

Escaneo láser de estructuras existentes previamente a nuevas actuaciones

Laser scanning of existing structures prior to new interventions

Francisco Javier Martínez López^a, Luis Manuel Delgado Delgado^b,

Julián Vallejo Luna^c y Manuel Biedma García^d

^a Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Jefe de Proyectos. franciscojavier.martinez.lopez@acciona.com

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Jefe de Proyectos. jvallejo1@acciona.com

^c Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Jefe de Proyectos. lm.delgadode@acciona.com

^d Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Jefe Dto. Estructuras Metálicas. manuel.biedma.garcia@acciona.com

RESUMEN

Acciona Ingeniería ha diseñado nuevas estructuras metálicas para un rack de tuberías en un pantalán construido en 1969. Desde entonces, el rack ha crecido para adaptarse a necesidades cambiantes. Lo que figura en planos puede diferir de lo que existe en realidad, especialmente en estructuras antiguas, puesto que es habitual que los cambios durante la ejecución queden sin registrar. El escaneo láser ofrece una relación coste-beneficio favorable, especialmente en etapas tempranas de diseño, al detectar interferencias, elementos no documentados y desviaciones en la ubicación de instalaciones.

ABSTRACT

Acciona Ingeniería has designed new steel structures for a pipe rack on a jetty built in 1969. Since its construction, the rack has expanded to meet evolving operational needs. What is shown on drawings can differ from what exists on site, particularly in older structures, as changes made during construction often go unrecorded. Laser scanning provides a favourable cost-benefit ratio, especially in early design stages, by detecting interferences, undocumented elements, and deviations in the positioning of installed components.

PALABRAS CLAVE: escáner láser, nube de puntos, digitalización, modelo 3D, monitorización.

KEYWORDS: laser scanning, point cloud, digitization, 3D model, monitoring.

1. Introducción

Acciona Ingeniería ha desarrollado un Proyecto Constructivo para añadir unas nuevas estructuras metálicas al rack de tuberías de una gran instalación industrial ubicada en España. La actuación proyectada se ubica sobre un pantalán construido en 1969, compuesto por varias alineaciones de pilotes hincados de hormigón pretensado prefabricado arriostrados entre sí

mediante encepados formados por una combinación de vigas prefabricadas y losas de compresión in situ.

Desde su construcción el rack de tuberías soportado por el pantalán ha ido creciendo para dar cabida a más líneas de productos y así adaptarse a las cambiantes necesidades de producción de la refinería.

En las figuras 1 y 2 puede verse el estado de congestión del rack, en el que difícilmente pueden observarse los elementos que componen la subestructura.



Figura 1. Estado del rack previo a las actuaciones.



Figura 2. Estado del rack previo a las actuaciones.

2. Contexto del Proyecto Constructivo

Este apartado muestra los condicionantes dentro de los cuales se ha desarrollado el Proyecto. Este, como no podía ser de otra forma, se ha desarrollado de acuerdo con los estándares y especificaciones propias del Cliente, que en este caso es una metodología híbrida entre clásica y BIM. Así, el documento principal que define las nuevas estructuras metálicas es un modelo 3D realizado con el software *Tekla Structures*, de la casa *Trimble Inc.*, ubicado en los servidores del Cliente. Este modelo incluye geometría en coordenadas verdaderas de perfiles y chapas de

acero estructural, así como soldaduras, tornillos, pernos de anclaje, morteros de nivelación, barandillas, emparrillados de piso, etc. Este modelo 3D será empleado directamente por el contratista principal para fabricar en taller y montar en obra las nuevas estructuras, sin intermediación alguna de más planos de definición a excepción de los relativos a las placas de anclaje. Estos planos de las placas de anclaje complementan al modelo Tekla. Se han aportado en cumplimiento de las propias especificaciones del Cliente. En este caso estos planos aportan más valor que el modelo 3D en sí puesto que es más sencillo recoger en ellos las especificaciones técnicas que han de cumplir los aparatos de apoyo de las nuevas estructuras.

Varias disciplinas intervienen en la explotación del pantalán, cada una con sus propios sistemas y elementos: instalaciones eléctricas, antiincendios, producción, seguridad, etc. La dilatada vida de servicio y el hasta cierto punto caótico crecimiento que ha experimentado el rack hacen difícil identificar con precisión en base únicamente a planos 2D clásicos dónde se ubica cada sistema y cada elemento.

Puesto que el modelo 3D es el documento que contractualmente empleará el Cliente para la fabricación y montaje, es preciso que esté perfectamente definido sin ambigüedades ni notas del tipo “a comprobar en obra previamente a su fabricación”. Las estructuras nuevas por desarrollar habrán de ajustarse perfectamente a las existentes en base a dicho modelo 3D.

Un último aspecto que hubo que considerar durante el desarrollo del Proyecto es que, adicionalmente, el Cliente no contaba con el 100% del Proyecto original de 1969 por lo que había dudas razonables sobre lo realmente ejecutado.

3. Problemática

Una cosa es lo que dice un plano, ya sea de *construcción* o *as-built*, sobre lo que *debería existir* en un emplazamiento, y otra muy diferente lo que *realmente existe* en obra. Entre la planificación y la ejecución pueden ocurrir cambios sobrevenidos que no quedan registrados, especialmente en estructuras antiguas como es este caso. Ver figura 3 donde se aprecia un paso elevado de tuberías “sobrevenido”.



Figura 3. Estado del rack previo a las actuaciones.

Así pues, teniendo en cuenta todas las condiciones y el objetivo del Proyecto, se decidió emplear técnicas de *captura de la realidad* que podrían aportar de forma global mejoras durante el desarrollo y ejecución de este.

4. Captura de la realidad

El proceso de captura de la realidad es sencillo y puede sustanciarse en dos fases: obtención de la nube de puntos, por un lado, y producción (postprocesado) de esta, por otro.

Para la obtención de la nube de puntos suelen emplearse escáneres láser, similares a las clásicas estaciones totales en cuanto a movilidad, que capturan los puntos y los almacenan en su memoria interna, como el mostrado en la figura 4. También existen otros formatos más fácilmente portables, de mano, así como drones. Ver figura 5.



Figura 4. Escáner láser RTC360 LT (Cortesía de Leica Geosystems).



Figura 5. Escáner láser BLK2FLY (Cortesía de Leica Geosystems).

El empleo de uno u otro dispositivo depende de las condiciones concretas en cada caso.

Una vez en gabinete, se realiza el volcado de la nube de puntos capturada en estaciones de trabajo de “potencia media” para su integración georreferenciada [1] y su postprocesado [2] empleando software específico.

Como cualquier tecnología, pueden identificarse en ella impactos positivos y negativos. Entre los primeros se incluyen los siguientes:

- Proporciona mediciones precisas y detalladas, del orden de milímetros.
- Permite ahorros de tiempo muy significativos en la captura de la realidad

frente a los métodos topográficos tradicionales.

- Reduce costes al minimizar el tiempo necesario para recopilar datos, eliminar la posibilidad de errores humanos y facilitar la comprensión de la estructura existente eliminando el riesgo de “órdenes de variación de diseño” urgentes sobrevenidas durante la fase de construcción.
- Permite el manejo muy rápido (cuestión de horas) de los datos obtenidos para, por ejemplo, identificar interferencias geométricas virtuales antes de que se produzcan.
- Aumenta la seguridad de las personas al no ser necesario acceder a todos los sitios donde hayan de tomarse medidas, sino que es suficiente con que estén “a la vista”.

Los impactos negativos se resumen a continuación:

- Presenta un coste extra al ser un trabajo extra.

- Produce grandes cantidades de datos digitales que han de ser manejados con software y hardware de “potencia media” para lograr un manejo fluido de la información.
- Requiere una calibración y ejecución cuidadosa para garantizar resultados precisos.
- Obliga a distintos posicionamientos del equipo de medida para “ver” todas las zonas a capturar y evitar los apantallamientos u ocultamientos de unos elementos tras otros.

La figura 6 muestra la nube de puntos una vez limpia y apta para trabajar con ella en el software de visualización 3D [3]. Dependiendo de la distancia del observador a los puntos mostrados, el software realiza en tiempo real y de forma fluida ajustes para facilitar la percepción de los sólidos capturados, si bien el conjunto de puntos no deja de ser una especie de “humo” que se manifiesta en distancias cortas. Ver figuras 7 a 10.

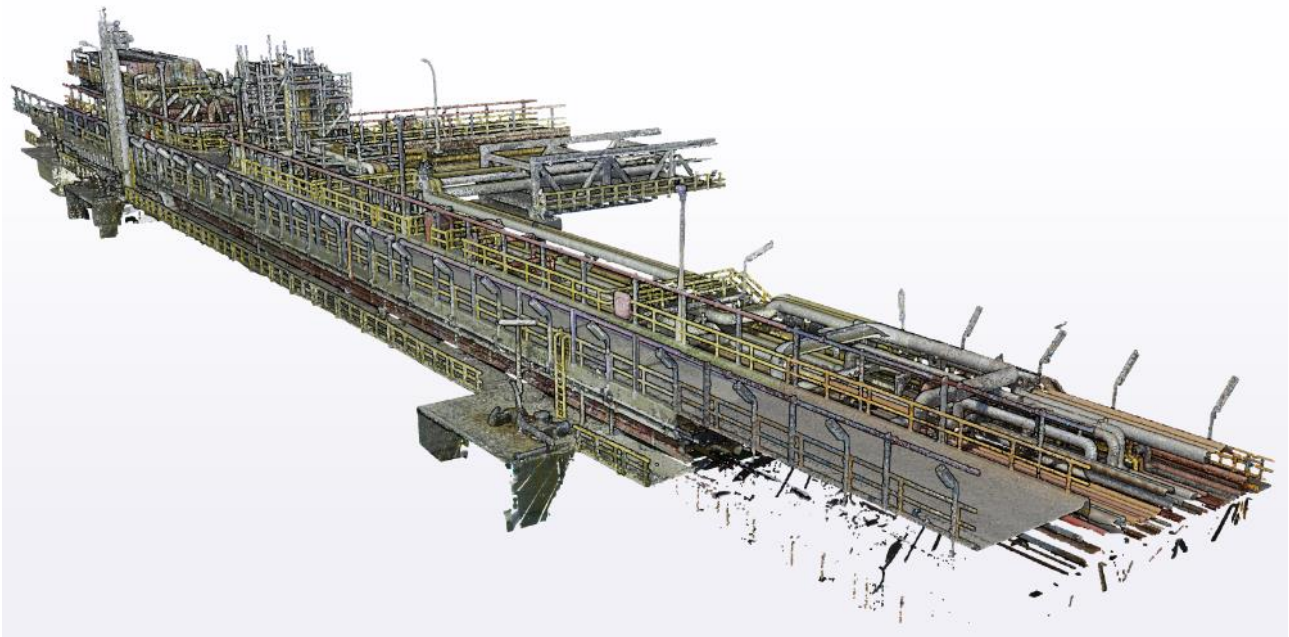


Figura 6. Vista general de la nube de puntos.

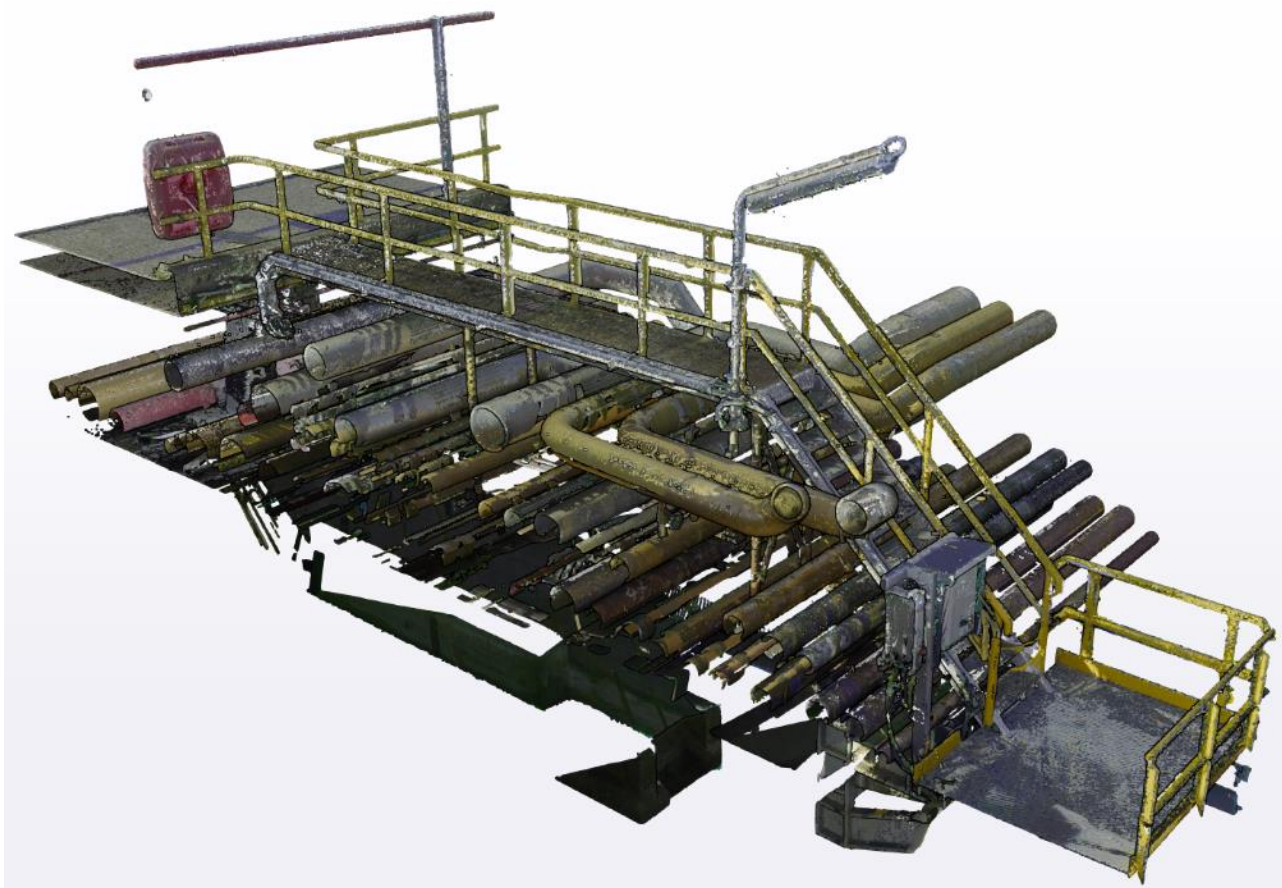


Figura 7. Vista local. Zoom lejano. Los sólidos “reales” se perciben como sólidos.



Figura 8. Vista local. Zoom intermedio. Aparecen ciertas *texturas* sobre los sólidos “reales”, apreciables en las tuberías del primer plano.



Figura 9. Vista general de la nube de puntos. Zoom cercano. Las *texturas* sobre las tuberías son más visibles y empiezan a ser percibidas como traslúcidas.

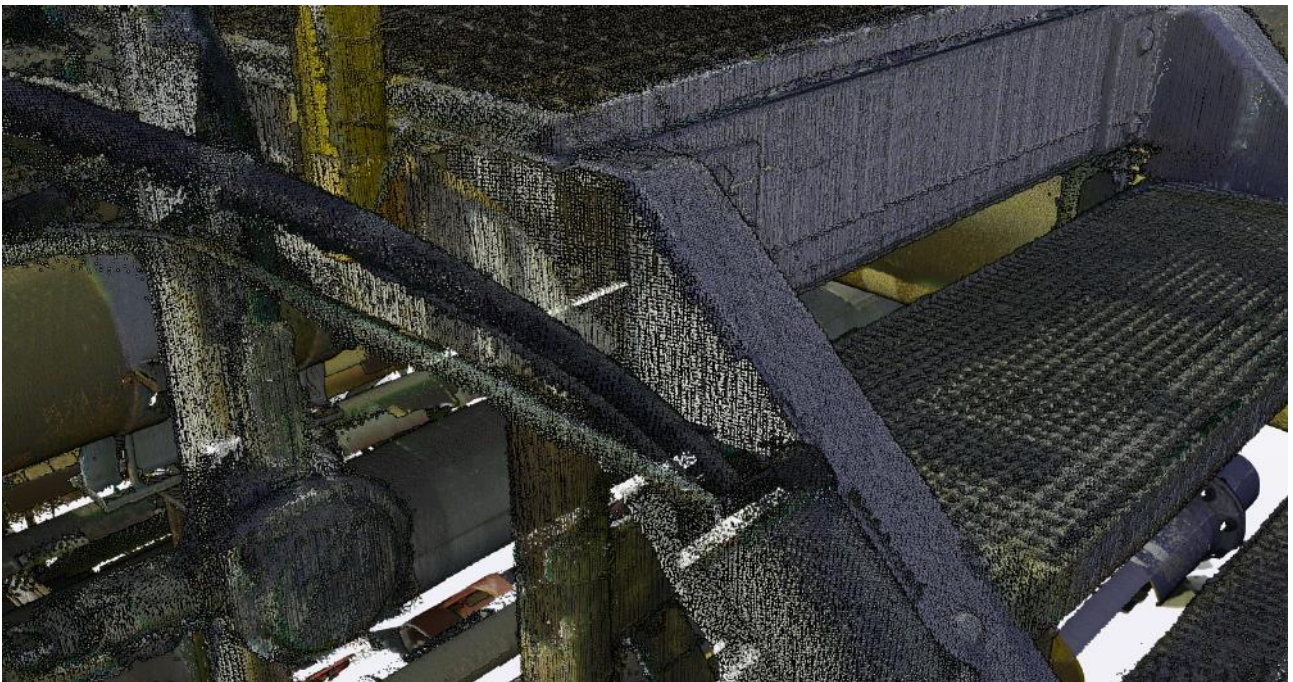


Figura 10. Vista general de la nube de puntos. Zoom cercano. La misma percepción traslúcida empieza a aparecer en las zancas.

En la práctica ha de buscarse un equilibrio entre la densidad de los puntos capturados frente al uso que va a hacerse de dicha nube de puntos. Más densidad implica más información, pero también hardware más potente para manejarla y

más capacidad de almacenamiento de la información empleada.

5. Desarrollo de la solución

A partir de la captura de la realidad llevada a cabo fue posible realizar las siguientes acciones durante el desarrollo de la solución estructural:

- Identificar las zonas más convenientes de cara a minimizar la afección a las instalaciones existentes.
- Identificar los elementos existentes finalmente afectados por las nuevas actuaciones. Ver figura 11.
- Planificar el trazado de los desvíos necesarios de las líneas de tuberías afectadas, minimizando la afección a la producción de la planta.
- Planificar el trazado de los desvíos necesarios de bandejas eléctricas.
- Planificar el desmontaje y reubicación de elementos reutilizables como escaleras de acceso, barandillas, luminarias, etc.
- Identificar con precisión la geometría de los elementos existentes de la subestructura que serían objeto de refuerzo. Ver figura 12.
- Identificar con precisión la geometría de los elementos estructurales existentes sobre los que colocar las nuevas estructuras. Ver figura 13.

- Identificar con precisión la geometría de los elementos existentes de la subestructura que serían objeto de demolición.
- Identificar las zonas de mayor facilidad de acceso para realizar el montaje futuro de las nuevas estructuras.

Todas estas labores fueron realizadas por el equipo de diseño mediante el simple auxilio de software comercial de visualización de modelos 3D. El software era capaz de simultanear, de una manera sencilla y eficaz, la presentación de la realidad capturada junto a las sucesivas iteraciones del modelo de las nuevas estructuras según iba progresando su diseño.

En el caso del Proyecto que nos ocupa no fue necesario combinar la nube de puntos con otras tecnologías como la fotogrametría para obtener propiedades adicionales de la captura de la realidad. Tampoco fue necesario *dotar de inteligencia* el modelo 3D resultante, concepto que se escapa del alcance de este documento.

Se adjuntan varias figuras con el resultado de la combinación de nube de puntos y elementos proyectados.

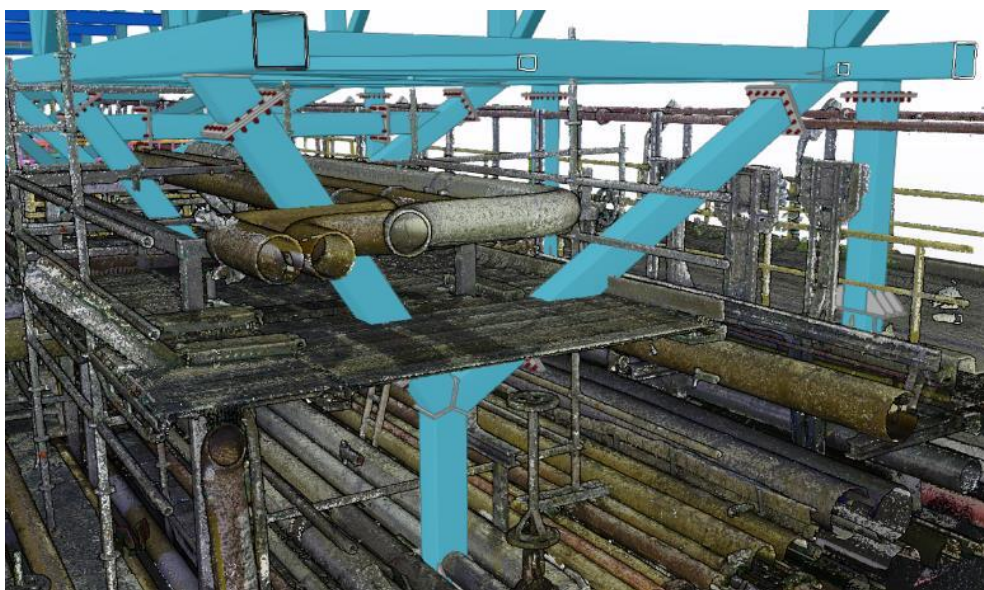


Figura 11. Combinación de nube de puntos y modelo 3D. Integración de las nuevas estructuras e interferencias detectadas.

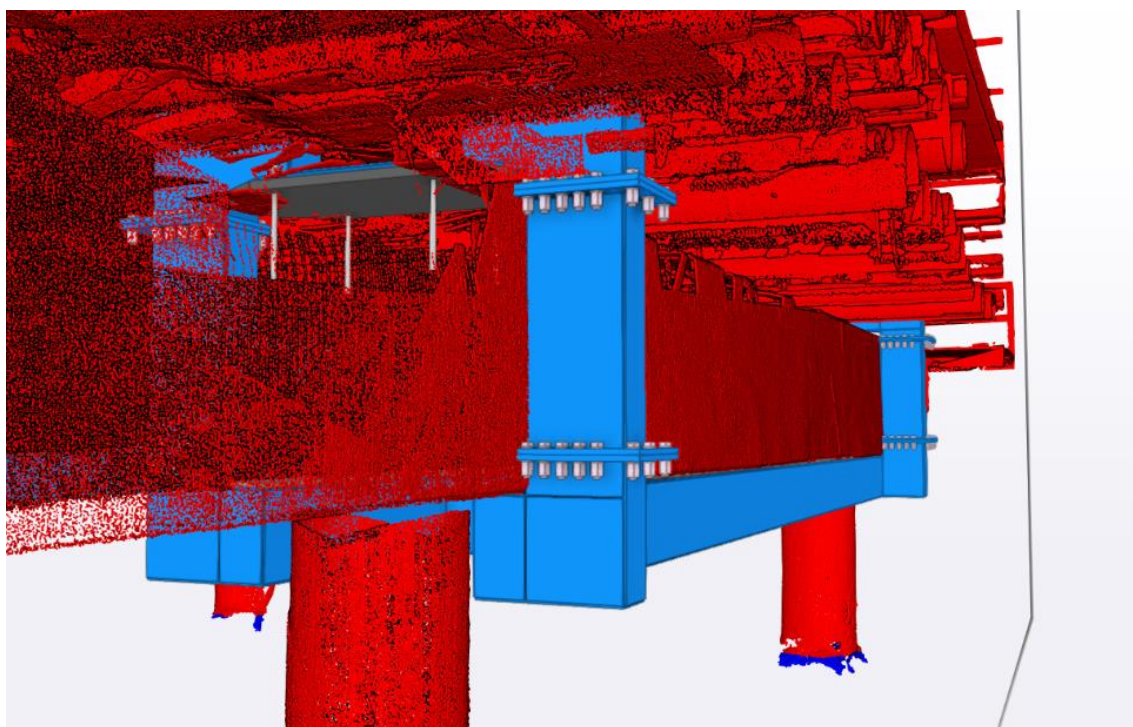


Figura 12. Combinación de nube de puntos y modelo 3D. Implementación y personalización del refuerzo estructural.

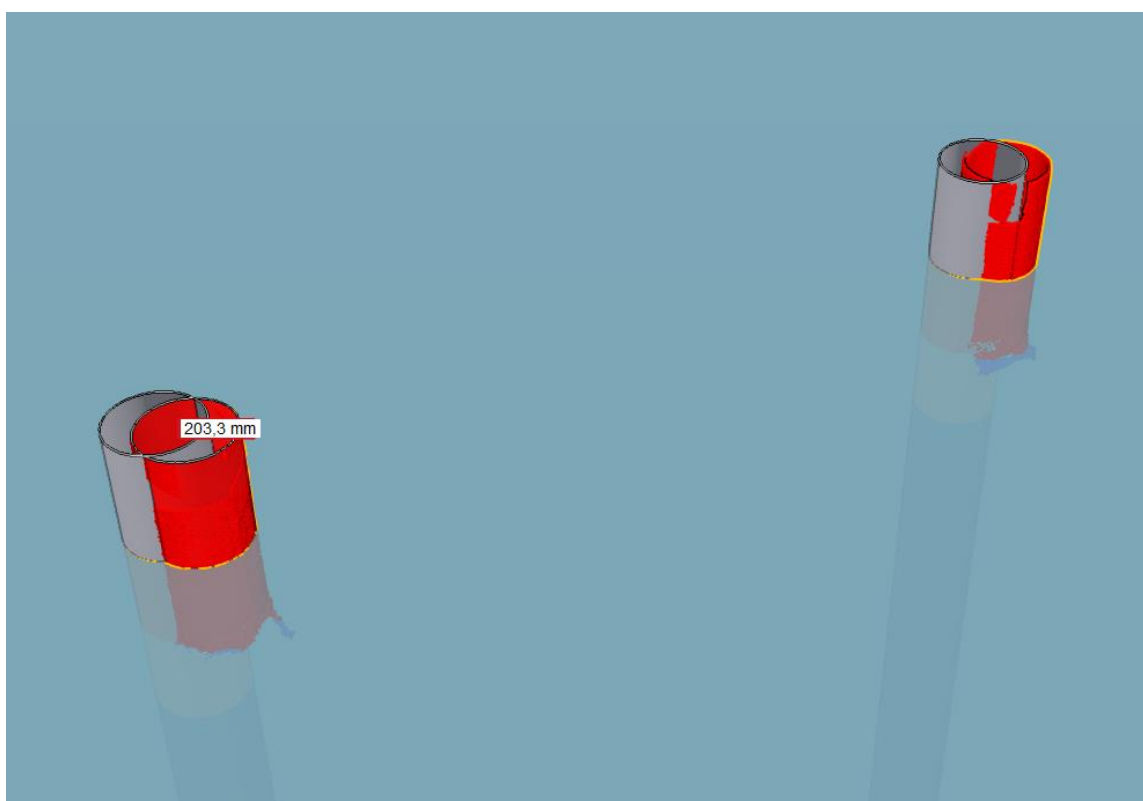


Figura 13. Identificación de desviaciones de ejecución antiguas. Los pilotes reales se muestran de color rojo frente a los pilotes teóricos, mostrados en color gris.

6. Conclusiones

La relación coste-beneficio de llevar a cabo escaneos láser en emplazamientos en los que se va a actuar en fases posteriores suele ser muy ventajosa, especialmente en fases tempranas de diseño. Esta herramienta permite identificar con antelación posibles interferencias asociadas a tolerancias de ejecución, elementos realmente existentes no previamente documentados, ubicación final de instalaciones ejecutadas posteriormente, etc.

Los beneficios extras que implica la realización de un escaneo láser superan con creces los costes extras que lleva aparejado.

Disponer de un escaneo láser de una estructura existente sobre la que ha de actuarse es tanto más beneficioso cuanto más compleja sea esta. Y en algunos casos, como el que nos ocupa, es la única manera de obtener los datos de la realidad existente.

Este escaneo láser inicial permitirá, en este proyecto en concreto y adicionalmente a los impactos mostrados más arriba, realizar un seguimiento de cómo evolucionan las deformaciones de la estructura existente bajo la acción futura de las nuevas estructuras que se apoyarán en ella.

Referencias

- [1] *Cyclone Register 360 Plus*. Leica Geosystems.
- [2] *Cyclone 3DR*. Leica Geosystems.
- [3] *Trimble Connect Desktop*. Trimble Inc.