

MAPA TOPOGRÁFICO

Un mapa topográfico es la representación de la distribución de los rasgos morfológicos (naturales y artificiales) de una región, en proyección horizontal. Estos rasgos se pueden clasificar en tres grupos principales:

RELIEVE: Comprende los accidentes naturales del terreno que en su conjunto constituyen elevaciones, depresiones, llanuras y que dan origen a serranías, colinas, valles y planicies.

HIDROGRAFIA: Comprende ríos, mares, lagos, lagunas, etc, ya sean cuencas abiertas o cerradas.

OBRAS Y CONSTRUCCIONES CIVILES: Corresponden a rasgos del terreno introducidos por la mano del hombre en el paisaje natural, para satisfacer sus exigencias y comodidades. Tales obras, se traducen en caminos, puentes, embalses, vías férreas, ciudades, pueblos, etc.

Un mapa topográfico es la base de apoyo de todo otro mapa específico (o temático) como por ejemplo: mapas geológicos, mapas de suelos, mapas floro-faunísticos, etc. Todo mapa topográfico lleva: título, sistema de coordenadas, escala, y las referencias cartográficas.

Título: Por lo general los mapas topográficos llevan como título el nombre de la localidad más importante localizada dentro del área.

Sistema de coordenadas: La ubicación precisa del área del mapa queda establecida mediante un sistema de coordenadas. La posición de cualquier punto dentro del mismo puede ser calculada mediante los valores de coordenadas (geográficas y/o planas) presentes en los bordes del mapa.

Escala: Todo mapa representa una porción de la superficie terrestre en forma reducida. Debido a ello es necesario establecer una relación entre la medida real de los objetos presentes en el terreno y la medida con la cual ellos han sido dibujados en el papel. La relación de escala permite conocer en que medida (cuanto) han sido disminuidos los objetos para que puedan caber en el papel. La escala de un mapa puede ser expresada en **forma numérica o gráfica**.

Las escalas numéricas establecen esta relación mediante números que expresan valores en unidades de igual especie.

Por ejemplo, la escala 1:100 significa que 1cm en el papel representan 100 cm del terreno, o bien, la relación papel a terreno está reducida a una centésima parte.

Cuando los mapas cubren amplias regiones, el denominador suele ser de mayor magnitud a fin de reducir en el papel la relación de la zona cartografiada, por eso los mapas que cubren grandes áreas se dibujan a escalas de 1:5.000.000; 1:3.000.000; 1:500.000, etc.

Por el contrario, cuando la zona cartografiada es de pequeñas dimensiones, se utiliza un denominador pequeño. Para poder representar con cierto grado de detalle, un valle fluvial de 20 metros de ancho, se podría utilizar una escala 1:2000, es decir, 1 cm = 20 m.

La **Figura N°1** muestra un mapa de la Provincia de San Luis en tres escalas distintas. Nótese que a medida que la escala es más grande (denominador más pequeño) los rasgos se observan con mayor detalle. De manera inversa, cuando en una superficie fija (por ejemplo esta hoja) queremos representar una mayor superficie del terreno, la escala debe reducirse para lo cual debe elegirse un denominador más grande, por ejemplo 1:100.000.

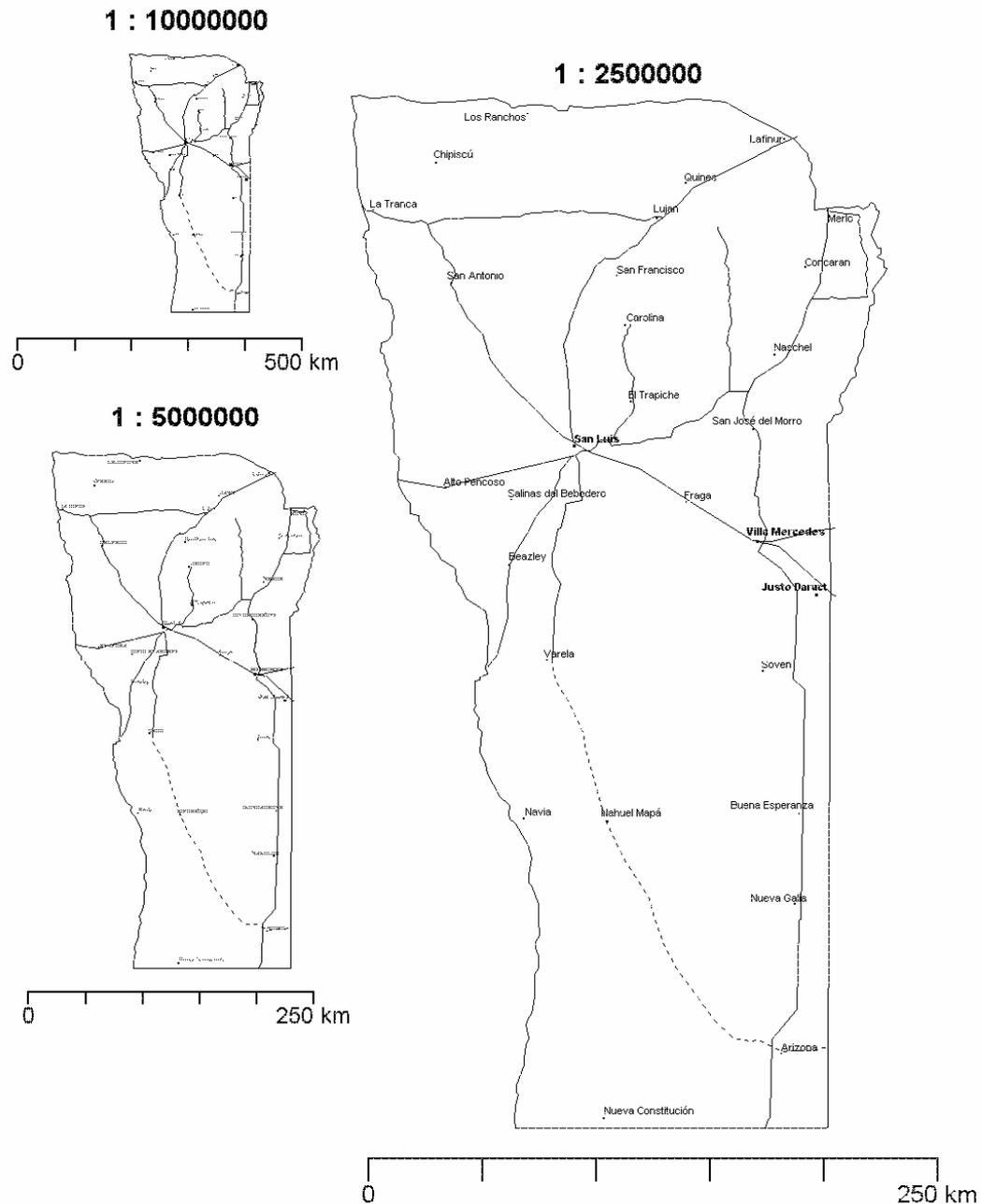


Figura 1: Provincia de San Luis a diferentes escalas

Como puede observarse en la **Fig. N°1** la escala expresada en forma numérica está acompañada por una **escala gráfica**. En la escala gráfica, la relación de las magnitudes se representa por segmentos de rectas de valores definidos numéricamente, permitiendo así mantener la relación de escala aún cuando se varía el tamaño natural del papel (por ejemplo por ampliación o reducción mediante fotocopiado). La representación gráfica se hace a partir de una recta dividida en partes iguales, donde cada una de ellas es la unidad de longitud de la escala del mapa.

Habitualmente la unidad es el kilómetro. Se la representa como un segmento de recta graduado de izquierda a derecha (**Fig. N° 2**); en ocasiones se le agrega un segmento más a la izquierda del cero, dividido en fracciones menores, llamado **talón**.

ESCALA 1:100.000

**Figura Nº 2. Escala gráfica.**

Observe que 1km del terreno está representado en 1 cm de papel.

Referencias cartográficas: La representación de los elementos del terreno, como el relieve, la hidrografía, las construcciones, etc, se realiza mediante **símbolos gráficos**. Por ello se requiere explicitar el significado de cada uno de los símbolos a través de la Referencia Cartográfica o Leyenda, como se muestra en la **Figura N3**.

Orientación: Todo mapa debe constar, para su correcta ubicación, de una grilla de coordenadas geográficas y/o planas. Además debe tener una indicación del Norte a través de una flecha (**Fig N3**).

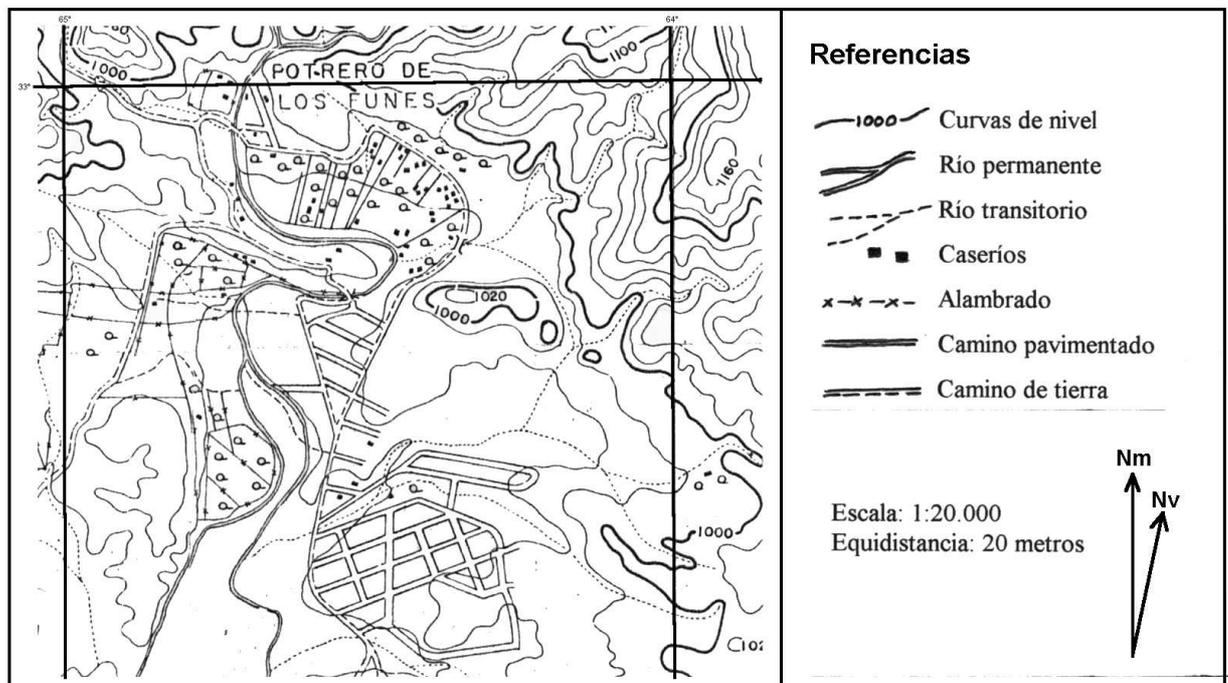


Figura N3: Fragmento del mapa topográfico "Potrero de los Funes".

Representación del relieve: En los mapas topográficos actuales, el relieve se representa mediante líneas que se denominan **curvas de nivel o curvas hipsométricas**. Dicho sistema es de gran utilidad ya que permite realizar mediciones de alturas y pendientes con precisión.

Existen otros métodos de representación del relieve, como por ejemplo el sistema de trazos de pendientes o el de esfumaje, cuya utilización es muy limitada en la actualidad. El sistema de trazos de pendiente se basa en la distinta intensidad de iluminación que recibe un terreno accidentado. Como las superficies horizontales son más intensamente iluminadas por la luz vertical, estas se representan en blanco, mientras que las inclinadas con tintas más oscuras cuanto más se alejen de la horizontal. El sistema de esfumaje se ejecuta con pincel y tiene igualmente en cuenta la iluminación, por lo tanto la magnitud de la pendiente se expresa por la intensidad del color.

Curvas de nivel: Las curvas de nivel son las proyecciones sobre un plano horizontal de las líneas que se forman por la intersección de planos horizontales con la superficie del terreno. En un mapa, representa una línea curva que une puntos de igual altitud. **(Ver Figura N°4)**

La línea formada por la costa en el momento en que el mar alcanza su nivel medio, se llama curva de nivel de elevación cero o cota cero, pues el nivel medio del mar se toma como nivel de referencia global. Una curva de nivel representando una elevación de 20 m. (o cota de 20 m.) surge de la intersección de la superficie del terreno con un plano horizontal ubicado 20 metros, respecto del nivel del mar.

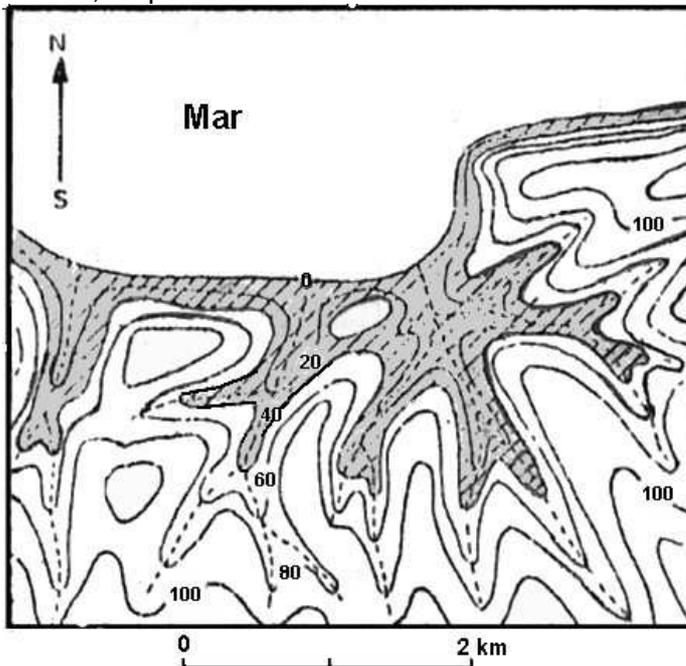


Figura N°4: Si el mar se elevara 20 m, la nueva línea de costa coincidiría con la curva de nivel de 20 metros. Del mismo modo, si el mar se elevara 40 metros, la nueva línea de costa coincidiría con la curva de nivel de 40 metros y así sucesivamente. (En este caso la equidistancia de las curvas de nivel es igual a 20 metros)

La **equidistancia** es la distancia vertical entre dos curvas de nivel. Dicho de otra manera, es la diferencia de altura entre dos curvas de nivel consecutivas. **(Ver Figura N°5)**

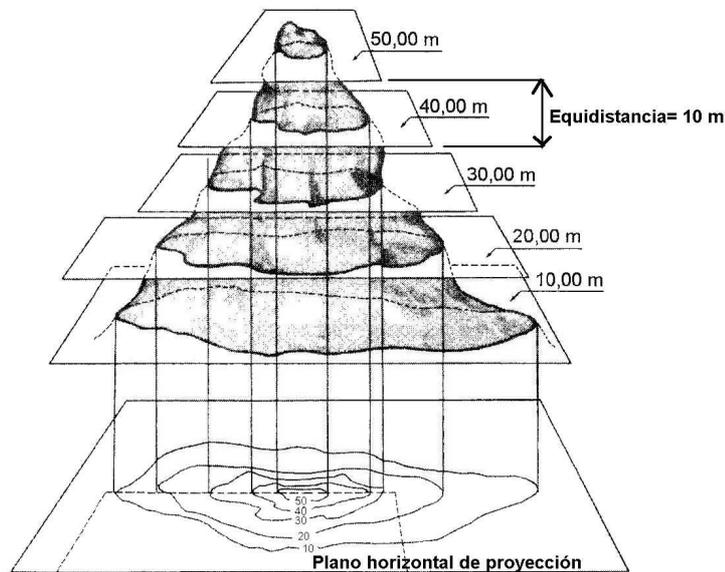


Figura N° 5

Cuando se construye un mapa topográfico, la equidistancia a utilizar debe ser elegida con cuidado, basándose en las características del terreno. Si se requiere mucho detalle, la equidistancia deberá ser menor. Por ejemplo, en un mapa topográfico de un área de llanura, se puede utilizar una equidistancia de 50 cm, pero en un área montañosa, la equidistancia deberá ser mucho mayor, por ejemplo 100 metros.

En un mapa topográfico pueden coexistir curvas de nivel con equidistancias diferentes, esto puede deberse a que dentro del área cartografiada se presentan zonas con relieves muy diferentes, por ejemplo áreas de llanura y áreas de montaña.

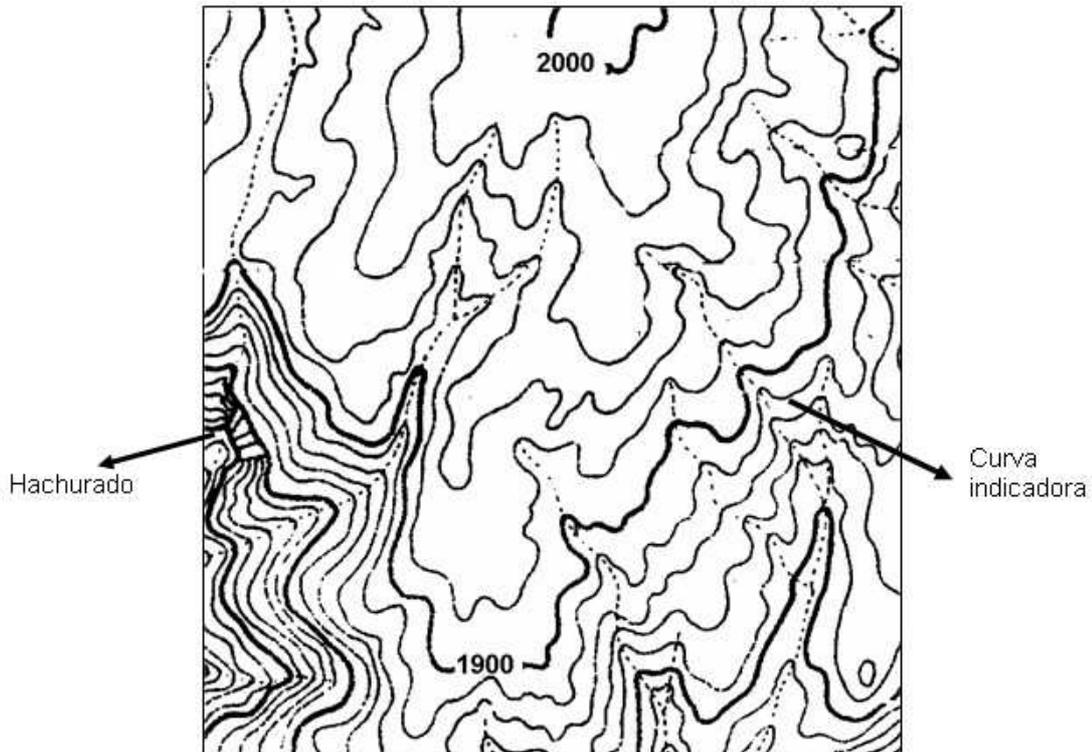


Figura N°6: Fragmento de un mapa topográfico

A los efectos de hacer más sencilla la lectura e interpretación del relieve, algunas curvas de nivel se imprimen con trazo más marcado que las otras: estas líneas se denominan **curvas indicadoras (Figura N°6)**. Las curvas intermedias, además de estar menos marcadas, con líneas más delgadas, no llevan el valor de la altura, para no recargar el mapa.

Propiedades de las curvas de nivel

Las curvas de nivel presentan ciertas propiedades:

- 1) Las curvas de nivel son cerradas: Una curva de nivel de la misma altura que el nivel del mar, será una curva cerrada que circunda el mar.
- 2) Las curvas de nivel no se cortan: Los planos imaginarios horizontales que interceptan el relieve no se cortan porque siempre son paralelos entre sí.

Consecuentemente las curvas de nivel nunca se cortan entre sí, salvo casos muy hipotéticos por cierto en la naturaleza como los que se muestran en la **Figura N°7**.

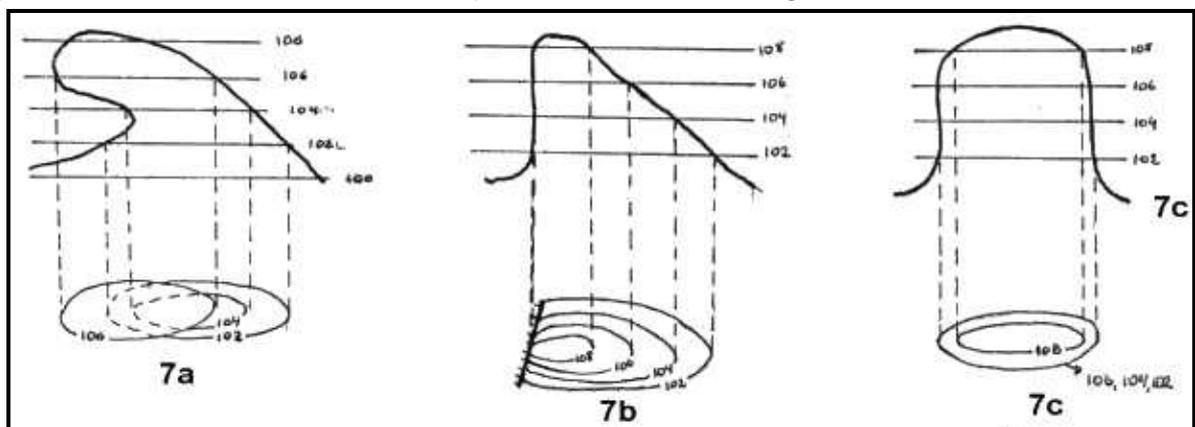


Figura N°7: Casos de excepción en las curvas de nivel

en un mismo punto de la proyección horizontal, se obtendrían curvas de nivel de diferentes alturas, lo que es imposible.

En el segundo caso (**Fig. N°7b y 7c**), en formaciones de paredes verticales, todas las proyecciones de distintas alturas se superpondrían obteniéndose una sola curva.

En zonas donde la pendiente es muy pronunciada, puede ocurrir que las curvas de nivel resultantes se aproximen demasiado entre sí, tornando el mapa ilegible. Para solucionar esto se utiliza el **hachurado** (Ver Fig. N°6) que consiste en suplantar las curvas de nivel que se ubican entre las curvas de nivel indicadoras, por líneas perpendiculares.

Interpretación de las curvas de nivel

La lectura de las curvas de nivel permite interpretar, por ejemplo, las características de las **pendientes**. Ejemplo: cuanto menor es la pendiente del terreno, las curvas de nivel se distancian más entre sí y viceversa (**Figura N°8**).

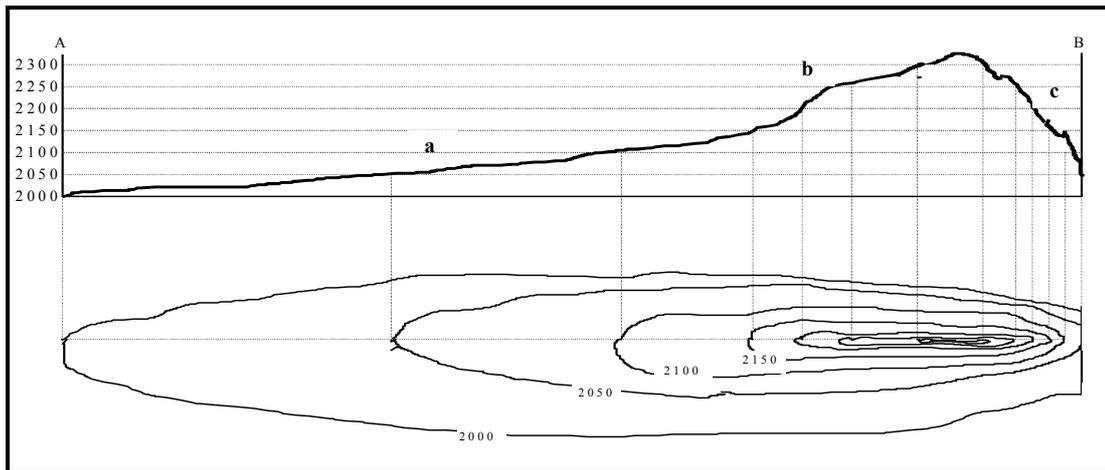
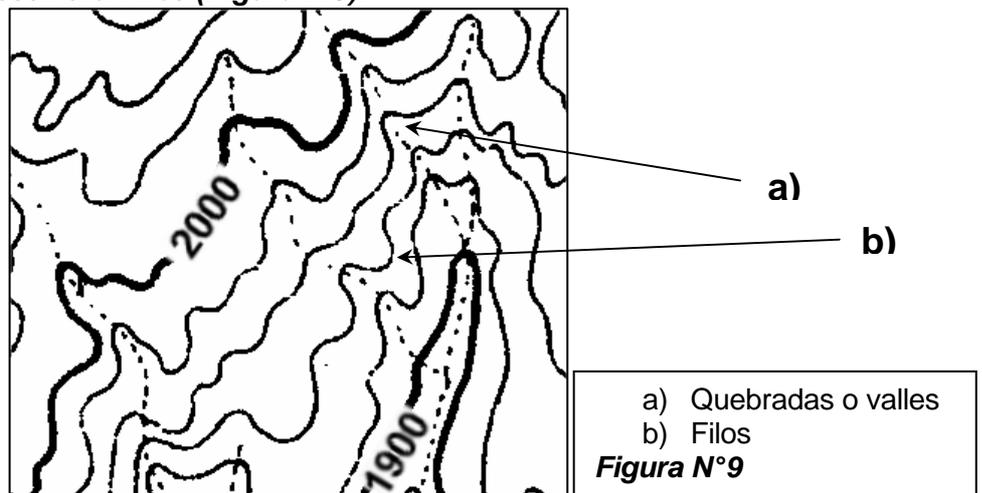


Figura N°8: a) pendiente suave b) pendiente moderada y c) pendiente fuerte

Además, el análisis de la forma de las curvas de nivel permite distinguir las morfologías de **filos y quebradas** (Recordemos que los primeros son formas positivas, mientras las quebradas son depresiones). Cuando las curvas de nivel cruzan un filo o una quebrada, estas presentan una inflexión generando una forma de “V”. Si el vértice de la “V” apunta aguas arriba (zona de mayores alturas), entonces se debe interpretar el relieve como una quebrada o valle; en cambio, si las curvas de nivel inflexionan aguas abajo (zona de menores alturas), representarán filos (**Figura N°9**).



Cuando en un mapa las curvas de nivel están cerradas, estas pueden representar **picos o domos** (Figura N°10), en cambio si los valores disminuyen hacia el centro, debemos interpretar una **depresión**.

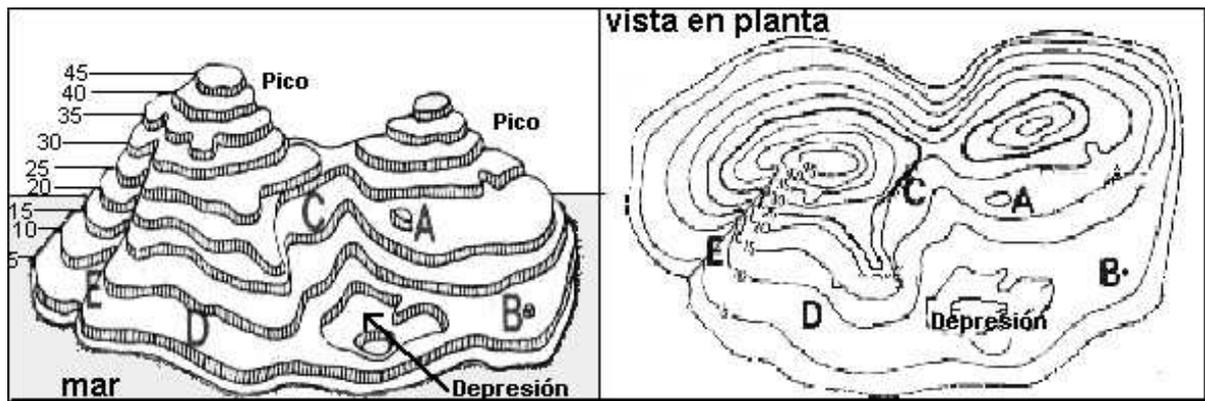


Figura N°10: Pico y Depresión

En el caso de depresiones, la última curva de nivel puede tener marcas perpendiculares a la curva (curvas de forma) para señalar la presencia de la depresión, como se muestra en la **Fig.N°11**.

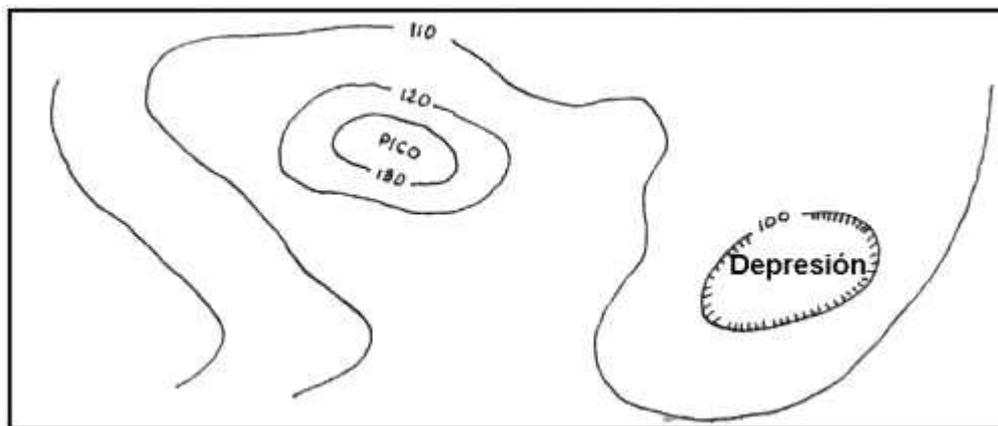


Figura N°11: Elevaciones y depresiones en un mapa topográfico

DETERMINACION CUANTITATIVA DE LA PENDIENTE

Además de poder estimar (en forma cualitativa) si la pendiente es suave, moderada o fuerte, un mapa topográfico con curvas de nivel, permite medir con precisión su valor angular. El grado de inclinación del terreno (gradiente), se puede expresar mediante grados sexagesimales o porcentaje. Por ejemplo una pendiente de 45° corresponde a un porcentaje de 100% de pendiente.

Para determinar la pendiente del terreno a partir de un mapa topográfico existen varios métodos:

1) Método gráfico: Se basa en construir primero un perfil topográfico a escala natural y luego medir directamente sobre el gráfico el ángulo con un transportador (**Figura N°12**).

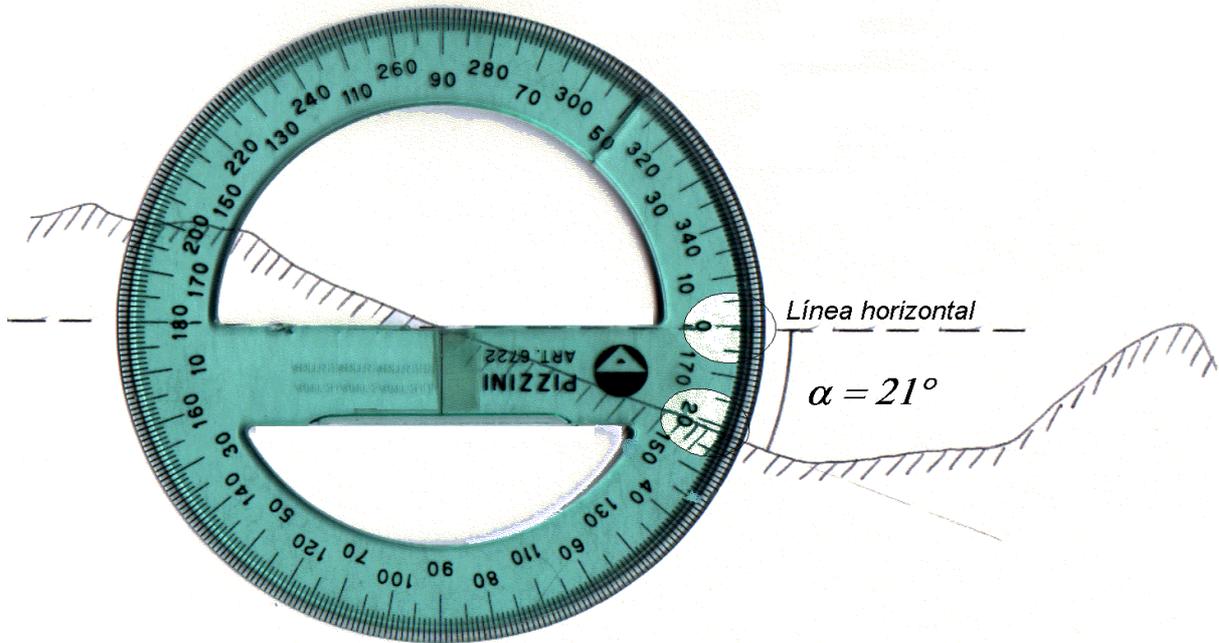
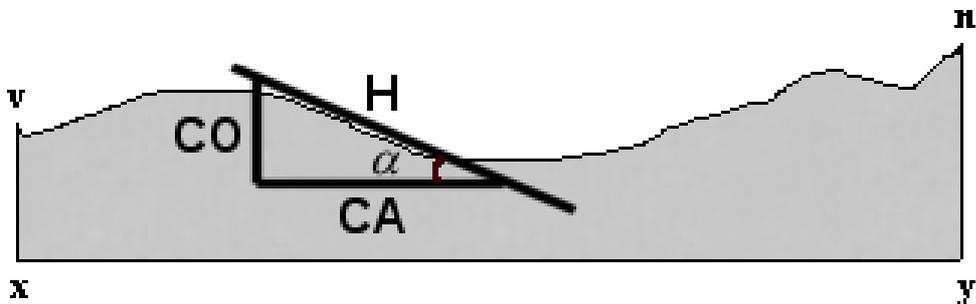


Figura N°12: Medición de la pendiente con transportador en un perfil topográfico

2) Otra forma consiste en utilizar las fórmulas trigonométricas. Para ello se debe dibujar un **triángulo rectángulo** que comprenda la pendiente de interés (hipotenusa) y mediante una regla, obtener los valores en centímetros del cateto opuesto (**CO**) y del cateto adyacente (**CA**) al ángulo de pendiente como muestra la **Figura N°13**. El valor angular de la pendiente en grados sexagesimales se calcula como:

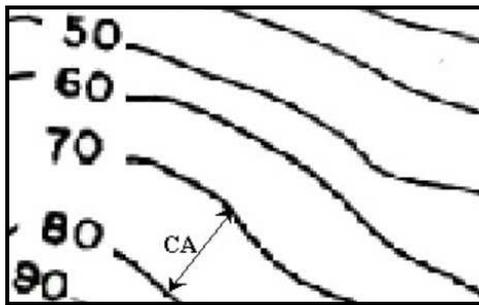


$$\alpha = \arctg (CO / CA) \quad \text{y el porcentaje como:} \quad \% = (CO / CA) \times 100 .$$

Figura N°13: Medición de la pendiente mediante fórmulas trigonométricas

Nota: En los Prácticos se emplearán los métodos 1) y 2) únicamente

3) Mediante una regla se mide la distancia que separa a dos curvas (en centímetros) y luego se transforma ese valor a la escala del mapa. Este valor corresponde al CA (distancia planimétrica). Para conocer el CO (desnivel), se restan los valores de altura de las dos curvas involucradas (**Ver Figura N°14**).



CA (con regla) = 2 cm
 Si la escala del mapa es 1:10000 \Rightarrow
 1cm=100 metros \Rightarrow CA = 2 cm = 200 metros

CO = 80 m - 70 m = 10 m

$\alpha = \arctg CO/CA = \arctg 10/200 = 2^{\circ}51'$

$\% = CO/CA \times 100 = 10/200 \times 100 = 5\%$

Figura N°14: Medición de la pendiente sobre el mapa topográfico

El porcentaje de pendiente indica la variación vertical de la altura respecto de la distancia horizontal. En el ejemplo de la **Fig. N°14** el valor del 5% significa que la altura aumenta 5 metros cada 100 metros.

CONSTRUCCIÓN DE PERFILES TOPOGRAFICOS

Un perfil topográfico es un diagrama que muestra la silueta de la superficie del terreno tal como aparecería al cortarla transversalmente por un plano vertical. El perfil se compone de cuatro líneas que cierran completamente el espacio. Estas son: la línea superior que constituye el perfil propiamente dicho (v-n), la línea base (x-y), y las dos líneas que limitan sus extremos (x-v, e y-n) (**Ver Figura N°15**)

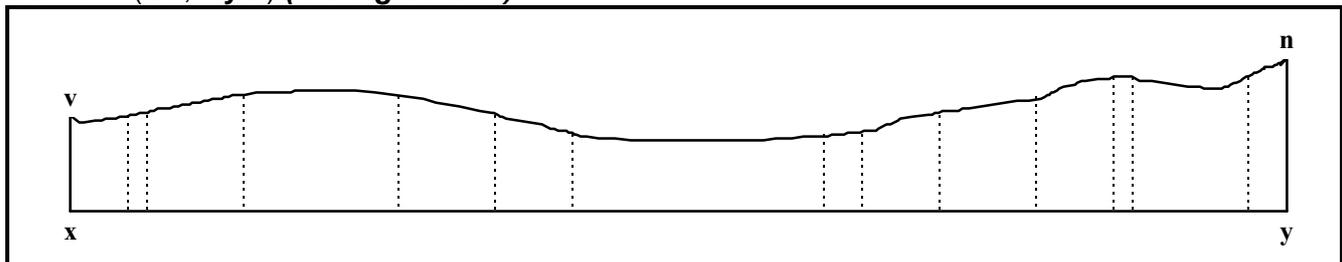


Figura N°15: Perfil topográfico (vn: línea superior, xy: línea de base, vx y ny: líneas laterales)

La línea del perfil constituye el límite superior del diagrama y representa la intersección del plano vertical con la superficie del terreno. La línea de base se traza horizontalmente y su posición se elige de modo que se encuentre a una distancia conveniente por debajo del punto de menor altitud del perfil. Las líneas que limitan los extremos son perpendiculares a la línea de base.

La ubicación del perfil sobre el mapa topográfico se indicará siempre por una línea recta en cuyos extremos se coloca una letra mayúscula para indicar el comienzo y el fin del perfil

Un perfil topográfico presenta dos dimensiones, una en la horizontal (longitud) y otra en la vertical (altura). Cada una de ellas puede representar las dimensiones (longitud y altura) a la misma escala del mapa o no. Si ambas escalas (la horizontal y la vertical) son iguales, se dice entonces que el perfil está construido a **escala natural**.

En algunos casos, la escala vertical se dibuja dos a tres veces más grande que la horizontal (**Ver Figura N°16**), se dice entonces que la **escala vertical** está **exagerada**. La exageración puede ser útil sólo cuando queremos resaltar los rasgos de relieve poco pronunciados, pero en general no es aconsejable ya que producen deformación.

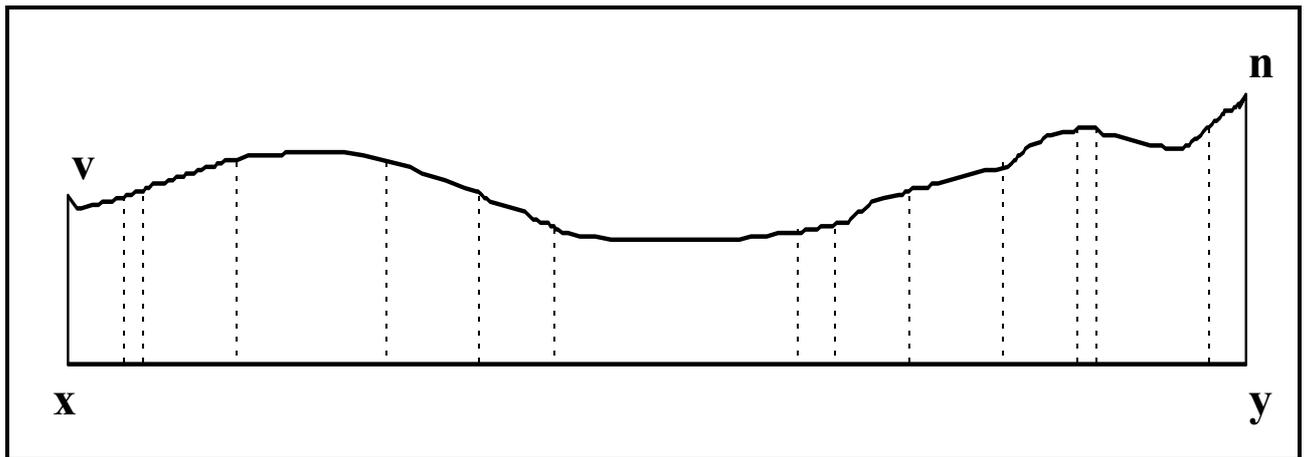


Figura N°16: Perfil análogo al de la **Fig. N°1**, pero la escala vertical es tres veces mayor que la escala horizontal. Por lo tanto, las pendientes están exageradas.

CONSTRUCCION DE UN PERFIL TOPOGRÁFICO

Construiremos un perfil topográfico a lo largo de la línea AB del mapa de la **Figura N°17** :

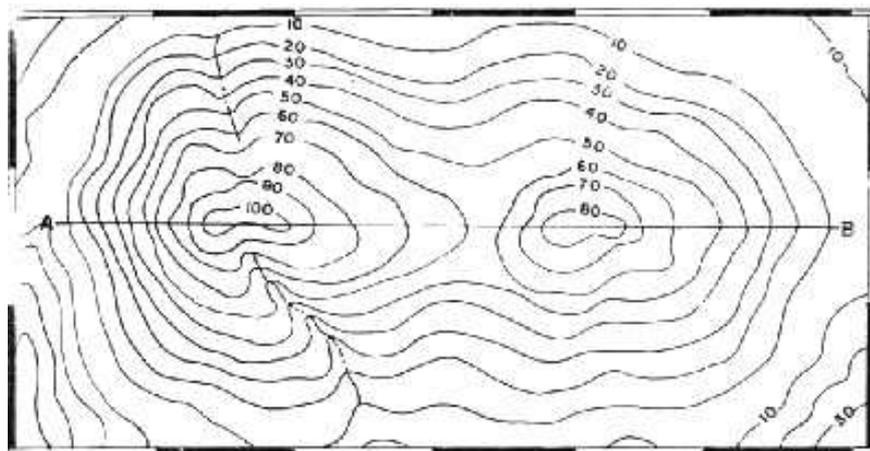
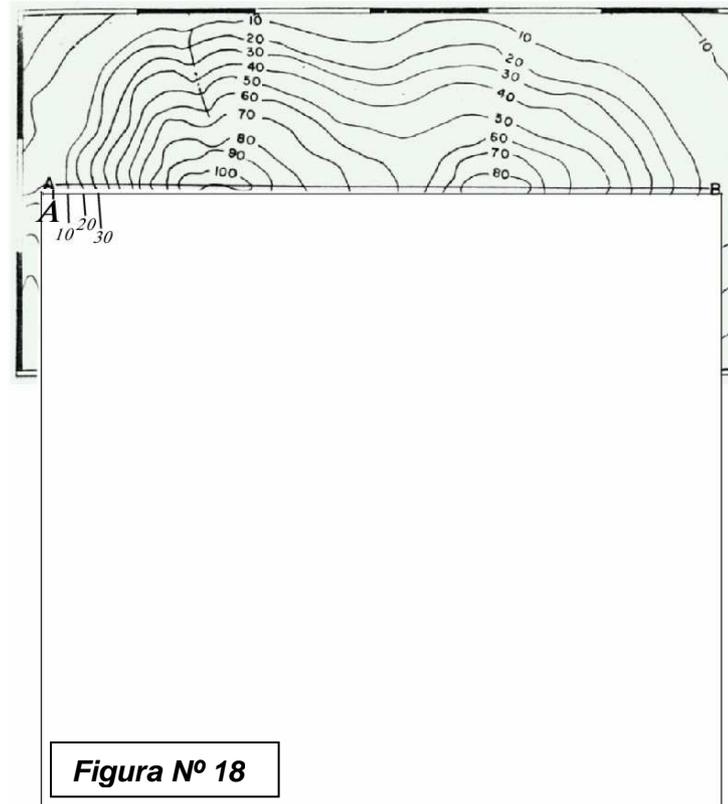


Figura N°17: Traza del perfil (línea AB) sobre el mapa topográfico

Procedimiento:

✓ Coloque sobre el mapa topográfico una hoja borrador haciendo coincidir el borde superior de la hoja con línea del perfil que se desea construir (línea **AB**). Marque con lápiz sobre el borde superior de la hoja el inicio del perfil (donde está la letra A) y luego trace una pequeña raya sobre el papel borrador, cada vez que la línea AB intercepte una curva de nivel. Debajo de cada raya coloque el valor de la curva de nivel interceptada por el perfil (**Figura N°18**). Si atraviesa un curso de agua indíquelo con una “v”



✓ Una vez que ha tomado todos los valores a lo largo del perfil, retire la hoja. En hoja aparte, dibuje la base del perfil (eje x) con la misma longitud del perfil A-B y una línea perpendicular (eje y) con la escala vertical.

Preste especial atención a la construcción de la escala vertical. **Trate siempre que la escala vertical sea la misma que la escala del mapa.** Por ejemplo, si el mapa tiene una escala 1:1000, significa que 1cm = 1000 cm, o lo que es lo mismo, 1cm = 100 metros. El gráfico **x-y** será como el de la **Figura N°19**.



Figura N°19: Sistema de ejes para dibujar el perfil topográfico

Como la curva de nivel de menor altura, del perfil que desea construir, es de 10 metros (esto significa que se encuentra a 10 metros sobre el nivel del mar), puede ubicar en la parte inferior de la escala vertical el valor 0 m.

✓ Luego ubique el papel borrador, con los valores de curvas de nivel marcados con las rayas en el extremo superior, en la base del sistema coordenado del perfil. Utilizando regla y escuadra, prolongue hacia arriba cada uno de los puntos marcados con una raya, hasta encontrar su valor correspondiente sobre la escala vertical (**Figura N20**) y allí marque un punto. (**no hace falta dibujar las líneas verticales**).

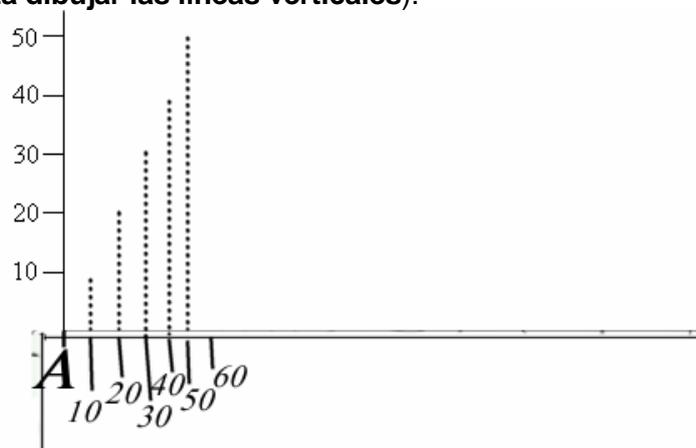


Figura N20.

✓ Finalmente una todos los puntos obtenidos para obtener la línea superior del perfil (**Figura N21**). Recuerde que está representando una forma natural, por lo tanto, no una los puntos con una línea recta sino con líneas curvas que muestren la forma del relieve.

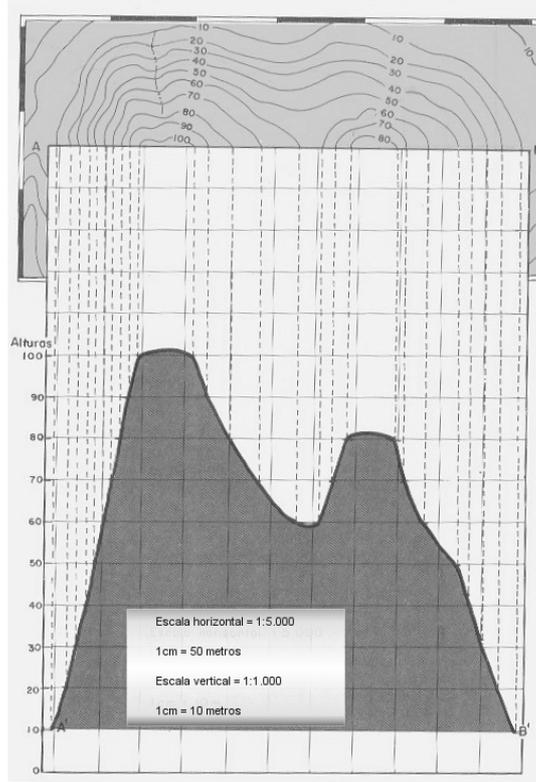


Figura N21 . Perfil topográfico AB

COORDENADAS

A los efectos de poder ubicar con precisión un objeto en el terreno, los mapas topográficos cuentan con coordenadas en sus bordes, las cuales pueden ser tanto geográficas como planas.

Las **coordenadas geográficas** consisten en un retículo formado por **meridianos** y **paralelos** separados entre sí por grados sexagesimales.

Los meridianos son líneas Norte-Sur que parten de un polo y se juntan en el otro. Aumentan su valor hacia el Este y el Oeste a partir del meridiano 0° o "meridiano de Greenwich". Hacia el Este, los grados se designan como de "Longitud Este" y hacia el Oeste se designan como "Longitud Oeste".

Los paralelos son líneas "paralelas" al Ecuador o paralelo 0° , es decir que no se cruzan entre sí y aumentan su valor a partir del Ecuador. Hacia el sur se expresan como X° de "Latitud Sur" y hacia el norte X° de "Latitud Norte" (**Ver Figura N22**).

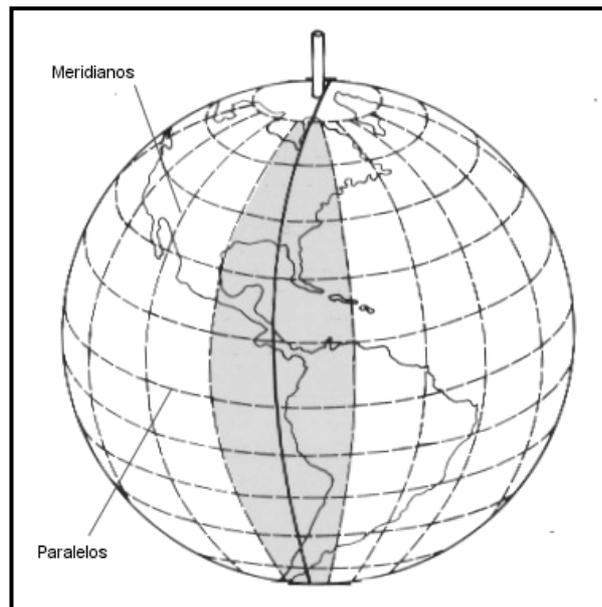


Figura N22 - Sistema de Coordenadas Geográficas

Como calcular las coordenadas geográficas de un punto en un mapa topográfico

Por ejemplo, para calcular el valor del meridiano que pasa por el punto 1 de la **Figura N23**, proceda de la siguiente forma:

- Mida la distancia en centímetros entre los meridianos que comprenden al punto de interés.
- Calcule la diferencia en grados sexagesimales entre ambos meridianos (el resultado se debe expresar **en grados, minutos y segundos**).
- Desde el meridiano de **menor valor** en grados, mida la distancia (en cm) hasta el punto 1. Aplique una regla de tres simple para obtener la diferencia en grados sexagesimales desde el meridiano de menor valor al punto. Sume el valor resultante al valor del meridiano de menor valor.

De la misma manera proceda para calcular el valor del paralelo geográfico que pasa por el punto 1.

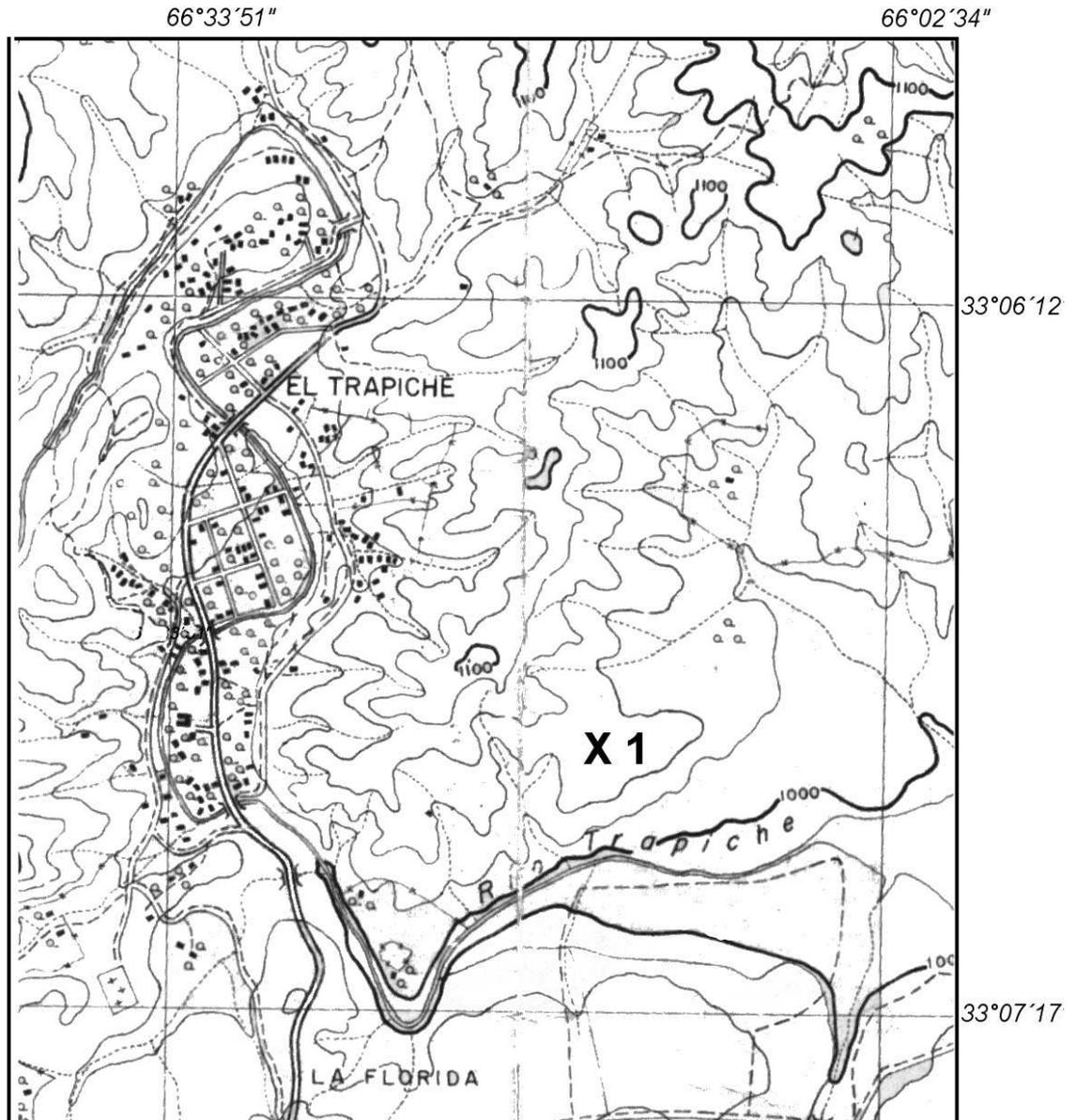


Figura N23. Fragmento del mapa topográfico El Trapiche.

Cálculos:

- P1** [-Ubicado entre los meridianos $66^{\circ}31'51''$ y $66^{\circ}02'34''$ de longitud oeste.
 -Ubicado entre los paralelos $33^{\circ}06'12''$ y $33^{\circ}07'17''$ de latitud sur.

Distancia entre meridianos = 10 cm (en el mapa)

Diferencia entre meridianos = $66^{\circ}31'51'' - 66^{\circ}02'34'' = 0^{\circ}29'17''$

Distancia entre el meridiano de menor valor y el punto = 4,1 cm (desde $66^{\circ}02'34''$ a P1)

$$0^{\circ}29'17'' (66^{\circ}31'51'' - 66^{\circ}02'34'') \text{ ----- } - 10 \text{ cm.}$$

$$x = \text{-----} 4,1 \text{ cm.}$$

$$\Rightarrow x = \frac{4,1 \text{ cm.} \times 29'17''}{10 \text{ cm.}} = 0^{\circ}12'0,37'' \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\text{Valor del meridiano en P1} = 66^{\circ}02'34'' + 0^{\circ}12'0,37'' = 66^{\circ}14'34''}$$

- ❖ Proceder de igual manera para calcular el valor del paralelo en **P1**.

Otra forma de localizar puntos en un mapa topográfico es a través de las **coordenadas planas**. En Argentina las coordenadas utilizadas son las denominadas coordenadas Gauss-Krüger, constituidas por líneas verticales (coordenadas Y) y horizontales (coordenadas X), las cuales forman un reticulado.

La diferencia con las coordenadas geográficas es que, en las coordenadas planas las líneas meridianas (Y) no se unen en los polos sino que son paralelas entre sí y además presentan sus valores en **metros**. Para la localización de un punto se deben dar las dos coordenadas (X e Y) que pasan por el punto: Por ejemplo la Ciudad de San Luis se ubica en las coordenadas **X= 6.316.000 m** e **Y=3.469.000 m** aproximadamente.

La Provincia de San Luis está ubicada entre los meridianos de 65° y 67° de Longitud Oeste y el meridiano de 66° coincide exactamente con el valor **Y=3.500.000** de las coordenadas Gauss-Krüger. Hacia el Este y el Oeste, el valor de Y aumenta y disminuye respectivamente 100.000 m (100 Km.) (**Ver Figura N24**). Los paralelos geográficos se ubican en nuestra provincia entre 32° y 36° de Latitud Sur. Los paralelos de las coordenadas Gauss-Krüger se ubican entre 2 paralelos geográficos y van disminuyendo de a 100.000 m. (100 Km.) hacia el Sur.

Ejemplo de determinación de las coordenadas de un punto mediante coordenadas planas.

En general, se procede de manera similar a la descrita para las coordenadas geográficas. Calculemos las coordenadas de El trapiche (**Ver. Fig.N24**).

Cálculos:

El $\left\{ \begin{array}{l} \text{-Ubicado entre las } X= 6.400.000 \text{ y } X= 6.300.000 \text{ m.} \\ \text{-Ubicado entre las } Y= 3.400.000 \text{ e } Y= 3.500.000 \text{ m.} \end{array} \right.$

Trapiche

Para Y ==> 100.000 m (3.500.000 - 3.400.000) ----- 4,7 cm. (en el mapa)
 x. metros = ----- 3,6 cm. (Entre Y=3.400.000 y P)

100.000 m. x 3,6 cm.
 ==> x = ----- = 76.595,74 mt.
 4,7 cm.

==> coordenadas punto 1 (P1):

Y = 3.400.000 mt + 76.595,74 mt. = 3.474.595,74 mt.

- ❖ Proceder de igual manera para calcular el valor del paralelo en **P1**.

X = ? metros

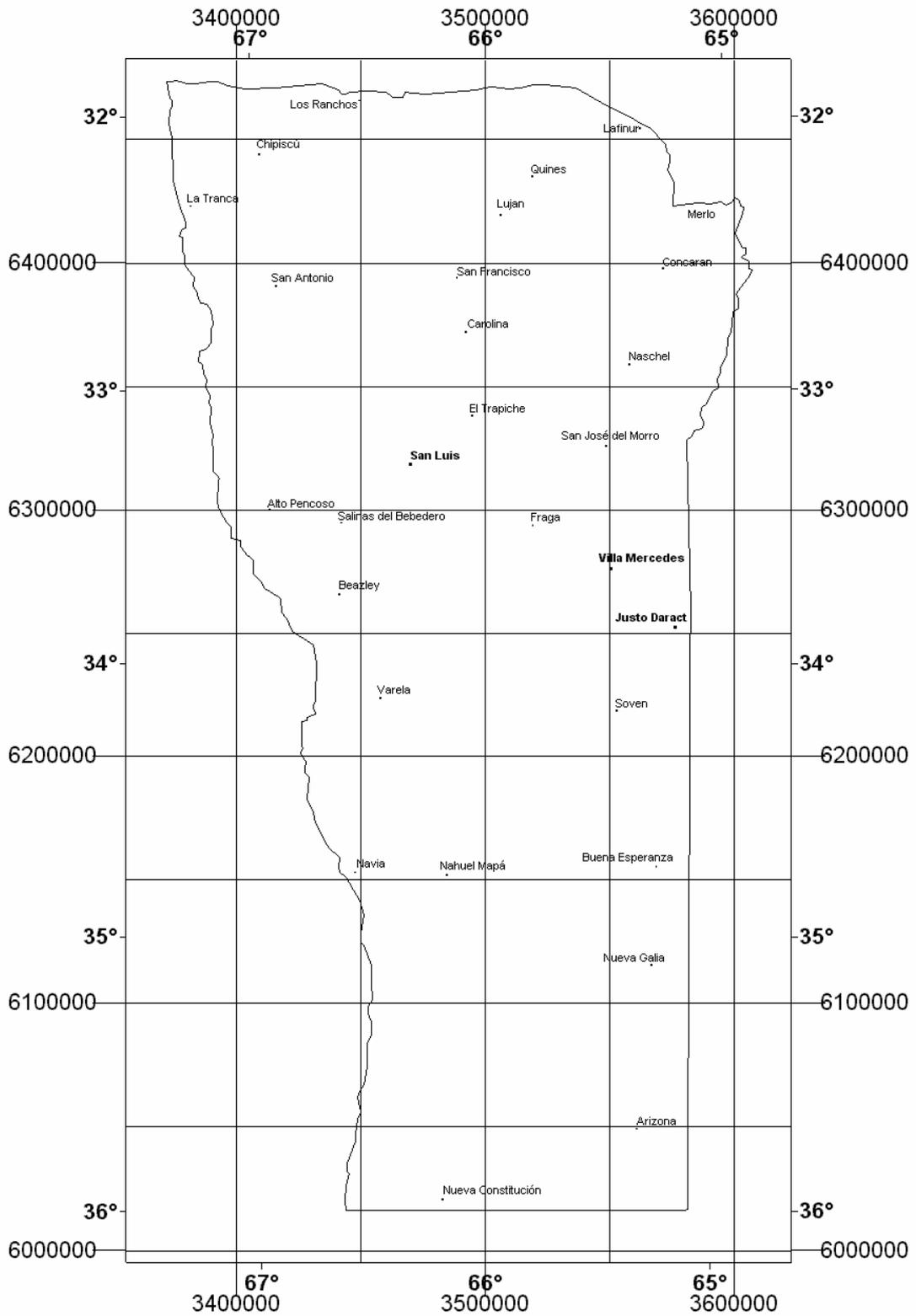


Figura N24: Mapa de la Provincia de San Luis con coordenadas geográficas y Gauss-Krüger