

RELEVAMIENTO CON INSTRUMENTO DE ESTACION TOTAL

GUIA PRÁCTICA



ING. AGRIM. JOSÉ ROMANO - DPTO. DE AGRIMENSURA - FACULTAD DE INGENIERÍA (UNLP)

jose.romano@ing.unlp.edu.ar

INDICE

1. Introducción.....	3
2. Objeto de la Topografía.....	3
3. Sistemas de Referencia, Marcos de Referencia y Sistema de Coordenadas.....	4
3.1 Sistemas de Referencia en Topografía.....	4
3.2 Marco de Referencia.....	4
3.3 Sistemas de Coordenadas usuales en Topografía.....	5
4. Metodología de Trabajo con Estación Total.....	7
4.1 Breve descripción del equipo de Estación Total:	7
4.2 Relevamiento de puntos:	9
4.3 Relevamiento con Estación Total:	11
4.4 Relevamientos Plani-Altimétricos:	16
5. Bibliografía.....	18
Anexo A – Constante de Prisma.....	19
Anexo B – Ejemplo.....	21

1. Introducción.

El siguiente apunte tiene como objetivo el planteo y ejemplificación de una alternativa de trabajo cuando se utiliza un instrumento de estación total. Apuntando a las técnicas y metodología de trabajo clásicas, no profundizando en los desarrollos teórico-prácticos concernientes al estudio del instrumental propiamente dicho. Fijándose como alcance último poder brindar elementos y criterios suficientes para concretar en el ámbito de la práctica el método expuesto, citando meramente los fundamentos teóricos que lo avalan.

2. Objeto de la Topografía.

La Topografía conjuntamente con la Geodesia tiene por objeto:

- a- la ejecución de todas las mediciones que conducen a la determinación de la posición relativa de puntos terrestres,
- b- la ejecución de los cálculos a que dan lugar dichas mediciones, y
- c- el aprovechamiento de las mediciones y de los resultados del cálculo para la confección de planos y mapas, satisfaciéndose así necesidades políticas, económicas, técnicas, militares, científicas y culturales.¹

La Geodesia se ocupa de determinar la forma de la tierra estableciendo la posición relativa de un cierto número de puntos, convenientemente distribuidos sobre la superficie. En tanto la Topografía apoya sus operaciones de detalle sobre los puntos geodésicos, suministrando planos de superficies, generalmente de extensión reducida, con los múltiples y variados accidentes que presentan.

Es por ello que los Métodos e Instrumentos empleados en Topografía son menos estrictos que los empleados en Geodesia, sin que esto signifique decremento alguno en la calidad de los trabajos. Es así que las extensiones territoriales abarcadas en los relevamientos topográficos son menores y las superficies de referencias menos complejas que las empleadas en Geodesia. En Topografía cuando se trabaja en planimetría se considera a la superficie como un plano con las direcciones de la plomada paralela en todos sus puntos (Superficie topográfica); y cuando las labores incluyen altimetría se toma como superficie de referencia a la esfera.

¹ (Agrim. Roberto Müller - *Compendio General de Topografía Teórico Práctica - Tomo I: AGRIMENSURA Y CATASTRO – Segunda Edición – 1937.*)

3. Sistemas de Referencia, Marcos de Referencia y Sistema de Coordenadas.

3.1 *Sistemas de Referencia en Topografía.*

Para conseguir la ubicación de cada punto del terreno en relación con los demás, será necesario establecer un sistema de referencia terrestre. En este, cada punto tendrá una posición única dada por sus coordenadas, convirtiéndolo así en una herramienta imprescindible para la Topografía en lo referido a la localización de cualquier observación que se realice.

Si solamente consideramos la planimetría en un relevamiento, estaremos refiriendo nuestras observaciones a un plano. Se trata de un plano cartesiano, el cual tiene dos ejes perpendiculares, eje de las abscisas y eje de las ordenadas, los cuales en donde se cortan forman un ángulo recto, y a su punto de intersección se le conoce como origen del sistema. El origen divide a cada eje en dos semiejes (positivo y negativo), quedando así el plano dividido en cuatro regiones llamadas cuadrantes.

En el espacio tridimensional, es decir, incluyendo observaciones altimétricas, consideremos tres rectas “x”, “y”, “z”, que son mutuamente perpendiculares y se interceptan en un mismo punto “O”. Éste punto es el origen de coordenadas y también divide a cada eje en dos semiejes (positivo y negativo). La tercera dimensión la conforma la distancia tomada en la dirección de la vertical sobre una superficie de referencia, en topografía clásica *cota*.

La posición de un punto en el plano o en el espacio queda definida a través de sus coordenadas. Estas últimas son conjuntos de valores, medidos sobre magnitudes lineales y/o angulares que constituyen las observaciones realizadas en campo. Los diferentes sistemas de coordenadas aplicados en Topografía se tratarán en los próximos párrafos.

3.2 *Marco de Referencia.*

Recordemos que en Geometría un punto no tiene dimensión y puede ser definido por la intersección de dos líneas. El **punto topográfico**, en cambio, es algo real, un objeto físico que materializa en alguna forma en el terreno al punto geométrico. Puntos de esta clase son: una estaca, un mojón, una marca permanente en una estructura de hormigón, etc.

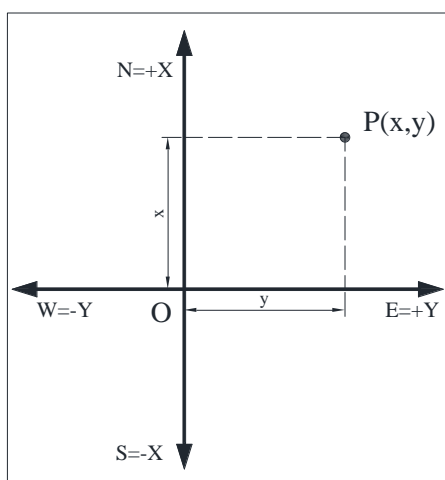
Entonces un Marco de Referencia se define como la materialización de un sistema de referencia a través de observaciones, es decir, se trata de un conjunto de elementos puntuales, físicos o puntos topográficos (Mojones, estacas, marcas permanentes, etc.) con coordenadas conocidas en un sistema de referencia dado.

3.3 Sistemas de Coordenadas usuales en Topografía.

Definidos Sistemas y Marcos de referencia, cabe señalar que el modo en que se releven, almacenen, manipulen y transfieran los datos tiene una relación directa con el sistema de coordenadas que se utilice. Es decir, el o los tipos de magnitudes que se midan, y las que se calculen, pudiendo ser estas tanto angulares como lineales. Cambiando de unas a otras en diferentes momentos a través del cálculo. Los sistemas de coordenadas utilizados normalmente en topografía son los siguientes:

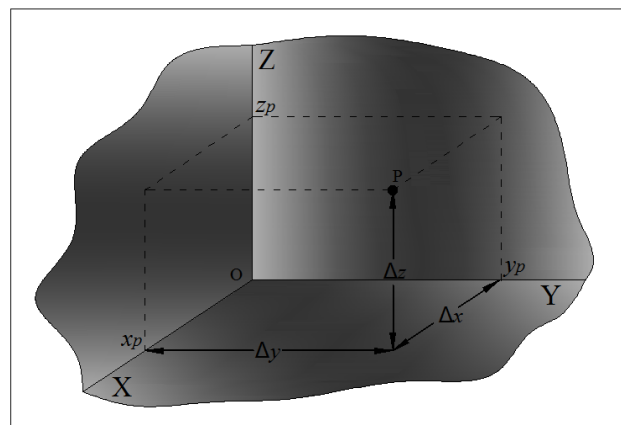
1- *Sistemas de Coordenadas Rectangulares:* Cada punto se representa por medio de un par de números (x, y) , los cuales corresponden a la longitud de las proyecciones sobre los ejes cartesianos del vector OP . Todo punto del plano tiene una representación única (x, y) , la cual se puede determinar al establecer el valor de la abscisa y ordenada del punto en el plano.

En Topografía el eje de las ordenadas se denomina **X** y representa la dirección Norte-Sur, y el eje de abscisas se denomina **Y** representado a la dirección Este-Oeste, tal como se aprecia en la figura 1. Recordemos, además que los semi-ejes Norte y Este tienen sentido positivo (+) y los semi-ejes Sur y Oeste sentido negativo (-).

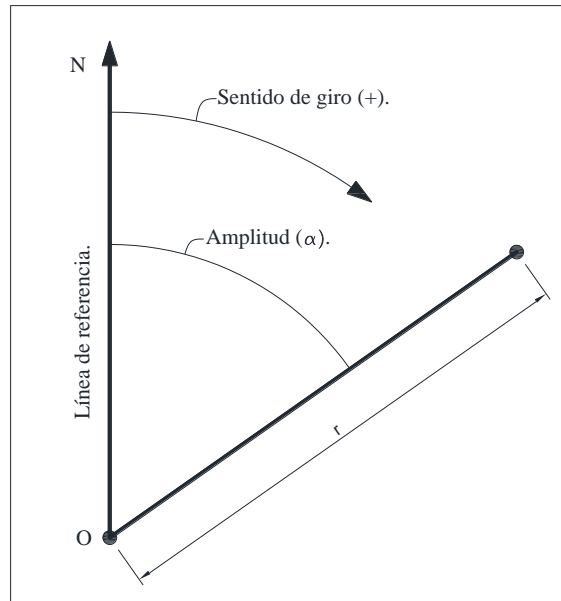


(Fig. 1).

Para puntos del espacio (Incluyendo altimetría) podemos encontrar las correspondientes coordenadas “x”, “y”, “z” que nos dan su ubicación. Donde “z” es la distancia vertical desde el punto al plano XY.



2- *Sistema de Coordenadas Polares:* En un sistema de coordenadas planas polares se necesita un ángulo α y una distancia r . Existen tres condiciones básicas para determinar un ángulo, estas son: la línea de referencia, el sentido de giro y la amplitud (Fig. 2). A la distancia r dirigida del polo a un punto se le llama radio vector del punto y al ángulo α ángulo polar, o bien argumento.

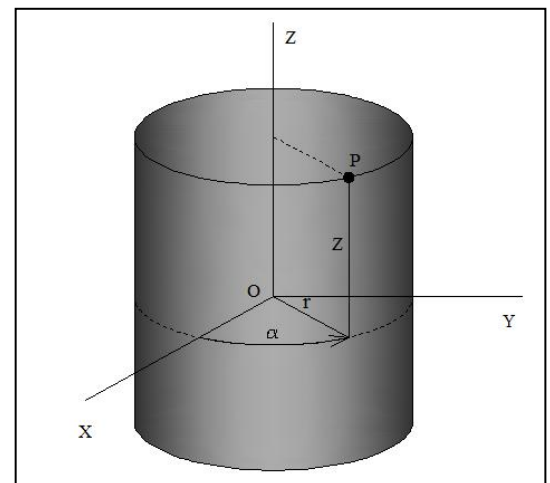


(Fig. 2).

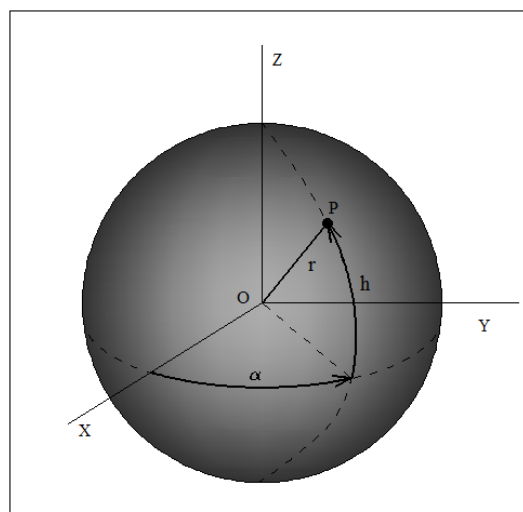
En Topografía las distancias se miden desde un punto de estación O y el ángulo polar lo expresamos como rumbo o acimut, siendo la línea de referencia la recta con dirección Norte-Sur o la semirrecta con sentido Norte, según corresponda.

Si solo consideramos dos dimensiones la posición de un punto cualquiera queda definida por un rumbo o un acimut, y por su distancia al origen o polo. Si necesitamos ubicar un punto en el espacio, en el caso de un relevamiento plani-altimétrico, el sistema Polar puede aplicarse como un Sistema de Coordenadas Cilíndricas o un Sistema de Coordenadas Esféricas.

2.1- *Sistema de Coordenadas Cilíndricas:* El sistema de coordenadas cilíndricas utiliza como base el sistema de coordenadas polares planas proyectado hacia el espacio usando la coordenada z del sistema de coordenadas cartesianas. En una radiación hecha con un equitímetro o nivel de anteojo las mediciones se realizan por este método. Obteniéndose la distancia al punto (r), un ángulo horizontal (α) y la distancia vertical (z).



2.2- *Sistema de Coordenadas Esférico*: Se trata de una versión en tres dimensiones de las coordenadas polares de la geometría analítica plana. Se determina el ángulo vertical que forma el radio vector con el plano XY (Ángulo de elevación). Cuando se realiza una Taquimetría las observaciones se registran de este modo, obteniéndose la distancia al punto (r), un ángulo horizontal (α) y el ángulo de elevación (h).



El método de relevamiento de información territorial que tiene por objeto exponer este apunte, en lo que se refiere al almacenamiento, manejo y transferencia de datos, utiliza un sistema de coordenadas rectangulares. La obtención de la información previa a lo mencionado (Observaciones) se realiza siempre mediante sistemas de coordenadas polares o cilíndricas. Si bien toda la información mencionada se puede guardar en la memoria del instrumento, para poder trabajar en un único sistema de referencia desde múltiples puntos de estación, es mucho más útil el empleo de coordenadas rectangulares para el manejo de las observaciones.

4. Metodología de Trabajo con Estación Total.

4.1 Breve descripción del equipo de Estación Total:

Una Estación Total es el instrumento que resulta de la integración en un solo equipo del sistema electrónico de medida de ángulos (y con imagen directa) y el sistema electroóptico para la medida de distancias, con un microprocesador para el cálculo automático de datos topográficos: distancias reducidas o inclinadas, con o sin correcciones, azimut, desniveles, trabajo en coordenadas polares o cartesianas. Las características funcionales del microprocesador son: exploración electrónica del limbo y presentación digital de los resultados; corrección automática de las lecturas iniciales del limbo, considerando la influencia de los errores sistemáticos que las afecten; compensación de la distancia en función de la temperatura y presión; adición de constante de prisma,... etc. ²

Relevar con una Estación Total implica determinar las coordenadas polares (Mediante la medición de direcciones angulares y distancias) de puntos de interés, siendo el punto de estación el origen del sistema de referencias relativo para esas observaciones. Luego, mediante cálculo el microprocesador puede dar

² (Profesor Doctor D. Manuel Chueca Pazos – Tratado de Topografía I: “TEORÍA DE ERRORES E INSTRUMENTACIÓN” – 1996.)

las coordenadas rectangulares de esos mismos puntos, en el sistema de coordenadas que tiene como origen al punto de estación, o en otro sistema general en el que son referidas todas las observaciones de múltiples estaciones de trabajo.

Para medir una distancia con este instrumento, la metodología clásica requiere el uso de un reflector o prisma. Este último, mediante una señal de puntería y un bastón provisto de un nivel esférico, se coloca sobre la dirección del la vertical de un punto de interés (Fig. 3a y 3b).



Fig. 3a- Prisma de reflexión total, señal de puntería y bastón porta-prisma.



Fig. 3b- Reflector mini-prisma con bípode para medición de distancias precisas.

La estación total medirá la distancia (Inclinada) a este prisma, y conjuntamente con las observaciones angulares (Horizontal y vertical), cálculo mediante, nos brindará la distancia reducida al punto y sus coordenadas planas correspondientes, **el concepto fundamental de esta operación es el mismo que para la taquimetría clásica.**

4.2 Relevamiento de puntos:

Para relevar toda aquella información del terreno que nos es útil es necesario aplicar un proceso de abstracción y así poder pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada factible de ser volcada sobre algún tipo de producto cartográfico. De este modo, todos aquellos hechos existentes de interés se considerarán a partir de elementos puntuales, los cuales han de ser relevados, luego esta información se procesará y representará pudiéndose obtener mediante simbología cartográfica la forma, ubicación y orientación del objeto físico real. Veamos un ejemplo (Fig.4a y 4b):

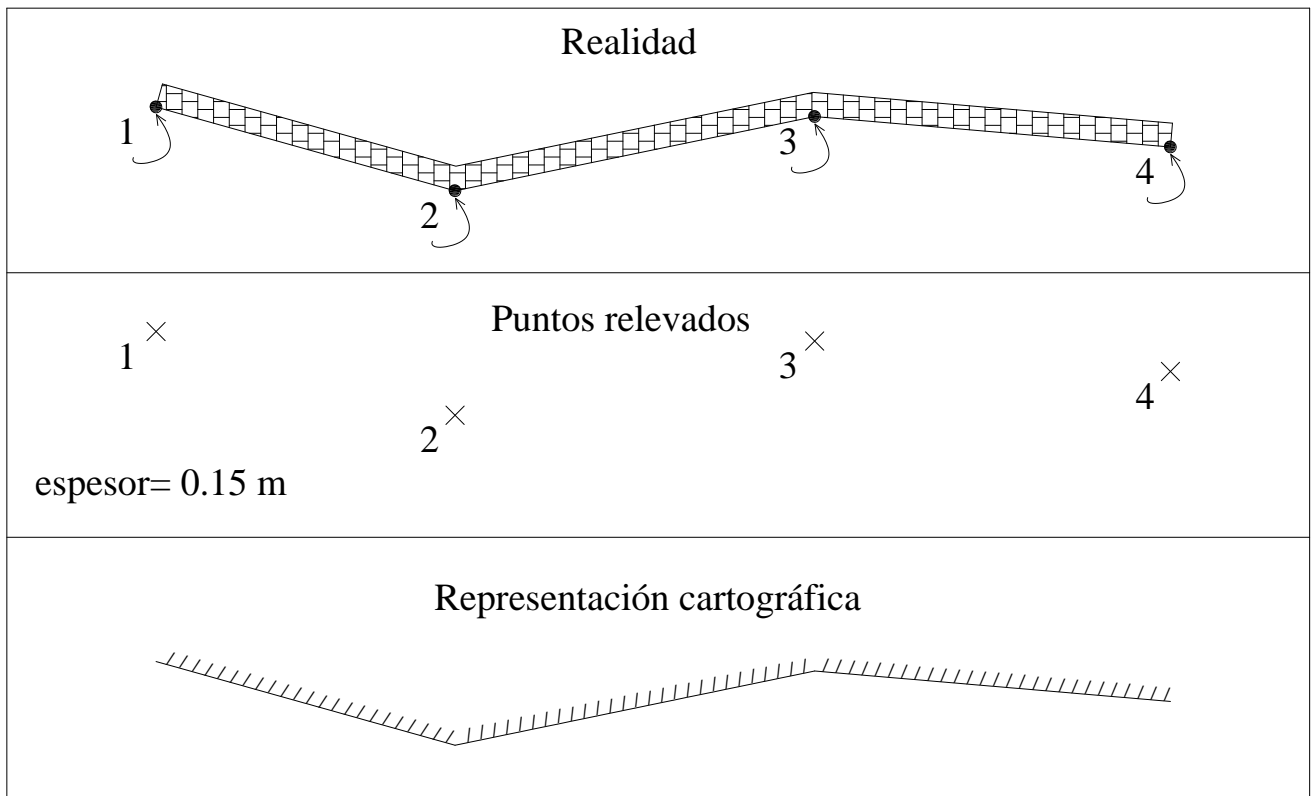


Fig. 4a- Un muro se interpreta como una poligonal y los elementos puntuales que se relevarán serán sus cuatro vértices, una vez obtenida la ubicación de estos puntos a través sus coordenadas, podemos representarlo mediante la simbología correspondiente.

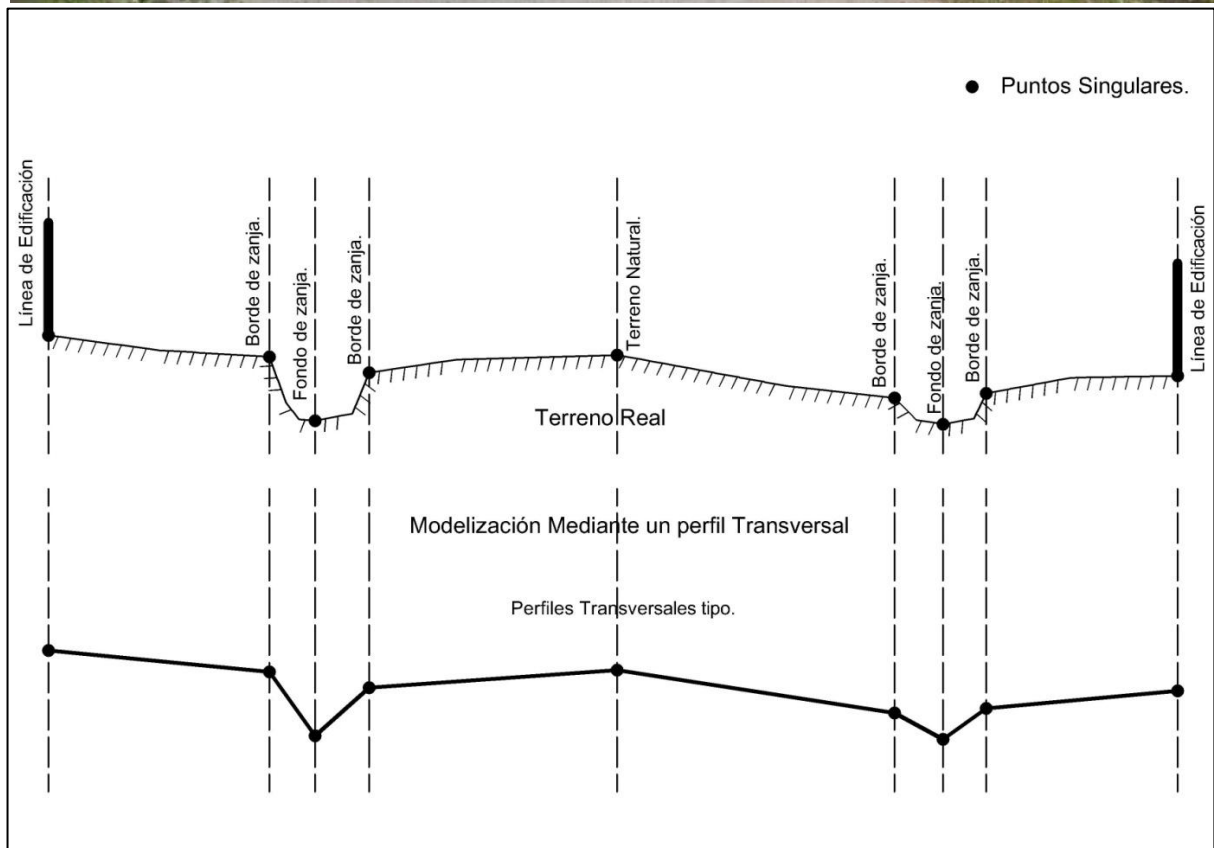


Fig. 4b- Una calle se puede representar mediante una sucesión de perfiles transversales, cada uno de ellos consiste en un cierto número de puntos singulares del terreno, puntos altos, puntos bajos o cambios abruptos de pendientes. Este es otro método que permite representar la realidad compleja mediante elementos singulares de ella, que la representan.

Generalizando, a partir de las coordenadas se levantan puntos, con los puntos se generan líneas, y con una agrupación de líneas se forman poligonales abiertas o polígonos. Así es que los objetos complejos de la realidad (Incluido el relieve del terreno) son relevados a partir de sus puntos representativos, los cuales mediante su ubicación relativa tras el procesamiento en gabinete, permiten la representación simplificada de dicha realidad mediante las herramientas que brinda la Cartografía.

4.3 Relevamiento con Estación Total:

La metodología propuesta en estas líneas permite el levantamiento de hechos existentes, con una buena productividad y suficiente precisión en las mediciones, mediante la obtención de las coordenadas rectangulares de los puntos en campo.

En todos los casos que se expondrán, las mediciones angulares se realizarán solamente en la posición del círculo vertical a la izquierda (Medida Simple). Para los trabajos que requieran mayor precisión, las direcciones angulares se deberán medir por el método de Bessel, aprovechando así de modo más eficiente el instrumental; en ese caso puede ser más conveniente trabajar con mediciones en coordenadas polares o cilíndricas. Si además se trabaja por el método de Poligonación o Itinerario se tendrán mejores controles y la posibilidad de realizar una compensación de los errores resultantes mediante el uso de la Planilla de Coordenadas, herramienta suficientemente precisa para el común de los relevamientos en Topografía clásica.

En un principio solo consideraremos la necesidad de un relevamiento planimétrico y prescindiremos de la altimetría.

1-Tareas Preliminares: Considerando finalizados y suficientes los estudios previos necesarios antes de cualquier trabajo topográfico (Para Mensura o no.), se efectúa una inspección de la zona de interés. De esta manera se reconocen en el campo todos aquellos hechos existentes a levantar y los sitios aproximados en los que se estacionará el instrumento, estableciendo la posibilidad de las visuales a los distintos elementos. En muchas ocasiones para poder completar el relevamiento es necesario realizar múltiples estaciones en el terreno, el número de estas dependerá entre otras cosas: del tipo de relevamiento y de la precisión (Nivel de detalle.) requerida para el mismo, de la longitud máxima de las visuales, de la extensión territorial y forma de la zona a levantar, de la existencia de obstáculos que impidan accesos o visuales limpias, de la necesidad de vincular nuestro relevamiento a algún sistema de referencia existente, etc. La distribución final de las estaciones debe permitir un control de los errores, ya sea realizando una poligonal cerrada, una poligonal abierta medida en ida y vuelta, o apoyarse en una red u otra poligonal de orden superior.

2- Adopción de un Sistema de Referencia: Ya determinado el número aproximado de estaciones a realizar y su emplazamiento se comienza con la determinación del Sistema de Referencia al que referiremos todas nuestras observaciones, estas han de ser las coordenadas de los puntos a levantar. De no existir previamente se crea el punto topográfico donde se hará la primera estación, esto equivale a clavar una estaca en el terreno, hormigonar una chapa metálica en un pilar, realizar una marca permanente, etc. Del tamaño de esta marca depende el valor que tomará el error de dirección, por lo

tanto deberá ser de carácter puntual, además deberá perdurar en el tiempo en que se realice todo el relevamiento y posterior, por dicho motivo se los denomina también “*Puntos Fijos*”. Sobre este punto se estacionará y hará el calado de la estación total, recordando que el **principio fundamental de esta operación es el mismo que para el teodolito**. Para cada Punto Fijo es conveniente realizar su correspondiente monografía de vértices.

En esta instancia es cuando se procede a indicarle al instrumento cual será el sistema de referencia en el que se realizarán las observaciones. Son variadas las marcas de equipos existentes y cada una posee diferentes modelos, aun así el procedimiento general es el mismo en cualquier aparato. Este procedimiento es la ubicación y orientación de la estación total.

La ubicación de la estación total implica cargarle al software del instrumento las coordenadas del punto topográfico sobre el que se encuentra estacionada, denominemos a este punto PF1 (Punto Fijo 1). Los valores para X e Y en este punto son arbitrarios y los criterios para asignarlos son múltiples dependiendo de la forma y extensión del terreno. Lo usual es usar valores múltiplos de 100 o 1.000, adoptando valores diferentes para X y para Y de modo que los valores que tome una coordenada jamás coincidan con los que tome la otra. También es útil que los valores que adoptemos para el primer punto fijo nos aseguren que no tendremos coordenadas negativas, pueden enumerarse mucho otros criterios válidos, pero estos son los más empleados. A modo de ejemplo tomaremos como valores:

$$X_1 = 1.000,000$$

$$Y_1 = 5.000,000$$

El instrumento ya se encuentra ubicado, pero con esta información no se puede determinar un sistema de referencias, aún resta la orientación. Para orientar la estación total es necesario indicarle al software cual es la dirección que tomaremos como Norte (Eje de ordenadas), o sea la dirección con valor angular $0^{\circ} 00' 00''$. Como el sistema de referencias está siendo creado, puede decirse que esta dirección es arbitraria, pero al igual que con la elección de las coordenadas del punto de estación, es de utilidad seguir algunos criterios. Muchas veces la forma del terreno a relevar es de una extensión tal que nos ofrece una dirección predominante, ej.: parcelas de forma rectangular, un camino, una zona de vías, un canal, etc.; en estos casos siempre será conveniente que nuestro Norte se aproxime a esa dirección o su perpendicular (Fig. 5). También es importante que con esta elección el Norte Geográfico quede con una dirección comprendida entre los 315° y los 45° .

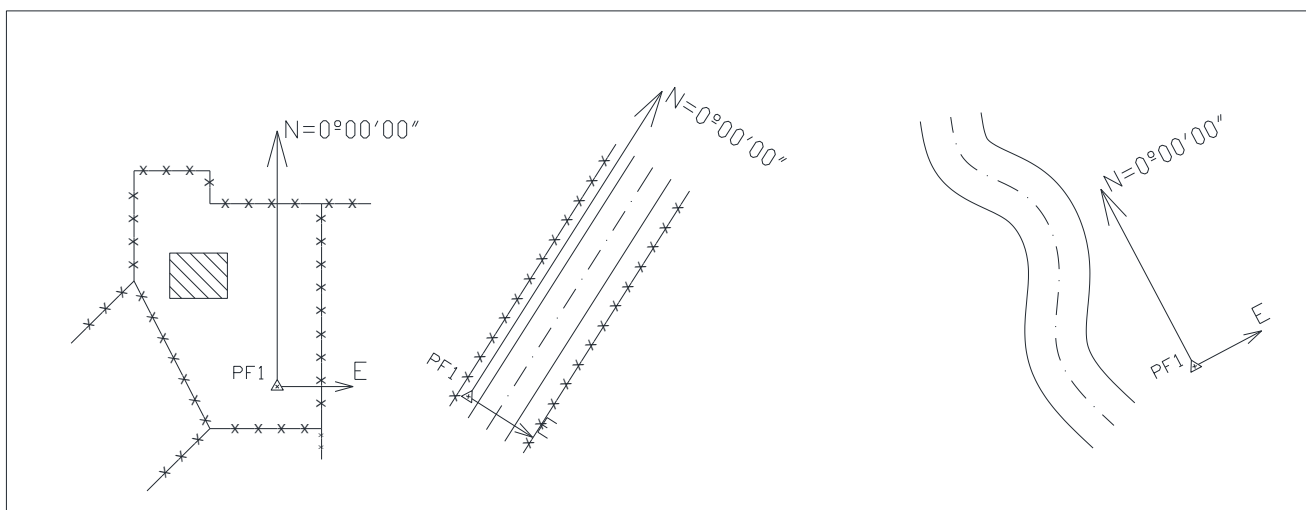


Fig. 5

Ya con la dirección Norte establecida, es necesario materializarla de alguna manera sabiendo que se trata de un punto fijo de carácter acimutal, con lo cual la distancia a esta marca desde el PF1 debe ser mayor a cualquier visual que se realice desde esa estación; **los criterios a considerar para minimizar el error de dirección son los mismos que para el uso del teodolito**, recordando que el módulo de este error disminuye conforme aumenta la distancia entre el punto de estación y el punto a colimar. Una alternativa a lo descripto es elegir algún tipo de marca o señal existente (antena, vértice, filo de algún elemento bien definido, etc.) de carácter permanente, tal que la dirección que nos determine la visual a este objeto sea el Norte elegido, es fundamental que la puntería a este elemento puede repetirse en el futuro con total exactitud.

Antes de comenzar con el relevamiento propiamente dicho conviene materializar otros puntos fijos, por ejemplo: PF2 (Punto Fijo 2) y PF3 (Punto Fijo 3), realizando las correspondientes monografías de vértices. Aunque no sean necesarios como puntos de estación, si han de ser útiles como puntos de control, ya que los mediremos desde diferentes estaciones y debe verificarse que las diferencias obtenidas al comparar los valores sean menores a la tolerancia adoptada. Estos PF's son los primeros en medirse, **recordando los criterios de bisección y enfoque utilizados en el uso del teodolito**. El punto se medirá en varias ocasiones antes de anotar o guardar los valores definitivos de las coordenadas X e Y. Es recomendable, para minimizar errores sistemáticos y a la vez tener redundancia de observaciones, medir los puntos fijos en ambos círculos, tomando la media de las observaciones como valor definitivo.

La modalidad clásica requiere que se coloque un prisma o reflector verticalizado mediante un bastón sobre el punto a relevar (tener en cuenta la configuración de constante del prisma). La falta de verticalidad del bastón porta-prisma determinará un error en la distancia medida, por este motivo los bastones vienen provistos de un nivel esférico que debe estar calado al momento de la medición, para obtener mejores resultados se utiliza un dispositivo denominado “bípode”, con el cual se verticaliza de manera estable el bastón sobre el punto fijo. Dependiendo del modelo de estación total y la configuración elegida, luego de medir mostrara en la pantalla las coordenadas X e Y conjuntamente con la distancia reducida. Al medir repetidas veces un punto fijo esta distancia debe permanecer constante.

Los puntos fijos, ya sean para control o estación, deben medirse con total rigurosidad para obtener la mayor precisión que el Instrumento permita (Optimizar las prestaciones del equipo a partir del Método aplicado), ya que estos puntos fijos permitirán reconstruir el sistema de coordenadas cuando se ubique y oriente el instrumento en las futuras estaciones.

Los equipos modernos están equipados con memorias internas que permiten almacenar las observaciones para ser descargadas posteriormente en gabinete, pero siempre es muy útil utilizar una libreta de campaña en la que se anoten los puntos fijos con sus coordenadas, monografía y cualquier otro detalle que facilite su descripción y ubicación.

3-Captura de datos: El instrumento se encuentra estacionado y calado, además ya se estableció un sistema de coordenadas al cual se referirán todas las observaciones. Se han marcado sobre el terreno tres puntos fijos que materializan dicho sistema: los PF's 1, 2 y 3.

Se comienza entonces a relevar todos aquellos elementos puntuales que son representativos del terreno y que nos permitirán su representación precisa, también los puntos de control que nos permitirán verificar nuestro trabajo.

El software del instrumento nos permite adjuntar al par de coordenadas otra información adicional, de este modo, en la mayoría de los equipos la observación de un punto significa tener además de su posición, un número de orden y una descripción (Fig. 6 y Fig. 7). La carga de cada punto a la base de datos, con su correspondiente descripción, puede ayudar que al momento de volcar dicha información a un archivo CAD, pueda ser distribuida en distintas capas (layer) que faciliten de manera considerable su identificación y por ende el armado del elemento que componen.

Nº de Punto	Norte (X)	Este (Y)	Descripción
1	1000.000	5000.000	PF1
2	1088.485	4801.658	PF2
3	1301.326	4863.738	PF3
4	1213.060	5004.959	PF4
5	983.258	5020.607	POSTE ESQUINERO
6	983.136	4937.893	ALAMBRADO
7	1051.905	4924.193	EDIFICIO
8	1073.118	4945.407	EDIFICIO
9	1112.531	5040.607	ALAMBRADO
10	1019.125	5040.607	ALAMBRADO

(Fig. 6. Planilla con puntos relevados, los datos se pueden descargar en este modo (Formato CSV) o bien como un archivo gráfico en formato CAD.)



Fig. 7- Datos de relevamiento descargados en formato CAD.

Es de gran utilidad confeccionar en la libreta de campaña un croquis del relevamiento donde cada punto observado figure con el número de orden con que se guarda en el equipo, así luego en gabinete no se tendrán dudas acerca de la posición y naturaleza de cada elemento levantado.

Entonces con el equipo operando desde el PF1 se relevan todos los puntos posibles y necesarios, estos se medirán una única vez en posición directa (CI). Terminado ello se mide nuevamente el PF2 o PF3 para asegurarse que los valores ahora medidos coinciden con los que se obtuvieron inicialmente y así asegurarse que el instrumento no sufrió ningún tipo de perturbación. Se realizará estación en el siguiente punto fijo (PF2) para proseguir con el relevamiento y que todos los puntos observados estén referidos al mismo sistema de coordenadas. Se procede a estacionar y calar el instrumento en el nuevo punto, se le cargan al software las coordenadas del mismo (Introduciendo los valores manualmente o importándolos desde la memoria del dispositivo) que fueron medidas previamente y se procede a la orientación.

Se señala nuevamente la importancia de que los puntos relevados desde diferentes estaciones permanezcan en un mismo sistema de coordenadas. Por ello es que cuando se estaciona el instrumento en el segundo punto se le asignan las coordenadas medidas previamente, pero con esto no es suficiente para restablecer el sistema de referencia en el instrumento. La estación total debe ser orientada para que la dirección Norte nueva coincida exactamente con la anterior, esta tarea se consigue apuntando cuidadosamente a uno de los dos puntos fijos restantes, sea este el PF1, se le indica al software del instrumento cual es el punto con el que nos orientaremos, el procesador calcula el valor del acimut (PF2 PF1) y le asigna ese valor a la dirección establecida mediante la puntería. Para control se procede a medir el punto PF3 y los valores observados para X e Y no pueden diferir de los obtenidos desde la primer estación en un valor mayor al tolerable adoptado para este relevamiento. Recordando que no necesariamente se hará estación sobre el PF3, este puede servir solo como control, tampoco es necesario avanzar estacionando en los puntos fijos según se fueron nombrando, se podría haber estacionado en el PF3 y usar en PF2 solo como punto de control, y todos los puntos relevados estarían de igual modo referidos al mismo sistema.

Entonces, el sistema de referencia adoptado al principio del relevamiento ha sido reconstruido en el nuevo punto de estación PF2, y todos los puntos que se releven desde allí estarán referidos a dicho sistema.

Desde esta nueva estación se releven todos los elementos que se requieran y si es necesario agregar nuevos puntos fijos para estacionarse posteriormente, también serán medidos. Se continua operando de este modo en cada nueva estación que se realice, avanzando siempre que sea posible como el itinerario de una poligonal cerrada (Caso contrario la poligonal se medirá de ida y vuelta), de este modo cuando se esté estacionado en el último punto fijo se medirá al PF1 y se verificará que el error total o de cierre obtenido es menor a la tolerancia fijada en función de las características técnicas del instrumento y de método de trabajo adoptado. **Para la elección de Métodos e Instrumento se siguen los criterios fundamentales empleados para los levantamientos con teodolito.** El error total encontrado en el cierre de la poligonal es producto de la combinación de errores angulares y lineales. Notar que los puntos fijos se miden con una rigurosidad mayor que los puntos de interés del terreno, ya que de los primeros depende la propagación de los errores en las sucesivas estaciones.

Finalizado el relevamiento y hechos los controles de rigor, la información levantada en campo se encuentra almacenada en el equipo o anotada en la libreta de campo, con lo cual lo siguiente será el procesamiento de la misma para su representación cartográfica.

4.4 Relevamientos Plani-Altimétricos:

Cuando los datos requeridos del terreno incluyen la altimetría, la metodología a seguir es similar a la ya explicada. Y a pesar de que con un mismo instrumento y en una misma estación se ha de hacer la determinación tridimensional del punto relevado, las consideraciones que se realicen para la planimetría y la altimetría son independientes.

Al comienzo de las tareas se establece un sistema de referencia planimétrico para la observación de los puntos como ya fue expuesto. La coordenada altimétrica de los puntos a relevar se determinará a partir de la coordenada z conocida del punto de estación, esta puede ser una **cota** o no dependiendo del sistema al que este referida. Con lo cual previo a la taquimetría con estación total debe realizarse la nivelación de los puntos fijos por un método de precisión superior, ej. Nivelación Geométrica.

Nivelados los puntos fijos, se realiza estación sobre ellos y cuando se asignan las coordenadas a dicho punto, también se carga el valor de z previamente determinado por una operación de nivelación. Además para que el equipo pueda calcular la coordenada z o cota del punto se deben ingresar la altura del centro del prisma y la altura del Instrumento (Fig.8). Teniendo en cuenta que:

- *Altura de Prisma:* Esta es la distancia entre el extremo del bastón que hace contacto con el terreno y el centro geométrico del reflector.
- *Altura del Instrumento:* Es la distancia medida entre el punto fijo de cota conocida (Ej. cabeza de estaca) y el eje secundario del aparato, representado con una marca en el exterior del mismo.

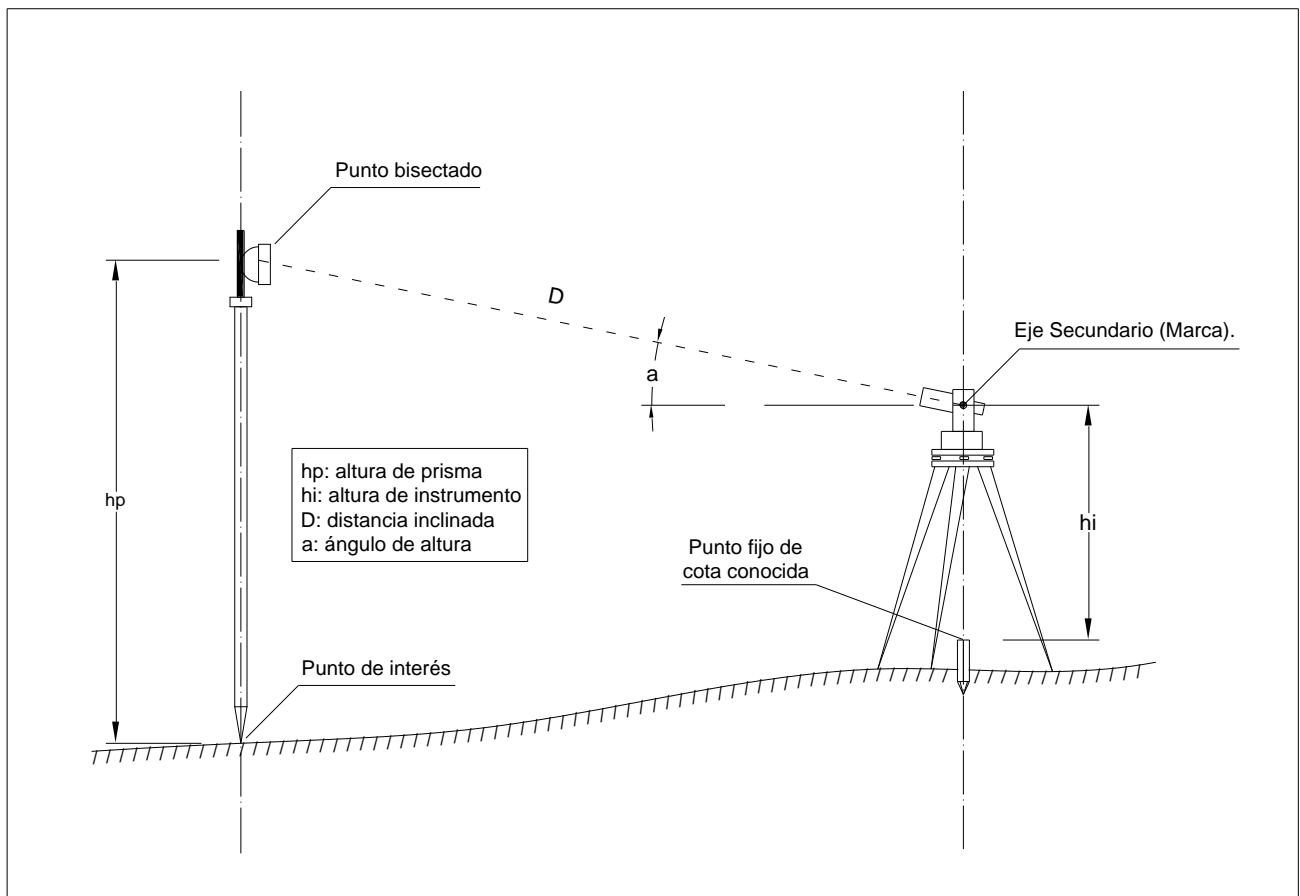


Fig. 8

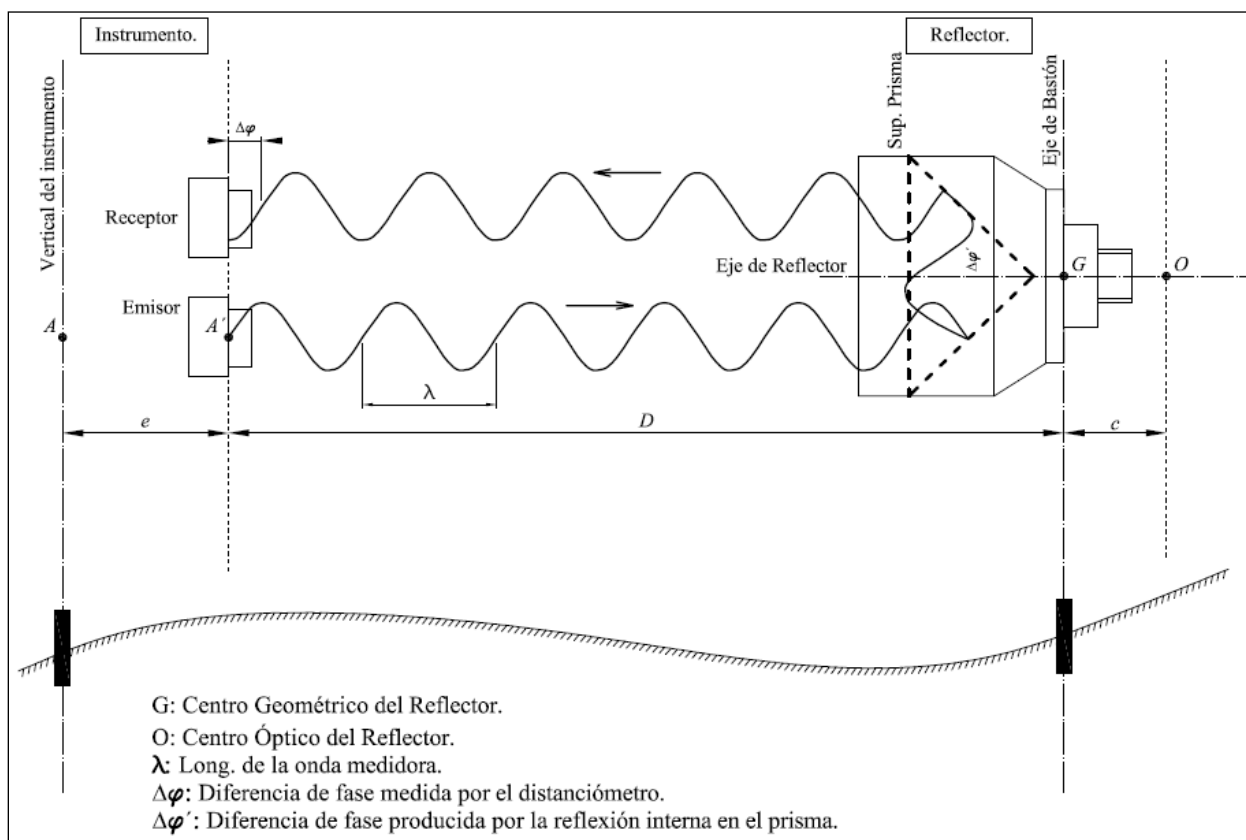
Entonces, una vez cargada toda esta información, al relevarlo el equipo nos brindará las coordenadas espaciales del punto. Se debe tener en cuenta que la cota o altura del punto de interés corresponderá al sitio en que se apoyó la punta del bastón, de este modo cuando se requiere determinar la cota del terreno natural simplemente se verticaliza sobre el terreno. Pero si se desea establecer un punto de control planialtimétrico materializado por una estaca, el bastón se verticaliza sobre la cabeza de la misma y la cota obtenida es la de esta. En caso de requerirse la cota de la estaca y la del terreno, se debe medir al bastón verticalizado sobre la estaca y luego al bastón verticalizado al pie de la estaca, el primero será un punto de control y el segundo un punto relevado del terreno natural.

La poligonal planialtimétrica se conforma de la misma manera que la planimétrica, teniendo todos los cuidados y realizando todos los controles necesarios para que el cierre efectuado tenga un error menor a la tolerancia adoptada.

5. Bibliografía

- Topografía general y aplicada. Aut.: Francisco Domínguez García-Tejero. Año: 1998.
- Compendio General de Topografía Teórico Práctica. Aut.: Roberto Müller. Año: 1953.
- Tratado General de Topografía. Aut.: W. Jordan. Año: 1944
- Tratado de Topografía. Aut.: David R. E. y Foote F . S. Año: 1964.
- Topografía. Aut.: Paul R. Wolf, Russell C. Brinker. Año:1998. 9 edición.
- Topografía. Aut.: Paul R. Wolf, Ghilani. Año:2004 .2 edición.
- Elementary Surveying.: An Introduction to Geomatics. Aut: Charles D. Ghilani, Paul R. Wolf. Año: 2012. 13 edición.
- Hazelton, N. W. (2009). Instrument Calibration for the 21st Century. Paper for the MSPS 57th Annual Meeting. St. Cloud: St. Cloud State.
- Prismas para topografía – Características e influencias - Daniel Nindl y Junyu Mao

Anexo A – Constante de Prisma.



Definición de la constante del prisma:

Los prismas aún se fabrican principalmente de vidrio. El vidrio tiene un índice de refracción distinto al del aire, que es el medio por el que normalmente se propagan las señales de medición. La velocidad de propagación de una onda electromagnética desciende al entrar en un objeto de vidrio y, por lo tanto, la distancia medida real aumenta. Para relacionar estas mediciones con el eje vertical del bastón porta-prisma (a una cierta distancia de la cara frontal) se aplica la **constante del prisma (c)**.

Llamando A al centro geométrico del instrumento (Sobre el eje Principal) y A' al cero del distanciómetro, existe entre ambos una distancia e , la cual es calibrada en fábrica y por lo tanto aquí no es tenida en cuenta. El equipo tiene calibrado ese valor y lo aplica en cada medición.

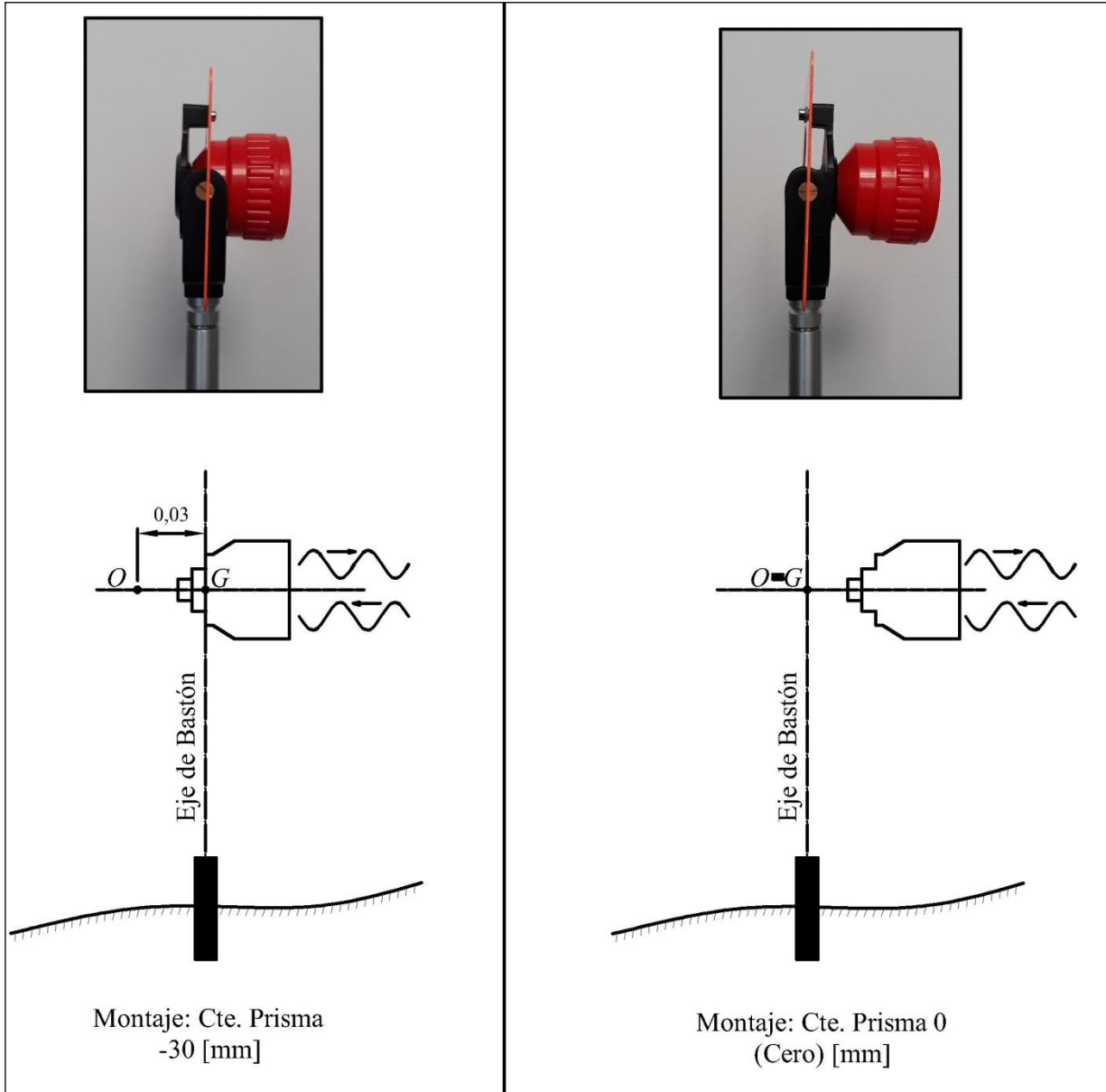
Dentro del reflector o prisma, la onda medidora realiza un recorrido, debido a esto y al índice de refracción del vidrio (Diferente al del aire), se producirá una variación de fase $\Delta\varphi'$, que involucrará en el cálculo de la distancia un recorrido adicional. Esto equivale a la existencia de un centro óptico O , en el cual la señal realiza una hipotética reflexión puntual.

Denominemos G (Centro Geométrico) al punto de intersección del eje del bastón con el eje del reflector. Según como se monte el reflector sobre el bastón, G se desplazará sobre el eje del primero.

La distancia que mide el instrumento es la $A'O$ y no la AG , esta última es la que realmente necesita medirse. La distancia OG es lo que en Topografía se conoce como constante de prisma (c), esta debe ser cargada en el instrumento con el fin de que la distancia medida por este sea corregida. Si la separación es c entonces la corrección indicada al equipo debe ser $-c$. La constante c depende de cómo se monte el

reflector sobre el bastón. La distancia e entre A y A' , como se mencionó, la aplica automáticamente el instrumento.

El montaje del reflector sobre el bastón puede ser de tal manera que coincidan O y G , en este caso la corrección para el prisma es cero.



Cabe señalar que con el montaje correspondiente a constante de prima igual a cero (Imagen lado derecho), el cuerpo del reflector está más distanciado del bastón que en el caso alternativo (Imagen lado izquierdo). La mayor separación entre reflector y bastón aumenta la incidencia del error por falta de alineación distanciómetro-reflector en la distancia observada.

Las estaciones totales usualmente se utilizan configuradas con la constante (c) en un valor de -30 mm y el reflector se monta sobre el bastón de acuerdo a esta configuración, tal como se ve en la imagen de la izquierda. En este caso el punto O está 30 mm detrás del G .

Anexo B – Ejemplo.

Para ejecutar la mensura de una parcela, se hace necesario conocer sus medidas lineales, angulares y superficie, además relevar las edificaciones existentes en su interior conjuntamente con los anchos de las calles que la circundan (Fig. 1).

Estudiados los antecedentes, se realiza el recorrido del lugar para planificar la metodología de trabajo, estableciendo el número de estaciones y su ubicación a partir de la posibilidad de visuales, los elementos a relevar conjuntamente con los cierres y controles necesarios.

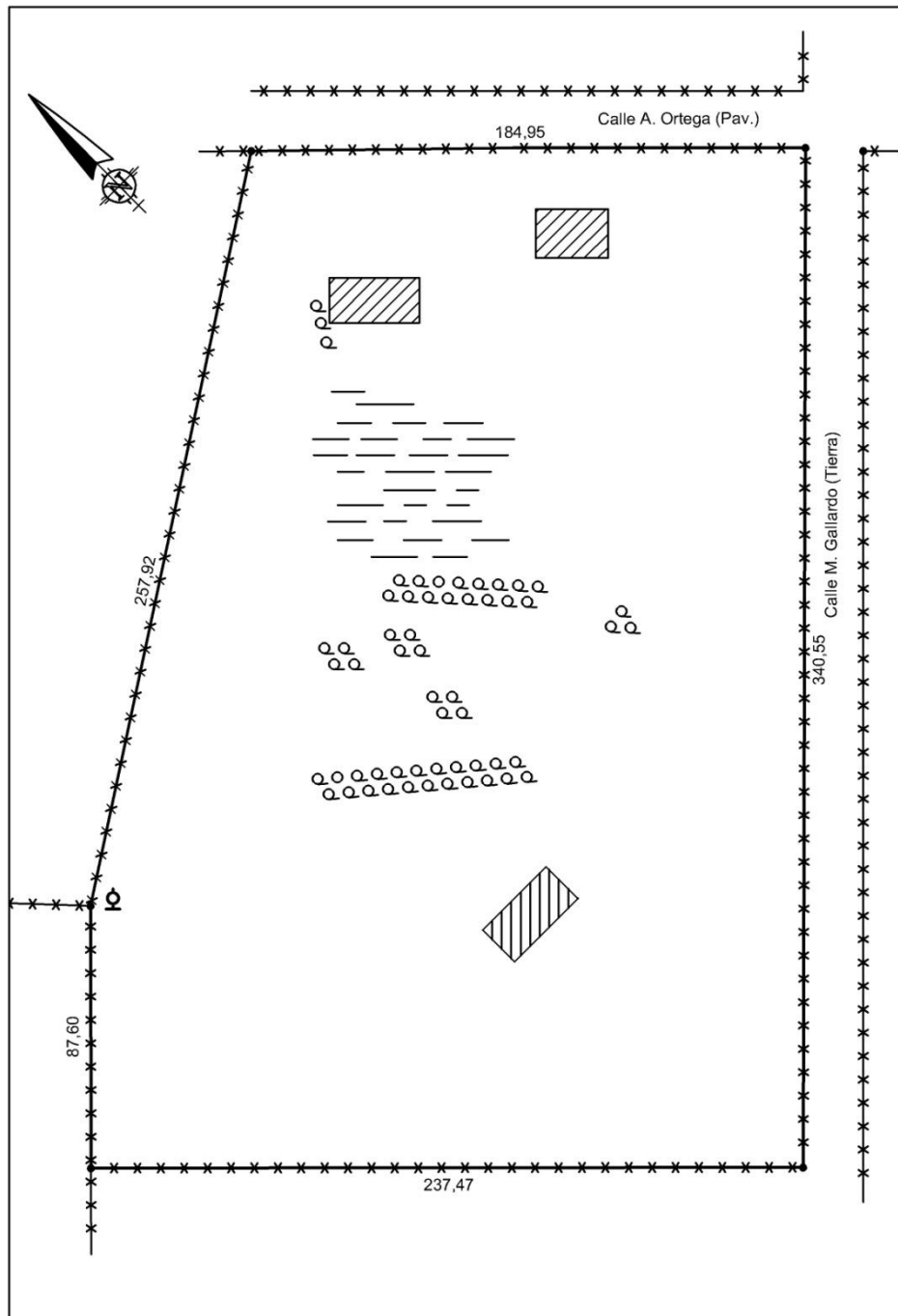


Fig. 1

Para realizar las tareas de campo se propone establecer una poligonal interna de cuatro vértices cerrada, para relevar desde cada uno de sus vértices los elementos representativos que permitirán configurar un producto cartográfico con la precisión requerida. El sistema de coordenadas adoptado tendrá aproximadamente la dirección Norte en correspondencia con el lado mayor de la parcela (Sobre calle M. Gallardo) y tomándose como punto fijo inicial una estaca que denominaremos PF1 próxima al extremo sur de la parcela con coordenadas de valor $1.000,000$ para su ordenada (Norte) y $5.000,000$ para su abscisa (Este).

Nótese que el PF4 será la marca que nos materialice la dirección Norte desde el PF1, para ello se lo coloca separada del alambrado a una distancia similar a la del PF1, y que por su intervisibilidad con el resto de los vértices será utilizado también como punto de control. Entonces una vez estacionado el equipo en el PF1, cargada las coordenadas de dicho punto y registradas se procede a la orientación. Se bisecta al PF4 y se le indica al instrumento que esa dirección es la del Norte de cuadrícula elegido, inmediatamente después, y valiéndose únicamente del movimiento vertical del anteojo, se mide y se registran las coordenadas del PF4.

Luego de la orientación con el PF4 se procede a medir el PF2 con toda la rigurosidad requerida. Posteriormente se comienza con el relevamiento a partir de una radiación desde el vértice, tomando la precaución de medir la mayor cantidad de postes esquineros. Relevados todos los puntos de interés, se procese al cierre de la radiación midiendo nuevamente el punto de orientación PF4, verificando en el momento las diferencias obtenidas y registrando la medición.

El relevamiento de la parcela se continua estacionando y calando el equipo sobre el PF2. Se le cargan a la estación total las coordenadas ya medidas de ese punto y se procede a orientarla con el punto fijo anterior, PF1. Para ello se bisecta cuidadosamente a este último y se le indican al software del instrumento sus coordenadas, ya sea digitándolas o cargándolas desde la memoria. En esa instancia, en la estación total se ha reconfigurado el sistema de referencias creado en la puesta en estación anterior. Los puntos que se releven a continuación estarán referidos al mismo sistema que los ya relevados. El primer punto en medir y registrar es el PF1 de orientación, de este modo la distancia PF1-PF2 está medida en ambos sentidos, posteriormente a modo de control se mide el PF4, verificándose las diferencias obtenidas y registrando los valores. A continuación se procede a medir y registrar el PF3, siguiente punto de la poligonal, con la rigurosidad requerida para un punto fijo. Solamente después de esto se comienza con la radiación desde el vértice, tomando todos aquellos puntos de interés y la mayor cantidad de postes esquineros posible, cerrando la radiación midiendo y registrando el PF1.

El relevamiento se continúa repitiendo la metodología estacionando posteriormente en el PF3 y finalmente en el PF4, desde donde se cierra la poligonal midiendo y registrando al PF1, verificando que la diferencia obtenida es menor a la tolerancia.

Es importante destacar que los postes esquineros del predio se midieron desde diferentes estaciones, cada uno de ellos fue tomado al menos desde dos vértices distintos, ya que los mismos constituyen los *vértices de la poligonal de mensura ABCDEA*.

Poligonal interna y radiaciones propuestas para el relevamiento de los puntos representativos de la parcela, considerando los controles necesarios para las poligonales auxiliar y de mensura (Fig. 2).

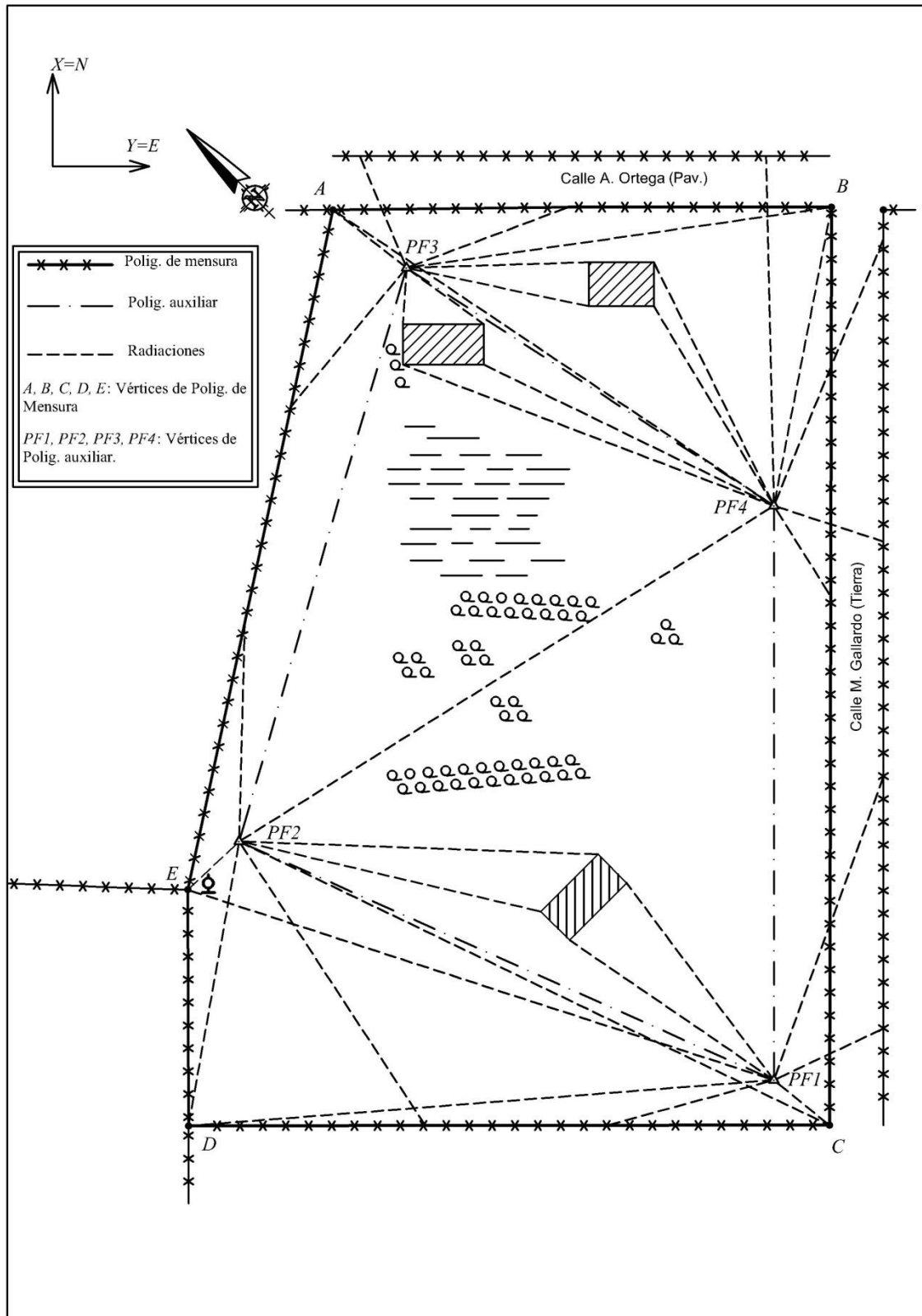
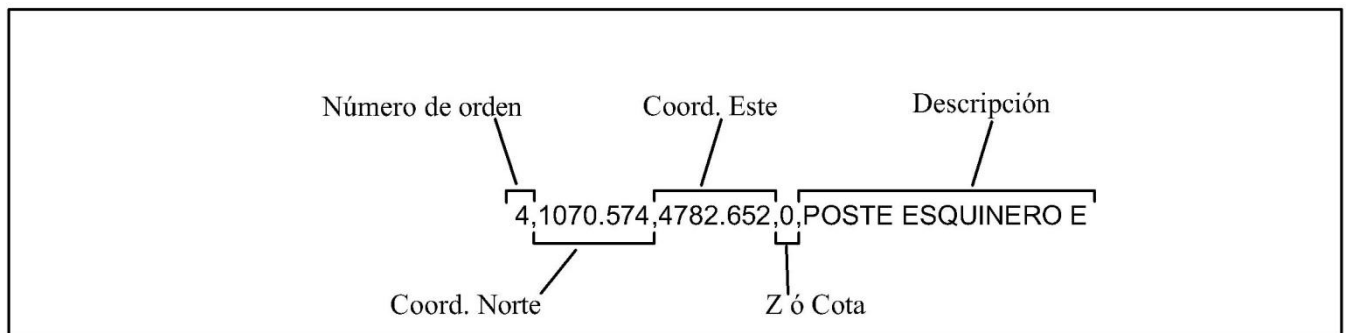


Fig. 2

Finalizado el relevamiento es muy conveniente analizar las diferencias obtenidas a partir de todos aquellos puntos medidos con redundancia para establecer si sus magnitudes son menores al módulo de la tolerancia adoptada. Además se debe controlar que no quedan puntos representativos sin levantar. Errores mayores a la tolerancia o elementos que quedaron sin medir implican regresar a la parcela, lo que conlleva a una pérdida de tiempo y a un incremento en los gastos del trabajo.

Terminadas las tareas de campo, en gabinete se realiza la bajada de los datos de la estación total a una PC. La información puede ser descargada en formato CSV (Valores Separados por Coma), este es compatible con la gran mayoría de instrumentos (Tanto GPS, como estaciones totales y niveles digitales) y software operantes en la actualidad. Expondremos dos tipos de visualización de datos de esta información (Fig. 3).

El archivo puede abrirse con un visualizador de textos, en el que puede verse la verdadera forma en que se ordena la información en el archivo, en cada línea la coma separa los valores y el punto es el separador decimal, no habiendo separador de miles, la configuración regional de la computadora debe estar de acuerdo a este arreglo. A continuación se muestra una línea a modo de ejemplo:



La otra visualización es con un software de planillas de cálculo, en la primera columna se encuentran los números de orden de cada punto, en la segunda las coordenadas Norte, en la tercera las coordenadas Este, en la cuarta la coordenada Z o Cota que tiene valor cero por ser un relevamiento planimétrico, y en la última columna la descripción de cada punto.

Número de orden	Coord. Norte	Coord. Este	Z ó Cota	Descripción
4	1070.574	4782.652	0	POSTE ESQUINERO E

Además se agrega una tercera planilla a los efectos de poder visualizar con mayor claridad cómo se realizó el relevamiento (Fig. 4).

<u>Visualizador de textos.</u>	<u>Planilla de cálculo.</u>				
1,1000,5000,0,PF1	1	1000.000	5000.000	0	PF1
2,1213.06,5000,0,PF4	2	1213.060	5000.000	0	PF4
3,1088.485,4801.658,0,PF2	3	1088.485	4801.658	0	PF2
4,1070.574,4782.652,0,POSTE ESQUINERO E	4	1070.574	4782.652	0	POSTE ESQUINERO E
5,982.999,4782.867,0,POSTE ESQUINERO D	5	982.999	4782.867	0	POSTE ESQUINERO D
6,1051.905,4924.193,0,EDIFICIO	6	1051.905	4924.193	0	EDIFICIO
7,1073.118,4945.406,0,EDIFICIO	7	1073.118	4945.406	0	EDIFICIO
8,983.166,4938.003,0,ALAMBRADO	8	983.166	4938.003	0	ALAMBRADO
9,983.258,5020.607,0,POSTE ESQUINERO C	9	983.258	5020.607	0	POSTE ESQUINERO C
10,1019.125,5040.607,0,ALAMBRADO	10	1019.125	5040.607	0	ALAMBRADO
11,1112.53,5040.607,0,ALAMBRADO	11	1112.530	5040.607	0	ALAMBRADO
12,1213.062,5000.001,0,PF4 - CIERRE	12	1213.062	5000.001	0	PF4 - CIERRE
13,1000.002,4999.997,0,PF1 - ORIENT.	13	1000.002	4999.997	0	PF1 - ORIENT.
14,1213.059,4999.995,0,PF4 - CONTROL	14	1213.059	4999.995	0	PF4 - CONTROL
15,1301.326,4863.738,0,PF3	15	1301.326	4863.738	0	PF3
16,1169.562,4803.726,0,ALAMBRADO	16	1169.562	4803.726	0	ALAMBRADO
17,1070.591,4782.642,0,POSTE ESQUINERO E	17	1070.591	4782.642	0	POSTE ESQUINERO E
18,982.991,4782.839,0,POSTE ESQUINERO D	18	982.991	4782.839	0	POSTE ESQUINERO D
19,983.09,4870.708,0,ALAMBRADO	19	983.090	4870.708	0	ALAMBRADO
20,1062.511,4913.587,0,EDIFICIO	20	1062.511	4913.587	0	EDIFICIO
21,1083.724,4934.8,0,EDIFICIO	21	1083.724	4934.800	0	EDIFICIO
22,983.247,5020.59,0,POSTE ESQUINERO C	22	983.247	5020.590	0	POSTE ESQUINERO C
23,999.999,4999.998,0,PF1 - CIERRE	23	999.999	4999.998	0	PF1 - CIERRE
24,1088.482,4801.657,0,PF2- ORIENT.	24	1088.482	4801.657	0	PF2- ORIENT.
25,1213.065,5000.001,0,PF4 - CONTROL	25	1213.065	5000.001	0	PF4 - CONTROL
26,1280.383,4892.462,0,EDIFICIO	26	1280.383	4892.462	0	EDIFICIO
27,1280.389,4862.462,0,EDIFICIO	27	1280.389	4862.462	0	EDIFICIO
28,1249.802,4820.82,0,ALAMBRADO	28	1249.802	4820.820	0	ALAMBRADO
29,1322.852,4836.383,0,POSTE ESQUINERO A	29	1322.852	4836.383	0	POSTE ESQUINERO A
30,1342.852,4846.403,0,ALAMBRADO	30	1342.852	4846.403	0	ALAMBRADO
31,1323.811,4923.599,0,ALAMBRADO	31	1323.811	4923.599	0	ALAMBRADO
32,1323.831,5021.343,0,POSTE ESQUINERO B	32	1323.831	5021.343	0	POSTE ESQUINERO B
33,1303.434,4931.301,0,EDIFICIO	33	1303.434	4931.301	0	EDIFICIO
34,1287.076,4931.327,0,EDIFICIO	34	1287.076	4931.327	0	EDIFICIO
35,1088.482,4801.659,0,PF2 - CIERRE	35	1088.482	4801.659	0	PF2 - CIERRE
36,1301.325,4863.736,0,PF3- ORIENT.	36	1301.325	4863.736	0	PF3- ORIENT.
37,1000.003,5000.002,0,PF1 - CONTROL	37	1000.003	5000.002	0	PF1 - CONTROL
38,1088.48,4801.659,0,PF2 - CONTROL	38	1088.480	4801.659	0	PF2 - CONTROL
39,1265.369,4862.475,0,EDIFICIO	39	1265.369	4862.475	0	EDIFICIO
40,1265.383,4892.462,0,EDIFICIO	40	1265.383	4892.462	0	EDIFICIO
41,1322.85,4836.392,0,POSTE ESQUINERO A	41	1322.850	4836.392	0	POSTE ESQUINERO A
42,1287.076,4955.468,0,EDIFICIO	42	1287.076	4955.468	0	EDIFICIO
43,1303.434,4955.423,0,EDIFICIO	43	1303.434	4955.423	0	EDIFICIO
44,1342.852,4997.074,0,ALAMBRADO	44	1342.852	4997.074	0	ALAMBRADO
45,1323.812,5021.326,0,POSTE ESQUINERO B	45	1323.812	5021.326	0	POSTE ESQUINERO B
46,1312.002,5040.607,0,ALAMBRADO	46	1312.002	5040.607	0	ALAMBRADO
47,1199.806,5040.607,0,ALAMBRADO	47	1199.806	5040.607	0	ALAMBRADO
48,1180.182,5020.607,0,ALAMBRADO	48	1180.182	5020.607	0	ALAMBRADO
49,1301.327,4863.737,0,PF3 - CIERRE	49	1301.327	4863.737	0	PF3 - CIERRE

Fig. 3.

RELEVAMIENTO CON INSTRUMENTO DE ESTACION TOTAL (GUIA PRÁCTICA)

EST.	N° DE PTO.	NORTE	ESTE	COTA	DESIGNACION	OBSERVACIONES
PF1	1	1000.000	5000.000	0	PF1	No fue medido, sino cargado manualmente y registrado
	2	1213.060	5000.000	0	PF4	Medido por primera vez
	3	1088.485	4801.658	0	PF2	Medido por primera vez
	4	1070.574	4782.652	0	POSTE ESQUINERO E	Relevamiento de puntos de interés desde PF1
	5	982.999	4782.867	0	POSTE ESQUINERO D	
	6	1051.905	4924.193	0	EDIFICIO	
	7	1073.118	4945.406	0	EDIFICIO	
	8	983.166	4938.003	0	ALAMBRADO	
	9	983.258	5020.607	0	POSTE ESQUINERO C	
	10	1019.125	5040.607	0	ALAMBRADO	
	11	1112.530	5040.607	0	ALAMBRADO	
	12	1213.062	5000.001	0	PF4 - CIERRE	Cierre de la Radiación
CAMBIO DE ESTACION						
PF2	13	1000.002	4999.997	0	PF1 - ORIENT.	Orientación con PF1
	14	1213.059	4999.995	0	PF4 - CONTROL	Control con PF4
	15	1301.326	4863.738	0	PF3	Medido por primera vez
	16	1169.562	4803.726	0	ALAMBRADO	Relevamiento de puntos de interés desde PF2
	17	1070.591	4782.642	0	POSTE ESQUINERO E	
	18	982.991	4782.839	0	POSTE ESQUINERO D	
	19	983.090	4870.708	0	ALAMBRADO	
	20	1062.511	4913.587	0	EDIFICIO	
	21	1083.724	4934.800	0	EDIFICIO	
	22	983.247	5020.590	0	POSTE ESQUINERO C	Cierre de la Radiación
23	999.999	4999.998	0	PF1 - CIERRE		
CAMBIO DE ESTACION						
PF3	24	1088.482	4801.657	0	PF2- ORIENT.	Orientación con PF2
	25	1213.065	5000.001	0	PF4 - CONTROL	Control con PF4
	26	1280.383	4892.462	0	EDIFICIO	Relevamiento de puntos de interés desde PF3
	27	1280.389	4862.462	0	EDIFICIO	
	28	1249.802	4820.820	0	ALAMBRADO	
	29	1322.852	4836.383	0	POSTE ESQUINERO A	
	30	1342.852	4846.403	0	ALAMBRADO	
	31	1323.811	4923.599	0	ALAMBRADO	
	32	1323.831	5021.343	0	POSTE ESQUINERO B	
	33	1303.434	4931.301	0	EDIFICIO	
	34	1287.076	4931.327	0	EDIFICIO	
	35	1088.482	4801.659	0	PF2 - CIERRE	Cierre de la Radiación
CAMBIO DE ESTACION						
PF4	36	1301.325	4863.736	0	PF3- ORIENT.	Orientación con PF3
	37	1000.003	5000.002	0	PF1 - CONTROL	Cierre Polig. y Control con PF1
	38	1088.480	4801.659	0	PF2 - CONTROL	Control con PF2
	39	1265.369	4862.475	0	EDIFICIO	Relevamiento de puntos de interés desde PF4
	40	1265.383	4892.462	0	EDIFICIO	
	41	1322.850	4836.392	0	POSTE ESQUINERO A	
	42	1287.076	4955.468	0	EDIFICIO	
	43	1303.434	4955.423	0	EDIFICIO	
	44	1342.852	4997.074	0	ALAMBRADO	
	45	1323.812	5021.326	0	POSTE ESQUINERO B	
	46	1312.002	5040.607	0	ALAMBRADO	
	47	1199.806	5040.607	0	ALAMBRADO	
	48	1180.182	5020.607	0	ALAMBRADO	
	49	1301.327	4863.737	0	PF3 - CIERRE	Cierre de la Radiación

Fig. 4

La información en formato CSV es representada en formato gráfico tipo CAD logrando obtener una "Nube de Puntos" (Fig. 5), acompañando a cada uno de ellos su número y su descripción. En los puntos medidos con redundancia se visualizarán tantos textos de número y descripción como veces fue medido ese punto.

Una alternativa muy útil de trabajo es agrupar los puntos de igual designación en diferentes capas (Layers). Esto permite un manejo mucho más ágil de los datos.

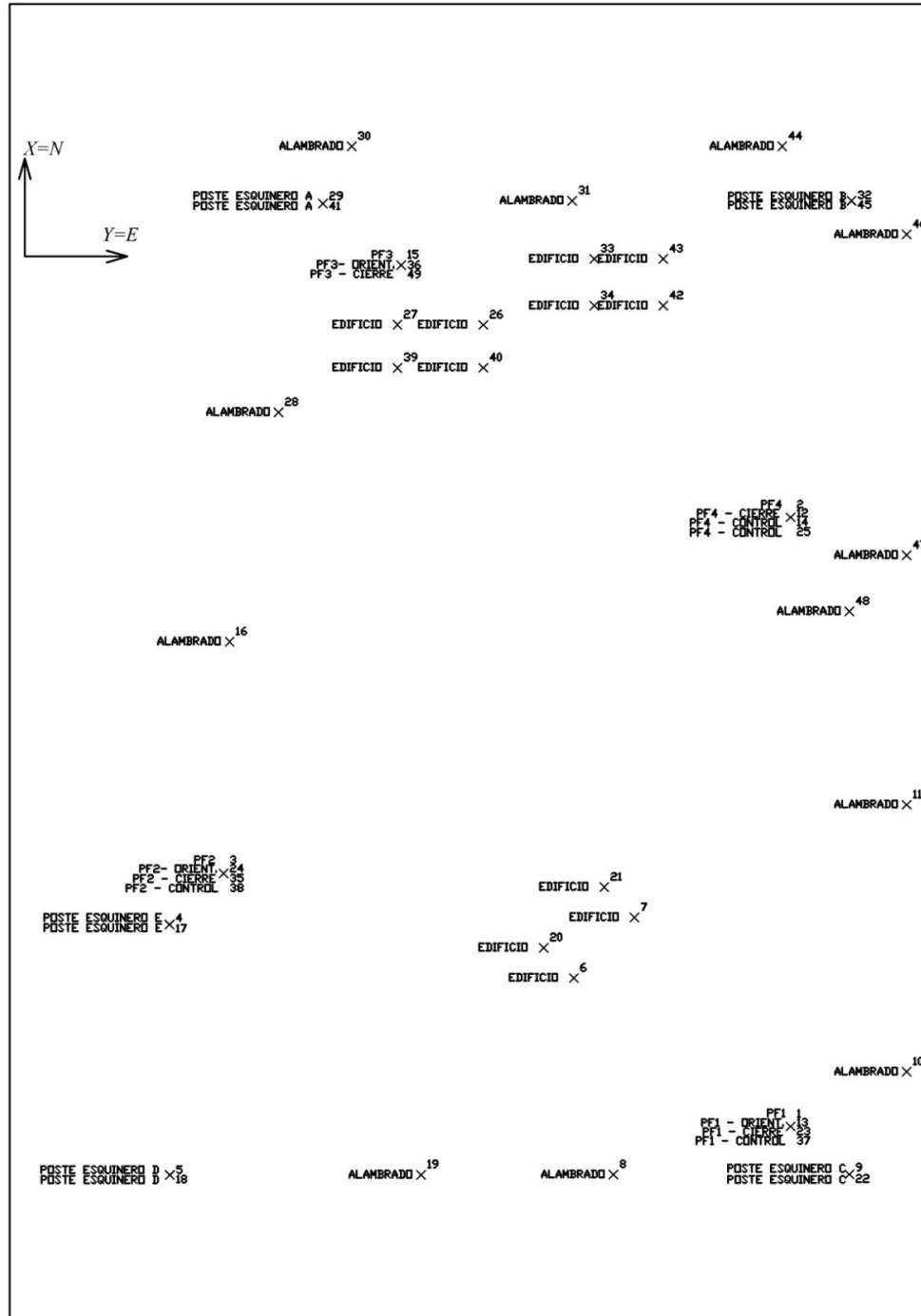


Fig. 5

A partir de la nube de puntos y con la ayuda de los croquis confeccionados en las libretas de campo se dibujan los elementos relevados (Fig. 6). Cabe destacar que en ocasiones el operador del instrumento usa una libreta y el encargado de llevar el prisma otra. Una vez que se finaliza la representación gráfica del levantamiento topográfico, puede asegurarse que el mismo fue terminado. Luego mediante la edición es posible confeccionar planos de mensura, planos base para proyectos de ingeniería, etc. ya que de este modelo digital pueden obtenerse todas las medidas lineales, angulares y superficiales de la parcela y sus mejoras.

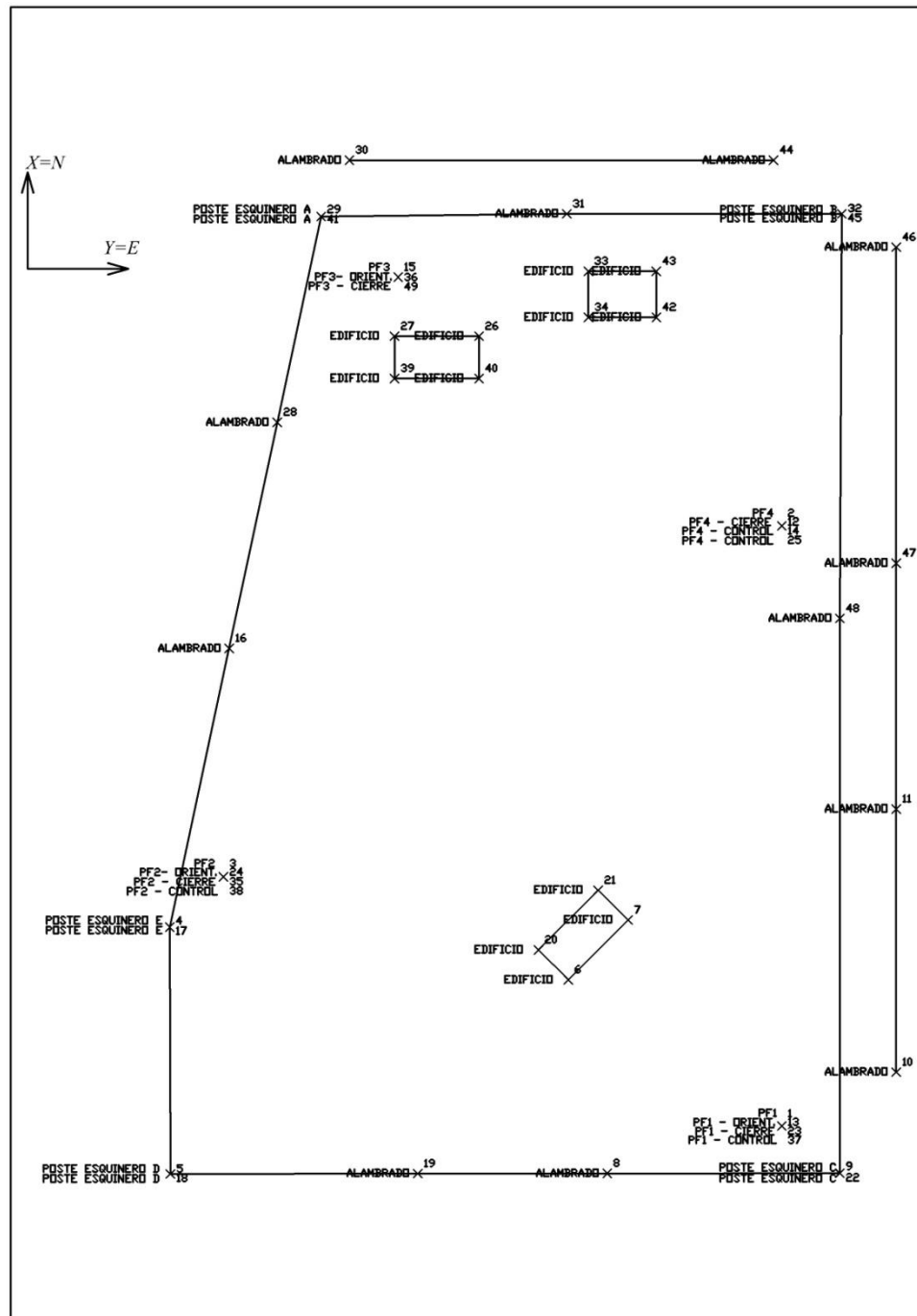


Fig. 6