



**MINISTERIO DE LA EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD GEOLOGIA-MINERÍA
Departamento de Minería**

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero en Minas

Título: Procedimiento para el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Tránsito Este-Oeste empleando la Estación Total.

Autor: Osmel Calvo Fera

Tutor: Dr. C. Orlando Belete Fuentes

MOA, 2012-2013

AÑO 55 DE LA REVOLUCIÓN



PENSAMIENTOS

- Usted puede convencerme de que estoy equivocado, pero no puede decirme que estoy equivocado sin antes convencerme.

Comandante Fidel Castro Ruz.

- La topografía es tan importante como el acero.

Raúl Castro Ruz.

DEDICATORIAS

A mi querida madre, la principal persona que con sus sacrificios y esfuerzos logro convertirme en lo que soy y por darme todo su apoyo en todos y cada uno de los momentos de mi vida.

A mis hijos y en especial a mi esposa por ser motivo de inspiración y aliento día tras día en la realización de este trabajo.

A mis compañeros de trabajo y de estudios que siempre me han brindado apoyo y confianza en la realización de mi tesis.

A toda mi familia por darme la confianza y el apoyo que he necesitado para lograr llegar hasta aquí.

A la revolución por la posibilidad que me ofrece para mi superación como profesional.

AGRADECIMIENTO

A mi tutor Orlando Belete Fuentes, a mis compañeros de aula y de trabajo, profesores, amistades, a la dirección de la ECOH, por la colaboración en la realización del presente Trabajo de Diploma, en especial al gobierno cubano por darme la posibilidad de formarme como digno Ingeniero de Minas.

RESUMEN

En el presente trabajo se elabora un procedimiento que permite a los ingenieros en minas y a los topógrafos, utilizar la Estación Total como herramienta en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Tránsito Este-Oeste., se brindan los resultados obtenidos con la realización de un procedimiento para emplear la nueva tecnología en los trabajos Topo geodésicos aplicados en la Construcción de las obras subterráneas.

Se aborda el tema del replanteo por métodos tradicionales y su vinculación con la nueva tecnología, a partir de un estudio de la base conceptual de los proyectos en la Construcción de los túneles empleando la Estación Total con el objetivo de aumentar la productividad y calidad de los trabajos.

En el Capítulo I: Se abordan los antecedentes y tendencias actuales de las mediciones topográficas con las Estaciones Totales.

En el Capítulo II: Se caracterizan los tipos de errores que se manifiestan en las mediciones con Estaciones Totales.

En el Capítulo III: Se elabora un procedimiento para el empleo de la Estación Total en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Tránsito Este-Oeste.

SUMMARY

The present work is elaborated a procedure that allows to the engineers in mines and the topographers, to use the Total Station like tool in the reframing of the perforation passport and blast in the tunnels of the East-West Traverse Ease, the obtained results offer the accomplishment of a procedure to use the new technology in the applied geodesic works Awkward person in the Construction of underground structures.

The subject of the reframing by traditional methods and their entailment with the new technology is approached, from a study of the conceptual base of the projects in the Construction of the tunnels using the Total Station with the objective to increase to the productivity and quality of the works.

In Chapter I: The antecedents and present tendencies of the ms are approached topographic editions with the Total Stations.

In Chapter II: The types of errors are characterized that are pronounced in the measurements with Total Stations.

In Chapter III: A procedure for the use of the Total Station in the reframing of the passport of perforation and blast in the tunnels of the East-West Traverse is elaborated.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I ANTECEDENTES Y TENDENCIAS ACTUALES DE LAS MEDICIONES TOPOGRÁFICAS CON ESTACIONES TOTALES	5
1.1. Generalidades.....	5
1.2. Breve historia de la compañía Leica.	5
1.3. Caracterización de la obra del trasvase	7
1.4. Insuficiencias detectadas durante la investigación.....	8
1.5. Términos y definiciones.....	8
1.6. Funciones de las Estaciones Totales	8
1.7. Algunas consideraciones sobre las Estaciones Totales.....	9
1.7.1. De la memoria	11
1.7.2. De los programas	11
1.8. Teodolito y Estaciones Totales	13
1.9. Comparación entre Teodolito y Estación Total.....	14
1.10. Valoración de los Trabajos topográficos en los túneles con los instrumentos tradicionales.....	15
1.10.1. Mediciones de ángulos.....	18
1.10.2. Replanteo del eje del túnel.....	20
1.10.3. Replanteo de labores en línea recta.....	21
1.11. Análisis Bibliográfico	22
CAPITULO II CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE ERRORES QUE SE MANIFIESTAN EN LAS MEDICIONES CON ESTACIONES TOTALES	23
2.1. Análisis de los tipos de errores que se manifiestan durante las mediciones con estaciones totales electrónicas.....	23
2.1.1. Errores instrumentales	23
2.1.2. Errores electrónicos	24
2.1.3. Error de colimación del compensador de dos ejes.....	25
2.1.4. Error de colimación horizontal.....	26
2.1.5. Error de índice vertical	26
2.1.6. Error por excentricidad del círculo.....	27

2.1.7. Error de perpendicularidad	27
2.1.8. Error de graduación del círculo	27
2.1.9. Compensación del prisma	27
2.1.10. Errores mecánicos	28
2.1.11. Errores por deformaciones del trípode	28
2.1.12. Ajuste del nivel esférico.....	29
2.1.13. Ajuste de la base nivelante	29
2.1.14. Ajuste de la plomada óptica y láser.....	29
2.1.15. Ajuste del bastón porta prisma	30
2.1.16. Errores personales	30
2.1.17. Introducción incorrecta de los datos.....	30
2.1.18. La centración del instrumento y la señal	31
2.1.19. Errores de puntería	32
2.1.20. Errores naturales.....	32
2.1.21. La refracción atmosférica	33
2.1.22. La curvatura de la tierra	33
2.1.23. Las condiciones atmosféricas	34
2.1.24. Luz directa del sol	34
2.1.25. Las vibraciones	34
2.2. Análisis de los posibles parámetros a obtener al aplicar las Estaciones Totales Electrónicas para los trabajos del trasvase	34
CAPÍTULO III PROCEDIMIENTO PARA EL EMPLEO DE LA ESTACIÓN TOTAL EN EL REPLANTEO DEL PASAPORTE DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LOS TÚNELES DEL TRASVASE ESTE-OESTE	39
3.1. Objetivo y alcance	39
3.2. Trabajos de preparación y organización	39
3.2.1. Principales advertencias y precauciones de seguridad.....	42
3.2.2. Configuración del equipo.....	43
3.2.2.1. Nivelación.....	43
3.2.2.2. Selección del distanciómetro (EDM)	46
3.2.2.3. P/TEMP (Introducción de los parámetros atmosféricos).	47

3.2.3. Estación del equipo	47
3.2.3.1. Configuración del trabajo	47
3.2.3.2. Configuración de la estación	48
3.2.4. Orientación del equipo	52
3.2.4.1. Configuración de la Orientación	52
3.2.4.2. Determinación de las alturas de bastones y señales	53
3.2.5. Replanteo	54
3.2.5.1. Estación Libre (sólo para TPS serie 400)	56
3.2.5.2. Alineación (sólo para TPS serie 400)	65
3.2.5.3. Replanteo ortogonal	71
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	83

INTRODUCCIÓN

El progreso científico-técnico que actualmente se produce en las ramas de la construcción hace cada vez más necesario el desarrollo de la cantidad y complejidad de grandes objetos industriales, obras hidrotécnicas, centrales electros nucleares, edificios de considerables alturas y otros. Aparejado a esto, trae consigo nuevas y mayores exigencias de gran rigor con respecto a su seguridad, larga duración en servicio y una alta eficiencia, por tal motivo no se concibe su ejecución sin la aplicación de tecnologías apropiadas que incluye la elaboración de un procedimiento para replantear el pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Trasvase Este-Oeste.

Los procedimientos para el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles vigentes, están confeccionados con instrumentos topográficos tradicionales. Según la evolución y modernización de estos instrumentos, los fabricantes lanzan al mercado internacional las más recientes tecnologías, integradas por diferentes aplicaciones internas que posibilitan la rapidez y calidad de los mismos.

En la actualidad con el desarrollo de las nuevas tecnologías, adquiridas para realizar los trabajos topo-geodésicos en los túneles, se hace necesario elaborar un procedimiento con el empleo de la Estación Total para el replanteo del pasaporte de perforación y voladura, lo expresado anteriormente trae consigo la realización de trabajos topográficos con mayor exactitud.

El desarrollo científico técnico en materia de instrumentos topográficos aplicados a la minería toma auge en nuestro país a partir del año 1998 con la llegada de las primeras estaciones totales.

Problema

- La necesidad de elaborar un procedimiento para replantear el pasaporte de perforación y voladura con la Estación Total en los túneles del Tránsito Este-Oeste. que permita disminuir la sobre excavación, la desviación y obtener una mayor calidad y productividad en los trabajos de arranque.

Objetivo

- Elaborar un procedimiento para el empleo de la Estación Total en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Tránsito Este-Oeste.

Objetivos específicos

- Analizar el estado del arte de la investigación.
- Realizar una caracterización de la Estación Total utilizada en la construcción de los túneles en el tránsito Este-Oeste.
- Hacer una valoración de los trabajos topográficos en la construcción de los túneles con el uso de la tecnología tradicional.
- Caracterizar los tipos de errores que se manifiestan en las mediciones con Estaciones Totales.
- Elaborar un procedimiento para emplearlo en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Tránsito Este-Oeste utilizando la Estación Total.

Hipótesis

- Si se hace una valoración de los trabajos topográficos en la construcción de los túneles con la tecnología tradicional y se realiza una caracterización de la Estación Total utilizada en la construcción de los túneles en el tránsito Este-Oeste, se podrá elaborar un procedimiento para emplearlo en el replanteo

del pasaporte de perforación y voladura, que permita disminuir la sobre excavación, la desviación y se pueda obtener una mayor calidad y productividad en los trabajos de arranque.

Métodos empleados en dar solución al problema científico de la investigación:

- **Métodos empíricos:** será imprescindible el empleo de la **medición**. Como técnicas; **la observación científica**, para el conocimiento de las características fundamentales del objeto.
- **Métodos teóricos:** se usa para la interpretación conceptual de los datos empíricos; haciendo uso del **análisis y la síntesis** en el estudio de las partes del objeto y para comprender su comportamiento como un todo. Dentro de los métodos teóricos también será necesario la **inducción y deducción** como procedimiento para pasar de lo conocido a lo desconocido y de lo general a lo particular.
- **El método dialéctico** para conocer las relaciones entre los componentes del objeto.

Actualidad e importancia del tema

El empleo de la Estación Total en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles, es ampliamente tratado a escala mundial, en Cuba, al introducirse esta tecnología diferentes empresas han modernizado sus instrumentos topográficos, se realiza una revolución en el desarrollo científico técnico. Su empleo en las industrias trae consigo avances tecnológicos fundamentalmente en tres aspectos:

1. Aumento de la precisión y fiabilidad de equipos e instrumentos topo geodésicos.
2. Automatización de los procesos de toma de datos y elaboración de resultados.

3. Uso de medios informáticos que aumentan la capacidad productiva y disminuyen el tiempo de ejecución de las obras.

Bases teóricas:

1. Literatura científico -técnica consultada, sobre los temas a tratar.
2. Estudio y análisis de los manuales referencia de Estaciones Totales Leica.
3. Estudio y profundización de los trabajos geodésicos en los túneles.

Bases prácticas:

1. Base geodésica del Proyecto Trasvase ESTE – OESTE Sagua Mayarí.

CAPÍTULO I ANTECEDENTES Y TENDENCIAS ACTUALES DE LAS MEDICIONES TOPOGRÁFICAS CON ESTACIONES TOTALES

1.1. Generalidades

Anteriormente en la realización de las mediciones topográficas para el replanteo de obras hidrotecnias se utilizaban los métodos directos, empleando alternativamente dos tipos de instrumentos; la alidada sobre plancheta y el taquímetro, según Sebastián Pérez, 2004. Para el primero, se va ejecutando el trabajo de dibujo sobre la misma, y luego se lleva un proceso de entintado en gabinete; para el segundo caso, los datos se registran en libretas de papel o electrónicas, que requieren de un posterior proceso de gabinete, donde se tiene que mantener una rigurosa atención al pasar los datos al dibujo para evitar errores.

Con la evolución de los medios técnicos y la implantación y desarrollo de las Estaciones Totales Electrónicas, esta ciencia toma otras dimensiones y muy en especial en la necesidad de un mayor conocimiento de los operarios y especialistas en las tecnologías digitales, sin dejar de tener en cuenta los conocimientos elementales del arte tradicional de medir y de los métodos de mediciones, según Belete1998. Todos estos conocimientos unidos, hacen de esta tecnología una poderosa herramienta, que reduce considerablemente los gastos y plazos de ejecución, además de incrementar la productividad, la calidad y precisión de los trabajos.

1.2. Breve historia de la compañía Leica.

Los orígenes de Leica Geosystems iniciaron con la creación de Kern Co. En 1819. Casi cien años más tarde, en un pequeño y vacío molino textil en Heerbrugg, Heinrich Wild se ocupaba del desarrollo del T2, el primer teodolito óptico-mecánico, lo que sentó las bases de una empresa dedicada a la topografía moderna. Años más tarde, la debutante compañía Wild-Heerbrugg, introdujo la

primera cámara fotográfica aérea, la C2, junto con el B2, el primer trazador fotogramétrico.

Heinrich Wild (1817-1951) de Glarus, Suiza, fue un diseñador de instrumentos geodésicos y astronómicos, comenzó su carrera como aprendiz de topógrafo. En 1908, después de haber inventado un telémetro militar y haber convencido a Zeiss para fabricarlo, se mudó a Tena y se convirtió en el jefe de GEO, la nueva rama de Zeiss responsable de instrumentos para agrimensura. Después de la primera guerra mundial Wild regresó a Suiza. En abril de 1921, con la ayuda de financieros suizos, él fundó la compañía Heinrich Wild, Werkstatte für Feinmechanik und Optik, en el valle del Rin, junto al coronel Jacob Schmidheiny de Balgach y el geólogo Dr. Robert Helbling de Flums. A principios de 1930, Wild se mudó a Suiza.

Después de reconocer que no sería elegido como un director de fábrica, cesó sus relaciones con la firma en Heerbrugg, y diseñó instrumentos para Kern Co en Aarau. Su compañía anterior se convirtió en Wild Heerbrugg en 1937. Se fusionó con la firma óptica de Ernst Leitz de Wetzlar en 1987, adquirió la mayoría de acciones de Kern en 1988, y fue renombrado Wild Leitz AG en 1989, para ser parte de Leica Holding company en 1990. A principios de 1996, la compañía fue gradualmente dividida en unidades más pequeñas. De este modo, en 1996 se fundó Leica Camera AG, seguida en 1997 por Leica Geosystems AG y finalmente en abril de 1998 por Leica Microsystems AG. La compañía sueca Hexagon AB adquirió Leica Geosystems a finales de 2005. En la actualidad estas tres compañías son hoy compañías privadas independientes. Leica Geosystems produce- como continuación de Wild Heerbrugg- instrumentos geodésicos y es líder en el mercado global de esta sección.

Los clientes principales de Leica Geosystems son los topógrafos, fabricantes y compañías vinculadas con el GIS Sistema de Información Geográfica. En abril de 2001, Leica Geosystems adquirió ERDAS, Inc. Y LH systems. ERDAS es una

empresa de software para teledetección, mientras que LH Systems fue una empresa de software fotogrametría. Estas dos compañías fueron fusionadas para crear la empresa de informática, ERDAS, Inc, que permanece bajo propiedad de Leica Geosystems. ERDAS ADQUIRIO a cquis, ER Mapper y IONIC en 2007. Esto incremento a ERDAS hacia el mercado de la teledetección, e introdujo a la compañía en el mercado de SIG topológico y expandió su huella en los servicios de image Web serving, y de image enterprise.

1.3. Caracterización de la obra del trasvase

La intensa sequía de los últimos años ha provocado analizar una vez más la posibilidad de utilización de los recursos disponibles en el este de la provincia, decidiéndose el inicio de los proyectos y la construcción de las obras del Trasvase Este - Oeste, para contrarrestar los efectos actuales de la sequía. El objetivo de este conjunto hidráulico es trasvasar las aguas desde el Este de la provincia de Holguín hasta las zonas deficitarias al Oeste de la región oriental. Que comprende la construcción de presas, túneles y canales que trasvasarán las aguas. El proyecto para el diseño de la Construcción de los túneles se ejecutara con la finalidad de:

1-Permitir la conducción del gasto mínimo de $30.0 \text{ m}^3/\text{s}$.

2-Debe proyectarse un túnel que tenga pendiente por el fondo para permitir el drenaje durante el periodo de construcción debido a que el mismo se construirá por debajo del la línea del nivel freático, determinado por las investigaciones.

3-La sección del túnel será de forma ovoidal.

-Ancho interior por el fondo - 6.0 m

-Altura interior - 5.65 m.

-Altura de la parte recta – 0.84 m.

4-Los trabajos de arranque se realizaran con explosivos.

1.4. Insuficiencias detectadas durante la investigación

- No existe ningún método de control efectivo para el replanteo de los trabajos de perforación y voladura realizados en el trasvase.
- La diferencia entre la sobre excavación y lo proyectado en el tramo Mayarí Birán es apreciable.
- Existe una insuficiente red topográfica de apoyo.

1.5. Términos y definiciones

Estación Total: Se denomina Estación Total a un instrumento electro-óptico utilizado en topografía, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro y un microprocesador a un teodolito electrónico. Algunas de las características que incorpora, y con las cuales no cuentan los teodolitos, son una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD) de avisos, iluminación independiente de la luz solar, calculadora, distanciómetro, trackeador (seguidor de trayectoria) y la posibilidad de guardar información en formato electrónico, lo cual permite utilizarla posteriormente en ordenadores personales. Vienen provistas de diversos programas sencillos que permiten, entre otras capacidades, el cálculo de coordenadas en campo, replanteo de puntos de manera sencilla y eficaz y cálculo de acimutes y distancias

1.6. Funciones de las Estaciones Totales

Vista como un teodolito, una Estación Total se compone de las mismas partes y funciones. El estacionamiento y verticalización son idénticos, aunque para la Estación Total se cuenta con niveles electrónicos que facilitan la tarea. Los tres ejes y sus errores asociados también están presentes: el de verticalidad, que con la doble compensación ve reducida su influencia sobre las lecturas horizontales, y

los de colimación e inclinación del eje secundario, con el mismo comportamiento que en un teodolito clásico, salvo que el primero puede ser corregido por software, mientras que el segundo la corrección debe realizarse por métodos mecánicos.

El instrumento realiza la medición de ángulos a partir de marcas realizadas en discos transparentes. Las lecturas de distancia se realizan mediante una onda electromagnética portadora (generalmente microondas o infrarrojos) con distintas frecuencias que rebota en un prisma ubicado en el punto a medir y regresa, tomando el instrumento el desfase entre las ondas. Algunas Estaciones Totales presentan la capacidad de medir "a sólido", lo que significa que no es necesario un prisma reflectante.

Este instrumento permite la obtención de coordenadas de puntos respecto a un sistema local o arbitrario, como también a sistemas definidos y materializados. Para la obtención de estas coordenadas el instrumento realiza una serie de lecturas y cálculos sobre ellas y demás datos suministrados por el operador. Las lecturas que se obtienen con este instrumento son las de ángulos verticales, horizontales y distancias. Otra particularidad de este instrumento es la posibilidad de incorporarle datos como coordenadas de puntos, códigos, correcciones de presión y temperatura, etc. La precisión de las medidas es del orden de la diezmilésima de gonio en ángulos y de milímetros en distancias, pudiendo realizar medidas en puntos situados entre 2 y 5 kilómetros según el aparato y la cantidad de prismas usados.

1.7. Algunas consideraciones sobre las Estaciones Totales

Desde el surgimiento de las grandes civilizaciones, se han utilizado diferentes herramientas y útiles para las mediciones lineales y angulares. Con el paso del tiempo, las rústicas herramientas fueron evolucionando en instrumentos de medición con mejores cualidades para obtener resultados más exactos. El término Estación Total tomó amplia difusión en el comercio de la Topografía a partir de la aparición de un único instrumento que posibilitara la medición angular y lineal. Tal

vez esto se deba a que, previa a la aplicación de la electrónica en la Topografía, la tecnología imperante conducía a tratar separadamente la planimetría de la altimetría.

A partir de los instrumentos mencionados, el tratamiento planimétrico y altimétrico se realiza en una única operación, seguramente fue éste el motivo de la actual denominación, sin embargo, hay autores que consideran taquímetro electrónico una denominación más apropiada. Los instrumentos inicialmente diferían entre sí, por su precisión angular y alcance del distanciómetro (bastante reducidos comparados con los actuales), aunque no se perdía de vista la precisión lineal. De esta forma existían Estaciones Totales de 10'', 5'', 3'' y 1'', básicamente y precisiones lineales del orden de $\pm 5 \text{ mm} + 5 \text{ ppm}$. Estos valores corresponden a precisiones en la determinación de una dirección y en la medición de distancias respectivamente, que por lo general, difieren de las resoluciones que son los menores valores angulares o lineales que aparecen en la pantalla.

Por entonces la información se leía en pantalla y se transcribía en la libreta de campo. A partir de 1983 aparecieron las colectoras de datos, también denominadas libretas electrónicas donde se almacenaba la información medida en la Estación, se calculaban valores de replanteo o se resolvían diversos problemas topográficos, a partir de 1985 comenzaron a aparecer Estaciones Totales con capacidad para almacenar información y procesadores incluidos, que suplían a las colectoras de datos, se dio en designarlas en el mercado como Estaciones Totales inteligentes.

Siguiendo con la terminología más ortodoxa, convendría identificarlas como taquímetro electrónico con registro de información y programas incorporados que es el tipo de instrumento más difundido en la actualidad y que acepta algunas variantes respecto a los siguientes aspectos:

1.7.1. De la memoria

Memoria interna: Donde se almacenan el software del sistema y otras aplicaciones, además de la información de los datos de las mediciones, que se envía en forma by direccional, hacia y desde la computadora, mediante un cable de transmisión.

Memoria removible o externa: Para almacenar el software del sistema o las aplicaciones, además de la información de los datos de las mediciones, que se envía en forma by direccional desde y hacia la computadora, ya sea en un elemento de memoria estándar (tarjetas PCMCIA con capacidades desde 512 kilo bites hasta 4 mega bites o teclados removibles de mayor costo y volumen).

1.7.2. De los programas

Un número de programas fijos para la Estación (que sólo puede variar con la aparición de otra versión del software). Programas intercambiables por el usuario, de manera de reemplazar los programas estándar, que traen incorporadas las Estaciones Totales, por otros de la biblioteca de programas del fabricante. Generalmente esta categoría permite al usuario mediante programa personalizado, editar sus propios programas y cargarlos en la estación. Existen Estaciones servos asistidos o motorizados, las Estaciones clásicas y hasta la fecha de mayor difusión, son las Estaciones Manuales, (mal denominadas mecánicas), esto significa simplemente que los movimientos del círculo horizontal y vertical se realizan manipulándola con la ayuda de los tornillos de fijación o pequeños movimientos.

La técnica de medición de distancias en las Estaciones Totales Electrónicas está basada en el cronometraje de alta precisión. El tiempo es la magnitud de la física moderna, que más precisamente se puede definir y reproducir. En la medición de distancias se determina, mediante oscilaciones de cristal de cuarzo, el tiempo que necesita un impulso de luz entre dos puntos. Este rayo de luz infrarroja invisible, recorre en un segundo aproximadamente 300 000 kilómetros. El trayecto de ida y

vuelta de una distancia 1500 metros, lo hace en nada menos que en una cienmilésima de segundo (0,000 001 s). La temperatura, humedad del aire y la intensidad luminosa, influyen en el tiempo de recorrido del impulso de la luz. Por ello, teniendo en cuenta estos parámetros, la Estación Total electrónica de Leica realiza automáticamente en un plazo de 1-2 segundos, cientos de estas mediciones a la vez. Sobre esta base, se calcula la distancia exacta. Con la mejora continua en la precisión de los relojes de cuarzo, los errores en las mediciones de las distancias con Estaciones Totales Electrónicas cada día se hacen más pequeños y hasta el momento existen Estaciones Totales Electrónicas capaces de obtener ángulos con errores inferiores a 0,5'' y precisiones lineales del orden de $\pm 1 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$.

La tendencia actual es la de introducir las Estaciones Totales Electrónicas para trabajos de campo, este medio posee las características de almacenar gran cantidad de datos y de colectarlas de forma rápida, dinámica y precisa, contiene programas de tareas geodésicas y topográficas de todo tipo, se realizan nivelaciones trigonométricas con una precisión similar a la diferencial o geométrica, pueden transferir coordenadas y alturas de puntos, así como, acopiar las diferentes características de los elementos simbólicos cartográficos mediante códigos y otros parámetros que tradicionalmente solo podían hacerse mediante anotaciones en las libretas de campo, con el tedioso y largo proceso de gabinete, existiendo la omisión de elementos, errores o equivocaciones humanas en el pase de los datos. Convirtiéndose en los equipos de campo más solicitados y usados en la actualidad.

Las mayores razones por las cuales las Estaciones Totales Electrónicas han ganado en confianza y popularidad son:

1. Es un instrumento totalmente electrónico, las mediciones y lecturas de los ángulos así como el almacenamiento de los resultados, se hacen de forma electrónica, evitando se cometan errores de campo a gabinete.

2. Se puede medir una distancia con un error promedio de $\pm 1\text{mm} + 2\text{ ppm}$ y medirse un ángulo con precisión de 1 segundo sexagesimal.
3. Aumento considerable de la productividad del trabajo, por ejemplo, la composición laboral de una comisión de campo tradicional es de 4-5 hombres mientras que con las Estaciones Totales Electrónicas se puede reducir de 2-3 en dependencia del tipo de trabajo, ya que en lugares donde los contornos están muy cercas unos de otros, la medición y toma de los datos es tan rápida, que un tercer hombre estaría inutilizado, resultando un ahorro significativo en horas-hombres.

Estas tecnologías traen consigo la necesidad de una mayor preparación de los operarios, ya que es mucho mayor la rigurosidad en el cuidado, mantenimiento y explotación en este tipo de equipo que los tradicionales, ellos deben dominar, además de los conocimientos técnicos tradicionales, el uso de las fuentes de alimentación, carga de baterías, tarjetas especiales de memoria de datos, almacenamiento y vías de transmisión de datos así como, el uso y explotación de los diferentes software de medición y sus combinaciones, y los software de transmisión, procesamiento de datos y dibujo.

1.8. Teodolito y Estaciones Totales

Genéricamente se los denomina Estaciones Totales porque tienen la capacidad de medir ángulos, distancias y niveles, lo cual requería previamente de diversos instrumentos. Estos teodolitos electro-ópticos hace tiempo que son una realidad técnica accesible desde el punto de vista económico. Su precisión, facilidad de uso y la posibilidad de almacenar la información para descargarla después en programas de CAD ha logrado que desplacen a los teodolitos, que actualmente están en desuso. La mayor precisión de la estación total (pocos milímetros frente a los centímetros del GPS) la hacen todavía necesaria para determinados trabajos, como la colocación de apoyos de neopreno bajo las vigas de los puentes, la colocación de vainas para hormigón potenzado, el replanteo de vías férreas, los trabajos subterráneos y bajo techo, además aquellos donde el operador no puede

acceder, como torres eléctricas o riscos etc.

1.9. Comparación entre Teodolito y Estación Total

Antes del advenimiento de la Estación Total electrónica, los topógrafos utilizaron un instrumento conocido como teodolito para medir ángulos y para calcular distancia. El teodolito emplea dos discos, uno en la vertical y uno en el plano horizontal, que se rota manualmente para fijar un ángulo. El topógrafo entonces lee el ángulo usando un microscopio minúsculo unido al lado del instrumento. A partir de los años 1900, antes de las Estaciones Totales electrónicas, los topógrafos tuvieron que utilizar un teodolito o aún un compás y una cadena para medir ángulos, y distancias. Puesto que ésta era la única tecnología disponible, y los gobiernos del estado tuvieron que crear los límites oficiales de la tierra para los negocios y los ciudadanos, las medidas tomadas por los topógrafos que usaban estos instrumentos fueron hechas oficiales en registros gubernamentales.

La tecnología Total de la Estación ha asistido a topógrafos de varias maneras: En primer lugar, ha eliminado error humano a un grado grande. Con un teodolito, el topógrafo debe mirar con fijeza a través de un microscopio minúsculo para ver el ángulo, y después lo anota correctamente en su libro de registro. La Estación Total registra estos datos, que el topógrafo descarga simplemente sobre su computadora cuando él vuelve a su oficina.

En segundo lugar, la Estación Total ha eliminado totalmente la necesidad de medir líneas a mano. En el pasado, los topógrafos tuvieron que utilizar la cadena para marcar líneas, y después cuentan los acoplamientos para medir la distancia con la mayoría de la exactitud. Las cadenas no son fiables porque pueden perder acoplamientos en tránsito y se deforman en tiempo muy caliente o frío, y la meta de un topógrafo es conseguir una medida dentro de algunos centímetros. Hoy en la actualidad con las Estaciones Totales se mide grandes distancias sin la necesidad de llegar al objetivo a medir. Los teodolitos todavía tienen un lugar en diferentes trabajos topográficos, donde se necesita solamente medir un ángulo

simple, pero desde los años 70 han sido substituidos casi totalmente por la Estación Total electrónica. La eliminación tanto del error y del trabajo adicional hace la Estación Total y la tecnología del GPS los principales instrumentos de los trabajos geodésicos.

1.10. Valoración de los Trabajos topográficos en los túneles con los instrumentos tradicionales.

Para realizar los trabajos topográficos en los túneles, suelen emplearse instrumentos similares a los de exterior, siempre teniendo en cuenta las condiciones de iluminación de las labores subterráneas, y en caso necesario, que sean anti grisú. No obstante, existen equipos especialmente diseñados para trabajos de Interior.

Estos equipos se estacionan de manera que no interrumpan los servicios de arranque y de transporte de material. En algunos casos se coloca el instrumento sobre una barra horizontal, que se apoya en los hastiales a altura suficiente para no interrumpir el transporte. En otros casos, especialmente si las labores son angostas, el instrumento se suspende de un perno introducido en el hastial o en el techo de la labor. Los equipos antiguos se iluminaban, mediante el equipo adecuado, a través de los puntos de entrada de luz, de manera que pudieran tomarse lecturas sobre los limbos.

Los teodolitos electrónicos y las Estaciones Totales disponen de una pantalla, donde pueden leerse los resultados de la medición, que puede estar iluminada. Las plomadas y las señales de puntería se iluminan desde atrás, interponiendo una pantalla de papel o de plástico para no deslumbrar al operario del instrumento. También pueden iluminarse lateralmente. Todos los equipos de iluminación, en caso de minas de carbón, deben ser anti grisú.

La puesta en estación se realiza, generalmente, con relación a una plomada que cuelga de un cáncamo situado en el techo de la labor, como se observa en la (figura 1.1.). Moveremos el instrumento, montado sobre el trípode, hasta

sitarlo aproximadamente bajo la plomada y, a continuación, utilizaremos el juego del instrumento sobre la meseta del mejor. La plomada debe estar en la prolongación del eje principal del instrumento.

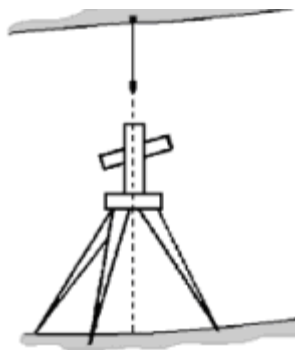


Figura 1.1. Puesta en estación

En topografía subterránea es muy habitual que las señales que marcan los puntos de estación no se puedan colocar en el suelo, ya que el paso de personal y de maquinaria podría hacerlas desaparecer. Por ello se colocan, normalmente, en el techo de las labores, utilizando una plomada para proyectarlas sobre el piso. Para la puesta en estación proyectaremos el punto sobre el suelo, donde se marcará con un clavo, y se procederá a estacionar sobre este clavo utilizando el procedimiento habitual. En muchos casos se prefiere suspender una plomada desde el punto marcado en el techo y centrar el instrumento con referencia a esta plomada.

Los puntos de estación se elegirán de manera que los recorridos de los itinerarios sean lo más sencillos posible y su número de estaciones lo más bajo posible, para evitar la acumulación de errores. Las señales no deben estar sometidas a movimientos. Se deben numerar de forma ordenada y recoger claramente las observaciones necesarias en las libretas de campo, incluyendo croquis cuando sea preciso, para facilitar su localización. En exterior, los puntos se suelen denominar usando letras mayúsculas. En interior se suelen emplear minúsculas, seguidas de apóstrofes o de subíndices en caso necesario.

Las estaciones marcadas en el techo de la labor deben ser fáciles de localizar y no estar expuestas a desaparecer. Para que el punto de estación quede marcado inequívocamente, emplearemos las siguientes normas:

- El hueco del cáncamo por el que pasa el hilo de la plomada debe ser de diámetro un poco superior al de éste.
- El cáncamo debe situarse en el plano vertical que contenga a la bisectriz del ángulo formado por las dos visuales a lanzar desde la estación: la de la estación anterior y la de la siguiente.
- El hilo de la plomada debe introducirse en el ojal siempre en el mismo sentido y utilizando esta norma para todas las estaciones.

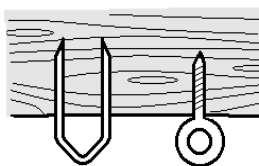


Figura 1.2. Señalización de estaciones (1)

Cuando la entibación es de madera (figura 1.2.) las señales se clavan con facilidad. Pueden emplearse grapas de hierro, cerrando un poco la curvatura para aproximarla al grosor del hilo de la plomada. También puede emplearse un cáncamo normal, con el ojal pequeño. Cuando la entibación es de metal puede sujetarse una cuña de madera, mediante grapas, y proceder como en el caso anterior. También se utiliza una pistola (de las que emplean los electricistas) para empotrar tornillos apropiados, provistos de un ojal, en la entibación.

En labores en roca puede utilizarse un martillo perforador para hacer un taladro e introducir en él un taco de madera sobre el que se clavará el cáncamo (figura

1.3.). También pueden emplearse tacos de plástico. Utilizando cemento mezclado con sosa (para que fragüe rápido) se pueden sujetar grapas en el techo (figura 1.4.). En este caso conviene doblar ligeramente las patas de la grapa hacia afuera y cerrar la curvatura de ésta, como se indicó antes.

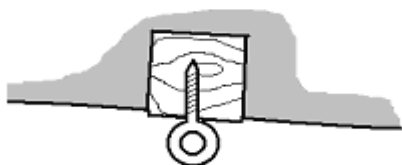


Figura 1.3. Señalización de estaciones (2)

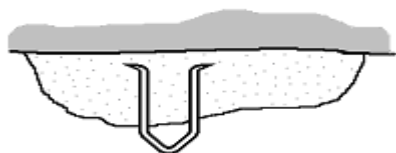


Figura 1.4. Señalización de estaciones (3)

Para localizar fácilmente los puntos, conviene marcar un círculo rojo con pintura alrededor de cada uno, una vez puesta la señal que sujetará la plomada.

1.10.1. Mediciones de ángulos

Las circunstancias propias de los trabajos de interior obligan, con frecuencia, a establecer itinerarios de lados muy cortos, lo que supone mayores errores en la medida de ángulos. En particular, el error de dirección puede ser muy importante, especialmente si la puesta en estación no se hace con el cuidado necesario.

Antiguamente se empleaban teodolitos con anteojo excéntrico, de manera que se pudieran lanzar visuales verticales a lo largo de pozos y chimeneas. Pero las complicaciones que suponían, y la necesidad de introducir en todas las mediciones la corrección por excentricidad, han hecho que en la

actualidad se utilicen, normalmente, equipos de uso general. Para poder lanzar visuales verticales, estos equipos se dotan de oculares acodados. También pueden emplearse, siempre que la apreciación sea compatible con la precisión de los trabajos topográficos y que no existan perturbaciones magnéticas en el subsuelo, las brújulas.

Muchos instrumentos llevan una señal o un pivote para indicar el centro del anteojo. Si situamos el anteojo en posición horizontal, esta señal nos indicará el punto sobre el que debe estar la plomada para conseguir la puesta en estación. Si el aparato no dispone de esta señal, la materializamos estacionando aproximadamente bajo la plomada y marcando con un lápiz el círculo que describe la punta de ésta sobre el anteojo (situado en posición horizontal) al girar la alidada horizontal.

El centro de este círculo es el punto buscado. Para medir el ángulo entre ejes de un itinerario (figura 1.5) se sitúan plomadas en los tres puntos que lo definen, es decir en los puntos que marcan nuestra estación y las estaciones anterior y siguiente. Como en el caso de medición de ángulos en el exterior, si hemos orientado previamente el instrumento (con la visual de espaldas) obtendremos acimutes y si no, obtendremos las lecturas horizontales.

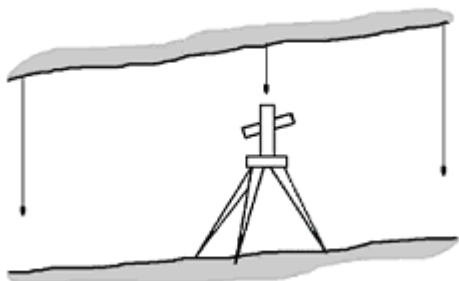


Figura 1.5. Medición de ángulos

1.10.2. Replanteo del eje del túnel

Una vez realizados los trabajos de enlace entre bocas y el paso por montera, y antes de comenzar la excavación, se marca, siguiendo la alineación del eje del túnel, un mínimo de tres puntos en cada uno de los extremos. Estas referencias se eligen de forma que no se vean afectadas por los trabajos de excavación y se señalan de forma permanente. Estacionando un instrumento topográfico en el punto central y visando al siguiente, tendremos materializada la alineación inicial del túnel y podremos comenzar el replanteo del mismo (figura 1.6). El tercer punto nos servirá como comprobación.

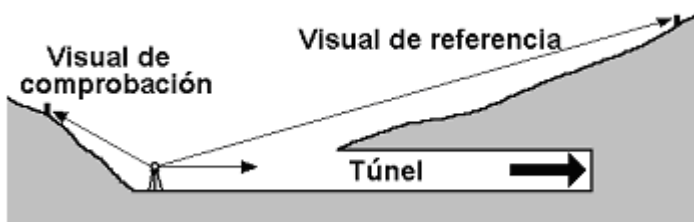


Figura 1.6. Replanteo del eje del túnel

Por razones prácticas, especialmente la visibilidad, el replanteo en altimetría suele hacerse marcando una rasante sobre elevada a una magnitud constante (1 a 1,5m) respecto a la altitud del piso teórico del túnel. Esta rasante puede señalizarse mediante una cuerda horizontal tendida entre los hastiales. (figura 1.7). Si la precisión en altimetría ha de ser grande, conviene hacerlo utilizando un nivel.

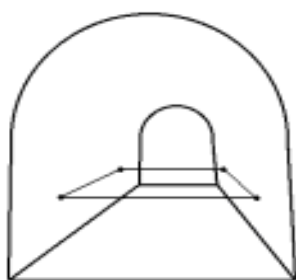


Figura 1.7. Rasante sobre elevada

Si la excavación se realiza también a partir de un pozo intermedio la operación es más complicada. Las coordenadas de la boca del pozo se habrán determinado con precisión, comprobando que se sitúa en la vertical de la rasante del túnel y enlazándola planimétrica y altimétricamente con las bocas extremas del túnel.

1.10.3. Replanteo de labores en línea recta

Una vez completados los cálculos del rompimiento se realiza el replanteo de la labor desde el punto o puntos de ataque. El replanteo consiste en marcar sobre el terreno los elementos necesarios para iniciar la excavación y para realizar el seguimiento de la misma. El espacio disponible al iniciar la labor suele ser reducido, por lo que a veces es recomendable hacer un replanteo provisional que luego se va afinando, a medida que avanza la labor.

Estacionamos en el punto conocido *A* y, con apoyo de un punto auxiliar *P* también conocido, orientamos el instrumento topográfico y visamos en la dirección de la futura labor *A-B*, cuyo acimut hemos calculado. Actuando únicamente sobre el movimiento de cabeceo del anteojo, señalamos los puntos *A'* y *A''*, que forman parte de la alineación, en los hastiales o en el techo (figura 1.8.). La excavación deberá seguir la dirección señalada.

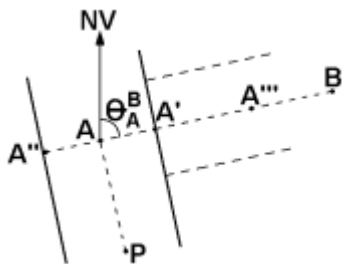


Figura 1.8. Replanteo de galería recta

Para reducir errores conviene lanzar dos visuales a cada punto, una con el anteojo en posición normal y otra con el anteojo en posición invertida (tras aplicar la regla de Bessel). Si existe una pequeña des corrección en el instrumento obtendremos dos lecturas ligeramente distintas, de las que tomaremos el valor intermedio. Cuando la labor ha avanzado algunos metros se repite la operación, señalando nuevos puntos como el A''. La operación se simplifica considerablemente utilizando oculares láser.

1.11. Análisis Bibliográfico

La búsqueda bibliográfica se realizó teniendo en cuenta la materialización de los objetivos propuestos, para ello primeramente se efectuó la revisión en Internet de las páginas que abordan sobre el empleo de Estaciones Totales para el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles, Se consultó los manuales de empleo de las Estaciones Totales de la marca Sokkia y Leica. Por otro lado, se revisaron trabajos sobre el tema, desde el punto de vista teórico y práctico, que aportaron resultados relevantes para el replanteo del pasaporte de perforación y voladura con la nueva tecnología en los túneles del trasvase Este-Oeste.

CAPITULO II CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE ERRORES QUE SE MANIFIESTAN EN LAS MEDICIONES CON ESTACIONES TOTALES

2.1. Análisis de los tipos de errores que se manifiestan durante las mediciones con estaciones totales electrónicas

Es importante analizar y conocer a fondo las características de los errores que se cometen durante las mediciones con las Estaciones Totales Electrónicas, los cuales de acuerdo al análisis y estudio de diferentes autores se han agrupado por las causas que los originan y ellas son:

- ☐ Errores instrumentales
- ☐ Errores personales
- ☐ Errores naturales

2.1.1. Errores instrumentales

Imperfecciones son el resultado del hecho de que ningún dispositivo mecánico pueda fabricarse con cero error, debido a errores inevitables en el proceso de fabricación, provocado por las tensiones mecánicas y las composiciones de los materiales. En etapas anteriores, las técnicas de las mediciones muy específicas, se enseñaron y emplearon por los topógrafos para compensar o reducir las imperfecciones mecánicas que se presentaban en los teodolitos; con el advenimiento de las Estaciones Totales Electrónicas, parecía que los errores que se producen durante su fabricación llamados de los instrumentos se iban a eliminar, pero aun con las tecnologías de fabricación más sofisticadas, los errores aún existen y exigen que los operarios sean más versátiles en el uso de las diferentes técnicas que compensan estos errores para reducirlos al mínimo, aplicando los diferentes valores de calibración.

Independientemente de que las Estaciones Totales Electrónicas se ajustan en la fábrica antes de ser suministradas, los errores de fabricación pueden variar con el tiempo y con las temperaturas, por esa razón, siempre se recomienda volver a determinarlos antes de:

- ☐ Utilizarlo por primera vez
- ☐ Efectuar mediciones de precisión
- ☐ Después de una prolongada transportación
- ☐ Antes y después de pausas prolongadas de trabajo
- ☐ Cuando haya diferencias de temperaturas superiores a 10°C

Para determinar correctamente las incertidumbres de las mediciones, se necesita de un laboratorio de calibración competente, donde se encuentra el personal con la calificación y homologación correspondiente y con los patrones trazables y métodos avalados para determinar la incertidumbre en condiciones idóneas, que introduzcan el mínimo de errores. En algunas bibliografías y manuales de usuarios de las diferentes marcas, se tratan los errores instrumentales con algunas diferencias de términos, su esencia es similar en todos los casos y podemos además, subdividirlos en dos grupos que son los siguientes:

- ☐ Errores electrónicos
- ☐ Errores mecánicos,

2.1.2. Errores electrónicos

Los errores electrónicos, corresponden al funcionamiento electrónico interno del instrumento, sin la influencia de factores externos y aunque muchas de sus

partes dependen o se relacionan con factores mecánicos, se controlan electrónicamente y ellos son:

- ☐ Error de colimación del compensador de dos ejes
- ☐ Error de colimación horizontal
- ☐ Error de índice vertical
- ☐ Error por excentricidad del círculo
- ☐ Error de perpendicularidad
- ☐ Error de graduación del círculo
- ☐ Compensación del prisma.

2.1.3. Error de colimación del compensador de dos ejes

Consiste en la desviación del eje principal con respecto a la línea de la plomada y equivale a la determinación del centro de la burbuja del nivel. Su influencia en la dirección horizontal o en el ángulo vertical, se elimina mediante el compensador de dos ejes, el cual define la línea de la plomada en el instrumento, que es igual a la línea de la gravedad terrestre.

Una inclinación en cualquier dirección, pudiera traer efectos longitudinales y transversales, pudiendo existir errores en el posicionamiento del instrumento, en el ángulo horizontal y en el ángulo vertical. Estos errores se determinan y ajustan en fábrica a cero.

La incorrecta nivelación del eje principal no es un error instrumental y no se elimina mediante mediciones en ambas posiciones del anteojo. Una inclinación lateral, afecta las mediciones del ángulo horizontal.

La aplicación del compensador de dos-ejes, permite la representación electrónica de los niveles cilíndricos del instrumento de forma eficaz y eficiente, la menor exactitud se obtiene en mediciones en una sola cara, en el momento en que se compensa la inclinación del instrumento de forma automática, las lecturas de los círculos vertical y horizontal y en especial para visuales muy inclinadas.

2.1.4. Error de colimación horizontal

El error de colimación horizontal en la desviación del ángulo recto formado por el eje de muñones y la línea de la visual, o lo que se conoce cuando el eje óptico del teodolito no es perpendicular al eje visual del telescopio o anteojo, la influencia de este error en el ángulo horizontal, se manifiesta en que aumenta con la altura sobre el horizonte y disminuye en visuales horizontales. Este error se determina y ajusta en la fábrica a 0,00. La mayoría de las Estaciones Totales Electrónicas, tienen un método que mantiene un ajuste del error de colimación horizontal de campo, en dependencia del ángulo vertical y para compensar aún más este error, se debe de hacer lecturas en las dos caras del limbo horizontal. Los manuales para cada instrumento proporcionan la instrucción detallada para el uso de esta corrección.

2.1.5. Error de índice vertical

El error de índice vertical es el error del punto cero del círculo vertical respecto al eje de muñones. Para que el telescopio pueda rotar a través de un plano verdaderamente vertical, su eje de rotación debe ser perpendicular al eje de rotación horizontal, si la línea visual del instrumento es horizontal, la lectura del círculo vertical debe ser exactamente de 90° . Esta desviación recibe el nombre de error de índice vertical y el mismo se corrige en todos los ángulos verticales medidos. Este error se determina y ajusta en la fábrica a 0,00.

2.1.6. Error por excentricidad del círculo

La excentricidad del círculo existe, cuando el centro teórico del eje mecánico del teodolito, no coincide exactamente con el centro del limbo horizontal o vertical, la magnitud del error corresponde al grado de excentricidad. Cuando se representa gráficamente la excentricidad del círculo, ésta aparece como una ola de seno. Este error se compensa haciendo lectura en las dos caras del limbo y usando el promedio del error como resultado. Algunos instrumentos vienen configurados para que al determinar la ola de seno, sean guardadas en memoria y se agrega o sustrae en cada lectura del ángulo, para que sea corregido dicho error en el momento de la medición.

2.1.7. Error de perpendicularidad

El error de perpendicularidad es la desviación del eje de muñones respecto al eje vertical y el mismo se ajusta en la fábrica a 0,00.

2.1.8. Error de graduación del círculo

En otros períodos, este error era un problema significativo, actualmente se han eliminado los problemas de graduación del círculo, debido a la utilización de una tecnología muy avanzada en su fabricación y su principio se basa en las técnicas similares a las utilizadas en las artes gráficas, en que la imagen del círculo patrón de referencia, se reproduce primeramente a una escala muy grande y luego se proyecta al tamaño del círculo original, grabándose las marcas sobre el cristal del círculo del instrumento con una alta precisión.

2.1.9. Compensación del prisma

Cada fabricante produce y suministra los diferentes medios y accesorios que complementan el uso correcto del instrumento, que provoca la obtención de los resultados con la mayor calidad posible, como son de la misma marca y compatibles entre sí y por lo tanto, en la mayoría de los casos, el error

por concepto del prisma es igual o cercano a cero. Hay casos en que existen prismas de versiones anteriores de una misma marca, en que el fabricante hace referencia a que puede utilizarse, pero con el pre ajuste de las configuraciones adicionadas en el instrumento, de forma tal, que antes de ejecutar los trabajos, se configura en la memoria del equipo el tipo de prisma que se va a utilizar y automáticamente se aplican los valores de corrección, pero pudiera darse el caso de que se necesitan utilizar dos tipos de prismas, lo cual exige una alta concentración, experiencia y conocimiento del operario en la configuración constante al tipo de prisma que se está midiendo, que pudiera traer consigo un error humano difícil de detectar, por lo tanto, el propio fabricante sugiere el uso de una sola configuración y preferentemente de los prismas fabricados para el tipo de instrumento que se ha suministrado.

2.1.10. Errores mecánicos

Son errores que sus ajustes se realizan mediante dispositivos mecánicos y no intervienen en el sistema electrónico y si lo hiciera, su ajuste sería por medio de algún dispositivo mecánico, ellos son:

- ☐ Errores por deformaciones del trípode
- ☐ Ajuste del nivel esférico
- ☐ Ajuste de la base nivelante
- ☐ Ajuste de la plomada óptica y láser
- ☐ Ajuste del bastón portaprisma

2.1.11. Errores por deformaciones del trípode

Las uniones entre el metal y la madera deben estar siempre firmes y los tornillos Hallen moderadamente apretados, las articulaciones de la cabeza deben apretarse de tal manera, que la posición abierta de las patas se

mantenga cuando se levante el trípode del suelo. El trípode será capaz de resistir las fuerzas de torsión y regresar a su posición normal. Al aplicar una fuerza de torsión a la meseta del trípode con ambas manos, en forma tangencial a dicha base y propinando un giro de aproximadamente 60", una vez liberado de la fuerza de torsión aplicada, el valor residual no excederá los 3". Otro de los problemas que se puedan presentar en el trípode es la rigidez de las patas, con respecto a las tensiones verticales provocadas por el peso de los instrumentos, cuando colocamos un peso sobre el plato superior del trípode que duplique el peso máximo del instrumento, la meseta del trípode no se hundirá por más de 0,05 mm.

2.1.12. Ajuste del nivel esférico

Antes de proceder al ajuste, es necesario nivelar el instrumento mediante el nivel electrónico. Si el punto de juego de la burbuja rebasa el borde de la marca, se ajusta por medio de los tornillos de ajuste. Luego de realizado el ajuste no debe quedar ningún tornillo flojo.

2.1.13. Ajuste de la base nivelante

Su comprobación debe hacerse periódicamente para lograr una correcta nivelación y aplome. La base nivelante debe estar correctamente verificada y ajustada, es importante que el nivel esférico esté dentro del borde de la marca circular al nivelar el instrumento con los niveles electrónicos y retirar el instrumento, de lo contrario, es necesario ajustarlo. Luego de realizado el ajuste no debe quedar ningún tornillo flojo.

2.1.14. Ajuste de la plomada óptica y láser

Es recomendable controlar regularmente la plomada óptica de la base nivelante y láser del instrumento, pues cualquier variación de su línea visual respecto al eje vertical conduce a errores de centraje y solo se permite un desplazamiento de 0,001 m de dicha marca.

Los instrumentos que tienen instalados la plomada láser en su eje vertical, se comprueban luego de nivelado el instrumento, girándolo lentamente, si el centro del punto describe un círculo, el instrumento no está en condiciones de utilizarse.

2.1.15. Ajuste del bastón porta prisma

Al usar el prisma sobre bastón, deben tomarse las precauciones de que el nivel esférico, esté correctamente verificado y ajustado. Es necesario hacer un análisis de las características del terreno antes de ejecutar los trabajos, de manera que se coloque el prisma a una altura que evite su cambio reiterado, de igual manera, se debe de colocar una misma altura en el caso en que se trabaje con más de un bastón y así se evitará la ocurrencia de errores en la introducción de la altura del prisma.

2.1.16. Errores personales

Son discrepancias o no conformidades que tienen por origen el descuido, violación de normas y procedimientos, confusiones físicas y/o mentales al registrar los datos y se deben en sentido general a un alto grado de subjetividad. No puede existir justificación para que se presenten estos errores en el momento de la medición, ya que los mismos, a pesar de parecer ajenos o accidentales son controlables y evitables y ellos son:

- ☐ Introducción incorrecta de los datos
- ☐ La centración del instrumento o señal
- ☐ Errores de puntería.

2.1.17. Introducción incorrecta de los datos

Las posibilidades que brinda el almacenaje y lectura automatizada de los datos no está exenta de que se produzcan equivocaciones tales como:

- ☐ Introducción incorrecta de los datos de los puntos y sobre todo, los que tienen caracteres alfanuméricos.
- ☐ Elección incorrecta del fichero de almacenaje y trabajo.
- ☐ Existencia de datos almacenados de más de un punto de apoyo con similares caracteres de su nomenclatura, pero con coordenadas diferentes.
- ☐ Elección incorrecta del fichero de referencia del punto de estación o de orientación.
- ☐ Introducción incorrecta de la altura de la señal a la que se está midiendo.

Los errores mencionados, por su origen son evitables y la mejor manera para ello es el de realizar las mediciones siguiendo los pasos establecidos en los procedimientos y documentos normativos, teniendo especial cuidado, en la introducción de los datos y una vez hecho, comprobarlos.

2.1.18. La centración del instrumento y la señal

El instrumento o señal se centran sobre un punto o marca bien definida y la misma tiene una máxima desviación admisible, esta desviación de la plomada con respecto a la señal, describe una circunferencia cuyo punto central es la señal y su radio sería el desplazamiento. La situación más desfavorable se nos puede presentar en dos momentos:

- ☐ El primero se presenta cuando la visual es tangente interiormente a ambas circunferencias y por lo tanto, los errores se suman incidiendo en el incremento del error angular, la cual es directamente proporcional a la distancia entre los puntos.
- ☐ El segundo caso, se daría cuando los radios del desplazamiento están en la misma alineación que la visual, si los radios se hallan en los puntos opuestos a

la alineación traería como resultado un incremento en el error de la distancia, mientras que si los radios se hallan hacia el interior, se tendría un error por defecto.

2.1.19. Errores de puntería

Durante la colimación de la señal, se biseca la misma con el hilo vertical del retículo para las observaciones acimutales u horizontales y el hilo medio horizontal para las direcciones cenitales o verticales. El error surge como consecuencia de que esta bisección nunca será perfecta y siempre quedará un espacio imperceptible para la visión. Los errores de puntería se deben a dos factores: El primero, a la habilidad humana de apuntar el instrumento y el segundo, a las condiciones medioambientales (vibración del aire). Las señales muy alejadas se deforman y limitan la visión clara del elemento que se observa. Las mejores maneras de reducir estos errores son:

- ☐ Repetir la observación en varios tiempos y en las caras I y II y utilizar el promedio como resultado.
- ☐ Escoger una distancia entre el instrumento y el objetivo, que permita identificar este último correctamente sin ambigüedades ni dudas.
- ☐ No efectuar las mediciones cuando la vibración provocada por el aire traiga como consecuencia, que el compensador de dos ejes indique inestabilidad en la observación.

2.1.20. Errores naturales

Se producen por la influencia de ciertos fenómenos naturales ajenos a la voluntad del operario y ellos son:

- ☐ La refracción atmosférica.
- ☐ La curvatura de la tierra.

- ☐ Las condiciones atmosféricas.
- ☐ Los efectos de la luz directa del sol.
- ☐ Las vibraciones

2.1.21. La refracción atmosférica

La atmósfera terrestre tiene distintas densidades en diferentes lugares. En general las capas más densas de la atmósfera son las cercanas a la superficie de la tierra. Como consecuencia, el rayo visual al atravesar la atmósfera formará una curva cuya concavidad se dirige hacia la tierra, en este fenómeno son elementos determinantes la distancia del punto de estación a la señal y el radio de la tierra en el lugar de la medición. Como los valores resultantes para distancias inferiores a 2 000 m en cualquier parte del planeta son inferiores a los + 0,000006 m para el ángulo vertical y mucho menor para el ángulo horizontal y analizando el destino de las mediciones de los trabajos de referencia, no es necesario tener en cuenta este error y no ha sido incluido en el objeto de este estudio.

2.1.22. La curvatura de la tierra

Se considera la incidencia de la esfericidad la superficie terrestre en una determinada magnitud de una superficie horizontal, al igual que el fenómeno de la refracción, en este fenómeno son elementos determinantes la distancia del punto de estación a la señal y el radio de la tierra en el lugar de la medición.

Como los valores resultantes para distancias inferiores a 2 000 m en cualquier parte del planeta son inferiores a los + 0,0003 m para una distancia horizontal y al igual que en el caso de la refracción atmosférica, no es necesario tener en cuenta este error y no ha sido incluido en el objeto de este estudio.

2.1.23. Las condiciones atmosféricas

Los efectos de las variaciones de la temperatura, humedad relativa, presión atmosférica y la altura sobre el nivel medio del mar, inciden sobre los resultados de las mediciones de las distancias, en el caso de esta investigación se consideraron para el estudio, pero unos de los argumentos en los experimentos fue, el de demostrar que para las precisiones a obtener en los trabajos resultantes y las condiciones climáticas de Cuba, los errores que se obtienen son tan pequeños que no es necesario obtener los valores meteorológicos con mucha exigencia y solo configurar valores medios estimados.

2.1.24. Luz directa del sol

El calentamiento desigual del instrumento provocado por la luz directa del sol sobre el mismo, puede calentar un lado del instrumento lo suficiente como para causar errores pequeños, aún en los casos en que la temperatura ambiental sea agradable al observador. El uso de la sombrilla o paraguas siempre será obligatorio, en cualquier momento en que los rayos solares puedan incidir directamente en el instrumento.

2.1.25. Las vibraciones

Hay que evitar en todo momento que el instrumento se estacione en lugares inestables, movedizos, de fuertes vibraciones por diferentes causas, ya que provocan inestabilidad en el trabajo del mismo, sobre todo en los errores de la colimación horizontal y vertical, en los compensadores y en el nivel electrónico.

2.2. Análisis de los posibles parámetros a obtener al aplicar las Estaciones Totales Electrónicas para los trabajos del trasvase

El grupo Empresarial CUBANIQUEL ha adquirido Estaciones Totales Electrónicas de la firma Leica y Sokkia, por tal motivo nos centramos en

la investigación de los modelos que se emplean en los yacimientos lateríticos cubanos. Conociendo los errores y aplicaciones anteriormente mencionados y haciendo un análisis de sus datos técnicos, nos centramos en elegir los parámetros que teóricamente nos ofrezcan la mínima posibilidad de exactitud y precisión y de los que obtuvimos los resultados que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 2.1. Errores residuales máximos y otros parámetros objeto de nuestro estudio de los instrumentos de la serie Leica.

Descripción	Parámetro
Error en la medida de un ángulo horizontal	5"
Sensibilidad del nivel electrónico	20"
Desviación estándar en la medición de un ángulo horizontal o vertical	0,17"
Desviación estándar en la medición de una distancia	0,0025 m
Error en la medida normal de una distancia	2 mm + 2 ppm
Alcance máximo con un solo prisma	1 000 m.

Los factores meteorológicos tomados como referencia, fueron los de mayor incidencia posible en el territorio nacional, con una presión atmosférica de 1 017 milibares (mb), una humedad relativa del aire del 80 % y una temperatura ambiental de +35°C, que de acuerdo a la tabla de correcciones atmosféricas de las Estaciones Totales, nos ofrecen un error máximo posible de +21 ppm.

De acuerdo a los parámetros expuestos en la Tabla 2.1. y analizando que la distancia máxima de alcance del instrumento al punto en condiciones desfavorables es de 1 000 m, tendríamos que los errores a obtener en la medición de una distancia a esa magnitud, serían los que se exponen en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Errores que se cometen en la medición de una distancia de 1000m (en metros)

Descripción	Parámetro
Error en la medida normal de la distancia	+0,005
Error por centración del instrumento	+0,002
Error por factores meteorológicos	+0,022
Desviación estándar en la medición de la distancia	+0,0025
Error lineal máximo de la distancia	+0,0315

Como se puede apreciar, el error lineal máximo que se alcanza en la medición de una distancia de 1 000 m es de 0,0315 m, para un error relativo de 1/31 700. Valorando el error que se obtiene en la medición de un ángulo horizontal a la distancia de referencia, tendríamos los errores que aparecen en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Errores que se cometen en la medición de un ángulo horizontal a 1 000 m

Descripción	Parámetro (en segundos)
Error de colimación en un ángulo	5,0
Error por centración del instrumento	0,3
Desviación estándar en la medición de un ángulo	0,17
Error máximo	5,47

Con todos los datos hasta ahora analizados, podemos determinar el error que se obtiene a 1 000 m de distancia del instrumento, por la influencia del error en la medición angular, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$E. \text{ transv.} = \text{Sen } \alpha * D$$

$$\text{Donde: } \alpha = 00^{\circ} 00' 05,47'', D = 1\,000 \text{ m}$$

$$E. \text{ transv.} = 0,00002651930835 \times 1\,000 \text{ m} = \mathbf{0,027 \text{ m}}$$

Si calculamos el error absoluto resultante del error lineal y el error transversal tendríamos el siguiente resultado:

$$\mathbf{E. \text{ Absol.} = \sqrt{E. \text{ lin.}^2 + E. \text{ transv.}^2}}$$

$$\text{Donde: } E. \text{ lin.} = 0,032 \text{ m}, E. \text{ transv.} = 0,027 \text{ m}$$

$$\mathbf{E. \text{ Absol.} = \sqrt{0,032^2 + 0,027^2} = 0,042 \text{ m}}$$

Si fuéramos a tomar una altura o cota a la magnitud de referencia, habría que tener en cuenta los errores que aparecen en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Errores que intervienen en la toma de un piquete de cota o altura e un punto a 1 000m del instrumento en una diferencia de $\pm 1,5^{\circ}$ con respecto al horizonte

Descripción	Error
Error del nivel de la alidada	1,0"
Desviación estándar del instrumento en la medición de un ángulo	0,17"
Error angular máximo	1,17"
Error de apreciación de la altura de instrumento	$\pm 1 \text{ mm}$
Error de apreciación de la altura del prisma de la señal	$\pm 1 \text{ mm}$
Error de apreciación de la altura de instrumento y señal del prisma	$\pm 2 \text{ mm}$

De acuerdo a los datos anteriormente expresados podemos determinar el error que se obtiene en la determinación de la cota o altura de un punto a 1 000 m de distancia del instrumento, por la fórmula:

$$E \text{ cota.} = \text{Sen } \beta * D \pm 2 \text{ mm}$$

$$\text{Donde: } \beta = 00^{\circ} 00' 01,17'', D = 1\ 000 \text{ m}$$

$$E. \text{ Cota} = 0,000005672320069 \times 1\ 000 \text{ m} = 0,006 \text{ m} \pm 0,002 \text{ m} = \mathbf{0,008 \text{ m}}$$

E. Cota = $0,000005672320069 \times 1\ 000 \text{ m} = 0,006 \text{ m} \pm 0,002 \text{ m} = 0,008 \text{ m}$ Cuando los valores angulares difieren significativamente del plano horizontal y teniendo en cuenta la magnitud de referencia y el error lineal máximo que se alcanza en la misma tendríamos los errores que aparecen en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Variaciones del error en la nivelación trigonométrica en dependencia del ángulo vertical y de acuerdo al error lineal obtenido a 1 000 m de distancia

Angulo vertical (±)	Error (m)
1°	0,000
2°	+0,002
5°	+0,004
10°	+0,007
20°	+0,014

Las fuentes de incremento de errores en el dibujo en formato digital, producto de las mediciones de campo son nulas, ya que los valores de coordenadas que se obtienen son transmitidos exactamente iguales al dibujo en unidades reales, hasta las posiciones decimales que se deseen establecer y por lo tanto, no sufren ningún incremento por errores humanos como solía suceder en los métodos tradicionales.

CAPÍTULO III PROCEDIMIENTO PARA EL EMPLEO DE LA ESTACIÓN TOTAL EN EL REPLANTEO DEL PASAPORTE DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN LOS TÚNELES DEL TRASVASE ESTE-OESTE

3.1. Objetivo y alcance

El objetivo de este documento es, establecer un procedimiento para el empleo de Estaciones Totales en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Tránsito Este- Oeste.

El procedimiento está referido a los instrumentos adquiridos por la UCM, ECOH Mayarí de la compañía Leica Geosystems de la serie TPS400/TPS410, su empleo presupone conocimientos previos sobre Estaciones Totales Electrónicas y el uso de sus manuales de usuarios [5].

3.2. Trabajos de preparación y organización

Ante todo se deben de tener todos los certificados de calibración del instrumento y de los accesorios de medición, calibrado y certificado como apto para el uso por los laboratorios meteorológicos correspondientes al grupo empresarial GEOCUBA. Se debe chequear el completamiento de todo el equipamiento y accesorio de trabajo, los cuales se reflejan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Relación del equipamiento y accesorios de una comisión de topografía.

	Instrumento o accesorio.	Cantidad.
1	Estación Total LEICA TCR-407	1
2	Batería interna.	2
3	Batería externa.	1
4	Cable de alimentación de batería externa.	1
5	Tarjeta de memoria.	1
6	Cargador de baterías externa, interna.	1
7	Trípode para el instrumento.	1
8	Juego de porta prismas con prismas.	2
9	Bastón de reflector.	2
10	Cinta métrica de 2 a 5 m.	1
11	Radios de comunicación portátil con batería	2
12	Batería de repuesto para radios.	2
13	Libreta para anotaciones y croquis.	1
14	Lapicero.	2
15	Marcadores permanentes.	2
16	Centra punzón.	1
17	Mandarria.	1

Con vistas a asegurar un trabajo ininterrumpido, se debe garantizar que las baterías de alimentación del instrumento y de los radios de comunicación, se

encuentren a plena capacidad de carga, el tiempo de carga garantizará una capacidad de trabajo de tres a cuatros horas por encima de la jornada laboral de 8 horas, o sea de 11 a 12 horas de capacidad de trabajo.

Cualquier interrupción de la jornada laboral que se produzca por insuficiencia en la alimentación del equipo o las comunicaciones, pueden ser más costosas que el valor de los medios antes mencionados. La tarjeta de memoria interna o removible, debe garantizar la suficiente capacidad para acumular el total de mediciones por jornada laboral, por lo que el operario del instrumento, debe velar que la acumulación de mediciones por ficheros de trabajo no sobrepasen esta cifra y de esta manera, evitar problemas en la descarga de dichos datos a la PC, así como evitar interrupciones de la jornada laboral por insuficiente capacidad de memoria, debiendo descargar los datos sistemáticamente.

La introducción de las coordenadas y alturas de los puntos de la RHGE o de apoyo existentes en la zona del proyecto, se realizará cuidadosamente y una vez introducidos en la memoria, deben de verificarse con la ayuda de una segunda persona integrante del equipo de trabajo o del responsable de calidad del departamento. El proceso de preparación para el empleo de la Estación Total en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Trasvase Este- Oeste consta de las etapas siguientes:

1. Principales advertencias y precauciones de seguridad.
- 2- Configuración del equipo.
- 3- Estación del equipo.
- 4-Orientación del equipo.
- 5-Replanteo.

3.2.1. Principales advertencias y precauciones de seguridad

Para un uso seguro de la Estación Total y la prevención de lesiones a los usuarios u otras personas, es necesario analizar y señalar las advertencias y precauciones de la zona que cubra cada punto de estacionado del instrumento, ya que cada lugar, posee características diferentes que pueden causar daños a personas u objetos y los mismos deben de contemplarse de forma general en los proyectos Técnico General y Ejecutivo. Además revisar que todos los trabajadores de la brigada posean los medios de protección adecuados para desempeñar dichas funciones.

- ❖ Las advertencias y precauciones de seguridad más importantes para el uso de la Estación Total son:

Advertencias

1. No utilizar el instrumento sin instrucción previa del usuario.
2. No use el instrumento en zonas expuesta a grandes cantidades de polvo o ceniza, en lugares que no haya ventilación adecuada ni cerca de materiales inflamables.
3. No apuntar directamente al sol.
4. Cuando coloque el instrumento en la maleta de transporte, asegúrese que todos los cierres, incluidos los laterales, están cerrado.
5. No desensamble, reconstruya, mutile, incinere, caliente o cortocircuito la batería y el cargador.
6. No emplee un voltaje diferente al indicado.
7. Aunque el equipo está diseñado para trabajar bajo ciertas condiciones de humedad, se prohíbe terminantemente el uso durante la ocurrencia de lluvias de cualquier tipo.
8. No utilizar el instrumento o accesorios bajo la amenaza o la ocurrencia de tormentas eléctricas o donde exista el peligro de impacto por descarga eléctrica.

9. Proteger celosamente el emplazamiento del instrumento o de las señales fijas de orientación en cualquier condición o intensidad, del tránsito de todo tipo de vehículos, personas o animales.
10. Cuando se trabaje con el bastón de reflector y la prolongación del mismo, en inmediaciones de instalaciones eléctricas o cualquier tipo de redes técnicas aéreas o soterradas, existe el peligro de descarga eléctrica que puede provocar hasta la muerte, por lo que las medidas de precaución a tomar serán en extremo rigurosas.
11. El instrumento no debe estar suelto o colocado sobre el trípode sin el atornillado o fijación correcta al mismo.

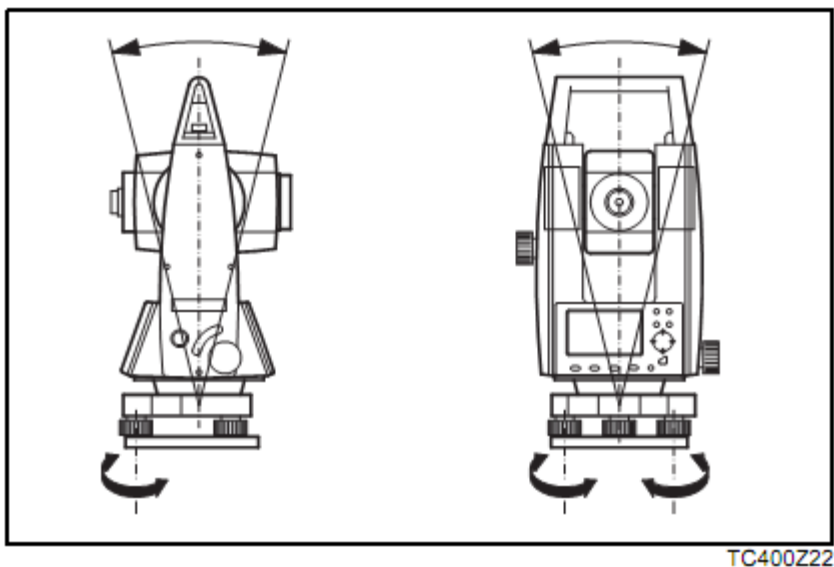
Precaución

1. No utilice la maleta de transporte a modo de escalera.
2. No lance el peso de la plomada.
3. Fije bien los tornillos de la base nivelante.
4. No toque líquidos que gotee de las baterías.
5. Cuando monte el instrumento en el trípode, fije el tornillo de centrado.
6. Fije bien los tornillos de las patas de los trípodes sobre el que se monta el instrumento.
7. Fije los tornillos de las patas del trípode antes de moverlos.

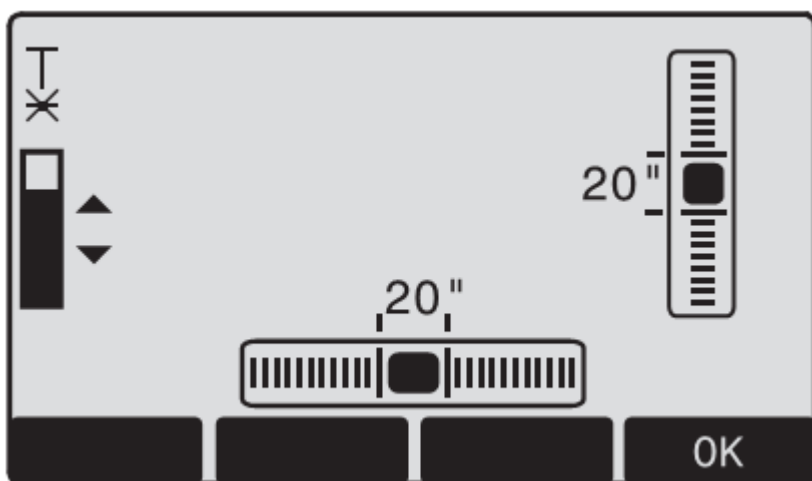
3.2.2. Configuración del equipo

3.2.2.1. Nivelación

1. Conectar los niveles electrónicos con [FNC]> [Nivel/Plomada]. Si el instrumento no está en una posición aproximadamente horizontal, parece el símbolo de un nivel inclinado.
2. Centrar los niveles electrónicos girando los tornillos nivelantes.

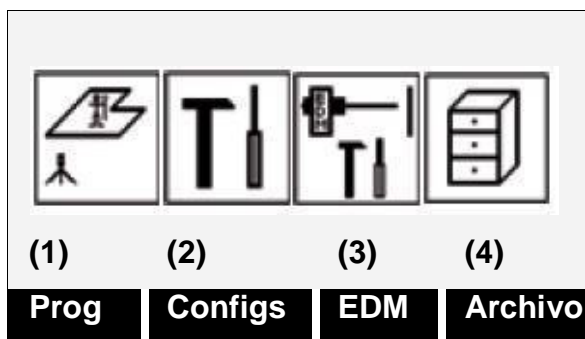


Cuando ambos niveles electrónicos estén calados, el instrumento estará nivelado.



3. Comprobar el centrado con la plomada láser y corregir si fuera necesario.
4. Desconectar con [OK] los niveles electrónicos y la plomada láser.

Figura 3.2. Pantalla 1/3 del menú.



En la ventana MENU 1/3, se eligen los diferentes sub.-menús eligiendo entre los botones F1- F4, o los números según corresponda. A pesar de que los programas aparecen en primer orden, deberán elegirse luego de programadas

La configuración de las principales funciones de trabajo deberá realizarse según se establece en los manuales para cada tipo de instrumento, prevaleciendo el Sistema Métrico Decimal, para las mediciones lineales y el Sistema Sexagesimal, para las mediciones angulares, se puede realizar otro tipo de configuración cuando los requisitos de calidad del mismo así lo exijan. Las mediciones de las distancias deben de efectuarse por el método de medida estándar o fina, según la precisión del trabajo. En las aplicaciones estándar, la distancia se corrige solo a nivel de las influencias atmosféricas, la corrección geométrica y las distorsiones de proyección se ponen a 0,00, se pueden introducir los valores de presión atmosférica y la temperatura o introducir el valor ppm.

Dados los parámetros que se ofrecen en las tablas de configuración de los valores ppm. de acuerdo a la temperatura, presión y altura sobre el N.M.M en el lugar de la medición, se recomienda utilizar las correcciones íntegras de la distancia por correcciones atmosféricas derivadas de la temperatura, la presión o la altura sobre el N.M.M y la humedad relativa en el lugar de estacionado del instrumento y recomendamos predeterminar una configuración de valores medios de una temperatura ambiente del aire de 30 °C, una humedad relativa del 70% y la presión atmosférica por la interpolación automática que ejecuta el instrumento de acuerdo a la altura sobre el N.M.M. en el punto de estacionado.

Si se conocieran valores meteorológicos más precisos o confiables se pueden utilizar. En la configuración deben aparecer los datos del proyecto la fecha por día de trabajo y el nombre del topógrafo.

Este menú permite al usuario ajustar numerosos parámetros y se puede configurar según las necesidades específicas del usuario.

3.2.2.2. Selección del distanciómetro (EDM)

Figura 3.3. Pantalla EDM (distanciómetro).

DISTANCIOMETRO

Modo Dist. : IR- ┐

Preciso

Tipo Prisma : Usuario ┐

Const. Prisma : 0.0 mm

Puntero láser : Off ┐

Luz replan. : Off ┐

La pantalla de ajustes del distanciómetro incluye un detallado menú con campos de selección.

En el modo Dist. Se eligen las opciones que se describen en la tabla 3.3.

P/TEMP	PPM	OK	┐
F. ESCAL	SEÑAL	FREC.	┐

Al elegir este botón pasa a la misma ventana pero con los botones de la línea de abajo

Tabla 3.4. Opciones de Modo Dist.

IR-Preciso	Para mediciones de máxima precisión con prismas (2mm + 2 ppm)
IR-Rápido	Modo rápido, para mediciones rápidas de menor precisión (5mm + 2 ppm)
IR-Track	Medición continuada de distancias (5mm + 2 ppm)
IR-Diana	Para medir con dianas reflectantes (5mm + 2 ppm)

3.2.2.3. P/TEMP (Introducción de los parámetros atmosféricos).

Las condiciones atmosféricas reinantes afectan directamente a la medición de la distancia.

Figura 3.5. Pantalla Parámetros Atmosféricos (P/TEMP)

PARAMETROS		
ATMOSFERICOS		
Altura (Orto)	: 0	m
Temperatura	: 27	°C
Presión	: 1013	mbar
PPM_Atmos	: 15	PPM
Coef. Refrac	: 0.14	
PREV	PPM=0	OK

Altura orto; Altitud de la estación sobre el nivel del mar.

Temperatura; Recomendada 27 °C

Presión *, PPM_Atmos *, Coef. Refrac. *

* No se recomienda modificar el parámetro prediseñado para distancias inferiores a 2 000 m.

3.2.3. Estación del equipo

3.2.3.1. Configuración del trabajo

Si se pulsa **F1 Configurar Trabajo** aparecerá una pantalla de datos generales:

SELECC. TRABAJO	5/6
Trabajo	: Topografía
Operador	: Osmel
Fecha	: 11.04.2013
Hora	: 10:35:50
NUEVO	OK

Donde, en la parte derecha, se deben llenar los datos solicitados; aquí en el ejemplo, **Trabajo:** *Topografía*, **Operador:** Osmel, etc. Si se pulsa **F4** aparecerá una pantalla algo similar a la anterior.

SELECC. TRABAJO		5/6
Trabajo :	Topografía	
Operador :	Osmel	
Coment. 1:		
Coment 2		
	11.04.2013	
Fecha :		
Hora :	10:35:50	
PREV		OK

Pulsando **F1 PREV** se regresa a la pantalla anterior. Si se da **F4 OK** se asumen los datos como nuevos, y si no hay errores se anuncia su aceptación. Se regresa automáticamente a la pantalla de **PROGRAMA TOPOGRAFÍA**.

3.2.3.2. Configuración de la estación

Si desde esta pantalla se accede a **[F2] Conf Estación**, aparecerá la pantalla siguiente:

CONFIGURAR ESTACION	
Introd. Número de Estación	
Estación :	Pto 1
BUSCAR	LISTA
XYZ	

Si se pulsa **[F1] BUSCAR** aparecerá la pantalla, donde se despliegan los puntos encontrados:

PUNTOS ENCONTRADOS		1/4
Estac 4	Bases	
Pto 1	Estac	
Pto 3	Estac	
Pto 6	Estac	
VER	XYZ	TRABAJO OK

Si se acciona **VER** sale la pantalla con los datos siguientes:

VER DATOS	
Pto.	: Pto1
X	: 550 916.144
Y	: 160 955.114
Z	: 169. 055
Fecha	: 11.04.2013
Hora	: 01:35:50
	OK

Si se acciona **XYZ** aparece la pantalla que solicita entrar los datos identificativos y las coordenadas:

ENTRADA COORDENADAS	
Trabajo : Trazado 1	
Pto	Pto 3
:	
X	_____ . _____ m
:	
Y	_____ . _____ m

:			
Z	:	_ _ _ . _ _ _	m
PREV			OK

Si se pulsa en la pantalla de **PUNTOS ENCONTRADOS** la opción **TRABAJO** aparece la pantalla siguiente:

BUSCAR PUNTO			
Trabajo : Topografía			
Pto : Pto 3			
Seleccionar trabajo o entre las			
Coordenadas del punto manuales			
BUSCAR	XYZ=0	XYZ	

Si se pulsa **BUSCAR** aparece la pantalla siguiente:

PUNTOS		ENCONTRADOS:	
1 /1			
5			
Medic			
2			
Base			
4			
Medic			
VER	XYZ	TRABAJO	OK

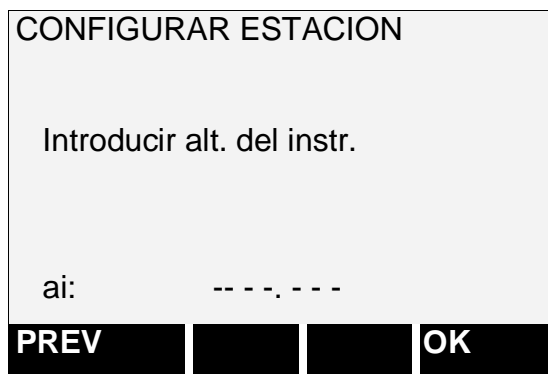
Si se pulsa VER se visualiza la pantalla siguiente:

VER DATOS	
Pto.	: 5
X	: 556 916.144
Y	: 167 955.114
Z	: 159. 055
Fecha	: 11.04.2013
Hora	: 08:45:50
<div>OK</div>	

Con **OK** se regresa a la pantalla de **PUNTOS ENCONTRADOS**. Si se pulsa **XYZ** aparece la pantalla, donde se llenarán los datos siguientes:

ENTRADA COORDENADAS	
Trabajo : Topografía	
Pto	Pto 5
:	
X	
:	----- . ---- m
Y	
:	----- . ---- m
Z	: ---- . ---- m
<div>PREVOK</div>	

Con **PREV** se regresa a la pantalla anterior; con **OK** se asumen los datos –si están llenos los campos solicitados, donde se almacenan. Entonces sale la pantalla:



CONFIGURAR ESTACION

Introducir alt. del instr.

ai: ---.---

PREV OK

Al pulsarse **OK** sale una pantalla que anuncia que **el instrumento está estacionado**, y automáticamente regresa a la pantalla de **PROGRAMA TOPOGRAFÍA**. Entonces se está en condiciones de **Configurar la Orientación**.

3.2.4. Orientación del equipo

3.2.4.1. Configuración de la Orientación

El equipo debe estar correctamente estacionado en el punto de apoyo, la centración del instrumento y señales se hará por cualesquiera de los medios existentes (plomadas ópticas, láser o físicas), siempre y cuando se garantice un error máximo de centración de $\pm 1,5$ mm. Es necesario el cuidado riguroso al orientar el equipo y al seleccionar los valores del punto desde los ficheros de la memoria o al introducirlos por el teclado. La orientación del instrumento depende del tipo de trabajo a utilizar y la disposición de los puntos de orientación o de referencias.

Figura 3.6. Pantalla orientación



ORIENTACION

F1 No usar XYZ

F2 Usar XYZ

F1 F2

Mediante la orientación se puede introducir a mano una dirección (Hz) (No usar XYZ) o fijar puntos con coordenadas conocidas (usar XYZ).

Figura 3.7. Pantalla orientación "No usar XYZ"

DEF PTO DE ENLACE			
Hz	:	___°___'___"	
Altp	:	_____,____m	
Pto	:	DIONIS	
Apuntar y Presionar ALL (REC)			
ALL	EDM	REC	Hz=0

No usar XYZ (Introducción manual)

Introducción de la dirección horizontal, la altura del reflector y el número de punto.

[ALL] Efectuar la medición y fijar la orientación.

[REC] Registrar la dirección Hz y fijar la orientación..

Figura 3.8. Pantalla orientación "Usar XYZ"

DEF ORIENTACION			
Entrar punto de enlace			
Pto	:	_____	
LISTA	XYZ		

Usar XYZ (Con coordenadas)

Introducción del número del punto de orientación y determinación del punto encontrado por lista o introduciendo XYZ del punto.

Visar y medir al punto de orientación.

Si se miden varios puntos conocidos, la orientación se obtiene por el método de mínimos cuadrados. Se pueden medir hasta 5 puntos de orientación

3.2.4.2. Determinación de las alturas de bastones y señales

Para evitar errores en la determinación de las cotas, en la creación de red de apoyo para el replanteo del pasaporte de voladura, en los túneles por diferencia en los datos de las alturas de las señales, se debe establecer por cada equipo de trabajo y de acuerdo a su experiencia y comodidad, una altura de bastón de reflector estándar, y solo se debe variar cuando las condiciones lógicas del trabajo así lo exijan. Deben de utilizarse prismas de un mismo tipo de manera que la

configuración de la constante de corrección del prisma sea la misma para ambos bastones y para todas las señales, se debe de comprobar en cada estacionado las alturas de la señal.

3.2.5. Replanteo

Para realizar esta operación se tiene en cuenta que el instrumento se estacionara lo más cerca posible del frente de trabajo, iniciando la medición a partir de dos (2) o más referencias que con anterioridad se colocaron en la pared del túnel, las mismas se reflejan en las siguientes imágenes:



Foto 3.9. a) Referencia



Foto 3.9. b) Referencia

Estas referencias se marcan con pintura, se pueden hacer también en las chapas de los bullones o anclas, estas serán de forma permanente. Siempre se van a colocar en lugares de buena visibilidad y por lo general en los hastiales. Las coordenadas de estas referencias fueron medidas realizando una poligonal partiendo de la red de apoyo existente y se midieron con el RL (visible), ya que en las condiciones antes expuestas es muy difícil y casi imposible colocar al cadenero con el bastón y el prisma, además permite obtener una buena precisión en la medición.

El tipo de poligonal que se utilizó fue la de enlace por dos puntos extremos de un lado orientado como se muestra en la figura 3.10. Ellas son orientadas midiendo el

ángulo en el punto inicial y terminan en un punto conocido determinado por las mediciones efectuadas anteriormente según Instrucciones Técnicas, 1978.

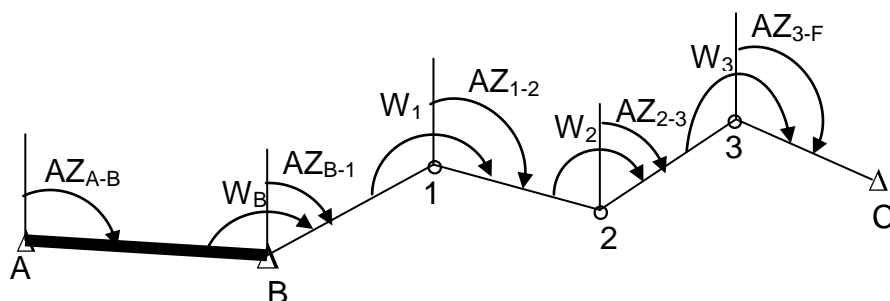


Figura. 3.10. Polígono de enlace por dos puntos extremos de un lado orientado.

Se utiliza el programa (Estación Libre) el cual da la posibilidad de no tener que pararse necesariamente en el eje del túnel, sino que se puede estacionar el instrumento en el lugar que más condiciones óptimas tenga para realizar dicho proceso y se hace de la siguiente forma:

3.2.5.1. Estación Libre (sólo para TPS serie 400)

El programa "Estación libre" calcula las coordenadas de posición y la cota del punto de estación del instrumento a partir de las mediciones a un mínimo de 2 y un máximo de 5 puntos de coordenadas conocidas.

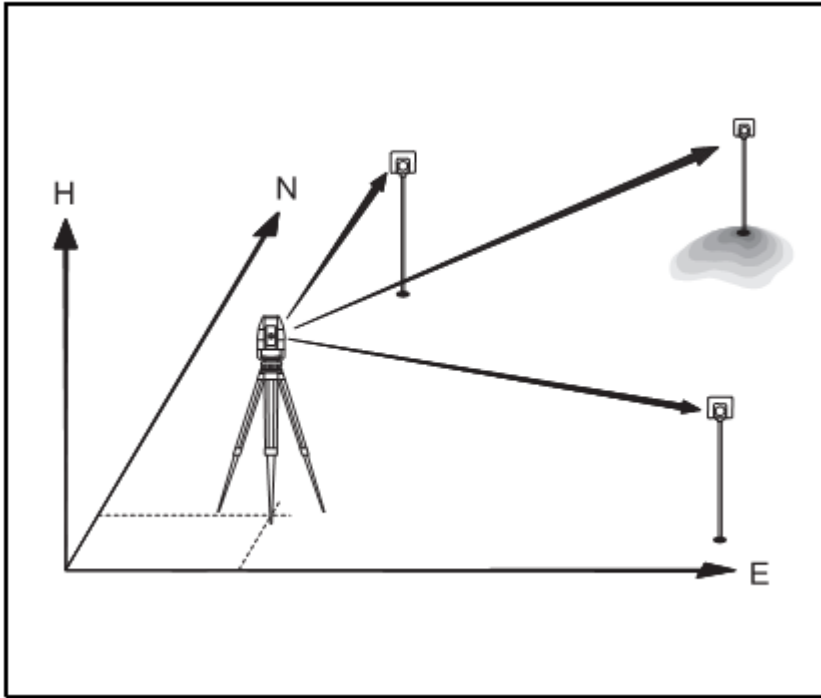


Figura 3.11. Estación Libre

Son posibles los siguientes métodos de medición a puntos conocidos:

1. Sólo ángulos Hz y V (trisección)
2. Distancia y ángulos Hz y V (intersección inversa)
3. Ángulos Hz y V a uno o varios puntos así como distancia con los correspondientes ángulos Hz y V a otro punto o varios.

Se calculan las coordenadas de posición (X e Y) y la cota del punto de estación actual así como la orientación del círculo horizontal. A continuación se pueden fijar en el sistema las coordenadas de la estación y la orientación.

Posibilidades para la medición

Los puntos se pueden medir en la posición I del anteojo, en la II o mezcladas (I + II), siendo el orden irrelevante. En las mediciones en ambas posiciones del anteojo

se comprueba que se ha visado el mismo punto, evitándose así los errores groseros.

- Si un punto se visa varias veces en la misma posición del anteojo, sólo se considera para el cálculo la última edición válida

Limitaciones:

- Mediciones en dos posiciones

Si se mide al mismo punto en las dos posiciones del anteojo, la altura del reflector ha de ser la misma en ambas posiciones.

- Puntos visados con cota 0.000

Las mediciones a puntos con altitud 0.000 no se consideran en el cálculo de cota. Para poder tener en cuenta puntos cuya cota válida sea 0.000 hay que cambiarla a 0.001.

Procedimiento de cálculo

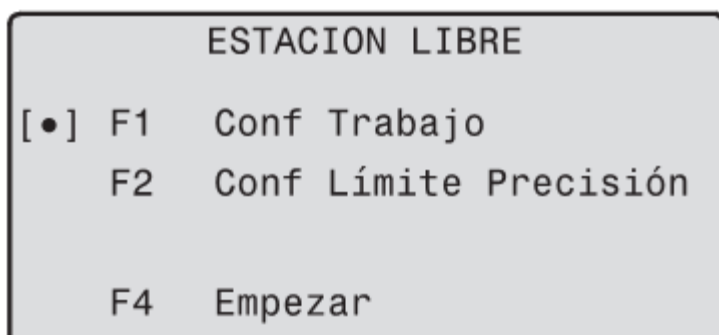
El procedimiento de medición determina automáticamente el método de cálculo, por ejemplo intersección inversa, trisección, etc. Si se dispone de más mediciones de las necesarias, se determinan las coordenadas de posición (X, Y) por el método de los mínimos cuadrados y se promedian la orientación y la cota.

1. Las mediciones originales en la posición I y II del anteojo entran en el cálculo.
2. Se considera que todas las mediciones tienen la misma precisión, con independencia de si se efectuaron en una sola posición del anteojo o en las dos.
3. Las coordenadas de posición (X, Y) se determinan por el método de los mínimos cuadrados y se calculan las desviaciones típicas y los residuales para la dirección Hz y la distancia horizontal.

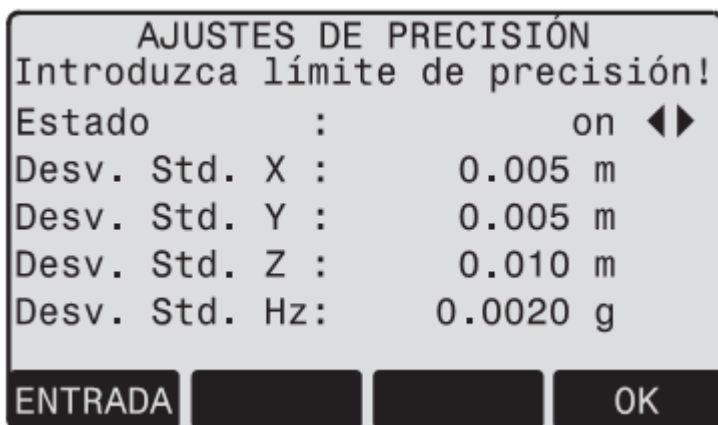
4. La cota de la estación (Z) se obtiene por la media de las diferencias de cota (obtenidas con las mediciones originales).

5. La orientación del círculo horizontal se calcula a partir de la media de las mediciones originales en las posiciones I y II y las coordenadas X e Y de la estación ya compensadas.

Procedimiento:

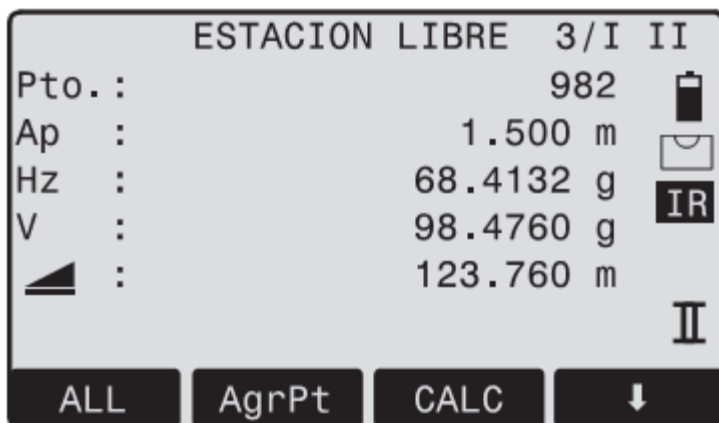


F2 Permite definir un límite de precisión.



Aquí se puede introducir un límite para los valores de la desviación típica. Si la desviación calculada excede ese límite, aparece un aviso y el usuario decide si continúa o no.

1. Introducción del nombre de la estación y la altura del instrumento.
2. Introducción del número del punto a visar y la altura del reflector.



[ALL] Efectuar una medición de ángulo y distancia (intersección inversa).

[REC] Registrar la dirección Hz y el ángulo V (trisección).

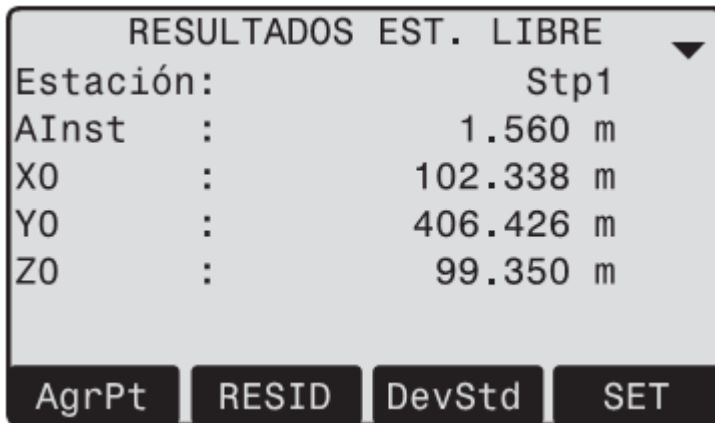
[AgrPt] Para introducir otro punto de enlace.

[CALC] Cálculo y visualización de las coordenadas de la estación una vez medidos al menos dos puntos y una distancia.

3/I Indica que el tercer punto se ha medido en la posición I del anteojo.

3/I II Indica que el tercer punto se ha medido en las posiciones I y II del anteojo.

Visualización de las coordenadas de la estación calculadas



The screenshot shows a surveying instrument display with the title "RESULTADOS EST. LIBRE" and a dropdown arrow. The display shows the following data:

Estación:	Stp1
AInst :	1.560 m
X0 :	102.338 m
Y0 :	406.426 m
Z0 :	99.350 m

At the bottom of the screen, there are four buttons: AgrPt, RESID, DevStd, and SET.

[AgrPt] Cambio a la pantalla de medición para medir otros puntos.

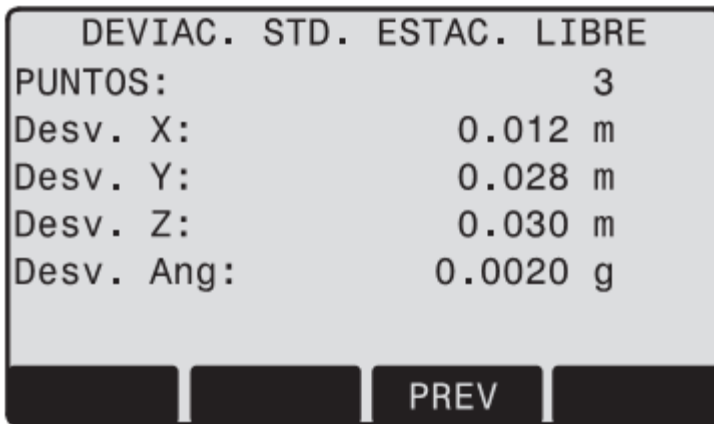
[RESID] Visualización de los residuales.

[DevStd] Visualización de la desviación típica.

[SET] Fijar como nueva estación las coordenadas y la altura del instrumento visualizados.

- Si al principio se había fijado la altura del instrumento en 0.000, la cota de la estación está referida al eje de muñones.

Visualización de las desviaciones típicas

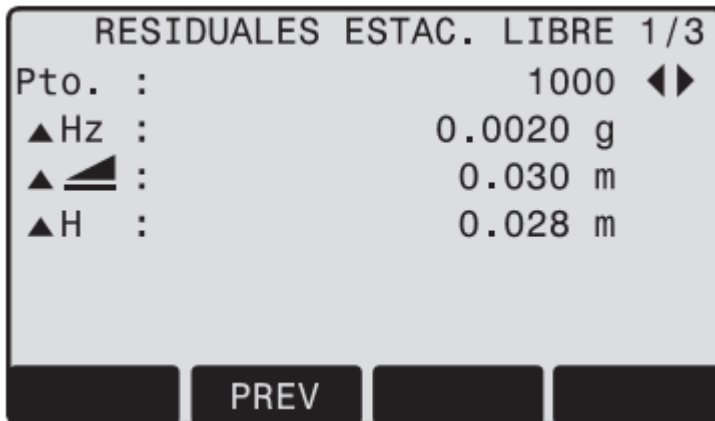


Desv. X, Y, Z Desviación típica de las coordenadas de la estación.

Desv. Áng. Desviación típica de la orientación.

Visualización de los residuales calculados:

Residual = Valor calculado - Valor medido.



◀●▶ Con la ayuda de las teclas de función se pasan las páginas de los residuales de cada punto de enlace.

Tabla 3.12. Mensajes y Avisos

Mensajes importantes	Significado
Punto elegido tiene datos inválidos	El punto seleccionado no tiene coordenadas X e Y válidas.
Máx. 5 puntos permitidos	Ya se habían medido 5 puntos y se ha seleccionado otro más. El sistema acepta un máximo de 5 puntos.
Datos erróneos - No se calcula la posición	Con las mediciones no se pueden calcular las coordenadas de posición (X,Y).
Datos erróneos - No se calcula la cota	La cota del punto visado o las mediciones son inválidas. No se puede calcular la cota (Z) de la estación.
Espacio insuficiente en el Trabajo	En el Trabajo actual no hay más espacio de memoria.
Hz (I - II) > 0.9 deg, ¡Medir otra vez el punto!	Los ángulos Hz medidos en la primera posición del anteojo y en la segunda difieren más de $180^{\circ} \pm 0.9^{\circ}$.
V (I - II) > 0.9 deg, ¡Medir otra vez el punto!	Los ángulos V medidos en la primera posición del anteojo y en la segunda difieren más de $360^{\circ} - V \pm 0.9^{\circ}$.
Se necesitan más puntos o distancias	Hay insuficientes datos de medición para calcular las coordenadas de la estación. Se han utilizado pocos puntos o se han medido pocas distancias.

El instrumento se encuentra estacionado cerca del frente y listo para ejecutar el replanteo y lo aremos con la ayuda del programa Línea de referencia o Alineación.

Este programa brinda la posibilidad de medir los puntos en el frente y a ambos lados del eje de la excavación, primero se replantean los barrenos del contorno, luego los de corte y al final los de arranque, como se muestra en las siguientes imágenes.



Foto 3.13. Replanteo de los barrenos de corte o cuele



Foto 3.14. Replanteo de los barrenos de contorno



Foto 3.15. Replanteo de los barrenos de arranque

3.2.5.2. Alineación (sólo para TPS serie 400)

Con este programa es posible efectuar replanteos o controles de alineaciones para edificación, de calles rectas, obras simples de movimientos de tierra, etc. Con relación a una línea base conocida se puede definir una línea de referencia. La línea de referencia puede desplazarse longitudinal y paralelamente respecto a la línea base y también girarse en el primer punto base.

Definición de la línea base

La línea base se establece mediante dos puntos base que se pueden definir de tres maneras:

- Midiéndolos
- Introduciendo sus coordenadas mediante el teclado
- Seleccionándolos en la memoria

Definición de los puntos base

Procedimiento:

1. Medición de puntos base:

Introducción de un número de punto y medición de los puntos base con [ALL] ó [DIST]/ [REC].

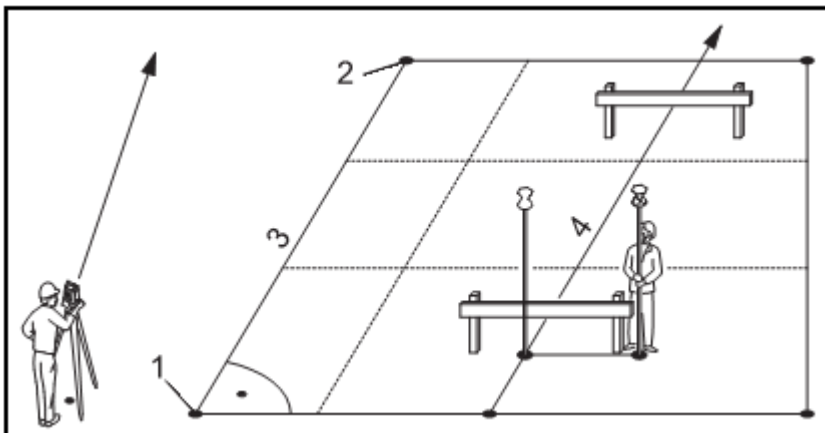
2. Puntos base con coordenadas:

[BUSCAR] Inicia la búsqueda del número de punto introducido.

[XYZ] Para la introducción manual de coordenadas.

[LISTA] Presenta la lista de puntos disponibles.

Procedimiento análogo para el segundo punto base.



- 1) Punto base 1
- 2) Punto base 2
- 3) Línea base
- 4) Línea de referencia

Línea de referencia

La línea de base puede desplazarse longitudinal y transversalmente y también girarse. A la línea resultante la llamamos línea de referencia. Todos los valores medidos están referidos a esta línea.

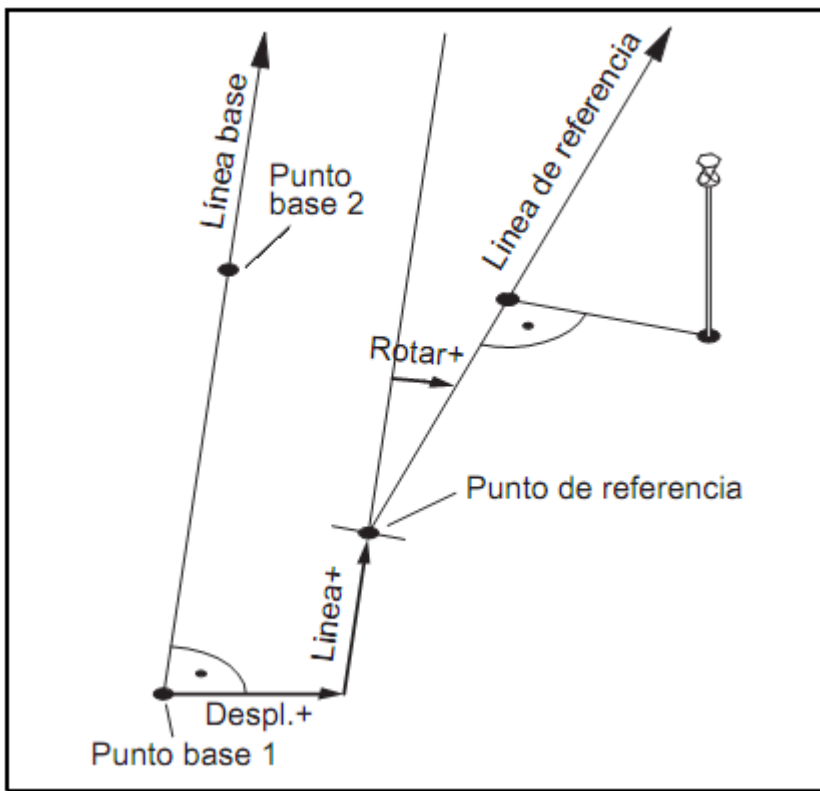


Figura 3.16. Línea de referencia

Introducción de los parámetros

Con las teclas de navegación se pueden elegir los parámetros de desplazamiento y rotación de la línea de referencia.



Definir traslac. Lín.Refer.		
Pto 1	:	1000
Pto 2	:	1001
Despl.	:	1.000 m
Línea	:	0.500 m
Despl.Z	:	0.900 m
Rotar	:	25.0000 g
NuevaLR LyD LínRef		

Se pueden introducir:

Despl.+ : Desplazamiento de la línea de referencia hacia la derecha, paralelamente a la línea base (1-2).

Línea+ : Desplazamiento longitudinal del punto inicial (=punto de referencia) de la línea de referencia en dirección al punto base 2.

Rotar+ : Rotación de la línea de referencia, alrededor del punto de referencia y en el sentido de las agujas del reloj.

Despl.Z+ : Desplazamiento en cota; la línea de referencia está situada más alta que el primer punto base.

Significado de las teclas de pantalla:

[NuevaBL] Regreso a la definición de una nueva línea base.

[REPLANT] Acceso a la sección "Replanteo ortogonal" de este programa.

[LInRef] Acceso a la sección "Alineación" de este programa.

[Set=0] Pone a cero la traslación o el giro.

Alineación

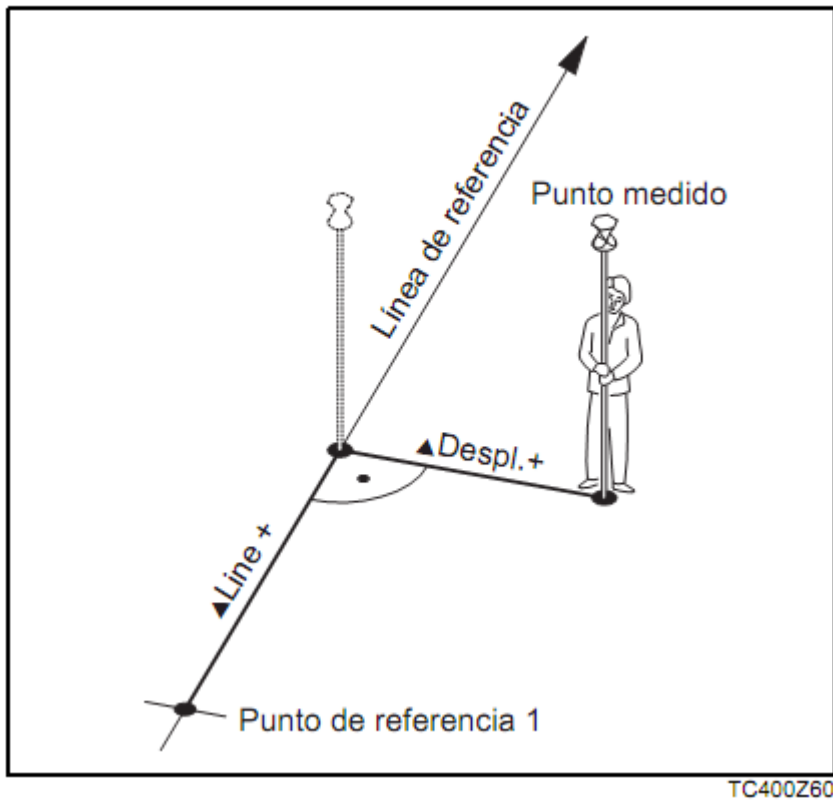
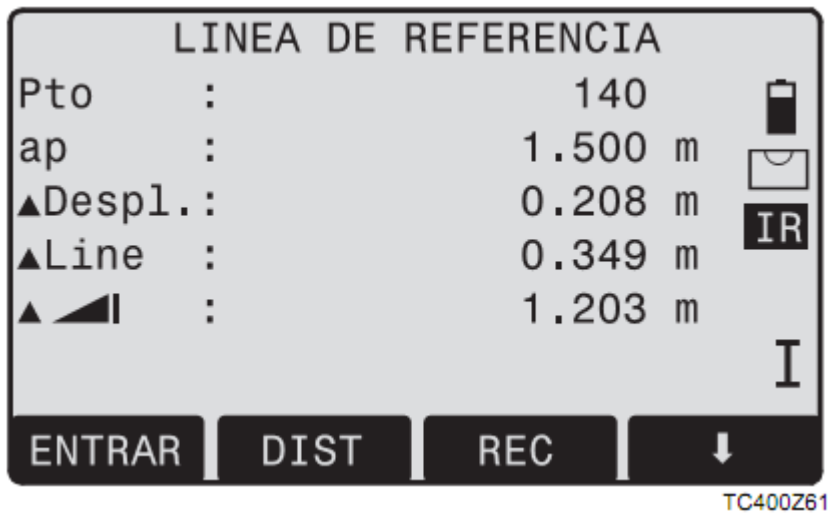


Figura 3.17. Alineación

La función [LInRef] calcula a partir de mediciones o coordenadas los desplazamientos longitudinal y transversal y el desnivel del punto visado respecto a la línea de referencia.



Como cota de referencia para calcular desniveles ▲: se utiliza siempre la cota del primer punto de referencia.

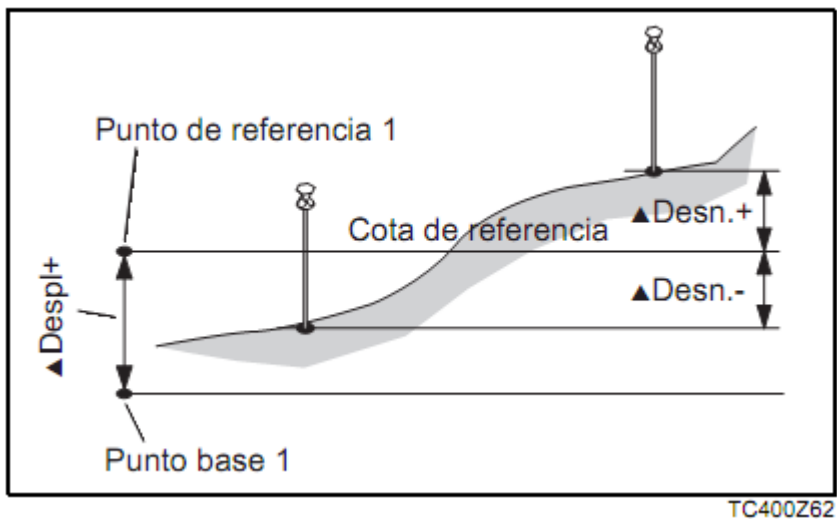


Figura 3.18. Punto de referencia

Si está activado el modo Tracking (ver capítulo "Configuración EDM"), se van mostrando las correcciones para el punto en que se sitúa el reflector.

3.2.5.3. Replanteo ortogonal

El usuario puede introducir desplazamientos longitudinal, transversal y en cota, respecto a la línea de referencia, para el punto a replantear. El programa calcula entonces las diferencias entre un punto medido o tomado de la memoria y el punto calculado. El programa presenta las diferencias ortogonales (Δ Despl.+, Δ Line, Δ) y las polares (Δ Hz,

Δ  , Δ ).

Procedimiento

1. Introducción de los elementos de replanteo ortogonales o acceso a un punto de la memoria.
2. [ACEPT] Confirma la introducción e inicia el cálculo.

Procedimiento

1. Introducción de los elementos de replanteo ortogonales o acceso a un punto de la memoria.
2. [ACEPT] Confirma la introducción e inicia el cálculo.

Ejemplo "Método ortogonal"

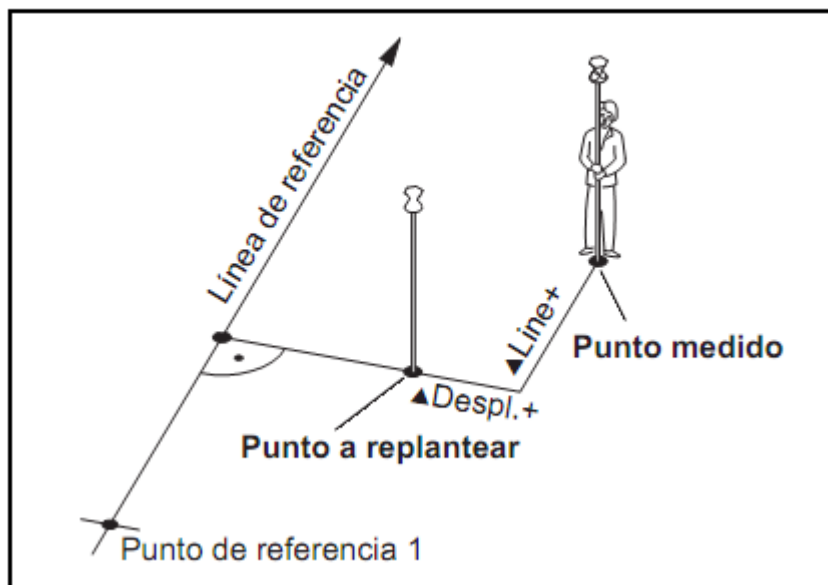


Figura 3.19. Método ortogonal

Pantalla en modo de medición:


LINEA Y DESPLAZAMIENTO 1/2			
Pto. :		15	
ap :		1.500 m	
▲Hz :	→	+0.200 g	
▲▲ :	↓	2.368 m	
▲▲I :	↓	0.260 m	
			I
ENTRAR	DIST	REC	↓

▲Despl:	→	2.040 m	
▲Line :	↓	1.203 m	
▲▲I :	↓	0.260 m	

Los signos de las diferencias de distancia y ángulos son idénticos a los del programa "Replanteo". Se trata de correcciones (valor requerido menos valor medido).

+ΔHz Girar el anteojo en sentido de las agujas del reloj hasta el punto a replantear.

+Δ  El punto a replantear está más alejado que el punto medido.

+Δ  El punto a replantear está más alto que el punto medido.

Este replanteo se realiza utilizando el pasaporte de perforación y voladura que se encuentra en el proyecto de la obra, un ejemplo se muestra en la figura 3.20.

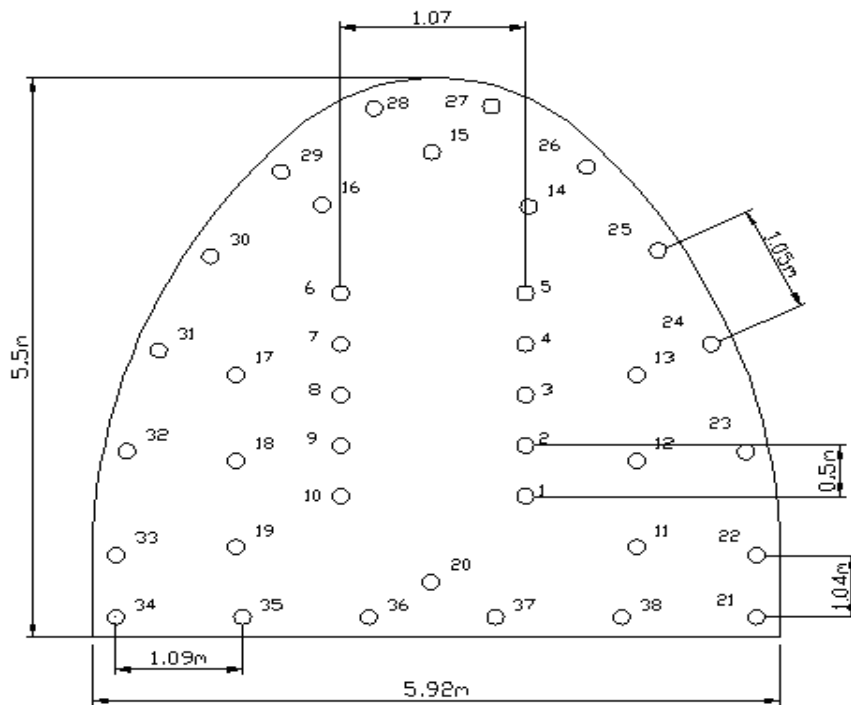


Figura 3.20. Pasaporte de perforación y voladura

Resultados de la investigación

Durante la investigación se realizaron secciones en el Túnel Levisa Mayarí tramo 3B figura 3.24 y en el Túnel Mayarí Birán tramo Guaro Manacal, figura 3.25, se tomaron como ejemplo secciones realizadas anteriormente, en las que no se empleo el procedimiento objeto de estudio en el presente Trabajo de Diploma. En cada tramo se muestrearon aproximadamente 9 m de excavación, como se observa en la tabla 3.21. Y 3.22.

Tabla 3.21. Calculo del Volumen de la excavación en el Túnel Levisa Mayarí Tramo 3B

Calculo del Volumen promedio de la excavación						
Túnel Levisa Mayarí T3B						
Estacionado		Distancia	Área-1	Área-2	Promedio de Áreas(m²)	Volumen(m³)
Inicial	Final					
0+120.125	0+122.875	2.750	36.10	37.18	36.64	100.76
0+122.875	0+125.695	2.820	37.18	36.815	36.997	104.331
0+125.695	0+128.965	3.270	36.815	38.818	37.816	123.658
				Volumen Total		328.749
				Longitud		8.840
		Volumen por metro lineal de excavación				37.189

Tabla 3.22. Calculo del Volumen de la excavación en el Túnel Mayarí Birán Tramo Guaro Monacal

Calculo del Volumen promedio de la excavación						
Túnel Mayarí Birán Tramo Guaro Manacal						
Estacionado		Distancia	Área-1	Área-2	Promedio de Áreas(m²)	Volumen(m³)
Inicial	Final					
0+153.186	0+156.106	2.920	49.08	51.80	50.44	147.285
0+156.106	0+158.806	2.700	51.80	54.94	53.37	144.099
0+158.806	0+162.026	3.220	54.94	59.46	57.20	184.184
				Volumen Total		475.568
				Longitud		8.840
		Volumen por metro lineal de excavación				53.797

Según el resultado que se obtiene en el cálculo del volumen promedio de excavación en cada tramo, se explica que la empresa deja de ingresar aproximadamente un total de \$ 3273.175 por cada metro lineal de excavación, como se observa en la tabla 3.23. Si se tiene en cuenta que la investigación realizada es en un tramo de 9 m se demuestra que el valor asciende a \$ 29458.575.

Tabla 3.23. Valor del volumen de roca excavada promedio en un metro lineal (1m/L)

Tabla 3.18. Valor del Volumen de roca excavada promedio en un metro lineal (1m/L)						
Obra	Volumen (m3)			Valor \$		
	Según Proyecto	Real	Diferencia	Según Proyecto	Real	Diferencia
Túnel Levisa Mayarí Tramo III B	36.83	37.189	0.359	7105.03	7174.29	69.256
Túnel Mayarí Biran Tramo Guaro Manacal	36.83	53.797	16.967	7105.03	10378.2	3273.175

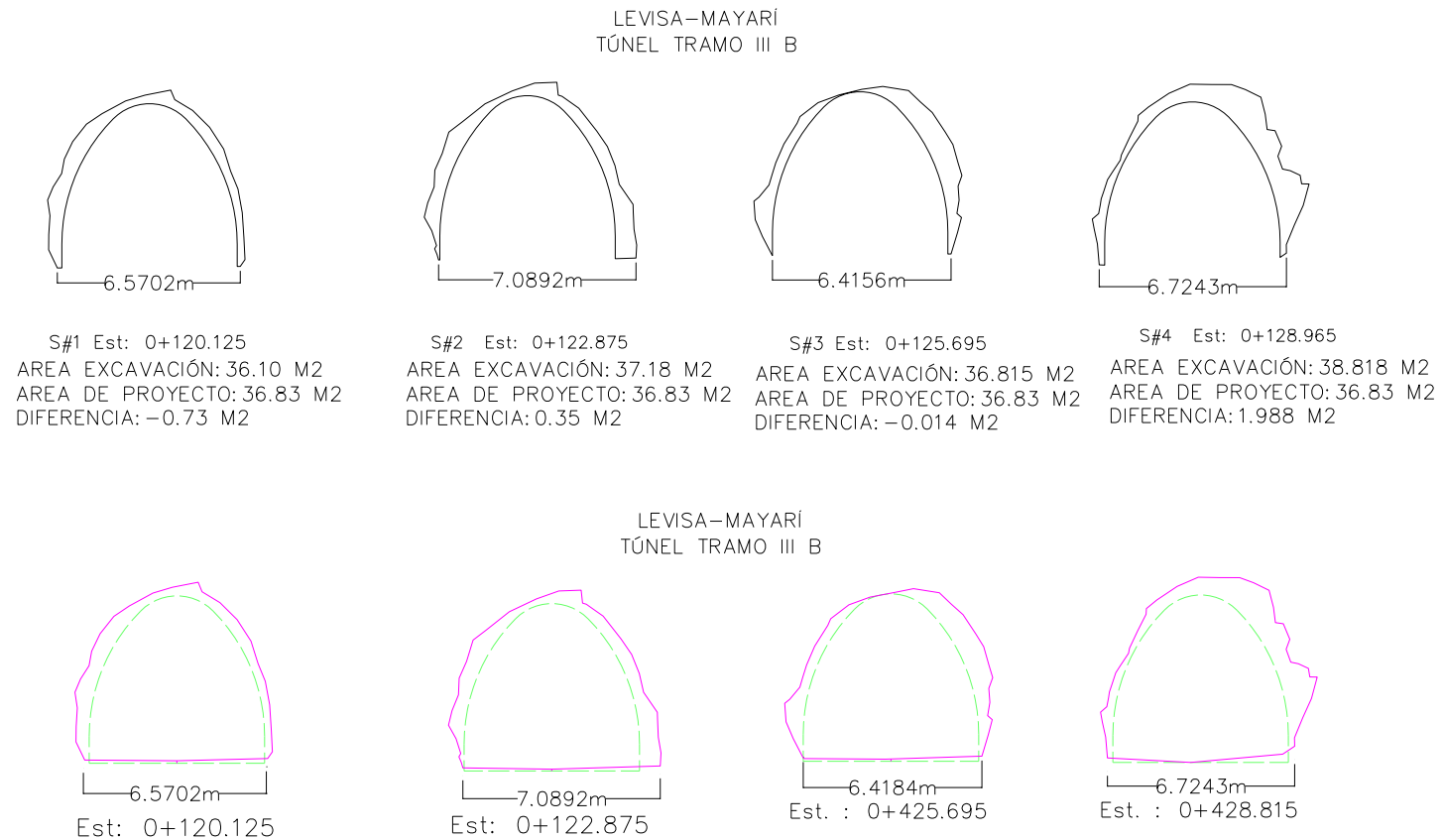
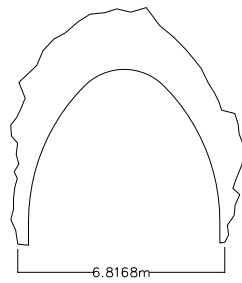
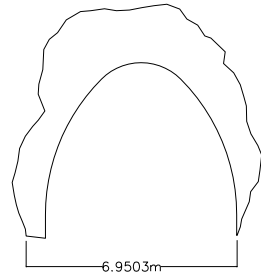


Figura 3.24. Secciones Transversales

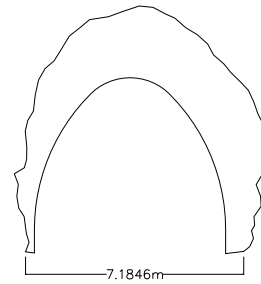
MAYARÍ-BIRÁN
TÚNEL GUARO-MANACAL



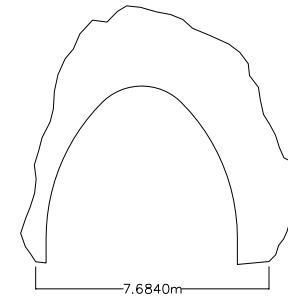
S#31 EST.0+153.186
AREA EXCAVACIÓN: 49.08 M2
AREA DE PROYECTO: 36.83 M2
DIFERENCIA: 12.25 M2



S#30 EST.0+156.106
AREA EXCAVACIÓN: 51.80 M2
AREA DE PROYECTO: 36.83 M2
DIFERENCIA: 14.97 M2

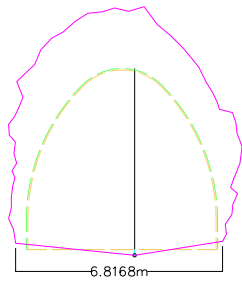


S#29 EST.0+158.806
AREA EXCAVACIÓN: 54.94 M2
AREA DE PROYECTO: 36.83 M2
DIFERENCIA: 18.11 M2

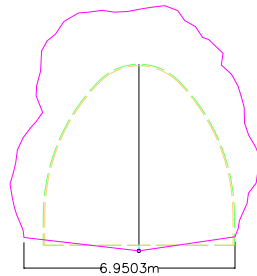


S#28 EST.0+162.026
AREA EXCAVACIÓN: 59.46 M2
AREA DE PROYECTO: 36.83 M2
DIFERENCIA: 22.63 M2

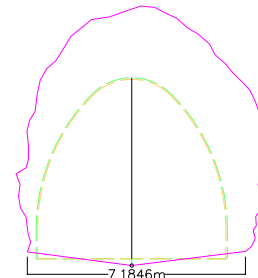
MAYARÍ-BIRÁN
TÚNEL GUARO-MANACAL



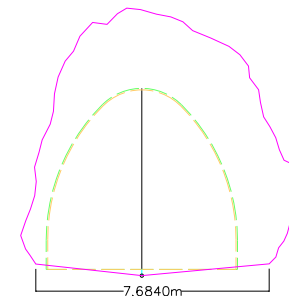
S#31 EST.0+153.186



S#30 EST.0+156.106



S#29 EST.0+158.806



S#28 EST.0+162.026

Figura 3.25. Secciones Transversales

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos durante el desarrollo del Trabajo de Diploma, sobre el empleo de la Estación Total en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Trasvase Este Oeste permiten arribar a las siguientes conclusiones.

- 1- Con la aplicación del procedimiento elaborado sobre el empleo de la Estación Total en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura, se mejora la terminación del contorno en toda la sección del túnel con respecto al método anteriormente aplicado.
- 2- El método de Estación Libre y Línea de referencia permite obtener resultados satisfactorios en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles.
- 3- Se elaboró un procedimiento para el empleo de la Estación Total en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura logrando una mayor calidad, eficiencia, rentabilidad, precisión y productividad en los trabajos de arranque.

RECOMENDACIONES

De acuerdo a todo lo antes expuesto y a los resultados obtenidos recomendamos:

1. Establecer en la Empresa Constructora de Obras Hidráulicas (ECOH) de Mayarí perteneciente a la Unión de Construcciones Militares (UCM), la aplicación del procedimiento para el empleo de la Estación Total en el replanteo del pasaporte de perforación y voladura en los túneles del Trasvase Este Oeste.
2. Continuar perfeccionando este procedimiento, a partir de los trabajos realizados y los conocimientos adquiridos, por parte del grupo de especialistas de topografía e Ingenieros en Minas pertenecientes a dicha entidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Arango A. O.** 1980. Nivelación trigonométrica taquimetría y planchetas. La Habana.
2. **Batista Legrá Yordanis Esteban.** Mediciones geodésicas en las estructuras de peligro, vulnerabilidad y riesgo. Academia Naval Granma. Ciudad de la Habana 2007.
3. **Belete Fuentes Orlando.** Análisis de los errores topográficos cometidos en la determinación de los volúmenes de masa minera extraída con la utilización de los resultados del levantamiento taquimétrico 1998. Revista Geología y Minería. Vol. XII, N^o1, 1995, 49 p.
4. **Córdova Carbona Gustavo.** Geodesia tomo 1. Editorial Científico Técnica 1985.
5. **Díaz Hernández, Ciro.** Trabajos geodésicos para la construcción de obras ingenieras. Editorial pueblo y Educación. La Habana Cuba 1988.
6. **Fernández Fernández, L.** Topografía Minera. Universidad de León.
7. **Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.** Instrucciones Técnicas Poligonometría. Departamento Técnico 1969.
8. **Instrucciones Técnicas.** 1978. Poligonometría, I.C.G.C. La Habana.
9. **Leica.** Manual de operador Leica. Editorial Suiza 2008.
10. **Lopez N. A. Armas A. B. Polowsky P.** 1979. Manual de proyecto Técnico Organizativo de Topografía. Pueblo y Educación. La Habana.
11. **NI ISO 17123-4,** 2001 Óptica e instrumentos Ópticos-Instrumentos Geodésicos, Procedimientos de campo para determinar la precisión en el terreno, cuarta parte, Distanciómetros electro ópticos (DEO). Ginebra. Suiza.
12. **Norma Ramal NR FA 01-01:2001.** Hidrografía y Geodesia. Instrumentos de Medición. Almacenamiento y Manipulación. Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia. La Habana.

13. **Norma Cubana NC 330:2004.** Distanciómetro electro óptico. Método de Verificación. Oficina Nacional de Normalización. Consejo de Estado. La Habana.
14. **Norma Cubana (anteproyecto).** 2004. Taquímetro electrónico. Método de verificación. Oficina Nacional de Normalización. Consejo de Estado. La Habana.
15. **Norma Cubana NC 64-83.** 1983. Sistema Internacional de Unidades. Comité Estatal de Normalización. Consejo de Estado. La Habana.
16. **Sebastián Pérez Sánchez Armando.** Metodología para los levantamientos topográficos a la escala 1:2000, 1:1000, 1:500, con el uso de las Estaciones Totales electrónicas. Academia Naval Granma. Ciudad de la Habana 2004.
17. **Serra Struch, Gómez M y Tapia.** Topografía Subterránea para minería y obras. Ediciones UPC.
18. **Wiki pedía,** Biblioteca Electrónica Internacional. Artículo. Replanteo con Estaciones Totales, Compañía Leica.

ANEXOS



Foto 3.26. Túnel Levisa Mayarí Tramo 3B



Foto 3.27. Replanteo del pasaporte de perforación y voladura en el frente