

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE AGRIMENSURA



Sustentado por:

FRANCINA G. ELIVO URBINO.

ELIGIO M. MOLINA RAMIREZ.

Tema:

TOPOGRAFIA DE PUENTES Y TUNELES.

Trabajo final para optar por el título académico de Agrimensor.

Asesor:

Ing. Gustavo Rodríguez.

Santo Domingo, Rep. Dom.

Diciembre de 2014.

TABLA DE CONTENIDO.

INTRODUCCION.....	5
PALABRAS CLAVES.....	7
RESEÑA HISTORICA.	12
CLASIFICACION.....	14
ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE UN PUENTE.	15
TOPOGRAFIA DE PUENTES.	17
LEVANTAMIENTO PRELIMINAR.	17
LEVANTAMIENTO PARA EL PROYECTO.	18
LEVANTAMIENTO PARA EL CONTROL DE SITUACIÓN.	18
ASPECTOS TOPOGRÁFICOS PARA PUENTES.....	19
REFERENCIACIÓN Y ORDEN DE CONTROL.	19
<i>Orden de Control Primario.</i>	<i>19</i>
<i>Orden de control secundario.</i>	<i>20</i>
REFERENCIA ALTIMÉTRICA EN CASOS ESPECIALES.	21
LOCALIZACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	21
LEVANTAMIENTO DE PERFILES.	21
PERFIL LONGITUDINAL DE TERRENO.	22
REQUISITOS DE UNA TRIANGULACIÓN.....	22
CURVAS DE ENLACE HORIZONTAL.	23
TOPOGRAFIA APLICADA A LA EXCAVACION DE TUNELES.	25
ANTECEDENTES.	26
CARACTERISTICAS DEL PROYECTO DE UN TUNEL.....	27
PROYECTO DEL TUNEL.	27
TRABAJOS EN EL EXTERIOR.....	28
PLANO TOPOGRÁFICO DE BASE.	28
ENLACE PLANIMÉTRICO ENTRE BOCAS (ENTRADA/SALIDA).	29
NIVELACION ENTRE BOCAS.....	30
INSTRUMENTACIÓN ESPECÍFICA DEL REPLANTEO.....	30
SISTEMA DE ILUMINACION.	30
EQUIPOS DE MEDICIÓN.	31
CONTROL DE SECCION E INVASIONES.....	32
MEDICIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES.	32
<i>Por abscisas y ordenadas.</i>	<i>34</i>
<i>Por radiación con un instrumento topográfico.....</i>	<i>35</i>
<i>Con medida de ángulos.</i>	<i>35</i>

<i>Por intersección.....</i>	35
<i>Con perfilógrafos y perfilómetros.....</i>	36
METODOS ALTIMETRICOS.....	37
NIVELACIÓN TRIGONOMÉTRICA.....	38
<i>El punto de estación y el punto visado se materializan en el piso de la labor.....</i>	38
<i>El punto de estación se materializa en el piso y el punto visado en el techo de la labor.</i>	39
<i>El punto de estación se materializa en el techo y el punto visado en el piso de la labor.</i>	39
<i>Ambos puntos se materializan en el techo de la labor.....</i>	39
NIVELACIÓN GEOMÉTRICA.....	40
<i>Nivelación por el piso de la labor.</i>	40
<i>Nivelación por el techo de la labor.....</i>	41
POR FOTOGRAMETRÍA TERRESTRE.....	41
SEÑALIZACIÓN DE PUNTOS.....	42
CARTOGRAFIA MINERA.....	43
REGISTRO MINERO.....	43
DEMASIÁS.....	45
INTRUSIÓN MINERA.....	45
CONCLUSION.....	46

2014

Topografía de Puentes y Túneles.



Francina G. Elivo Urbino.

Eligio M. Molina Ramírez.



INTRODUCCION.

Este trabajo de investigación ofrece una descripción de los instrumentos y métodos propios de los levantamientos planimétricos y altimétricos en galerías y en la superficie, explotaciones mineras, túneles, puentes y todo tipo de obras a realizar en el subsuelo, con lo que viene a cubrir temas muy importantes en la topografía propiamente subterránea. A su vez en procedimientos clásicos de la superficie aplicados esencialmente al trabajo en puentes.

El objetivo principal es proporcionar los conocimientos necesarios para la orientación y el levantamiento de planos ya sea del interior de las minas como en la superficie, el estudio y control de los hundimientos mineros, la determinación de las intrusiones mineras, los proyectos y cálculos de rompimientos mineros, los de la comunicación de túneles, así como el replanteo y la dirección de dichas labores topográficas. Se abordan los sistemas clásicos tradicionales, los modernos automatizados y computarizados, así como la aplicación del rayo láser en los diferentes trabajos topográficos de orientación y dirección de las labores subterráneas.

Todos los conocimientos que se exponen son importantes para los técnicos que han de ejecutar trabajos de topografía, debido a las condiciones tan particulares de dichas operaciones. Todo ello les ocurre por la falta de una instrucción indispensable.



TOPOGRAFIA DE PUENTES.

ELIGIO MOLINA.

PALABRAS CLAVES.

Puente:

Es la materialización de la plataforma del camino cuando éste se despega del suelo. El puente sostiene el camino en el aire, independiente del suelo, mediante una estructura que se soporta a sí misma y a las cargas del tráfico que pasan encima de ella. El puente da continuidad al camino salvando obstáculos, ya sean naturales o artificiales, tales como ríos, vías de tráfico y/o comunicación, barrancos, depresiones, canales, tubos, etc.

Viaducto:

Puente para el paso de un camino sobre un valle. Puente carretero elevado que cruza sobre calles urbanas o sobre líneas férreas.

Eje Longitudinal:

Es el eje central del puente que discurre a lo largo del mismo. En aquellos casos donde el puente esté incluido en el estudio general de una carretera o camino, el eje longitudinal corresponderá a la prolongación del eje en planta del camino sobre el puente.

Eje de Apoyo:

Es la línea que resulta de la intersección del plano de apoyo de la superestructura y de un plano vertical que pasa por el centro de tal plano de apoyo.

Borde de Puente:

Es la línea definida por un plano vertical que pasa por el extremo del tablero del puente y el plano del tablero. Las progresivas menor y mayor de los bordes del puente en el eje, en el sentido del avance del kilometraje, definen el inicio y final del puente, respectivamente.

Longitud Total:

Es la longitud medida entre los bordes del puente y se mide como la diferencia entre las progresivas de entrada y salida del puente, equivalente a la sumatoria de las longitudes de los tramos y la de sus juntas de dilatación.

Longitud del Tramo:

Es la longitud entre los bordes de construcción en el caso de tramos isostáticos, y la longitud entre ejes, en el caso de tramos hiperestáticos.

Luz Libre o Vano:

Es la distancia libre entre las caras de los elementos de la infraestructura (entre caras de estribos, de estribo y pila o entre caras de pilas). Según la cantidad de tramos del puente, pueden existir variedad de luces y en tal caso, se hablará de luz mayor y luces menores.

Luz de Cálculo:

Es la longitud de diseño de las Vigas o losas y se mide, normalmente, entre ejes de apoyo.

Calzada:

Es el área del puente destinada al tránsito vehicular, cuyo ancho se mide en forma perpendicular al Eje Longitudinal del Puente.

Faja de Tráfico:

Es el ancho de la calzada destinado a la circulación de una sola fila de vehículos.

Aceras:

Zona longitudinal del puente, elevada o no, reservada al tránsito de peatones.

Separador:

Franja longitudinal del puente no destinada a la circulación de vehículos, que separa calzadas contiguas.

Ancho del Puente:

Corresponde al ancho total de la superestructura e incluye, calzadas, separadores, aceras y barandas.

Gálibo:

Altura existente entre la cota más baja de la superestructura y el fondo del lecho o barranco. En el caso de pasos a desnivel sobre vías férreas, es la distancia entre la cota más baja de la superestructura y la mayor cota de riel. En pasos a desnivel sobre un camino, es la distancia entre la cota más baja de la superestructura y la cota más alta del pavimento del camino sobre el cual se cruza.

Revancha:

Es la distancia vertical entre la cota del NAME o la de diseño y la cota más baja de la superestructura del puente.

Cantoneras:

Perfiles angulares metálicos colocados en los cantos vivos de las losas de hormigón, para protegerlos del golpe de las ruedas.

Pilote:

Elemento de cimentación profunda que tiene desde 30 cm hasta 120 cm de espesor o diámetro, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente de suelo. Este elemento puede trabajar a punta y/o fricción, y puede ser de metal, de madera u hormigón.

Pilón:

Columna de la cual se extienden cables para sostener el tablero en los puentes atirantados o colgantes.

Cajón de Fundación:

Es una estructura permanente de fundación que se construye en la superficie y a medida que se la hunde para colocarla en su posición final permite proseguir la excavación dentro de la misma protegiendo a los trabajadores contra el colapso del suelo y evitando la inundación de la excavación.

Esviaje:

Ángulo medido entre el eje del río, quebrada, camino o vía férrea que cruza el puente y la línea perpendicular al eje longitudinal del puente. Se dirá que el esviaje es positivo cuando el ángulo es medido en sentido contrario a las manecillas del reloj y es negativo cuando el ángulo es medido en sentido de las manecillas del reloj.

Cota de Rasante:

Corresponde a las cotas de pavimento del eje de la calzada del puente y sus accesos.

NAME:

Es la cota del Nivel de Aguas Máximo Extraordinario esperada para la crecida del río, según el período de retorno de diseño.

NAO:

Es la cota del Nivel de Aguas Ordinario del río.

NAm:

Es la cota del Nivel de Aguas Mínimo del río.



NAM:

Es la cota del Nivel de Aguas Máximo del río.

Cota de Fondo de Lecho:

Es la cota inferior del levantamiento topográfico del fondo del lecho.

Cota de Socavación Total:

Corresponde al nivel de socavación para distintos períodos de crecidas y debe contemplar la socavación general más la local.

Cota de Fundación:

Es la cota de proyecto o la aprobada por la Fiscalización y corresponde a la cota de la superficie de contacto donde se apoyan las fundaciones, sean éstas directas, cajones o sobre pilotes.

Términos de Referencia TDRs:

Documentos técnicos, preparados por la entidad contratante en los cuales se describen los objetivos y alcances de un Estudio según su nivel; estos documentos tienen un carácter enunciativo y no limitativo, pudiendo el Consultor ampliar y sustanciar donde y cuando lo considere necesario, con el consentimiento de la entidad contratante y sin modificar el objetivo principal del Estudio.

RESEÑA HISTORICA.

El arte de construir puentes tiene su origen en la misma prehistoria. Puede decirse que nace cuando un buen día se le ocurrió al hombre prehistórico derribar un árbol en forma que, al caer, enlazara las dos riberas de una corriente sobre la que deseaba establecer un vado. La genial ocurrencia le eximía de esperar a que la caída casual de un árbol le proporcionara un puente fortuito. También utilizó el hombre primitivo losas de piedra para salvar las corrientes de pequeña anchura cuando no había árboles a mano. En cuanto a la ciencia de erigir puentes, no se remonta más allá de un siglo y nace precisamente al establecerse los principios que permitían conformar cada componente a las fatigas a que le sometieran las cargas.

El arte de construir puentes no experimentó cambios sustanciales durante más de 2000 años. La piedra y la madera eran utilizadas en tiempos napoleónicos de manera similar a como lo fueron en época de julio Cesar e incluso mucho tiempo antes. Hasta finales del siglo XVIII no se pudo obtener hierro colado y forjado a precios que hicieran de él un material estructural asequible y hubo que esperar casi otro siglo a que pudiera emplearse el acero en condiciones económicas. Al igual que ocurre en la mayoría de los casos, la construcción de puentes ha evolucionado paralelamente a la necesidad que de ellos se sentía. Recibió su primer gran impulso en los tiempos en que Roma dominaba la mayor parte del mundo conocido. A medida que sus legiones conquistaban nuevos países, iban levantando en su camino puentes de madera más o menos permanentes; cuando construyeron sus calzadas pavimentadas, alzaron puentes de piedra labrada.

A la caída del Imperio sufrió el arte un grave retroceso, que duró más de seis siglos. Si los romanos tendieron puentes para salvar obstáculos a su expansión, el hombre medieval veía en los ríos una defensa natural contra las invasiones. El puente era, por tanto, un punto débil en el sistema defensivo feudal. Por tal motivo muchos puentes fueron desmantelados y los pocos construidos estaban defendidos por fortificaciones. A fines de la baja Edad Media renació la actividad constructiva, principalmente merced a la labor de los Hermanos del Puente, rama benedictina. El progreso continuó ininterrumpidamente hasta comienzos del siglo XIX.



La locomotora de vapor inició una nueva era al demostrar su superioridad sobre los animales de tiro. La rápida expansión de las redes ferroviarias obligó a un ritmo paralelo en la construcción de puentes sólidos y resistentes. Por último, el automóvil creó una demanda de puentes jamás conocida. Los impuestos sobre la gasolina y los derechos de portazgo suministraron los medios económicos necesarios para su financiación y en sólo unas décadas se construyeron más obras notables de esta clase que en cualquier siglo anterior. El gran número de accidentes ocasionados por los cruces y pasos a nivel estimuló la creación de diferencias de nivel, que tanto en los pasos elevados como en los inferiores requerían el empleo de puentes. En una autopista moderna todos los cruces de carreteras y pasos a nivel son salvados por este procedimiento



CLASIFICACION.

Los diferentes tipos de puentes pueden se pueden agrupar en función del criterio de clasificación escogido. De este modo se distinguen:

Según su destino.

- De carretera
- De ferrocarril
- Acueductos
- Puentes canal,
- De aeropuertos
- pasarelas peatonales.

Según el material constructivo de los principales elementos portantes.

- De madera
- De piedra
- Metálicos
- De hormigón armado.

En función de su luz principal:

- Puente de un solo vano.
- Puente de varios vanos.

Según su disposición en planta.

- Curvos
- Rectos

Según su estructura longitudinal portante:

- De arcos.
- De cables suspendidos o atirantados.
- Tipo cercha.

- Puentes de vigas:
 - Isostáticos: Vigas independientes.
 - Hiperestáticos: Vigas continuas.

ELEMENTOS FUNDAMENTALES DE UN PUENTE.

Como elementos estructurales de un puente se distingue entre la infraestructura y superestructura.

La infraestructura comprende aquellos elementos que sirven de soporte de la construcción y transmiten al terreno los esfuerzos a que se ve sometido el puente en su servicio. Estos elementos son los apoyos del puente.

La infraestructura está formada por:

- Pilas o pilares
- Estribos
- Cimientos

La superestructura la constituyen los elementos portantes, que transmiten a los apoyos los esfuerzos provenientes de las diferentes cargas que los soportan.

La superestructura está formada por un sistema estructural primario que es la estructura portante del tablero y transmite las cargas hacia los apoyos. Lo forman las vigas principales, arcos, diafragmas, nervios transversales, nervios longitudinales,...también recibe el nombre de esqueleto portante.

Tablero:

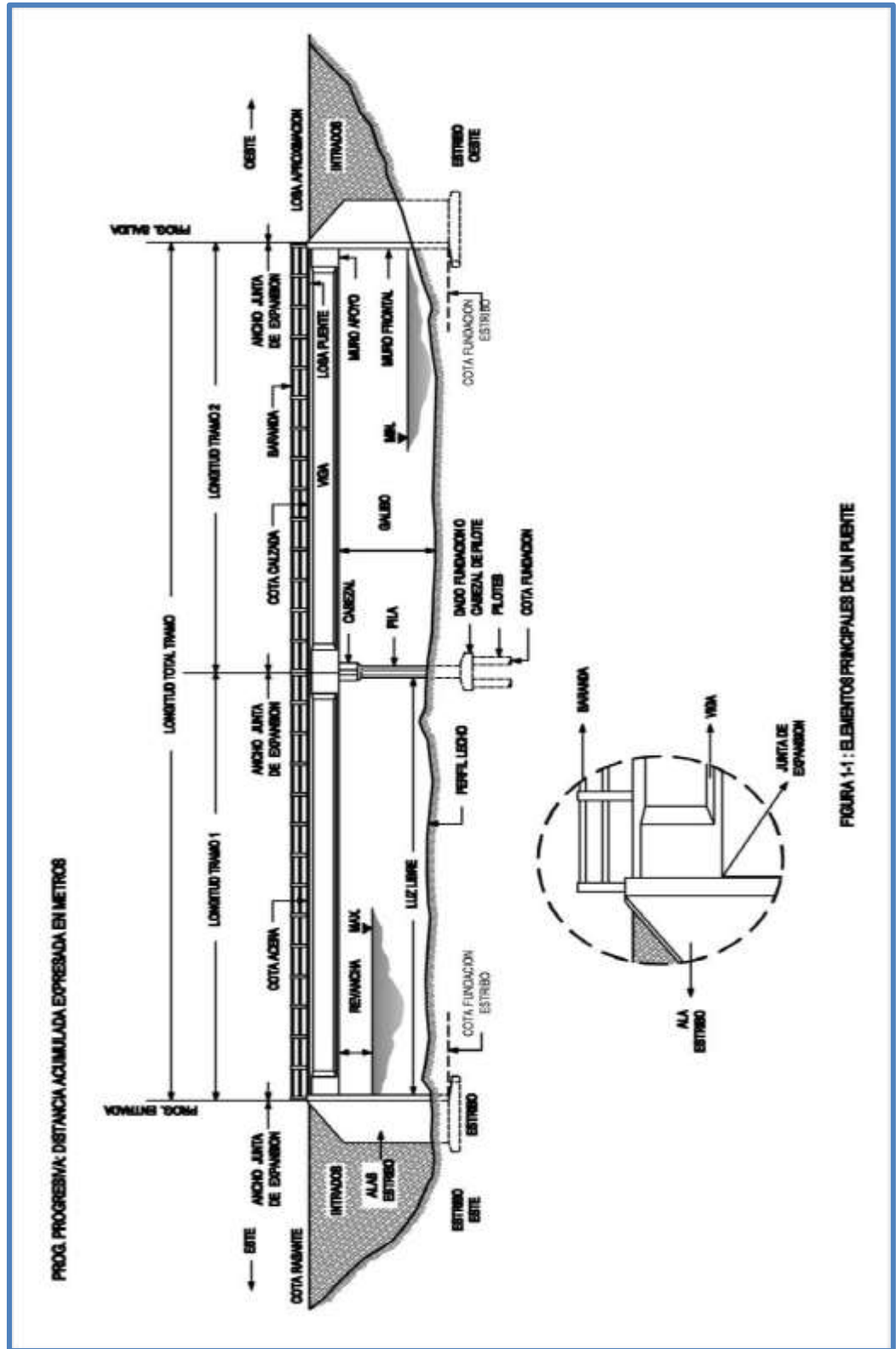


FIGURA 1-1: ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN PUENTE

TOPOGRAFIA DE PUENTES.

Todos los estudios para obras viales quedarán referidos planimétricamente a Puntos Geodésicos GPS. En el caso general de puentes pequeños y medianos, el levantamiento topográfico puede quedar referido a un punto local previamente seleccionado.

Son necesarios además del reconocimiento cuatro tipos de trabajos topográficos que pueden combinarse entre sí y que son los siguientes levantamientos preliminar, levantamiento par el proyecto trabajos para el control de la situación del puente y replanteo.

Tipos de trabajos para levantamientos:

Levantamiento preliminar.

Consiste en un levantamiento topográfico en el lugar donde se va a realizar la estructura y puede ser necesario según la magnitud de la obra de unas pocas secciones transversales en los extremos o en el caso de un puente de gran magnitud requerir levantamiento aéreo, debe estar representada la carretera precisamente y es necesario un levantamiento hidrográfico completo que incluye el estudio del área de escurrimiento que alimenta a la fuente de agua de los efectos del régimen de corriente y de las mareas o avenidas. También son partes del levantamiento preliminar:

- a) Planimetría del área en estudio. Considérese que deberá tomarse en cuenta si existen vías vehiculares a interconectar además de los árboles y elementos que permitan definir bien el cauce: pie de cauce, corona de cauce y área de protección proyectada. Ubicación de viviendas u otra infraestructura.
- b) Altimetría (niveles) del área de trabajo, esta nivelación deberá tomar en cuenta el sacar secciones del cauces, cuando menos 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo del eje proyectado del puente. Las secciones deberán tomar en cuenta una línea proyectada perpendicular desde el eje del cauce (rio o cauce efímero) cuando menos de 10 puntos incluyendo eje de cauce, pie de cauce, puntos intermedios entre pie y corona (dependerá del ancho de talud) y puntos posteriores de la corona, que se yo unos 10 o 20 metros. Se recomienda levantar secciones de cauces cada 5 o 10 metros para mayor precisión de la información.

- c) Detalles. Considerar obras de infraestructura existentes, como muros, gaviones, viviendas ilegales, incluyendo niveles de pie y corona (base y altura), así como espesores de dicha infraestructura. Indicar diámetro o perímetro de árboles levantados (evaluación ambiental) y anchos de vías existentes, incluyendo cordones, arriates y aceras. Si se levantan secciones de caminos existentes, indicar rumbos y distancias, así como puntos de amarre para replanteos posteriores.

Levantamiento para el proyecto.

Una vez ubicada la estructura es imprescindible reunir los datos topográficos exactos para utilizar los detalles del proyecto, o sea en el caso que no se ocupa la ubicación exacta de los estribos y pilas de puente, en caso de ser de varias luces con la selección tomando en cuenta el factor económico en general los trabajos para este tipo de proyectos tiene que ser exacto y cuidadosamente comprobados.

Levantamiento para el control de situación.

A partir de los dos anteriores, el levantamiento para control de ubicación definitiva del puente corresponde a una de las partes más importantes del trabajo que se realizan de una manera independientes y con especial cuidado, por ejemplo casos de puente colgante se hace la selección de este tipo de puentes con el levantamiento preliminar y las posiciones exactas de dos estribos y torres de anclaje. Estas torres han de ser ubicadas exactamente de manera que el tablero encaje una vez levantado para lo cual será necesario una triangulación levantada y calculada con la mayor precisión de tal manera que los datos obtenidos puedan determinar las medidas para el replanteo.

1. Replanteo. Una vez concluidos los cálculos de situación se procede a señalar los puntos principales o básicos y desde ellos se localizan los puntos para el proceso constructivo. El trabajo a veces requiere de las plataformas auxiliares y tratándose de estructuras para alimentarse bajo el agua se tiene que seguir seguimientos muy exactos de localización y control.

2. Trabajo complementario. Es necesario establecer de inmediato el sistema de control tanto horizontal y vertical con una poligonal o triangulación enlazada a la poligonal principal y una línea de nivelación mediante nivelación recíproca que asegura la exactitud del paso de una rivera a otra y como los puntos de referencia o básicos se han usado muchas veces. Dichos punto como son, vértices o estaciones deben ser establecidos de una manera permanente mediante señales de hormigón.

ASPECTOS TOPOGRÁFICOS PARA PUENTES.

Referenciación y orden de control.

Tiene relación con las Redes de Apoyo materializadas en terreno para establecer un Sistema de Transporte de Coordenadas (STC) al que quedan referidos los levantamientos y trabajos topográficos para el estudio de la estructura y, posteriormente, los replanteos que se ejecutan para la construcción de la obra. Los STC derivados del sistema principal, con el objeto de ejecutar levantamientos del cauce aguas arriba y aguas abajo de la estructura, podrán ejecutarse con Orden de Control inferior en un grado respecto del que se está empleando para referir la estructura.

Orden de Control Primario.

Se empleará en el caso de los puentes cuya longitud sea mayor o igual que 500 m y en aquellos de menor longitud, que por su especial estructuración, altura, etc., requieran de un control topográfico de alta precisión, cuya oportunidad de uso deberá especificarse en los Términos de Referencia (TDR's).

El procedimiento para establecer este tipo de redes de orden primario, sugiere la materialización de una “Figura Base” medida mediante GPS geodésico (normalmente un cuadrilátero). La Verificación de cierre en tolerancia de la figura base se ejecuta según el procedimiento para el “Cálculo y Compensación de un Cuadrilátero Aislado”.

Tolerancias del Orden de Control Primaria.

Planimétrico = 1:40.000 (25mm/km)

Altimétrico = $e \leq 0,01 \cdot (K)^{1/2}$ (m) (Nivelación Geométrica de Precisión)

- a) Con K igual a la longitud del circuito de nivelación expresada en kilómetros y una distancia máxima entre PRs de 500 m.
- b) Si por tratarse de una obra muy especial se requieren precisiones al milímetro o fracciones de milímetro (control de asentamientos, por ejemplo) se podrá exigir una Nivelación de Alta Precisión.

Los trabajos topográficos relativos al cauce o a los accesos de la obra, podrán ser referenciados mediante una Poligonal Cerrada de Orden Secundario.

Orden de control secundario.

Este orden de control corresponde al definido para el estudio, replanteo y construcción de obras viales en general. El será aplicable para los puentes, pasos a desnivel y pasarelas de menos de 500 m de longitud que no caigan dentro de la clasificación de estructuras especiales.

Este tipo de Redes de orden secundario, quedan ligadas a las “Líneas Base” materializadas aproximadamente cada 2 km, medidas con GPS y verificadas con distanciómetro. El transporte de coordenadas entre Líneas Base se ejecuta mediante Poligonación, dado que el instrumental disponible (Estaciones Totales) permite lograr cierres que normalmente superan las tolerancias exigidas.

Para el estudio de puentes y obras similares, se exigirá que próximo a la estructura se materialicen al menos 2 vértices intervisibles de la poligonal, los que permitirán referir los levantamientos especiales de la zona de emplazamiento de la estructura, del cauce, etc., y su posterior replanteo.

Tolerancias del orden de Control Secundario.

Planimétrica = 1:20.000 (50 mm/km)

Altimétrica = $\pm 0,01 \cdot (K)^{1/2}$ (m)

Los trabajos topográficos relativos a la Carretera o Camino (Acceso sala Estructura), estarán por lo general referidos también a un Orden de Control Secundario. Los levantamientos del cauce para extensiones aguas arriba y aguas abajo de hasta 3000 m,

podrán quedar referidos a una Poligonal Cerrada de Orden Terciario. Para extensiones mayores de 3.000 m, se empleará un Orden de Control Secundario.

Tolerancias del orden de Control Terciario

Planimétrica = 1:15.000 (67 mm/km)

Altimétrica = $e \leq 0,01 \cdot (K)^{1/2}$ (m)

Referencia altimétrica en casos especiales.

En aquellos casos en que para referenciar altiméricamente el estudio del camino y de sus estructuras, no exista un Nivel de Referencia a menos de 10 km., se aceptará usar como referencia la cota determinada mediante GPS.

Localización y Emplazamiento.

Los estudios de localización y emplazamiento se desarrollarán inicialmente sobre cartas geográficas (1:25.000 ó 1:50.000) o imágenes satelitales en el Perfil de Proyecto, sobre Restituciones Aero fotogramétricas con apoyo terrestre escala 1:5.000 ó 1:10.000, según la escala de la fotografía aérea existente. En etapas de Estudio de Identificación, cuando se cuenta con una localización aproximada, se deberá ejecutar un Levantamiento con distanciómetro en escala 1:2.000 y, eventualmente, en 1:1.000, según lo definido como conclusión del Estudio de Identificación. Dicho levantamiento abarcará los tramos aguas arriba y aguas abajo.

Para el estudio del emplazamiento definitivo de la estructura, se deberá hacer un levantamiento en escala 1:500 con curvas de nivel cada 0,5 m en toda la longitud de la estructura, más 100 m en cada extremo, cuyo ancho será de 50 m a cada lado del eje.

Levantamiento de Perfiles.

En la etapa del recopilación de información, el Levantamiento de Planta ejecutado a escala 1:500, con curvas de nivel cada 0,5m, descrito precedentemente, se complementará con un Perfil Longitudinal de Terreno a lo largo del eje de la obra y con perfiles adicionales en la zona de los estribos. No se justifica tomar perfiles transversales en el emplazamiento de las pilas dentro del cauce del río, pues por estar sometido el lecho a procesos de arrastre y depósito, el levantamiento 1:500 resulta suficientemente representativo.

En todo caso, si durante la etapa de estudio ocurre una crecida extraordinaria, posterior a la ejecución de estos perfiles, que modificará significativamente el lecho del cauce, la Fiscalización del Estudio solicitará la repetición de dicho trabajo, reconociendo los costos del trabajo adicional ordenado.

Perfil longitudinal de terreno.

En primer término se procederá a replantear el eje longitudinal de la estructura según lo definido en el Estudio de Identificación Seleccionado. Dicho replanteo se ejecutará desde dos vértices del STC, materializando en terreno estacas de alineación y deberá abarcar un tramo suficientemente largo de los accesos a ella como para verificar que no existen problemas en el trazado del Camino o Carretera en dichos tramos.

La nivelación propiamente tal se ejecutará según los procedimientos y tolerancias normalmente empleados, con la salvedad de que los puntos a nivelar no están materializados previamente mediante las estacas del eje del trazado, sino que corresponden a aquellos que definen el fondo del cauce con todas sus singularidades al instante de ejecutar la nivelación.

Si se trata de un cauce con niveles de agua considerables, se deberán emplear procedimientos batimétricos, controlando la posición del punto mediante radiación desde una estación del STC, o mejor aún, desde una estación dispuesta según la alineación del eje que se está nivelando. El uso de plomada para determinar la profundidad del punto debe hacerse con las precauciones necesarias, en aquellos ríos con corriente importante.

Para salvar el tipo de problemas señalado, se podrá recurrir al uso de Ecosonda y GPS aplicado a hidrografía.

El Perfil Longitudinal nivelado por el eje de la estructura abarcará la misma extensión definida para la faja de levantamiento escala 1:500, debiendo enlazarse con el Perfil Longitudinal del proyecto carretero.

Requisitos de una triangulación.

Se sitúa una estación primaria próxima a cada uno de los extremos de la estructura y además puntos desde los cuales pueden ubicarse las pilas del puente por intersección el

sistema estará formado por 1 o 2 cuadriláteros siendo uno de sus lados la base de ambos lados de las riveras desde donde deben observarse las diagonales, las dos bases constituyen lados completos de los cuadriláteros, las estaciones se ubican en sitios desde donde las bases pueden medirse en forma expedita, frecuentemente se levantan uniones cortas desde un extremo por la base a una estación de triangulación situado en un lugar destacado.

Curvas de enlace horizontal.

Las curvas horizontales de enlace son curvas circulares y se clasifican en simples y compuestas. Las simples están constituidas por un tramo de una sola circunferencia que enlaza dos alineaciones constituida por las prolongaciones de las líneas de intersección, los elementos que deben determinarse a conocerse para llegar a trazar una curva circular son los siguientes. Grado de la curva es el ángulo al centro correspondiente a una cuerda unitaria, g' o subgrado es el residuo angular que queda luego de replantear varias cuerdas unitarias; o sea el residuo de la división del ángulo de deflexión para el grado. El grado correspondiente a una cuerda de 20 metros generalmente no debe pasar de 10° grados ya que para ese valor el radio es mayor de 100m y el arco se aproxima en su longitud a la cuerda para curvas con grados entre 10 y 20, que se usan cuerdas unitarias de 10 metros y para grados entre 20 y 40 se usan cuerdas unitarias de 5 metros. En carreteras el radio de la curva tiene que ser lo suficientemente grande para evitar curvas forzadas en camino de 2° orden se aceptó un mínimo de 35m de radio que corresponde a un grado $g = 35$ grados en carreteras de primer orden. Se busca obtener curvas con radios mayores a los 100m en líneas férreas debido a que la fricción de ruedas es un radio aumenta con la curvatura lo mínimo que se acepta es un radio igual a 200m que corresponde aproximadamente un valor de $g = 6$ grados, los rayos de los canales depende de muchos factores tales como la velocidad del fluido, la pendiente, el ancho del canal, el tirante de agua, etc. Se utiliza un mínimo igual a 2 o 3 veces el ancho del canal para el radio.

**PUENTE DEL RIO ISABELA DE LA AV. CIRCUNVACION NORTE,
Santo Domingo.**





TOPOGRAFIA APLICADA A LA EXCAVACION DE TUNELES.

Francina G. Elivo Urbino

ANTECEDENTES.

Desde muy antiguo el hombre ha contemplado la construcción de túneles como la alternativa a la necesidad, cada vez mayor, de comunicarse con el mundo que le rodea. Los ejemplos más antiguos de túneles construidos por el hombre se remontan a la civilización egipcia, que construyeron galerías subterráneas excavadas en roca para acceder a las tumbas de sus faraones.

Posteriormente los romanos vieron en este tipo de obras la salida al problema de las conducciones de agua y alcantarillado, siendo los pioneros en la construcción de obras de saneamiento.

Avanzando en el tiempo, llegamos a la Edad Media, en donde tan solo se construyeron túneles como vías de salida de emergencia de salida en castillos fortificados, o en los accesos a criptas de monasterios. Fue en tiempos del Imperio Napoleónico cuando se empezaron a construir algunos túneles en vías de comunicación, principalmente en la zona de los Alpes, pero en cualquier caso, de dimensiones reducidas.

El verdadero detonante de la construcción de túneles, fue el ferrocarril, cuya aparición en el primer tercio del siglo XIX, obligó a los ingenieros de entonces al proyecto y ejecución de túneles para poder salvar los obstáculos naturales. Actualmente, tanto la construcción de los ferrocarriles de “Alta Velocidad” como las condiciones específicas de las autopistas y otros tipos de obras, exigen la construcción de túneles a lo largo de su trazado.

CARACTERISTICAS DEL PROYECTO DE UN TUNEL.

Los túneles son obras subterráneas destinadas, normalmente, a establecer comunicación a través de un monte, por debajo de un curso de agua o salvando otro tipo de obstáculos, para permitir el transporte, almacenar determinados productos o albergar conducciones.

La construcción de un túnel suele venir motivada por la configuración topográfica del terreno: en muchas ocasiones resulta más económico perforar un túnel que rodear un determinado obstáculo. En el caso de ferrocarriles metropolitanos, se prefiere el transporte subterráneo porque no interfiere con el tráfico de superficie.

Como en alguna ocasión expertos en túneles han reconocido, cualquier planteamiento o sugerencia referente a túneles puede recibir críticas razonables pero es de esperar que, pese a las limitaciones inevitables, todo conocimiento pueda ser de utilidad a los profesionales que intervienen en el complicado mundo de la obra subterránea.

Cualquier actividad de orden técnico, incluida las tareas de ámbito topográfico, encaran un serio reto sobre cuál es el mejor momento de aplicación, de hecho, la ejecución de una obra subterránea se desarrolla en un camino crítico permanente haciendo imposible iniciar una nueva unidad de obra sin finalizar la precedente.

Esta causa provoca ciertos inconvenientes a la hora de planificar la intervención de los equipos topográficos en el interior de un túnel, sobre todo si se tiene en cuenta la importancia de un correcto control geométrico y cuantitativo de una obra de estas características, por cierto, poco reconocido con habitual frecuencia.

PROYECTO DEL TUNEL.

Antes de que se pueda plantear el diseño del túnel con un mínimo de detalle, será necesario recopilar o generar toda la información relevante sobre el terreno afectado por el proyecto. Al menos, esta información supone:

- Plano topográfico a escala suficientemente grande y totalmente actualizado. Si no se dispone de esta información, será necesario realizar un levantamiento topográfico de la zona.
- Estudio geológico y geotécnico: El conocimiento de los terrenos que va a atravesar el túnel es fundamental. Se realizarán los sondeos y los ensayos que sea preciso para caracterizar y plasmar en planos y secciones la estructura geológica del terreno.

El proyecto, como en cualquier obra de ingeniería, consiste en estudiar distintas alternativas y seleccionar la más adecuada, aplicando criterios técnicos, económicos, medioambientales, etc. La solución elegida debe quedar perfectamente definida, mediante:

- Los puntos de entrada y de salida y los enlaces con los tramos anterior y posterior de la obra (carretera, ferrocarril, etc.)
- El trazado en planta, con las distintas alineaciones que lo conforman. Se indicarán longitudes, radios de curvatura, etc.
- El perfil longitudinal, tanto del terreno como de la rasante. Se indicarán las pendientes, acuerdos parabólicos, cotas, etc. Se indicarán todas las obras subterráneas con las que se cruce o a las que pueda afectar el túnel proyectado.

TRABAJOS EN EL EXTERIOR.

Los trabajos topográficos en el exterior tienen por finalidad proporcionar toda la infraestructura topográfica necesaria para la elaboración del proyecto del túnel y para el replanteo de las labores de interior. Especial importancia tiene el enlace topográfico entre los distintos puntos de ataque de la obra.

Plano topográfico de base.

En muchas ocasiones no se dispone de un levantamiento topográfico previo de precisión suficiente y a una escala adecuada. En estos casos se realizará un levantamiento ex-profeso de la zona. Los vértices que se hayan marcado y medido para este levantamiento, servirán además para apoyar los trabajos topográficos de precisión necesarios para realizar el enlace entre puntos de ataque y el replanteo de la obra.

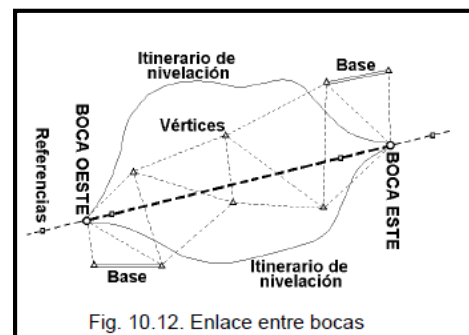
El levantamiento de exterior también puede realizarse por fotogrametría aérea. En ambos casos se trata de levantamientos convencionales, que suelen limitarse a zonas relativamente reducidas en las que puede desprejarse la curvatura terrestre y la convergencia de meridianos. Sólo en el caso de túneles extraordinariamente largos podrían estos factores afectar significativamente a la obra.

Enlace planimétrico entre bocas (Entrada/Salida).

La situación de los puntos de ataque de la obra debe marcarse en el terreno y medirse con la máxima precisión disponible. Además, para evitar la acumulación de errores en el replanteo, que podría impedir que las labores “calen” correctamente, conviene enlazar topográficamente los distintos puntos de ataque de la obra (Como muestra la figura). De esta forma podremos determinar conjuntamente todos los parámetros (coordenadas, acimutes, distancias) necesarios para replantear la excavación, eliminando las imprecisiones que se tendrían si nos limitamos a obtener estos datos del plano topográfico.

Para ello, una vez elegidos los puntos de ataque, podemos incluirlos en la red de triangulación de nuestro levantamiento topográfico y medirlos como si fueran vértices de la red, recalculándola si es preciso. Es habitual establecer una red en forma de cadena, con dos bases distintas, cada una en las proximidades de una de las bocas del túnel. La red se calcula y se compensa de la forma habitual, sirviendo la segunda base como comprobación, y se enlaza con la red geodésica.

Como resultado de este trabajo, dispondremos de las coordenadas de los puntos de ataque medidas conjuntamente y relacionadas entre sí, lo que nos permitirá acometer la excavación del túnel con las debidas garantías de precisión.



NIVELACION ENTRE BOCAS.

El enlace entre bocas también debe hacerse altimétricamente. Lo más recomendable es establecer una nivelación geométrica de precisión, a partir de un punto de la red de nivelación de alta precisión (NAP). Los itinerarios de nivelación deben ser cerrados y servirán para calcular la coordenada Z de todos los puntos de ataque de la obra, incluyendo pozos y rampas si los hubiese.

Una vez realizados los trabajos de enlace entre bocas y el perfil longitudinal, 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 (Como muestra la figura). El tercer punto nos servirá como comprobación.

Por razones prácticas, especialmente la visibilidad, el replanteo en altimetría suele hacerse marcando una rasante sobre elevada una magnitud constante (1 a 1,5m) respecto a la altitud del piso teórico del túnel. Esta rasante puede señalizarse mediante una cuerda horizontal.

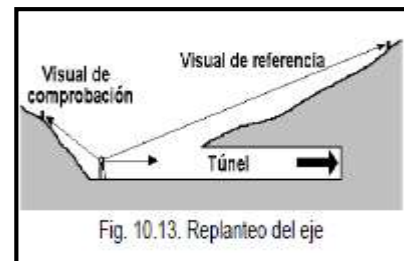


Fig. 10.13. Replanteo del eje

INSTRUMENTACIÓN ESPECÍFICA DEL REPLANTEO.

Sistema de iluminación.

- **De los instrumentos:** Todos los instrumentos utilizados en la topografía subterránea tienen previsto el problema de iluminación de sus elementos de lectura a causa de las nulas o deficientes condiciones de iluminación de una galería subterránea, y por ello van provistos de sistemas de iluminación adaptables a los mismos a fin de contrarrestar este problema.
- **De las galerías:** Para poder trabajar dentro de una galería subterránea no siempre será suficiente la iluminación instalada en la misma, ya que ésta generalmente es

deficiente y no adecuada para realizar las observaciones. Es necesario disponer de focos o sistemas de iluminación fijos o móviles que iluminen las señales de puntería. En muchas ocasiones es factible resolver este problema por medio de linternas portátiles cuyos haces de luz dirigidos al punto a observar o replantear, permiten efectuar la observación con total nitidez.

Equipos de medición.

El desarrollo tecnológico en materia de equipos de medición experimentada durante la última década del pasado siglo, ha permitido implantar unos sistemas de control geométrico en obra subterránea que anteriormente eran poco menos que inimaginables.

El control de la sección de excavación de un túnel requiere un elevado volumen de información sin el cual no es posible obtener resultados que se aproximen a la realidad. En este sentido las estaciones topográficas robotizadas y los equipos láser escáner 3D, si bien estos últimos no tienen un uso habitual, quizás por desconocimiento de sus propiedades.

- **Teodolito giroscópico:** El problema más complicado que se presenta a la hora de trabajar dentro de una galería subterránea es el de la orientación de los trabajos con relación a un sistema de referencia, ya que habrá de transmitirse la orientación desde el exterior a cielo abierto al fondo de un pozo o a una galería. Con independencia de los métodos o sistemas de transmisión de esta orientación con instrumental convencional, se tiene la posibilidad de utilizar el denominado “Teodolito Giroscópico” o “Inercial” que permite de forma directa y puntual la determinación de la dirección del Norte Geográfico con un grado de precisión suficiente para la mayoría de los trabajos.
- **Estaciones Robóticas. :** Las estaciones robóticas permiten a los equipos de topografía la obtención sistemática de perfiles transversales de la excavación existente con gran agilidad y un reducido coste de tiempos y recursos. Disponer de esta valiosa información nos permite conocer con cierta rigurosidad el estado de mediciones de volúmenes de excavación, hormigones de sostenimiento, revestimiento, superficies de impermeabilización y una aproximación aceptable en cuanto al grado de excavación por exceso y defecto existentes.

Su aplicación influye incluso en la medida de convergencias por métodos topográficos, sobre todo de aquellas partes de la sección en las que el acceso para instalar cintas de convergencia está limitado por la necesidad de utilizar maquinaria que no siempre está disponible.

- **Laser escáner 3D:** Cuando la excavación se realiza por medio de un escudo de perforación continua, que se denomina “topo”, surge el problema del direccionamiento de dicha maquinaria para que su frente de perforación describa en el espacio la trayectoria de proyecto, tanto en planta como en alzado. Para poder efectuar tal direccionamiento es para lo que se emplean los emisores láser.

La aparición en el mercado de equipos de medición Láser 3D es sin lugar a dudas un valor añadido que se está empleando satisfactoriamente en el control geométrico de túneles y previsiblemente en un futuro no muy lejano su presencia en las obras subterráneas será habitual e imprescindible.

- **Plomadas.:** Para efectuar la transferencia de puntos a lo largo de una visual vertical cenit-nadir, tarea bastante normal en el replanteo de plantas de edificios, de pozos y de galerías subterráneas.
 - **Plomadas de gravedad (Mecánicas).**
 - **Plomadas Ópticas.**
- **Perfilómetros:** Se designan con este nombre a una serie de instrumentos especialmente diseñados para la obtención de los perfiles transversales en una galería de túnel, ya sea ésta revestida o escavada en roca. Este tipo de instrumental, por si mismo o combinado con aparatos convencionales, permiten efectuar rápidos y precisos levantamientos de las secciones transversales de excavación, a fin de comprobar ésta o de evaluar el volumen de tierras excavado.

CONTROL DE SECCION E INVASIONES.

Medición de secciones transversales.

En toda excavación realizada mediante perforación y explosivo o medios mecánicos es difícil, por no decir imposible, que la sección obtenida se asemeje a la de proyecto.

A pesar de que se actúe del lado de la prudencia en la perforación del recorte y la disposición de carga del explosivo o la excavación con medios mecánicos, será inevitable obtener una sección que en la mayoría de los casos presente un exceso de excavación y en el caso de producirse desprendimientos localizados, este exceso representará un mayor volumen difícil de prever con anterioridad.

El exceso de excavación se solapa además con regiones que pueden invadir el anillo de revestimiento –caso de que éste exista- o el gálibo mínimo exigido en proyecto, agravándose esta situación en aquellos casos en los que es necesario realizar un refuerzo del sostenimiento mediante anillos metálicos (cerchas) o proyección de hormigón.

Ambas situaciones requieren tratamiento con medidas correctoras que corrigen la incidencia.

Las invasiones de sección es necesario tratarlas mediante un repicado sistemático de aquellas zonas que rebasan el gálibo exigido, con el evidente incremento de costes que normalmente corren a cargo del contratista. La situación se agrava en aquellos casos en los que la invasión se produce en zonas de sostenimiento reforzado con anillos metálicos.

Los excesos en la excavación no requieren atención especial durante la ejecución de la excavación, pero será imprescindible disponer de datos numéricos que permitan valorar los costes añadidos que sobrevienen por un mayor volumen de hormigón de revestimiento (Si existe).

El departamento de topografía de obra o de la asistencia técnica encargada de verificar la ejecución de la obra, ha de poner los medios y métodos adecuados para realizar un control de calidad que permita tomar medidas correctoras adecuadas para corregir el origen de las desviaciones en la medida de lo posible.

[Al margen de las indicaciones y recomendaciones recogidas en los planes de control de la obra, para garantizar una correcta ejecución y detectar a tiempo las posibles desviaciones, se debe poner especial interés en atender los siguientes puntos de control.

- Replanteo de la perforación.

- Replanteo y verificación posicional de elementos de refuerzo (Cerchas, encofrados perdidos etcétera).
- Verificación de la sección excavada en fase de sellado.
- Verificación de la sección en sostenimiento.
- Verificación de secciones en caso de desprendimientos, refuerzos puntuales o en terrenos que manifiestan convergencias altas.

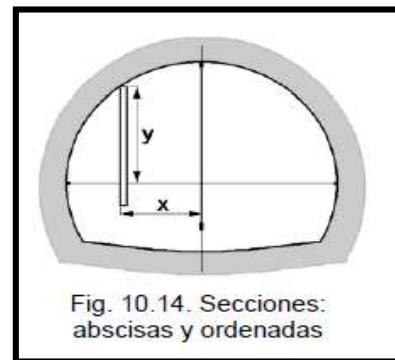
A medida que la excavación progresa, es preciso comprobar la sección transversal (perpendicular al eje) de la misma y compararla con la sección teórica proyectada, de forma que se puedan corregir las desviaciones que se vayan produciendo. Estas desviaciones pueden obligarnos a picar manualmente algunas zonas y/o a aumentar el espesor del revestimiento en otras. Por tanto, conviene realizar estos controles con la debida frecuencia.

La medición de secciones transversales se realizará a partir del eje del túnel, previamente replanteado y sirve también para calcular el volumen de tierras removido. Pueden emplearse los siguientes métodos:

Por abscisas y ordenadas.

Se empieza por marcar dos ejes en la sección que se pretende medir: el eje Y se marca con una plomada, colgada del techo, que pasará por el eje del túnel; el eje X se marca mediante una cuerda tendida entre los hastiales y corresponde a una rasante sobre elevada (Como muestra la figura).

Mediante una cinta métrica medimos las coordenadas X de los puntos del perfil. La coordenada Y puede medirse con ayuda de una mira. El método es lento y sólo válido para túneles de pequeña sección.



Por radiación con un instrumento topográfico.

Se estaciona un taquímetro o estación total sobre un punto conocido, normalmente el correspondiente al eje del túnel, determinando la altura del aparato (Como muestra la figura). Si visamos en la dirección del eje y giramos 100° la alidada horizontal, el giro del anteojo nos materializa el plano vertical correspondiente a la sección. Visamos los puntos del perfil que interese y medimos la distancia reducida y la tangente topográfica a cada uno de ellos. A partir de esos datos, se pueden calcular las coordenadas de los puntos visados y trazar la sección correspondiente.

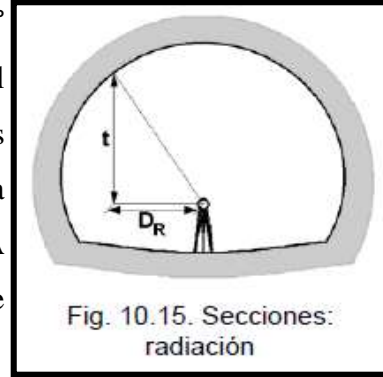


Fig. 10.15. Secciones: radiación

Con medida de ángulos.

Se estaciona un instrumento topográfico fuera del perfil a medir. Se sitúan dos puntos A y B pertenecientes al perfil, cuyas coordenadas se miden desde el punto de estación (Como muestra la figura). También se debe materializar el perfil, por ejemplo mediante un haz láser.

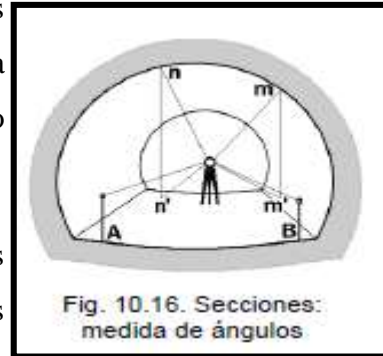


Fig. 10.16. Secciones: medida de ángulos

Para medir puntos del perfil (m, n,...) basta visarlos y anotar los ángulos vertical y horizontal. Las coordenadas se calculan resolviendo los triángulos verticales y horizontales formados.

Por intersección.

Se estacionan dos instrumentos topográficos en puntos del perfil a medir, uno de ellos en un punto de coordenadas conocidas. Se mide la distancia natural entre los puntos principales de ambos aparatos y la lectura vertical obtenida con cada uno al visar al punto principal del otro.

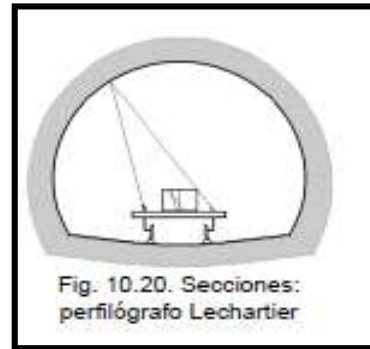


Fig. 10.17. Secciones: intersección

Visando un punto del perfil con ambos instrumentos y anotando los correspondientes ángulos verticales, tendremos datos suficientes para resolver el triángulo vertical formado y calcular las coordenadas del punto visado (Como muestra la figura).

Con perfilógrafos y perfilómetros.

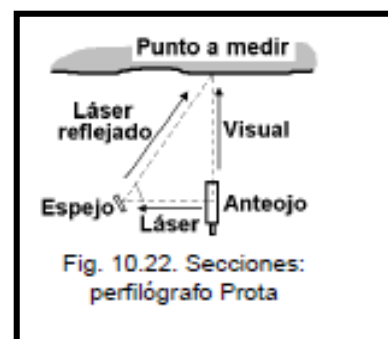
El perfilógrafo Lechartier va montado sobre una plataforma que puede moverse sobre raíles (Como muestra la figura). Sobre la plataforma lleva una mesa trazadora y dos focos luminosos. En la mesa disponen de dos regletas que se sitúan paralelas a los focos. Todos estos elementos se sitúan en el plano del perfil a medir. Si la intersección de los rayos luminosos se hace coincidir con un punto del perfil, la intersección de las regletas nos marcará en la mesa un punto homólogo de aquel.



El perfilógrafo Castan (Como muestra la figura) dispone de brazos extensibles cuyos extremos terminan en unos rodillos que se apoyan en los puntos del perfil a medir. Los movimientos se transmiten a una mesa trazadora a medida que el aparato se va desplazando por la galería.



El perfilómetro Prota (Como muestra la figura) dispone de un brazo extensible, que se sitúa paralelo al eje de la galería. En uno de los extremos del brazo, y perpendicular a él, se sitúa un anteojo. En el otro extremo se sitúa un espejo cuya misión es reflejar un haz láser emitido paralelamente al brazo. Si extendemos el brazo, hasta que el haz láser reflejado coincida con el punto del perfil visado por el anteojo, podremos calcular la distancia entre el centro del anteojo y el punto visado, ya que el ángulo de reflexión es fijo (y conocido) y el brazo está graduado para medir distancias. El equipo dispone de un sistema para medir ángulos cenitales.



METODOS ALTIMETRICOS.

Al igual que sucede en los trabajos de exterior, los requerimientos de precisión en levantamientos altimétricos de interior son muy variables y dependen de la finalidad de cada uno de ellos. Así, en la toma de avances puede que no se necesite gran precisión altimétrica pero cuando nos referimos a una galería que debe tener una pendiente regular, y puede estar sometida a movimientos del terreno, estos requerimientos pueden ser muy estrictos.

Lo mismo ocurre en explotaciones muy mecanizadas. El emplazamiento correcto de la maquinaria de perforación y extracción exige un trabajo altimétrico preciso, máxime cuando se pretende comunicar entre sí labores preexistentes mediante chimeneas, rampas o galerías.

Los trabajos altimétricos de interior deben estar relacionados con los de exterior. Para determinar la altitud de los puntos de interior, a partir de los de exterior, utilizaremos alguno/s de los siguientes métodos:

- Medir, con hilo de acero o cinta metálica, la profundidad del pozo desde la embocadura hasta cada uno de los niveles de la explotación.
- Medir con distanciómetro, o estación total, la profundidad del pozo mediante una visual vertical.
- Realizar un itinerario altimétrico a través de una rampa de acceso al interior.

Una vez calculada la altitud de algún punto del interior, se arrastra a todos los puntos que se levanten, sean estaciones de itinerarios o puntos radiados. Como en planimetría, conviene que los itinerarios altimétricos sean cerrados o encuadrados, para poder calcular y compensar los errores de cierre.

En muchas ocasiones, las señales que marcan las estaciones de los itinerarios estarán situadas en el techo de la labor, por lo que puede ser conveniente realizar la nivelación por éste y referirla a dichas señales. En otras ocasiones, la nivelación se hace por el piso y va referida a señales situadas en éste o a la proyección sobre él de las señales situadas en el

techo. En cada ocasión debe quedar perfectamente especificado a cuál de los dos casos se refiere la coordenada Z de cada punto.

Por lo demás, se utilizan en interior los mismos métodos que en exterior: nivelación trigonométrica y nivelación geométrica. Cuando la inclinación de la labor se haya medido con un eclímetro colgado, mediremos también la longitud real l de la misma y calcularemos el desnivel entre sus puntos extremos con la expresión:

$$\Delta Z = l \operatorname{sen} \alpha$$

Siendo α la inclinación respecto a la horizontal (altura de horizonte). Para arrastrar la altitud de un punto a otro hay que tener en cuenta si la inclinación de la labor es en sentido ascendente (desnivel positivo) o descendente (desnivel negativo).

Nivelación trigonométrica.

Se emplea cuando los requerimientos de precisión no son muy estrictos. La nivelación trigonométrica tiene la ventaja de que puede efectuarse en paralelo a los itinerarios planimétricos, aprovechando las mismas puestas en estación, pero es menos precisa que la nivelación geométrica. También la emplearemos para calcular la Z de los puntos radiados. En función de que las referencias se sitúen en el techo o en el suelo, podemos encontrarnos con los siguientes casos:

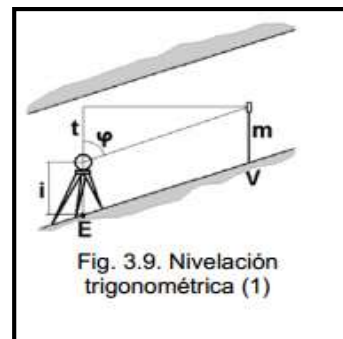
El punto de estación y el punto visado se materializan en el piso de la labor.

Como sabemos, si se lanza una visual a una mira o un prisma de reflexión total, el desnivel entre el punto visado V y el de estación E viene dado por:

$$Z_{EV} = t + i - m = DR/\operatorname{tg} \varphi + i - m$$

siendo:

- t: tangente topográfica. Será positiva en las visuales ascendentes y negativa en las descendentes. Se aplica con su signo.
- DR: distancia reducida entre los dos puntos.
- φ : distancia cenital de la visual lanzada.



- i : altura del instrumento.
- m : altura del prisma respecto al suelo.

La altitud del punto visado será: $ZV = ZE + Z_{EV}$

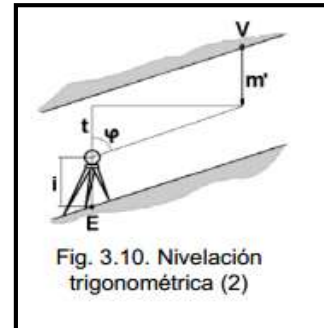
El punto de estación se materializa en el piso y el punto visado en el techo de la labor.

Si visamos a la punta de la plomada, que cuelga del punto V materializado en el techo de la labor, será:

$$Z_{EV} = t + i + m' = DR/\operatorname{tg} \varphi + i + m'$$

- m' : longitud del hilo de la plomada.

Naturalmente, si visamos directamente al punto situada en el techo, haremos $m' = 0$.

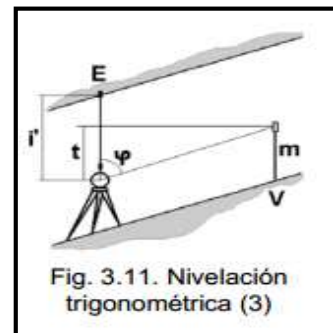


El punto de estación se materializa en el techo y el punto visado en el piso de la labor.

El instrumento se estaciona con relación a la plomada que cuelga del punto E, marcado en el techo de la labor. Si visamos a la mira o al prisma situado en el punto V del piso, tendremos:

$$Z_{EV} = t - i' - m = DR/\operatorname{tg} \varphi - i' - m$$

- i' : coaltura del instrumento. Es la altura desde el centro del anteojo del instrumento hasta el punto de estación situado en el techo.
- m : altura del prisma desde el suelo.



Como en los casos anteriores, t se aplica con su signo. En este caso, el desnivel está medido con relación al techo de la labor.

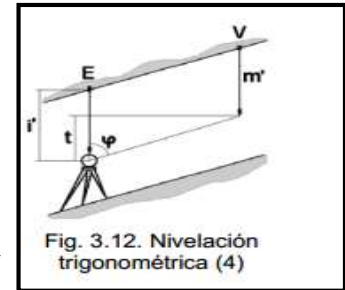
Ambos puntos se materializan en el techo de la labor.

Suponiendo que visamos a la punta de la plomada que cuelga de V, será:

$$Z_{EV} = t - i' + m' = DR/\operatorname{tg} \varphi - i' + m'$$

- m' : longitud del hilo de la plomada.
- i' : coaltura del instrumento.

Como vimos anteriormente, si visamos directamente a un punto del techo, haremos $m' = 0$. En este caso, el desnivel también está medido con relación al techo de la labor.



Nivelación geométrica.

Se emplea en los casos en que los requerimientos en precisión altimétrica sean grandes. Se realizan itinerarios altimétricos con nivel, independientes de los planimétricos, tal como se hace en topografía exterior. Las miras empleadas suelen ser más cortas (2 ó 3 m) para poder situarlas en el interior de las labores.

Se aplica el método del punto medio, estacionando el nivel en un punto aproximadamente equidistante de aquellos cuyo desnivel se quiere determinar. Las miras se sitúan en el piso, normalmente sobre los carriles del transporte, si se hace por vía férrea. En ocasiones se nivela por el techo, utilizando miras que cuelgan desde éste.

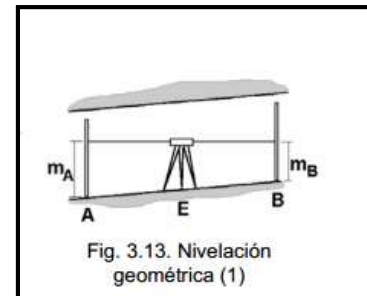
Nivelación por el piso de la labor.

Se estaciona en un punto intermedio E, visando sucesivamente a una mira situada en los puntos A y B cuyo desnivel pretendemos determinar

$$Z_A \hat{=} B = m_A - m_B$$

Y la altitud de B se calcula, a partir de la de A, mediante:

$$Z_B = Z_A + Z_A \hat{=} B$$



Empleando el método del punto medio, cada punto que se nivela se refiere al anterior, no al punto de estación. Por tanto, no es necesario señalar de forma permanente los puntos de estación utilizados.

Nivelación por el techo de la labor.

En este caso la Z de los puntos se refiere al techo de la labor, no al suelo. Las miras se cuelgan de las señales situadas en el techo. Hay que tener en cuenta que las miras se sitúan al revés, con el origen en el techo.

En este caso, la expresión a emplear es la siguiente:

$$Z_A \hat{=} B = m_B - m_A$$

Y la altitud de B se calcula, a partir de la de A, como en los casos anteriores:

$$Z_B = Z_A + Z_A \hat{=} B$$

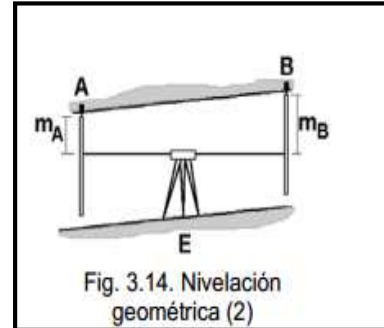


Fig. 3.14. Nivelación geométrica (2)

Por fotogrametría terrestre.

El trazado completo puede obtenerse a partir de fotos del perfil, materializado por un proyector láser que se estaciona en un punto del mismo.

En algunos casos se emplea una sola fotografía, tomada en la dirección del eje y con la cámara situada, aproximadamente, en el punto central del túnel para que la perspectiva cónica fotográfica se aproxime a una proyección ortogonal. Para dar escala a la imagen se sitúa, en el plano del perfil, un triángulo equilátero de 1m de lado.

Otras veces se toman y se restituyen pares fotogramétricos, situando previamente, en el plano del perfil, un mínimo de cuatro puntos conocidos y bien distribuidos. Estos puntos deben aparecer bien definidos en los fotogramas y pueden materializarse mediante miras, placas reflectantes, etc.

SEÑALIZACIÓN DE PUNTOS

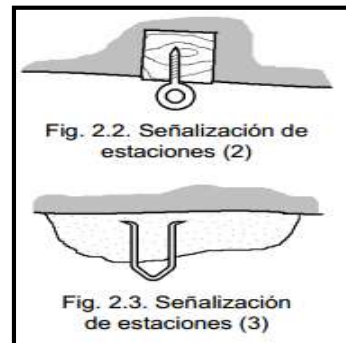
Uno de los problemas que se presentan a la hora de replantear un túnel es el de la materialización y señalización de los puntos de apoyo, de los puntos concretos de obra, de las referencias de éstos y de los posibles puntos de control.

En trabajos de cierta entidad es necesaria la implantación de hitos armados de hormigón con adecuados sistemas de estacionamiento que permitan unas observaciones muy precisas.

Cuando las características y longitud de un túnel lo precisen, es normal la utilización de este tipo de hitos para señalar los puntos de apoyo del replanteo de la red externa a cielo abierto, ya sean estos puntos pertenecientes a una triangulación o a una poligonal de precisión.

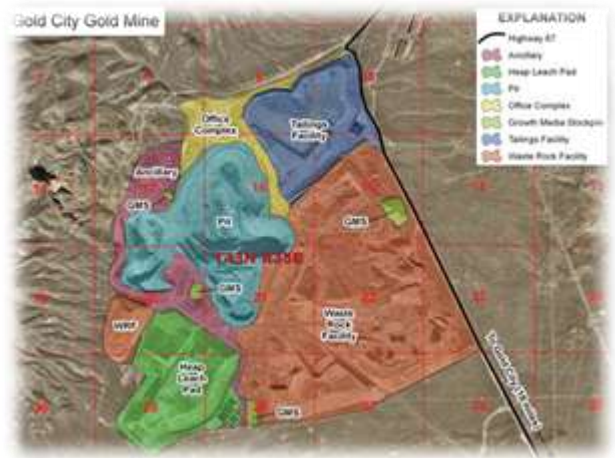
Por otra parte, cuando se trabaja dentro de la galería, y con independencia de los estacionamientos atípicos o especiales que se hayan utilizado, es necesario señalar los puntos, sean éstos del tipo que sean, tanto en la bóveda, como en los hastiales o en la rasante de excavación.

Para ello es normal la utilización de clavos metálicos incrustados en la roca o en el revestimiento de los hastiales, que sirvan como referencias planimétrica o altimétrica y de clavos en rasante que generalmente y debido a problemas de vialidad dentro del túnel, han de ser protegidos.



CARTOGRAFIA MINERA.

Un cartógrafo en la industria minera rutinariamente diseña y produce mapas de minerales como también levantamientos o mapas geológicos, que crean un entendimiento de dónde se encuentran los minerales. No tener un mapa exacto puede disminuir significativamente el descubrimiento de mineral precioso. Comunicar la información.



El mapa contiene símbolos que representan características en la superficie de la Tierra, así, los lectores pueden identificar su posición y ubicación.

Algunos mapas son más difíciles de leer que otros. Actualmente, los mapas pueden reservar pruebas no pertinentes para la audiencia. Un ingeniero de minas necesita saber dónde está la mayor concentración de mineralización depositada, mientras que un operador de mina sólo puede saber en qué sección de tierra se excavará en un día determinado. La información brindada por un mapa más a menudo estará determinada por el propósito o en que se utilice la información.

Registro Minero.

El Catastro Minero es la relación de todos los Registros Mineros existentes en el Territorio Nacional, con el fin de conocer en todo momento la situación legal y administrativa de cualquier superficie del mismo, relacionada con la Investigación y Explotación Minera.

El Catastro Minero pone a disposición de sus usuarios toda la información territorial relevante para el estudio básico de proyectos mineros potenciales o en actual ejecución.

Requisitos para la inscripción en el Registro Minero.

El Registro Minero es un sistema de inscripción, autenticidad y publicidad de los títulos mineros con el derecho a explorar y explotar el suelo y subsuelo de acuerdo al Código de Minas.

La inscripción del título en el Registro Minero está compuesta por tres partes:

- El Registro
- La identificación física de las áreas de los títulos.
- El archivo.

Además el proceso de Registro consiste en tres fases:

- Radicación
- Calificación
- La inscripción.

Los títulos a inscribir en el Registro Minero son:

- Licencias de Exploración.
- Licencias de Explotación.
- Títulos Mineros Vigentes.
- Contratos de Concesión.
- Aportes.
- Embargos de los derechos a explorar y explotar.
- Subcontratos de explotación.
- Servidumbres mineras.
- La constitución, reforma y disolución de las sociedades ordinarias de minas
- Programas de trabajo e inversiones aprobados.

Se establece que la ejecución de trabajos autorizados por las licencias de explotación de contratos de concesión requiere de Licencia Ambiental como requisito para la inscripción en el Registro Minero.

Demasías.Cuadrícula minera.

Superficie indivisible utilizada para otorgar permisos de exploración o de investigación y concesiones de explotación de recursos. Integra un volumen de profundidad indefinida cuya superficie quede comprendida entre dos paralelos y dos meridianos, cuya separación sea de veinte segundos sexagesimales, que deberán coincidir con grados y minutos enteros y, en su caso, con un número de segundos que necesariamente habrá de ser de veinte o cuarenta.

Demasia.

Superficie que, no completando una cuadrícula, se extiende desde uno de sus lados, por prolongación de meridianos o paralelos, hasta las líneas limítrofes del territorio nacional y de las aguas territoriales.

Intrusión Minera.

Se conoce como intrusión la acción de que un explotador efectúe labores mineras fuera del perímetro de sus concesiones.

En el caso de que la intrusión de las labores sea en terrenos de registros mineros otorgados a otros concesionarios, generalmente no se indemniza a estos económicamente sino que se les autoriza a extraer un tonelaje aproximadamente igual al que se explotó indebidamente en una zona previamente acordada.

Si no se llega a un acuerdo habría que calcular las toneladas de mineral vendible extraído indebidamente para indemnizar económicamente al concesionario perjudicado, y para ello el responsable de la topografía deberá realizar los planos, tanto horizontales como verticales, correspondientes a la intrusión minera, y así poder disponer de datos suficientes para calcular el volumen extraído.

CONCLUSION.

La característica fundamental de la topografía civil es que el 80% de los trabajos a realizar son trabajos de replanteos. Los relevamientos se ejecutan en la primera etapa de obra donde se busca tener conocimiento de las dimensiones y formas del terreno donde se va a ejecutar la obra.

La topografía para obra civil es utilizada como un servicio para los distintos sectores de obra como ser: excavadores, armadores, carpinteros, soldadores, etc. Resulta sencillo darse cuenta que la topografía es fundamental en la ejecución de la obra, debiéndose realizar con tres premisas fundamentales: responsabilidad, velocidad y sencillez.

Responsabilidad; porque la ejecución de la obra se realiza en base a las referencias que topografía marca. Una marca mal realizada representa un trabajo posterior sin sentido por no estar ubicada en el lugar que corresponde. *Velocidad*; el retraso en las marcas representa el retraso en la obra, ya que nadie puede realizar su tarea si no sabe dónde hacerla. *Sencillez*; marcas complicadas de comprender o de utilizar son motivo de errores.

Los levantamientos preliminares son de suma importancia ya que de ellos depende la puesta en obra del proyecto.