados de recipientes horizontales y en la cabeza superior de los recipientes verticales significan que ha habido entrada de agua en el fireproofing y se justifica un examen más detallado.
- La prueba de martillo es una técnica útil para localizar áreas donde el agua pudo haberse acumulado y no puede drenarse hacia abajo. La pérdida de adhesión de los materiales epoxídicos al material subyacente puede determinarse por protuberancias superficiales o por un sonido hueco anormal cuando la superficie se golpea ligeramente con un martillo.
- Si aparecen grietas en el fireproofing de hormigón de más de 0.64cm, las aberturas deben limpiarse y rellenarse con material nuevo.
- Si hay una falla en la unión, el fireproofing debe eliminarse y el material subyacente debe limpiarse, prepararse e imprimirse a fondo antes de aplicar cualquier material nuevo según los procedimientos recomendados por el fabricante. Toda soldadura de refuerzo debe completarse antes de realizar el trabajo de recubrimiento.
- Si el fireproofing tiene un recubrimiento superficial, se debe verificar si tiene signos de desgaste (cambio de color, pulverización, adelgazamiento de la capa). Si se requiere instalar un recubrimiento superficial para evitar la penetración de humedad, se debe instalar después de que se realicen las inspecciones para que la nueva aplicación de recubrimiento no oculte los defectos existentes.
- Se debe verificar si hay material de fireproofing que fue removido para mantenimiento y no fue reemplazado.
- Se debe retirar selectivamente pequeñas secciones de cualquier material de fireproofing sospechoso para examinar las condiciones en la superficie del material subyacente y del material de refuerzo (tela o alambre).

Las estructuras de acero sin fireproofing son más fáciles de inspeccionar por corrosión. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los miembros tubulares a menudo se corroen de adentro hacia afuera, por lo que los problemas de corrosión pueden no ser visualmente evidentes hasta que la sección completa se haya corroído. La inspección también debe cubrir la distorsión y el pandeo de miembros, grietas, pernos faltantes y rasgaduras en las conexiones.

3.6. Categorías de Condición de Estructuras de Estructuras Metálicas

Categoría S4

- Sistema de recubrimiento generalmente intacto sin signos de corrosión
- Bulones / tuercas de conexión en buen estado sin corrosión
- Reparaciones anteriores en buen estado y bien protegidas
- No hay evidencia de desalineación o distorsión de los elementos
- Fireproofing en buen estado sin grietas ni manchas de óxido

Nota: Las construcciones de acero de buena calidad deben tener pocos o ningún defecto, todas las reparaciones de campo de los recubrimientos y del fireproofing deben estar en buenas condiciones.

Categoría S3

- Falla del sistema de recubrimiento en más del 10% de la superficie
- Corrosión avanzada
- Pitting profundos
- Menos del 10% de pérdida por corrosión de la sección transversal
- Pernos/tuercas de conexión y de anclaje corroídos pero aún con roscas definidas
- Daño por impacto derivando en que el elemento se doble o distorsione hasta la mitad de la profundidad del elemento
- No hay evidencia de desalineación o distorsión de los elementos
- Grietas en fireproofing de $<0.64\text{cm}$ de ancho

Nota: La pérdida de sección de menos del 10% del área de la sección bruta generalmente se considerada estructuralmente insignificante. Se debe realizar una evaluación de riesgo y un análisis de costo-beneficio para evaluar la necesidad de acciones para evitar un mayor deterioro.

Categoría S2

- Pérdida por corrosión de la sección transversal entre 10% y 25%
- Elemento agujereado
- Amplio agrietamiento del fireproofing con grietas $>0.64\text{mm}$ de ancho
- Daño por impacto derivando en que el elemento se distorsione o se doble más de la mitad de la profundidad del elemento
- Desviaciones notables o desalineación de los elementos
- Estructura inclinada desde vertical, fuera de plomo
- Conexión deficiente, como falta de perno o tuerca
- Pernos de conexión severamente corroídos

Nota: La pérdida de más del 10% del área bruta de la sección puede dar como resultado márgenes de seguridad inaceptables y debe ser evaluada por un ingeniero civil/estructural o un individuo debidamente capacitado y calificado. Se deben tomar medidas tempranas para mitigar los riesgos (vallado, apuntalamientos, etc.). Los elementos informados como categoría S2 deben investigarse más a fondo con la consideración de reparación, refuerzo, reemplazo o retiro.

Las medidas de mitigación deben planificarse para evitar un mayor deterioro y que el elemento no alcance una condición del tipo Categoría S1.

Categoría S1

- Pérdida de más del 25% de la sección transversal de los elementos
- Dos o más pernos o tuercas rotos o faltantes en una conexión
- Fallo de conexión
- Distorsión grave, como un elemento doblado más de 2 veces la profundidad del elemento
- Desviaciones graves o desalineación de los elementos
- Elemento faltante
- Se considera que el elemento es potencialmente peligroso y requiere acción temprana

Nota: La pérdida de más del 25% del área de la sección bruta puede sobrecargar significativamente la estructura más allá de los límites del código. La pérdida de más del 50% del área bruta de la sección puede traer como resultados márgenes de seguridad inaceptables. El elemento puede estar en una falla incipiente o fallar bajo un cambio mínimo en las cargas o condiciones, y debe ser evaluado por un ingeniero civil/estructural o un individuo debidamente capacitado y calificado. Se deben tomar medidas tempranas para mitigar los riesgos (vallado, apuntalamientos, etc.) y proteger al personal y las instalaciones. La reparación, refuerzo o reemplazo, según corresponda, debe planificarse de manera prioritaria para devolver al elemento a una condición aceptable.

4. Resultados

En total se volvieron a inspeccionaron 166 estructuras de la Refinería de Campana con esta nueva metodología de categorización, para algunas estructuras habían pasado más de 60 años desde su construcción. De acuerdo con el plan de inspecciones mencionado anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

Categoría	Estructuras Hormigón	Estructuras Metálicas	Total
S1	0	1	1
S2	1	22	23
S3	13	49	62
S4	6	74	80

Tabla 1: Resultados inspecciones visuales estructuras

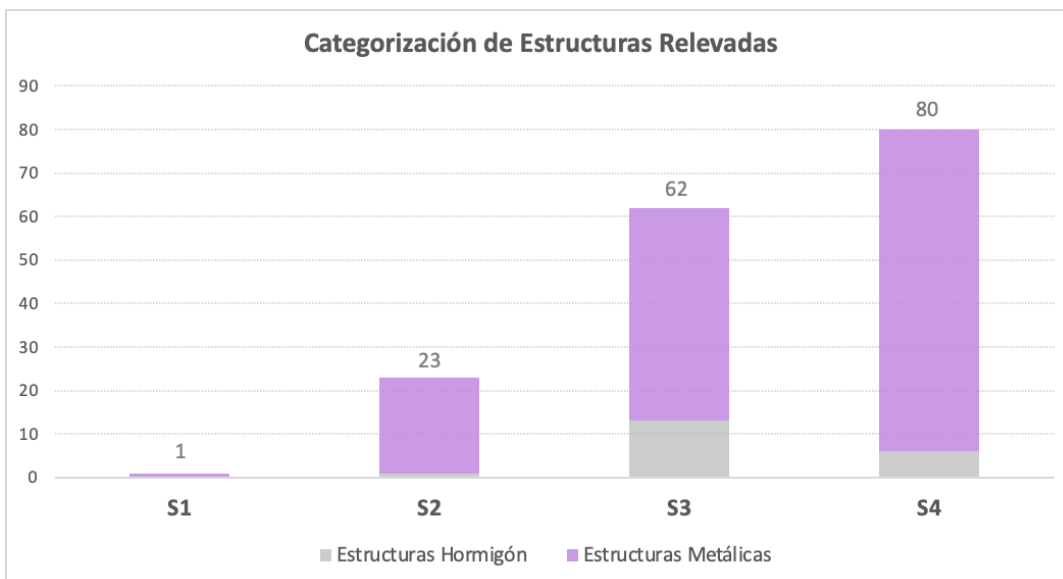


Gráfico 1: Resultados inspecciones visuales estructuras

- Las fallas halladas durante la inspección visual de las estructuras de hormigón fueron, fisuración-grietas (45%), armaduras expuestas (35%) y fallas en las estructuras auxiliares de accesos (20%).
- Solo una estructura requiere el análisis de riesgo de un especialista civil debido a las dimensiones de las grietas.

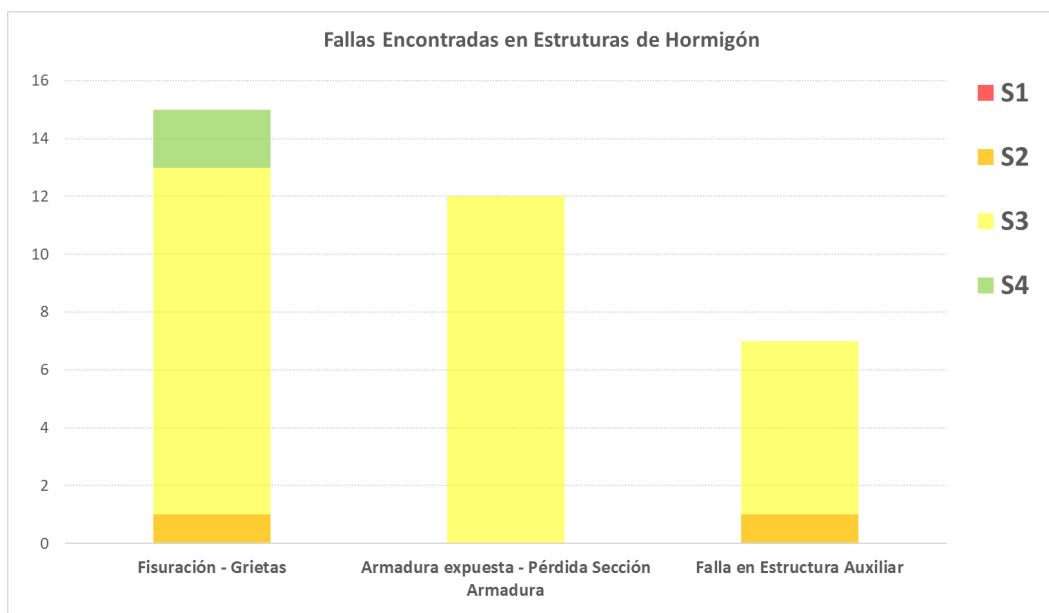


Gráfico 2: Resumen fallas encontradas en estructuras de hormigón

- Las fallas halladas durante la inspección visual de las estructuras metálicas fueron, corrosión avanzada, pérdidas de sección, elementos deformados/fuera de plomo/desalineados, fallas en

conexiones, fallas en fireproofing, fallas en las estructuras auxiliares de accesos y fallas en la base de hormigón.

- Las fallas encontradas que generaron un deterioro avanzado y requieren de una intervención inmediata fueron fallas en las conexiones y fallas por corrosión avanzada con pérdida de sección.
- El 49% de las fallas encontradas son por fallas en el recubrimiento.

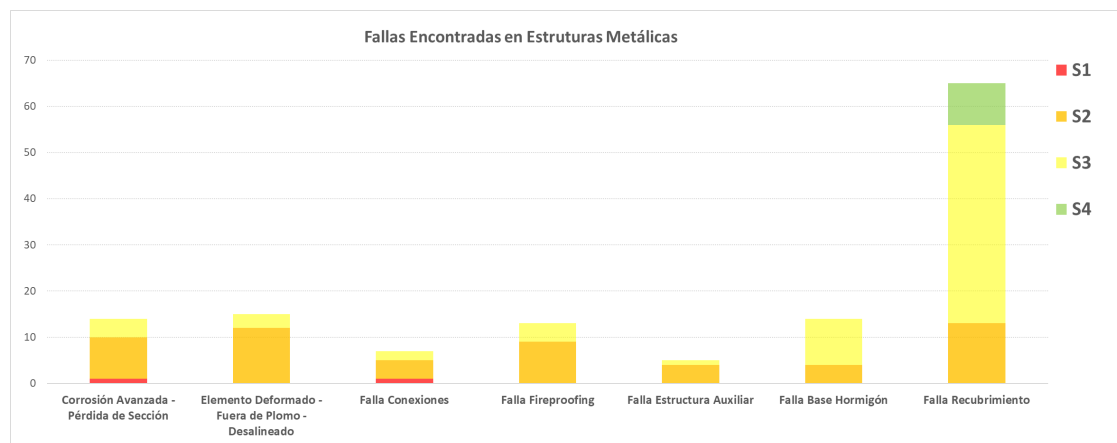


Gráfico 3: Resumen fallas encontradas en estructuras metálicas

5. Conclusiones

- Un programa de inspección estructural que organiza y registra los hallazgos encontrados en categorías de acuerdo al daño, facilita la planificación de una estrategia de mantenimiento y ayuda a garantizar que los problemas de deterioro se identifiquen y corrijan de manera oportuna.
- La categorización de los daños puede ayudar a establecer la frecuencia de la inspección, determinar las causas del deterioro e identificar buenos métodos y materiales de reparación.
- Cualquier condición S2 o S1 debe ser registrada e investigada por un especialista civil para determinar si existe un mecanismo o problema que conduzca a un deterioro acelerado que requiera medidas correctivas tempranas o inspecciones más frecuentes.
- Se recomienda una breve inspección, aproximadamente 2 a 3 años después de la puesta en marcha o preferiblemente en la entrega del proyecto, para identificar el deterioro o defectos causados por deficiencias de diseño, construcción o materiales.
Una instalación adecuadamente diseñada y construida aún debe permanecer en condición S4 los primeros 10 años después de la puesta en servicio.
- Se debe establecer una frecuencia de inspección futura en función de la tasa de deterioro de manera tal que la condición S3 no se exceda antes de la próxima inspección.
- Una vez llevada a cabo la primera inspección de referencia y en función de las condiciones de las estructuras inspeccionadas, se estableció para la Refinería de Campana las siguientes frecuencias de inspección de estructuras:

Categoría	Frecuencia de Inspección
S4	8 años

S3	4 años
S2	2 años
S1	1 año

Tabla 2: Frecuencia de inspecciones

6. Bibliografía

- ACI 364.1R-07 - Guide for Evaluation of Concrete Structures before Rehabilitation
- ACI 201.1R-08 - Guide for Conducting a Visual Inspection of Concrete in Service
- ACI 228.1R-95 - In-Place Methods for Determination of Strength of Concrete
- ACI 228.2R-98 - Nondestructive Test Methods for Evaluation of Concrete in Structures
- ACI 224.1R - Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures
- ACI 214.3R - Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete
- ACI 318 - Building Code Requirements for Structural Concrete
- CIRSOC 201 - Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón

7. Trayectoria Profesional

Montore Ros, Nicolas

Ingeniero Civil – Universidad de Buenos Aires

Certificación API 936

Trayectoria:

- **AESA**
Ingeniero de Obra (Puerto Instalaciones Descarga y Manejo GNL Escobar, Buenos Aires)
Superintendente Civil (Planta Separadora de Líquidos, Santa Cruz De La Sierra / Bolivia)
Jefe de Obra Civil Adjunto (Nueva Unidad De Coque Refinería La Plata, Buenos Aires)
Jefe de Obra Civil (Planta de Tratamiento de Crudo No Convencional, Neuquén)
- **SARTECH ENGINEERING**
Supervisor de Obra (Planta Siderúrgica Arvand Jahanara Steel Co., Khuzestan / Irán)
- **RINALDI CONSTRUCCIONES**
Director de Obra (Planta De Tratamiento de Efluentes Refinería Campana, Buenos Aires)
- **AESA**
Jefe de Obra Electromecánica (Central Térmica Ciclo Combinado Villa María, Córdoba)
- **PAN AMERICAN ENERGY**
Ingeniero Especialista Confiabilidad e Integridad