



# ANTOLOGIA

TOPOGRAFÍA

*ARQUITECTURA*

*CUARTO CUATRIMESTRE*

---

## Marco Estratégico de Referencia

---

### ANTECEDENTES HISTORICOS

Nuestra Universidad tiene sus antecedentes de formación en el año de 1979 con el inicio de actividades de la normal de educadoras “Edgar Robledo Santiago”, que en su momento marcó un nuevo rumbo para la educación de Comitán y del estado de Chiapas. Nuestra escuela fue fundada por el Profesor de Primaria Manuel Albores Salazar con la idea de traer Educación a Comitán, ya que esto representaba una forma de apoyar a muchas familias de la región para que siguieran estudiando.

En el año 1984 inicia actividades el CBTiS Moctezuma Ilhuicamina, que fue el primer bachillerato tecnológico particular del estado de Chiapas, manteniendo con esto la visión en grande de traer Educación a nuestro municipio, esta institución fue creada para que la gente que trabajaba por la mañana tuviera la opción de estudiar por las tarde.

La Maestra Martha Ruth Alcázar Mellanes es la madre de los tres integrantes de la familia Albores Alcázar que se fueron integrando poco a poco a la escuela formada por su padre, el Profesor Manuel Albores Salazar; Víctor Manuel Albores Alcázar en septiembre de 1996 como chofer de transporte escolar, Karla Fabiola Albores Alcázar se integró como Profesora en 1998, Martha Patricia Albores Alcázar en el departamento de finanzas en 1999.

En el año 2002, Víctor Manuel Albores Alcázar formó el Grupo Educativo Albores Alcázar S.C. para darle un nuevo rumbo y sentido empresarial al negocio familiar y en el año 2004 funda la Universidad Del Sureste.

La formación de nuestra Universidad se da principalmente porque en Comitán y en toda la región no existía una verdadera oferta Educativa, por lo que se veía urgente la creación de una institución de Educación superior, pero que estuviera a la altura de las exigencias de los jóvenes que tenían intención de seguir estudiando o de los profesionistas para seguir preparándose a través de estudios de posgrado.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de

cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el Corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y Educativos de los diferentes Campus, Sedes y Centros de Enlace Educativo, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca a nivel nacional e internacional.

Nuestra Universidad inició sus actividades el 18 de agosto del 2004 en las instalaciones de la 4ª avenida oriente sur no. 24, con la licenciatura en Puericultura, contando con dos grupos de cuarenta alumnos cada uno. En el año 2005 nos trasladamos a nuestras propias instalaciones en la carretera Comitán – Tzimol km. 57 donde actualmente se encuentra el campus Comitán y el corporativo UDS, este último, es el encargado de estandarizar y controlar todos los procesos operativos y educativos de los diferentes campus, así como de crear los diferentes planes estratégicos de expansión de la marca.

## **MISIÓN**

Satisfacer la necesidad de Educación que promueva el espíritu emprendedor, aplicando altos estándares de calidad Académica, que propicien el desarrollo de nuestros alumnos, Profesores, colaboradores y la sociedad, a través de la incorporación de tecnologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

## **VISIÓN**

Ser la mejor oferta académica en cada región de influencia, y a través de nuestra Plataforma Virtual tener una cobertura Global, con un crecimiento sostenible y las ofertas académicas innovadoras con pertinencia para la sociedad.

## **VALORES**

- Disciplina
- Honestidad
- Equidad
- Libertad

## ESCUDO



El escudo de la UDS, está constituido por tres líneas curvas que nacen de izquierda a derecha formando los escalones al éxito. En la parte superior está situado un cuadro motivo de la abstracción de la forma de un libro abierto.

## ESLOGAN

“Mi Universidad”

## ALBORES



Es nuestra mascota, un Jaguar. Su piel es negra y se distingue por ser líder, trabaja en equipo y obtiene lo que desea. El ímpetu, extremo valor y fortaleza son los rasgos que distinguen.

---

## Estática para la Arquitectura

---

### Objetivo de la materia:

Conocer e identificar los procesos e instrumentos para realizar levantamientos topográficos mediante instrumentos manuales y electrónicos.

Al finalizar la asignatura el alumno contará con los conocimientos necesarios para realizar y leer planos topográficos.

### INDICE

UNIDAD I.....	8
NOCIONES PRELIMINARES.....	8
1.1 Topografía.....	8
1.2 Historia de la Topografía.....	10
1.3 Unidades.....	12
1.4 Sistema de Representación.....	18
1.5 Teoría de Errores.....	19
UNIDAD 2.....	29
INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS Y ACCESORIOS.....	29
2.1 Instrumentos Topográficos.....	29
2.2 Instrumentos altimétricos.....	35
2.3 Práctica de levantamiento planimétrico – altimétrico manual.....	41
2.4 Estación Total Electrónica.....	45
2.5 Accesorios Y Equipos Auxiliares.....	47
UNIDAD III.....	62
EJECUCIÓN DE MEDICIÓN DE DISTANCIAS Y NIVELES.....	62
3.1 Medición directa de distancias.....	62
3.2 Corrección de mediciones por distancias.....	76
3.3 Medición de niveles.....	80

UNIDAD IV .....	84
EJECUCIÓN DE MEDICIÓN DE DISTANCIAS Y NIVELES ELECTRÓNICAS.....	84
4.1 Medición electrónica de distancias y niveles. ....	84
4.2 Medición electrónica de niveles.....	98
Bibliografía básica y complementaria: .....	100

## UNIDAD I

### NOCIONES PRELIMINARES

#### INTRODUCCIÓN

Cuando hablamos de Topografía, nos encontramos ante una disciplina de vital importancia en todos los procesos relacionados con la ingeniería en general. Tanto es así que se trata de una asignatura común en la gran mayoría de las carreras técnicas que se estudian en nuestro país. A nadie pasará desapercibido que en casi cualquier tipo proyecto o estudio, será necesario disponer de un modelo, a escala reducida, del terreno sobre el que vamos a plasmar nuestras ideas, es decir, a construir.

Posteriormente, la Topografía también será nuestra fiel aliada para materializar en el terreno todo aquello que hemos proyectado.

#### 1.1 Topografía

La topografía es una materia muy amplia y quizás sin saberlo, todos tenemos algo de topógrafos. ¿Quién no se ha medido alguna vez una distancia, incluso a pasos? ¿Un ángulo de forma aproximada? ¿Los metros cuadrados de un piso, un salón, o una pequeña finca? Todos podemos medir distancias, ángulos y áreas, pero si sabemos los fundamentos básicos de topografía comprenderemos la incertidumbre de la medida según el cómo, con qué y con quién se haya realizado.

La topografía no es simplemente medir, es saber con qué precisión, exactitud e incertidumbre se realizan las medidas, sobre todo si esa medida es importante para una tarea de tasación o ejecución de una obra.

Tradicionalmente se ha venido definiendo la topografía como “el conjunto de métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales o artificiales”. Esta definición, sin embargo, resulta hoy en día un tanto parcial, debido principalmente al desarrollo experimentado por otras disciplinas anexas, como es el caso de la Fotogrametría<sup>1</sup>. Este desarrollo ha venido marcado básicamente por la rapidez y precisión que ha supuesto la generación de planos topográficos y mapas a partir de



fotografías aéreas mediante los aparatos denominados restituidores. Asimismo, es de gran interés la información complementaria que aportan estas fotografías, muy difícil de obtener mediante la utilización de otras técnicas.

Uno de los mayores avances en este sentido ha sido la revolución de la informática y de la electrónica en los últimos años. La combinación de equipos informáticos e instrumentos topográficos, el desarrollo de avanzados programas de cálculos topográficos y modelado digital de terrenos, la utilización ya generalizada de estaciones totales que permiten combinar una toma de datos automática con programas de cálculo topográfico y de CAD (Computer Aided Design), o diseño asistido por ordenador), así como las gran revolución que ha supuesto el sistema de posicionamiento global (GPS, Global Positioning System), han aumentado mucho el campo abarcado por la topografía, permitiendo unas precisiones antes sólo alcanzables por métodos geodésicos, pero que son imprescindibles para las nuevas exigencias que plantea la ingeniería en general.

Vemos, por lo tanto, que la Topografía no está sola, sino que se encuentra apoyada por otras ciencias que la complementan y amplían. Entre todas ellas, nos permitirán llevar a cabo nuestros propósitos.

Topografía	Geodesia
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudia el conjunto de procedimientos para determinar las posiciones de puntos sobre la superficie de la tierra.</li> <li>- Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud ( en sistema métrico decimal), y para direcciones se emplean unidades de arco. (Grados sexagesimales)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudia el levantamiento y la representación de la forma y representación de la tierra.</li> <li>- Se utiliza para la medición y cálculo sobre superficies curvas, usando métodos semejantes a aquellos usados en la superficie curva de la Tierra.</li> </ul>

**Fotogrametría:** Conjunto de técnicas y métodos que, mediante un proceso denominado restitución fotogramétrica, que se lleva a cabo con aparatos restituidores; se utilizan para obtener medidas reales del terreno y para elaborar mapas y planos a partir de fotografías aéreas.

Estación total: Equipo topográfico electrónico que realiza todas las operaciones de medición y replanteo, sustituyendo las libretas de toma de datos por libretas electrónicas que se conectan directamente con el ordenador para el tratamiento de los datos con los programas adecuados.

Geodesia: Está definida como la ciencia que se ocupa del estudio de la forma y dimensiones de la tierra, así como de los métodos y procedimientos de creación de las redes de puntos de apoyo, que sirven como base planimétrica y altimétrica para los levantamientos topográficos y realización de los mapas.

## **1.2 Historia de la Topografía**

Los orígenes de la profesión datan desde los tiempos de TALES DE MILETO y ANAXIMANDRO, de quienes se conocen las primeras cartas geográficas y las observaciones astronómicas que añadió ERASTÓGENES. Acto seguido, guardando la proporción del tiempo HIPARCO crea la teoría de los meridianos convergentes, y así como estos pioneros, recordamos entre otros a ESTRABON y PLINIO, considerados los fundadores de la geografía, seguidos entre otros por el Topógrafo griego TOLOMEO quien actualizó los planos de la época de los Antónimos.

Más tarde en Europa, se mejoran los trabajos topográficos a partir de la invención de las cartas planas. Luego en el siglo XIII con la aplicación de la brújula y de los avances de la Astronomía, se descubren nuevas aplicaciones a la Topografía.

Así, de manera dinámica a través del tiempo la Topografía se hace cada vez más científica y especializada, por estar ligada a lograr la representación real del planeta, valiéndose para este propósito en la actualidad de los últimos adelantos tecnológicos como la Posición por satélite (GPS y GLONASS) gracias a los relojes tónicos y a la riqueza de información captada por los Sensores remotos.

Paralelamente, el desarrollo de la informática y el rayo láser han permitido poner en marcha los sistemas inerciales y las mediciones del sistema SPS (Sistema de Posicionamiento Espacial), mezclando estos sistemas con la inmensurable información captada por las imágenes digitales. En América, la aplicación concreta y el desarrollo de la

Topografía nos presenta un panorama enmarcado dentro de los tiempos de la conquista y la colonia y más específicamente por los trabajos adelantados por MUTIS, ALEXANDER VON HUMBOLDT y FRANCISCO JOSE DE CALDAS.

Posteriormente España envía misiones de Cartógrafos dentro de los cuales es notable AGUSTÍN CODAZZI. En la continua tarea de establecer las "VERDADERAS" medidas y formas del territorio, siempre ligadas a los hechos políticos y a la soberanía, ha pasado una extensa lista de Cartógrafos, Geógrafos, Astrónomos etc., con el propósito de lograr la representación lo más real y exacta posible de la tierra, que se resume etimológicamente en dos palabras: TOPO = TIERRA y GRAFOS = DIBUJO.

A través de la práctica tendremos la capacidad de sugerir o establecer nuevos métodos para resolver problemas tomando como referencia cada error cometido. Cualquier persona no especializada puede llevar a cabo un levantamiento Planimétrico con una cinta. Esto posible porque está al alcance casi de cualquier persona. De esta manera, cualquier parcela, casa, etc. puede ser medida en todas sus longitudes por el mismo dueño de la propiedad.

A diferencia del teodolito, la cinta es muy barata; pero se debe tener en cuenta las debidas técnicas y métodos para el levantamiento. La Mesopotamia fue cuna de un conjunto de civilizaciones (Sumera - Acadia Babilonia-Asiría y Caldea). La primera cultura urbana conocida, es la de los Sumeros, llamando poderosamente la atención de los historiadores los conocimientos que poseían en matemáticas y astronomía, y las aplicaciones de la geometría práctica (topografía) en la construcción de obras de arquitectura y canales de riego.

Es de destacar las construcciones encontradas en las ciudades-estados de Lagash, Umma, Nippur y Uruk, edificadas 4000 años a.c., en ellas se construyeron los primeros diques que se conocen y se lograron sistemas de riego casi perfectos. En Uruk, por ejemplo, se encontró un templo de 55m x 22m y paralelo a éste, otro de 83m. x 253m. La perfecta simetría de sus naves, pasillos, columnas, y el manejo de planos horizontales en distinto niveles, hace suponer el empleo de algún primitivo y rudimentario instrumento de medición (la cuerda).

Muchos hombres, a través de la historia iban desarrollando el potencial espiritual a través del arte, la Arquitectura, topografía y posteriormente la literatura. Las Mediciones

Topográficas aplicadas a las obras de Ingeniería y Arquitectura, son tan antiguas como lo es la evolución cultural del hombre, surgió mucho antes que otras ciencias y era considerada tan sagrada como la medicina o la religión.

En principio la Topografía es la representación de los elementos naturales y humanos de la superficie terrestre que engloba la Cartografía y la Geodesia. Esta ciencia determina los procedimientos que se siguen para poder representar esos elementos en los mapas y cartas geográficas.

Es posible que incluso algunos dibujos encontrados en cuevas y refugios con un significado desconocido hasta el momento, sean croquis de los territorios donde vivían y cazaban. Con las primeras civilizaciones estables, el mapa se representa no solo como instrumento dirigido a un fin concreto, la utilidad inmediata, sino también como imagen, que es por el contrario símbolo e ilustración.

### **1.3 Unidades.**

Unidades de longitud: como puede imaginarse, la unidad de longitud más empleada en Topografía es el metro. El metro puede definirse como la longitud que adquiere, a una temperatura de 0° centígrados, una regla de platino e iridio conservada en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de Breteuil, en París. Sin embargo, podríamos calificar a ésta de definición práctica, y en la actualidad ha sido sustituida por otras más exactas y rigurosas. En la Conferencia General de Pesas y Medidas de 1960 (París), se acordó que “el metro es igual a 1.650.763,73 veces la longitud de onda en el vacío de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles de energía  $2p_{10}$  y  $5$  del átomo de criptón 86”. Posteriormente, se ha definido de nuevo basándose en la velocidad de la luz, concluyendo que “el metro es la longitud recorrida por un rayo de luz en el vacío en un tiempo de  $1/299792456$  segundos”.

Unidades de superficie: en Topografía se trabaja con Hectáreas (10.000 m<sup>2</sup>). A veces también se utilizan Km.

Unidades angulares: se trabaja con graduación sexagesimal o centesimal:

- Graduación sexagesimal: se considera, como ya sabemos, una circunferencia dividida en 360 partes iguales denominadas grados. Cada grado se compone de 60 minutos y cada uno de estos en 60 segundos, escribiéndose de la siguiente forma:

15° 25' 48''

- Graduación centesimal: suele ser más empleada por su sencillez. La circunferencia está dividida en 400 grados y cada uno de estos en 100 minutos. Los minutos, a su vez, están formados por 100 segundos. Pueden escribirse de dos formas equivalentes:

25g 68m 85s 8 o bien 25,68858g

## Unidades de medida

LONGITUD							
UNIDAD	PULGADAS	PIES	MILLAS	MILÍMETROS	CENTÍMETROS	METROS	KILÓMETROS
PULGADAS	1	0.08333	-	25.4	2.54	0.0254	-
PIES	12	1	-	304.8	30.48	0.3048	-
MILLAS	63,360	5,280	1	1,609,344	160,934	1,609.34	1.61
MILÍMETROS	0.03937	0.003281	-	1	0.1	0.001	-
CENTÍMETROS	0.3937	0.032808	-	10	1	0.01	-
METROS	39.37	3.28084	-	1,000	100	1	0.001
KILÓMETROS	39,370	3,280.8	0.62137	-	100,000	1.000	1

ÁREA O SUPERFICIE						
UNIDAD	PULGADAS <sup>2</sup>	PIES <sup>2</sup>	ACRES	MILÍMETROS <sup>2</sup>	CENTÍMETROS <sup>2</sup>	METROS <sup>2</sup>
PULGADAS <sup>2</sup>	1	0.006944	-	645.16	6.4516	0.00064516
PIES <sup>2</sup>	144	1	-	92 903.04	929.0304	0.09290
ACRES	-	43 560	1	-	-	4 046.8564
MILÍMETROS <sup>2</sup>	0.00155	-	-	1	0.01	-
CENTÍMETROS <sup>2</sup>	0.1550	0.001076	-	100	1	0.0001
METROS <sup>2</sup>	1 550.0031	10.76391	0.000247	-	10 000	1

EQUIVALENCIAS DE VOLUMEN LÍQUIDO						
UNIDAD	GALÓN (US)	GALÓN IMPERIAL	PULGADAS CÚBICAS	PIES CÚBICOS	METROS CÚBICOS	LITROS
GALÓN (US)	1.0	0.833	231.0	0.1337	0.00378	3.785
GALÓN IMPERIAL	1.20	1.0	277.41	0.1605	0.00455	4.546
PULGADAS CÚBICAS	0.004329	0.003607	1.0	0.00057	0.000016	-
PIES CÚBICOS	7.48	6.232	1,728.0	1.0	0.0283	28.317
METROS CÚBICOS	264.17	219.97	-	35.314	1.0	1,000
LITROS	0.26417	0.220	61.023	0.0353	0.001	1.0

**EQUIVALENCIAS DE TEMPERATURA**

0.555 ( °F-32 )	=	GRADOS CELSIUS (°C)
(1.8 x °C) + 32	=	GRADOS FAHRENHEIT (°F)
°C + 273.15	=	GRADOS KELVIN (°K)
Punto de Ebullición	=	212 °F
	=	100 °C
	=	373 °K
Punto de Congelamiento	=	32 °F
	=	0 °C
	=	273 °K

**MEDIDAS DE LONGITUD**
**SISTEMA INGLÉS A MÉTRICO**

Pulgadas (pulg)	x	25.4	=	Milímetros (mm)
Pulgadas (pulg)	x	2.54	=	Centímetros (cm)
Pies (pie)	x	304.8	=	Milímetros (mm)
Pies (pie)	x	30.48	=	Centímetros (cm)
Pies (pie)	x	0.3048	=	Metros (m)
Yardas (yd)	x	0.9144	=	Metros (m)
Millas (mi)	x	1,609.3	=	Metros (m)
Millas (mi)	x	1.6093	=	Kilómetros (km)

**SISTEMA MÉTRICO A INGLÉS**

Milímetros (mm)	x	0.03937	=	Pulgadas (pulg)
Milímetros (mm)	x	0.00328	=	Pies (pie)
Centímetros (cm)	x	0.3937	=	Pulgadas (pulg)
Centímetros (cm)	x	0.0328	=	Pies (pie)
Metros (m)	x	39.3701	=	Pulgadas (pulg)
Metros (m)	x	3.2808	=	Pies (pies)
Metros (m)	x	1.0936	=	Yardas (yd)
Kilómetros (k)	x	0.6214	=	Millas (mi)

**MEDIDAS DE ÁREA O SUPERFICIE**
**MÉTRICO A MÉTRICO**

Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )	x	10 000	=	Centímetros cuadrados (cm <sup>2</sup> )
Hectáreas (ha)	x	10 000	=	Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )

**INGLÉS A MÉTRICO**

Pulgadas cuadradas (pulg <sup>2</sup> )	x	6.4516	=	Centímetros cuadrados (cm <sup>2</sup> )
Pies cuadrados (pie <sup>2</sup> )	x	0.092903	=	Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Yardas cuadradas (yd <sup>2</sup> )	x	0.8361	=	Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Acres (Ac)	x	0.004047	=	Kilómetros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Acres (Ac)	x	0.4047	=	Hectáreas
Millas cuadradas (mi <sup>2</sup> )	x	2.59	=	Kilómetros cuadrados (km <sup>2</sup> )

**MÉTRICO A INGLÉS**

Centímetros cuadrados (cm <sup>2</sup> )	x	0.16	=	Pulgadas cuadradas (pulg <sup>2</sup> )
Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )	x	10.7639	=	Pies cuadrados (pie <sup>2</sup> )
Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )	x	1.1960	=	Yardas cuadradas (yd <sup>2</sup> )
Hectáreas (ha <sup>2</sup> )	x	2.471	=	Acres (Ac)
Kilómetros cuadrados (km <sup>2</sup> )	x	247.1054	=	Acres (Ac)
Kilómetros cuadrados (km <sup>2</sup> )	x	0.3861	=	Millas cuadradas (mi <sup>2</sup> )

**UNIDADES DE VOLUMEN**
**INGLÉS A MÉTRICO**

Pulgadas cúbicas (pulg <sup>3</sup> )	x	16.3871	=	Mililitros (ml)
Pulgadas cúbicas (pulg <sup>3</sup> )	x	16.3871	=	Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )
Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )	x	28.317	=	Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )
Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )	x	0.028317	=	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )
Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )	x	28,317	=	Litros (l)
Yardas cúbicas (yd <sup>3</sup> )	x	0.7646	=	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )
Acre-Pie (Ac-Pie)	x	123.34	=	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )
Onzas fluidas (US)(oz)	x	0.029573	=	Litros (l)
Cuarto (qt)	x	0.9463	=	Milímetros cúbicos (mm <sup>3</sup> )
Cuarto (qt)	x	0.9463	=	Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )
Galones (gal)	x	3.7854	=	Litros (l)
Galones (gal)	x	0.0037854	=	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )
Galones (gal)	x	3785	=	Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )
Pecks (pk)	x	0.881	=	Decalitros (DL)
Bushels (bu)	x	0.3524	=	Hectolitros (HL)
Cucharada	x	5	=	Mililitros (ml)
Cucharadita	x	15	=	Mililitros (ml)
Taza	x	0.24	=	Litros (l)
Pinta	x	0.47	=	Litros (l)

**MÉTRICO A INGLÉS**

Mililitros (ml)	x	0.03	=	Onzas fluidas (oz)
Mililitros (ml)	x	0.0610	=	Pulgadas cúbicas (pulg <sup>3</sup> )
Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )	x	0.061	=	Pulgadas cúbicas (pulg <sup>3</sup> )
Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )	x	0.002113	=	Pintas (pt)

---

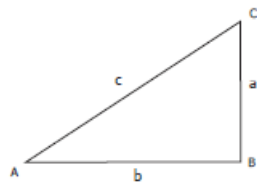
Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	x	5.3183	=	Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )
Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	x	1.3079	=	Yardas cúbicas (yd <sup>3</sup> )
Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	x	264.2	=	Galones (gal)
Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	x	0.000811	=	Acre-Pie (Ac-Pie)
Litros (l)	x	1.0567	=	Cuarto (qt)
Litros (l)	x	0.264	=	Galones (gal)
Litros (l)	x	61.024	=	Pulgadas cúbicas (pulg <sup>3</sup> )
Litros (l)	x	0.0353	=	Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )
Decalitros (DL)	x	2.6417	=	Galones (gal)
Decalitros (DL)	x	1.135	=	Pecks (pk)
Hectolitros (HL)	x	3.531	=	Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )
Hectolitros (HL)	x	2.84	=	Bushels (bu)
Hectolitros (HL)	x	0.131	=	Yardas cúbicas (yd <sup>3</sup> )
Hectolitros (HL)	x	26.42	=	Galones (gal)



## Soluciones y formulas.

### SOLUCIONES Y FÓRMULAS GEOMÉTRICAS

#### SOLUCIÓN DE UN TRIÁNGULO RECTÁNGULO

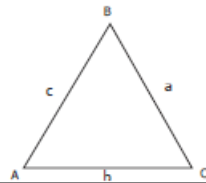


$$A+B+C = 180^\circ \text{ (suma de ángulos internos)}$$

$$\text{Área} = \frac{ba}{2}$$

DATOS	INCÓGNITA	FÓRMULAS
a, c	A, B, b	$\text{sen } A = \frac{a}{c}$ ; $\text{cos } B = \frac{a}{c}$ ; $b = c^2 - a^2$
a, b	A, B, c	$\tan A = \frac{a}{b}$ ; $\tan B = \frac{b}{a}$ ; $c = a^2 + b^2$
A, a	B, b, c	$B = 90^\circ - A$ ; $b = a \cot A$ ; $c = \frac{a}{\text{sen } A}$
A, b	B, a, c	$B = 90^\circ - A$ ; $a = b \tan A$ ; $c = \frac{b}{\text{cos } A}$
A, c	B, a, b	$B = 90^\circ - A$ ; $a = c \text{ sen } A$ ; $b = c \text{ cos } A$

#### SOLUCIÓN DE UN TRIÁNGULO OBLICUÁNGULO



$$\text{Área} = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}$$

$$A + B + C = 180^\circ \text{ ( suma de los ángulos internos)}$$

$$S = \frac{a + b + c}{2}$$

DATOS	INCÓGNITA	FÓRMULAS
a, b, c	A, B, C	$\text{sen } 1/2 A = \sqrt{\frac{(S-b)(S-c)}{bc}}$ $\text{sen } 1/2 B = \sqrt{\frac{(S-a)(S-c)}{ac}}$ $\text{sen } 1/2 C = \sqrt{\frac{(S-a)(S-b)}{ab}}$
g	C, b, c	$C = 180^\circ - (A + B)$ $b = \frac{a \text{ sen } B}{\text{sen } A}$ ; $c = \frac{a \text{ sen } C}{\text{sen } A}$
A, a, b	B, C, c	$\text{sen } B = \frac{b \text{ sen } A}{a}$ ; $C = 180^\circ - (A+B)$ $c = \frac{a \text{ sen } C}{\text{sen } A}$
C, a, b	A, B, c	$\tan A = \frac{a \text{ sen } C}{b - a \text{ cos } C}$ $B = 180^\circ - (A+C)$ $c = \frac{a \text{ sen } C}{\text{sen } A}$

## 1.4 Sistema de Representación

El problema que vamos a intentar resolver es el de representar sobre un plano una serie de entidades tridimensionales o espaciales, como es el caso de la superficie terrestre. Para ello, la Geometría Descriptiva nos brinda una serie de sistemas de representación para diferentes aplicaciones prácticas. De entre todos ellos, nosotros vamos a elegir el sistema de planos acotados. En éste, cada punto de la superficie puede representarse mediante su proyección sobre el plano y su altura o elevación (cota) sobre un plano de comparación elegido arbitrariamente (Fig.1).

Vemos, por lo tanto, que la representación podría reducirse a una serie de puntos aleatorios del terreno, usualmente denominados “puntos sueltos”, cada uno de ellos con su cota respectiva. Un número de puntos pequeño ocasionará imprecisiones a veces inadmisibles, mientras que un elevado número de ellos dificultará en gran medida la lectura e interpretación del plano final, aparte de necesitar cálculos más complejos.

Con el fin de evitar estos problemas, suelen trazarse curvas que pasen por puntos de igual cota. A estas curvas se las denomina curvas de nivel y también isohipsas.

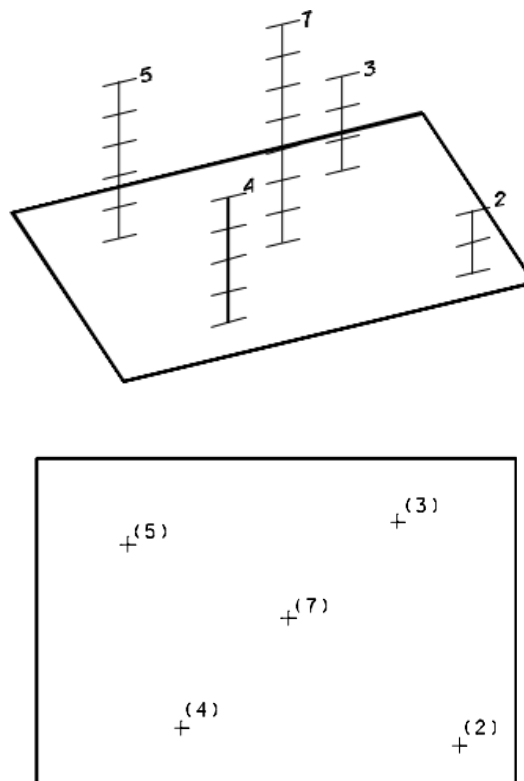
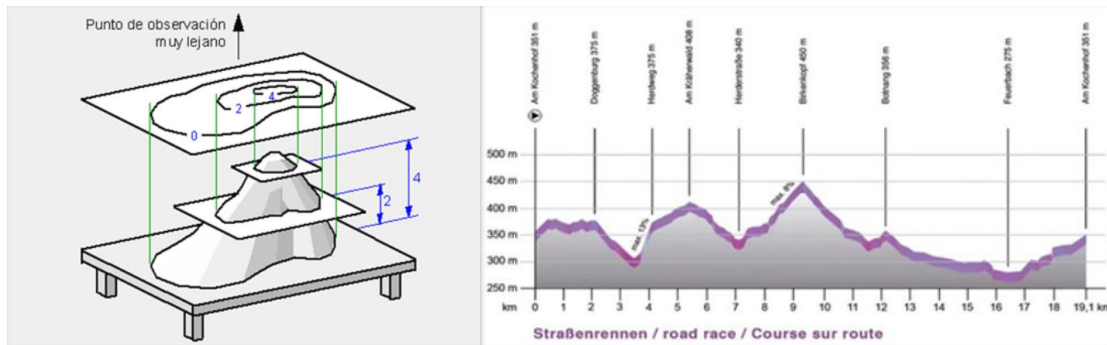


Fig. 1 Fundamento del sistema de planos acotados



Curvas de Nivel

Altimetría

## 1.5 Teoría de Errores.

Hay imperfecciones en los aparatos y en el manejo de los mismos, por tanto ninguna medida es exacta en topografía y es por eso que la naturaleza y magnitud de los errores deben ser comprendidas para obtener buenos resultados. Las equivocaciones son producidas por falta de cuidado, distracción o falta de conocimiento. Algunas definiciones que debemos de comprender son:

**Precisión:** grado de perfección con que se realiza una operación o se establece un resultado.

**Exactitud:** grado de conformidad con un patrón modelo. Se puede medir una instancia como una gran minuosidad.

**Error:** es una magnitud desconocida debido a un sinnúmero de causas.

**Equivocaciones:** Es una falta involuntaria de la conducta generado por el mal criterio o por confusión en la mente del observador. Las equivocaciones se evitan con la comprobación, los errores accidentales solo se pueden reducir por medio de un mayor cuidado en las medidas y aumentando el número de medidas. Los errores sistemáticos se pueden corregir aplicando correcciones a las medidas cuando se conoce el error, o aplicando métodos sistemáticos en el trabajo de campo para comprobarlos y contrarrestarlos.

**Comprobaciones:** Siempre se debe comprobar las medidas y los cálculos ejecutados, estos descubren errores y equivocaciones y determinan el grado de precisión obtenida.

Clasificación de los errores

Según las causas que lo producen estos se clasifican en:

Naturales: debido a las variaciones de los fenómenos de la naturaleza como sol, viento, húmeda, temperatura, etc.

Personales: debido a la falta de habilidad del observador, estos son errores que se cometen por la falta de cuidado.

Instrumentales: debido a imperfecciones o desajustes de los instrumentos topográficos con que se realizan las medidas. Por estos errores es muy importante el hecho de revisar los instrumentos a utilizar antes de cualquier inicio de trabajo.

Según las formas que lo producen:

Sistemáticos: En condiciones de trabajo fijas en el campo son constantes y del mismo signo y por tanto son acumulativos, mientras las condiciones permanezcan invariables siempre tendrán la misma magnitud y el mismo signo algebraico, por ejemplo: en medidas de ángulos, en aparatos mal graduados o arrastre de graduaciones en el tránsito, cintas o estatales mal graduadas, error por temperatura. En este tipo de errores es posible hacer correcciones.

Accidentales: es aquel debido a un sin número de causas que no alcanzan a controlar el observador por lo que no es posible hacer correcciones para cada observación, estos se dan indiferentemente en un sentido o en otro y por tanto puede ser que tengan signo positivo o negativo, por ejemplo: en medidas de ángulos, lecturas de graduaciones, visuales descentradas de la señal, en medidas de distancias, etc.

Comparación entre errores sistemáticos y errores accidentales.

<b>Sistemáticos</b>	<b>Accidentales</b>
1. Según la ley fisicomatemática determinada.	1. Según la ley de las probabilidades.
2. Se conocen en signos y magnitud. Exceso (+) efecto (-)	2.No se conoce su magnitud ni su signo.
3. Son corregibles.	3. No se pueden corregir pero pueden disminuirse siguiendo determinado procedimiento.
4. Son de cuantía	4. No Son de cuantía
5. Varían proporcionalmente al nº de observaciones.	5. Varían proporcionalmente a la del nº de observaciones realizados.

De manera particular estudiaremos los Errores sistemáticos en la medición con cinta, aunque debemos estar conscientes que en la práctica de campo siempre se realizan los levantamientos tal y como debe ser:

Los errores sistemáticos por efecto de cinta, disminuye si se tiene en cuenta todos los cuidados, verificaciones y correcciones antes explicadas, pero los errores accidentales suelen presentarse como a continuación se indica:

El no colocar verticalmente una ficha al marcar los pequeños tramos por medir o al moverla lateralmente con cinta.

Que el “Cero” de la cinta no coincide exactamente con el punto donde se inicia una medición. Errores debidos a las variaciones de tensión, pues si la medición se hace con dinamómetro llegan a presentarse pequeñas variaciones a pesar de buscar que se da la misma tensión.

Los errores más comunes son:

Error por temperatura: Los cambios de temperatura producen deformaciones en las longitudes de las cintas usadas en el campo. Por ejemplo la cinta de acero se normaliza generalmente a 20° centígrado es decir que su longitud nominal corresponde a esta temperatura.

Si al realizar la medición la temperatura es mayor de 20° centígrados la cinta se dilata, en caso contrario si la temperatura es menor a 20° centígrados la cinta se contrae lo que incurre en un error por temperatura y se calcula de la siguiente forma:

$$Cx= 0.0000117(T-T_0) L$$

$T_0$ = Es la temperatura de normalización de la cinta

$T$ = Es la temperatura promedio al realizar la medición

$L$ = Es la longitud nominal de la cinta

$0.0000117$ = Es el coeficiente de dilatación térmica de la cinta de acero

Por Ejemplo, Calcular la longitud real de una medición Longitud Medida es

281.72m, Longitud nominal de cinta 30 m a una  $T^\circ$  promedio de  $-0.466^\circ\text{C}$ .

$LR = ?$

$L_m = 281.72\text{m}$

$L_n = 30\text{m}$

$T^\circ = -0.466^\circ\text{C}$

$C_x = 0.0000117 (-0.466^\circ - 20^\circ\text{C})30\text{m}$

$C_x = -7.18 \times 10^3$

Por regla de tres:

Si  $30 \quad 7.2 \times 10^3$

$281.72 \quad x$

$X = \frac{281.72x - 7.2 \times 10^3}{30}$

30

$X = -0.0113$

$LR = 281.72 - 0.0113$

$LR = 281.71\text{m}$

Error por longitud incorrecta: Algunas veces las cintas trae errores en su medida. Llamamos longitud nominal a la longitud ideal o la que dice le fabricante que tiene así la longitud real será la comparada por un patrón la conexión, es decir la que en verdad tiene. La corrección por longitud errónea se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$CL = L' - L$$

$L'$  = Es la longitud real de la cinta producida del contraste del patrón.

$L$  = Es la longitud nominal de la cinta.

$CL$  = corrección de la longitud.

Por Ejemplo, Determinar la longitud real entre 2 puntos A y B para el que se Utilizó una cinta de 30 m que al ser contrastada con un patrón resulto ser de 30.064 m, la longitud entre A y B fue de 108.31 m.

$$L' = 30\text{mts}$$

$$L = 30.064\text{mts}$$

$$L = 108.31\text{mts}$$

$$\text{Corrección por Longitud} = CL = 0.064$$

Por relación de tres  $30 - 0.064$

$$X = 0.23$$

$$AB \ 108.3 \times$$

$$\text{Longitud Real} = 108.31 + 0.23 ; LR = 108.54\text{m}$$

Error por falta de horizontalidad: Cuando el terreno es dependiente uniforme, se puede hacer la medición directamente sobre el terreno con menos error que en el banqueo partiendo de la medición en pendiente se calcula la distancia horizontal la corrección por falta de horizontalidad es  $Ch = h^2/(2S)$

$h$  = Es el desnivel entre los puntos externos de la cinta

$s$  = Es la distancia de la parte inclinada del terreno

Ejemplo, Determinar la distancia horizontal entre 2 puntos, si la distancia medida en pendiente fue de 30.044m y el desnivel 1.35

$$H = 1.35$$

$$C_h = (1.35)^2 = 0.029$$

$$2 (30.644)$$

$$LR = 30.644 - 0.029$$

$$LR = 30.615$$

Error por catenaria: Se da por la forma convexa que presenta la cinta suspendida entre dos apoyos debido principalmente al peso de la cinta y a la tensión aplicada al momento de realizar la medición estos aspectos hacen que se acorte la medida de la distancia horizontal entre las graduaciones de dos puntos de la cinta la corrección es:

$$C_c = -W$$

$$2$$

$$L / 24p$$

$$2$$

W= peso de la cinta en kilogramos

p= Es la tensión aplicada al realizar la medición en kilogramos

Ejemplo, Determinar la longitud real de una línea de 240.60m de magnitud si se utiliza una cinta de 30 m se aplico una tensión de 20 Kg y la cinta peso 0.58 Kg.

$$C_c = -0.58^2 \cdot 30 = - 0.1$$

$$P: 6kg \quad 24 (6)^2$$

$$W: 0.58kg$$

Por relación de tres 30-0.01

$$540.60 - x \quad ; x = 0.18$$

$$LR = 540.60 - 18; LR = 108.54m$$



Error por tensión: Los fabricantes de cintas definen ciertas características de operación para obtener la longitud Nominal de las cintas que fabrican.

Por ejemplo: para las cintas de acero apoyadas en toda su longitud la tensión es de 4.5 kg y suspendidas en los apoyos 5.4 kg si la tensión aplicada es mayor que estos se produce un error por tensión y la conexión por tensión se obtiene de la forma siguiente:

$$C_p = (P - P_o) L / AE$$

L: longitud nominal.

P= tensión aplicada al momento de la extensión

P<sub>o</sub>= tensión de fabricación de la cinta kg

A= área de la sección transversal de la cinta

E= Módulos de elasticidad =  $2.1 \times 10^4$  kg/mm<sup>2</sup>

Ejemplo, Se ha medido una distancia 5 veces obteniendo los siguientes resultados o valores observados, calcular los errores accidentales y la presión en la medición. Determinar la magnitud de una línea que ha sido medida con una cinta de 30m, si la tensión aplicada fue de 12 Kg la cinta se utilizó apoyada en 2 apoyos el área es de 4mm<sup>2</sup> y la longitud medida fue de 1.500m

L: 30m

A: 12kg

E:  $2.1 \times 10$  kg/mm<sup>2</sup>

P<sub>o</sub>: 5.4kg

C<sub>p</sub>:  $(P - P_o)L / AE$

C<sub>p</sub>:  $(12\text{kg} - 5.4\text{kg}) 30\text{m} / 84000\text{kg}$

LR:  $30 - 0.0023$

1500m - X = 0.117

LR:  $1500 + 0.117$

LR: 1500.11

Los Errores accidentales en su particular usan la estadística como herramienta de estudio. Para ellos es necesario dominar el concepto de frecuencia y peso. Frecuencia: es el número de veces que aparece un evento en la experimentación. Peso: Es el grado de confiabilidad que nos brinda una información. Puede ser el resultado del número de observaciones. Y también puede ser una combinación de ambas circunstancias.

### Errores Sistemáticos

- Pendiente
- Graduación
- Temperatura
- Tensión
- Catenaria

### Errores Aleatorios

- Pendiente
- Temperatura
- Tensión
- Catenaria
- Alineación
- Verticalidad del mercado

### Errores Groseros

- Confundir marcas en el terreno
- Error de lectura
- Error de anotación
- Errores aritméticos al sumar distancias parciales



## UNIDAD 2

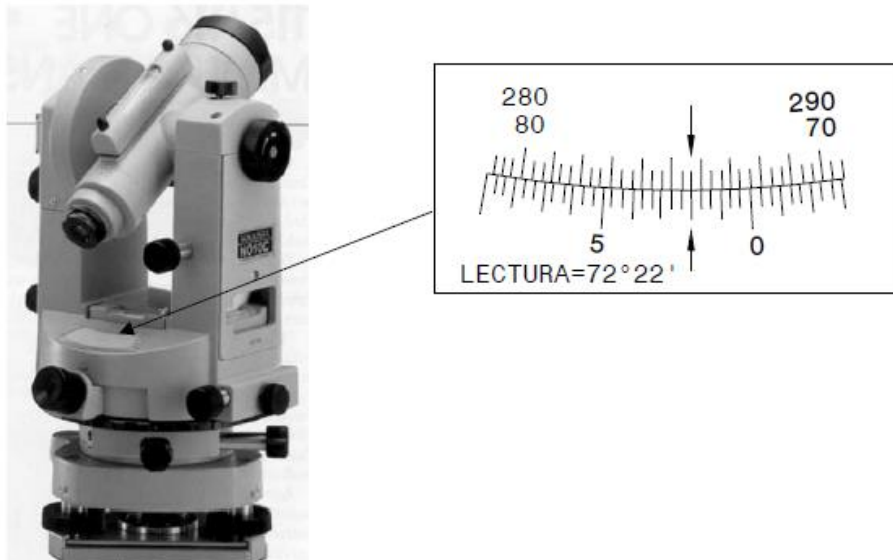
### INSTRUMENTOS TOPOGRÁFICOS Y ACCESORIOS

#### 2.1 Instrumentos Topográficos

##### Teodolitos

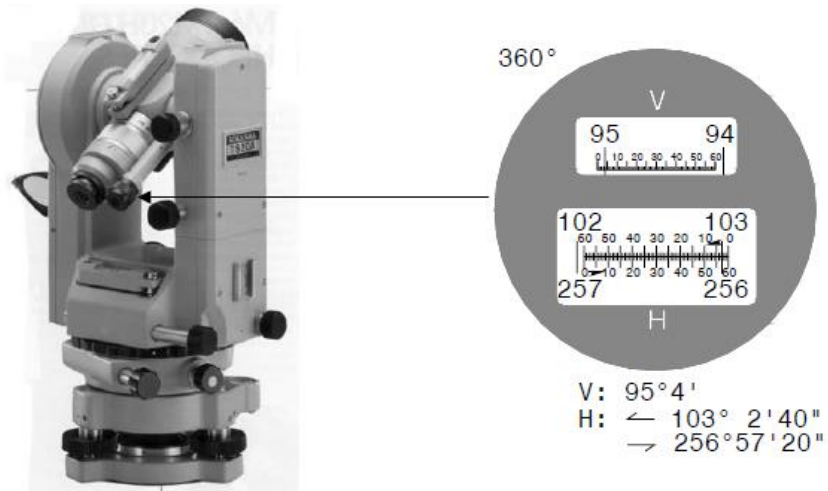
El teodolito es un instrumento utilizado en la mayoría de las operaciones que se realizan en los trabajos topográficos.

Directa o indirectamente, con el teodolito se pueden medir ángulos horizontales, ángulos verticales, distancias y desniveles.

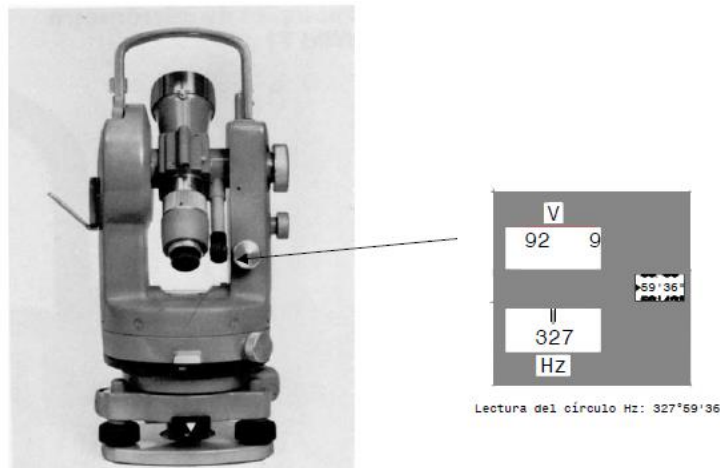


Teodolito Sokkia con lectura directa de nonio

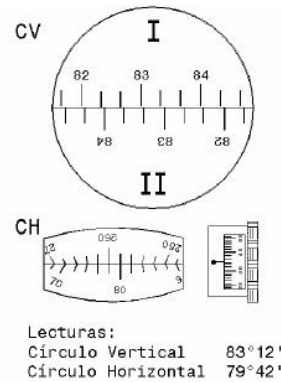
Los teodolitos difieren entre si en cuanto a los sistemas y métodos de lectura. Existen teodolitos con sistemas de lectura sobre vernier y nonios de visual directa, microscopios lectores de escala, micrómetros ópticos , sistemas de lectura de coincidencia .



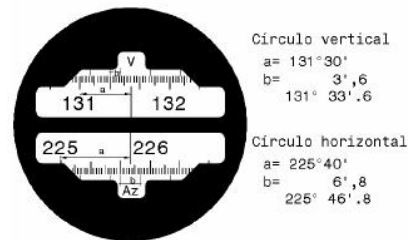
Teodolito Sokkia con microscopio lector de escala



Teodolito Wild con micrómetro óptico



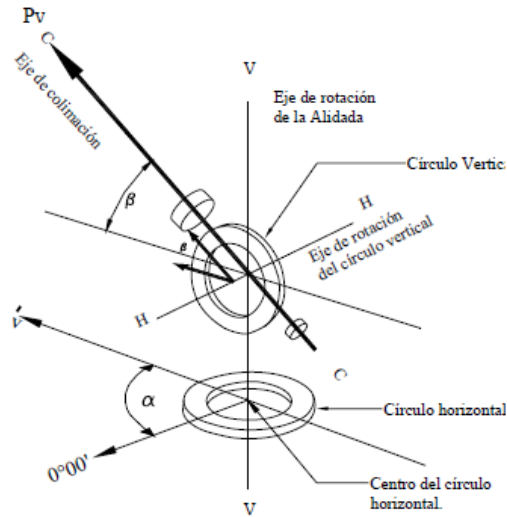
Teodolito Brújula Wild T0 con micrómetro óptico



Teodolito Kern DK-2 con sistema de lectura de coincidencia

En cuanto a los métodos de lectura, los teodolitos se clasifican en repetidores y reiteradores, según podamos ó no prefijar lectura sobre el círculo horizontal en cero y sumar ángulos repetidamente con el mismo aparato, o medir independientemente N veces un ángulo sobre diferentes sectores del círculo, tomando como valor final el promedio de las medidas.

- Eje vertical “V-V” o eje de rotación de la alidada
- Eje horizontal “H-H” o eje de rotación del círculo vertical
- Eje de colimación “C-C”

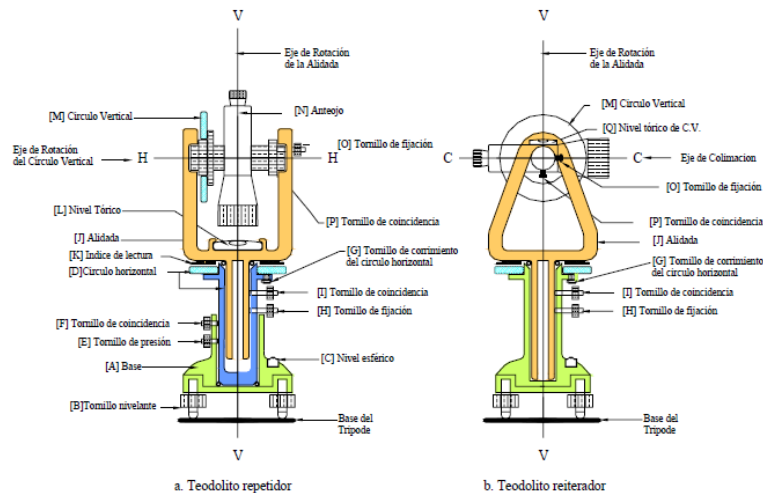


Ejes de un teodolito

La figura muestra el corte esquemático de un teodolito.

La base del teodolito [A] se apoya directamente sobre el trípode mediante los tornillos nivelantes.

[B]. Sobre la base, para horizontalizar la misma, va colocado un nivel esférico de burbuja [C].



Representación esquemática de un teodolito



En los teodolitos repetidores, el círculo horizontal [D] puede girar alrededor del eje vertical. Para la fijación del círculo a la base se dispone del tornillo de presión [E], y para pequeños movimientos de colimación se utiliza el tornillo de coincidencia [F].

En los teodolitos reiteradores, el círculo horizontal está fijo a la base y puede ser deslizado ó rotado mediante un tornillo de corrimiento [G].

Para la fijación del círculo a la alidada y para los pequeños movimientos de colimación, existen los tornillos de fijación [H] y coincidencia [I]. La alidada [J] gira alrededor del eje vertical de rotación. Sobre la alidada van los índices de lectura [K] y el nivel tórico [L] del círculo horizontal.

Sobre los montantes de la alidada se apoyan el círculo vertical [M] y el anteojo [N]. El anteojo se fija a la alidada mediante el tornillo de fijación [O], y los pequeños movimientos de colimación se realizan con el tornillo de coincidencia [P].

### Teodolitos Electrónicos

El desarrollo de la electrónica y la aparición de los microchips han hecho posible la construcción de teodolitos electrónicos con sistemas digitales de lectura de ángulos sobre pantalla de cristal líquido, facilitando la lectura y la toma de datos mediante el uso en libretas electrónicas de campo o de tarjetas magnéticas; eliminando los errores de lectura y anotación y agilizando el trabajo de campo. La figura muestra el teodolito electrónico DT4 de SOKKIA.

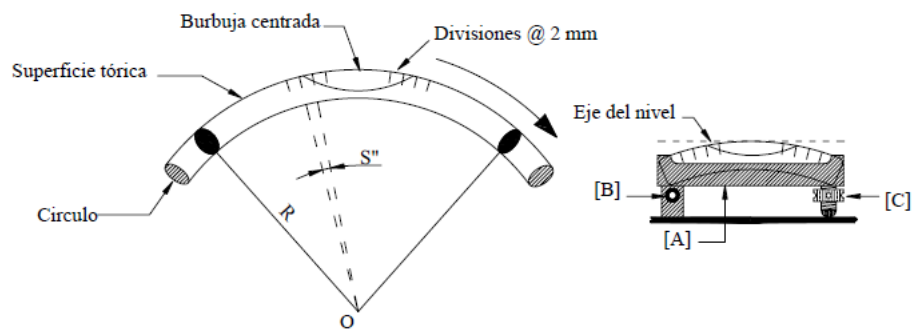


Teodolito electrónico DT4 de Sokkia

## 2.2 Instrumentos alimétricos

### Niveles

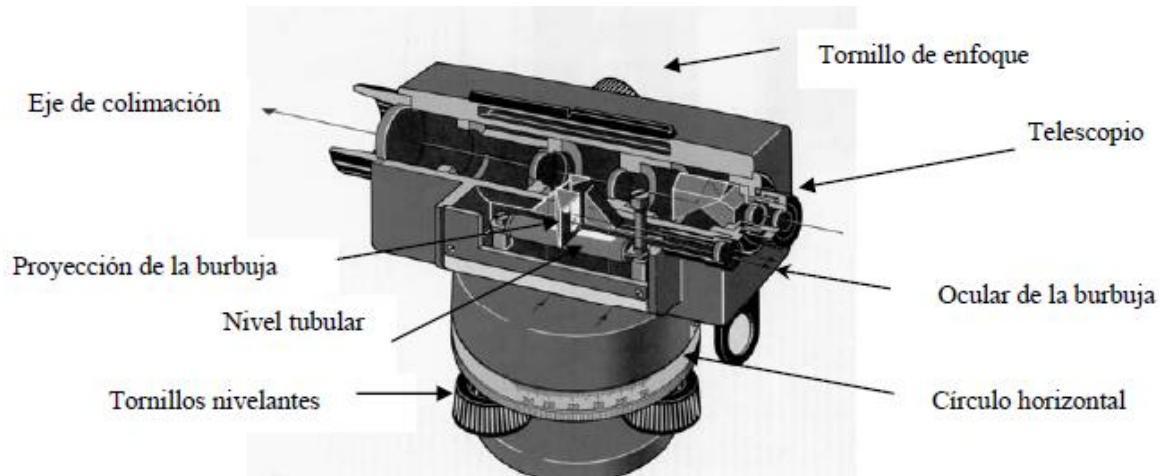
El nivel tubular o nivel tórico, es un trozo de tubo de vidrio de sección circular, generado al hacer rotar un círculo alrededor de un centro  $O$ , tal y como se muestra en la. La superficie es sellada en sus extremos y su interior se llena parcialmente con un líquido muy volátil (como éter sulfúrico, alcohol etc.) que al mezclarse con el aire del espacio restante forma una burbuja de vapores cuyo centro coincidirá siempre con la parte más alta del nivel.



Nivel de ingeniero

En las operaciones de nivelación, donde es necesario el cálculo de las diferencias verticales o desniveles entre puntos, al nivel teórico se le anexa un telescopio, una base con tornillos nivelantes y un trípode.

Los niveles difieren entre sí en apariencia, de acuerdo a la precisión requerida y a los fabricantes del instrumento. Se representan los componentes básicos de un nivel.

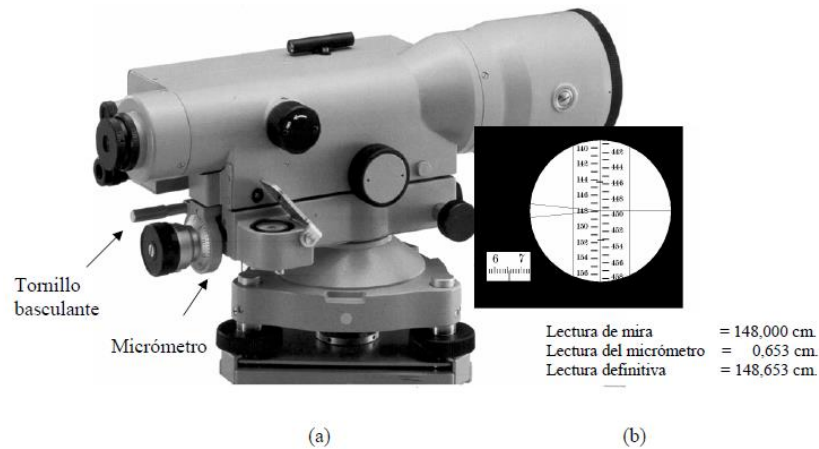


Nivel Wild N2 con nivel tórico de doble curvatura



El nivel Wild N2 con nivel tórico de doble curvatura.

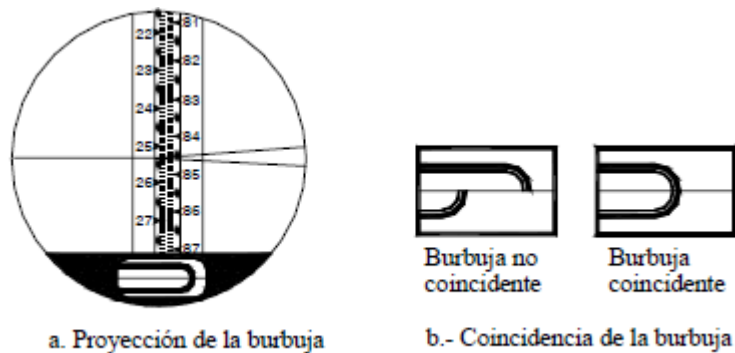
Muestra el nivel de alta precisión PLI de Sokkia, empleado en nivelaciones de primer orden. Este tipo de nivel posee un prisma de placas plano paralelas y un micrómetro óptico que permiten, con el empleo de una mira INVAR, aumentar la precisión de las lecturas a la mira a  $1/10$  de mm. Un ejemplo de lectura con nivel de placas plano paralelas y micrómetro óptico se muestra en la figura



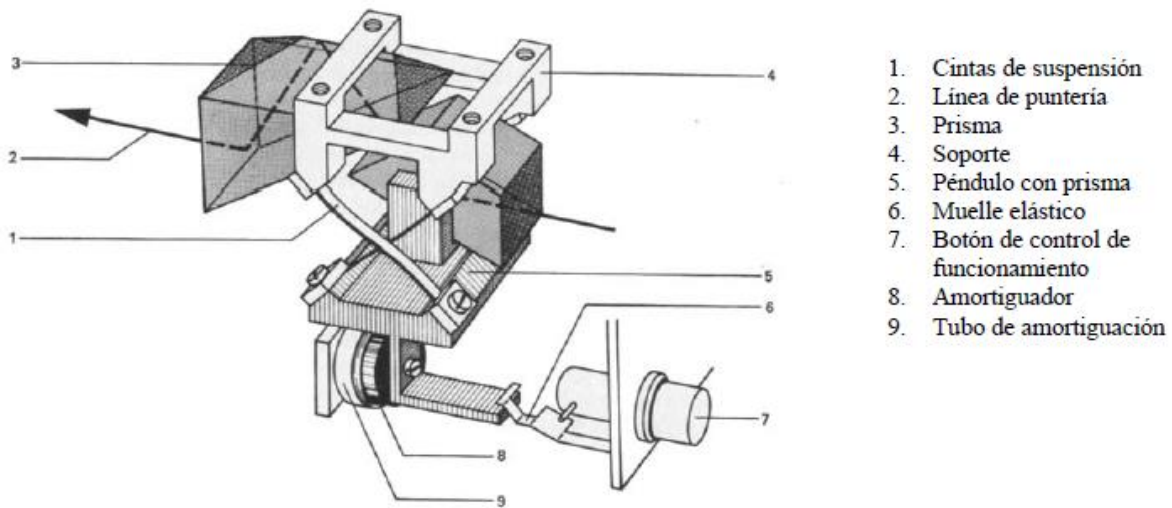
### Nivel de precisión PLI de Sokkia de placas plano paralelas con micrómetro óptico

En todas las operaciones de nivelación es necesario, antes de efectuar las lecturas a la mira, chequear la horizontalidad del eje de colimación.

En algunos niveles, este proceso se realiza ópticamente proyectando la burbuja del nivel teórico sobre el lente de colimación, de manera de hacer la verificación al momento de tomar la lectura. En caso de que no se verifique la coincidencia de la burbuja, se usa un tornillo basculante que permite, mediante pequeños movimientos, corregir una eventual inclinación del eje de colimación.



### Comprobación óptica de la coincidencia de la burbuja

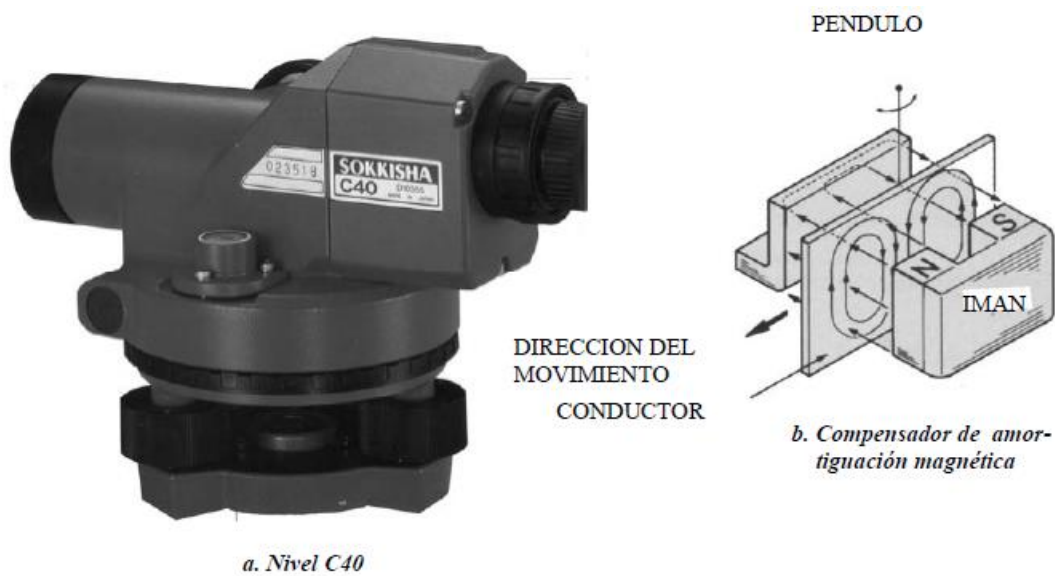


### Compensador óptico mecánico Wild NA-2

Algunos niveles automáticos más sofisticados, poseen un compensador óptico mecánico a fin de garantizar la puesta en horizontal del eje de colimación.

Existen también niveles automáticos con compensador de amortiguación magnética.

Se muestra el nivel automático C40 de Sokkisha y el esquema de funcionamiento del compensador de amortiguación magnética.



### Nivel C40 Sokkisha

El imán del compensador produce un campo magnético cuando el conductor colocado en el campo magnético, se mueve como consecuencia de una falta de horizontalidad del nivel, y se genera una inducción electromagnética que produce una corriente giratoria en el conductor creando una fuerza que compensa el movimiento del conductor.

Recientemente se han introducido en el mercado, niveles electrónicos con los cuales el proceso de nivelación en el campo puede ser realizado por una sola persona. Estos niveles constan básicamente de un emisor de rayos láser con un barrido de 360° y un receptor o detector de rayos, tal y como se muestra en la figura



Nivel electrónico LP3A Sokkisha

### Distanciómetros Electrónicos

Aunque parezca un proceso sencillo, la medición distancias con cintas métricas es una operación no solo complicada sino larga, tediosa y costosa.

Como se mencionó previamente, las cintas se fabrican con longitudes de hasta 100 m, siendo las de 50 m las de mayor uso en los trabajos de topografía.

Cuando las longitudes a medir exceden la longitud de la cinta métrica utilizada, se hace necesario dividir la longitud total en tramos menores o iguales a la longitud de la cinta, incrementando la probabilidad de cometer errores de procedimiento tales como errores de alineación, de lectura, de transcripción, etc.

Diferentes métodos y equipos se han implementado a lo largo de los años para mediciones de distancias rápidas y precisas.

A finales de la década del 40, se desarrolló en Suecia el GEODÍMETRO, primer instrumento de medición electrónico de distancias capaz de medir distancias de hasta 40 Km mediante la transición de ondas luminosas, con longitudes de onda conocida modulados con energía electromagnética.

Unos diez años más tarde, en sur Africa, se desarrolló el TELUROMETRO, capaz de medir distancias de hasta 80 Kms mediante la emisión de micro ondas.

Recientemente, con la introducción de los microprocesadores se han desarrollado nuevos instrumentos, más pequeños y livianos, capaces de medir rápidamente distancias de hasta 4 Km con precisión de  $\pm [1\text{mm} + 1\text{ parte por millón (ppm)}]$  en donde  $\pm 1\text{ mm}$  corresponde al error instrumental el cual es independiente de la distancia media.

Los distanciómetros electrónicos se pueden clasificar en

- Generadores de micro ondas (ondas de radio).
- Generadores de ondas luminosas (rayos láser e infrarrojos).

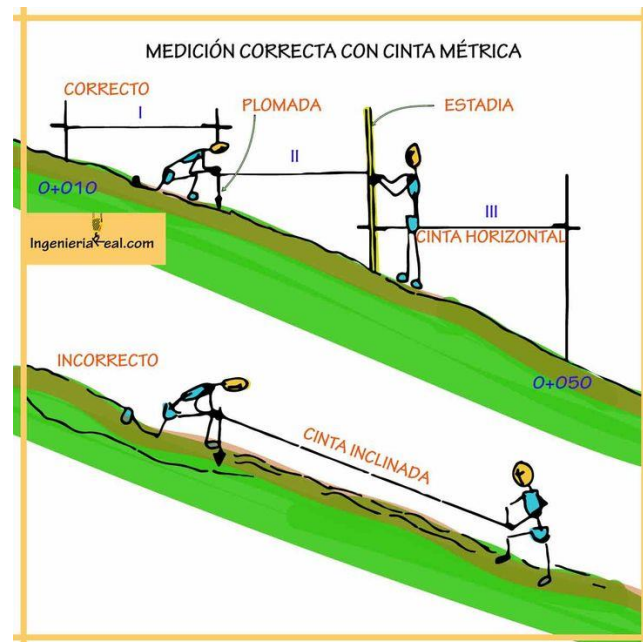
Los distanciómetros de micro ondas requieren transmisores y receptores de onda en ambos extremos de la distancia a medir mientras que los instrumentos basados en la emisión de ondas luminosas requieren un emisor en un extremo y un prisma reflector en el extremo contrario.



Distanciómetros electrónicos de Sokkisha



## 2.3 Práctica de levantamiento planimétrico – altimétrico manual.

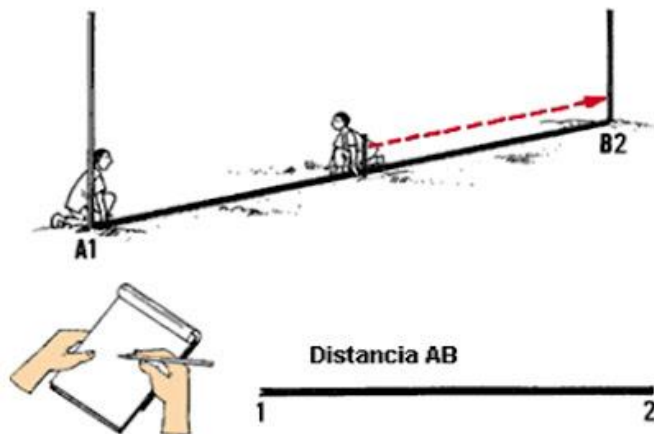


Realizar un reconocimiento previo del área a evaluar.

1. Definir el vértice de origen de la parcela.

2. Establecer los siguientes vértices de la parcela de tal manera que se forme una parcela cuadrada. Para ello, el control del azimut debe buscar formar ángulos de  $90^\circ$ .

3. Se debe medir el azimut de los lados desde ambos vértices que formen cada lado. Al mismo tiempo se mide la distancia de cada lado.



4. Llenar los datos obtenidos siguiendo el modelo de libreta de campo indicado:

**Modelo de libreta de campo**



LADO	AZIMUT	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	OBSERVACIONES
AB				
BC				
CD				
DA				

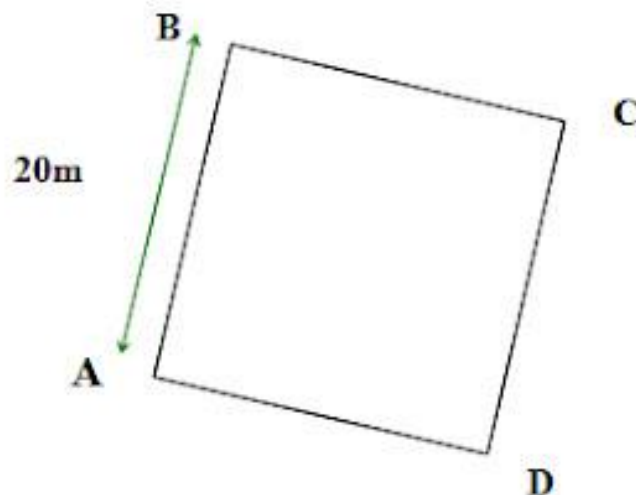
5. Hacer un croquis de la parcela y ubicar los árboles dentro de la parcela.

6. Determinar el error de cierre, el perímetro de la parcela y su superficie.

7. Hacer las conclusiones respectivas.

Resultados

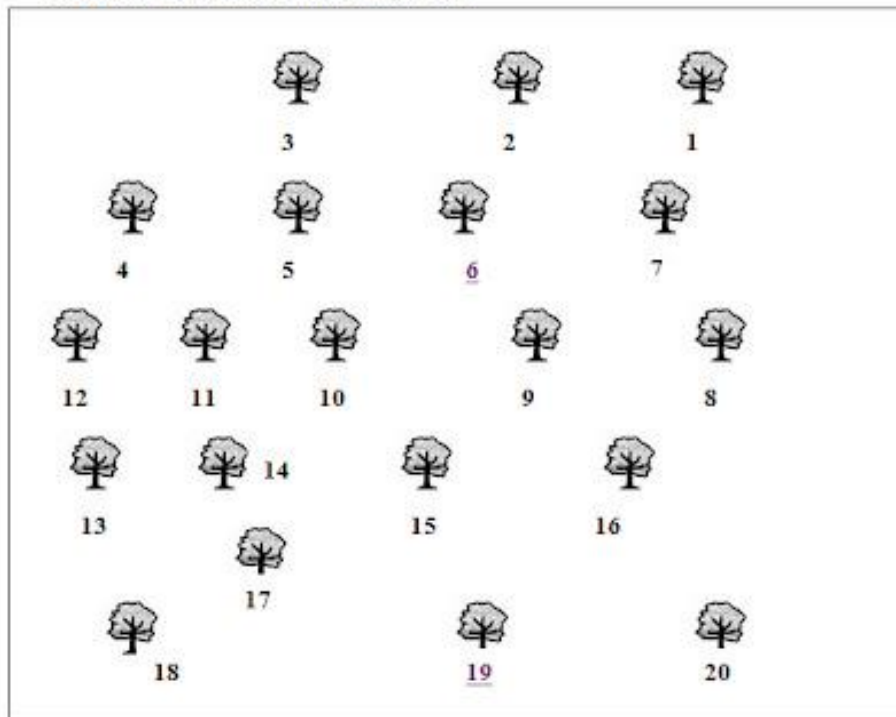
*Croquis de la parcela (Polígono cerrado: Un cuadrado):*



*Dimensiones:*

- **Perímetro:** 20m x 4 lados = 80m.
- **Área:**  $L^2 = (20m)^2 = 400 \text{ m}^2$ .

*Ubicación de árboles dentro de la parcela:*



*6: Árbol trifurcado*

*19: Árbol bifurcado.*

*Cuadro de Resultados:*

LADO	AZIMUT	DISTANCIA (m)	PENDIENTE (%)	OBSERVACIONES
AB	340°	20	2 %	Pendiente hacia arriba respecto al N.R.*
BC	430°- 70°	20	1%	Pendiente hacia abajo respecto al N.R.
CD	520°- 160°	20	2%	Pendiente hacia arriba respecto al N.R.
DA	610°- 250°	20	3%	Pendiente hacia arriba respecto al N.R.

*\*N.R. = nivel de referencia: Altura hasta el ojo de la persona que utilizó el clinómetro.*

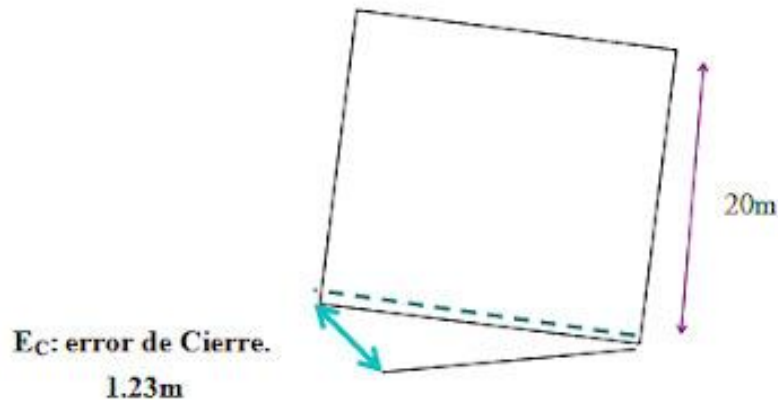
*Azimet del lado AB = 340°.*

*Azimet del lado BC = 340° + 90° = 430° ó 70°.*

*Azimet de lado CD = 430° + 90° = 520° ó 160°.*

*Azimet de lado DA = 520° + 90° = 610° ó 250°.*

*Poligonal después de su levantamiento, con Error de Cierre:*



*Error de Cierre: 1.23m.*

*Tolerancia: 1% (perímetro de parcela) = 1% (80m) = 0.8m = 80cm.*

*Error de cierre fuera de la tolerancia, en: 1.23m-0.80m = 0.43m.*

Error de Cierre: 1.23m.

Tolerancia: 1% (perímetro de parcela) = 1% (80m) = 0.8m = 80cm.

Error de cierre fuera de la tolerancia, en: 1.23m-0.80m = 0.43m.

## 2.4 Estación Total Electrónica.

La incorporación de microprocesadores y distanciómetros electrónicos en los teodolitos electrónicos, ha dado paso a la construcción de las Estaciones Totales.

Con una estación total electrónica se pueden medir distancias verticales y horizontales, ángulos verticales y horizontales; e internamente, con el micro procesador programado, calcular las coordenadas topográficas (norte, este, elevación) de los puntos visados. Estos instrumentos poseen también tarjetas magnéticas para almacenar datos, los cuales pueden ser cargados en el computador y utilizados con el programa de aplicación seleccionado. Muestra la estación total Wild T-1000 con pantalla de cristal líquido, tarjeta de memoria

magnética para la toma de datos y programas de aplicación incorporados para cálculo y replanteo.

Una de las características importantes tanto los teodolitos electrónicos como las estaciones totales, es que pueden medir ángulos horizontales en ambos sentidos y ángulos verticales con el cero en el horizonte o en el zenit.



Estación total Wild T-1000

### Estaciones Robóticas

A principios de los años noventa, Geotronics AB introdujo en el mercado el Geodimeter System 4000, primer modelo de estación total robótica.

El sistema consiste en una estación total con servo motor de rastreo y una unidad de control remoto de posicionamiento que controla la estación total y funciona como emisor y recolector de datos. Tanto la estación como la unidad de control remoto se conectan por medio de ondas de radio, por lo que es posible trabajar en la oscuridad.

Una vez puesta en estación, la estación total es orientada colimando un punto de referencia conocido y por medio de un botón se transfiere el control de la estación a la unidad de control remoto de posicionamiento. A partir de este momento, el operador se puede

desplazar dentro del área de trabajo con la unidad de control remoto recolectando los datos. Las estaciones robóticas vienen con programas de aplicación incorporados, que junto con las características mencionadas previamente, permiten, tanto en los trabajos de levantamiento como en los de replanteo, la operación del sistema por una sola persona.

## 2.5 Accesorios Y Equipos Auxiliares

### Cintas Métricas

Medir una longitud consiste en determinar, por comparación, el número de veces que una unidad patrón es contenida en dicha longitud.

La unidad patrón utilizada en la mayoría de los países del mundo es el metro, definido (después de la Conferencia Internacional de Pesos y Medidas celebrada en París en 1889)

Una cinta métrica es la reproducción de un número determinado de veces (3,5,30,50,100) de la unidad patrón.

En el proceso de medida, las cintas son sometidas a diferentes tensiones y temperaturas, por lo que dependiendo del material con el que han sido construidas, su tamaño original variará.

Por esta razón, las cintas vienen calibradas de fábrica para que a una temperatura, tensión y condiciones de apoyo dadas, su longitud sea igual a la longitud nominal.

Las cintas métricas empleadas en trabajos topográficos deben ser de acero, resistentes a esfuerzos de tensión y a la corrosión. Comúnmente, las cintas métricas vienen en longitudes de 30, 50 y 100 m, con una sección transversal de 8 mm x 0,45 mm para trabajos fuertes en condiciones severas o de 6 mm x 0,30 mm para trabajos en condiciones normales. En cuanto a su graduación para la lectura, las cintas métricas se pueden clasificar en:

Cintas continuas, divididas en toda su longitud en metros, decímetros, centímetros y milímetros como se muestra en la figura.

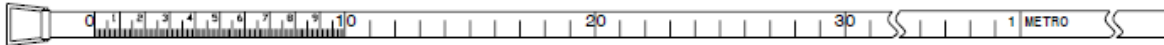
Para medir una distancia AB con cinta continua, se hace coincidir el cero con un extremo

“A” y se toma la lectura de la coincidencia de la graduación con el otro extremo “B” (11,224 m), tal y como se muestra en la figura 2.2.a. Luego la distancia entre A y B es:

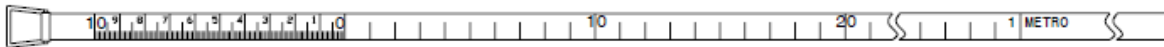
$$D_{AB} = 11,224m$$



*a. Cinta continua*



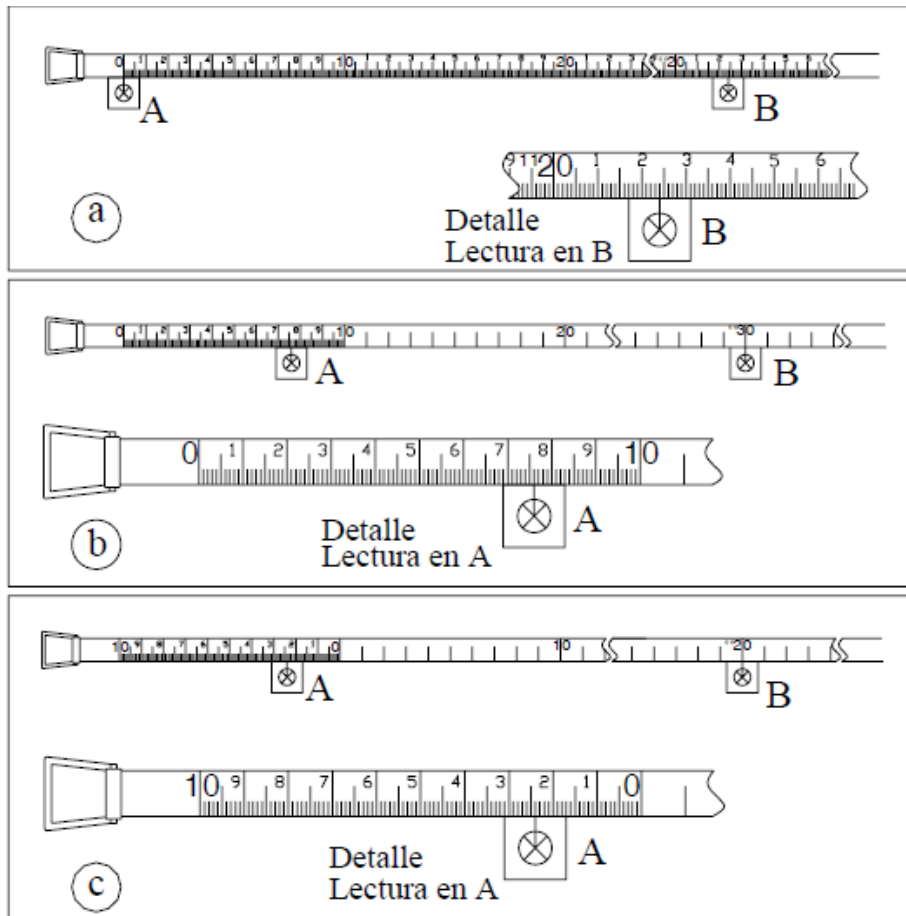
*b. Cinta por defecto*



*c. Cinta por exceso*

Diferentes tipos de cintas





### Mediciones con diferentes tipos de cintas

Cintas por defecto (substracción), divididas al milímetro solamente en el primero y último decímetro, el resto de la longitud está dividido en metros y decímetros, tal y como se muestra en la figura.

Para medir una distancia AB con una cinta por defecto, se hace coincidir el extremo “B” con el decímetro entero superior más próximo a la longitud a medir (11,300 m en la figura, y se toma la lectura en el extremo “A” con el primer decímetro, el cual está dividido en centímetros y milímetros (0,076 m en la figura 2.2.b), luego, la distancia entre AB es:

$$D_{AB} = 11,300 - 0,076 = 11,224m$$

Cintas por exceso, al igual que las cintas por defecto, están divididas en toda su longitud en metros y decímetros, y sólo el último decímetro está dividido en centímetros y milímetros.

Este tipo de cintas posee un decímetro adicional graduado en centímetros y milímetros, colocado anterior al cero de la misma y con graduación creciente en sentido contrario a las graduaciones de la cinta tal y como se muestra en la figura.

Para medir una distancia AB con una cinta por exceso, se hace coincidir el extremo “B” con el decímetro entero inferior mas próximo a la longitud a medir (11,200 m en la figura ), y se toma la lectura en el extremo “A” con el decímetro adicional, dividido en centímetros y milímetros (0,024 m en la figura 2.2.c), luego, la distancia entre AB es:

$$D_{AB} = 11,200 + 0,024 = 11,224m$$

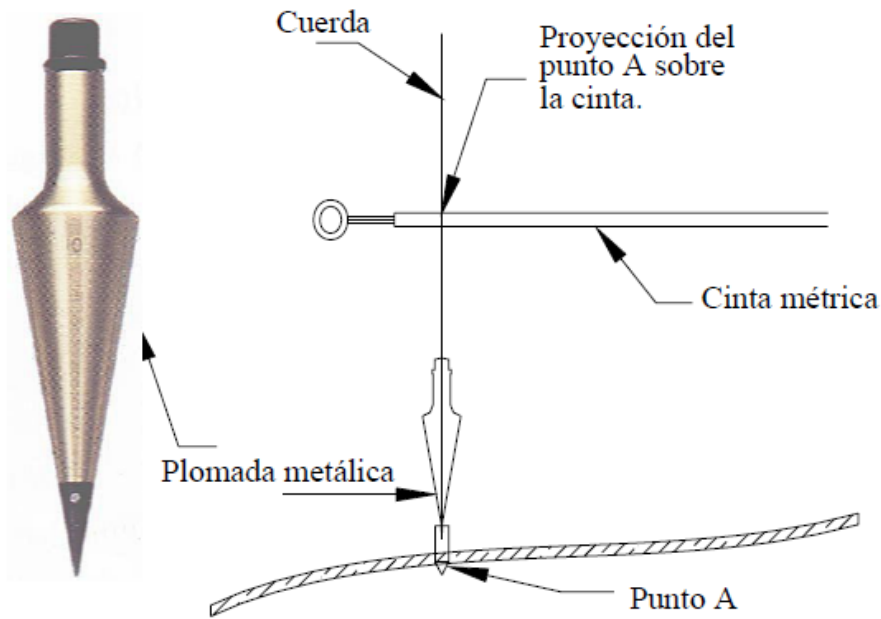
Para poder hacer uso correcto y preciso de las cintas de acero en la determinación de las distancias, es necesario que las medidas se realicen bajo ciertas condiciones ideales de calibración, especificadas estas por los diferentes fabricantes. Generalmente las condiciones ideales para medición con cintas de acero son las siguientes:

- Temperatura de 20°C
- Tensión aplicada a la cinta de 5 Kg. (10 lb)
- Cinta apoyada en toda su extensión

Difícilmente estas condiciones se logran en la medición de distancias, por lo que se hace necesario la utilización de diferentes accesorios, bien sea para hacer cumplir alguna de las condiciones o para medir y estimar la variabilidad de la cinta al ser utilizadas en condiciones diferentes a las ideales.

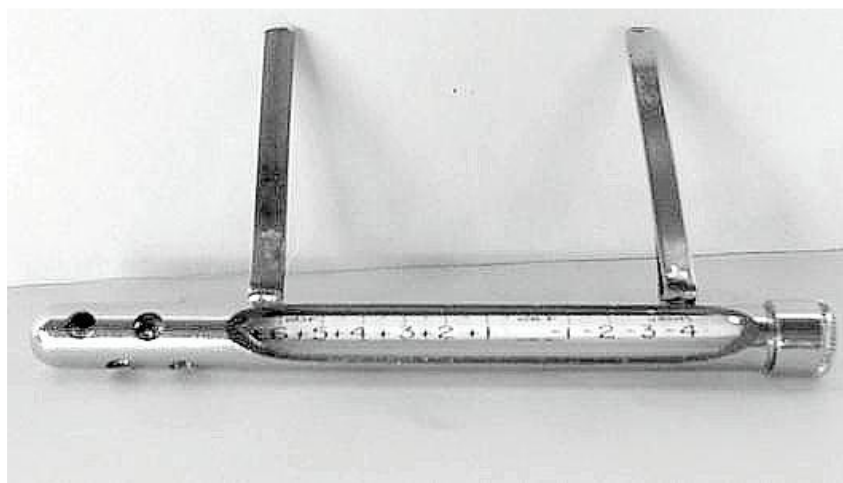
Plomada metálica.

Instrumento con forma de cono, construido generalmente en bronce, con un peso que varía entre 225 y 500 gr, que al dejarse colgar libremente de la cuerda sigue la dirección de la vertical del lugar, por lo que con su auxilio podemos proyectar el punto de terreno sobre la cinta métrica.



Termómetro para cinta

Termómetro. Como se mencionó previamente, las cintas métricas vienen calibradas por los fabricantes, para que a una temperatura y tensión dada su longitud sea igual a la longitud nominal. En el proceso de medida de distancias, las cintas son sometidas a condiciones diferentes de tensión y temperatura, por lo que se hace necesario medir la tensión y temperatura a las cuales se hacen las mediciones para poder aplicar las correcciones correspondientes.



El termómetro utilizado en la medición de distancias con cinta viene graduado en grados centígrados, con lecturas que varían entre  $-40$  a  $+50$  °C de grado en grado, colocado, para su protección, en una estructura metálica de aproximadamente 14 cm de largo, la cual se ajusta a la cinta mediante dos sujetadores.

### Tensiómetro

Tensiómetro. Es un dispositivo que se coloca en el extremo de la cinta para asegurar que la tensión aplicada a la cinta sea igual a la tensión de calibración, evitando de esta manera la corrección por tensión y por catenaria de la distancia medida por tensión y por catenaria de la distancia medida.



### Tensiómetro

Jalones. Son tubos de madera o aluminio, con un diámetro de 2.5 cm y una longitud que varía de 2 a 3 m. Los jalones vienen pintados con franjas alternas rojas y blancas de unos 30 cm y en su parte final poseen una punta de acero.

El jalón se usa como instrumento auxiliar en la medida de distancias, localizando puntos y trazando alineaciones.

Fichas. Son varillas de acero de 30 cm de longitud, con un diámetro  $\phi=1/4$ "', pintados en franjas alternas rojas y blancas. Su parte superior termina en forma de anillo y su parte inferior en forma de punta. Generalmente vienen en juegos de once fichas juntas en un anillo de acero.

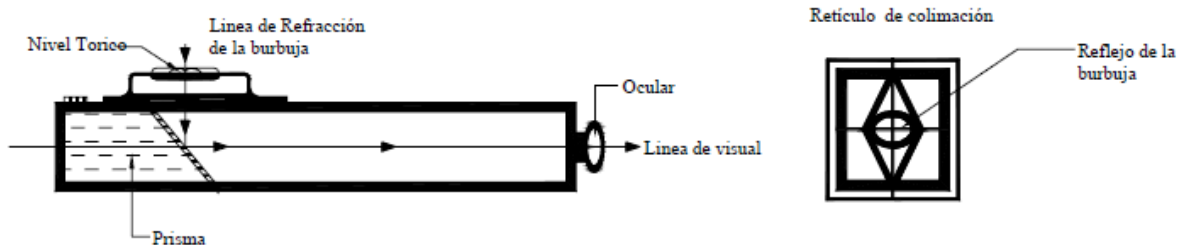
Las fichas se usan en la medición de distancias para marcar las posiciones finales de la cinta y llevar el conteo del número de cintadas enteras que se han efectuado.



### Nivel de mano (nivel Locke)

Es un pequeño nivel tórico, sujeto a un ocular de unos 12 cm de longitud, a través del cual se pueden observar simultáneamente el reflejo de la imagen de la burbuja del nivel y la señal que se esté colimando.

El nivel de mano se utiliza para horizontalizar la cinta métrica y para medir desniveles.

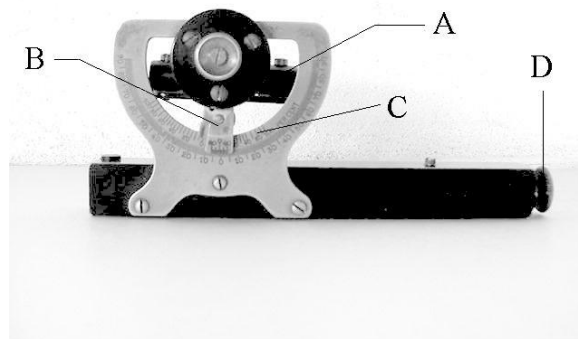


### Nivel de mano Locke

Nivel Abney. El nivel Abney consta de un nivel tórico de doble curvatura [A] sujeto a un nonio [B], el cual puede girar alrededor del centro de un semi círculo graduado [C] fijo al

ocular. Al igual que el nivel Locke, la imagen de la burbuja del nivel tórico se refleja mediante un prisma sobre el campo visual del ocular [D].

Con el nivel Abney se pueden determinar desniveles, horizontalizar la cinta, medir ángulos verticales y pendientes, calcular alturas y lanzar visuales con una pendiente dada



### Escuadras

Son instrumentos topográficos simples que se utilizan en levantamientos de poca precisión para el trazado de alineaciones y perpendiculares



Escuadra de agrimensor (figura a), consta de un cilindro de bronce de unos 7 cm de alto por 7 cm de diámetro, con ranuras a 90° y 45° para el trazado de alineamientos con ángulos de

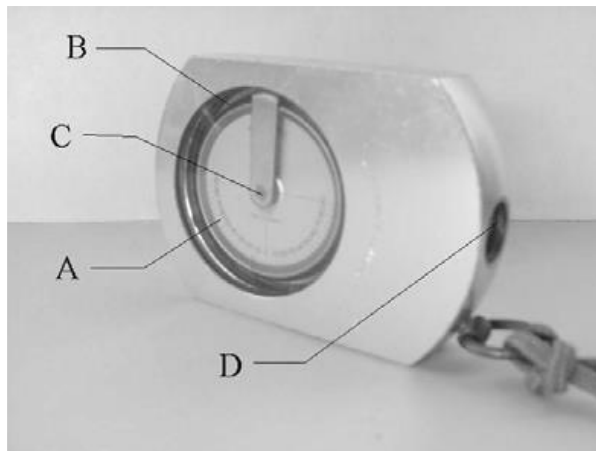
90° y 45° entre sí. El cilindro se apoya sobre un bastón de madera que termina en forma de punta.

Escuadra de prisma (figura b), está constituida por un prisma triangular cuyo ángulo de refracción es de 90°. Puede apoyarse sobre un bastón metálico o utilizarse con plomada.

Escuadra de doble prisma (figura c), consta de dos prismas pentagonales ajustados firmemente entre sí para asegurar visuales perpendiculares. Se utiliza para el trazado de perpendiculares a alineaciones definidas por dos puntos.

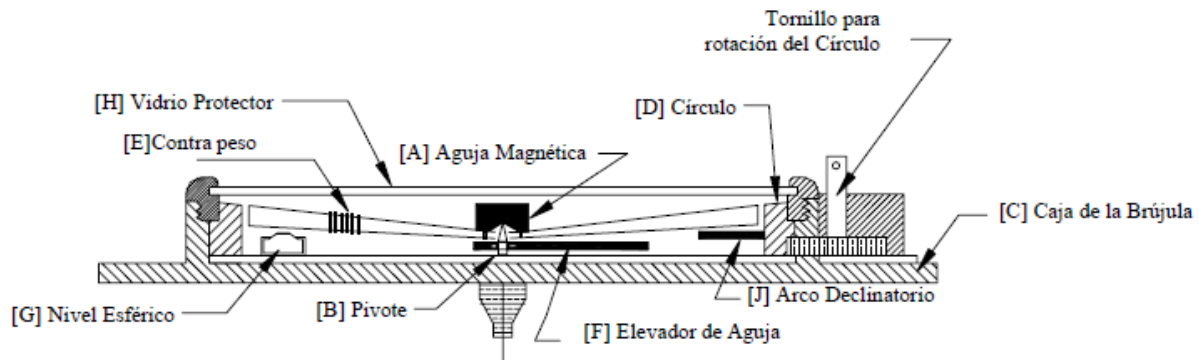
### Clisímetro

Es un instrumento de mano con las mismas funciones del nivel Abney descrito previamente. Consta de un círculo vertical [A] con escala porcentual para medir pendientes y escala angular para medir ángulos verticales. El círculo está inmerso en un líquido especial contenido en un recipiente herméticamente sellado [B] y gira alrededor de un pivote [C]. Las lecturas al círculo se realizan a través de un ocular de lectura [D]. La colimación se verifica por coincidencia de la señal con el retículo de colimación.



### Brújula

Generalmente un instrumento de mano que se utiliza fundamentalmente en la determinación del norte magnético, direcciones y ángulos horizontales. Su aplicación es frecuente en diversas ramas de la ingeniería. Se emplea en reconocimientos preliminares para el trazado de carreteras, levantamientos topográficos, elaboración de mapas geológicos, etc.

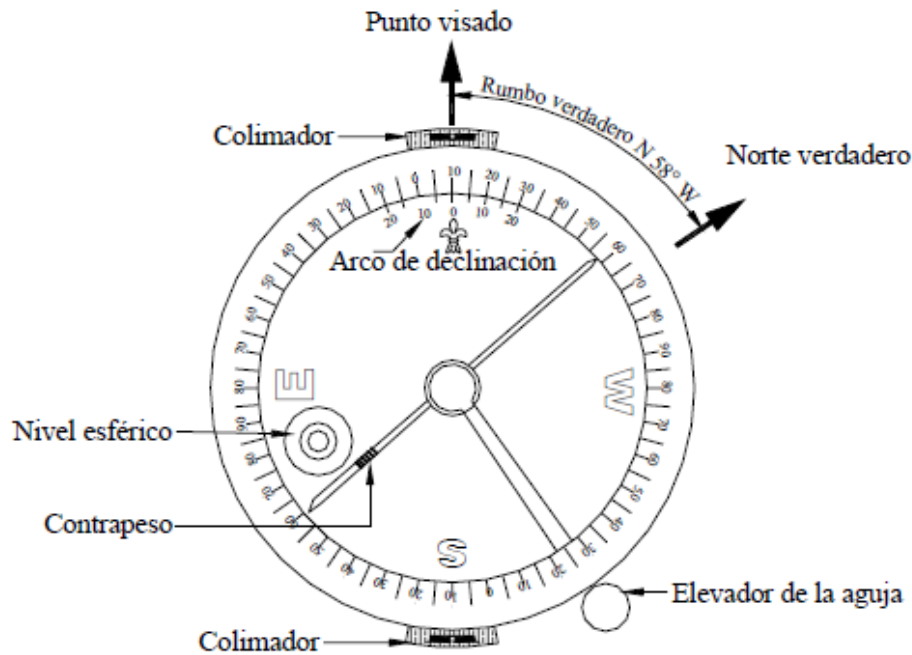


### Corte esquemático de una brújula

La figura muestra el corte esquemático de una brújula. La brújula consiste de una aguja magnética [A] que gira sobre un pivote agudo de acero duro [B] apoyado sobre un soporte cónico ubicado en el centro de la aguja. La aguja magnética está ubicada dentro de una caja [C], la cual, para medir el rumbo, contiene un círculo graduado [D] generalmente dividido en cuadrantes de 0° a 90°, marcando los cuatro puntos cardinales; teniendo en cuenta que debido al movimiento aparente de la aguja los puntos Este y Oeste estén intercambiados.

Algunas brújulas llamadas brújulas azimutales, tienen el círculo horizontal dividido en 360°. Coincidiendo con la alineación norte – sur poseen un dispositivo de colimación





### Brújula Magnética

A objeto de contrarrestar los efectos de la inclinación magnética, la aguja posee un pequeño contrapeso de bronce [E] y su ubicación depende de la latitud del lugar. En zonas localizadas al norte del ecuador, el contrapeso estará ubicado en el lado sur de la aguja, y en zonas localizadas al sur del ecuador el contrapeso estará ubicado en el lado norte de la aguja.

Para proteger el pivote sobre el cual gira la aguja, las brújulas poseen un dispositivo elevador [F] que separa la aguja del pivote cuando las brújulas no están siendo utilizadas. En el interior se ubica un pequeño nivel esférico de burbuja [G]. Un vidrio ubicado en la parte superior de la caja [H] sirve para proteger la aguja, el círculo y el nivel esférico. Para hacer coincidir el eje de rotación de la aguja con la vertical del vértice donde se está efectuando la medida, algunas brújulas se utilizan con plomada [I] y otras se apoyan sobre un bastón de madera.

A fin de corregir la declinación magnética del lugar, algunas brújulas poseen un arco de declinación [J] graduado en grados, cuyo cero coincide con la alineación norte, de manera que conociendo la declinación del lugar, mediante un dispositivo especial, se puede hacer

girar el círculo horizontal hasta hacer coincidir la lectura con el valor de la declinación del lugar; de esta manera, el rumbo medido con la brújula es el rumbo real.

Es importante mencionar, debido a su popularidad, el Teodolito – Brújula Wild T0 por ser un instrumento muy utilizado tanto en la determinación de acimutes magnéticos como en la medición de ángulos en levantamientos de puntos de relleno por taquimetría.

En el capítulo correspondiente a mediciones angulares, se explicará la determinación de rumbos y acimutes mediante el uso de la brújula.

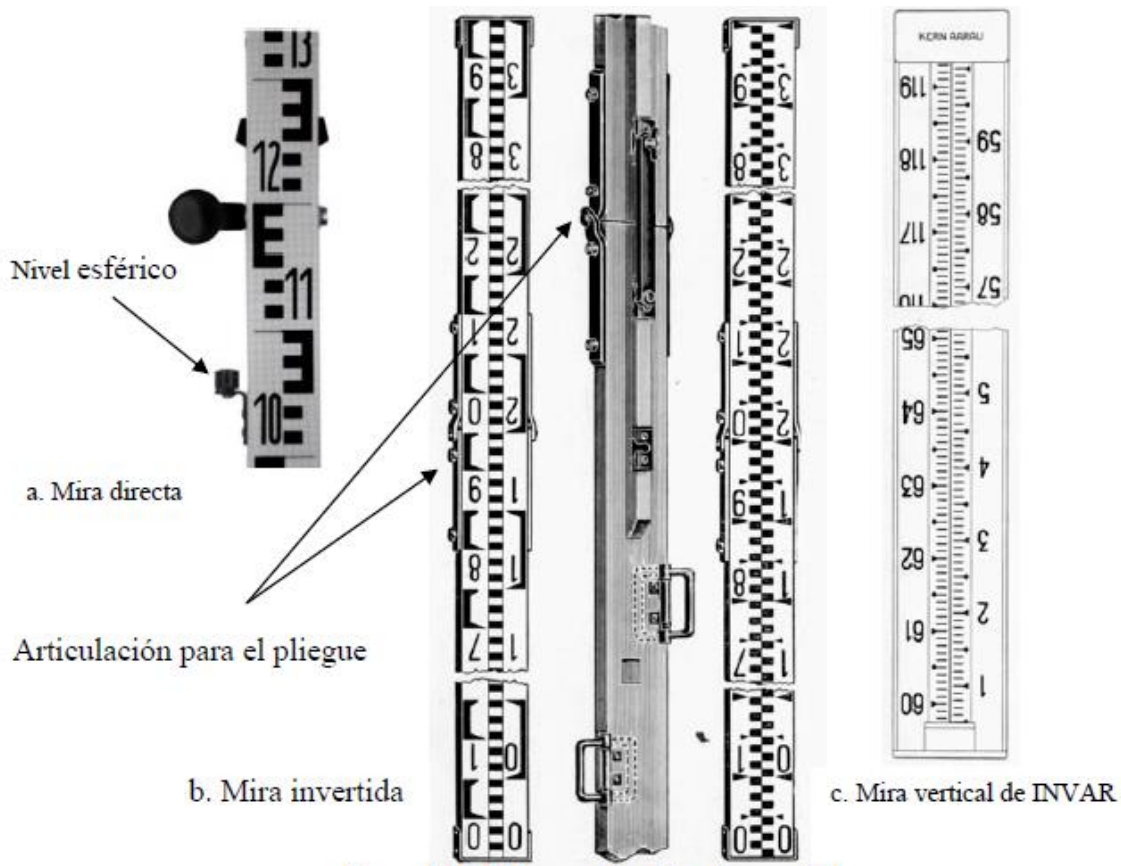
### Miras Verticales

Son reglas graduadas en metros y decímetros, generalmente fabricadas de madera, metal o fibra de vidrio. Usualmente, para trabajos normales, vienen graduadas con precisión de 1 cm y apreciación de 1 mm. Comúnmente, se fabrican con longitud de 4 m divididas en 4 tramos plegables para facilidad de transporte y almacenamiento.

Existen también miras telescópicas de aluminio que facilitan el almacenamiento de las mismas.

A fin de evitar los errores instrumentales que se generan en los puntos de unión de las miras plegables y los errores por dilatación del material, se fabrican miras continuas de una sola pieza, con graduaciones sobre una cinta de material constituido por una aleación de acero y níquel, denominado INVAR por su bajo coeficiente de variación longitudinal, sujeta la cinta a un resorte de tensión que compensa las deformaciones por variación de la temperatura. Estas miras continuas se apoyan sobre un soporte metálico para evitar el deterioro por corrosión producido por el contacto con el terreno y evitar, también, el asentamiento de la mira en las operaciones de nivelación.

Muestra diferentes tipos de miras.

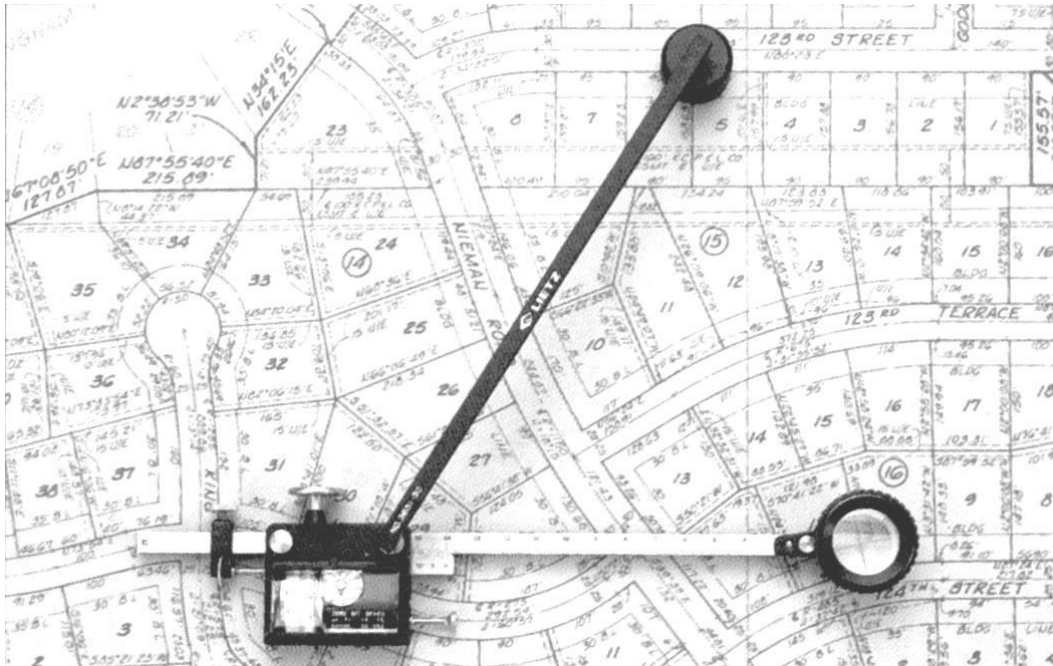


### Diferentes tipos de miras verticales

Las miras verticales se usan en el proceso de nivelación y en la determinación indirecta de distancias. Las miras deben ser verticalizadas con el auxilio de un nivel esférico generalmente sujeto en la parte posterior de la mira.

### Planímetro

Es un instrumento manual utilizado en la determinación del área de figuras planas con forma irregular.



### Planímetro polar mecánico

El planímetro polar, que se muestra en la figura, consta de un brazo trazador con graduación en cm y mm [A] en cuyo extremo va colocado el punto trazador dentro de una lupa [B] que aumenta la imagen del perímetro que se está recorriendo; un brazo polar [C] sujeto en un extremo al anclaje [D] y en su otro extremo un pivote [E]; un vernier [F] para tomar las lecturas del brazo trazador; un disco graduado [G] para contar el número de revoluciones enteras del tambor graduado [H] y un vernier [I] para determinar con mayor precisión una revolución parcial; un dispositivo [J] para colocar en cero las lecturas del tambor y del disco; un calibrador [K] para determinar la constante de proporcionalidad.

El área de una figura cualquiera se determina con el planímetro fijando el anclaje en un punto externo a la figura y recorriendo en sentido horario con el punto trazador su perímetro.

Finalmente, se toman las lecturas del número de revoluciones y se multiplica por la constante de proporcionalidad, la cual depende de la longitud del brazo trazador y de la escala de la figura. La constante de proporcionalidad es suministrada por el fabricante del instrumento o puede ser determinada directamente por comparación.

Una descripción del fundamento teórico del planímetro polar se puede consultar en Kissan

(I Kissan P. (1967). Topografía para Ingenieros. New York: McGraw-Hill. pp. 216-224.)

En la figura 2.16 se muestra un planímetro polar electrónico con pantalla digital donde se puede leer directamente el área de la figura en diferentes unidades.



Planímetro polar digital

## UNIDAD III

### EJECUCIÓN DE MEDICIÓN DE DISTANCIAS Y NIVELES

#### 3.1 Medición directa de distancias

La medición de la distancia entre dos puntos constituye una operación común en todos los trabajos de topografía. El método y los instrumentos seleccionados en la medición de distancias dependerán de la importancia y precisión requeridas.

En estudios de reconocimientos previos, en algunos trabajos geológicos, de agricultura, en localización de puntos o marcas sobre el terreno para operaciones de replanteo, etc., es común medir la distancia con telémetro o por conteo de pasos.

En el proceso de control de demarcaciones sobre el pavimento, determinación de la longitud de una vía construida, etc., es común el uso del odómetro. En levantamientos que requieran mayor precisión, se emplean cintas de acero y distanciómetros electrónicos. En algunos casos especiales, donde se requiere de cierta precisión y rapidez, se utilizan el teodolito y las miras verticales u horizontales como métodos indirectos para la medida de distancias.

#### Distancia Topográfica

Todos los levantamientos topográficos son representados a escala sobre el plano horizontal, por lo que cuando se mide una distancia entre dos puntos sobre la superficie terrestre, ésta debe ser en proyección horizontal.

Si como sabemos, la Tierra puede ser considerada como una esfera, ¿hasta qué punto podemos admitir que la distancia proyectada sobre el plano horizontal es, sin apreciable error, igual a la distancia real? en otras palabras, ¿hasta qué punto, la Tierra puede ser considerada plana?

Para resolver el problema planteado, supongamos, con la ayuda de la figura 3.1., que conocemos la distancia real entre los puntos  $\square AB$ ; la distancia en proyección sobre el plano horizontal tangente en el punto A es la distancia  $AB'$ ; la diferencia entre la distancia en

proyección ( $AB'$ ) y la distancia real  $\overline{AB}$  es el error  $E$  que se comete al considerar la Tierra como plana.

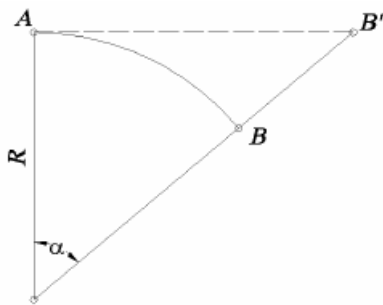


Figura 3.1

De la figura 3.1 tenemos:

$$\overline{AB'} = R \tan \alpha \tag{3.1}$$

en donde:

$R$  = radio de la Tierra = 6.367 km y  $\alpha$ , por definición de radian

$$\alpha = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{\overline{AB}}{R} \tag{3.2}$$

$$E = \overline{AB'} - \overline{AB} \tag{3.3}$$

La tabla 3.1. se calcula aplicando las ecuaciones 3.1, 3.2 y 3.3 para distintos valores de  $\overline{AB}$ .

Tabla 3.1

AB (m)	$\alpha$	AB' m	E(m)	E' (mm/km)	Er	Er
20.000	0°10'48"	20.000,0658	0,0658	3.289	1/304.039	1/300.000
25.000	0°13'30"	25.000,1285	0,1285	5.1392	1/194.584	1/200.000
30.000	0°16'12"	30.000,2220	0,2220	7.4004	1/135.128	1/135.000
35.000	0°18'54"	35.000,3525	0,3525	10.0718	1/99.287	1/100.000
40.000	0°21'36"	40.000,5263	0,5263	13.1564	1/76.009	1/76.000

Considerando que los modernos instrumentos para la medición de distancias nos pueden dar precisiones de hasta 5 mm/km, podríamos tomar 25 km como límite del campo topográfico para la medición de distancias, ya que el error relativo que se comete al considerar al Tierra como plana, es aproximadamente igual a la máxima precisión obtenida.

En la medición de distancias con cinta métrica, en donde la máxima precisión que se puede obtener es alrededor de 1/10.000, se podría aumentar el límite de campo topográfico hasta 30 km, ya que como veremos más adelante, en el capítulo correspondiente a mediciones angulares, el límite del campo topográfico angular es de 30 km.

### Medición de Distancias con Odómetro

El odómetro o rueda de medición (figura 3.2), es una rueda que al girar sobre la superficie del terreno, convierte el número de revoluciones obtenidas en distancia inclinada, la cual puede ser leída directamente sobre un contador o pantalla digital.

A pesar de ser un instrumento rápido y fácil de utilizar, su precisión es limitada, por lo que básicamente se utiliza en el chequeo de distancias realizadas por otros métodos, reconocimientos previos, inventarios viales etc.

La máxima precisión relativa que puede lograrse en la medición de distancias con el odómetro es

1:200 sobre superficies lisas.



*Figura 3.2. Odometros Sokkia*

### Medición de Distancias con Cintas de Acero

La precisión de la medición de distancias con cintas métricas depende de las condiciones de calibración especificadas por el fabricante.



Difícilmente en campo podemos obtener las condiciones de calibración; además, en el proceso de medición se introducen una serie de errores tanto sistemáticos como aleatorios que son inevitables, pero que podemos corregir o reducir al mínimo mediante el empleo de técnicas y equipos adecuados.

Otro tipo de errores, no predecibles en magnitud y por lo tanto difíciles de detectar y corregir, son los errores groseros, los cuales se cometen generalmente por distracción o falta de concentración en el trabajo.

#### Errores Sistemáticos

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Pendiente   | <input type="checkbox"/> Catenaria                |
| <input type="checkbox"/> Graduación  | <input type="checkbox"/> Alineación               |
| <input type="checkbox"/> Temperatura | <input type="checkbox"/> Verticalidad del marcado |
| <input type="checkbox"/> Tensión     |   |
| <input type="checkbox"/> Catenaria   |   |

#### Errores Aleatorios

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Pendiente   | <input type="checkbox"/> Error de lectura                                  |
| <input type="checkbox"/> Temperatura | <input type="checkbox"/> Error de anotación                                |
| <input type="checkbox"/> Tensión     | <input type="checkbox"/> Errores aritméticos al sumar distancias parciales |

Nótese que los errores de pendiente, temperatura, tensión y catenaria aparecen tanto en los errores sistemáticos como en los aleatorios. Esto se debe a que, aunque sean corregidos sistemáticamente, existe la posibilidad de error en la determinación de los parámetros de corrección; por ejemplo, en la medición de la pendiente o de la temperatura.

## Corrección de Errores Sistemáticos.

### Corrección por Pendiente

Como se mencionó previamente, las distancias topográficas son distancias proyectadas sobre el plano horizontal.

En el proceso de medición, dependiendo del tipo de terreno y de la longitud del tramo a medir, la distancia puede ser medida directamente en su proyección horizontal o inclinada paralela a la superficie del terreno tal y como se muestra en la figura 3.4.

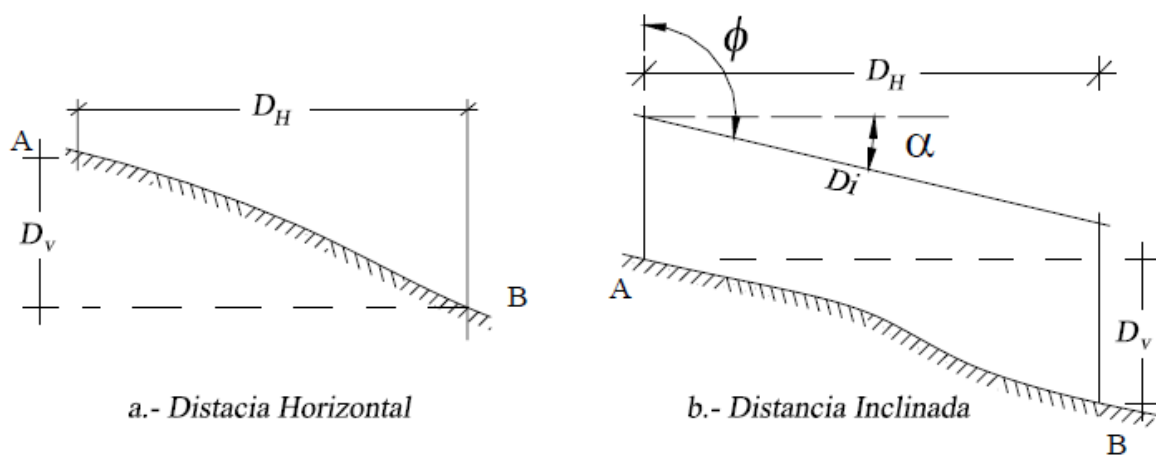


Figura 3.4. Distancia horizontal y Distancia inclinada

Para medir directamente la distancia horizontal, es necesario la utilización de un nivel de mano o nivel locke para chequear la horizontalidad de la cinta.

En el caso de que se mida la distancia inclinada, es necesario medir la inclinación de la cinta o la distancia vertical (desnivel) entre los puntos para calcular la distancia horizontal.

Según la figura 3.4.b., la distancia horizontal puede ser calculada:

$$\left. \begin{aligned} D_H &= D_i \cos \alpha \\ D_H &= D_i \sin \phi \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$

$$D_H = \sqrt{D_i^2 - D_v^2} \quad (3.5)$$

en donde:

$D_H$  = distancia horizontal

$D_i$  = distancia inclinada

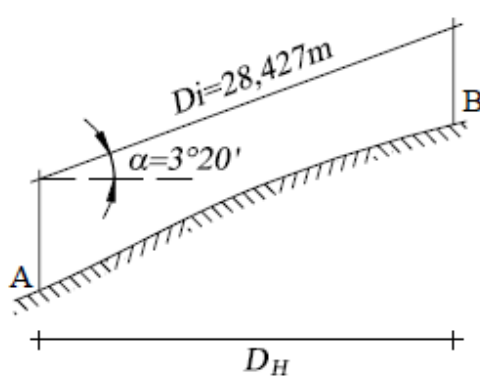
$\alpha$  = ángulo de inclinación de la cinta

$\phi$  = ángulo cenital

$D_v$  = distancia vertical o desnivel

### Ejemplo 3.1

Calcular la distancia horizontal entre los puntos A y B de la figura E3-1 conociendo:



$$\alpha = 3^{\circ}20'$$

$$D_i = 28,427 \text{ m}$$

*Solución*

Aplicando la ecuación 3.4

$$D_H = 28,427 \times \cos(3^{\circ}20') = 28,379 \text{ m}$$

$$D_H = 28,379 \text{ m}$$

*Figura E3-1*

### Ejemplo 3.2

Para la determinación de la distancia horizontal entre dos puntos, se midió una distancia inclinada  $D_i = 24,871$  m y con la ayuda de un clisímetro se determinó que la pendiente de la cinta en el momento de la operación fue del 3,4%. Calcule la distancia horizontal.

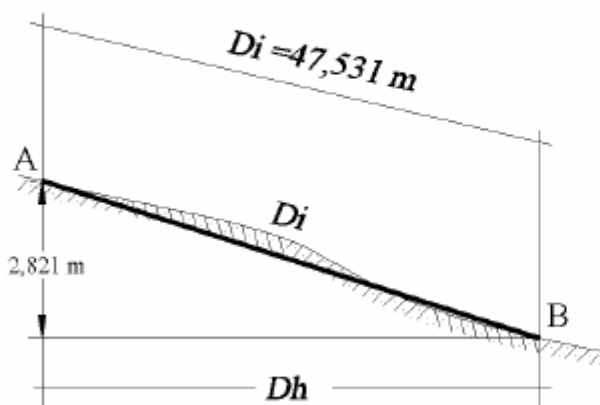
*Solución*

$$p = \tan \alpha = \frac{3,4}{100} \Rightarrow \alpha = 1^{\circ}56'50''$$

$$D_H = 24,871 \times \cos(\alpha) = 24,857 \text{ m}$$

### Ejemplo 3.3

Con los datos de la figura E3-3, calcule la distancia horizontal entre A y B



*Figura E3-3*

*Solución*

Aplicando la ecuación (3.5)

$$D_H = \sqrt{47,531^2 - 2,821^2} = 47,447$$

$$D_H = 47,447 \text{ m}$$

Lógicamente podría pensarse que lo descrito anteriormente es simplemente el proceso de convertir una distancia inclinada a una distancia horizontal; sin embargo, sería interesante preguntarse cuál podría ser la magnitud del error en la determinación de la distancia horizontal cuando el ángulo de inclinación es medido con instrumentos de poca precisión (como el nivel Abney con apreciación de 10 minutos).

Para responder la interrogante planteada, supondremos operaciones de medición con cintas inclinadas 2, 4, 6, 8 y 10°, con errores de 10 minutos en la lectura.

Los cálculos realizados, resumidos en la tabla 3.2, muestran que para mantenernos dentro de las precisiones requeridas al hacer mediciones con el empleo del nivel Abney, el ángulo de inclinación de la cinta no debe superar los cuatro grados.

*Tabla 3.2  
Error Relativo para Diferentes Angulos de Inclinación con Apreciación de  $\pm 10'$*

$\alpha$	2°	4°	6°	8°	10°
Er	1:10000	1:5000	1:3000	1:2500	1:2000

### Medición Óptica de Distancias

#### Con Visual Horizontal

En el proceso de levantamientos topográficos de detalles en donde los puntos de relleno a levantar no requieren de una gran precisión, se utiliza, debido a su sencillez y rapidez, el método óptico de medición de distancias.

En la figura 3.8.a se representa en forma idealizada el sistema óptico de un telescopio con sistema de enfoque interno.

En el retículo del telescopio vienen incorporados un par de hilos distanciométricos horizontales, equidistantes del hilo horizontal central, tal y como se muestra en la figura 3.8.b.

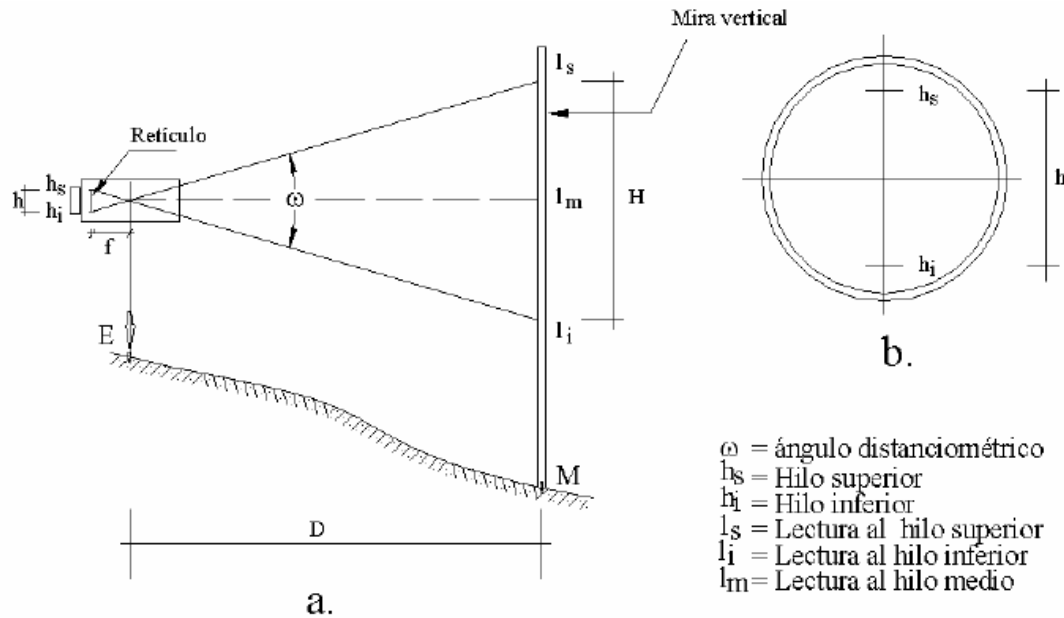


Figura 3.8. Representación idealizada de telescopio con sistema de enfoque interno

De la figura 3.8.a. podemos obtener, por relación de triángulos

$$D = \frac{f}{h} \cdot H \quad (3.13)$$

siendo:

$D$  = distancia entre el punto de estación "E" y "M" el punto de mira

$f$  = distancia focal (constante)

$h$  = separación entre el retículo superior y el inferior constante

$H$  = distancia de mira interceptada por los retículos

$H = l_s - l_i$

La relación  $f/h$  es la constante distanciométrica  $K$ , con un valor generalmente de 100 para facilitar el cálculo de la distancia.

$$K = \frac{f}{h} = \frac{1}{2 \tan \frac{\omega}{2}} = 100 \quad (3.14)$$

Sustituyendo la (3.14) en la (3.13)

$$\begin{aligned} D &= KH \\ D &= 100.H \end{aligned} \quad (3.15)$$

Reemplazando el valor de  $H$

$$D = 100 (l_s - l_i) \quad (3.16)$$

Las ecuaciones (3.15) y (3.16) se utilizan en el cálculo de distancias con telescopios con sistema de enfoque interno y eje de colimación horizontal.

Para telescopios más antiguos, en donde el foco del objetivo no coincide con el centro del telescopio, es necesario tomar en cuenta la distancia constante entre el foco y el centro del instrumento, conocida como constante aditiva.

### Con Visual Inclinada

En terrenos con pendiente, se hace necesario inclinar el telescopio un ángulo  $\alpha$  con respecto a la horizontal.

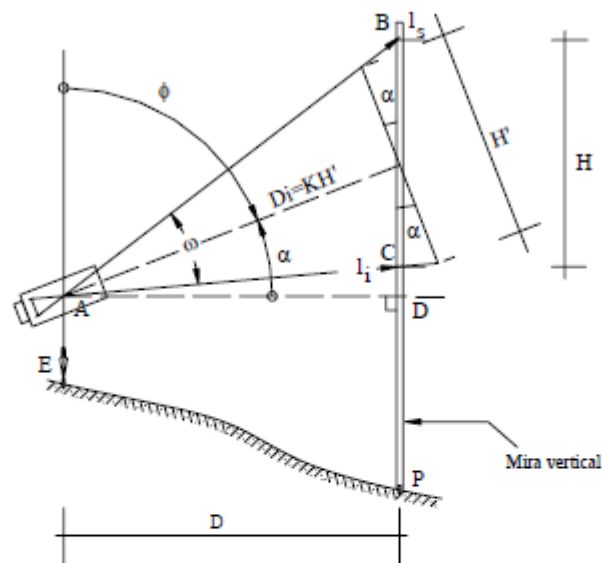


Figura 3.9. Medición óptica de distancia con lente inclinada

Calculando la distancia horizontal a partir de la figura 3.9 se tiene

$$D = AC \cdot \cos\left(\alpha - \frac{w}{2}\right) \quad (3.17)$$

Del triángulo ABC

$$\frac{AC}{\sin\left[90 - \left(\alpha + \frac{w}{2}\right)\right]} = \frac{H}{\sin w}$$

$$AC = \frac{H}{\text{sen } w} \cdot \cos\left(\alpha + \frac{w}{2}\right) \quad (3.18)$$

Reemplazando (3.18) en (3.17)

$$D = \frac{H}{\text{sen } w} \cdot \cos\left(\alpha + \frac{w}{2}\right) \cdot \cos\left(\alpha - \frac{w}{2}\right) = H \left[ \cos^2 \alpha \cdot \frac{\cos^2 \frac{w}{2}}{\text{sen } w} - \text{sen}^2 \alpha \cdot \frac{\text{sen}^2 \frac{w}{2}}{\text{sen } w} \right] =$$

$$D = H \left[ \frac{\cos^2 \alpha}{2 \text{tg} \frac{w}{2}} - \frac{\text{sen}^2 \alpha \cdot \tan \frac{w}{2}}{2} \right] \quad (3.19)$$

Recordando que

$$K = 1/2 \tan(w/2) \quad (3.14)$$

$$D = KH \cos^2 \alpha - \frac{H}{4K} \cdot \text{sen}^2 \alpha \quad (3.20)$$

La ecuación (3.20) nos da la distancia horizontal tomada con un telescopio inclinado un ángulo  $\alpha$  con respecto a la horizontal.

Analizando el último término de la ecuación (3.20) para valores máximos de H y  $\alpha$ , y para  $K=100$ .

Hmax = 4 m (altura de la mira vertical)

K = 100 para la mayoría de los instrumentos modernos

$\alpha_{\text{max}} = \pm 45^\circ$



tenemos

$$\frac{4}{4 \times 100} \cdot \text{sen}^2 45^\circ = 0,005m$$

valor despreciable que nos permite simplificar la (3.20)

$$D = KH \cos^2 \alpha \quad (3.21)$$

$$D = 100(l_s - l_i) \cdot \cos^2 \alpha$$

Para teodolitos que miden ángulos cenitales ( $\phi$ ), el valor de la distancia horizontal se calcula mediante la ecuación.

$$D = KH \text{sen}^2 \phi$$

$$D = 100(l_s - l_i) \cdot \text{sen}^2 \phi \quad (3.22)$$

### Medición de Distancias con Distanció metros Electrónicos

Correspondiente a instrumentos topográficos, los distanciómetros electrónicos utilizan microondas u ondas luminosas para la determinación de distancias.

Los distanciómetros de microondas (ondas de radio) requieren en ambos extremos de emisores y receptores de onda, mientras que los distanciómetros de ondas luminosas (rayos láser y rayos infrarrojos) requieren de un emisor en un extremo y un reflector o prisma en el extremo opuesto.

Los distanciómetros electrónicos determinan la distancia en términos del número de ondas, moduladas con frecuencia y longitud de onda conocida, que caben entre el emisor y el receptor en ambos sentidos.

Con la ayuda de las figuras 3.11 y 3.12 describiremos los parámetros involucrados en la medición electrónica de distancias.

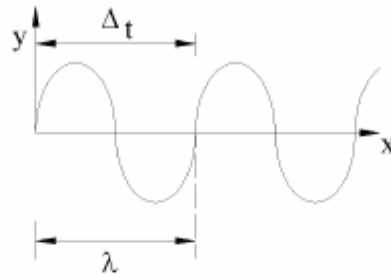


Figura 3.11. Representación de una onda luminosa

$$\lambda = \frac{V}{f} \quad (3.26)$$

siendo:

$\lambda$  = longitud de onda en m

$V$  = velocidad en km/s

$f$  = frecuencia o tiempo en completar una longitud de onda, en hertz (1 ciclo/s)

Como por lo general, el número de ondas entre el emisor y el receptor no es un número entero, la distancia  $D$  vendrá dada por:

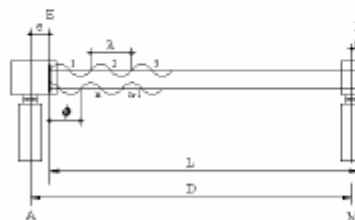
$$D = \frac{n\lambda + \phi}{2} \quad (3.27)$$

en donde:

$D$  = distancia a medir, en m

$n$  = número entero de ondas entre el emisor y el receptor medido en ambos sentidos

$\phi$  = longitud parcial de onda, o diferencia de fase, en m.



- A = Estación del distanciómetro.
- M = Estación del prisma.
- E = Plano interno de referencia del distanciómetro para la comparación de fases entre la onda transmitida y la onda recibida.
- M = Plano reflector de referencia para la onda emitida por el distanciómetro.
- e = Excentricidad del plano de referencia, constante positiva.
- r = Excentricidad del plano del prisma reflector, constante positiva.
- $\lambda$  = Longitud de la onda modulada
- $\phi$  = Diferencia de la onda modulada

Figura 3.12. Medición de distancias con distanciómetro electrónico

La diferencia de fase se determina midiendo el tiempo de demora de fase necesario para hacer coincidir exactamente las ondas en ambos recorridos.

## Correcciones Atmosféricas

La velocidad de la onda ( $V$ ) varía de acuerdo a las condiciones atmosféricas según la siguiente ecuación:

$$V = \frac{V_0}{n} \quad (3.28)$$

en donde:

$V$  = velocidad de la luz en condiciones atmosféricas prevalecientes, en km/s

$V_0$  = velocidad de la luz en el vacío ( $V_0 = 299.792,5$  km/s)

$n$  = índice de refracción ( $n > 1$ )

Los valores del índice de refracción para condiciones normales ( $0^\circ\text{C}$ ,  $760$  mmHg y  $0,03$   $\text{CO}_2$ ) y para condiciones prevalecientes pueden ser calculados utilizando las ecuaciones de Barrel y Sears<sup>4</sup>.

$$n_s = 1 + \left( 287,604 + \frac{4,8864}{\lambda^2} + \frac{0,068}{\lambda^4} \right) 10^{-6} \quad (3.29)$$

en donde:

$n_s$  = índice de refracción para condiciones normales

$\lambda$  = longitud de onda de la onda luminosa transportadora en micrometros ( $\mu\text{m}$ )

y para condiciones prevalecientes, el valor del índice de refracción viene dado por la ecuación 3.30.

$$n = 1 + \frac{0,35947(n_s - 1)p}{273,2 + t} \quad (3.30)$$

siendo:

$p$  = presión atmosférica, en mmHg

$t$  = temperatura, en  $^\circ\text{C}$

En distanciómetros de microondas, se debe tomar en cuenta el efecto de la presión de vapor ( $e$ ).

$$(n - 1)10^6 = \frac{103,49}{273,2 + t}(p - e) + \frac{86,26}{273 + t} \left( 1 + \frac{5,748}{273 + t} \right) \quad (3.31)$$

4 Citado por Barry F. Kavanagh, S.J. (1989). Glenn Bird. *Surveying Principles and Applications*. Prentice Hall,

Englewood Cliffs, New Jersey, 2 Ed., pp. 222, 223.

Los distanciómetros electrónicos modernos, con microprocesadores incorporados, automáticamente calculan las correcciones atmosféricas tomando en cuenta la presión atmosférica y la temperatura.

## 3.2 Corrección de mediciones por distancias

### Corrección por Graduación

Por diferentes razones, como por ejemplo la calidad de la cinta, errores de graduación o separación entre marcas, o simplemente variación de la longitud original de la cinta debido al uso o reparaciones efectuadas a la cinta, la longitud original o nominal de la cinta no coincide con la longitud actual de la misma, generando por lo tanto errores en la medición de distancias.

Para corregir estos errores, es necesario que la cinta sea comparada con una distancia patrón, medida con precisión sobre una base de longitud igual a la longitud de la cinta y bajo las condiciones normales especificadas por el fabricante.

La longitud actual de cinta puede ser mayor o menor que el valor nominal de la misma, por lo que en la operación de medir una distancia en el campo la corrección puede ser positiva o negativa respectivamente.

En operaciones de replanteo con cintas no estándar, las correcciones son de signo contrario a las de medición.

La corrección por graduación es lineal y se calcula por medio de la ecuación 3.6.

$$Cg = \frac{La - Ln}{Ln} \cdot D \quad (3.6)$$

$$Dc = D \pm Cg \quad (3.7)$$

En donde:

*Cg = corrección por graduación*  
*La = longitud actual de la cinta*  
*Ln = longitud nominal de la cinta*  
*D = distancia medida*  
*Dc = distancia corregida*

### Corrección por Temperatura

Recordemos, de los cursos de física, que los materiales al ser sometidos a cambios de temperatura, experimentan un cambio en sus dimensiones.

Se define como dilatación lineal a la variación de longitud que experimenta un cuerpo al ser sometido a una variación de temperatura.

La variación lineal es directamente proporcional a la longitud inicial y a la variación de la temperatura.

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t \quad (3.8)$$

Donde:

*$\Delta l$  = variación lineal (corrección por temperatura)*  
*L = longitud de la medida*  
 *$\Delta t$  = variación de la temperatura en °C*  
 *$\alpha$  = coeficiente de dilatación lineal (variación de la longitud por unidad de longitud para un  $\Delta t$  igual a un grado)*  
*Para el acero  $\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$*

Como sabemos, las cintas de acero vienen normalizadas por los fabricantes para medir la longitud nominal a la temperatura de calibración, generalmente de 20°C.

Por lo general, en la medición de distancias la temperatura a la cual se realiza la medición es distinta a la temperatura de calibración, siendo necesario hacer correcciones por temperatura.

La ecuación 3.8 puede ser escrita de la siguiente manera:

$$C_t = \alpha \cdot (t - t_c) \cdot L \quad (3.9)$$

Siendo:

$C_t$  = corrección por temperatura en m  
 $t$  = temperatura de la cinta en el momento de la medición  
 $t_c$  = temperatura de calibración en °C

### Corrección por Tensión

Cuando una cinta de acero es sometida a una tensión distinta a la tensión de calibración ésta se alarga o acorta según la tensión sea mayor o menor a la tensión de calibración.

El cambio de longitud de una cinta sometida a tensiones distintas a la tensión de calibración se puede calcular mediante la aplicación de la ley de Hooke, expresada por la siguiente ecuación:

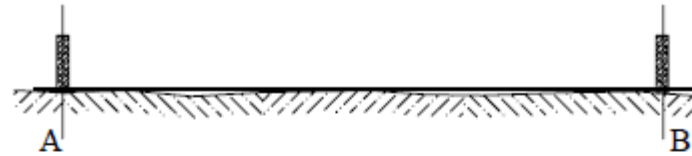
$$C_T = \frac{(T - T_c)}{AE} \cdot L \quad (3.10)$$

En donde:

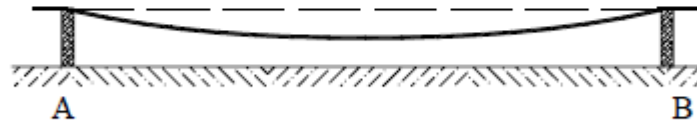
$T$  = tensión aplicada a la cinta al momento de la medición, en kg  
 $T_c$  = tensión de calibración en kg  
 $L$  = longitud de la medida en m  
 $A$  = área de la sección transversal en  $cm^2$   
 $E$  = módulo de elasticidad de Young. Para el acero  $E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

### Corrección por Catenaria

Una cinta sostenida solamente en sus extremos describe, debido a su propio peso, una curva o catenaria que introduce un error positivo en la medición de la distancia.



a.- Cinta apoyada en toda su longitud



b.- Cinta apoyada en sus extremos

*Figura 3.5*

Observando la figura 3.5. Podemos darnos cuenta que medir una distancia con una cinta apoyada solamente en sus extremos, dará un valor erróneo mayor que al medirla con una cinta apoyada en toda su extensión, debido a que la longitud de la cuerda es menor que la longitud del arco.

La corrección por catenaria se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C_c = \frac{-w^2 L^3}{24T^2} \quad (3.11)$$

en donde:

$C_c$  = corrección por catenaria

$w$  = peso de la cinta por unidad de longitud en kg/m

$L$  = longitud de la medida en m

$T$  = tensión aplicada a la cinta en el momento de la medida en Kg.

Algunas personas prefieren calcular la tensión que debe aplicarse en el momento de tomar la medida para compensar los errores de tensión y catenaria. Esta tensión se conoce como tensión normal ( $T_n$ ).

### 3.3 Medición de niveles

Al mismo tiempo que el trazo, se lleva a cabo la colocación de los puntos de nivelación, es decir la fijación de los niveles o cotas de los pisos terminado de todas las superficies que tengan relación con la planta baja de los edificios.

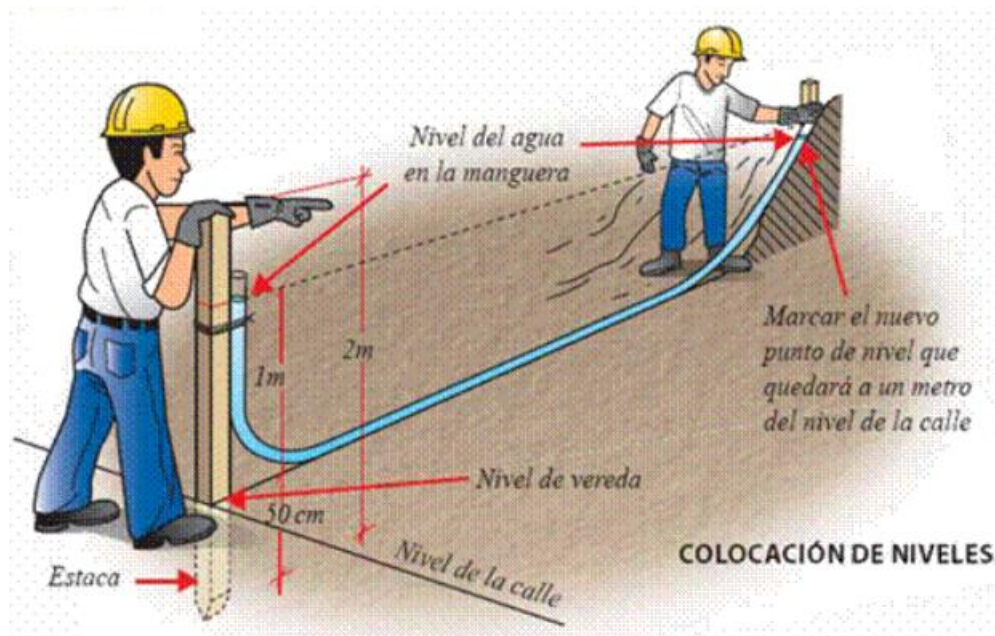
Para ello se asigna como nivel 0.00 generalmente a la vereda más próxima del edificio a partir del nivel  $+0.00$  los niveles más altos se designan con el signo  $+$  por ejemplo  $+0.50\text{m}$ . los nivel más bajos con el signo  $-$  por ejemplo  $-1.20\text{m}$ ; así, en viviendas y por lo menos el piso terminado del primer piso va a  $0.15\text{m}$  sobre la vereda, es decir, que tiene un nivel  $+0.15\text{m}$ . y si el garaje esta  $0.40$  más bajo que la vereda, su nivel es  $-0.40\text{m}$ .

Una vez determinada la cota del piso terminado del primer piso, la relación al nivel  $\pm 0.00$  es necesario marcar en diversos lugares de la obra, pues se acostumbra tomar todas las mediadas verticales a partir del piso terminado del primer piso tomado como referencia, pero generalmente es difícil marcar el nivel del primer piso de la primera planta porque lo impiden los montículos de tierra de la excavación u otros obstáculos; por esta razón se marca más bien la altura de  $1.00\text{m}$  sobre el piso terminado del primer piso en todo el contorno de la obra y finalmente sirve de referencia a toda la nivelación.

Cuando el trazo sea efectuado con vallas aisladas o corridas, para marcar la línea horizontal del nivel  $1.00$  sobre el piso terminado del primer piso, se clava a las vallas reglas de suficiente altura, donde se marca con claridad dicho nivel; luego se pasa la marca a los muros y columnas cuando hayan sido levantadas y de estos se siguen marcando en los pisos superiores.

Cuando los ejes están pintados en edificaciones contiguas, se marcan nivel  $1.00$  y luego se dibuja un círculo que se divide en cuatro sectores pintándose dos sectores opuestos, uno arriba y otro abajo se nota la línea vertical que corresponde al eje y la línea horizontal que corresponde al nivel  $1.00\text{m}$  sobre el primer piso terminado.



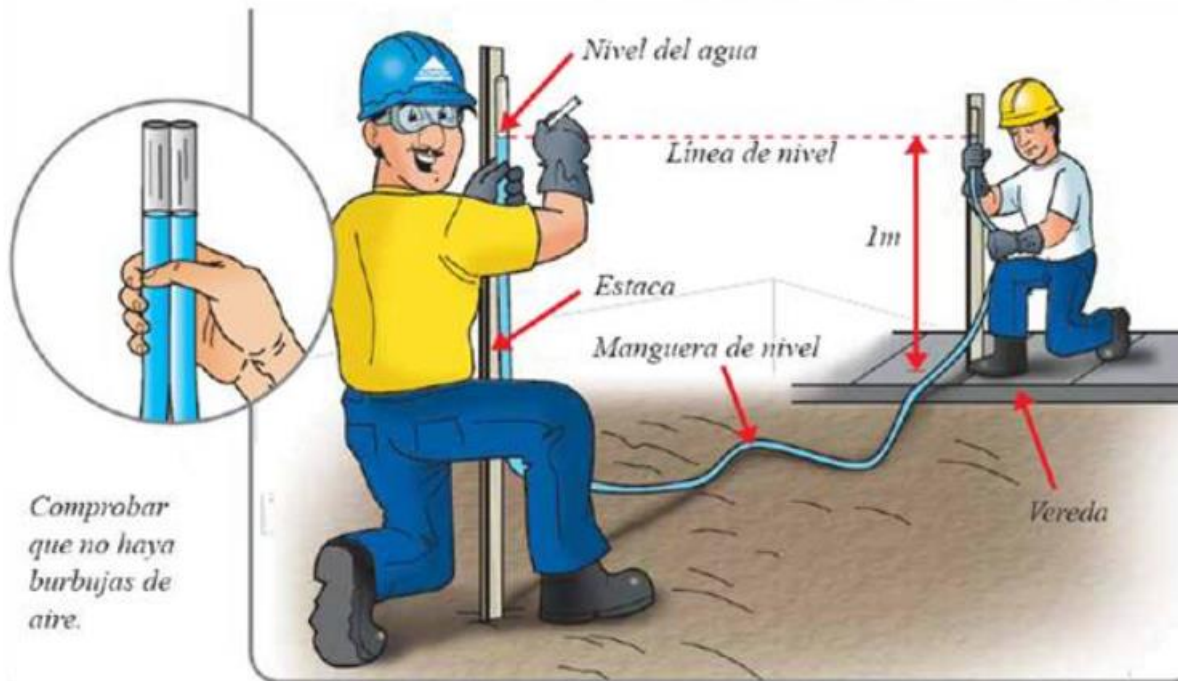


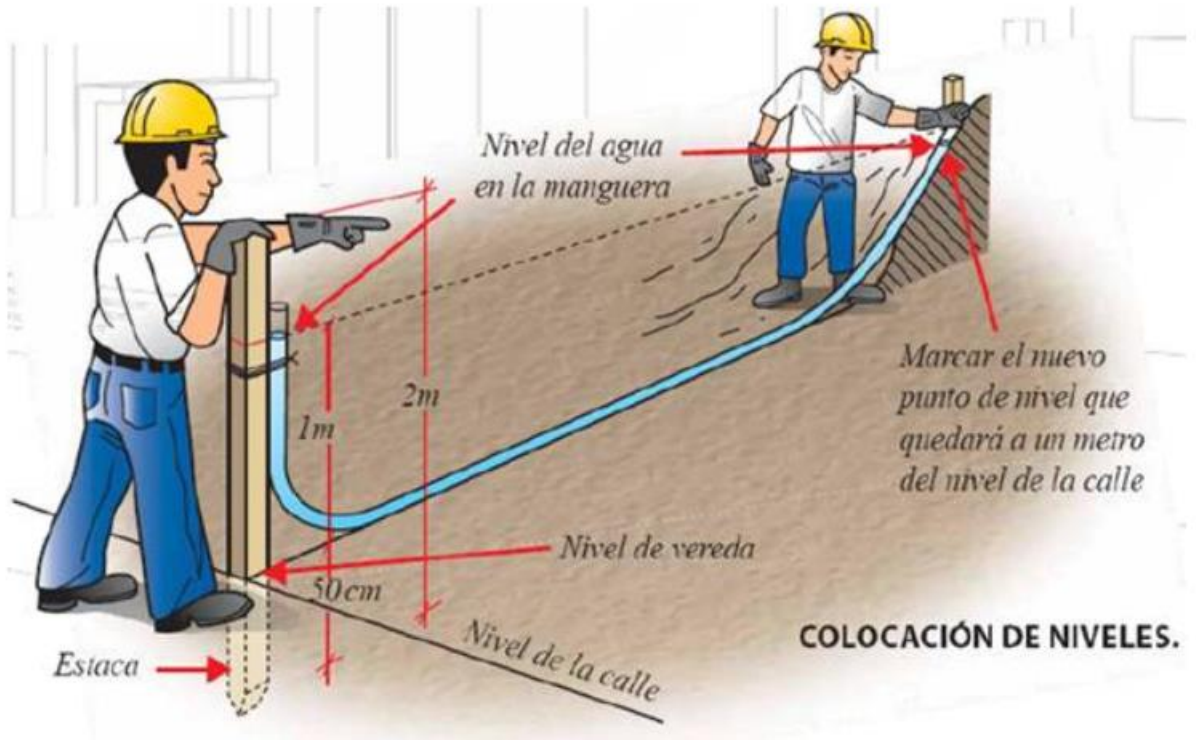
### Marcar Niveles

Es una operación que consiste en marcar una altura de referencia, generalmente 1 m respecto al nivel de la vereda. Este procedimiento se realiza sobre muros, columnas o estacas, para lo cual se emplea una manguera transparente llena de agua, que funciona mediante el principio de vasos comunicantes. Según este principio, el agua siempre busca estabilizar su nivel, así podemos trasladar una misma altura a los lugares donde se necesite.

Antes de comenzar a marcar niveles, se debe verificar que en la manguera con agua no hayan quedado burbujas de aire atrapadas. Para lograrlo, se juntan ambos extremos de la manguera y se comprueba que el agua quede a la misma altura. Posteriormente, se coloca un extremo de la manguera sobre la altura de referencia y el otro extremo en el lugar donde se necesite marcar el nuevo punto.

Este punto recién se podrá marcar, cuando en el otro extremo el nivel del agua coincida con la altura de referencia, es decir, cuando el agua ya no se mueva.





## UNIDAD IV

### EJECUCIÓN DE MEDICIÓN DE DISTANCIAS Y NIVELES ELECTRÓNICAS

#### 4.1 Medición electrónica de distancias y niveles.

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.

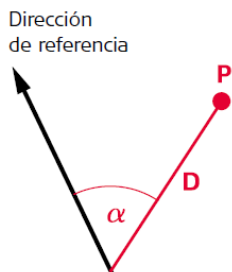
Las estaciones totales de Leica cuentan con un programa integrado que permite llevar a cabo la mayoría de las tareas topográficas en forma sencilla, rápida y óptima. Los programas más importantes se describirán posteriormente en este documento.

## Coordenadas

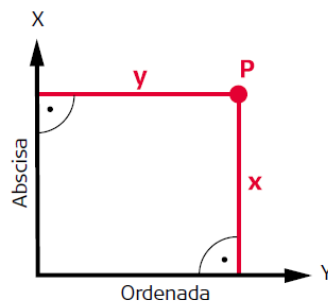
La posición de un punto se determina mediante un par de coordenadas. Las coordenadas polares se determinan mediante una línea y un ángulo, mientras que las coordenadas cartesianas requieren de dos líneas en un sistema ortogonal.

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, α  
datos necesarios:  
x, y

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

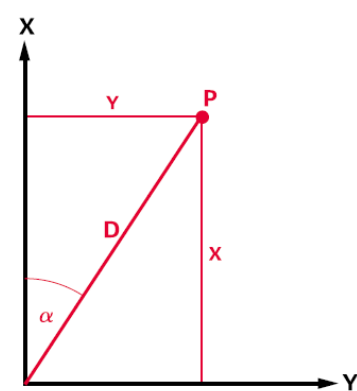
$$x = D \times \cos \alpha$$

Datos conocidos:  
x, y  
Datos necesarios:  
D, α

$$D = \sqrt{y^2 + x^2}$$

$$\sin \alpha = y/D \quad \text{o}$$

$$\cos \alpha = x/D$$



## Medición de ángulos

Un ángulo representa la diferencia entre dos direcciones.

El ángulo horizontal a 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.

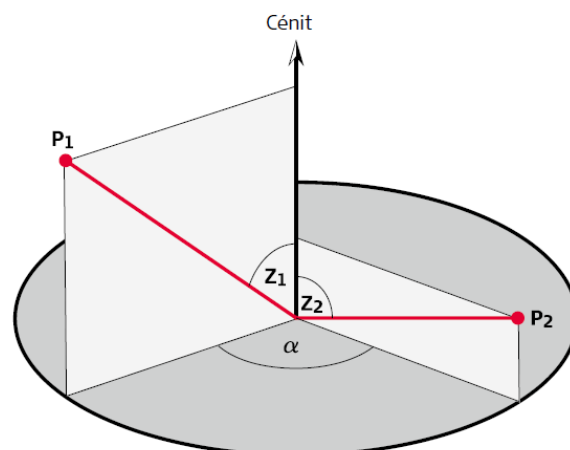
El ángulo vertical (también denominado ángulo cenital) es la diferencia que existe entre una dirección preestablecida (conociendo la dirección del cenit) y la dirección del punto en cuestión.

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  $P_2$

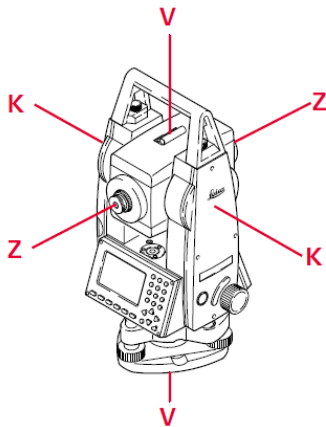
$\alpha$  = ángulo horizontal entre las dos direcciones hacia los puntos  $P_1$  y  $P_2$ , es decir, es el ángulo que existe entre los dos planos verticales que se forman al prolongar la perpendicular de  $P_1$  y  $P_2$  respectivamente.



## Errores instrumentales en una estación total

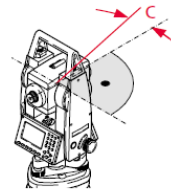
En forma ideal, la estación total debe cubrir los siguientes requisitos:

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



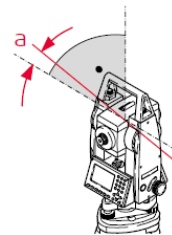
En caso de que estas condiciones no se cumplan, se emplean los siguientes términos para describir cada error en particular:

- 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)

- 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)

## PARTES Y ACCESORIOS

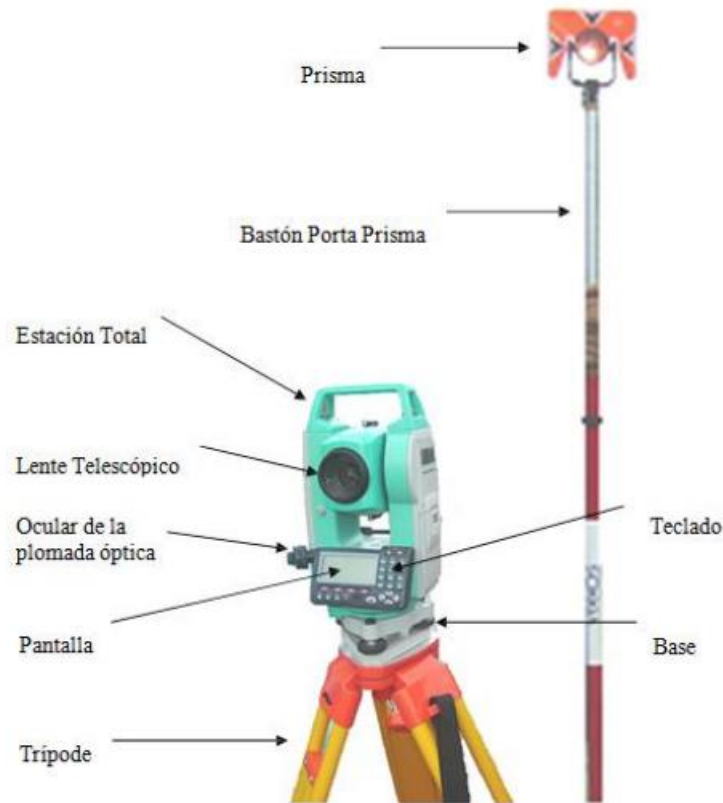
---

El aparato completo está formado por varias partes indispensables y accesorios para su correcto desempeño. Cada parte o accesorio cumple con una función específica que el técnico debe conocer. Las partes indispensables son:

TRIPODE:	Es la estructura sobre la que se monta el aparato en el terreno.
BASE NIVELADORA:	Es una plataforma que usualmente va enganchada al aparato, sirve para acoplar la Estación Total sobre el Trípode y para nivelarla horizontalmente. Posee 3 tornillos de nivelación y un nivel circular.
ESTACION TOTAL:	Es el aparato como tal, y básicamente esta formado por un lente telescópico con objetivo laser, un teclado, una pantalla y un procesador interno para cálculo y almacenamiento de datos. Funciona con baterías de litio recargables.
PRISMA:	Es conocido como objetivo (target) que al ubicarse sobre un punto desconocido y ser observado por la Estación Total capta el laser y hace que rebote de regreso hacia el aparato. Un levantamiento se puede realizar con un solo prisma pero para mejorar el rendimiento se usan al menos dos de ellos.
BASTON PORTA PRISMA:	Es una especie de bastón metálico con altura ajustable, sobre el que se coloca el prisma. Posee un nivel circular para ubicarlo con precisión sobre un punto en el terreno. Se requiere un bastón por cada prisma en uso.

### Entre los accesorios más comunes tenemos:

BRUJULA:	Usualmente viene incluida en el paquete, al ensamblarla al aparato sirve para orientar la Estación Total hacia el Norte Magnético en el caso que se deba trabajar con coordenadas asumidas.
CARGADOR:	Tiene capacidad para cargar 2 baterías simultáneamente por medio de corriente alterna (AC, 110 voltios). Una batería cargada brindara un servicio aproximado de 6 horas de trabajo continuo en campo, por lo que siempre deberá contarse con una batería adicional cargada.
HERRAMIENTAS:	Es un juego formado por pinzas, desarmador, escobilla y franela para realizar el mantenimiento normal del aparato.
MALETA PORTATIL:	Es un estuche plástico rígido con protección interna de espuma sintética para transportar el aparato a salvo de golpes y de la intemperie como la humedad, polvo, etc.
CABLE DE DESCARGA:	Cable especial para descarga de datos del aparato a una computadora. El tipo de salida usual es ahora hacia puerto USB.



## MONTAJE DE LA ESTACIÓN TOTAL

Durante el trabajo de campo la parte más **ardua** es realmente el montaje del instrumento sobre un punto topográfico. Puede llegar a ser difícil para un técnico sobre todo considerando las irregularidades del terreno y el agotamiento físico, considere que durante un levantamiento será necesario mover e instalar de nuevo el aparato en muchas ocasiones, y para que esto no afecte el rendimiento del trabajo en campo se debería realizar este procedimiento en un lapso no mayor a 3 minutos en situaciones más o menos regulares. Esto se logra solamente con la práctica continua, ya que al hacerlo por primera vez es común que una persona tarde aproximadamente 15 minutos en realizar el montaje.

El procedimiento de montaje se puede subdividir en 3 partes secuenciales:

- Selección y Marcado del Punto de Control Topográfico.
- Montaje y Centrado del Instrumento.
- Nivelación del aparato.



## SELECCIÓN Y MARCADO DEL PUNTO DE CONTROL TOPOGRAFICO

---

Esta es una forma de llamar al punto sobre el terreno donde se desea montar el aparato. Esta selección no tiene ninguna complicación más que la de tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- **Buena visibilidad**, ya que mover e instalar de nuevo el aparato resulta a veces tedioso se debe escoger una ubicación estratégica desde la que se puedan observar la mayor cantidad de puntos posibles. Usualmente escogemos el centro en un cruce de calles, ya que desde este punto tenemos la mejor visibilidad posible en 4 direcciones diferentes. Además visualizamos adecuadamente el siguiente punto de control topográfico.
- **Seguridad personal y del equipo topográfico**, sobre todo en calles donde existe un tráfico constante de vehículos se requiere tomar precauciones y probablemente escoger el centro de la calle no sea la mejor alternativa. Para prevenir accidentes el personal de campo deberá usar chalecos refractivos y colocar conos de precaución alrededor del aparato en el sentido del tráfico.

Una vez escogido el punto de control es necesario realizar una marca perdurable en el terreno. Esta marca depende del tipo de terreno y puede utilizar clavos de acero de 2", pintura roja en espray, crayones o marcadores indelebles, etc. La idea es que la marca sea visible durante al menos 5 días después del levantamiento, ya que este mismo punto se puede volver a utilizar más adelante.



### 1) MONTAJE Y CENTRADO DEL INSTRUMENTO

Un adecuado montaje del instrumento facilitara enormemente el Centrado y Nivelación del Aparato, y por ello se debe realizar correctamente siguiendo las mejores prácticas recomendadas por el fabricante, estas se explican gráficamente para un mejor entendimiento.

- **Monte el Tripode**, tomándolo con las patas cerradas apóyelo de pie sobre el punto, suelte los seguros para que las patas se extiendan libremente y levántelo desde la plataforma superior hasta más o menos el nivel de la barbilla del operador, cierre los 3 seguros para fijar la extensión de las patas.

Separe las patas del trípode asegurándose de que estén a igual distancia y que la cabeza del trípode este mas o menos nivelada. Coloque el trípode de forma que la cabeza este por encima del punto topográfico y luego fije bien las patas al suelo.



**Fig. 1.** Punto visado donde se pondrá el trípode.



**Fig. 2.** Se procede a colocar el trípode sobre el punto de observación.



**Fig. 3.** El trípode se posiciona a la altura de la barbilla.



**Fig. 4.** Luego se procede a atornillarlo en cada uno de sus extremos del tripie.



**Fig. 5.** Se procede a separar las patas con separaciones iguales y sobre el punto observado.



**Fig. 6.** Se ajusta la cabeza para que quede nivelada, esto se hace asegurando que las puntas de las patas queden seguras y no se muevan. Una vez hecho esto proseguimos a aflojar los tornillos para subir o bajar la plataforma donde se



**Fig. 7.** Hecho lo anterior solo queda verificar visualmente que esta nivelada horizontalmente.



- **Instale el instrumento** sobre la cabeza del tripode, sujetándolo con una mano apriete el tornillo de centrado de la parte inferior de la unidad para asegurarse de que este firmemente atornillado al tripode.



**Fig. 8.** Se procede a abrir el maletín donde está la estación, procurando hacerlo en la posición que se ilustra en la figura.



**Fig. 9.** Una vez abierto el maletín se tiene que poner mucha atención en la manera en como viene la estación de tal manera que no se maltrate.



**Fig. 10.** La base de la estación tiene un punto amarillo, ese punto debe estar al frente y el panel de maniobra tiene que estar igualmente al frente.



**Fig. 11.** Se saca la estación con mucho cuidado de tal manera que se usen ambas manos para sostenerla.



**Fig. 12.** Se coloca el instrumento sobre la cabeza del tripie, y sujetando con una mano al instrumento apriete el tornillo de fijación.



**Fig. 13.** Enfoque el Punto Topográfico mirando por el ocular e la plomada óptica, gire el ocular para enfocar el retículo, esto le permitirá ver claramente los círculos concéntricos del enfoque del objetivo (Reticulo).



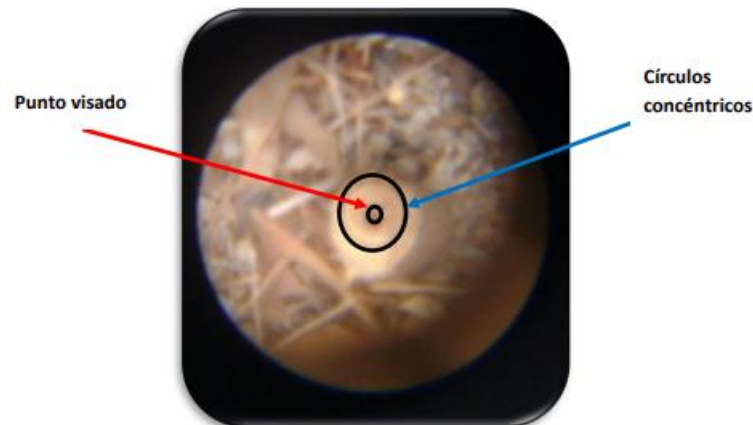
**Fig. 14.** con el ocular de la plomada óptica fije el punto de observación; dejando fija una de las patas y moviendo las otras dos hasta encontrar el punto.



**Fig. 15.** afloje ligeramente el tornillo de centrado de la parte inferior de



**Fig. 16.** mirando por el ocular deslice suavemente el instrumento sobre la cabeza del tripiode hasta que el

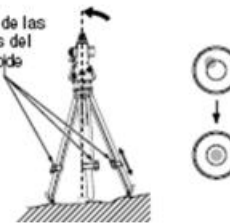


**Fig. 17.** Vista desde el ocular para el centrado de los círculos concéntricos y el retículo.

Para la nivelación se debe seguir un procedimiento específico, de lo contrario podría no lograrlo o tomarle demasiado tiempo. Con la práctica continua no representará ningún problema realizarlo bien en un par de minutos. Además separamos el proceso en Nivelación 1 (trípode) y Nivelación 2 (Base Niveladora).

- **Nivelación 1**, centre la burbuja del nivel circular y sea <sup>Ajuste de las patas del trípode</sup> acortando la pata del trípode más próxima a la burbuja, o bien alargando la pata más alejada de la burbuja. Ajuste una pata más para centrar la burbuja.

Es importante que en este proceso solamente ajuste 2 patas, la primera será la que se encuentre más alineada con la burbuja, con este ajuste debe alinear la burbuja exactamente contra otra pata y esa será la segunda pata de ajuste para centrar la burbuja.

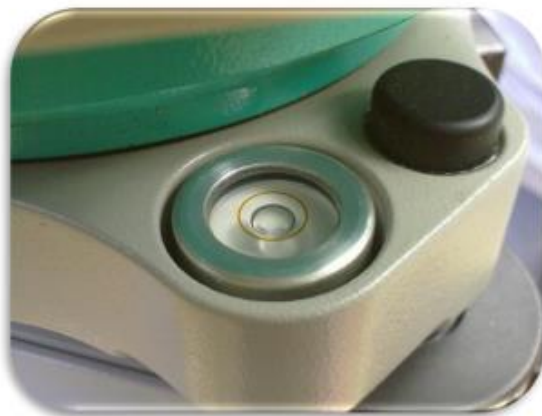




**Fig. 18.** Centrar el nivel esférico esto se logra ajustando las patas del tripie, por conveniencia, dejar fija una de las patas y ajustar las otras.



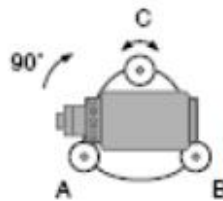
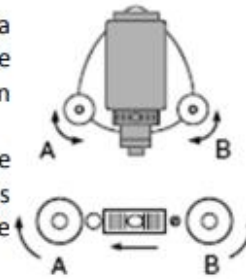
**Fig. 19.** Se debe tener muy en cuenta la manera de ajustar las patas, se observa en la figura que ambas manos deben sostener los tubos para facilitar el deslizamiento de la barra para obtener una mejor precisión en el nivel circular.



**Fig. 19.** Centrado de la burbuja

- **Nivelación 2**, Afloje el tornillo de apriete horizontal para girar la parte superior del instrumento hasta que el nivel tubular este paralelo a una línea situada entre los tornillos A y B de nivelación de la base.

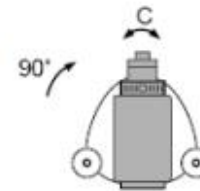
Centre la burbuja de aire moviendo los tornillos A y B de nivelación de la base simultáneamente y en direcciones opuestas (ambos hacia adentro o ambos hacia afuera). La burbuja se mueve hacia el tornillo que se gire en sentido horario.



Gire 90° la parte superior del instrumento en sentido horario, el nivel tubular estará ahora perpendicular a una línea situada entre los tornillos A y B de nivelación de la base. Entonces utilice el tornillo C de nivelación para centrar la burbuja.

Gire otros 90° la parte superior del instrumento y compruebe que la burbuja esta en el centro del nivel tubular. Si la burbuja esta descentrada proceda como sigue:

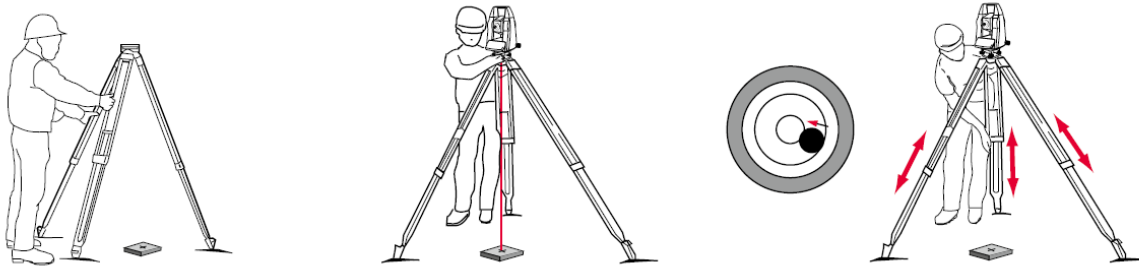
- Gire de nuevo los tornillos A y B por igual y elimine la mitad del desplazamiento de la burbuja.
- Gire la parte superior otros 90° y use el tornillo C de nivelación para eliminar la mitad restante de desplazamiento en esa dirección.





## 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 la 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.



## 4.2 Medición electrónica de niveles

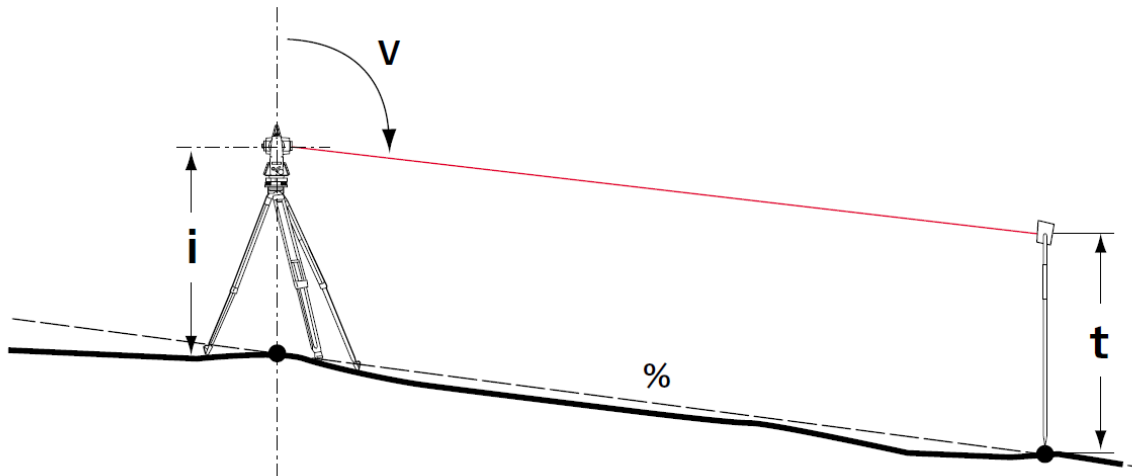
### Medición de pendientes

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 %.

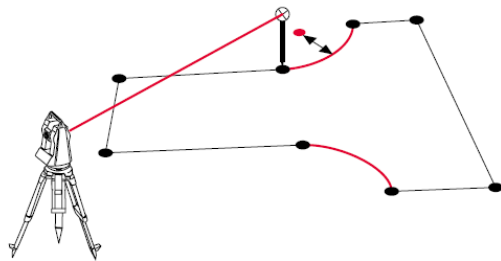


## Línea de referencia

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.

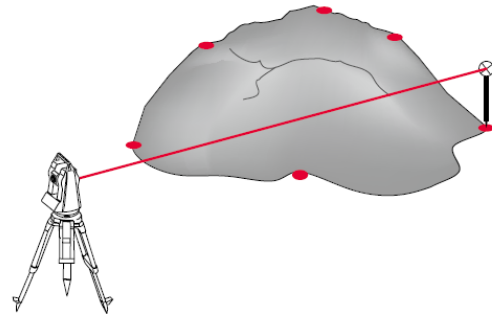


## Cálculo de Volumen

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.

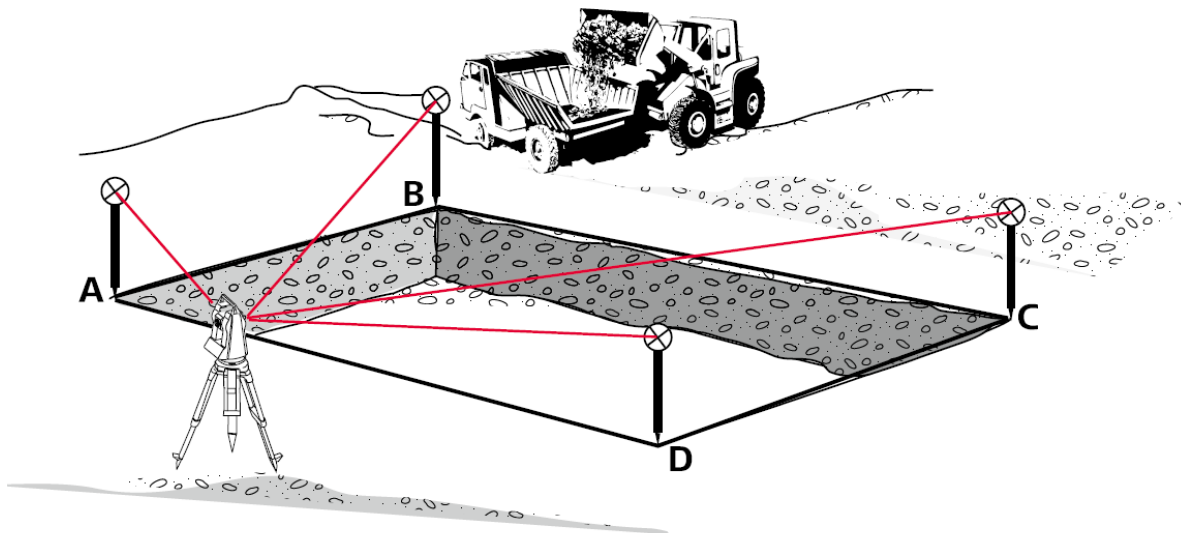


## Cálculo de área

1. Situe la estación total en el terreno de forma que se 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.



## **Bibliografía básica y complementaria:**

- Dante A. Alcántara García, (1999). Apuntes de Topografía, UAM México D.F.
- Aurora Cuartero Sáez, (2017). Guía Práctica de Topografía en Edificación, España.
- Jorge Franco Rey , Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía.
- Johannes Schwarz, (2013). Principios básicos de Topografía, Suiza.
- Leonardo Casanova M. (2002). Topografía Plana, Mérida.