

Reparación y sustitución de tuberías de hormigón con compuestos de carbono

Saturnino Ojeda¹, Francesc Robles²
¹Director, ²Director Técnico

Este documento describe la fabricación in-situ de una tubería de fibra de carbono mediante un sistema de infusión de resina epoxi y consolidación al vacío, Ø 800 mm y 1.525 metros de longitud, utilizando como molde perdido la tubería existente de hormigón armado con alma de acero en mal estado, para el proceso de refrigeración del reactor de una central nuclear. Su misión es proporcionar por sí misma la resistencia y estanqueidad requeridas por diseño sin considerar la contribución de la tubería existente, encontrándose enterrada entre 4 y 9 metros de profundidad.

Hoy en día existe un desafío importante que tienen muchas plantas industriales, no solamente centrales nucleares, sino plantas petroquímicas, químicas, tratamiento de aguas, generación eléctrica, transporte de fluidos, u otras instalaciones, con lo que respecta a la conservación y reparación de sus sistemas de refrigeración, en equipos o instalaciones. La edad de muchas factorías es similar y los problemas de corrosión y degradación de los materiales empleados convencionales como el acero al carbono y el hormigón armado son comunes, debido al tiempo que llevan en servicio, siendo la mayor parte de ellos sistemas enterrados con grandes dificultades de reparación o acceso, y elevado coste de intervención.

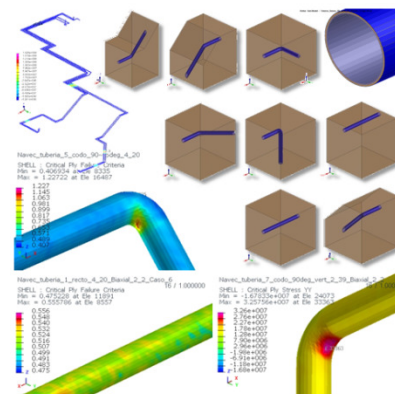
Alcance y descripción

Fruto del know-how puesto en común entre las compañías NAVEC, SAERTEX y HENKEL, en sus respectivas disciplinas, se ha desarrollado una solución innovadora, segura, fiable y duradera, consistente en la fabricación in-situ de una tubería de fibra de carbono mediante tecnología de infusión de resina epoxi y consolidación al vacío, convirtiéndose en la alternativa más económica, rápida y viable. Este sistema innovador ya se ha empleado con éxito en la rehabilitación del circuito de refrigeración terciario del reactor en una central nuclear en España, así como en otras instalaciones, utilizando como molde perdido la tubería existente en mal estado. En este caso, la nueva tubería de fibra de carbono, de 800 mm de diámetro y 1.525 metros de longitud

se encuentra enterrada entre 4 y 9 metros de profundidad, contando con tramos horizontales, verticales e inclinados, y diferentes elementos como codos, té, bridas y bocas de hombre.

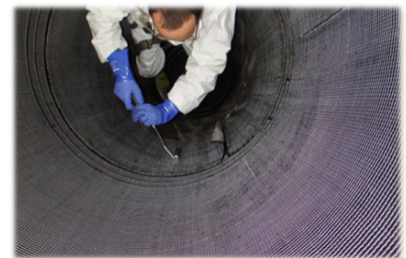
Diseño, cálculos y ensayos de caracterización

Se ha realizado una modelización por medio de elementos finitos del sistema completo para determinar el laminado de fibra de carbono de acuerdo con las especificaciones y requerimientos de diseño, considerando que la resistencia residual de la tubería existente es nula, por lo que todas las cargas son soportadas por la nueva tubería de fibra de carbono (cargas permanentes, peso propio, peso del fluido, presión interna, acciones del terreno, acciones del tráfico, acciones térmicas y sismo).



Asimismo, se han realizado cálculos de acuerdo con los estándares ASME CASE

N-589-1, ASME PCC-2 e ISO 24817 sin tener en cuenta la contribución del sustrato. Para cada elemento de la instalación (tramos, codos, té, bridas y bocas de hombre) se ha diseñado la configuración de cada pieza de fibra de carbono que compone cada capa, así como el solape y las dimensiones.



En este caso se empleó Self-adhesive SAERfix carbon non-crimp fabrics de Saertex, un tejido adhesivo para ayudar a los trabajadores en la colocación de la fibra, especialmente en las partes superiores o en los tramos verticales.

Se han llevado a cabo ensayos de caracterización por laboratorios externos acreditados para comprobar las propiedades: resistencia a tracción, compresión, adherencia, temperatura de transición vítrea, coeficiente de expansión térmica, dureza y resistencia al desprendimiento catódico, entre otros. Por otra parte, se han realizado ensayos a escala real para comprobar la validez del sistema desarrollado y la viabilidad de aplicación por parte de los trabajadores, realizando en diferentes

muestras pruebas de presión hidráulicas.

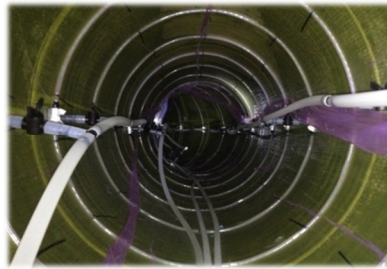
El reto principal era que la metodología de aplicación fuera respetuosa con la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente, evitando la exposición continua a la inhalación de vapores provenientes de los materiales empleados. Esto ha sido posible gracias al diseño del sistema de infusión y vacío, transportando la resina epoxi con presión positiva en un sistema cerrado con puntos localizados de emisión de vapores con filtros. El transporte se efectúa desde el exterior de la tubería, pudiendo trabajar a 100 o 200 metros de distancia entre la zona de preparación y la zona de actuación.



Ejecución in-situ

El procedimiento de ejecución in-situ, con una duración de 8 meses, ha consistido en las siguientes fases:

1. Preparación de superficie: chorreado abrasivo, reconstrucción de superficies y limpieza con agua desionizada.
2. Imprimación y protección: imprimación con resina epoxi y colocación de tejido peel-ply para evitar contaminación durante el tránsito de trabajadores en el interior.
3. Sistema de infusión y vacío: colocación del tejido de fibra de carbono y consumibles para el control de impregnación y posterior consolidación al vacío.
4. Retirada de consumibles, inspección y reparaciones en caso necesario.
5. Aplicación de recubrimiento de acabado



nanocerámico y puesta en marcha. Se han empleado 20,500 m² de fibra de carbono, 25,000 kg de resina epoxi, 13,200 válvulas, 28,150 m de conducto de vacío, 5,300 m² de bolsas de vacío y 4,500 kg de recubrimiento de acabado.

Beneficios y puntos clave

- a. Fiabilidad. Nueva tubería de fibra de carbono fabricada con un sistema que aporta las mejores propiedades posibles (realidad vs teoría) sin la posibilidad de utilización de hornos o autoclave.
- b. Durabilidad. Vida estimada 40 años.
- c. Seguridad. Con los trabajadores y con el medio ambiente, tanto en la fase de construcción como de instalación. No han sido necesarias excavaciones con riesgo cercanas al reactor nuclear, así como paradas de procesos. El impacto ambiental de la solución empleada ha sido el mínimo posible, no siendo necesaria la utilización de ningún medio de excavación o grúa con el correspondiente consumo y emisión de



CO₂, así como vapores de trabajos convencionales de corte y soldadura.

- d. Rapidez. Ejecución en la mitad de tiempo de una reparación por medios tradicionales, minimizando el riesgo en caso de necesitar en algún momento el uso de la tubería existente para refrigerar el reactor (durante la ejecución de los trabajos).
- e. Económico. Coste muy inferior a los métodos tradicionales evitando paradas de procesos, modificaciones de otros servicios auxiliares (tuberías de gas, agua, cableado eléctrico, fibra óptica, teléfono...), así como interferencias en la operativa de las instalaciones.

Este sistema innovador para el sector industrial es una solución versátil, pudiendo aplicarse en otros sustratos como el acero, por el interior o por el exterior, y no solamente en tuberías, sino en equipos y recipientes a presión de acuerdo con los estándares internacionales ASME e ISO.

La mayor ventaja se encuentra en sistemas enterrados donde las dificultades logísticas de acceso y medios auxiliares pueden ser un impedimento para el mantenimiento, reparación o sustitución de estos sistemas y procesos.

🏠 Más información:

www.gruponavec.com
composites@gruponavec.com