



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Geodésica,
Cartográfica y Topográfica

TOPOGRAFÍA EN OBRA DE INFRAESTRUCTURA
URBANA. CONEXIÓN PEATONAL SUBTERRÁNEA
ENTRE LAS ESTACIONES DE METRO DE ALICANTE Y
XÁTIVA EN VALENCIA.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Geomática y Topografía

AUTOR/A: Garcia Urios, Lydia

Tutor/a: Blanch Puertes, Luís

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍA GEODÉSICA
CARTOGRÁFICA Y TOPOGRÁFICA

TOPOGRAFÍA EN OBRA DE
INFRAESTRUCTURA URBANA. CONEXIÓN
PEATONAL SUBTERRÁNEA ENTRE LAS
ESTACIONES DE METRO DE ALICANTE Y XÁTIVA
EN VALÈNCIA.

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Autora: Lydia García Urios
Tutor: Luis Blanch Puertes
Curso académico: 2023-2024



Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido fundamentales en la realización de este trabajo.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi tutor del TFG, Luis, por su invaluable guía y apoyo académico durante todo el proceso. Su experiencia y consejos han sido clave para el desarrollo de este proyecto.

También quiero agradecer a Kiko, mi tutor durante las prácticas en obra, por brindarme la oportunidad de aprender de primera mano y por su disposición para compartir su conocimiento y experiencia.

A mi pareja, Emilio, quiero darle las gracias por estar siempre a mi lado, por apoyarme incondicionalmente y por nunca rendirse conmigo, incluso en los momentos más difíciles. Su paciencia y cariño me han dado la fuerza para seguir adelante.

A mis amigas, Luna, por estar siempre dispuesta a ayudarme y escuchar todas mis quejas con paciencia, y a Ángela, por levantarme el ánimo en cada ocasión y hacer que todo pareciera más fácil. Su compañía ha sido esencial a lo largo de este camino.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a mi familia, quienes siempre han creído en mí y me han apoyado en cada paso de mi formación. Su amor y confianza han sido fundamentales para alcanzar esta meta.



Compromiso

"El presente documento ha sido realizado completamente por el firmante; no ha sido entregado como otro trabajo académico previo y todo el material tomado de otras fuentes ha sido convenientemente entrecomillado y citado su origen en el texto, así como referenciado en la bibliografía"

Lydia García Urios



Resumen

El trabajo topográfico va servir de soporte a la construcción de un "cañón subterráneo peatonal" que conectará dos estaciones de metro en Valencia. Se documentará las diversas actividades topográficas realizadas a medida que fueron avanzando las distintas fases de la obra.

Comienza la actividad topográfica obteniendo un levantamiento topográfico del estado inicial, antes de comenzar las obras. Este levantamiento es muy importante por el detalle y la precisión porque servirá de soporte para encajar el proyecto encima, dotará de coordenadas UTM ETRS89 al conjunto e incluirá las infraestructuras afectadas por el proyecto, tales como: red de agua potable, red de riego, telecomunicaciones, gas, colectores de alcantarillado, acequia de Rovella y redes de media tensión.

La topografía de replanteo será necesaria a lo largo de la construcción de los muros guía y muros-pantalla. Hay topografía de precisión realizada para garantizar que los elementos constructivos ejecutados cumplen con las precisiones que marca el pliego de prescripciones técnicas. Además, se llevará a cabo un control métrico continuo para asegurar que todo lo ejecutado cumple las condiciones de exactitud y está estable en el terreno sin producir deformaciones.

Para el control de deformaciones se va a utilizar material diverso e instrumentación topográfica de alta precisión que será descrito en la memoria. El objetivo es monitorizar cualquier movimiento fuera de lo previsto que pueda surgir por la construcción de los muros-pantalla. Estas mediciones se requieren para garantizar la seguridad estructural de los edificios adyacentes durante todo el proceso constructivo.

En resumen, el trabajo destaca la importancia de la topografía en cada fase del proyecto, desde el levantamiento inicial hasta el control de deformaciones, asegurando que todos los componentes del "cañón subterráneo peatonal" se construyan con la máxima precisión y seguridad.



Resum

El treball topogràfic servirà de suport a la construcció d'un "canó subterrani per a vianants" que connectarà dues estacions de metro a València. Es documentaran les diverses activitats topogràfiques realitzades a mesura que avancen les distintes fases de l'obra.

Comença l'activitat topogràfica obtenint un alçament topogràfic de l'estat inicial, abans de començar les obres. Aquest alçament és molt important pel detall i la precisió, ja que servirà de suport per a encaixar el projecte damunt, dotarà de coordenades UTM ETRS89 el conjunt i inclourà les infraestructures afectades pel projecte, com ara: xarxa d'aigua potable, xarxa de reg, telecomunicacions, gas, col·lectors de clavegueram, sèquia de Rovella i xarxes de mitja tensió.

La topografia de replantejament serà necessària al llarg de la construcció dels murs guia i murs pantalla. Hi ha topografia de precisió realitzada per a garantir que els elements constructius executats compleixen amb les precisions que marca el plec de prescripcions tècniques. A més, es durà a terme un control mètric continu per a assegurar que tot el que s'executa compleix les condicions d'exactitud i està estable en el terreny sense produir deformacions.

Per al control de deformacions s'utilitzarà material divers i instrumentació topogràfica d'alta precisió que serà descrita en la memòria. L'objectiu és monitoritzar qualsevol moviment fora del previst que pugui sorgir per la construcció dels murs pantalla. Aquestes mesures es requereixen per a garantir la seguretat estructural dels edificis adjacents durant tot el procés constructiu.

En resum, el treball destaca la importància de la topografia en cada fase del projecte, des de l'alçament inicial fins al control de deformacions, assegurant que tots els components del "canó subterrani per a vianants" es construïsquen amb la màxima precisió i seguretat.



Abstract

The topographic work will serve as a foundation for the construction of an "underground pedestrian tunnel" that will connect two metro stations in Valencia. The various topographic activities carried out as the different phases of the project progress will be documented.

The topographic activity begins by obtaining a topographic survey of the initial state, before starting the works. This survey is very important due to its detail and accuracy, as it will serve as a foundation for aligning the project, provide UTM ETRS89 coordinates to the whole, and include the infrastructures affected by the project, such as: potable water network, irrigation network, telecommunications, gas, sewer collectors, the Rovella canal, and medium voltage networks.

The layout topography will be necessary throughout the construction of guide walls and diaphragm walls. Precision topography is performed to ensure that the executed construction elements comply with the accuracies set by the technical specifications. Additionally, continuous metric control will be carried out to ensure that everything built meets accuracy standards and remains stable on the ground without causing deformations.

For deformation control, various equipment and high-precision topographic instruments will be used, as described in the report. The objective is to monitor any unexpected movements that may arise due to the construction of the diaphragm walls. These measurements are required to ensure the structural safety of adjacent buildings throughout the entire construction process.

In summary, the work highlights the importance of topography at every stage of the project, from the initial survey to deformation control, ensuring that all components of the "underground pedestrian tunnel" are constructed with maximum precision and safety.



Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1. Prisma circular usado para las bases</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 2. Estación robótica S7 3" DRPlus</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 3. Libreta Estación.....</i>	<i>28</i>
<i>Ilustración 4. Excavación muros guía</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 5. Construcción muros guía.....</i>	<i>30</i>
<i>Ilustración 6. Cuchara para excavar pantalla</i>	<i>31</i>
<i>Ilustración 7. Inserción jaulas</i>	<i>32</i>
<i>Ilustración 8. Estación para monitorización</i>	<i>33</i>
<i>Ilustración 9. Marcado del colector en la losa</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 10. Marcado de la acequia en la losa</i>	<i>35</i>
<i>Ilustración 11. Hueco en la losa para colector</i>	<i>36</i>
<i>Ilustración 12. Cotas hormigón.....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 13. Colocación del colector en la zanja hormigonada</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 14. Zanja telecomunicación Ilustración 15. Colocación arqueta y tubos.....</i>	<i>38</i>
<i>Ilustración 16. Desvío de servicios afectados.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 17. Nivel Leica</i>	<i>40</i>
<i>Ilustración 18. Tipos de regletas utilizadas.....</i>	<i>41</i>
<i>Ilustración 19. Ubicación regletas (hoja 1)</i>	<i>42</i>
<i>Ilustración 20. Ubicación regletas (hoja 2)</i>	<i>43</i>
<i>Ilustración 21. Listado de puntos</i>	<i>44</i>



Índice de tablas

<i>Tabla 1. Datos de la nivelación</i>	45
--	----



Índice

1. Introducción	10
1.1. <i>Objetivos del Trabajo</i>	10
1.2. <i>Justificación e Importancia de la Topografía en Obras Urbanas</i>	10
1.3. <i>Descripción General del Proyecto</i>	11
1.4. <i>Metodología</i>	11
2. Levantamiento Topográfico Inicial	12
2.1. <i>Importancia del Levantamiento Inicial</i>	12
2.2. <i>Procedimiento y Técnicas Utilizadas</i>	12
2.3. <i>Equipos Topográficos Empleados</i>	13
2.4. <i>Procesamiento de los Datos: Coordenadas UTM ETRS89</i>	15
2.5. <i>Identificación de Infraestructuras Afectadas</i>	15
APÉNDICE 1.- LISTADO DE ALGUNAS COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO	17
APÉNDICE 2.- RESEÑAS DE BASES Y VÉRTICES DE LA RED MUNICIPAL	20
3. Topografía de Replanteo	24
3.1. <i>Importancia del Replanteo en el Proyecto</i>	24
3.2. <i>Procedimiento de Replanteo</i>	24
3.3. Estación Robótica Trimble: Características y Funcionamiento	27
4. Control de Servicios Afectados y Elementos Constructivos	28
4.1. <i>Muros Guía: Función y Ejecución</i>	28
4.2. <i>Muros-Pantalla: Función y Ejecución</i>	30
4.3. <i>Interacción con Infraestructuras Existentes</i>	33
4.4. <i>Adaptaciones Necesarias para la Continuidad de los Servicios</i>	34
4.5. <i>Proceso Topográfico de Marcação, Excavación y Documentación de Zanjas</i>	38
5. Control de Deformaciones	39
5.2. <i>Ubicación de los Puntos de Control</i>	40
5.3. <i>Proceso de Monitorización Semanal</i>	45
5.4. <i>Análisis de Datos y Umbrales de Seguridad</i>	45
5.5. <i>Importancia del Control de Deformaciones para la Seguridad del Proyecto</i>	47
6. Presupuesto de la obra	47
6.1. <i>Preparación del Terreno y Levantamiento Topográfico</i>	48
6.2. <i>Excavación y Movimiento de Tierras</i>	48
6.3. <i>Construcción de Muros Guía y Muros Pantalla</i>	48
6.4. <i>Estructura del Cañón Subterráneo</i>	48
6.5. <i>Instalación de Servicios Subterráneos</i>	48
6.6. <i>Control Topográfico y Monitorización de Deformaciones</i>	48



6.7. Finalización y Reurbanización del Área	49
6.8. Costos Indirectos y Contingencias	49
7. Conclusiones del trabajo	49
8. Bibliografía	50
9. Anexos	52
Anexo 1. Levantamiento topográfico.....	52
Anexo 2. Plano Longitudinal de la obra.....	55
Anexo 3. Plano Urbanización Suelo plaza de toros	56
Anexo 4. Tipos de pantallas y Bataches	57



1. Introducción

La presente memoria describe los trabajos topográficos realizados en la construcción del cañón subterráneo peatonal entre las estaciones de metro de Alicante y Xàtiva. Esta obra, ubicada en un entorno urbano complejo, presentó múltiples desafíos que requirieron un control topográfico exhaustivo y preciso para garantizar la correcta ejecución de los trabajos y la seguridad de las infraestructuras circundantes.

1.1. Objetivos del Trabajo

El principal objetivo de este trabajo es detallar los procedimientos topográficos empleados en cada fase de la construcción del cañón subterráneo, desde el replanteo inicial hasta el control de deformaciones y la monitorización continua de las estructuras adyacentes. Se busca demostrar cómo la topografía se convirtió en una herramienta fundamental para el desarrollo del proyecto, proporcionando datos precisos y actualizados que permitieron la correcta ejecución de la obra y la mitigación de posibles riesgos asociados al entorno urbano.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Describir los equipos y métodos topográficos utilizados en el proyecto.
- Explicar el proceso de replanteo y control de servicios durante la obra.
- Analizar el control de deformaciones y su importancia en la preservación de las infraestructuras existentes.
- Presentar los resultados obtenidos y las medidas correctivas implementadas en caso de desviaciones.

1.2. Justificación e Importancia de la Topografía en Obras Urbanas

La topografía desempeña un papel esencial en cualquier proyecto de construcción, pero en entornos urbanos, su relevancia es aún mayor. Las obras en áreas densamente pobladas, como la de este proyecto, presentan riesgos significativos para las infraestructuras preexistentes, por lo que un control preciso de cada fase es crucial para evitar daños y garantizar la seguridad tanto de la obra como de los edificios e infraestructuras circundantes.

En este contexto, la topografía permitió establecer la ubicación exacta de cada elemento constructivo, así como monitorear las deformaciones y movimientos del terreno provocados por las excavaciones y la construcción subterránea. Además, fue fundamental para el desvío y la reubicación de servicios afectados por la obra, garantizando la continuidad de estos durante todo el proceso constructivo.

Este trabajo justifica la importancia de la topografía en la planificación y ejecución de obras urbanas, demostrando que un control topográfico riguroso no solo facilita la correcta ejecución del proyecto, sino que también mitiga riesgos y contribuye a la seguridad del entorno.



1.3. Descripción General del Proyecto

El proyecto consistió en la construcción de un cañón subterráneo peatonal que conecta las estaciones de metro de Alicante y Xàtiva, en la ciudad de Valencia. Este túnel peatonal se diseñó para facilitar el tránsito de personas entre ambas estaciones, mejorando la conectividad en el sistema de transporte público de la ciudad.

La obra se llevó a cabo en una zona urbana densamente poblada, lo que implicó la necesidad de desviar varios servicios afectados, como telecomunicaciones, agua potable, riego, media tensión y la acequia de Rovella, entre otros. Además, la construcción del túnel requirió la excavación de muros pantalla de hasta 23 metros de profundidad, realizados con cuchara bivalva, y el posterior refuerzo con armaduras de hierro y hormigón.

Debido a la proximidad de la obra a edificios y estructuras importantes, como la estación de tren de Adif, la Plaza de Toros y diversos edificios residenciales y comerciales, se implementó un sistema de monitorización constante de deformaciones para garantizar la estabilidad y seguridad de las infraestructuras adyacentes.

1.4. Metodología

La metodología empleada en este trabajo se dividió en varias fases que abarcaron desde el replanteo inicial hasta la finalización del proyecto, con un enfoque particular en el control de las deformaciones y el desvío de servicios afectados.

- Fase de Replanteo: Se realizó el replanteo de todos los elementos constructivos del proyecto, utilizando una estación total robótica Trimble y realizando trisecciones desde puntos de control preestablecidos. Se marcaron los ejes de construcción y se verificaron las cotas en todo momento para asegurar la correcta ejecución.
- Control de Servicios Afectados: Se realizaron desvíos y reubicaciones de los servicios afectados por la construcción, tales como riego, agua potable, telecomunicaciones y media tensión. Para garantizar la precisión en la instalación de estos servicios, se realizaron comprobaciones topográficas constantes, incluyendo la toma de medidas precisas en las zanjas excavadas.
- Control de Deformaciones: Se llevó a cabo un seguimiento semanal de las deformaciones en las infraestructuras cercanas, utilizando un nivel de alta precisión Leica DNA03. Los datos obtenidos se analizaron en hojas de cálculo para comparar las cotas medidas con las cotas de referencia, y se implementaron medidas correctivas cuando fue necesario.
- Análisis de Resultados: Durante todo el proyecto, se analizaron los resultados obtenidos para garantizar que el trabajo topográfico cumplía con los requisitos del proyecto. Los datos recopilados permitieron ajustar la ejecución de la obra y asegurar la seguridad y estabilidad de las estructuras involucradas.



Esta metodología, basada en la precisión y el control constante, fue fundamental para el éxito del proyecto y para garantizar la seguridad del entorno urbano en el que se desarrolló.

2. Levantamiento Topográfico Inicial

2.1. Importancia del Levantamiento Inicial

El levantamiento topográfico inicial constituye una de las fases más críticas en cualquier proyecto de infraestructura urbana, ya que establece la base sobre la que se desarrollarán todas las fases posteriores de la obra. En este caso, el levantamiento topográfico se llevó a cabo para servir como soporte a la construcción de un "cañón subterráneo peatonal" que conectará las estaciones de metro de Alicante y Xàtiva en Valencia. Este levantamiento es crucial no solo para definir la geometría y el posicionamiento de la infraestructura, sino también para identificar y gestionar las interferencias con las infraestructuras subterráneas existentes.

Dado que el proyecto se desarrolla en un entorno urbano densamente construido, la precisión del levantamiento topográfico es esencial para evitar problemas durante la ejecución de la obra. Cualquier error en esta fase podría tener repercusiones importantes en la construcción y en los servicios existentes, lo que podría generar retrasos, sobrecostos y riesgos para la seguridad.

Además, el levantamiento topográfico inicial permite documentar las condiciones preexistentes del terreno y las infraestructuras, lo cual es fundamental para poder planificar las fases posteriores del proyecto de manera eficiente. Este levantamiento proporciona las coordenadas en el sistema UTM ETRS89, que es el estándar en Europa, asegurando la compatibilidad y precisión en el intercambio de datos con otros sistemas y proyectos de la región.

2.2. Procedimiento y Técnicas Utilizadas

El levantamiento topográfico inicial del proyecto se realizó siguiendo un procedimiento detallado que involucró tanto la definición de una red de puntos de control como la medición detallada del terreno y de las infraestructuras existentes. El procedimiento se puede dividir en varias etapas:

- I. **Definición de Puntos de Control:** Se estableció una red de puntos de control topográfico en el área del proyecto. Estos puntos fueron determinados con equipos GPS de alta precisión, utilizando el sistema de coordenadas UTM ETRS89. Estos puntos de control fueron esenciales para garantizar la estabilidad y precisión de las mediciones topográficas en todas las fases del proyecto.
- II. **Levantamiento del Terreno:** Se realizó un levantamiento detallado del terreno utilizando estaciones totales de alta precisión. Este levantamiento incluyó la medición de coordenadas y cotas en una malla densa de puntos para obtener un modelo digital del terreno (MDT) que sirviera como base para el proyecto.
- III. **Detección de Infraestructuras Subterráneas:** Dada la naturaleza subterránea del proyecto, se utilizaron técnicas avanzadas para identificar infraestructuras



subterráneas, como tuberías, colectores de alcantarillado y cables de telecomunicaciones. Entre las técnicas utilizadas se incluyeron georradar y otras herramientas de detección no destructivas que permitieron documentar con precisión la localización de estas infraestructuras.

- IV. Documentación y Procesamiento de Datos: Los datos recogidos en campo fueron procesados utilizando software especializado en topografía y sistemas de información geográfica (SIG). Este procesamiento incluyó la corrección de errores instrumentales, la integración de los datos en el sistema de coordenadas UTM ETRS89, y la generación de planos topográficos detallados que fueron utilizados para la planificación y ejecución de la obra.

2.3. Equipos Topográficos Empleados

El levantamiento topográfico del proyecto de construcción del cañón subterráneo peatonal en Valencia requirió el uso de equipos topográficos avanzados, capaces de proporcionar una alta precisión en las mediciones. Para garantizar la exactitud de los datos obtenidos y permitir una adecuada planificación y ejecución de la obra, se utilizaron los siguientes equipos:

- El receptor GPS LEICA ATX 1230 GG es un equipo de alta precisión diseñado para trabajos topográficos exigentes. Este modelo cuenta con tecnología GNSS (Sistema Global de Navegación por Satélite), lo que permite la recepción de señales tanto del sistema GPS como de otros sistemas de satélites, como GLONASS. Esta capacidad aumenta la precisión y la fiabilidad de las mediciones, especialmente en áreas urbanas donde los edificios pueden obstruir las señales satelitales.
 - Doble Frecuencia: El receptor GPS de doble frecuencia permite una mayor precisión en las mediciones, ya que utiliza dos señales diferentes del satélite para corregir errores atmosféricos. Esto es crucial para proyectos de infraestructura donde la exactitud en la posición es fundamental.
 - Modo RTK (Real-Time Kinematic): El sistema RTK permite obtener posiciones en tiempo real con precisión centimétrica, lo cual es esencial para la topografía de alta precisión. En este proyecto, el uso de RTK permitió realizar correcciones instantáneas de las mediciones en campo, facilitando el trabajo de replanteo y control.

El LEICA ATX 1230 GG es ideal para establecer la red de puntos de control topográfico, garantizando que todas las mediciones posteriores se basen en un sistema de coordenadas estable y preciso, como el UTM ETRS89.

- La Estación Total LEICA TCR 705 es un instrumento que combina mediciones de ángulos y distancias con alta precisión, lo que permite realizar levantamientos topográficos detallados. Este equipo es conocido por su fiabilidad y durabilidad, siendo ampliamente utilizado en proyectos de construcción e ingeniería civil.



- Aumentos: La estación total cuenta con un telescopio de 30x aumentos, lo que proporciona una excelente capacidad de visualización para la medición precisa de puntos a largas distancias.
- Precisión en Distancia: Con una precisión en distancia de $\pm (1\text{mm} + 2\text{ppm})$, este equipo es capaz de realizar mediciones extremadamente precisas, fundamentales para la correcta representación del terreno y las estructuras que se van a construir.
- Precisión en Ángulos: La precisión angular de 5cc (centésimas de grado) asegura que las mediciones de ángulos sean exactas, lo que es especialmente importante en el control de la geometría de elementos constructivos como los muros guía y muros pantalla.
- Compensador de Doble Eje: El compensador de doble eje garantiza que las mediciones se mantengan estables incluso en condiciones de terreno irregular, corrigiendo automáticamente inclinaciones del instrumento.
- Nivel Tórico: El nivel tórico de $30''/2\text{mm}$ permite un ajuste preciso del equipo, asegurando que esté perfectamente nivelado antes de realizar cualquier medición.

Este equipo fue fundamental para el levantamiento detallado del terreno y para el replanteo de los elementos constructivos del proyecto, proporcionando datos fiables y de alta precisión en cada fase de la obra.

- El Nivel Automático TOPCON AT-G2 es un instrumento diseñado para realizar mediciones precisas de altura, esencial en la nivelación del terreno y el control de cotas durante la construcción. Este equipo es conocido por su robustez y precisión en trabajos de topografía.
 - Aumentos: Con un aumento de 32x, el TOPCON AT-G2 permite una visualización clara de las miras de nivelación, lo que facilita la toma de lecturas precisas incluso a largas distancias.
 - Objetivo de 45 mm: El diámetro del objetivo de 45 mm permite captar una gran cantidad de luz, mejorando la visibilidad y la nitidez de las lecturas, incluso en condiciones de iluminación adversas.
 - Resolución de 2.5'': La alta resolución de 2.5 segundos de arco proporciona una gran precisión en la lectura de ángulos verticales, lo cual es fundamental para obtener mediciones de altura exactas.
 - Precisión en Doble Nivelación: El TOPCON AT-G2 ofrece una precisión de ± 0.3 mm/km en nivelación doble, lo que lo convierte en una herramienta ideal para el control de deformaciones en el proyecto. En este caso, se utilizó para monitorizar la estabilidad de los edificios adyacentes durante la construcción de los muros pantalla.

Este nivel automático fue utilizado semanalmente para realizar mediciones de control de deformaciones en las fachadas de la estación del Norte y en los edificios circundantes. Su alta precisión permitió detectar cualquier movimiento o asentamiento en las estructuras adyacentes, garantizando la seguridad durante el proceso constructivo.



2.4. Procesamiento de los Datos: Coordenadas UTM ETRS89

El procesamiento de los datos topográficos recogidos en campo es una etapa crucial para garantizar la precisión y la utilidad de la información obtenida. Este proceso incluyó varios pasos:

- **Conversión y Ajuste de Datos:** Los datos crudos obtenidos por las estaciones totales y los receptores GPS fueron convertidos y ajustados para alinearse con el sistema de coordenadas UTM ETRS89. Este paso incluyó la corrección de errores sistemáticos y el ajuste de los datos para garantizar su coherencia dentro de la red de puntos de control establecidos.
- **Generación de Modelos Digitales del Terreno (MDT):** Utilizando software especializado en topografía y modelado 3D, se generaron modelos digitales del terreno (MDT) a partir de las mediciones obtenidas. Estos modelos permitieron visualizar de manera precisa las características topográficas del área del proyecto y sirvieron como base para la planificación de la obra.
- **Elaboración de Planos Topográficos:** A partir de los datos procesados, se elaboraron planos topográficos detallados que incluyeron las coordenadas y cotas de todos los puntos críticos del proyecto, así como la localización de las infraestructuras existentes que podrían verse afectadas por la construcción del cañón subterráneo peatonal. Estos planos fueron integrados en el diseño del proyecto y sirvieron de referencia para todas las fases posteriores de la obra.

2.5. Identificación de Infraestructuras Afectadas

Una de las tareas más importantes del levantamiento topográfico inicial fue la identificación y documentación de las infraestructuras existentes que podrían verse afectadas por la construcción del cañón subterráneo. Estas infraestructuras incluyen tanto redes subterráneas como instalaciones superficiales. A continuación, se describen las principales infraestructuras identificadas:

- **Red de Agua Potable:** Se identificaron las tuberías de agua potable que cruzaban o estaban cerca del área de construcción. La documentación precisa de estas redes fue esencial para evitar roturas accidentales durante la excavación y garantizar la continuidad del servicio.
- **Red de Riego y Telecomunicaciones:** Las redes de riego y telecomunicaciones también fueron mapeadas con detalle. Se tomaron medidas para proteger estas infraestructuras durante la construcción y evitar cualquier interrupción en el servicio.
- **Gas y Colectores de Alcantarillado:** La localización de las tuberías de gas y los colectores de alcantarillado fue especialmente crítica, dado el riesgo que representaría una interferencia con estos servicios durante la construcción. Se establecieron medidas preventivas para garantizar que estos sistemas no fueran afectados.



- **Acequia de Rovella:** La Acequia de Rovella, una infraestructura histórica de Valencia, también fue identificada en el levantamiento. Se prestó especial atención a su conservación durante las fases de construcción del cañón subterráneo, dada su importancia tanto funcional como patrimonial.
- **Redes de Media Tensión:** Finalmente, se identificaron las redes de media tensión presentes en la zona, asegurando que la construcción no interferiría con el suministro eléctrico de las áreas circundantes.
- La identificación y documentación de todas estas infraestructuras fue fundamental para la planificación de la obra, permitiendo evitar interferencias y asegurar la continuidad de los servicios durante todo el proceso constructivo.



APÉNDICE 1.- LISTADO DE ALGUNAS COORDENADAS DEL LEVANTAMIENTO

TYPSA

LISTADO DE PUNTOS

METRO-T2

04/11/010

Nombre X Y Z Código

1 725808.137 4372125.438 12.799 EDIF
2 725807.277 4372122.403 12.763 EDIF
3 725815.873 4372119.970 12.660 EDIF
4 725816.764 4372122.977 12.697 EDIF
5 725790.187 4372135.715 12.859 BORD
6 725790.184 4372135.665 12.902 BORD
7 725790.144 4372135.522 12.902 BORD
8 725791.731 4372135.311 12.847 BORD
9 725791.690 4372135.262 12.985 BORD
10 725791.666 4372135.108 12.982 BORD
11 725797.404 4372133.554 12.940 BORD
12 725797.404 4372133.554 12.940 BORD
13 725797.434 4372133.704 12.947 BORD
14 725797.434 4372133.704 12.947 BORD
15 725797.454 4372133.756 12.785 BORD
16 725797.454 4372133.756 12.785 BORD
17 725798.205 4372132.904 12.768 BORD
18 725798.205 4372132.904 12.768 BORD
19 725798.151 4372132.890 12.922 BORD
20 725798.151 4372132.890 12.922 BORD
21 725797.997 4372132.840 12.926 BORD
22 725797.997 4372132.840 12.926 BORD
23 725797.656 4372131.801 12.751 BORD
24 725797.656 4372131.801 12.751 BORD
25 725797.629 4372131.797 12.779 BORD
26 725797.629 4372131.797 12.779 BORD
27 725797.557 4372131.969 12.810 BORD
28 725797.557 4372131.969 12.810 BORD
29 725794.238 4372129.955 12.754 BORD
30 725794.212 4372129.996 12.771 BORD
31 725794.131 4372130.123 12.789 BORD
32 725790.102 4372129.210 12.776 BORD
33 725790.106 4372129.270 12.936 BORD
34 725790.157 4372129.427 12.937 BORD
35 725787.420 4372130.802 12.826 BORD
36 725787.459 4372130.845 12.982 BORD
37 725787.574 4372130.944 12.981 BORD
38 725787.574 4372130.944 12.981 BORD
39 725784.839 4372135.133 12.857 BORD
40 725784.879 4372135.150 12.859 BORD
41 725785.015 4372135.206 12.861 BORD
42 725785.015 4372135.206 12.861 BORD
43 725784.629 4372135.619 12.868 BORD
44 725784.682 4372135.616 12.940 BORD
45 725784.833 4372135.674 12.939 BORD
46 725784.833 4372135.674 12.939 BORD
47 725784.539 4372136.151 12.881 BORD
48 725784.608 4372136.133 13.032 BORD
49 725784.781 4372136.667 12.887 BORD
50 725784.814 4372136.624 13.038 BORD
51 725784.945 4372136.496 13.031 BORD



52 725785.259 4372136.877 12.889 BORD
53 725785.277 4372136.826 12.959 BORD
54 725785.330 4372136.674 12.960 BORD
55 725785.773 4372136.923 12.888 BORD
56 725785.736 4372136.766 12.895 BORD
57 725797.329 4372132.445 12.853 SEMAFORO
58 725797.329 4372132.445 12.853 SEMAFORO
59 725790.669 4372130.135 12.958 FAROLA
60 725790.669 4372130.135 12.958 FAROLA
61 725790.959 4372129.692 12.934
62 725792.621 4372130.533 12.937
63 725792.621 4372130.533 12.937
64 725795.295 4372132.456 12.881 ARQ-TRAF
65 725795.761 4372132.732 12.877 ARQ-TRAF
66 725789.750 4372132.138 12.949 ARQ-TRAF
67 725789.750 4372132.138 12.949 ARQ-TRAF
68 725789.177 4372132.284 12.945 ARQ-TRAF
69 725788.840 4372132.422 12.938 ARQ-TRAF
70 725788.352 4372132.144 12.937 ARQ-TRAF
71 725790.276 4372136.110 12.859 PCEBRA
72 725785.891 4372137.344 12.887 PCEBRA
73 725798.349 4372131.982 12.745 PCEBRA
74 725798.349 4372131.982 12.745 PCEBRA
75 725794.037 4372129.635 12.740 PCEBRA
76 725798.840 4372124.947 12.657 PCEBRA
77 725803.101 4372127.229 12.667 PCEBRA
78 725796.017 4372153.689 12.659 PCEBRA
79 725791.654 4372154.956 12.708 PCEBRA
80 725787.540 4372131.734 12.880 SEMAFORO
81 725776.928 4372134.167 13.014 EDIF
82 725776.096 4372131.114 13.011 EDIF
83 725776.096 4372131.114 13.011 EDIF
84 725768.241 4372136.601 13.009 EDIF
85 725768.241 4372136.601 13.009 EDIF
86 725767.419 4372133.526 13.087 EDIF
87 725767.419 4372133.526 13.087 EDIF
88 725713.113 4372184.663 13.301 EDIF
89 725713.113 4372184.663 13.301 EDIF
90 725735.517 4372235.221 13.575 EDIF
91 725735.517 4372235.221 13.575 EDIF
92 725748.665 4372172.485 13.304 BORD
93 725748.665 4372172.485 13.304 BORD
94 725748.796 4372172.466 13.332 BORD
95 725748.796 4372172.466 13.332 BORD
96 725748.847 4372172.469 13.331 BORD
162 725750.344 4372168.143 13.245 TRAPA-CIR
163 725750.344 4372168.143 13.245 TRAPA-CIR
164 725751.840 4372169.317 13.238 TRAPA-CIR
165 725751.840 4372169.317 13.238 TRAPA-CIR
166 725749.176 4372167.718 13.263 SEMAFORO
167 725749.176 4372167.718 13.263 SEMAFORO
168 725750.950 4372168.279 13.252 SEMAFORO
169 725750.950 4372168.279 13.252 SEMAFORO
170 725754.540 4372170.492 13.296 SEMAFORO
171 725754.540 4372170.492 13.296 SEMAFORO
172 725752.709 4372167.056 13.240 FAROLA
173 725752.709 4372167.056 13.240 FAROLA



174 725753.643 4372168.828 13.230 TRAPA-CIR
175 725753.643 4372168.828 13.230 TRAPA-CIR
176 725754.545 4372167.162 13.216 RELOJ
177 725754.545 4372167.162 13.216 RELOJ
178 725749.587 4372180.643 13.568
179 725767.319 4372166.713 12.980 REJILLA
180 725767.635 4372167.961 12.981 REJILLA
181 725764.199 4372172.983 13.070 REJILLA
182 725755.972 4372169.512 13.147 REJILLA
183 725755.972 4372169.512 13.147 REJILLA
184 725757.226 4372174.697 13.165 REJILLA
185 725780.916 4371743.640 12.740 BORD
186 725780.898 4371743.667 12.850 BORD
187 725780.817 4371743.816 12.855 BORD
188 725782.347 4371744.986 12.711 BORD
189 725782.314 4371745.035 12.852 BORD
190 725782.177 4371745.071 12.849 BORD
191 725782.440 4371747.210 12.676 BORD
192 725782.398 4371747.201 12.826 BORD
193 725782.263 4371747.126 12.824 BORD
194 725782.019 4371748.085 12.685 BORD
195 725782.007 4371748.042 12.789 BORD
196 725781.858 4371747.960 12.788 BORD
197 725781.520 4371748.975 12.672 BORD
198 725781.411 4371748.903 12.707 BORD
199 725781.348 4371748.859 12.713 BORD
200 725780.823 4371748.640 12.744 ARQ-GAS
201 725781.091 4371749.614 12.697 ARQ-GAS
202 725780.481 4371746.612 12.801
203 725778.224 4371747.760 12.767 ARQ-AP
204 725778.389 4371748.290 12.759 ARQ-AP
205 725777.594 4371748.857 12.741 ARQ-AP
206 725777.714 4371747.860 12.744 ARQ-GAS
207 725777.803 4371747.698 12.742 ARQ-GAS
208 725778.028 4371748.482 12.745 ARQ-ALU
209 725778.231 4371748.159 12.755 ARQ-ALU
210 725776.865 4371748.961 12.719 ARQ-GAS
211 725776.741 4371749.196 12.709 ARQ-GAS
212 725776.503 4371751.134 12.682 TRAPA?
213 725777.090 4371750.148 12.694 TRAPA?
214 725776.432 4371749.735 12.682 TRAPA?
215 725778.064 4371750.324 12.744 ARQ-TEL
216 725779.139 4371750.939 12.743 ARQ-TEL
217 725779.691 4371750.032 12.754 ARQ-TEL
218 725778.781 4371752.893 12.768 BOLARDO
219 725779.685 4371751.348 12.729 BOLARDO
220 725780.601 4371749.698 12.720 BOLARDO
221 725772.516 4371747.339 12.663 CT
222 725770.698 4371747.748 12.707 CT
223 725770.089 4371745.080 12.714 C

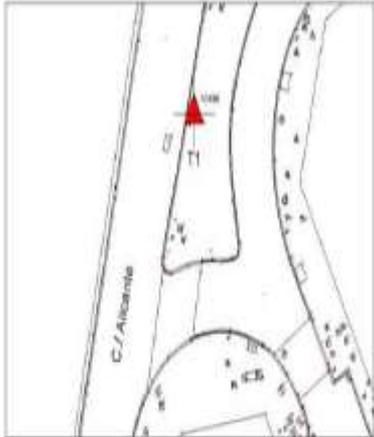


APÉNDICE 2.- RESEÑAS DE BASES Y VÉRTICES DE LA RED MUNICIPAL

Trabajo	LINEA T2-METRO	Fecha	Octubre-10		
Provincia	Valencia	Municipio	Valencia	Paraje	
Número	1	Nombre	T1		

SITUACIÓN En la calle Alicante, sobre isleta situada en intersección con C./Segorbe - C./Alcoy

SEÑAL Clavo de acero tipo spit sobre acera.

CROQUIS GENERAL	FOTOGRAFÍA
	
COORDENADAS	
X	725725,106
Y	4371844,824
Z	13,690



Trabajo	IINEA T2-METRO		Fecha	Octubre-10
Provincia	Valencia	Municipio	Valencia	Paraje
Número	2	Nombre	BR13	

SITUACIÓN En la calle Sueca esquina con Gran Via

SEÑAL Clavo de acero tipo spit sobre acera.

<p>CROQUIS GENERAL</p> 	<p>FOTOGRAFÍA</p> 
--	--

COORDENADAS

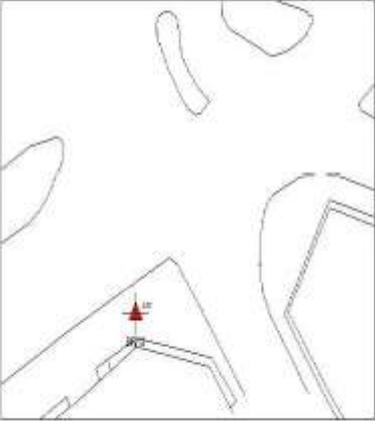
X	725812,297
Y	4371712,058
Z	12,747



Trabajo	LINEA T2-METRO	Fecha	Octubre-10		
Provincia	Valencia	Municipio	Valencia	Paraje	
Número	3	Nombre	BR19		

SITUACIÓN En la esquina de Gran Vía con Ruzafa, junto a cabina de teléfono.

SEÑAL Clavo de acero tipo spit sobre acera.

<p>CROQUIS GENERAL</p> 	<p>FOTOGRAFIA</p> 
--	--

COORDENADAS	
X	726038,391
Y	4371846,956
Z	12,027



Trabajo	LINEA T2-METRO	Fecha	Octubre-10		
Provincia	Valencia	Municipio	Valencia	Paraje	
Número	5	Nombre	BR23N		

SITUACIÓN En la calle Xativa, en isleta situada entre entrada a Renfe y calle Alicante.

SEÑAL Clavo de acero tipo spit sobre acera.

<p>CROQUIS GENERAL</p> 	<p>FOTOGRAFÍA</p> 
--	--

COORDENADAS

X	725792,324
Y	4372131,391
Z	12,919



3. Topografía de Replanteo

3.1. Importancia del Replanteo en el Proyecto

La topografía de replanteo es una fase esencial en la ejecución de proyectos de construcción, especialmente en infraestructuras como se da en este caso del "cañón subterráneo peatonal". El replanteo consiste en trasladar los datos calculados del diseño del proyecto al terreno real, garantizando que todas las estructuras y elementos constructivos se ubiquen con la precisión necesaria para cumplir con los requisitos del diseño y las especificaciones técnicas.

Para el proyecto de conexión peatonal subterránea entre las estaciones de metro de Alicante y Xàtiva en Valencia, el replanteo fue crucial para asegurar que los muros guía, muros pantalla y otras estructuras se construyeran en las ubicaciones correctas y con las dimensiones precisas. Cualquier error en esta fase podría resultar en desajustes significativos que afectarían la funcionalidad y la seguridad de la infraestructura, además de pérdidas a nivel monetario.

3.2. Procedimiento de Replanteo

El procedimiento de replanteo se realizó en varias etapas clave, utilizando la estación robótica Trimble S7, para asegurar la precisión en cada una de ellas:

I. Establecimiento de la Red de Puntos de Control:

- Antes de comenzar con el replanteo, se estableció una red de puntos de control topográficos en el terreno, utilizando equipos de alta precisión. Estos puntos de control sirven como referencia para trasladar las coordenadas del diseño al terreno real.
- Se establecieron bases a lo largo de toda la calle Alicante y la fachada de la estación del Norte. A medida que iba avanzando la obra hacia la calle Xàtiva, se añadieron nuevos puntos de control en la fachada de la Plaza de Toros para asegurar que el replanteo podía continuar de manera precisa en el nuevo tramo de la obra.
- Listado de Bases:

-Dentro de la obra:

AL-K1: Coordenadas: 725613.365, 4371664.895, Altura: 16.344

AL-K2: Coordenadas: 725626.817, 4371669.523, Altura: 16.718

AL-K3: Coordenadas: 725634.767, 4371751.436, Altura: 16.502

AL-K4: Coordenadas: 725638.660, 4371718.372, Altura: 16.421

AL-K5: Coordenadas: 725649.628, 4371814.253, Altura: 16.004



AL-K6: Coordenadas: 725655.354, 4371787.579, Altura: 16.587

AL-K7: Coordenadas: 725659.919, 4371856.676, Altura: 16.173

AL-K8: Coordenadas: 725672.948, 4371833.870, Altura: 15.828

AL-K10: Coordenadas: 725676.577, 4371871.486, Altura: 16.166

T1: Coordenadas: 725666.290, 4371885.804, Altura: 15.539

S15: Coordenadas: 725705.982, 4371895.309, Altura: 17.421

T2: Coordenadas: 725665.862, 4371877.905, Altura: 16.078

-Fuera de la obra:

B1: Coordenadas: 725604.759, 4371944.350, Altura: 13.206

B2: Coordenadas: 725708.144, 4371914.760, Altura: 12.715

C1: Coordenadas: 725630.803, 4371735.902, Altura: 13.615

C2: Coordenadas: 725622.812, 4371703.222, Altura: 13.692

E1: Coordenadas: 725675.139, 4371876.283, Altura: 12.866

E10: Coordenadas: 725618.465, 4371677.477, Altura: 13.638

E11: Coordenadas: 725637.599, 4371649.491, Altura: 13.526

E12: Coordenadas: 725626.889, 4371686.883, Altura: 13.538

E13: Coordenadas: 725634.854, 4371719.253, Altura: 13.517

E14: Coordenadas: 725644.707, 4371759.245, Altura: 13.484

E15: Coordenadas: 725667.069, 4371878.452, Altura: 13.002

E16: Coordenadas: 725672.509, 4371901.230, Altura: 12.954

E17: Coordenadas: 725671.131, 4371948.706, Altura: 12.969

E18: Coordenadas: 725648.153, 4371974.147, Altura: 13.357

E19: Coordenadas: 725717.156, 4371935.773, Altura: 12.572

E2: Coordenadas: 725661.097, 4371853.827, Altura: 13.094



E3: Coordenadas: 725655.240, 4371829.678, Altura: 13.215

E4: Coordenadas: 725649.522, 4371806.070, Altura: 13.344

E5: Coordenadas: 725654.345, 4371791.083, Altura: 13.336

E6: Coordenadas: 725642.685, 4371777.832, Altura: 13.453

E7: Coordenadas: 725636.901, 4371753.864, Altura: 13.484

E8: Coordenadas: 725630.872, 4371728.912, Altura: 13.563

E9: Coordenadas: 725624.572, 4371702.872, Altura: 13.632

G6: Coordenadas: 725612.252, 4371656.829, Altura: 13.725

G8: Coordenadas: 725682.047, 4371924.369, Altura: 12.997



Ilustración 1. Prisma circular usado para las bases

II. Uso de la Estación Robótica Trimble:

- Se configuró la estación robótica Trimble, un equipo avanzado que permite realizar mediciones automáticas con alta precisión. La estación robótica se posicionó en un punto de referencia previamente establecido, y se alineó con los puntos de control para garantizar que las mediciones fueran exactas.
- Con la estación robótica Trimble, se realizaron mediciones precisas para marcar los ejes y puntos críticos de la obra. Estos puntos incluyen las posiciones exactas de los muros guía, los muros pantalla y otros elementos constructivos. La estación robótica permite realizar estas mediciones de manera eficiente y precisa, minimizando errores y garantizando que el diseño se refleje adecuadamente en el terreno.
- Este proceso se realizaba de la siguiente manera: se hacía un estacionamiento en un punto estratégico donde se pudieran observar al



menos tres bases para poder hacer una trisección, que consiste en medir ángulos y distancias entre la estación y las bases, y de esta manera obtener con exactitud los puntos a replantear.

III. Verificación y Ajustes:

- **Revisión de Mediciones:** Tras el replanteo inicial, se revisaban las ubicaciones marcadas y se realizaban ajustes si se detectaban discrepancias. Esto garantizaba que todos los elementos constructivos se alinearan correctamente con las especificaciones del diseño.

3.3. Estación Robótica Trimble: Características y Funcionamiento

La estación robótica Trimble S7 utilizada en el proyecto es un equipo avanzado que combina tecnología de medición precisa con capacidades de automatización. A continuación, se detallan sus características y funcionamiento:

- **Tecnología de Medición Precisa:** La estación robótica Trimble está equipada con sensores de alta precisión que permiten medir ángulos y distancias con una exactitud que es fundamental para el replanteo en proyectos de infraestructura como es en este caso. La precisión en la medición es crucial para asegurar que las estructuras se construyan en la ubicación exacta. Su precisión angular es de ± 1 segundo de arco y la medición de distancias tiene una exactitud de ± 1 mm más 1.5 ppm
- **Capacidad de Automatización:** A diferencia de las estaciones totales manuales, la estación robótica Trimble tiene la capacidad de realizar mediciones de manera automática, siguiendo el prisma. Esto se logra mediante el uso de un sistema de control remoto que permite al operador dirigir la estación desde una distancia, mejorando la eficiencia en el campo.
- **Aumento y Resolución:** La estación robótica Trimble cuenta con aumentos y resolución adecuados para trabajar en proyectos de gran escala, permitiendo una visualización clara y mediciones precisas en distancias largas.
- **Software de Replanteo:** La estación viene con software especializado que facilita la transferencia de datos del diseño al terreno y permite realizar cálculos y ajustes en tiempo real. Esto asegura que el replanteo se realice con alta precisión y que cualquier error pueda ser corregido de inmediato.



Ilustración 2. Estación robótica S7 3'' DRPlus



Ilustración 3. Libreta Estación

4. Control de Servicios Afectados y Elementos Constructivos

4.1. Muros Guía: Función y Ejecución

Los muros guía tienen como objetivo garantizar la alineación y la estabilidad del terreno durante la excavación del muro pantalla. Su función principal es asegurar que la excavación del muro pantalla siga la trayectoria correcta y que las paredes laterales del terreno no se hundan durante el proceso.

Estos muros generalmente tienen una altura de aproximadamente un metro, lo suficiente para contener el terreno superficial durante el proceso de excavación. En cuanto a la anchura, suelen tener un ancho total de 1,25 metros, lo que equivale a 62,5 centímetros a cada lado del eje de la futura excavación del muro pantalla.



El uso de hormigón armado les proporciona la rigidez necesaria para resistir las presiones del terreno, manteniendo la alineación del equipo de excavación y evitando el desmoronamiento del terreno a medida que se va profundizando la zanja para el muro pantalla. Aunque su función es temporal, son esenciales para garantizar que la construcción del muro pantalla se realice de manera efectiva, manteniendo la integridad y seguridad de la obra durante esta fase crítica del proyecto.

El proceso de ejecución de los muros guía comienza con la excavación de una zanja superficial en el lugar donde se construirá el muro pantalla. Esta zanja tiene una profundidad aproximada de un metro, suficiente para contener el terreno superficial y hacer de guía. Durante esta fase, es muy importante marcar correctamente el eje en la parte inferior de la zanja, ya que este eje determinará la alineación exacta de la excavación del muro pantalla.

Una vez marcada la línea del eje, se procede a la colocación del encofrado. El encofrado es esencial para asegurar que el hormigón mantenga la forma correcta, garantizando la precisión de la alineación. Además, el encofrado debe permitir el espacio necesario para que la cuchara o el equipo de excavación puedan trabajar sin obstáculos en la fase posterior de la excavación del muro pantalla. Este paso es de gran importancia, ya que cualquier error en la alineación o dimensiones del muro guía puede afectar la correcta ejecución del muro pantalla.

Tras colocar el encofrado, se vierte el hormigón en la zanja previamente preparada. El hormigón debe ser de buena calidad para asegurar la rigidez y estabilidad del muro guía una vez que haya fraguado. Luego de verter el hormigón, se debe dejar secar adecuadamente, lo que puede tardar varios días dependiendo de las condiciones del lugar y el tipo de hormigón utilizado.

Una vez que el hormigón ha fraguado completamente y el muro guía ha alcanzado la resistencia necesaria, se puede proceder a la excavación del muro pantalla. El equipo de excavación, una cuchara bivalva, utilizará los muros guía como referencia para mantenerse alineado y realizar la excavación de forma precisa y vertical. Este proceso asegura que la construcción del muro pantalla se lleve a cabo de manera eficiente y con la alineación adecuada, evitando posibles desvíos que podrían comprometer la estabilidad de la estructura final.



Ilustración 4. Excavación muros guía



Ilustración 5. Construcción muros guía

4.2. Muros-Pantalla: Función y Ejecución

Los muros pantalla son elementos constructivos permanentes que forman parte de la estructura principal del "cañón subterráneo peatonal". Su función es la de contener el terreno circundante, evitando deslizamientos y proporcionando estabilidad a la excavación y a las edificaciones adyacentes. Dado el entorno urbano con edificios históricos como la Estación del Norte y la Plaza de Toros en las cercanías, es esencial que estos muros se construyan con máxima precisión para proteger las infraestructuras y

edificaciones cercanas. Además de su función estructural, los muros-pantalla también cumplen una función de impermeabilización, evitando la entrada de agua subterránea en el túnel durante y después de la construcción.

En cuanto al proceso de ejecución, antes de iniciar la excavación, se realiza un marcado detallado de los bataches en el terreno. Los bataches son marcas o puntos que indican dónde se van a colocar las juntas entre los diferentes paneles de muro pantalla. Este marcado es esencial para asegurar la continuidad y correcta alineación de las juntas a lo largo del muro. El marcado preciso de los bataches asegura que las juntas se ubiquen en las posiciones correctas, lo que es decisivo para la integridad estructural del muro pantalla.

En esta obra se utilizó una cuchara bivalva para la excavación de los paneles que conforman los muros-pantalla. Esta maquinaria especializada es ideal para excavar en terrenos difíciles, ya que utiliza chorros de agua a alta presión para disgregar el terreno mientras las cuchillas excavan en profundidad. Los paneles excavados alcanzaron una profundidad de 23 metros, lo que permitió alcanzar una base sólida para la construcción del túnel subterráneo, garantizando la estabilidad a lo largo de toda la obra. La precisión de la bivalva, combinada con el control topográfico continuo, aseguró que los paneles se ejecutaran con la alineación y verticalidad requeridas, minimizando los riesgos de deslizamiento del terreno.

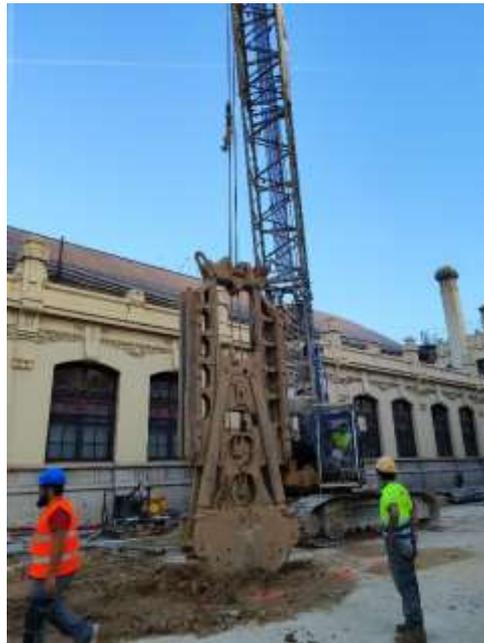


Ilustración 6. Cuchara para excavar pantalla

Una vez completada la excavación se procede a la inserción de las jaulas de armadura dentro del panel excavado. Las jaulas están formadas por armaduras de acero que refuerzan el muro pantalla, proporcionando la resistencia necesaria para soportar las cargas y presiones del terreno. Se instalan en los puntos previamente marcados como bataches, asegurando que las conexiones entre los paneles sean adecuadas y que el muro pantalla funcione como una estructura continua. Las jaulas de armadura se colocan

cuidadosamente en el fondo de la excavación, asegurándose de que queden correctamente posicionadas y alineadas según el diseño estructural.



Ilustración 7. Inserción jaulas

Una vez que las jaulas de armadura y las juntas están en su lugar, se procede al hormigonado del panel. El hormigón se vierte utilizando el método de hormigonado bajo agua, lo que permite obtener una mezcla homogénea y asegurar una adecuada compactación. Durante el hormigonado, se realizan controles rigurosos para verificar la consistencia del hormigón y asegurar que no haya defectos que puedan comprometer la integridad del muro. Se realizan pruebas de resistencia y compactación para garantizar que el muro pantalla cumpla con los requisitos estructurales. En dichas jaulas se aplica un control topográfico para asegurar que los muros pantalla se construyan de acuerdo con las especificaciones de alineación y se llevan a cabo verificaciones continuas para asegurar que las juntas se coloquen en las ubicaciones marcadas.

Como se trata de una zona crítica debido porque discurre muy próxima a estructuras catalogadas como bienes de interés cultural, como son la Estación del Norte y la Plaza de Toros, se implementó una monitorización continua. Para ello se han instalado más de 50 sensores repartidos a lo largo de la fachada de ADIF, plaza de Toros y edificios de alrededor. La monitorización cuenta con sensores automáticos como tradicionales. Los datos de todos los sensores se envían a una plataforma centralizada de visualización, que organiza las gráficas de cada tipo de sensor. Esto permite una supervisión continua y remota del sistema. Además, se han definido y configurado umbrales de control en el sistema, que generan automáticamente alertas y están asociadas a un plan de contingencia.



Ilustración 8. Estación para monitorización

4.3. Interacción con Infraestructuras Existentes

La construcción del "cañón subterráneo peatonal" implica una integración compleja con diversas infraestructuras ya existentes en el área de Valencia. La correcta gestión de esta interacción es crucial para asegurar la estabilidad de las nuevas estructuras y la funcionalidad continua de las infraestructuras afectadas.

Durante la fase de planificación y levantamiento topográfico, se identificaron las infraestructuras existentes que podrían verse afectadas por el proyecto. Esto incluyó:

- Redes de Agua Potable: Tuberías y redes de distribución de agua que deben ser protegidas y, en algunos casos, desviadas temporalmente.
- Redes de Riego: Sistemas de riego que pueden necesitar reubicación o ajustes para evitar interrupciones en su funcionamiento.
- Telecomunicaciones: Cables y equipos de telecomunicaciones, como líneas de teléfono y fibra óptica, que deben ser monitoreados para evitar daños.
- Gas: Tuberías de gas que requieren medidas de seguridad adicionales para prevenir fugas y garantizar la integridad del suministro.
- Colectores de Alcantarillado: Sistemas de drenaje y alcantarillado que deben ser considerados para evitar obstrucciones y asegurar un flujo adecuado de aguas residuales.
- Acequia de Rovella: Un sistema histórico de riego que requiere protección especial debido a su importancia cultural y funcional.
- Redes de Media Tensión: Líneas eléctricas que necesitan protección para evitar interrupciones en el suministro eléctrico.

También se tuvieron en cuenta los edificios adyacentes, como la estación del Norte y la Plaza de Toros, que requerían una protección especial durante la ejecución de los trabajos de excavación.



La coordinación con las empresas responsables de los servicios públicos fue esencial para planificar desvíos temporales y evitar interrupciones del servicio. Se desarrollaron soluciones técnicas específicas para proteger las infraestructuras que no podían ser desplazadas, como las redes de alta tensión y colectores principales.

Durante toda la obra, se mantuvo una comunicación constante con las entidades gestoras de servicios para minimizar el impacto de la construcción en las redes existentes.

4.4. Adaptaciones Necesarias para la Continuidad de los Servicios

La ejecución del proyecto requería la adaptación de ciertas infraestructuras para garantizar la continuidad de los servicios durante y después de las obras. El mayor desafío se presentó en la zona final de la obra, donde el cañón se conectaría con la estación de metro. En este punto, se realizaron una serie de adaptaciones que involucraron el desvío y la reubicación de infraestructuras críticas como redes de riego, agua potable, media tensión, colectores de alcantarillado, telecomunicaciones y la histórica acequia de Rovella.

La construcción de una losa en la zona de entronque con la estación de metro fue una tarea fundamental para asegurar la estabilidad estructural de la conexión subterránea. Sin embargo, la presencia de múltiples servicios en el área requirió desvíos y reubicaciones precisas para garantizar su continuidad durante y después de las obras.

Para garantizar la correcta reubicación de los servicios en la losa de hormigón, se empleó una técnica precisa que consistió en el corte de la losa utilizando un hilo de diamante. Este método se seleccionó debido a su capacidad para realizar cortes limpios y controlados, evitando fracturas o daños en la estructura adyacente. Antes del corte, se había trazado de manera meticulosa el recorrido de los nuevos servicios sobretodo el Colector de 2000 y la acequia de Rovella, asegurando que el trazado coincidiera con las áreas designadas para los futuros servicios. Esta técnica permitió realizar las adaptaciones necesarias sin comprometer la integridad estructural de la losa, garantizando tanto la estabilidad de la infraestructura como la correcta instalación de las nuevas canalizaciones. El hilo de diamante es especialmente útil en proyectos de este tipo, ya que su capacidad para cortar materiales duros como el hormigón minimiza las vibraciones y reduce el riesgo de desalineación en las zonas críticas.

En la primera imagen se puede observar dos servicios marcados en la pared de la losa, indicando el trazado exacto por donde debían instalarse los nuevos servicios.

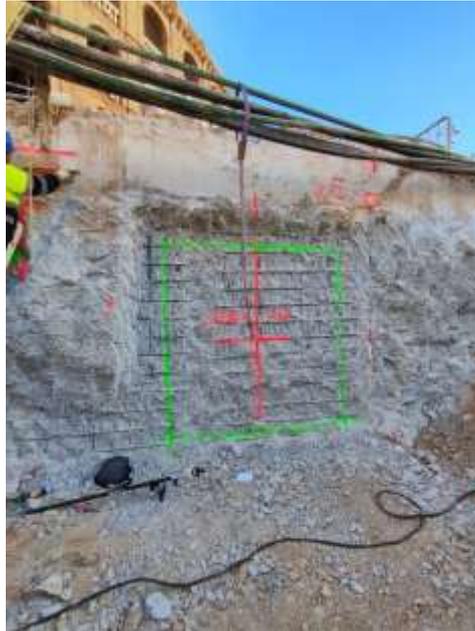


Ilustración 9. Marcado del colector en la losa



Ilustración 10. Marcado de la acequia en la losa



Ilustración 11. Hueco en la losa para colector

El corte se ejecutó siguiendo las marcas anteriormente señaladas, asegurando que la reubicación de los servicios siguiera el recorrido establecido en los planos. La precisión de esta técnica es muy importante para evitar desplazamientos o daños no deseados.

Una vez se había determinado el trazado de los servicios, se procedió a la excavación de las zanjas necesarias para su instalación. El proceso comenzó con la marcación precisa de los ejes y las dimensiones necesarias de las zanjas, utilizando métodos de topografía para garantizar que las excavaciones se mantuvieran dentro de los límites establecidos. A medida que avanzaba la excavación, se realizaban inspecciones periódicas para verificar que las zanjas estaban alineadas correctamente y que las profundidades coincidían con las especificaciones del proyecto. Estas verificaciones fueron cruciales para evitar desvíos en la ubicación de los servicios, los cuales podrían haber generado problemas durante la instalación o afectado el rendimiento de los mismos. Una vez alcanzada la cota requerida, se marcaba la cota del hormigón, lo que permitía continuar con el proceso de colocación de los servicios dentro de las zanjas de manera segura y eficiente. En el caso de las instalaciones hidráulicas, por ejemplo, se establecía la cota de lámina de agua para garantizar el flujo adecuado dentro de las tuberías.

Como se puede ver en las siguientes imágenes donde se muestra las cotas marcadas para verter el hormigón, y posteriormente la comprobación y taquimétrico de éste.



Ilustración 12. Cotas hormigón

Una vez marcado el hormigón, se procedía a la instalación de los colectores. A continuación, se muestra una imagen del colector siendo colocado en su posición definitiva, siguiendo las marcas y cotas previamente establecidas.

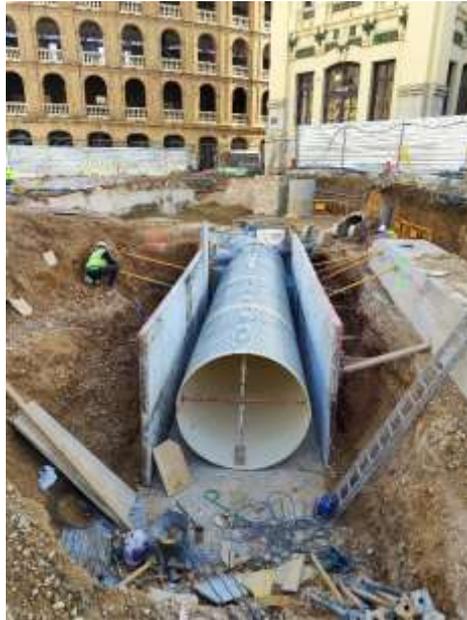


Ilustración 13. Colocación del colector en la zanja hormigonada

El proceso se repetía para cada uno de los servicios afectados, verificando constantemente que todas las infraestructuras estuvieran correctamente alineadas y cumplieran con las normativas técnicas. Para el caso de las telecomunicaciones y la media tensión, las arquetas prefabricadas se posicionaban cuidadosamente en los huecos designados, asegurando que las conexiones fueran seguras y duraderas.

Las siguientes imágenes nos muestran el mismo proceso anterior, pero de otros servicios como la zanja abierta para telecomunicaciones, posteriormente la arqueta con los tubos rígidos.



Ilustración 14. Zanja telecomunicación



Ilustración 15. Colocación arqueta y tubos

4.5. Proceso Topográfico de Marcación, Excavación y Documentación de Zanjas

El proceso de realizar zanjas para la instalación de servicios subterráneos, desde la perspectiva topográfica, incluye varias fases importantes para garantizar que se cumplan las especificaciones del proyecto y que las instalaciones se ubiquen correctamente.

- El primer paso en la gestión de los servicios afectados consistió en una marcación detallada del terreno. Usando una estación total, se estableció el eje y el ancho de las zanjas según los planos del proyecto. Esta etapa fue fundamental para asegurar que la excavación se realizara con precisión. Durante la excavación, se tomaron mediciones continuas para verificar la alineación y profundidad de las zanjas. Se emplearon técnicas como realizar un taquimétrico para registrar las cotas y los perfiles de las zanjas, asegurando que se cumplieran las especificaciones del proyecto y facilitando la documentación para futuros ajustes.
- Una vez alcanzada la profundidad requerida, se marcó la cota final sobre el fondo de la zanja. Para ello, se utilizó una metodología de marcado que incluía la colocación de estacas y la toma de nuevas mediciones para asegurar que la instalación de los servicios se realizara a la altura adecuada. Este proceso también incluyó la colocación de hormigón en ciertas áreas según los requisitos del proyecto, seguido de la reposición de los ejes sobre el hormigón para guiar la instalación precisa de los servicios.
- Una vez completada la excavación, se realizaron controles detallados para verificar que todos los servicios estaban instalados a la cota correcta. Esto incluyó la comprobación de arquetas prefabricadas para telecomunicaciones y media

tensión, así como la instalación de tuberías y cables con precisión según las normativas. Cada instalación fue documentada con mediciones finales y se tomó nota de la ubicación de todos los elementos para la futura referencia y la integración en modelos BIM.

- El proceso de documentación incluyó la captura de datos topográficos de las zanjas excavadas, la posición de los servicios instalados y la cota final del hormigón. Se tomaron fotografías y se registraron las cotas y ubicaciones de los servicios para asegurar que todo estuviera conforme a los planos y especificaciones del proyecto. Este registro es fundamental para futuras intervenciones y para el mantenimiento de la infraestructura.

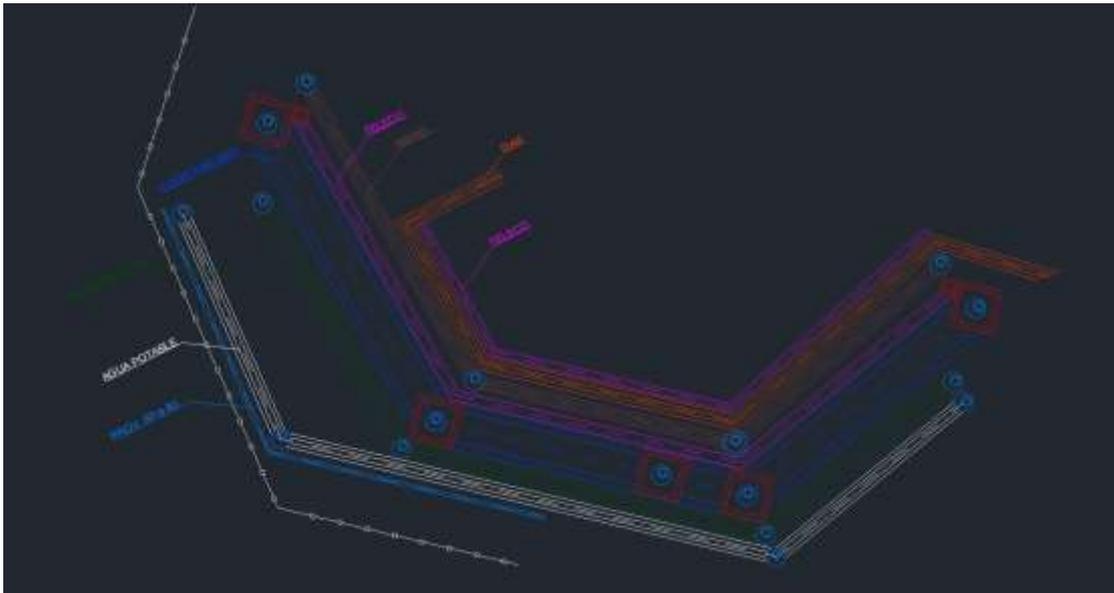


Ilustración 16. Desvío de servicios afectados

5. Control de Deformaciones

El control de deformaciones es un proceso esencial durante la construcción del cañón subterráneo peatonal, garantizando la estabilidad tanto de la obra como de las estructuras adyacentes. Este seguimiento riguroso se llevó a cabo utilizando un nivel de alta precisión, el **Leica DNA03**, y una serie de regletas distribuidas estratégicamente por la zona afectada por las obras.



Ilustración 17. Nivel Leica

5.2. Ubicación de los Puntos de Control

Las regletas, puntos de referencia para el control de deformaciones, se distribuyeron de manera estratégica por toda la zona de influencia de la obra. Los principales puntos de control se ubicaron en la fachada exterior de la estación de Adif y en la zona interior del edificio. Otros puntos se colocaron en los edificios de las calles Alicante, Segorbe y Castellón, además de dentro y fuera de la Plaza de Toros, cubriendo así todas las áreas sensibles a posibles movimientos estructurales debido a la construcción subterránea.

Existen dos tipos de regletas: unas fijas, que se instalaban permanentemente en las paredes, y otras móviles, que se colocaban y retiraban durante cada sesión de medición. Esta distribución permitió un monitoreo flexible y ajustado a las necesidades específicas de cada fase de la obra.



Ilustración 18. Tipos de regletas utilizadas

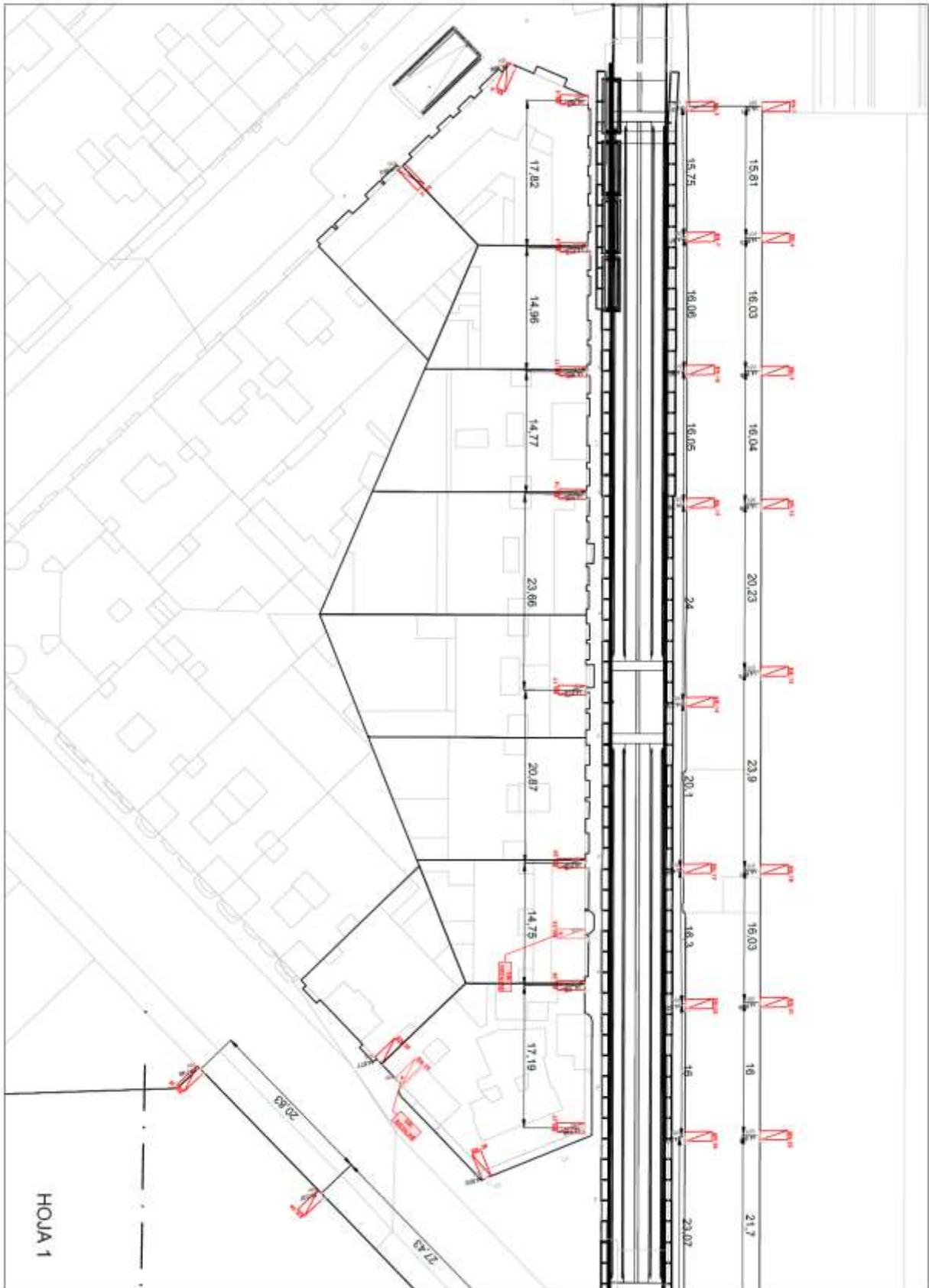


Ilustración 19. Ubicación regletas (hoja 1)

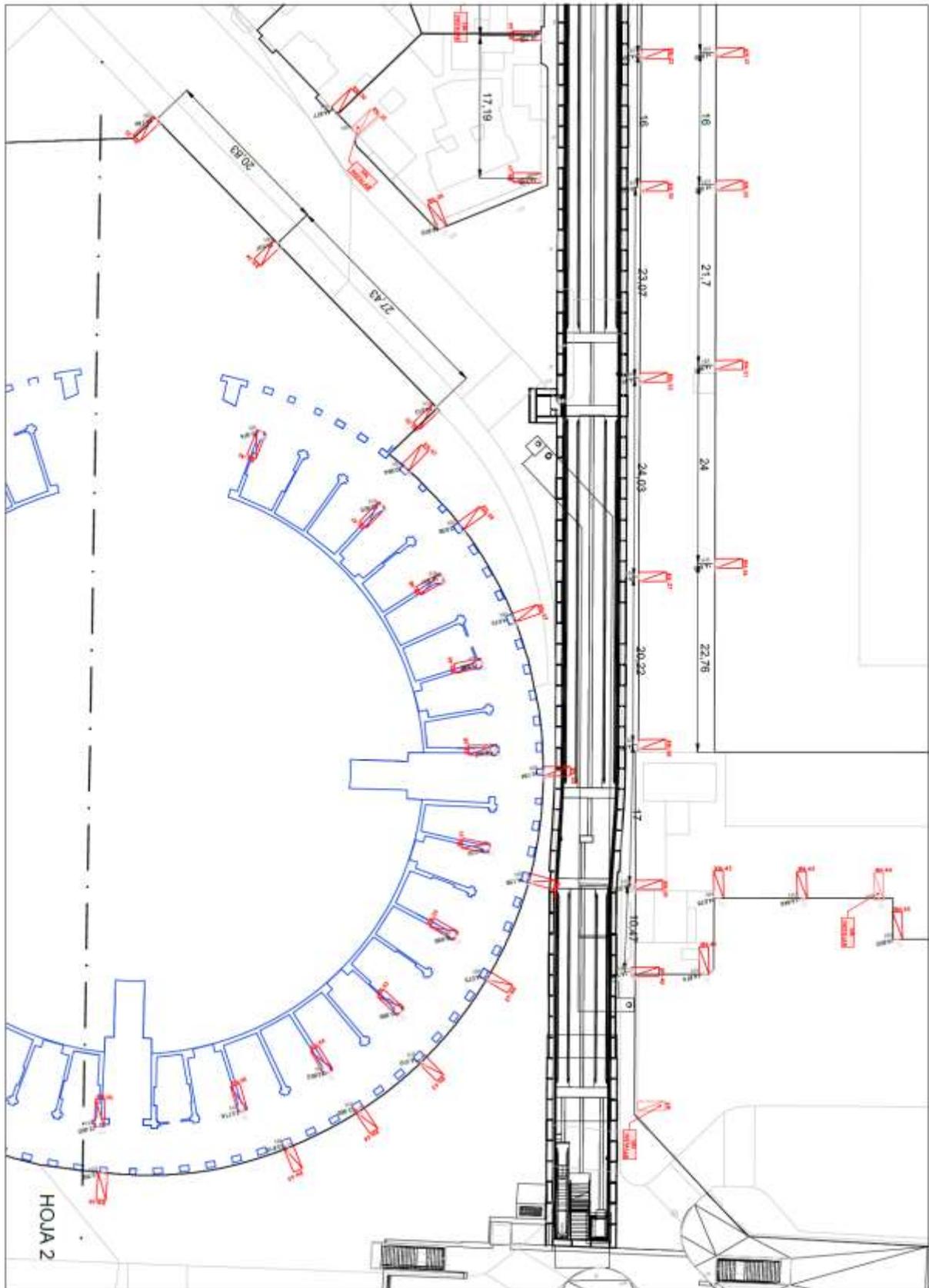


Ilustración 20. Ubicación regletas (hoja 2)



LISTADO DE PUNTOS				
Nombre	Coord. X	Coord. Y	Coord. Z	Código
1	725606.782	4371675.032	14.877	RN 1
2	725615.656	4371672.899	14.813	RN 2
3	725626.888	4371669.409	14.887	RN 3
4	725634.781	4371663.125	14.888	RN 4
5	725650.481	4371672.138	14.893	RN 5
6	725610.502	4371690.415	14.883	RN 6
7	725619.153	4371688.255	14.812	RN 7
8	725631.066	4371686.734	14.919	RN 8
9	725614.271	4371705.995	14.868	RN 9
10	725622.920	4371703.865	14.801	RN 10
11	725634.584	4371701.265	14.964	RN 11
12	725618.041	4371721.586	14.876	RN 12
13	725626.676	4371719.465	14.768	RN 13
14	725638.063	4371715.620	14.964	RN 14
15	725622.797	4371741.249	14.875	RN 15
16	725632.315	4371742.793	14.701	RN 16
17	725643.631	4371738.585	14.872	RN 17
18	725628.326	4371764.501	14.851	RN 18
19	725637.295	4371762.267	14.640	RN 19
20	725648.554	4371758.866	14.938	RN 20
21	725632.078	4371780.085	14.859	RN 21
22	725640.864	4371778.171	14.620	RN 22
23	725650.566	4371767.150	0.000	RN 23
24	725652.017	4371773.184	14.766	RN 24
25	725635.824	4371795.641	14.857	RN 25
26	725644.640	4371793.719	14.601	RN 26
27	725656.053	4371789.914	14.596	RN 27
28	725668.825	4371793.044	14.835	RN 28
29	725676.409	4371779.259	0.000	RN 29
30	725678.155	4371776.264	14.877	RN 30
31	725640.904	4371816.738	14.861	RN 31
32	725650.069	4371816.146	14.454	RN 32
33	725674.609	4371813.927	14.513	RN 33
34	725688.545	4371790.273	14.507	RN 34
35	725699.127	4371772.332	14.749	RN 35
36	725646.523	4371840.070	14.860	RN 36
37	725655.743	4371839.501	14.411	RN 37
38	725660.507	4371859.151	14.307	RN 38
39	725664.854	4371875.586	14.203	RN 39
40	725667.672	4371885.717	14.121	RN 40
41	725659.257	4371888.015	14.874	RN 41
42	725655.424	4371879.489	14.878	RN 42
43	725645.746	4371881.859	14.846	RN 43
44	725636.823	4371884.159	0.000	RN 44
45	725635.749	4371889.256	14.830	RN 45
46	725695.644	4371811.947	13.974	RN 46
47	725683.668	4371823.921	13.925	RN 47
48	725678.661	4371834.072	13.931	RN 48
49	725676.446	4371845.218	13.956	RN 49
50	725677.230	4371855.868	14.147	RN 50
51	725680.782	4371867.238	14.033	RN 51
52	725687.135	4371876.623	13.985	RN 52
53	725695.660	4371883.989	13.950	RN 53
54	725705.781	4371889.069	13.852	RN 54
55	725716.886	4371891.280	13.716	RN 55
56	725734.040	4371889.088	13.603	RN 56
57	725679.861	4371820.176	13.994	RN 57
58	725675.131	4371828.616	13.958	RN 58
59	725671.571	4371840.864	14.073	RN 59
60	725672.425	4371859.712	14.184	RN 60
61	725677.125	4371871.779	14.159	RN 61
62	725684.691	4371882.043	14.073	RN 62
63	725694.656	4371890.000	14.012	RN 63
64	725703.300	4371894.119	13.950	RN 64
65	725712.582	4371896.473	13.815	RN 65
66	725734.907	4371894.594	13.700	RN 66

Ilustración 21. Listado de puntos

5.3. Proceso de Monitorización Semanal

El control de deformaciones se realizaba de manera semanal. En las primeras fases de la obra, el seguimiento se limitaba a la zona activa de construcción, ya que los movimientos posibles se concentraban en esas áreas. Sin embargo, a medida que la excavación y la construcción avanzaban, la monitorización se extendió a todas las regletas, abarcando todas las áreas que podían verse afectadas por las obras.

El proceso de monitorización comenzaba con la instalación del nivel Leica DNA03 en una ubicación estable, desde la cual se pudieran ver los puntos de control. Se realizaban lecturas de todas las regletas en el área de influencia de la obra. Estas lecturas proporcionaban la cota actual del punto de control en relación con su posición inicial.

Una vez obtenidas todas las lecturas, los datos se exportaban en formato digital y se introducían en una hoja de cálculo de Excel. En el Excel, se utilizaba una cota de referencia “cota 0” para cada punto. Se comparaba la cota obtenida en cada lectura con la cota 0, y cualquier desviación o diferencia indicaba una deformación potencial. Estas diferencias se analizaban para determinar si estaban dentro de los márgenes de error aceptables, o si requerían medidas de contingencia.

5.4. Análisis de Datos y Umbrales de Seguridad

El análisis de los datos de deformación era un paso crucial para asegurar que la obra no estaba causando daños estructurales a los edificios o infraestructuras adyacentes. Las diferencias entre las cotas medidas y la cota de referencia permitían identificar posibles movimientos en el terreno o en las estructuras.

Se establecieron umbrales de seguridad para cada punto de control. Estos umbrales definían el rango de movimiento permitido sin que hubiera riesgo para las estructuras. Si las mediciones mostraban que la deformación superaba estos límites, se activaba un plan de contingencia. Este plan podía incluir la implementación de medidas correctivas inmediatas, como la estabilización del terreno, la instalación de refuerzos adicionales o la reevaluación de la metodología de construcción para evitar daños mayores.

Tabla 1. Datos de la nivelación

Fecha Regletas	TOMA INICIAL ó TOMA 0	TOMA0- TOMA46	TOMA47	TOMA0- TOMA47	TOMA48	TOMA0- TOMA48	TOMA49
	25/04/2023 17/04/2023	30/04/2024	07/05/2024	07/05/2024	15/05/2024	15/05/2024	21/05/2024
RN-1	14,8740	0,0003	14,8735	0,0005	14,8734	0,0006	14,8743



RN-2	14,8126	-0,0007	14,813	-0,0004	14,8124	0,0002	14,8119
RN-3	14,8873	-0,0005	14,8883	-0,0010	Tapada	Tapada	14,8877
RN-4	14,8883	0,0006	14,8874	0,0009	14,8875	0,0008	14,8876
RN-5	14,8932	-0,0002	14,8928	0,0004	14,8933	-0,0001	14,8933
RN-6	14,8829	0,0004	14,8824	0,0005	14,8823	0,0006	14,8831
RN-7	14,8124	0,0002	14,812	0,0004	14,8121	0,0003	14,8116
RN-8	14,9191	-0,0001	14,9189	0,0002	14,9193	-0,0002	14,9186
RN-9	14,8679	-0,0002	14,8678	0,0001	14,868	-0,0001	14,868
RN-10	14,8014	0,0001	14,8006	0,0008	14,8013	0,0001	14,801
RN-11	14,9639	-0,0003	14,9639	0,0000	14,9643	-0,0004	14,964
RN-12	14,8687	-0,0001	14,8688	-0,0001	14,8687	0,0000	14,8691
RN-13	14,7681	-0,0002	14,768	0,0001	14,7682	-0,0001	14,7678
RN-14	14,9644	-0,0005	14,9648	-0,0004	14,9651	-0,0007	14,965
RN-15	14,8360	0,0000	14,836	0,0000	14,8358	0,0002	14,8359
RN-16	14,7012	-0,0002	14,701	0,0002	14,7008	0,0004	14,7007
RN-17	14,8722	-0,0005	14,8725	-0,0003	14,8729	-0,0007	Tapada
RN-18	14,8072	0,0000	14,8074	-0,0002	14,8071	0,0001	14,8074
RN-19	14,6397	0,0005	14,639	0,0007	14,6391	0,0006	14,6388
RN-20	14,9379	-0,0008	14,9379	0,0000	14,9386	-0,0007	14,9386
RN-21	14,8577	-0,0004	14,858	-0,0003	14,858	-0,0003	14,858
RN-22	14,6203	-0,0006	14,6208	-0,0005	14,6209	-0,0006	Tapada
RN-23	NO Instalada						
RN-24	14,7656	-0,0006	14,7664	-0,0008	14,7668	-0,0012	14,7666
RN-25	14,8563	-0,0004	14,8567	-0,0004	14,8566	-0,0003	14,857
RN-26	14,6013	Tapada	Tapada	Tapada	Tapada	Tapada	Tapada
RN-27	14,5964	0,0002	14,5957	0,0007	14,5963	0,0001	14,5962
RN-28	14,8352	arrancada	arrancada	arrancada	arrancada	arrancada	arrancada
RN-29	NO Instalada						
RN-30	14,8770	0,0000	14,8771	-0,0001	14,877	0,0000	14,8769
RN-31	14,8608	14,8606	0,0002	14,8605	0,0003	14,8605	0,0003
RN-32	14,4535	14,4527	0,0008	14,4529	0,0006	14,4526	0,0009
RN-33	14,5128	14,5121	0,0007	14,514	-0,0012	14,5124	0,0004
RN-34	14,5072	Tapada	Tapada	14,5062	0,0010	14,5069	0,0003
RN-35	14,7491	14,7483	0,0008	14,7484	0,0007	14,7485	0,0006
RN-36	14,8596	14,8595	0,0001	14,8594	0,0002	14,8596	0,0000
RN-37	14,4112	14,4107	0,0005	14,4108	0,0004	14,4106	0,0006
RN-38	14,3069	Tapada	Tapada	Tapada	Tapada	14,3074	-0,0005
RN-39	14,2028	14,2025	0,0003	Tapada	Tapada	Tapada	Tapada
RN-40	14,1207	14,1201	0,0006	Tapada	Tapada	Tapada	Tapada
RN-41	14,8740	14,8737	0,0003	14,8737	0,0003	14,8737	0,0003
RN-42	14,8784	14,8785	-0,0001	14,8785	-0,0001	14,8784	0,0000
RN-43	14,8460	14,8463	-0,0003	14,8462	-0,0002	14,8463	-0,0003
RN-44	NO Instalada						
RN-45	14,8298	14,8293	0,0005	14,8293	0,0005	14,8295	0,0003
RN-46	13,9736	13,9728	0,0008	13,9729	0,0007	13,9727	0,0009
RN-47	13,9253	13,9251	0,0002	13,9252	0,0001	13,9248	0,0005



RN-48	13,9305	13,93	0,0005	13,9299	0,0006	13,9297	0,0008
RN-49	13,9555	13,9554	0,0001	13,9555	0,0000	13,9552	0,0003
RN-50	14,1469	14,1465	0,0004	14,1464	0,0005	14,1463	0,0006
RN-51	14,0334	14,0329	0,0005	14,033	0,0004	14,0327	0,0007
RN-52	13,9851	13,9852	-0,0001	13,9851	0,0000	13,9851	0
RN-53	13,9505	13,9502	0,0003	13,95	0,0005	13,9501	0,0004
RN-54	13,8521	13,852	0,0001	13,8521	0,0000	13,8517	0,0004
RN-55	13,7161	13,7158	0,0003	13,7159	0,0002	13,7157	0,0004
RN-56	13,6029	13,603	-0,0001	13,603	-0,0001	13,6027	0,0002
RN-57	13,9942	13,9941	0,0001	13,9939	0,0003	13,9939	0,0003
RN-58	13,9583	13,9581	0,0002	13,958	0,0003	13,9578	0,0005
RN-59	14,0727	14,0723	0,0004	14,0724	0,0003	14,0724	0,0003
RN-60	14,1836	Tapada	Tapada	Tapada	Tapada	14,1835	0,0001
RN-61	14,1594	14,1598	-0,0004	Tapada	Tapada	Tapada	Tapada
RN-62	14,0729	14,0727	0,0002	14,0723	0,0006	14,0721	0,0008
RN-63	14,0121	14,012	0,0001	14,0115	0,0006	14,0115	0,0006
RN-64	13,9497	13,9495	0,0002	13,9497	0,0000	13,9494	0,0003
RN-65	13,8148	Tapada	Tapada	13,8148	0,0000	13,8147	0,0001
RN-66	13,6998	13,6995	0,0003	13,6995	0,0003	13,6994	0,0004

5.5. Importancia del Control de Deformaciones para la Seguridad del Proyecto

El control de deformaciones fue un componente crítico para garantizar la seguridad del proyecto. La construcción de una infraestructura subterránea en una zona urbana densamente poblada, como la que conecta las estaciones de metro de Alicante y Xàtiva, implicaba riesgos significativos para los edificios y otras infraestructuras cercanas.

Este proceso de monitorización continua permitió detectar movimientos mínimos antes de que pudieran convertirse en problemas graves. A lo largo del proyecto, el control de deformaciones proporcionó una garantía de que las medidas constructivas se estaban llevando a cabo con el nivel de precisión necesario para evitar impactos negativos en la estabilidad de las estructuras adyacentes.

El uso de equipos de alta precisión, la implementación de un sistema de monitoreo regular y la documentación cuidadosa de los datos fueron elementos clave para asegurar que todas las deformaciones detectadas se mantuvieran dentro de los límites aceptables, garantizando la seguridad tanto de la obra como del entorno urbano que la rodeaba.

6. Presupuesto de la obra

Para el presupuesto de este proyecto se tienen que tener en cuenta varios factores



6.1. Preparación del Terreno y Levantamiento Topográfico

La primera etapa de la obra implicó una serie de trabajos de preparación del terreno, fundamentales para el correcto desarrollo de las fases posteriores. Esto incluyó el levantamiento topográfico inicial, donde se realizaron mediciones precisas para establecer la base de todo el proyecto, con un coste estimado de 200,000 euros. Además, se llevó a cabo el desvío y la reubicación de los servicios existentes, como las redes de agua potable, telecomunicaciones, riego, y gas, una tarea compleja que demandó una inversión aproximada de 1,500,000 euros. Asimismo, el terreno fue limpiado y desbrozado, con un coste estimado de 150,000 euros.

6.2. Excavación y Movimiento de Tierras

El movimiento de tierras representó una de las actividades más intensivas del proyecto. Se excavaron grandes volúmenes de terreno para crear el espacio necesario para la estructura subterránea, una tarea que implicó un coste estimado de 3,500,000 euros. El transporte y disposición de estos materiales también representó un coste significativo, con un presupuesto de 1,200,000 euros.

6.3. Construcción de Muros Guía y Muros Pantalla

La construcción de los muros guía y los muros-pantalla fue crucial para garantizar la estabilidad de las excavaciones y las estructuras subterráneas. La ejecución de los muros guía, que sirven como base para las pantallas, tuvo un coste aproximado de 2,000,000 euros. Los muros-pantalla, construidos mediante excavación con cuchara bivalva a profundidades de hasta 23 metros, insertando armaduras de hierro y posteriormente hormigonando, tuvieron un coste de alrededor de 5,000,000 euros.

6.4. Estructura del Cañón Subterráneo

Una de las partes más técnicas de la obra fue la construcción del cañón subterráneo, que conecta las estaciones de metro. Esto incluyó la ejecución de la losa superior e inferior, con un coste aproximado de 3,000,000 euros, y el hormigonado junto con los refuerzos estructurales necesarios, que sumaron 2,500,000 euros al presupuesto.

6.5. Instalación de Servicios Subterráneos

Para garantizar la continuidad de los servicios en la zona, se realizó la instalación de nuevas infraestructuras subterráneas, como telecomunicaciones, electricidad y agua potable, con un coste estimado de 1,800,000 euros. También se instalaron arquetas, tubos corrugados y cableado, con un presupuesto adicional de 800,000 euros. Este trabajo fue esencial para adaptar los servicios existentes a la nueva configuración del área.

6.6. Control Topográfico y Monitorización de Deformaciones

El control topográfico y la monitorización de deformaciones se llevaron a cabo durante todo el proyecto para asegurar la estabilidad y la seguridad de la obra. Este proceso incluyó el uso de estaciones totales, niveles de precisión y el procesamiento de datos, con un coste aproximado de 300,000 euros. La adquisición y operación de los equipos topográficos supuso un gasto adicional de 150,000 euros.



6.7. Finalización y Reurbanización del Área

Una vez finalizada la estructura subterránea, se realizaron los trabajos de pavimentación y acabados exteriores para reurbanizar la zona afectada, con un coste estimado de 1,500,000 euros. También se incluyó la instalación de elementos de seguridad, señalización e iluminación, con un coste adicional de 450,000 euros. Como parte de la finalización, se realizaron mejoras en las infraestructuras adyacentes, que demandaron una inversión de 350,000 euros.

6.8. Costos Indirectos y Contingencias

El presupuesto también contempla los costos indirectos de la obra, que incluyen licencias, estudios previos, y honorarios profesionales, con un coste estimado de 800,000 euros. Además, se asignó una partida de 1,500,000 euros para contingencias e imprevistos, representando aproximadamente el 10% del presupuesto total, para cubrir cualquier eventualidad durante la ejecución del proyecto.

En total el presupuesto aproximado es de unos 20.000.000 de euros. Esta distribución permite poder calcular de manera aproximada los gastos de cada sección, pudiendo obtener una mejor estimación.

7. Conclusiones del trabajo

El presente trabajo ha demostrado de manera concluyente la importancia crítica de la topografía en la ejecución de proyectos de infraestructura urbana de gran magnitud, como el cañón subterráneo peatonal que conecta las estaciones de metro de Alicante y Xàtiva en Valencia. A lo largo de todas las fases del proyecto, la topografía ha sido un pilar esencial, comenzando con el levantamiento inicial del estado del terreno, que proporcionó la base para el desarrollo del proyecto, hasta el control de deformaciones y la correcta ejecución de los elementos constructivos.

El levantamiento topográfico inicial fue fundamental para el éxito del proyecto, ya que permitió obtener un modelo detallado y preciso del terreno y de las infraestructuras existentes, facilitando el encaje del proyecto dentro de los límites establecidos y minimizando riesgos. A medida que avanzó la obra, la topografía se utilizó para el replanteo de los distintos elementos constructivos, como los muros guía y los muros-pantalla, asegurando que se construyeran con la exactitud requerida y respetando las tolerancias indicadas en el pliego de prescripciones técnicas.

Asimismo, la topografía jugó un papel esencial en la gestión y el control de los servicios afectados por la obra. El desvío y la reubicación de las redes de servicios, como el agua potable, telecomunicaciones, gas y la acequia de Rovella, se llevaron a cabo de manera precisa, evitando interrupciones significativas y garantizando la continuidad de los servicios durante todo el proceso constructivo. La capacidad de la topografía para adaptarse a las exigencias del entorno urbano denso y complejo fue un factor clave para minimizar el impacto de la obra en el día a día de los ciudadanos y en la infraestructura existente.



El control de deformaciones, una de las tareas más críticas en este tipo de proyectos, se realizó con precisión utilizando tecnología avanzada, como el nivel de alta precisión y el software de procesamiento de datos. Este control constante permitió detectar y corregir cualquier desplazamiento o deformación en los edificios adyacentes, garantizando la seguridad estructural y evitando daños a las edificaciones históricas y a las infraestructuras cercanas.

En este sentido, la topografía se consolidó como una herramienta no solo técnica, sino también estratégica, para la planificación y ejecución segura de obras urbanas complejas. La colaboración y coordinación efectiva entre los distintos equipos de la obra se vieron facilitadas por la integración de los datos topográficos en todas las fases del proyecto, permitiendo un flujo de trabajo continuo y eficiente.

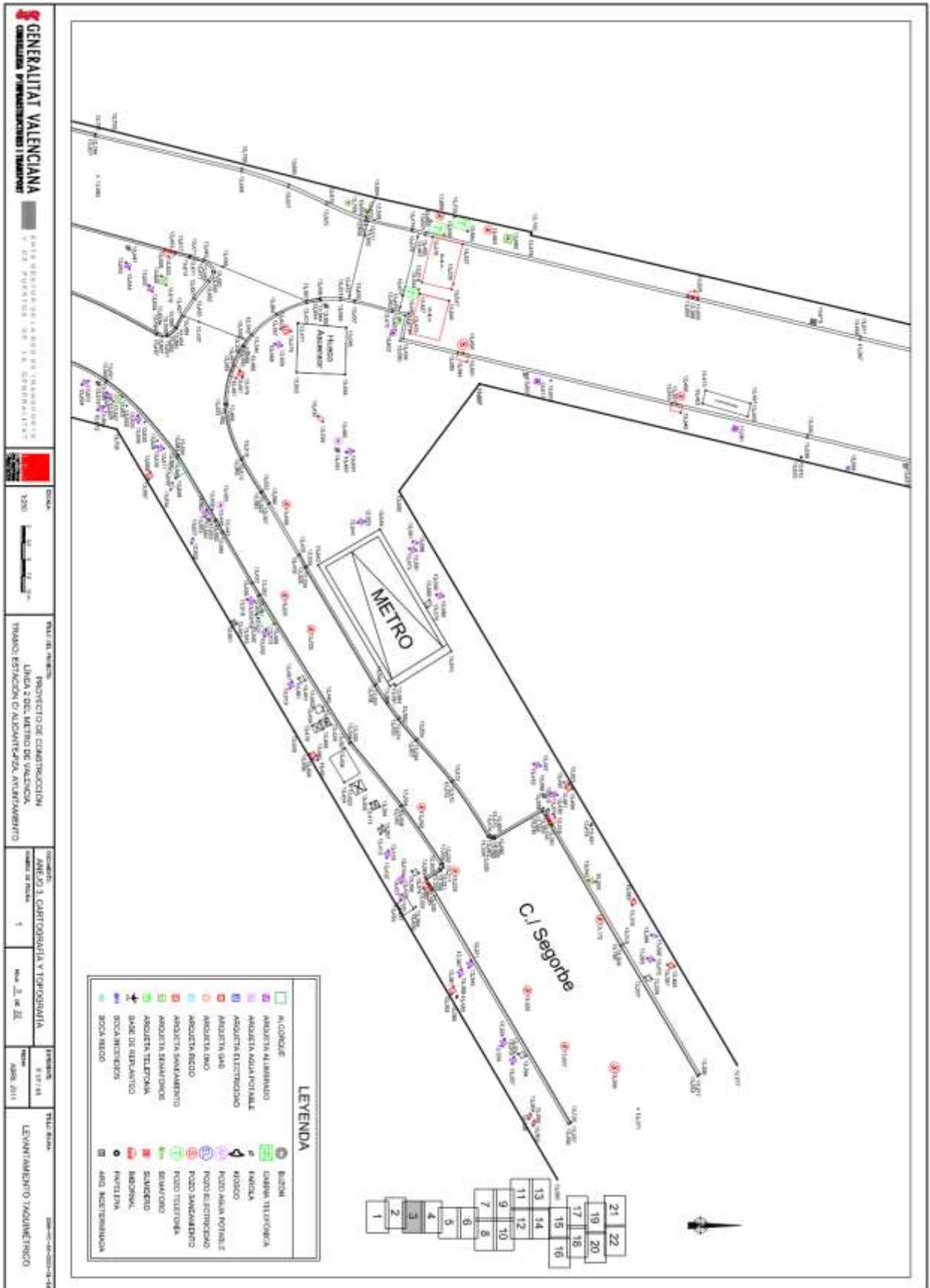
En resumen, la topografía fue determinante para garantizar la precisión, seguridad y éxito del proyecto. Su contribución abarcó desde la fase de planificación inicial hasta la finalización de la obra, demostrando su valor insustituible en proyectos de infraestructura urbana de gran escala. Las técnicas topográficas no solo facilitaron la ejecución precisa y segura del proyecto, sino que también contribuyeron a la minimización de los riesgos y al aseguramiento de la estabilidad estructural en un entorno urbano denso, sentando un precedente para futuros proyectos de similares características.

8. Bibliografía

- CIPAN. (s.f.). Procedimiento técnico de ejecución de muros pantalla con lodos bentoníticos. Recuperado de <https://cipan.es/procedimiento-tecnico-ejecucion-muros-pantalla-con-lodos-bentoniticos/>
- Yepes, V. (s.f.). *Muro berlinés: Concepto y ejecución*. Blog de Innovación en Ingeniería Civil. Recuperado de <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/muro-berlines/>
- Instop. (s.f.). *Niveles Leica digitales*. Recuperado de https://www.instop.es/niveles_leica/nivel_digital.php?REF=723289
- Trimble. (s.f.). *Estación Robótica Trimble S7*. Recuperado de https://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-762647/022516-154H-es-ES_TrimbleS7_DS_A4_0121_LRsec.pdf
- Aracorte. (s.f.). *Corte con hilo de diamante*. Recuperado de <https://aracorte.com/hilo-diamante/>
- Sociedad Española de Topografía. (2021). *Guía de aplicación de técnicas topográficas en obras urbanas*. Recuperado de <https://www.topografia.org/guias-tecnicas/>

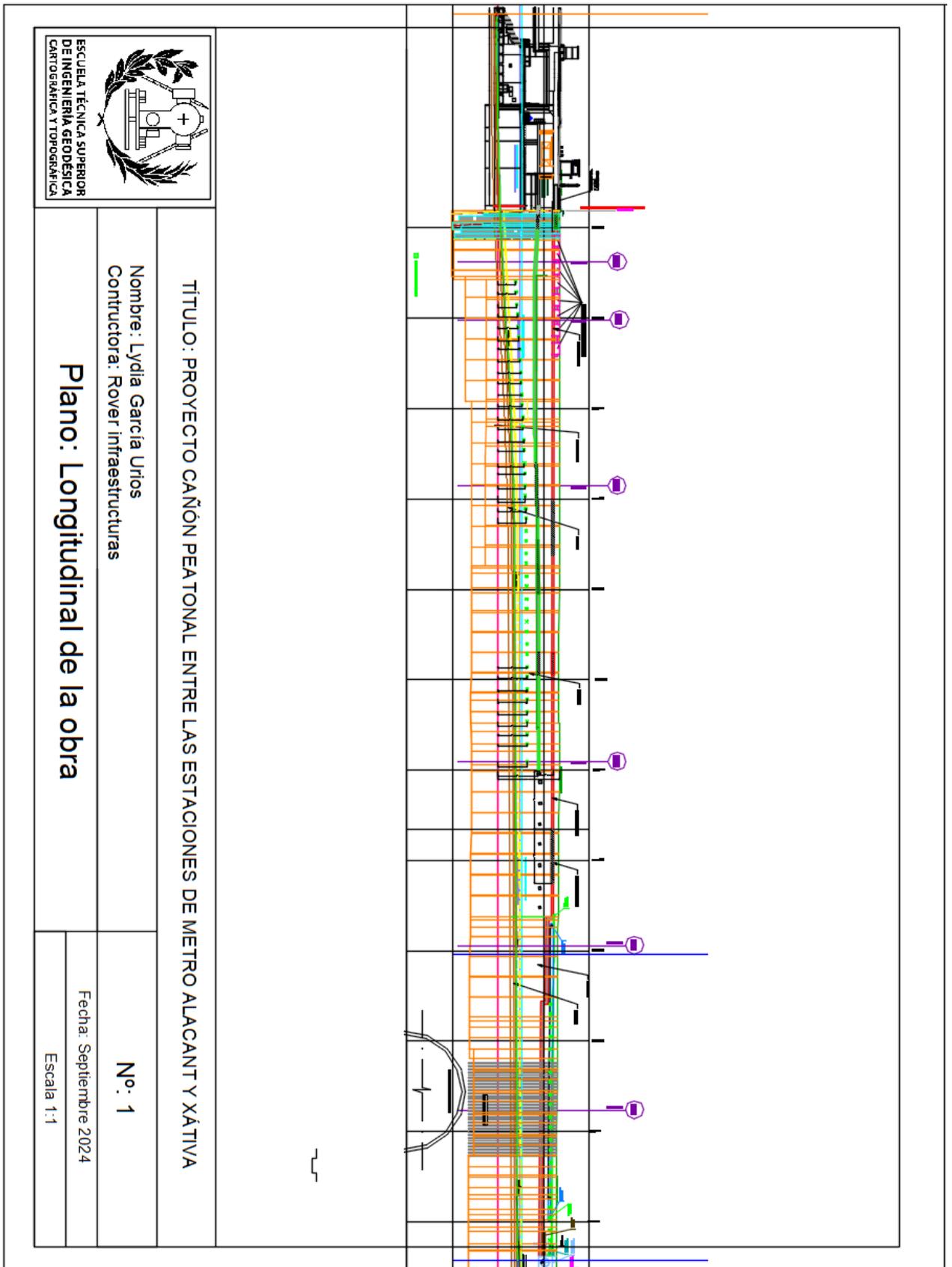


- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. (2020). *Manual de técnicas y procedimientos para el control de deformaciones en obras*. Recuperado de <https://www.icc.et.torroja.org/control-deformaciones>
- Martínez, J. (2022). *Métodos avanzados en topografía para infraestructuras urbanas*. *Revista de Ingeniería y Construcción*, 14(1), 25-37. Recuperado de <https://www.revistadeingenieria.com/martinez2022>
- Ruiz, A. (2019). *Aspectos técnicos de la ejecución de muros pantalla en terrenos difíciles*. *Boletín Técnico de Construcción*, 8(4), 58-72. Recuperado de <https://boletintecnicoconstruccion.com/ruiz2019>
- Plataforma Técnica de Construcción. (s.f.). *Control y monitorización de deformaciones en proyectos de infraestructura*. Recuperado de <https://plataformatecnica.com/control-deformaciones>
- Asociación de Ingenieros Civiles. (2023). *Innovaciones en la tecnología de medición y control para obras subterráneas*. Recuperado de <https://www.ingenieros-civiles.org/innovaciones-tecnologia>
- Memoria del Proyecto: Construcción del Cañón Subterráneo Peatonal entre las Estaciones de Metro de Alicante y Xátiva en Valencia. (2024).



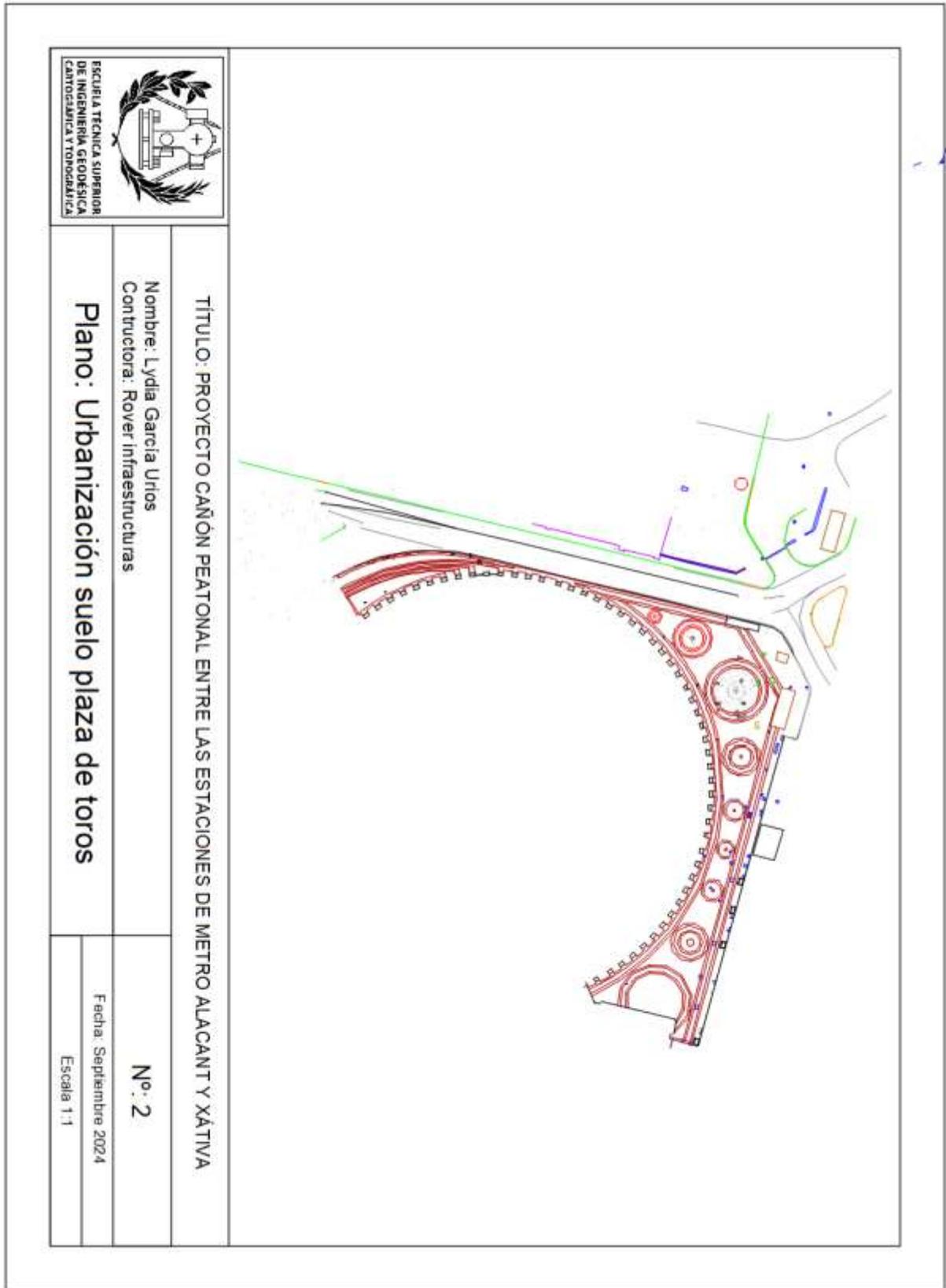


Anexo 2. Plano Longitudinal de la obra





Anexo 3. Plano Urbanización Suelo plaza de toros





Anexo 4. Tipos de pantallas y Bataches

