

# Principios básicos de Topografía



- when it has to be **right**

**Leica**  
Geosystems

# Introducción

Estimados estudiantes, profesores,  
y personas interesadas en la topografía:

En los últimos años, el desarrollo de instrumentos de medición modernos y fáciles de usar ha contribuido a su uso por parte de cada vez más usuarios en diversos campos. El siguiente documento proporciona información básica sobre topografía, los instrumentos más usuales y las tareas más comunes usadas por topógrafos y otros usuarios.

Aprendices, estudiantes y profesionales en los campos de topografía, ingeniería civil, arquitectura y muchos otros campos pueden encontrar respuestas a sus preguntas:

- ¿Cuáles son las características de los instrumentos topográficos?
- ¿Qué necesito tener en cuenta al medir con un nivel o una estación total?
- ¿Cuáles son los efectos de los errores instrumentales y cómo se pueden reconocer, determinar y eliminar?
- ¿Cómo puedo llevar a cabo mediciones simples?

Muchas de las tareas topográficas - cálculo de áreas y volúmenes, toma, comprobación y replanteo de puntos, transferencia de cotas- se pueden realizar automáticamente mediante las aplicaciones incluidas en los equipos. Además de las medidas con estación total y nivel, se expondrá brevemente el uso de sistemas GNSS para topografía.

Con casi 200 años de experiencia en el desarrollo y producción de instrumentos topográficos, Leica Geosystems ofrece una amplia gama de productos innovadores y soluciones para tareas topográficas. Para ver el catálogo completo de productos de Leica Geosystems, por favor visite [www.leica-geosystems.com](http://www.leica-geosystems.com).

Les deseo todo el éxito posible en su aprendizaje, estudio y trabajo, y espero que encuentren útil este documento.

Atentamente,



Johannes Schwarz,  
Presidente de la División Geomatics  
Leica Geosystems AG

# Contenido

<b>El nivel</b>	<b>4</b>	<b>Errores instrumentales</b>	<b>18</b>
		Errores instrumentales en la estación total	18
<b>Preparándose para medir</b>	<b>5</b>	Revisión del EDM de la estación total	20
Configuración del nivel	5	<b>Preparándose para medir</b>	<b>21</b>
Nivelación de instrumento	5	Estacionamiento sobre un punto conocido	
Preparación del instrumento para		(introducir coordenadas de estación y orientación)	21
medidas libres de paralaje	6	Intersección inversa	
Revisión del eje de puntería	7	(calcular coordenadas de estación y orientación)	22
<b>Mediciones con el nivel</b>	<b>8</b>	<b>Mediciones topográficas básicas</b>	<b>23</b>
Diferencia de altura entre dos puntos	8	Extrapolación de una línea recta	23
Mediciones ópticas de distancias		Replanteo polar de un punto	23
con el nivel	9	Medición de pendientes	24
Nivelación de una línea	10	Aplomar	25
Replanteo de alturas de puntos	11	<b>Programas de aplicación</b>	<b>26</b>
Perfiles longitudinales y transversales	12	Levantamientos (método polar)	26
<b>Nivel digital y láser rotatorio</b>	<b>13</b>	Replanteo	27
El nivel digital	13	Línea de referencia	28
Láser de rotación	13	Cálculo de volúmenes	28
<b>La estación total</b>	<b>14</b>	Cálculo de área	29
		Alturas remotas	30
<b>Información general</b>	<b>15</b>	Distancia de enlace	31
Medición sin prisma	15	Replanteo de perfiles de límites	32
Centrado automático de prisma	15	<b>Topografía con GNSS (GPS &amp; Glonass)</b>	<b>33</b>
Coordenadas	16	Estaciones de referencia GNSS	34
Medición de ángulos	17		

## El nivel

Un nivel es, en esencia, un telescopio que rota sobre el eje vertical. Se usa para crear un línea de vista horizontal de forma que se puedan determinar diferencias de cota y replanteos.

Los niveles de Leica Geosystems cuentan con un círculo horizontal, el cual resulta de gran utilidad para replantear ángulos rectos, por ejemplo durante la medición de secciones transversales. Además, estos niveles se pueden emplear para determinar distancias en forma óptica con una precisión de 0.1 a 0.3 metros.



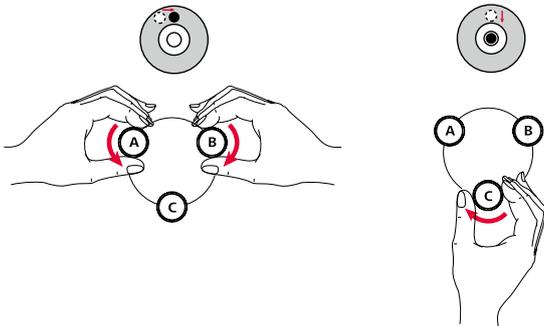
## Colocación del trípode

1. Extienda las patas del trípode tanto como sea necesario y asegure los tornillos del mismo.
2. Coloque el trípode de tal manera que la parte superior quede lo más horizontal posible, asegurando firmemente las patas del mismo sobre el terreno.

## Nivelación del instrumento

Una vez montado el instrumento, nivélelo guiándose con el nivel de burbuja.

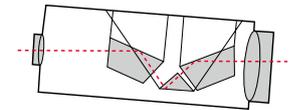
Gire simultáneamente dos de los tornillos en sentido opuesto. El dedo índice de su mano derecha indica la dirección en la cual debe girar la burbuja. Utilice el tercer tornillo para centrar la burbuja.



3. Sólo en este momento, coloque el instrumento sobre el trípode y asegúrelo con el tornillo central de fijación.

Para revisar la nivelación, gire el instrumento 180°. Después de esto, la burbuja debe permanecer dentro del círculo. Si no es así, es necesario efectuar otro ajuste (consulte el manual del usuario).

En un nivel, el compensador efectúa automáticamente la nivelación final. El compensador consiste básicamente de un espejo suspendido por hilos que dirige el haz de luz horizontal hacia el centro de la retícula, aún si existe un basculamiento residual en el anteojo (ilustración inferior).



Si golpea ligeramente una de las patas del trípode, (siempre y cuando el nivel de burbuja esté centrado) observará cómo la línea de puntería oscila alrededor de la lectura y queda fija en el mismo punto. Esta es la forma de comprobar si el compensador puede oscilar libremente o no.

## Preparación del instrumento para medidas libres de paralaje

El paralaje de la cruz filar es un error que afecta a instrumentos ópticos y electro-ópticos como los niveles y estaciones totales.

El error ocurre cuando el plano del retículo de la cruz filar no coincide con el plano imagen del objeto enfocado (por ejemplo la mira o el prisma).

Se puede reconocer fácilmente moviendo la cabeza ligeramente arriba y abajo, o a derecha e izquierda enfrente del ocular. El retículo parece moverse y no permanece en línea con el eje óptico. Si este error no se corrige, las lecturas

sobre la mira o las punterías al prisma serán incorrectas, y conducirán a resultados erróneos.

Antes de empezar a medir compruebe el paralaje y elimínelo de la siguiente forma si fuera necesario:

- apunte en anteojo a un fondo brillante o de alto contraste (por ejemplo una hoja de papel)
- enfoque la cruz filar rotando el anillo del ocular
- ahora enfoque la mira o el prisma

El plano de imagen de la cruz filar y la puntería coinciden ahora.

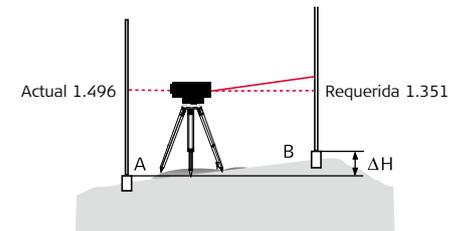
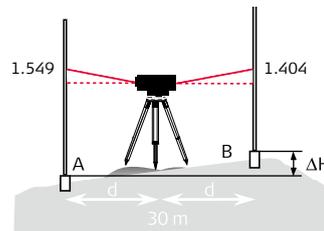
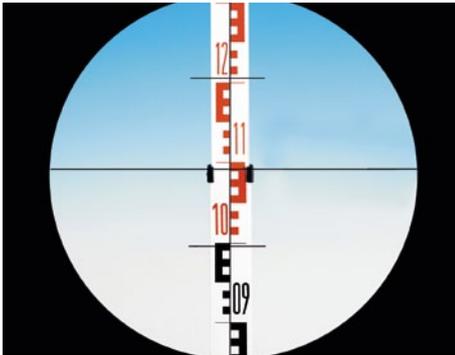


## Revisión del eje de puntería

En los nuevos modelos de niveles, el compensador se ha ajustado a una temperatura de laboratorio, de manera que el eje de puntería será horizontal aún si el instrumento se inclina un poco. Sin embargo, esta situación se modifica si la temperatura varía en más de diez o quince grados después de una larga jornada de trabajo o si el instrumento se somete a vibraciones considerables. Por lo tanto, se recomienda revisar el eje de puntería, sobre todo en caso de emplear más de un objetivo de distancia.

1. En terrenos planos, coloque dos miras a no más de 30 metros de separación.
2. Coloque el instrumento en forma equidistante a las dos miras (basta con calcular la distancia de manera aproximada).

3. Tome la lectura de ambas miras y calcule la diferencia de alturas (ilustración superior).  
Lectura de la mira A = 1.549  
Lectura de la mira B = 1.404  
 $\Delta H = A - B = 0.145$
4. Coloque el instrumento aproximadamente a un metro enfrente de la mira A y tome la lectura (ilustración inferior).  
Lectura de la mira A = 1.496
5. Calcule la lectura requerida de la mira B:  
Lectura de la mira A = 1.496  
 $-\Delta H = 0.145$   
Lectura de la mira B = 1.404
6. Tome la lectura de la mira B. Si esta difiere de la lectura requerida en más de 3 mm, ajuste el eje de puntería (consulte el manual del usuario).

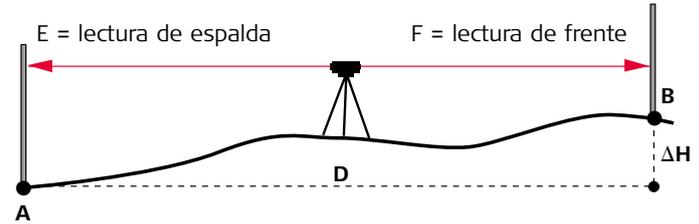


## Diferencia de alturas entre dos puntos

El principio básico de la nivelación consiste en determinar la diferencia de altura entre dos puntos.

Para eliminar los errores sistemáticos que se presentan por las condiciones atmosféricas o los errores residuales del eje de puntería, el instrumento deberá estar colocado en forma equidistante a los dos puntos.

La diferencia de alturas se calcula a partir de la diferencia que existe entre las dos series de lecturas hacia los puntos A y B respectivamente.

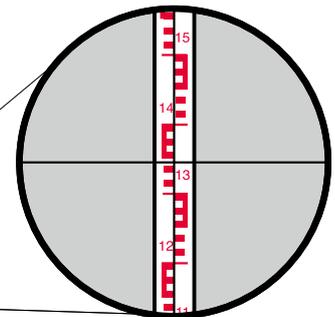
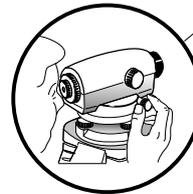
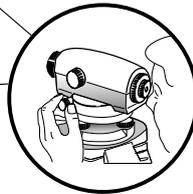
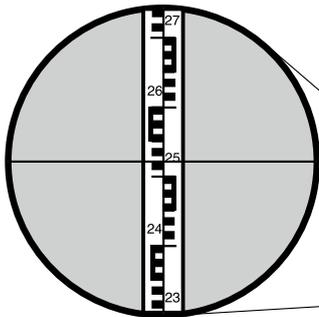


$$\Delta H = E - F = 2.521 - 1.345 = 1.176$$

$$\text{Pendiente en \%} = 100 \times \Delta H / D$$

Lectura: 2.521

Lectura: 1.345



## Mediciones ópticas de distancia con el nivel

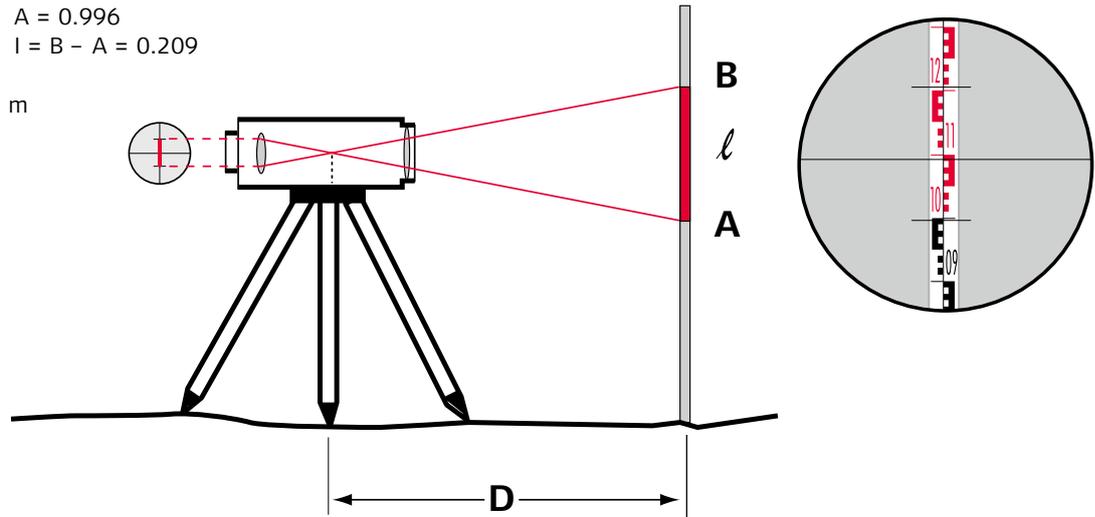
El retículo presenta un hilo superior y otro inferior, colocados simétricamente con respecto al hilo medio (cruce de retículo). El espacio entre ambos es tal, que la distancia a un punto se puede calcular multiplicando la serie de lecturas correspondiente por 100.

Precisión de la medición de distancia: 10 – 30 cm

### Ejemplo:

Lectura a hilo superior  $B = 1.205$   
Lectura a hilo inferior  $A = 0.996$   
Sección de mira  $l = B - A = 0.209$

Distancia =  $100 \times l = 20.9 \text{ m}$



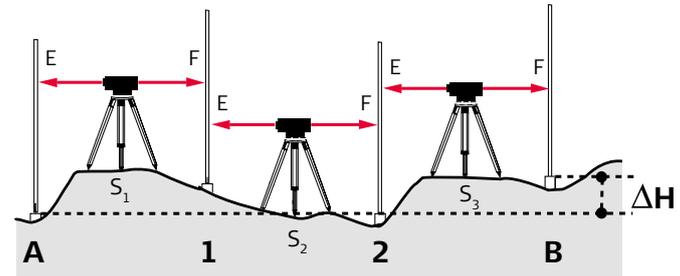
## Nivelación de una línea

Si la distancia que separa a los puntos A y B es considerable, la diferencia de altura entre los mismos se determina nivelando tramos de 30 a 95 metros.

Calcule la distancia entre el instrumento y las dos miras: esta deberá ser la misma.

1. Coloque el instrumento en el punto  $S_1$ .
2. Coloque la mira completamente vertical en el punto A, tome la lectura de la altura y regístrela (lectura de espalda).
3. Gire el instrumento y coloque la mira en el punto 1 sobre una placa o marca en el terreno. Tome la lectura de la altura y regístrela (lectura de frente).
4. Coloque el instrumento en el punto  $S_2$  (la mira deberá permanecer sobre el punto 1).
5. Gire con cuidado la mira sobre el punto 1, de manera que mire hacia el instrumento.
6. Tome la lectura de la mira y continúe con el mismo procedimiento.

**La diferencia de altura entre los puntos A y B es igual a la suma de las lecturas de espalda menos la suma de las lecturas de frente.**



Se visualizan la distancia	Número de punto	Visual de espalda E	Visual de frente F	Altura	Anotaciones
	A			420,300	
$S_1$	A	+2,806			
	1		-1,328	421,778	= altura A + E - F
$S_2$	1	+0,919			
	2		-3,376	419,321	
$S_3$	2	+3,415			
	B		-1,623	421,113	
Sum		+7,140	-6,327	+0,813	altura B - altura A
$\Delta H$		+0,813			= diferencia de altura AB

## Replanteo de alturas de puntos

En una excavación, el punto B va a ser replanteado en la cota  $\Delta H = 1.00$  bajo el nivel de la calle (Punto A).

1. Coloque el nivel en un punto casi equidistante hacia A y B.
2. Coloque la mira en el punto A y tome la lectura de espalda = 1.305.

Coloque la mira en el punto B y tome la lectura de frente = 2.520.

La diferencia  $h$  de la altura requerida para B se calcula mediante:

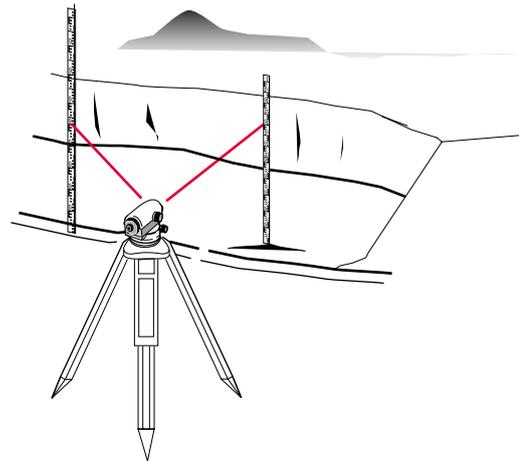
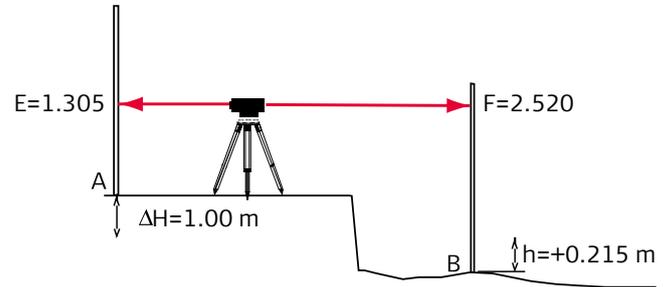
$$h = F - E - \Delta H = 2.520 - 1.305 - 1.00 = +0.215 \text{ m}$$

3. Coloque una estaca en B y marque la altura requerida (0.215 metros sobre el nivel de terreno).

En otro método de uso frecuente, la lectura requerida a la mira se calcula como sigue:

$$F = E - \Delta H = 1.305 - (-1.000) = 2.305$$

La mira se desplaza hacia arriba o hacia abajo hasta que el nivel tome la lectura necesaria.

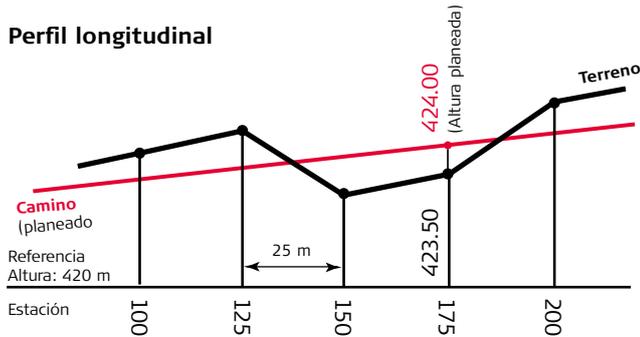


## Perfiles longitudinales y transversales

Los perfiles longitudinales y transversales forman la base para planos detallados, replanteo, cálculos de desmonte y terraplén, y para el mejor encaje posible de las trazas. Como primer paso, se replantea y marca el eje longitudinal (eje del camino); lo cual implica establecer y monumentar los puntos a intervalos regulares.

De esta forma, se genera un perfil longitudinal a lo largo del eje del camino, determinando las alturas de los puntos de estación al nivelar dicha línea. Los perfiles transversales (en ángulo recto con respecto al eje del camino) se miden en los puntos de estación y en las prominencias del terreno. Las alturas de los puntos que forman dicho perfil se determinan con la ayuda de la altura conocida del instrumento. Primero, coloque la mira sobre un punto de estación conocido. La altura del instrumento se forma por

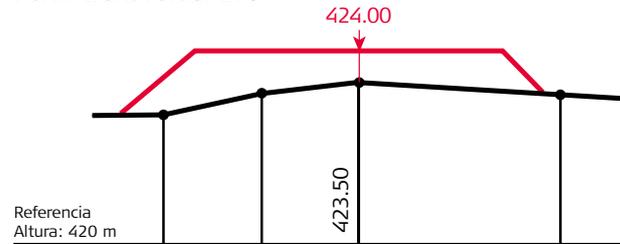
### Perfil longitudinal



la suma de la lectura la mira y la altura del punto de estación conocido. Posteriormente, reste las lecturas de la mira (en los puntos del perfil transversal) de la altura del instrumento; con lo cual se obtienen las alturas de los puntos en cuestión.

Las distancias del punto de estación hacia los diferentes puntos de los perfiles transversales se determinan ya sea mediante cinta o en forma óptica, empleando el nivel. Al representar gráficamente un perfil longitudinal, las alturas de los puntos de estación se muestran a una escala mucho mayor (por ejemplo, a 10x) que aquella a la que se representa la progresiva en la dirección longitudinal, la cual está relacionada a una altura de referencia en números enteros (ilustración superior).

### Perfil transversal 175



## Nivel digital

Leica Geosystems fue pionera en el campo de los niveles digitales al introducir el primer nivel con procesamiento digital de imágenes para determinar alturas y distancias: la mira de código de barras se lee de forma completamente automática (ver ilustración).

La lectura de la mira y la distancia se muestran en forma digital y además se pueden registrar; las alturas da la mira se calculan continuamente, por lo que se elimina la posibilidad de errores en la lectura, en el registro y el cálculo. Leica Geosystems ofrece también programas para el post-proceso de los datos registrados.

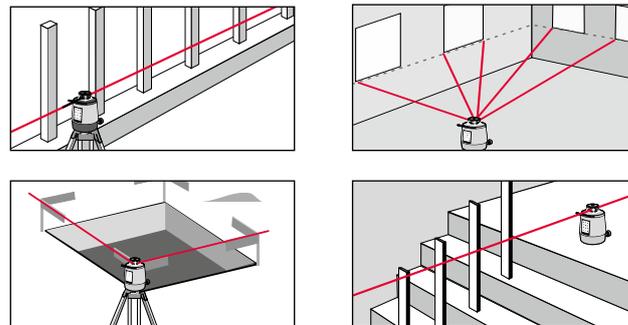
Se recomienda emplear un nivel digital en aquellos trabajos en los que se requiera efectuar un número considerable de nivelaciones, ahorrando así hasta un 50% de tiempo.



## Láser de rotación

Si por ejemplo, en una construcción se requiere calcular o controlar varios puntos a diferentes alturas, se recomienda el empleo de un láser giratorio. En este tipo de instrumento, el rayo del láser giratorio hace un barrido sobre un plano horizontal, el cual se toma como referencia para calcular o controlar alturas tales como las de las marcas establecidas.

Sobre la mira se coloca un detector el cual se desliza hasta que el rayo láser incida sobre él; la altura puede ser entonces leída directamente sobre la mira. No es necesario, por lo tanto, que el operador se ubique del lado del instrumento.



## La estación total

Las estaciones totales se usan para calcular posición y altura de puntos, o sólo su posición. Una estación total se compone de un teodolito con un distanciómetro incorporado, posibilitando la medida simultánea de ángulos y distancias. Actualmente, todas las estaciones totales electrónicas cuentan con un distanciómetro óptico-electrónico (EDM) y un medidor electrónico de ángulos, de tal manera que se pueden leer electrónicamente los códigos de barras de las escalas de los círculos horizontal y vertical, mostrándose en forma digital los valores de los ángulos y

distancias. La distancia horizontal, la diferencia de alturas y las coordenadas se calculan automáticamente. Todas las mediciones e información adicional se pueden grabar.

Las estaciones totales de Leica cuentan con un programa integrado que permite llevar a cabo la mayoría de las tareas topográficas en forma sencilla, rápida y óptima. Los programas más importantes se describirán posteriormente en este documento.



## Medición de distancia sin prisma

Todas las estaciones totales TCR de Leica Geosystems incluyen no solo un distanciómetro infrarrojo convencional para medir con prismas, sino también un distanciómetro con láser que no requiere reflector. El operador puede cambiar de uno a otro.

Dicha característica ofrece varias ventajas cuando los puntos a medir no son del todo accesibles, como puede ocurrir al medir fronteras, colocar conductos o en mediciones a lo largo de cañadas o rejas.

El punto rojo del láser visible resulta de gran ayuda al marcar puntos durante la medición de perfiles en túneles o en trabajos en interiores.



## Centrado automático de prisma

Las estaciones totales TCA de Leica Geosystems cuentan con un sistema de reconocimiento automático de objetivos (ATR). De esta manera, el reconocimiento de los mismos se logra en forma rápida y sencilla. Basta con apuntar el anteojo de manera aproximada hacia el reflector y oprimiendo un botón se efectúa la búsqueda precisa del objetivo, midiendo y registrando los valores de ángulo y distancia. Esta tecnología también hace posible llevar a cabo medidas totalmente automatizadas. El ATR se puede configurar para seguir y medir puntos en movimiento. Una vez que se establece contacto con el objetivo, el instrumento lo registra y lo sigue en su trayectoria.

### Ventajas

Mediciones de gran rapidez y precisión constante, independientes del operador.

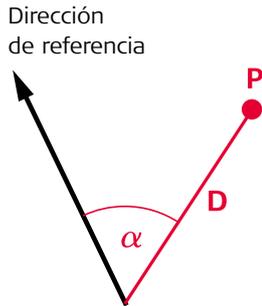


# Coordenadas

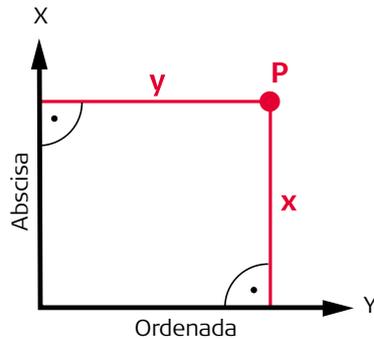
La posición de un punto se determina mediante un par de coordenadas. Las coordenadas polares se determinan mediante una línea y un ángulo, mientras que las coordenadas cartesianas requieren de dos líneas en un sistema ortogonal.

La estación total mide coordenadas polares, las cuales se pueden convertir a cartesianas bajo un sistema ortogonal determinado, ya sea mediante el propio instrumento o posteriormente en la oficina.

## Coordenadas polares



## Coordenadas cartesianas



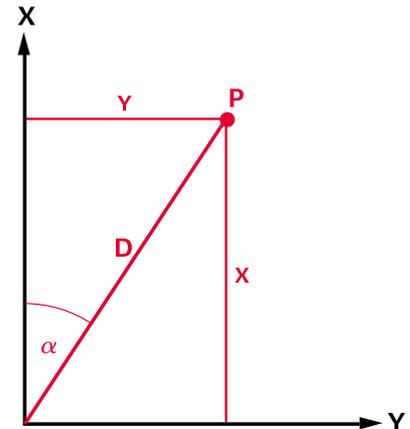
## Conversión

datos conocidos:  
 $D, \alpha$   
datos necesarios:  
 $x, y$

$$y = D \times \sin \alpha$$
$$x = D \times \cos \alpha$$

Datos conocidos:  
 $x, y$   
Datos necesarios:  
 $D, \alpha$

$$D = \sqrt{y^2 + x^2}$$
$$\sin \alpha = y/D \quad \text{o}$$
$$\cos \alpha = x/D$$



## Medición de ángulos

Un ángulo representa la diferencia entre dos direcciones.

El ángulo horizontal  $\alpha$  que existe entre las direcciones hacia los puntos  $P_1$  y  $P_2$  es independiente de la diferencia de altura entre ambos puntos, siempre y cuando el anteojo se mueva sobre un plano estrictamente vertical, sea cual sea su orientación horizontal. Sin embargo, esta condición se cumple únicamente bajo condiciones ideales.

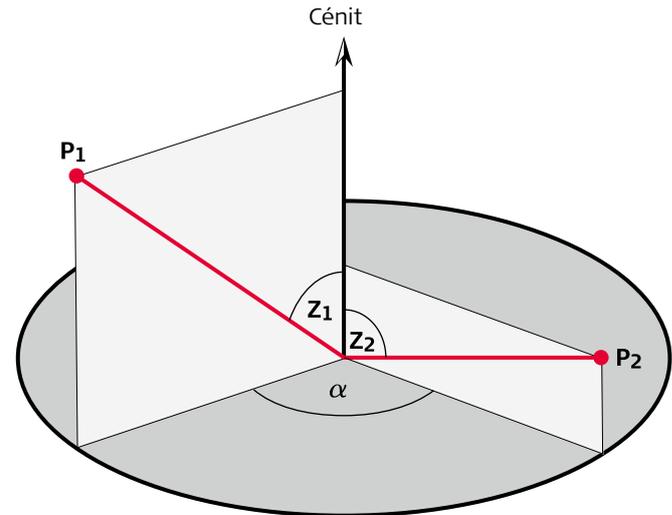
El ángulo vertical (también denominado ángulo cenital) es la diferencia que existe entre una dirección preestablecida (conociendo la dirección del cenit) y la dirección del punto en cuestión.

El ángulo vertical será por tanto correcto sólo si el Cero del círculo vertical apunta exactamente en la dirección del cenit. Sin embargo, esta condición se cumple únicamente bajo condiciones ideales.

Las desviaciones que se presentan se deben a errores en los ejes del instrumento y por una nivelación incorrecta del mismo (consulte la sección «Errores instrumentales»).

$Z_1$  = ángulo cenital hacia  $P_1$   
 $Z_2$  = ángulo cenital hacia  $P_2$

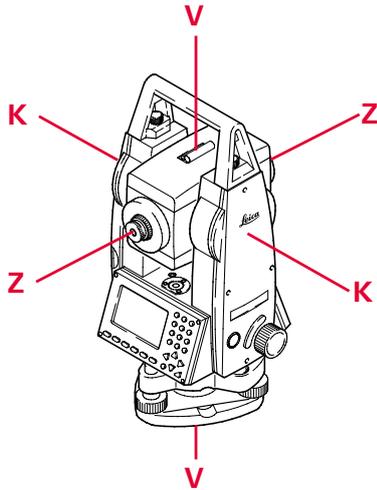
$\alpha$  = ángulo horizontal entre las dos direcciones hacia los puntos  $P_1$  y  $P_2$ , es decir, es el ángulo que existe entre los dos planos verticales que se forman al prolongar la perpendicular de  $P_1$  y  $P_2$  respectivamente.



# Errores instrumentales en una estación total

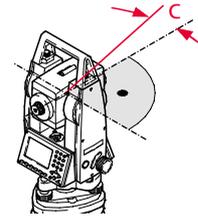
En forma ideal, la estación total debe cubrir los siguientes requisitos:

- a) El eje de puntería ZZ debe ser perpendicular a la inclinación del eje KK
- b) La inclinación del eje KK debe ser perpendicular al eje vertical VV
- c) El eje vertical VV debe ser absolutamente vertical
- d) La lectura del círculo vertical debe marcar exactamente cero al apuntar hacia el cenit.



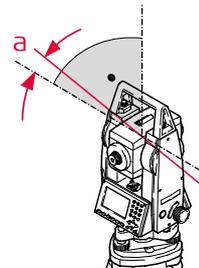
En caso de que estas condiciones no se cumplan, se emplean los siguientes términos para describir cada error en particular:

- a) Error del eje de puntería o error de colimación c (desviación con respecto al ángulo recto entre el eje de puntería y el eje de inclinación).



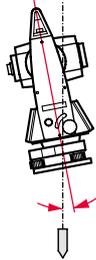
Error del eje de puntería (c) (colimación del círculo horizontal)

- b) Error del eje de inclinación a (desviación con respecto al ángulo recto entre el eje de inclinación y el eje vertical)



Error del eje de inclinación (a)

c) Inclinación del eje vertical (ángulo formado entre la línea de plomada y el eje vertical).



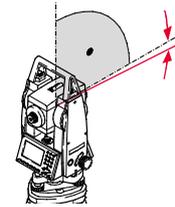
Inclinación del eje vertical

Los efectos que ejercen estos tres errores en las mediciones de los ángulos horizontales se incrementan conforme aumenta la diferencia de alturas entre los puntos a medir.

Los errores del eje de puntería y del eje de inclinación se eliminan al tomar mediciones en las dos posiciones del anteojo. El error del eje de puntería (y también el error del eje de inclinación en estaciones totales de gran precisión, el cual generalmente es muy pequeño) también se puede determinar y registrar. Al medir un ángulo, automáticamente estos errores se toman en consideración, por lo que las mediciones que se efectúan se pueden considerar prácticamente libres de errores, aún en caso de hacer la lectura con una sola posición del anteojo. La determinación de estos errores y el registro de los mismos se describe a detalle en el manual del usuario correspondiente. La inclinación del eje vertical no se toma en cuenta ya que es un error instrumental, el cual se presenta debido a que

este no se encuentra nivelado adecuadamente y no se elimina aún efectuando mediciones en las dos posiciones del anteojo. La influencia de este error en las mediciones de ángulos verticales y horizontales se corrige automáticamente mediante un compensador de dos ejes.

d) Error del índice vertical  $i$  (ángulo que se forma entre la dirección cenital y la lectura en cero del círculo vertical, es decir, la lectura del círculo vertical al emplear un eje de puntería vertical), no es de  $100\text{ gon}$  ( $90^\circ$ ), sino de  $100\text{ gon} + i$ .



Error del índice vertical ( $i$ ) (índice V)

El error del índice vertical se puede determinar y registrar. Este error se elimina tomando mediciones en las dos posiciones del anteojo.

**Nota:**

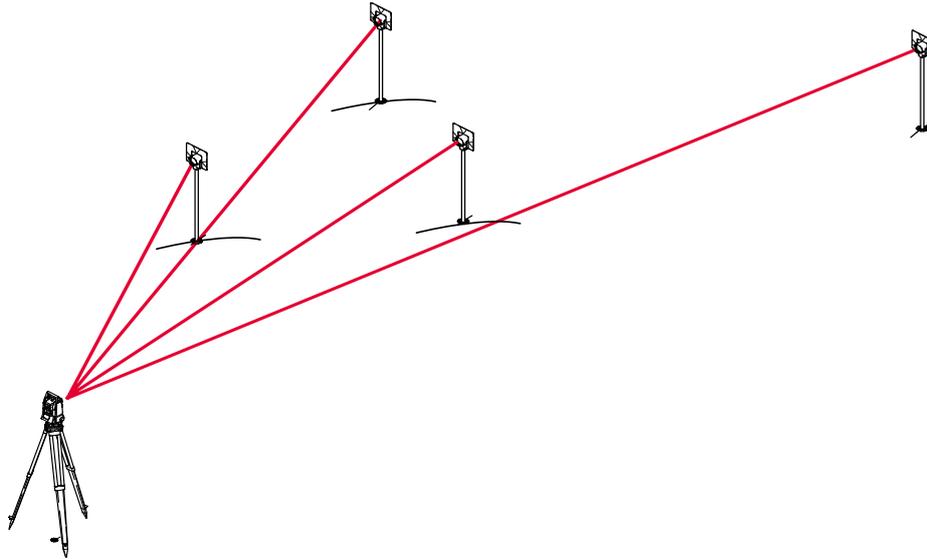
Los errores instrumentales varían dependiendo de la temperatura, como resultado de someter al instrumento a vibraciones considerables o después de largos períodos de transporte. Si desea efectuar mediciones con una sola posición del anteojo, antes proceder debe determinar los errores instrumentales a fin de registrarlos.

## Comprobando el EDM de una estación total

Marque permanentemente 3 ó 4 líneas base dentro del rango típico de trabajo (por ejemplo 20– 200 m).

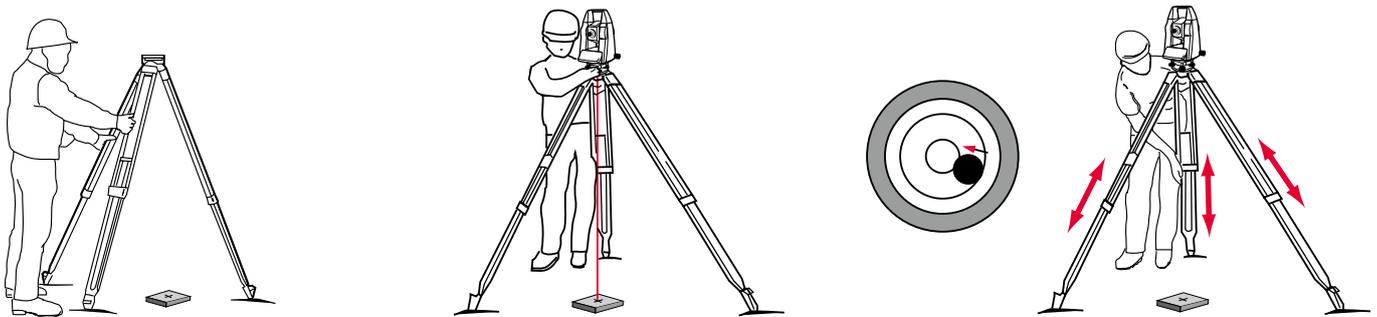
Utilice un distanciómetro nuevo o uno que ya esté calibrado con respecto a una línea base estándar y mida las distancias tres veces. Los valores promedio, corregidos por la influencia atmosférica (consulte el manual del usuario) se pueden considerar como los valores requeridos.

Mida las líneas base con cada EDM al menos cuatro veces por año. Si resultan iguales, siempre y cuando no existan errores sistemáticos considerables en los valores esperados, puede considerar que el distanciómetro se encuentra en buenas condiciones.



## Estacionamiento sobre punto conocido

1. Coloque el trípode en forma aproximada sobre el punto en el terreno.
2. Revise el trípode desde varios lados y corrija su posición, de tal forma que el plato del mismo quede más o menos horizontal y sobre el punto en el terreno (ilustración izquierda).
3. Encaje firmemente las patas del trípode en el terreno y asegure el instrumento al trípode mediante el tornillo central de fijación.
4. Encienda la plomada láser (en caso de trabajar con instrumentos más antiguos, mire a través del visor de la plomada óptica) y acomode las patas del trípode hasta que el punto del láser o la plomada óptica quede centrada sobre el punto en el terreno (ilustración central).
5. Centre el nivel de burbuja, ajustando la altura de las patas del trípode (ilustración inferior).
6. Una vez nivelado el instrumento, libere el tornillo central de fijación y deslice el instrumento sobre el plato del trípode hasta que el punto del láser quede centrado exactamente sobre el punto en el terreno.
7. Por último, ajuste nuevamente el tornillo central de fijación.
8. Introduzca coordenadas de estación (consulte el manual de usuario)
9. Apunte a otro punto conocido, introduzca las coordenadas o la dirección del ángulo horizontas.
10. Ahora su instrumento está estacionado y orientado. Puede replantear coordenadas o medir más puntos en este sistema de coordenadas.



## Intersección inversa (cálculo de coordenadas de estación y orientación)

Este programa calcula la posición y la altura de la estación del instrumento, así como la orientación del círculo horizontal a partir de la medición de por lo menos dos puntos de coordenadas conocidas.

Las coordenadas de los puntos de enlace se pueden ingresar manualmente o transferirse previamente al instrumento.

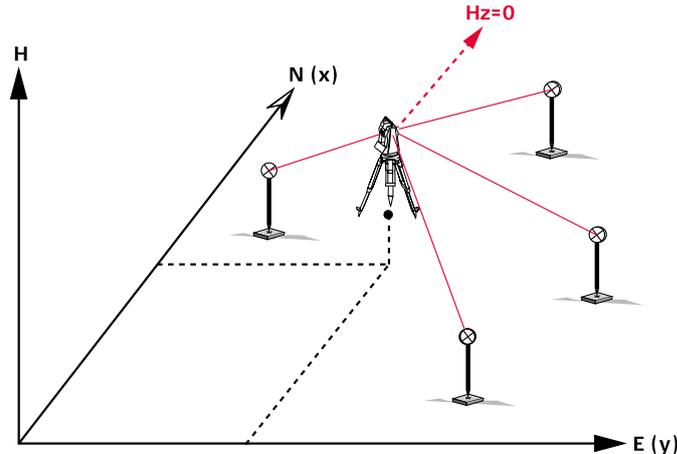
En proyectos grandes en los que se requiere efectuar mediciones o replanteos la puesta en estación libre tiene la gran ventaja de que el operador puede elegir la ubicación del instrumento que resulte más conveniente. De

esta forma, ya no queda obligado a colocarse en un punto de coordenadas conocidas pero con una ubicación poco satisfactoria.

Las opciones los procedimientos de medición se describen a detalle en los manuales del usuario.

### Nota:

Al efectuar trabajos topográficos que impliquen la determinación de alturas o el replanteo de las mismas, tenga siempre presente que debe tomar en cuenta la altura del instrumento y la del reflector.

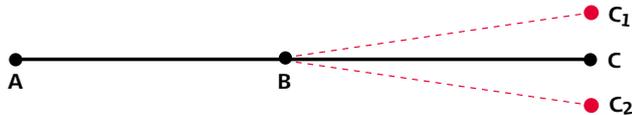


## Extrapolación de una línea recta

1. Coloque el instrumento en el punto B.
2. Vise el punto A y gire el anteojo hacia el punto  $C_1$ .
3. Gire el instrumento 200 gon ( $180^\circ$ ) y vise nuevamente el punto A.
4. Gire nuevamente el anteojo y mida el punto  $C_2$ . El punto C (que es el punto intermedio entre  $C_1$  y  $C_2$ ) corresponde exactamente a la extrapolación de la línea AB.

Un error en la visual es el que causa la discrepancia entre  $C_1$  y  $C_2$

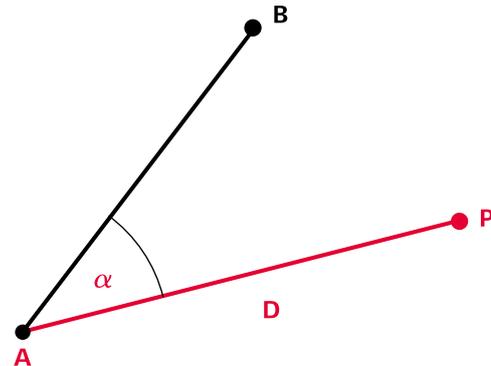
Cuando el eje de puntería está inclinado, la influencia del error será una combinación del error de visaje, el error de basculamiento del eje y el error del eje vertical.



## Replanteo polar de un punto

En este caso, los elementos a replantear (ángulo y distancia) estarán en relación al punto conocido A y a una dirección inicial conocida de A hacia B.

1. Coloque el instrumento en el punto A y vise el punto B.
2. Ajuste el círculo horizontal en ceros (consulte el manual del usuario).
3. Gire el instrumento hasta que se despliegue el ángulo  $\alpha$  requerido en la pantalla.
4. Guíe al ayudante con el reflector a lo largo del eje de puntería del anteojo, midiendo continuamente la distancia horizontal hasta llegar al punto P.



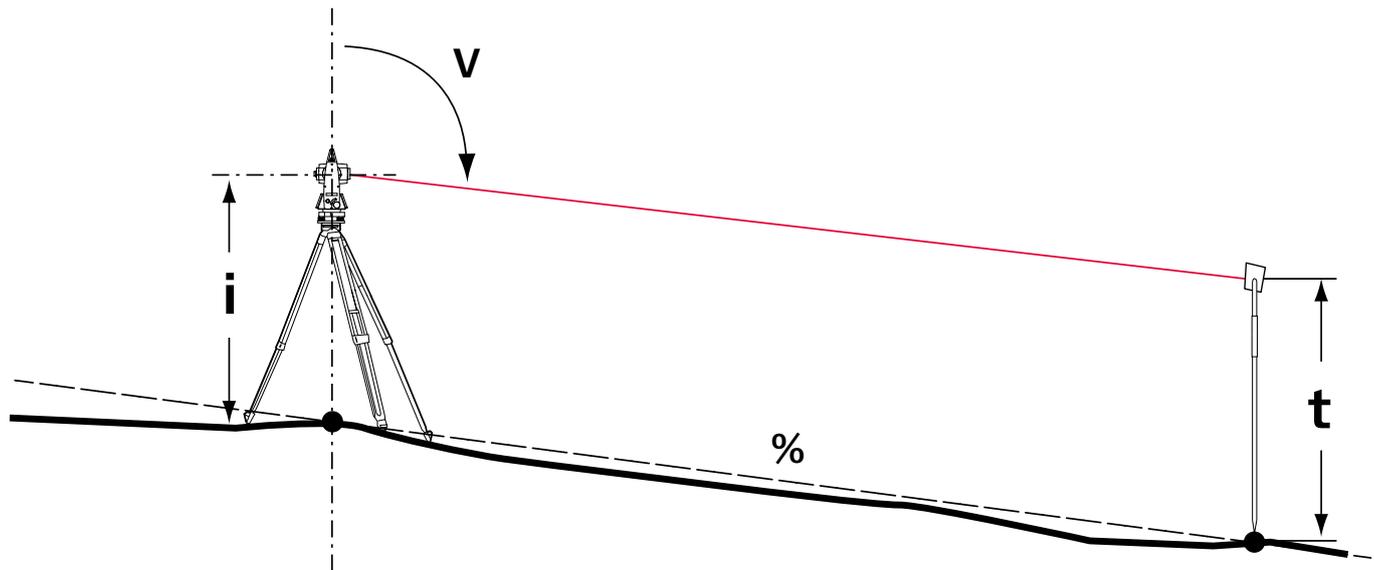
## Medición de pendientes

Posicione el instrumento en un punto de la línea cuya pendiente se requiere calcular y coloque un prisma en un segundo punto de dicha línea.

Introduzca la altura de instrumento  $i$  y la altura de prisma  $t$ . La lectura del círculo vertical (que mide el ángulo cenital en

grados o grados) se puede configurar para obtener valores en porcentaje (consulte el manual del usuario), de tal forma que la pendiente se puede leer directamente en %.

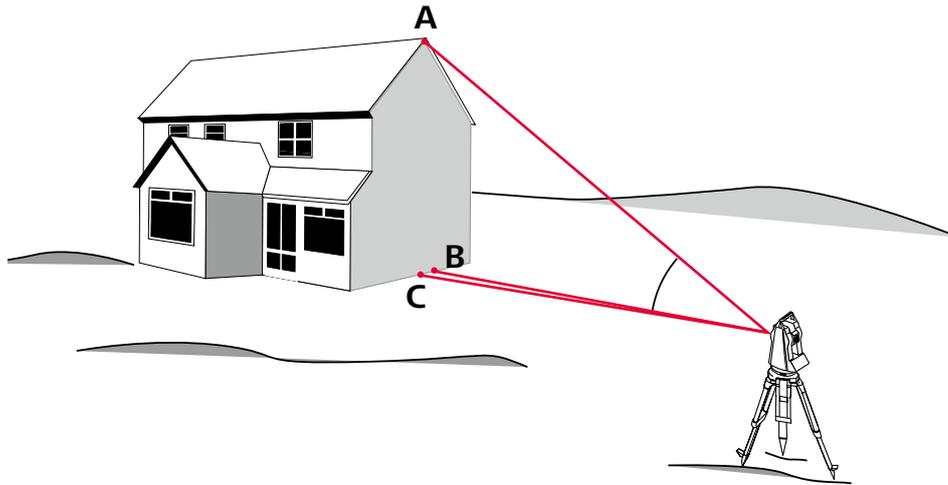
Apunte al centro del prisma y mida la distancia. La pendiente se muestra en la pantalla en %.



## Aplomar

Aplomar a partir de una altura o desde un punto en el terreno, así como revisar una línea vertical de una estructura se puede efectuar con precisión en un único círculo del anteojo, siempre y cuando éste describa un plano completamente vertical al girarlo. Para determinar si esto es así, prosiga como se indica a continuación:

1. Vise un punto elevado A, dirija el anteojo hacia abajo y marque el punto B sobre el terreno.
2. Gire y repita el procedimiento en la segunda posición del anteojo. Marque el punto C.



El punto medio entre los puntos B y C será el punto exacto para aplomar.

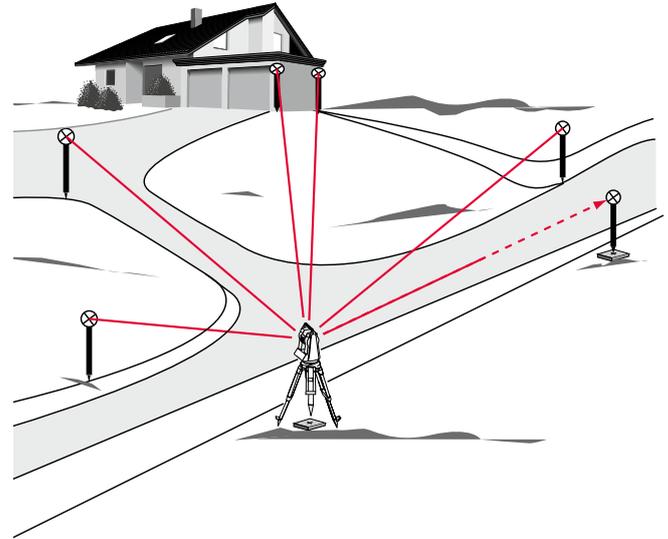
La razón por la que estos dos puntos no coinciden se puede deber a un error de basculamiento del eje y/o a una inclinación del eje vertical.

Para trabajos de esta naturaleza, asegúrese de que la estación total se encuentre bien nivelada, de manera que se reduzca la influencia del basculamiento del eje vertical.

## Levantamientos (método polar)

Para trazar la planta de una construcción, se determina la posición y altura de un punto de la misma midiendo ángulos y distancias. Para hacerlo, el instrumento se coloca sobre un punto referido a un sistema de coordenadas locales. Introduzca las coordenadas como ( $X = 0$ ,  $Y = 0$ , altura de instrumento  $i$ ). Con fines de orientación, se elige un segundo punto fácil de distinguir después de visarlo con el círculo horizontal puesto a cero (consulte el manual del usuario).

Si ya existe un sistema de coordenadas, coloque el instrumento en un punto conocido y alinee el círculo horizontal con un segundo punto conocido (consulte el manual del usuario). También puede usar el método de intersección inversa para estacionar y orientar el instrumento (vea pág. 22).

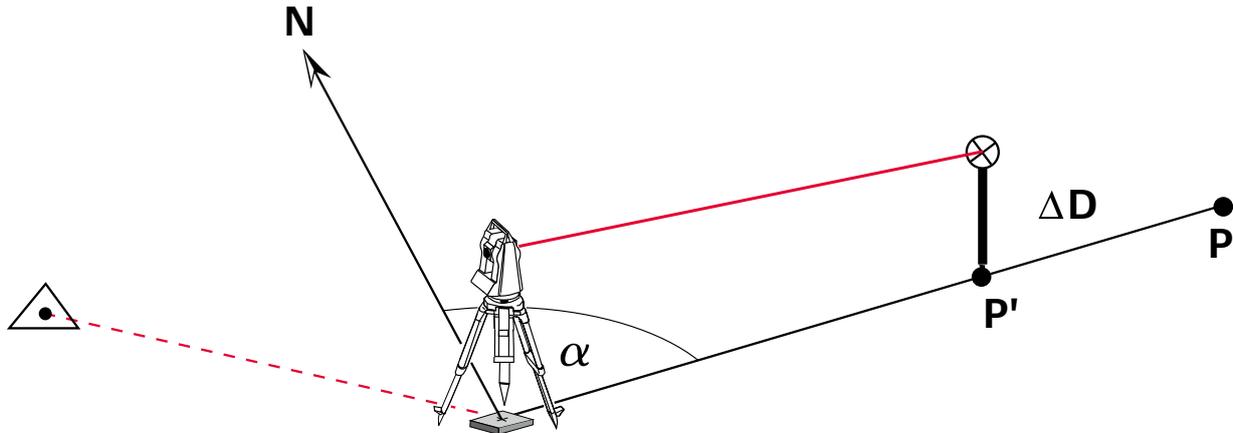


## Replantear

1. Coloque el instrumento en un punto conocido y ponga en posición el círculo horizontal (consulte la sección «Montaje de la estación» en el manual del usuario).
2. Introduzca manualmente las coordenadas del punto a replantear. El programa calcula automáticamente la dirección y la distancia (los dos parámetros necesarios para llevar a cabo cualquier replanteo).
3. Gire la estación total hasta que la lectura del círculo horizontal indique cero.
4. Coloque el reflector en este punto (punto «P»).
5. Mida la distancia. La diferencia  $\Delta D$  de distancia al punto P se desplegará automáticamente.

O bien, en la oficina puede transferir manualmente de la computadora a la estación total las coordenadas de los puntos a replantear. Bajo estas circunstancias sólo hay que seleccionar en número de punto

Si hay dos puntos conocidos también puede usar el método de intersección inversa para estacionar y orientar el instrumento.

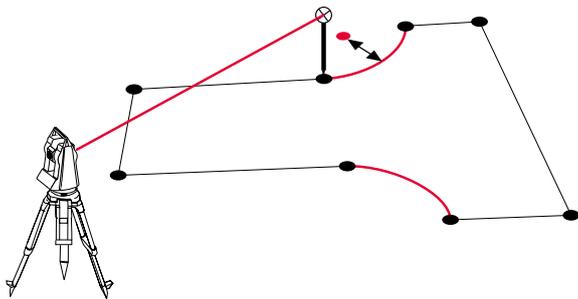


## Línea de referencia

Todas las estaciones totales y equipos GNSS de Leica Geosystems están equipados con modernas aplicaciones. Línea de referencia es una de las más usadas. Tiene dos métodos básicos.

- 1. Medir a Línea de Referencia** La posición horizontal y vertical y el desplazamiento de un punto medido manualmente se pueden calcular respecto de la línea de referencia definida.
- 2. Replantear Línea de Referencia** Permite definir la posición de un punto con relación a una línea de referencia y replantearlo.

Por favor, consulte el manual de su estación total o equipo GNSS para ver qué tareas permiten.

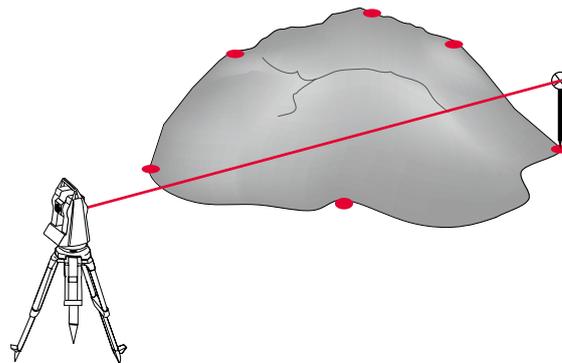


## Cálculo de Volumen

otra aplicación comúnmente usada en obra es el Cálculo de Volúmenes. La aplicación Cálculo de volúmenes posibilita la medición superficies, y el cálculo de volúmenes (y otros datos) a partir de estas superficies.

Mida puntos (de la superficie y de su límite) que definen una superficie nueva o extienden una ya creada. El volumen se calcula directamente. También puede usar puntos guardados para calcular volúmenes.

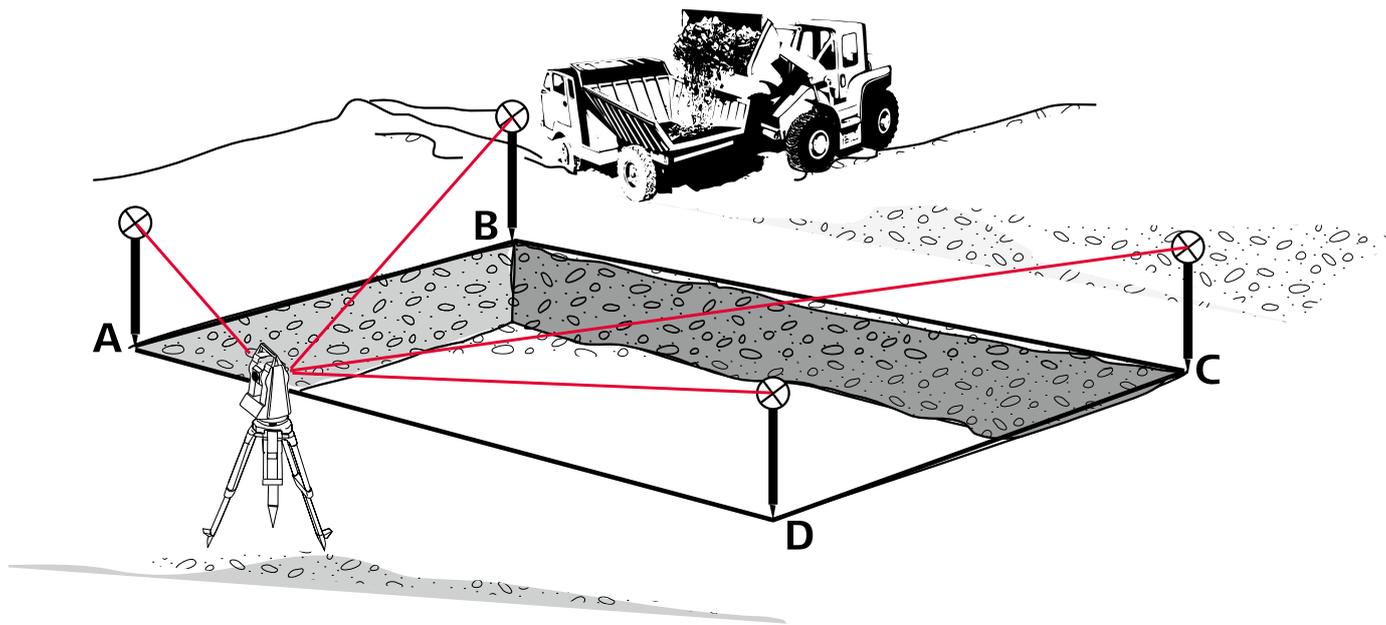
Por favor, consulte el manual de su estación total o equipo GNSS para ver qué tareas permiten.



## Cálculo de área

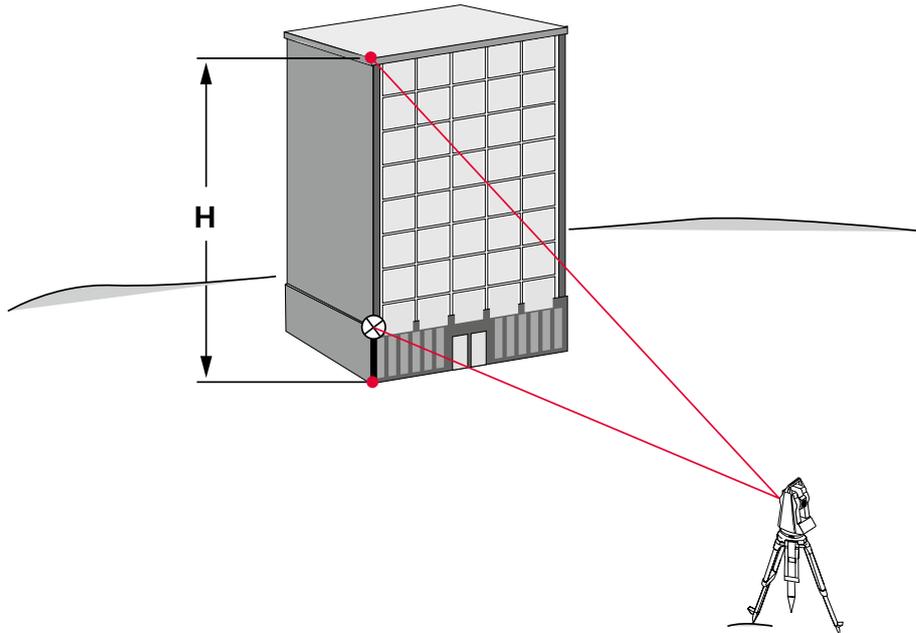
1. Situe la estación total en el terreno de forma que vea la totalidad del área que será medida. No es necesario posicionar el círculo horizontal.
2. Determine los puntos del límite del área secuencialmente en el sentido de las agujas del reloj. Siempre deberá medir las distancias.
3. Al pulsar una tecla, el área se calcula automáticamente y se muestra su valor en la pantalla.

Para instrucciones detalladas, por favor consulte el manual de su estación total o equipo GNSS.



## Alturas Remotas

1. Coloque un reflector en posición vertical debajo del punto cuya altura se va a determinar. La estación total se puede colocar en cualquier parte.
2. Introduzca la altura del prisma, apunte hacia él y mida la distancia.
3. Vise el punto cuya altura se desconoce.
4. La diferencia de altura  $H$  entre el punto del terreno y el punto de altura desconocida se calcula y se muestra al pulsar el botón.

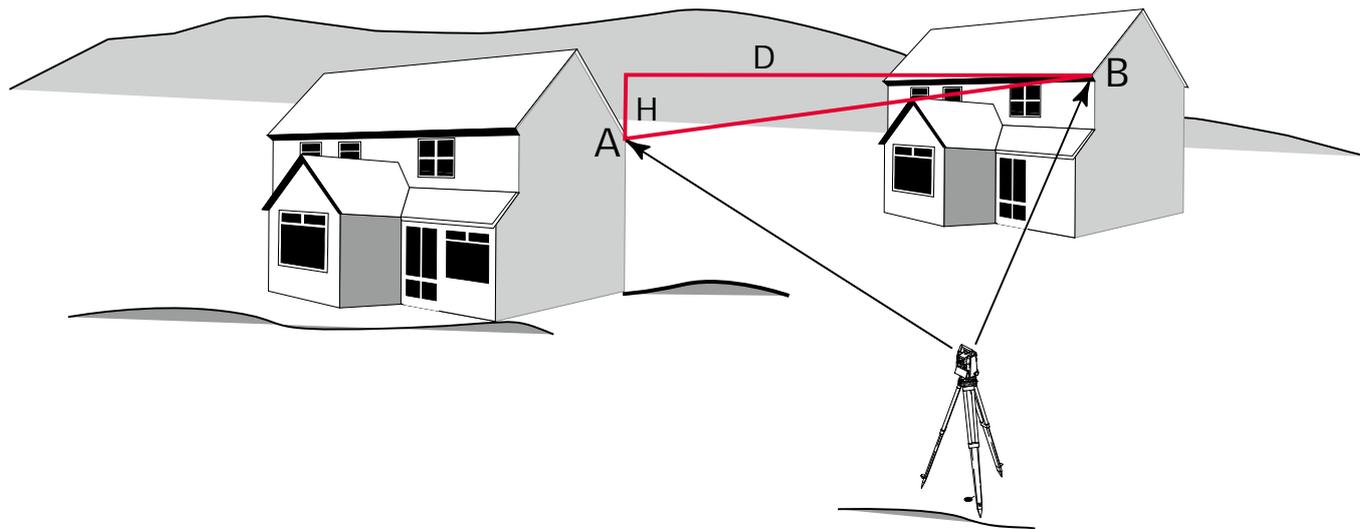


## Distancias de enlace

Este programa determina la distancia y la diferencia de altura entre dos puntos.

1. Coloque la estación total en cualquier punto.
2. Mida la distancia hacia cada uno de los dos puntos A y B.
3. Con solo presionar una tecla, se despliega en pantalla el valor de la distancia D y la diferencia de alturas H.

También se pueden usar los puntos almacenados en la memoria interna para calcular la distancia y diferencia de cotas (consulte el manual).

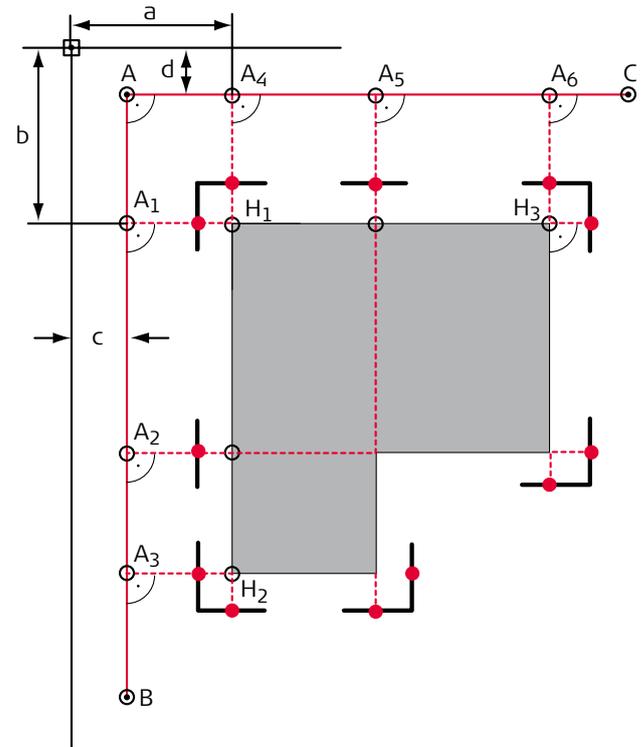


## Replanteo de perfiles

En el siguiente ejemplo, los perfiles de los límites se levantaron en forma paralela a las paredes de un edificio a las distancias respectivas  $a$  y  $b$  de los límites (parte izquierda de la ilustración).

1. Establezca una línea base  $AB$  paralela al límite izquierdo, a una distancia cualquiera  $C$ .
2. Marque el punto  $A$  a una distancia  $D$  definida a partir del límite superior. Este será el primer punto donde se colocará la estación total.
3. Empleando un bastón de aplomar, marque el punto  $B$  al final de la línea base.
4. Coloque la estación total en el punto  $A$ , vise el punto  $B$  y mida los puntos  $A_1$ ,  $A_2$  y  $A_3$ .
5. Visando el punto  $B$ , ponga el círculo horizontal en cero, gire la estación total  $100$  gon ( $90^\circ$ ) y trace la segunda línea  $AC$  con los puntos  $A_4$ ,  $A_5$  y  $A_6$ .

La forma más fácil de replantear perfiles es usando la aplicación *Línea de Referencia*. Esta aplicación le permitirá completar todos los pasos descritos anteriormente de forma más eficiente y conveniente. En la mayoría de los casos sólo es necesario un estacionamiento.



## Topografía con GNSS (GPS & Glonass)

La topografía GPS emplea las señales que transmiten algunos satélites artificiales cuyas trayectorias son tales, que se puede determinar la posición de cualquier punto sobre la superficie de la Tierra en cualquier momento e independientemente de las condiciones atmosféricas. La precisión con la que se determina la posición de los puntos depende del tipo de receptor GPS empleado y de la técnica de observación y proceso que se aplique.

Comparado con el empleo de una estación total, los levantamientos con GPS ofrecen la ventaja de que no es necesario que los puntos a medir sean visibles entre sí. Hoy en día (siempre y cuando no existan obstrucciones considera-

bles, como follaje espeso o construcciones de gran altura que impidan la recepción de las señales de los satélites) la tecnología GPS se puede aplicar en muchos y muy diversos trabajos de topografía que hasta ahora solo se podían efectuar con estaciones totales electrónicas.

Todos los sistemas GNSS de Leica permiten realizar una amplia gama de tareas topográficas, con aplicaciones guiadas paso a paso que ofrecen precisiones centimétricas en tiempo real (RTK) o en postproceso – sobre trípode, en bastón, en barcos, vehículos o maquinaria agrícola y de construcción.



## Estaciones de referencia GNSS

También conocida como Estación de Referencia Permanente, «Continuously Operating Reference Station» (CORS), se trata de un receptor GNSS multi-frecuencia emplazado en unas coordenadas conocidas, con alimentación permanente y conectado a varios dispositivos de comunicación.

Una CORS normalmente registra datos GNSS para usarlos después en las tareas de post-proceso, o proporciona datos de correcciones GNSS a tiempo real tanto para aplicaciones DGPS como RTK. En muchos casos esto permite satisfacer las demandas de una gran variedad de aplicaciones incluyendo topografía, ingeniería, construcción, control geodésico, sistemas de información geográficos, auscultación,

estudios tectónicos e hidrografía. Con más CORS adicionales, grandes extensiones o incluso países enteros pueden estar cubiertos con una infraestructura de redes CORS.

Las CORS están controladas de forma remota por un software especializado, como el Leica GPS Spider, el cual conecta con la CORS a través de diversos medios de telecomunicación; modem serial, por radio o teléfono, incluso por internet. Una vez configurada, una red CORS operará de forma continua proporcionando toda clase de datos GNSS, DGPS, RTK y correcciones de red a un número virtualmente ilimitado de usuarios.



¿Está interesado en aprender más sobre estos asuntos?  
Leica Geosystems le ofrece más documentación de referencia en línea:

*<http://www.leica-geosystems.com/booklets/>*

- Herramientas de construcción de Leica Geosystems
- Leica Builder
- Leica SmartPole y SmartStation
- Introducción al GPS
- Guía de estaciones de referencia

Tanto si desea construir una casa o un puente, diseñar un mapa o un avión, necesitará medidas fiables. Por tanto, cuando las cosas tienen que estar bien, los profesionales confían en Leica Geosystems para que les ayude a capturar, analizar y presentar información espacial.

Con casi 200 años ofreciendo soluciones pioneras para medir el mundo, Leica Geosystems es bien conocida por su amplio conjunto de productos que capturan datos de forma precisa, modelan rápidamente, analizan fácilmente y visualizan y presentan información espacial. Quienes usan los productos de Leica Geosystems cada día confían en ellos por su fiabilidad, el valor que les proporciona, y el superior soporte a cliente.

Precisión, valor y servicio de Leica Geosystems.

**When it has to be right.**

Los datos técnicos, las ilustraciones y descripciones no son vinculantes y pueden ser modificados.  
Impreso en Suiza - Copyright Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Suiza, 2013.  
724109es - V.13 - RVA