

34



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA



## LA ESCALA COMO ELEMENTO DEL MAPA

**T E S I S**  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
**LICENCIADO EN GEOGRAFIA**  
P R E S E N T A  
**LYDIA MORALES MARTINEZ**



ASESOR: DR. JORGE CAIRE LOMELI

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

MAYO 2001





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

## **AGRADECIMIENTO**

A todos los profesores que han intervenido en mi formación profesional y han compartido conmigo sus conocimientos.

Al Dr. Jorge Caire Lomeli por transmitirme sus conocimientos y por el asesoramiento para poder realizar esta tesis.

---

## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
Introducción.....	6
Unidad 1. Determinación de la escala.....	9
1.1. Definición de la escala.....	10
1.2 Expresión de la escala.....	12
1.3 Error Gráfico.....	21
1.4 Importancia de la escala.....	23
1.5 La simbología en función de la escala.....	29
Unidad 2 Modos de indicar la escala ....	31
2.1 Escala numérica. ....	32
2.2 Escala gráfica.....	35
2.3 Escala logarítmica ....	48
2.4 Conversión de la escala. ....	50
Unidad 3 Métodos de transformación de escalas. ....	52
3.1 Métodos geométricos . ....	56
3.1.1 Semejanza de triángulos . ....	56
3.1.2 Cuadrículas proporcionales . ....	59

---

## ÍNDICE

CONTENIDO	PÁGINA
3.2 Métodos mecánicos.....	61
3.2.1. Compás de proporciones.....	61
3.2.2 Pantógrafo.....	62
3.3. Métodos analíticos.....	63
3.4. Métodos ópticos.....	64
3.5. Métodos electrónicos.....	65
Unidad 4. Métodos de obtención de escalas.....	68
4.1. En función de la cuadrícula.....	69
4.2. En función de la gradícula.....	77
4.3 En función de un mapa auxiliar.....	86
4.4. Por métodos directos . . . . .	94
Conclusiones. . . . .	96
Glosario . . . . .	99
Bibliografía . . . . .	106

## *INTRODUCCIÓN*

La superficie de la Tierra se ha visto modificada por el hombre, para hacer un uso adecuado de los recursos naturales el hombre se ha visto en la necesidad de realizar diversos estudios geográficos, éstos han repercutido tanto en el ámbito económico como social, así mismo se deben contar como factores fundamentales la población y el territorio, es decir, los recursos humanos y naturales; de ahí que los diferentes estudios, ya sea monográfico, estadístico o cartográfico adquieren prioridad fundamental a diversos niveles de detalle y precisión.

La información cartográfica adquiere grandes ventajas, ya que permite observar globalmente una zona de estudio, analizar sus componentes e interrelacionarlos. Todo ello se traduce en que uno de los principales instrumentos para la planeación y el desarrollo económico y social de un país es el mapa, ya que en él se concentra la información y es en éste en el que se representan los hechos y fenómenos geográficos en magnitudes regionales, nacionales o internacionales.

El mapa presenta un carácter general, ya que al elaborarse a partir de datos de campo es el medio por el cual se han de ajustar los hechos y fenómenos

## *La escala como elemento del mapa*

---

naturales y sociales que habrán de describirse, pero como la información cubre superficies más o menos grandes se tienen que emplear las escalas.

Todo estudio geográfico se representa por medio de un mapa, en todo mapa la escala es uno de los elementos importantes, ya que expresa la relación de cualquier distancia sobre el papel con respecto a las mismas distancias en el terreno. Está directamente relacionada con el contenido, propósito, dimensiones y precisión del mismo, ella caracteriza al mapa y su correcta elección es determinante para representar con éxito la información deseada.

Para el geógrafo o el cartógrafo, la elección de la escala que conviene emplear depende de las características de la región cuyo mapa se desea construir y de los objetivos a que esté destinado; estos factores determinan el número de detalles que deben incluirse y éstos a su vez son el elemento principal que determinan la elección de la escala.

La palabra escala proviene del latín *scála*, que significa escalera por su división fraccionaria en peldaños. De ahí que las distancias en el mapa se expresen siempre como una unidad. La escala de un mapa se indica tanto en forma numérica como gráfica. La primera, se presenta en forma de quebrado o fracción, mientras que la segunda, lo constituye un segmento de recta graduado a intervalos regulares que corresponden a las distancias reales del terreno. Se dice

## *La escala como elemento del mapa*

---

que los mejores mapas tienen los dos tipos de escalas. La escala gráfica a diferencia de la numérica siempre permanece constante en forma relativa al mapa a pesar de las reducciones o ampliaciones a que este sea sometido. La ausencia de la escala limita la utilidad del mapa.

Cuando se va a estudiar una región y se cuenta con una cartografía variada, ésta debe ser analizada para seleccionar la escala más adecuada, para después hacer las transformaciones pertinentes por algún método que consiste en procesos de ampliación y reducción.

Cuando en un mapa estén ausentes las escalas numérica y gráfica, se procederá a obtenerla mediante alguno de los métodos para cumplir con dicha finalidad.





*Determinación de la escala*

## *1. Determinación de la escala*

### *1.1 Definición*

La palabra escala proviene del latín scála, que significa escalera, por su división fraccionaria en peldaños. La escala es la relación que existe entre la distancia de la línea trazada en un documento cartográfico con la correspondiente medida en el terreno; es decir, es una relación de semejanza entre una medida real y la medida que se toma para representarla en el documento cartográfico. (1)

José Luis Arocha, (2) define a la escala como la relación existente entre las dimensiones o distancia que separa a dos puntos cualesquiera sobre la carta o mapa y su homólogo en el terreno.

Robinson, A., (3) establece que las dimensiones reales deben acoplarse a la proporción que cumplirán los objetivos y servirá a la función del mapa. La proporción entre las dimensiones del mapa y las de la realidad se denomina escala del mapa

(1) CHACON BACA, Juan Ricardo. *La construcción del mapa base para la elaboración de cartas geográficas.*

(2) AROCHA REYES, José Luis. *Fundamentos de cartografía.*

(3) ROBINSON, A. H. *Elementos de cartografía*

Según Monkhouse y Wilkinson, <sup>(4)</sup> establecen que la palabra escala ha adquirido en su empleo dos sentidos distintos. En primer lugar, denota la relación existente entre la distancia que separa dos puntos del mapa y la correspondiente sobre el terreno, en la escala numérica o fracción representativa, tal como 1/50 000. En segundo lugar, denota una escala gráfica que permite medir directamente las distancias del mapa y leerlas en términos de distancia sobre el terreno. Todos los mapas deberían poseer una escala gráfica.

Según Eckert, <sup>(5)</sup> la escala es la expresión matemática de la reducción de cualquier distancia en la carta respecto de la extensión de la misma en el terreno.

Erwin Raisz, <sup>(6)</sup> dice que toda representación, como toda imagen, está en una cierta relación de tamaño (proporción) con el objeto representado. Esta proporción es la que se llama escala.

Todo mapa o plano, al tener que ser de dimensiones considerablemente menores a las de la superficie que representa, habrá de dibujarse de modo que constituya una figura semejante. Y así, cualquier magnitud medida en el plano y su homóloga en el terreno estarán en una relación de semejanza, variable de un plano a otro, pero constante, cualquiera que sea la dirección que se tome en un mismo plano.

(4) MONKHOUSE, F. U. y H. R. Wilkinson. *Mapas y diagramas*.

(5) ECKERT, GRIFFINDOR, Max. *Cartografía*.

(6) RAISZ, Erwin. *Cartografía General*.

Esta razón de semejanza recibe el nombre de escala y puede ser cualquiera, si bien, para mayor comodidad, se utilizan siempre escalas cuyo numerador sea la unidad y el denominador múltiplos de 10,100,1000 etc. según su magnitud. ([www.cerveracentre.com/descala.htm](http://www.cerveracentre.com/descala.htm))

Según Joaquín Bosque, (7) la escala puede definirse como la relación existente entre las dimensiones del mapa y las de la realidad, pudiendo ser representada numérica o gráficamente.

### *1.2 Expresión de la escala*

Como se ha venido mencionando la escala es la relación que existe entre dos puntos cualesquiera representados en un mapa respecto a las mismas distancias en el terreno y puede ser determinada de varias formas, una de las cuales es el de comparar una distancia medida en el mapa con su correspondiente en el terreno

$$\text{Escala} = \frac{\text{Distancia en el mapa (d)}}{\text{Distancia en el terreno (D)}}$$

$$\text{Escala} = \frac{1}{D/d} = \frac{1}{M}$$

(7) BOSQUÍ, Joaquín et al. *Sistemas de Información Geográfica*

El módulo "M" de la escala se obtiene al realizar las operaciones necesarias para convertir el numerador del quebrado en la unidad y el denominador será el módulo, éste y la escala son recíprocos, es decir, son inversamente proporcionales.

La escala se expresa como una cantidad fraccionaria cuyo numerador es la unidad y en las disciplinas cartográficas siempre es del orden reductivo.

De lo anterior se deduce que la ecuación fundamental de la escala o de la relación de disminución es la siguiente:

$$\frac{1}{M}$$

el módulo M es la cantidad que sirve de medida de comparación.

Es preferible que en el mapa se utilice una escala métrica y decimal, porque en su expresión numérica puede emplear por numerador a la unidad y por denominador uno de los factores del número 10, es decir, 1,2,3,4, ...,9,0 un producto de ellos elevado a una potencia del número 10, es decir, 20, 400, 9 000, 10 000, 300 000. Así se uniformarán los mapas, con lo que se facilitará medir en ellos cualquier distancia al emplear sólo los múltiplos y submúltiplos del metro; por ejemplo, en la escala 1 100 000, un centímetro será igual a 100 000 centímetros = 1 000 metros = 1 km en el terreno

## *Determinación de la escala*

---

Como se ha mencionado anteriormente, la relación entre las dimensiones consideradas en el papel y las dimensiones en el terreno es lo que significa la escala y se indica por medio de una fracción, en la cual el numerador es la unidad que representa el valor del papel y cuyo denominador es el factor de reducción o módulo que representa el valor del terreno.

$$\frac{1}{M}$$

Es decir, que cualquier longitud sobre el mapa se reduce a 1 y se compara entonces con la expresión en el terreno, designado mediante el término M, que es el denominador de la escala, llamado factor de reducción o módulo

Este factor o módulo señala el valor por el cual se ha de multiplicar una distancia en el mapa para que sea igual a la del terreno

Por ejemplo: Una distancia de 3 cm representada sobre un mapa a escala 1 20 000, equivale a 600 m en el terreno; o sea el producto de

$$3 \times 20\,000 = 60\,000 \text{ cm} = 600 \text{ m}$$

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$l = \frac{d}{D} (E)$$

$$D(l) = d(E)$$

$$D = d(E)$$

Inversamente, se obtiene la longitud considerada en el mapa, dividiendo la longitud del terreno entre el módulo, aplicando el caso anterior sería:

$$\frac{60\ 000}{20\ 000} = 3 \text{ cm (dimensión sobre el mapa).}$$

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$l = \frac{d}{D} (E)$$

$$D (l) = d (E)$$

$$D = d (E)$$

$$\frac{D (l)}{E} = d$$

De acuerdo al concepto de escala, veremos que es posible resolver los tres problemas que se nos presentarán en la lectura de los mapas

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

Denominando:

D = Real, a las distancias medidas en el terreno

d = Papel, a las distancias medidas en el mapa

E = Denominador de la escala del mapa

**Problema 1**

Considerando la distancia entre dos puntos del mapa y la escala del mismo, calcular su equivalencia en el terreno.

Datos:

$$\text{Escala} = 1:10\ 000$$

$$d = 25 \text{ cm}$$

$$D = ?$$

$$\text{Ecuación: } D = d \times E$$

Efectuando el siguiente razonamiento:

Si 1 cm en el papel es igual a 10 000 cm en el terreno, 25 cm en el papel será igual a  $10\ 000 \times 25 = 250\ 000 \text{ cm} = 2\ 500 \text{ m} = 2.5 \text{ km}$

$$\text{Sustitución: } D = 25 \times 10\ 000 = 250\ 000 \text{ cm} = 2\ 500 \text{ m} = 2.5 \text{ km}$$

**Problema 2**

Conociendo una distancia en el terreno y la escala, calcular su equivalencia en el papel

Datos:

$$D = 1\ 250 \text{ m} = 125\ 000 \text{ cm}$$

$$\text{Escala} = 1:5\ 000$$

$$d = ?$$

$$\text{Ecuación } \quad \frac{D}{d} = \frac{E}{1}$$



Efectuando el siguiente razonamiento:

Cada vez que 5 000 cm esté contenido en 125 000 cm, tendremos 1 cm en el papel .

$$\text{Sustitución: } d = \frac{125\,000\text{ cm}}{5\,000\text{ cm}} = 25\text{ cm}$$

**Problema 3**

Conociendo una distancia entre 2 puntos en el terreno y la distancia entre los mismos puntos en el papel, calcular el denominador de escala y en consecuencia la escala de la carta.

Datos:

$$D = 125\,000\text{ cm}$$

$$d = 25\text{ cm}$$

$$E = ?$$

$$\text{Ecuación } E = \frac{D}{d}$$

Efectuando el siguiente razonamiento

Si sabemos que 25 cm en el papel representan 125 000 cm en el terreno, diremos:

$$25\text{ cm} = 125\,000\text{ cm}$$

$$\text{Sustitución. } E = \frac{125\,000\text{ cm}}{25\text{ cm}} = 5\,000\text{ cm}$$

$$E = 1\,5\,000$$

A continuación se expondrán tres problemas diferentes

**Problema 1**

Calcular la distancia en el terreno conociendo la escala de la carta y una distancia entre dos puntos sobre la misma.

Teniendo una carta a escala 1:15 000 y sobre ella se ha tomado una distancia de 2.5 cm entre dos puntos, calcular la distancia equivalente en el terreno.

1) Aplicamos la fórmula que nos permite calcular el valor del terreno

$$D = E \times d$$

2) Sustituyendo en la igualdad los valores dados tenemos:

$$D = 15\,000 \times 2.5 \text{ cm} = 37\,500 \text{ cm} = 0.375 \text{ km}$$

Otra forma de efectuar el problema es aplicando la fracción de reducción, o sea:

$$\begin{array}{l} 1 \text{ cm} \text{ ———— } 15\,000 \text{ cm} \\ 2.5 \text{ cm} \text{ ———— } x \end{array}$$

$$x = \frac{2.5 \text{ cm} \times 15\,000 \text{ cm}}{1} = 37\,500 \text{ cm} = 0.375 \text{ km}$$

**Problema 2**

Calcular la dimensión o distancia que hay entre dos puntos en la carta, conociendo la escala y la distancia equivalente en el terreno

Se tiene una carta a escala 1:25 000 y sobre ella se quiere determinar la distancia en centímetros que hay entre dos puntos, sabiendo que sobre el terreno se ha medido la misma distancia equivalente cuyo valor es de 2 km Calcúlese dicha distancia sobre la carta:

1) Aplicamos la fórmula que nos permite calcular la dimensión en la carta, según el problema

$$d = \frac{D}{E}$$

2) Convirtiendo los valores dados a una medida común  $2 \text{ km} = 200\,000 \text{ cm}$

3) Aplicando la fórmula nos queda que:

$$d = \frac{200\,000 \text{ cm}}{25\,000} = 8 \text{ cm}$$

También se puede efectuar el problema utilizando la relación 1:25 000, en esta forma

1)  $1 \text{ cm} = 25\,000 \text{ cm}$

2)  $2 \text{ km} = 200\,000 \text{ cm}$

3) Luego se establece una regla de tres, de la siguiente forma

$$1 \text{ cm} \text{ ————— } 25\,000 \text{ cm}$$

$$x \text{ ————— } 200\,000 \text{ cm}$$

$$x = \frac{1 \text{ cm} \times 200\,000 \text{ cm}}{25\,000 \text{ cm}} = 8 \text{ cm}$$

**Problema 3**

Calcular la escala del mapa, si se considera que la distancia entre dos puntos es de 3.4 cm y la distancia equivalente en el terreno es de 1 088 km.

1) Aplicando la fórmula que nos permite calcular el módulo o denominador de la escala:

$$E = \frac{D}{d}$$

2) Convirtiendo los valores dados a una medida común:

$$D = 1\,088 \text{ km} = 108\,800\,000 \text{ cm}$$

$$d = 3.4 \text{ cm}$$

3) Reemplazando los valores en la igualdad tenemos:

$$E = \frac{108\,800\,000 \text{ cm}}{3.4 \text{ cm}} = 32\,000\,000$$

y como la escala se expresa 1/E, se tiene que la escala del mapa es 1/32 000 000

Otra forma de resolver el mismo problema es aplicando el concepto de proporcionalidad entre las dimensiones consideradas en el papel y las

correspondientes en el terreno, la cual se puede establecer en la siguiente relación

1) Se convierten los valores dados a una medida común

Ejemplo  $1\ 088\ \text{km} = 108\ 800\ 000\ \text{cm}$

$$3.4\ \text{cm} = 3\ 4\ \text{cm}$$

2) Luego se establece una regla de tres y es como sigue:

$$3.4\ \text{cm} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 108\ 800\ 000\ \text{cm}$$

$$1\ \text{cm} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad x$$

$$x = \frac{1\ \text{cm} \times 108\ 800\ 000\ \text{cm}}{3\ 4\ \text{cm}} = 32\ 000\ 000\ \text{cm}$$

o sea que 1 cm en la carta es igual a 32 000 000 cm en el terreno y que omitiendo las unidades en que están expresadas se puede escribir:

$$1 \cdot 32\ 000\ 000\ \text{o también} \quad \frac{1}{32\ 000\ 000}$$

### *1.3 Error gráfico*

La precisión de un mapa radica fundamentalmente en la escala adoptada, así para la planimetría se basa en el error gráfico que consiste en multiplicar el módulo de la escala por la apreciación del ojo humano, que es de un cuarto de milímetro ( $0.25\ \text{mm} = 0.00025\ \text{m}$ ), por ejemplo

A la escala de 1:50 000 el error gráfico es de 12.5 metros y por tal razón las resultantes de los trabajos cartográficos deben realizarse con muy buena precisión para que cualquier punto de ese mapa tenga desplazamientos menores a 12.5 metros.

En altimetría se establece en forma general que la equidistancia de la configuración debe trazarse conservando la relación de una milésima parte del módulo de la escala; es decir, si la escala es de 1:50 000 la configuración deberá trazarse cada 50 metros y si la escala es de 1:20 000 la equidistancia será a cada 20 metros.

También significa que al hacerse una compilación cartográfica, o sea que al reunir en un mapa la información de otros mapas, resultará más fácil aprovechar los que tengan escalas mayores ( ver página 36) de la escala del mapa a elaborar para que así se eliminen los errores gráficos, mientras que si se amplían mapas de escalas menores (ver página 36), también se amplificará el error gráfico.

Por ejemplo se está haciendo un mapa del estado de Chihuahua a escala 1 800 000, y para tal efecto se requiere reunir toda la información topográfica del mismo que haya a la fecha; tal información se presenta en una serie de mapas a escala 1 50 000, existiendo también en mapas a escala 1 4 000 000 Por tener los

mapas a 1:50 000 , la compilación cartográfica se recomienda que se lleve a cabo en éstos; así los errores gráficos que tuvieran podrán ser eliminados al disminuir la escala.

#### *1.4. Importancia*

Un mapa es una representación total o parcial de la superficie curva de la tierra sobre una superficie plana a escala, casi siempre en una hoja de papel. Los mapas geográficos representan los diversos accidentes geográficos; además su sencillo manejo y fácil transporte los hacen muy útiles.

Todo documento cartográfico es una representación de aspectos del terreno que son importantes representar, para tal caso se requiere establecer la escala. El problema de elegir la escala es uno de los principales trabajos que debe solucionar el cartógrafo.

Por ello se puede decir que el mapa es la imagen plana de una parte de la superficie terrestre, en el cual se representan las relaciones de los hechos físicos , culturales y de las ciencias de la naturaleza, representándolos gráficamente en forma clara, de tal modo que es posible entender su significado. La escala y el propósito del mapa determinan la manera cómo han de incluirse los diversos detalles y en qué densidad

La escala viene condicionada por el formato y por su relación con el área a representar en el mapa. Cuanto menor sea la escala, más alejado estará del área representada el observador, y esta sensación intuitiva debe armonizarse con el diseño gráfico.

A pesar de que pueda decirse que cuanto menor sea la escala, menores deben ser los tamaños de los tipos y las líneas, no puede darse una norma específica, ya que otra serie de controles tienen también su importancia. Además de los tamaños de los tipos, la utilización de las combinaciones de signos y elementos gráficos puede verse afectada en las series de mapas a diferentes escalas.

Todos los mapas están elaborados a una determinada escala. En la práctica muchos mapas se preparan a un tamaño que encaje con un formato preestablecido, siendo este formato el tamaño y la forma de la hoja sobre la que aparecerá el mapa. El formato puede ser de toda la página de un libro o atlas, una parte de una página, un mapa independiente que necesite plegado, un mapa mural, o un mapa de casi cualquier forma y tamaño.

Después de reunir toda la información sobre la superficie de la Tierra, el cartógrafo debe decidir cómo y cuánta información se va a representar en el mapa, es decir, el cartógrafo decide la escala más apropiada para representar



dicha información, así como cuánta información debe incluirse, ya que de esto depende el mapa final.

En muchos casos los mapas no incluyen la escala, la ausencia de ésta limita la utilidad del mapa, ya que algunas veces el usuario requiere saber la distancia que hay entre los diversos aspectos mostrados.

Se puede considerar al mapa como una imagen reducida del área que presenta y, por ello, todas las medidas deben aparecer reducidas en la misma proporción. En los diferentes tipos de representación geográfica aparecen cifras que señalan el valor de la escala utilizada en su composición.

En un mapa construido a gran escala es posible incluir numerosos detalles, pero según disminuye la escala, menor es el número de datos que puede contener. Al entender el uso de la escala, se facilita conocer la distancia que separa un punto del otro representado en el mapa.

En todo mapa, la escala es una de las partes más importantes que expresa matemáticamente la reducción de cualquier distancia sobre éstos, con respecto a las mismas distancias equivalentes en el terreno

Se dice que el reticulado es la armazón matemática para la construcción del mapa, y la escala representa las dimensiones de esa estructura de apoyo. Para el cartógrafo o el geógrafo, la elección de la escala que conviene emplear depende, en primer lugar, de las características de la región cuyo mapa se desea trazar y en segundo lugar, de los usos a que esté destinado. Estos factores determinan el número de detalles que deben incluirse o desecharse y éstos a su vez, son los elementos principales que determinan la elección de la escala.

Es frecuente que exista confusión entre los términos de escalas grande y pequeña. Pero esto se puede resolver con tan sólo recordar que entre menor sea el denominador mayor será la escala. Esto significa que un mapa 1:1 000 es un mapa a gran escala respecto a un mapa 1:1 000 000 que es una escala pequeña. Un mapa de menor escala, muestra una porción relativamente mayor de superficie terrestre, por lo tanto muestra menos detalle. En cambio un mapa de gran escala muestra una porción menor de superficie terrestre, pero muestra mayor detalle, tales como anchuras de calles o distancias exactas entre aspectos del mapa.

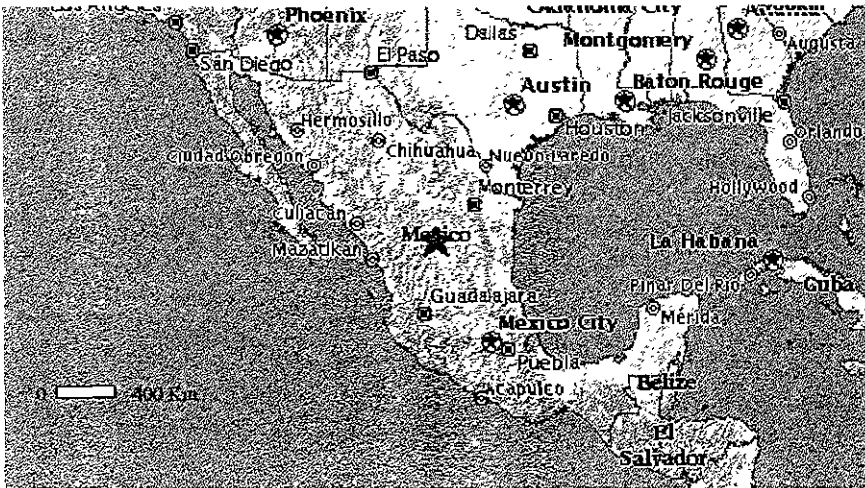
Debido a lo anterior, el cartógrafo tiene que ajustar el contenido de cada mapa, para hacer éste tan útil y reconocible de ser presentado dentro de los límites del espacio disponible y la escala del mapa.

Para tal efecto se hace uso de la Generalización; que es el arte de distinguir entre lo que es verdaderamente esencial y lo que no lo es, desechando y considerando lo que debe incluirse. De lo anterior, se deduce la relación que existe entre la generalización y la selección de la escala.

Un ejemplo de aplicación de éstos factores podría ser: el complicado aspecto de una ciudad, para la adecuada representación de todos los detalles naturales y culturales que integran la ciudad y que exige, por lo tanto, el uso de una mayor escala, de la que se usaría en otro caso, tratándose de una región relativamente desprovista de tan variados y distintos rasgos.

Es indudablemente importante que en cartografía automatizada, es preferible una escala gráfica, ya que ante una eventual variación del tamaño del mapa, en pantalla o en papel, los valores de la escala numérica si varían, provocando con ello un error, mientras que la escala gráfica se adecuaría automáticamente a las nuevas dimensiones del mapa.

*Determinación de la escala*



Ejemplo de mapa a pequeña escala



Ejemplo de mapa a gran escala

Figura 1 Mapa a pequeña y gran escala

*1.5 La simbología en función de la escala*

Los signos cartográficos representan el conjunto de los conocimientos de la realidad, entonces al elaborar un mapa, la elección y la implantación de los signos cartográficos se hace partiendo del tema, la escala y contenido del mismo.

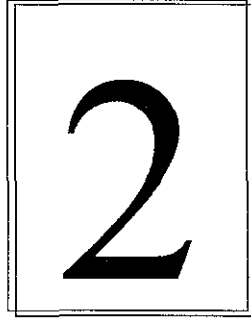
Los símbolos representan objetos y hechos cuya identificación a su verdadera escala los haría imperceptibles o difíciles de reconocer.

Aunque existe un gran número de rasgos que pueden incluirse en un mapa, debe tenerse siempre presente que no debe recargarse o saturarse de símbolos, pues a mayor información existirá menor comprensión y asimilación de la misma.

Además, la utilización de las combinaciones de signos puede verse afectada en las series de mapas a diferentes escalas

Un mapa no es una reproducción exacta de la superficie terrestre sino una representación. El cartógrafo, al preparar el mapa, selecciona los hechos que considera deben ser plasmados de acuerdo con la finalidad a que el mapa va a ser dedicado, y los representa mediante símbolos, éstos manifiestan un lenguaje visual

Al hacer uso de la generalización, el cartógrafo puede cambiar la localización de algunos aspectos mostrados, ello obedece a la legibilidad que deben presentar los mapas, así mismo el cartógrafo puede exagerar el tamaño de los aspectos o rasgos para mejorar su visibilidad, ésto es debido a la escala que presente el mapa.



*Modos de indicar la escala*

## *2. Modos de indicar la escala*

Como se ha mencionado anteriormente la escala es uno de los elementos fundamentales de un mapa, está relacionado con los objetivos y precisión del mismo, ella caracteriza al mapa y su correcta elección es determinante para representar la información deseada.

La escala de un mapa es considerada como la razón entre una distancia en el mapa y la distancia correspondiente sobre la Tierra. La distancia en el mapa es expresada siempre como unidad. La escala de un mapa puede expresarse en las siguientes formas: numérica, gráfica y logarítmica

### *2.1 Escala numérica*

Las escalas numéricas son principalmente de dos tipos: escalas decimales, utilizadas sobre todo en Europa, y escalas fraccionarias, empleadas generalmente en América.

Una misma escala numérica se puede representar de dos maneras:

- 1) 1 50 000, en la que 50 000 es el módulo con lo que esta escala es fraccionaria o americana,
- 2) 0 00002, escala decimal o europea,



La unidad de longitud expresada en la fracción escala (1:50 000) puede ser cualquiera de las unidades de longitud, pero en consideración al tamaño de las cartas, generalmente, la unidad más cómoda para el denominador es el centímetro.

En una fracción, a mayor valor del denominador, menor es el valor de la escala; por ejemplo la escala 1:1 000 000 es menor que 1:10 000.

Como se ha mencionado, anteriormente, la escala numérica es aquella que indica la relación entre el mapa y el terreno mediante una fracción, en la cual el numerador es la unidad y cuyo denominador es el módulo.

Normalmente se expresa así:

$$\frac{1}{45\ 000} \quad \text{o} \quad 1:45\ 000$$

En lenguaje corriente al leer estas expresiones se dirá

Uno sobre cuarenta y cinco mil    o

Uno es a cuarenta y cinco mil

Pero inmediatamente se puede preguntar ¿Qué?, pues bien, en el sistema métrico decimal pueden ser desde milímetros hasta kilómetros, pero considerando el tamaño del mapa, la unidad más utilizada es el centímetro.

En seguida surgirá otra pregunta ¿Qué significa esto?, quiere decir:

Que un centímetro o la unidad que se considere como numerador, que representa la unidad medida en el mapa, equivale a otra que es el módulo expresado en la misma unidad.

Dicho de otra forma con respecto a la escala 1:45 000 y haciendo referencia a la unidad del plano que es el centímetro se puede decir. Que un centímetro en el mapa es equivalente a cuarenta y cinco mil centímetros en el terreno.

Las escalas de mayor uso en el mundo y en nuestro país son las siguientes:

1:1 000 000	donde 1 cm = 1 000 000 cm = 10 000 m = 10 km
1:500 000	donde 1 cm = 500 000 cm = 5 000 m = 5 km
1:250 000	donde 1 cm = 250 000 cm = 2 500 m = 2.5 km
1:100 000	donde 1 cm = 100 000 cm = 1 000 m = 1 km
1:50 000	donde 1 cm = 50 000 cm = 500 m = 0.5 km
1:25 000	donde 1 cm = 25 000 cm = 250 m = 0.25 km
1:10 000	donde 1 cm = 10 000 cm = 100 m = 0.10 km
1:5 000	donde 1 cm = 5 000 cm = 50 m = 0.05 km

De acuerdo a la escala representada, podemos agrupar a los mapas en tres tipos los de escala grande, de escala media y los de escala chica, pero siempre ha

existido la dificultad de ponerse de acuerdo en esta clasificación, debido al límite de separación que existe entre estos grupos. Por ejemplo si un mapa resulta de escala media para una aplicación, puede ser que se considere de escala chica en otra. En este contexto esta clasificación es subjetiva.

De escala grande de 1:20 000 o mayores.

De escala media de 1:20 000 a 1:100 000.

De escala chica de 1:100 000 y/o menores.

## *2.2 Escala gráfica*

Las escalas gráficas permiten medir directamente las distancias del mapa y leerlas en términos de distancias en el terreno, por lo que estas escalas son las más sencillas, y se utilizan muchas veces en los mapas oficiales junto con la escala numérica; se dice que los mejores mapas tienen los dos tipos de escalas.

Todos los mapas tienen una escala gráfica que indica la equivalencia en el terreno de las longitudes graficadas en ellas. Así, para conocer la distancia en el terreno entre dos puntos que aparezcan en el mapa basta medir dicha distancia entre los dos puntos con una regla y aplicar esa medida a la escala gráfica, la que indicará directamente la longitud que los separa en el terreno.

A efecto de simplificar las operaciones al hacer mediciones sobre el mapa y poderlas transformar a unidades reales, se incluye una escala gráfica, que es una línea dividida en partes iguales, cada una de las cuales representa una longitud unitaria. La parte izquierda (denominada talón o extensión) de la escala gráfica está graduada en submúltiplos de la unidad considerada.

La expresión gráfica de la escala lo constituye un segmento de recta graduado a intervalos regulares que corresponden a las distancias reales del terreno. A la porción izquierda se le denomina talón o extensión debido a que es donde la escala gráfica tiene divisiones con menor espaciamiento y al resto que es la mayor parte, con espaciamientos más amplios, se le denomina escala principal. La escala principal se usa como escalímetro para medir las distancias en el mapa y la extensión o talón se usa para dar una mayor precisión.

La escala gráfica a diferencia de la numérica tiene la particularidad de permanecer siempre constante en forma relativa al mapa a pesar de las reducciones o ampliaciones a que éste sea sometido.

Como se ha venido mencionando la escala gráfica es aquella que indica la relación existente entre el mapa y el terreno por medio de una sencilla reglilla convencionalmente graduada. Esta reglilla consta de dos partes principales llamadas cuerpo y talón. El cuerpo comúnmente se divide en unidades enteras,

que se representan en kilómetros o en cualquier otra unidad; en cambio el talón se divide en unidades más pequeñas que corresponde a la décima parte de la unidad en que se ha dividido el cuerpo.

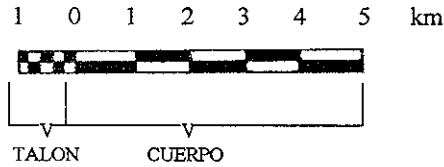


Figura 2. Escala Gráfica

### CONSTRUCCIÓN DE LA ESCALA GRÁFICA

La construcción de la escala gráfica es sencilla, tomando como ejemplo la construcción de una escala gráfica para una carta, cuya escala numérica es 1:59 000

1) Se trazan tres rectas paralelas (A A', B B' y C C') a una distancia conveniente respecto a la exigencia de la escala a usar, figura 3

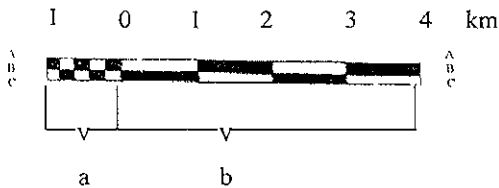


Figura 3. Escala Gráfica

2) Se dividen las rectas en partes iguales que representen cada una un kilómetro

Para ello debe razonarse la escala propuesta de la siguiente forma:

Como la escala es 1:59 000, entonces se interpreta que:

$$1 \text{ cm} = 59\,000 \text{ cm} = 590 \text{ m} = 0.59 \text{ km}$$

Luego, si 1 cm = 590 m; 1 000 m corresponderá a 1.7 cm; en consecuencia cada parte debe medir 1.7 cm

Entonces por regla de tres:

$$1 \text{ cm} \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 590 \text{ m}$$

$$x \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1\,000 \text{ m}$$

$$x = 1.7 \text{ cm}$$

Por lo tanto 1 km es representado por una longitud de 1.7 cm

Esta distancia da origen al cuerpo y al talón, a los que en el ejemplo se representa con las letras a y b.

3) Se divide el talón en diez partes iguales y cada parte será la décima parte de cada una de las divisiones del cuerpo, o sea que cada división del talón corresponde a 100 metros, o en cinco partes y cada división será de 200 metros.

La subdivisión se hace por el método gráfico, que consiste en trazar una línea auxiliar A C formando un ángulo con la línea A B; se señalan en A C diez divisiones iguales, de modo que la longitud total de las mismas no difieran demasiado de la longitud A B, se une el punto B con el último punto de las diez divisiones de A C, y las paralelas a esta línea de unión, trazadas por los puntos de división de A C dividirán al segmento A B en otras diez partes iguales. (ver figura 4)

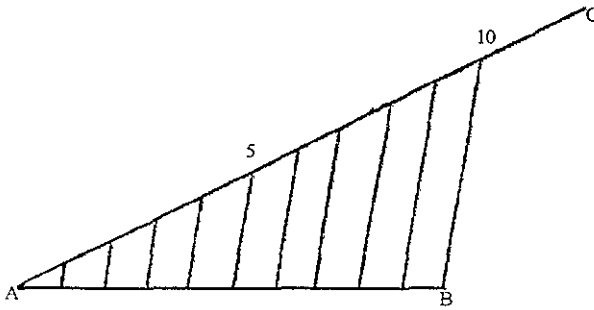


Figura 4.

Se divide la línea A B en diez partes iguales por el método de las paralelas equidistantes.

### EMPLEO DE LA ESCALA GRÁFICA

En todo mapa además de la escala numérica, aparece la escala gráfica como parte inseparable, ella simplifica las operaciones de tal manera que se obtienen las dimensiones del terreno en forma directa

Para ejemplificar lo anterior se presentan dos casos:

En el primer caso consiste en determinar el valor de una distancia rectilínea entre los puntos A y B en el mapa; para lo cual se toma una cinta de papel de extremo a extremo de la distancia A B y luego se lleva sobre una escala gráfica a partir de cero a la derecha o como se requiera, y de esta manera se determina la distancia A B en kilómetros, correspondiente a la dimensión del terreno. (ver figura 5)

En el segundo caso se trata de determinar una distancia sinuosa entre dos puntos, que bien podría ser, el cauce de un río, para lo cual se procede midiendo distancias parciales en la línea recta entre los puntos considerados hasta medirla completamente, al obtener la distancia total, se lleva la misma sobre la escala gráfica como en el caso anterior y se obtiene así la distancia deseada en kilómetros. (ver figura 6)



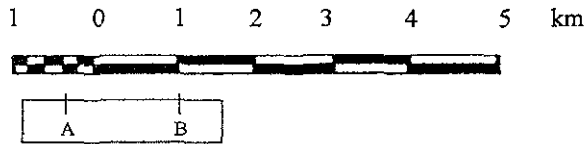
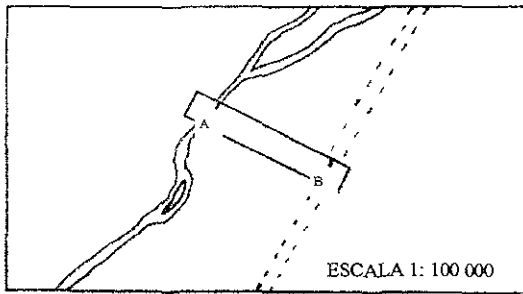


Figura 5 Ilustra la obtención de una distancia recta en el terreno en forma directa

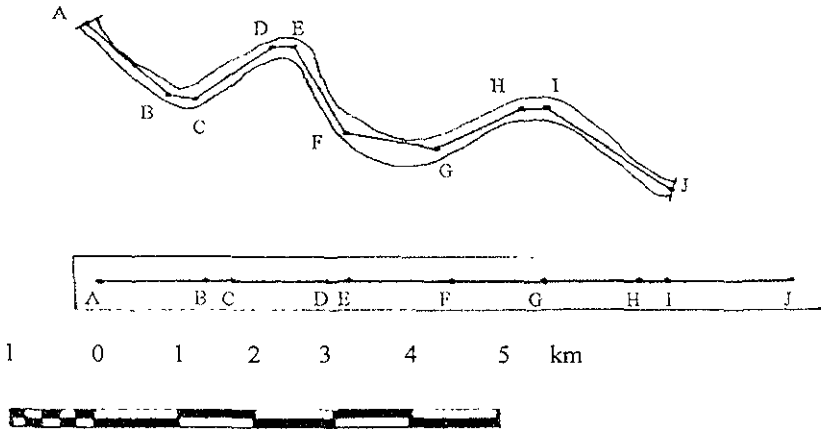


Figura 6 Ilustra la obtención de una distancia sinuosa en el terreno en forma directa

EJEMPLOS PARA CONSTRUIR UNA ESCALA GRÁFICA EN BASE A UNA  
ESCALA NUMÉRICA.

Cuando se tiene una escala numérica se puede deducir la escala gráfica con sólo tener en cuenta que:

$$\text{Escala} = \frac{\text{Distancia sobre el mapa}}{\text{Distancia sobre el terreno}}$$

y que : 1 km = 100 000 cm

**Ejemplo 1:** Si se tiene la escala 1:250 000, sabemos que un centímetro en el mapa corresponde a 2.5 km del terreno, y así se puede construir la escala gráfica, en la que cada 2 cm representaran 5 km.

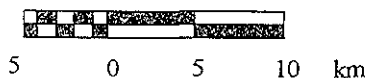


Figura 7.

Entonces: 1 km es representado por una longitud de 0.4 cm

Por lo tanto 5 km es representado por una longitud de 2 cm

**Ejemplo 2:** Supóngase que se desea trazar una escala gráfica en km para un mapa de escala 1:50 000.

En el mapa, 1 km (100 000 cm) se representa por

$$100\ 000 \times \frac{1}{50\ 000} = 2 \text{ cm}$$

Por lo tanto 1 km es representado por una longitud de 2 cm

Entonces a la escala 1:50 000, sabemos que un centímetro del mapa corresponden 0.5 km del terreno, y así se construye la escala gráfica en la que cada 2 cm representarán 1 km

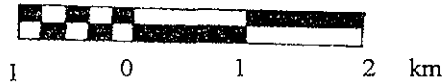


Figura 8

### ESCALAS VARIABLES

Las escalas variables sirven para medir distancias correctamente a lo largo de los paralelos de una proyección cartográfica, éstas se utilizan en mapas de escalas medias y pequeñas. En este caso deberá indicarse el sistema de proyección. De no ser así, se tiene que emplear una escala variable o la escala normal para la porción central del mapa.

En las cartas que abarquen grandes extensiones y en las que, por consiguiente, se marque claramente la variación de las escalas en las diversas regiones del mapa es conveniente agregar un diagrama de las escalas gráficas en el que se puede obtener la escala correspondiente a cada región del mapa.

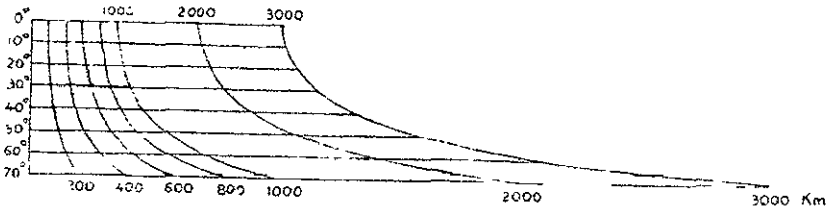


Figura 9. Escala de distancias para un mapamundi en proyección Mercator.

En 1569, construyó Mercator su mapamundi en esta proyección, reseñando sobre el mismo mapa su fundamento y características. La proyección Mercator consta de paralelos horizontales y meridianos verticales. Los meridianos equidistantes entre sí, están colocados de tal modo que, en el ecuador, esta equidistancia está representada en verdadera magnitud a la escala correspondiente. Los paralelos están dispuestos de tal manera que, en una zona de dimensiones relativamente pequeñas, la relación entre dos distancias tomadas respectivamente sobre meridianos y paralelos es igual a la relación entre las longitudes homólogas en el globo terráqueo. Por ejemplo, a los 60° de latitud, la distancia entre dos paralelos consecutivos es doble que en el Ecuador, y como los

meridianos guardan entre sí la misma separación en todas las latitudes resulta que las dimensiones del mapa están exageradas. Es evidente que en esta proyección no puede estar representado el polo, ya que los meridianos son paralelos entre sí y por lo tanto no se cortan.

En la esfera los paralelos van siendo más cortos a medida que se acercan a los polos, y su longitud es proporcional al coseno de la latitud. En la proyección Mercator, los paralelos tienen todos la misma longitud, lo cual significa que cada paralelo está aumentado en  $1: \cos \varphi = \sec \varphi$ , donde  $\varphi$  es la latitud expresada en grados. Para que sea una misma la escala para meridianos y paralelos, cada grado de latitud debe aumentarse con la secante de la latitud.

En un paralelo cualquiera, la distancia  $Y$ , que lo separa del ecuador es igual a la suma de las secantes de las latitudes, a saber:

$$Y = \sec 1' + \sec 2' + \sec 3' + \dots + \sec \varphi$$

La proyección Mercator presenta algunas características muy interesantes; de su definición se desprende que es una proyección conforme, es decir, en extensiones reducidas, la forma de la parte representada es igual a la real sobre la Tierra, pero, como la escala varía considerablemente, la forma de las grandes extensiones quedan muy alteradas. Por ejemplo, en la proyección Mercator

aparece Groenlandia de mayor tamaño que Sudamérica, mientras que en realidad es igual aproximadamente a la octava parte de esta última.

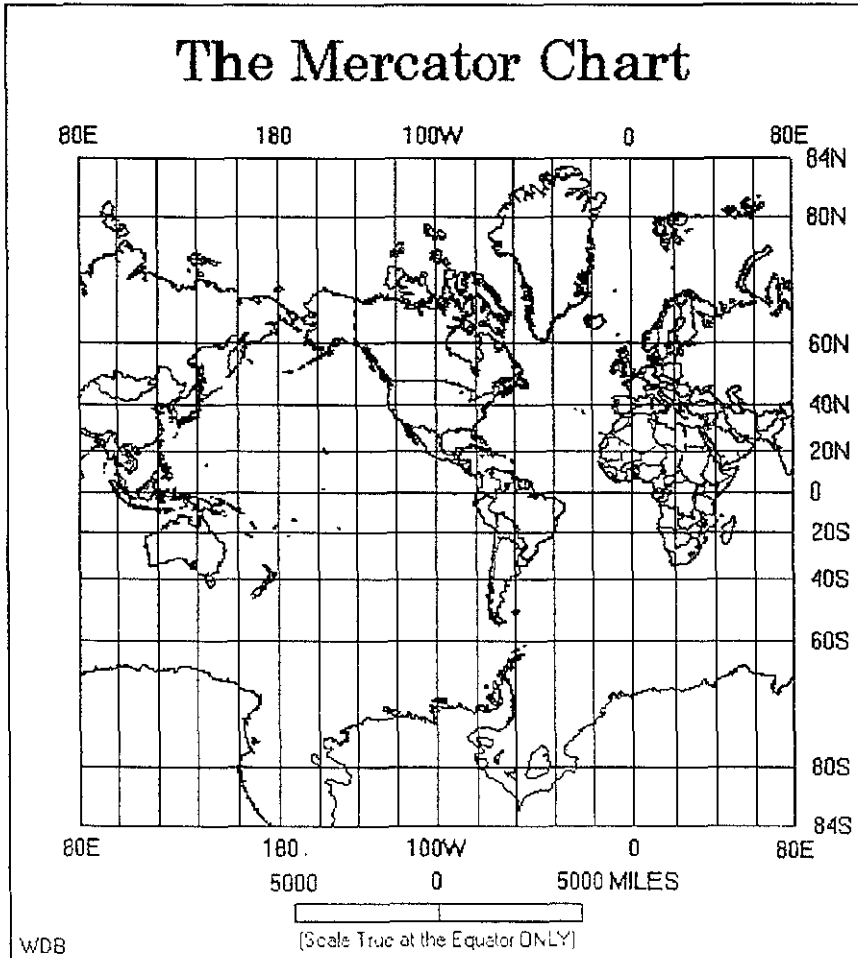


Figura 10

En la proyeccion Mercator estan muy exageradas las superficies en las altas latitudes. Solamente en el ecuador las dimensiones son exactas.

La propiedad más importante de la proyección Mercator es que es el único sistema en que todos los *rumbos* o *loxodrómic*as son líneas rectas; esta cualidad tiene extraordinaria importancia en náutica. Las loxodrómicas son líneas que sobre el globo terráqueo tienen rumbo constante y cortan a todos los meridianos en los polos, las loxodrómicas aparecen en el globo como líneas curvas, sin llegar, a pasar por los mismos.

Fué en el año de 1569, cuando Mercator construyó su mapamundi en esta proyección, desde entonces se emplea esta proyección, no obstante su acentuada anamorfosis. Ello obedece a varias razones, una de las cuales es su facilidad de construcción, y otra consiste en la ventaja que reportan los paralelos horizontales y los meridianos verticales. Quizá la causa principal de la popularidad de los mapas Mercator sea su propia anamorfosis

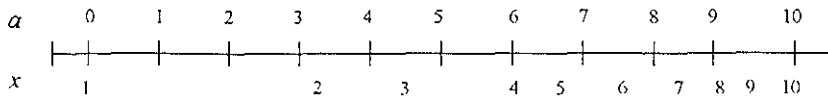
De todos es conocida la dificultad de rotular Suiza o Países Bajos en un mapamundi; en cambio se rotulan perfectamente los países situados en altas latitudes sobre un mapa construido con una proyección que exagere las superficies correspondientes. La proyección Mercator deforma tanto las superficies en las latitudes superiores, que dan lugar a ideas erróneas sobre extensiones y distancias, por lo cual su empleo debe restringirse en todo lo posible

*2.3 Escala Logarítmica*

Escala en la cual un incremento de una unidad representa un incremento potencial de la cantidad implicada. Para hacer uso de la escala logarítmica es conveniente tomar logaritmos de base 10.

Entre un valor y otro ( $a, x$ ) existe una relación lineal que puede representarse por una recta. Para poder leer los pares de valores, es necesario colocar escalas logarítmicas sobre los dos valores de cada uno que corresponden a los logaritmos tomados sobre ellos.

Pueden construirse muy fácilmente estas escalas con ayuda de una tabla de logaritmos, para lo cual se parte dando a  $a$  valores crecientes en progresión aritmética natural 0, 1, 2, 3, . . . , se buscan luego los logaritmos de valores enteros para obtener el valor  $x$  con pocas cifras decimales. Por ejemplo a 2 corresponde 0.3010, a 3 0.4771, etc. (ver tabla logarítmica). Generalmente se omite la escala uniforme, porque no es necesario leer los valores logarítmicos y sólo se señalan los números 2, 3, etc., debajo o a lado de sus logaritmos tomados sobre la recta.



Construcción de una escala logarítmica



Como puede observarse en la escala construida conforme se incrementa el valor logarítmico se reduce la distancia que separa los valores consecutivos, estas escalas son útiles para representar símbolos en un mapa. Un ejemplo puede ser cuando se tienen diferentes municipios y de diferentes dimensiones y se les pretende plasmar un símbolo, es entonces cuando se requiere hacer uso de la escala logarítmica.

TABLA LOGARÍTMICA	
1	0
2	0.3010
3	0.4771
4	0.6020
5	0.6989
6	0.7781
7	0.8450
8	0.9030
9	0.9542
10	1.0000

### *2.4 Conversión de escala*

Es frecuente convertir la escala del mapa de una forma a otra. Un usuario puede realizar medidas en un mapa que carece de escala gráfica, pero cuya fracción representativa se conoce. Puede suceder lo contrario, es decir, el mapa puede contener la escala gráfica la cual se desea expresar en forma de fracción.

Los procedimientos para hacer tales cambios son directos:

Si 1 km (100 000 cm) sobre la escala gráfica es representada por 2 cm de longitud, la escala numérica resultará 1: 50 000.

$$\text{Deduciendo : } \frac{100\,000\text{ cm}}{2\text{ cm}} = 50\,000\text{ cm}$$

A veces es necesario determinar la escala de un mapa. La escala aproximada del mapa a lo largo de una línea puede calcularse midiendo la distancia en el mapa entre dos puntos cuya distancia en la Tierra se conozca. El cambio de escala de un mapa que tenga una escala se realiza convirtiendo la escala conocida y la escala que se desea a una proporción lineal

**Ejemplo 1:**

La escala numérica del mapa es 1:75 000, determinar la escala gráfica:

En el mapa 1 km (100 000 cm) se representa por:

$$100\ 000 \quad \times \quad \frac{1}{75\ 000} = 1.33 \text{ cm}$$

Por lo tanto 1 km es representado por una longitud de 1.33 cm

Entonces a la escala 1:75 000, sabemos que a 1 cm del mapa corresponden 0.75 km del terreno, con este dato se construye la escala gráfica en la que cada 1.33 cm representará 1 km

**Ejemplo 2:**

Para determinar la escala numérica, si la escala gráfica muestra al medirla que 1 cm representa 50 km, entonces

- a) 1 cm representa 50 x 100 000 cm, (5 000 000), por lo tanto,
- b) La escala numérica es 1: 5 000 000.

Lo anterior también se podría explicar de la siguiente manera:

Si 50 km (5 000 000 cm ) sobre la escala gráfica es representada por 1 cm de longitud, la escala numérica resultará 1: 5 000 000

$$100\ 000 \times 50 = 5\ 000\ 000$$

Deduciendo  $\frac{5\ 000\ 000 \text{ cm}}{1 \text{ cm}} = 5\ 000\ 000$



*Métodos de transformación  
de escalas*

### *3. Métodos de transformación de escalas*

Cuando se requiere estudiar una región y se cuenta con una cartografía variada, ésta debe ser analizada a fin de seleccionar la más adecuada para, posteriormente, realizar las uniones más pertinentes mediante la transformación de los procesos de ampliación o reducción.

Se recomienda en la elaboración de mapas, la elección de escalas más grandes a las de su publicación con el objeto de reducir los errores cometidos al realizar la transformación. Además, las transformaciones de escala tienen otras aplicaciones, como el de determinar el tamaño de los símbolos y de las letras empleadas en los letreros de los mapas sujetos a procesos de amplificación o reducción

Un aspecto significativo es el menor o mayor valor absoluto del módulo y que se traduce en el aumento o disminución de la escala. Se puede afirmar que cuanto mayor es el módulo, menor es la escala y cuanto menor es éste, mayor es la escala del mapa

#### AMPLIACIÓN Y REDUCCIÓN DE ESCALAS

Ejemplo de ampliación de escala

Si la escala de una carta es  $1/E$ , al multiplicar por  $n$  el numerador ( $1/d \times n$ ), se obtiene una nueva escala que será  $n/E$ , es decir,  $n$  veces mayor que la anterior

Si la escala es 1:40 000, se multiplica por dos el numerador de la misma (1: 40 000 x 2), la nueva escala será 2:40 000 o sea 1:20 000, por lo tanto será el doble de la anterior

Si se multiplica por cuatro el numerador (1:40 000 x 4), la nueva escala será cuatro veces mayor (4:40 000) o sea 1:10 000, y al multiplicar por cinco el numerador (1:40 000 x 5), la escala es cinco veces mayor o sea 1:8 000.

Ejemplo de reducción de escala:

Si se desea reducir la escala, bastará multiplicar el módulo por el número de veces que se quiere reducir la misma.

Si la escala es 1:10 000, al multiplicar por dos el denominador (1:10 000 x 2), la nueva escala es dos veces menor que la propuesta o sea 1:20 000, y si al multiplicar el denominador por tres, por cuatro y por cinco, la escala resultante será tres, cuatro y cinco veces menor, es decir:

$$\frac{1}{10\ 000 \times 3} = \frac{1}{30\ 000} \quad ;$$

$$\frac{1}{10\ 000 \times 4} = \frac{1}{40\ 000} \quad ,$$

$$\frac{1}{10\ 000 \times 5} = \frac{1}{50\ 000}$$

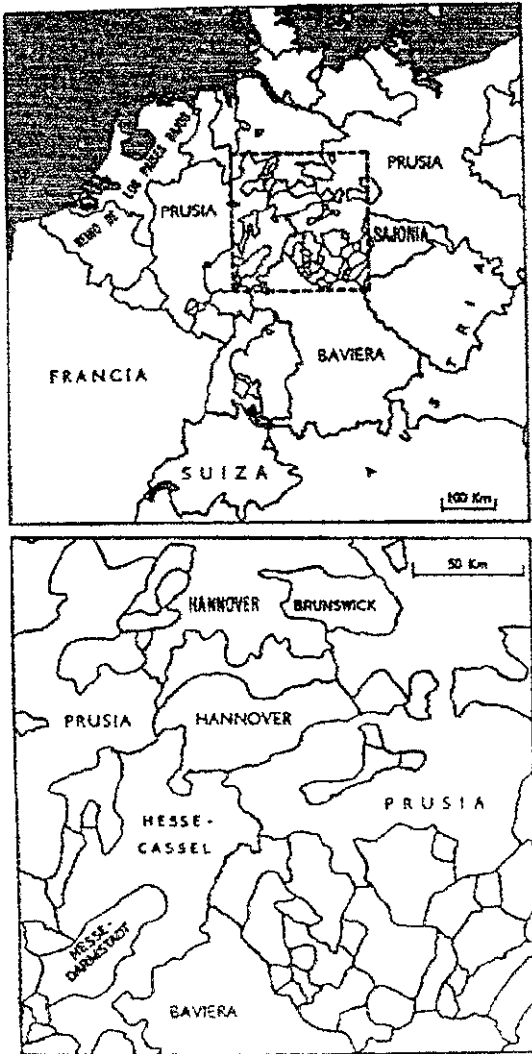


Figura 11 Ampliación de la escala

La porción recuadrada en la parte superior se presenta en la parte inferior de la página a una escala cuatro veces mayor. Esta ampliación permite incluir nombres de estados como referencia.

### *3.1 Métodos geométricos*

Los métodos geométricos que se utilizan para reducir o amplificar un mapa son de dos tipos, para un mapa de tipo puntual se usa el método de semejanza de triángulos, pero si se trata de un mapa isoplético (de líneas) o coroplético (de superficies) se utiliza el método de cuadrículas proporcionales.

#### *3.1.1 Semejanza de triángulos*

El método de semejanza de triángulos reduce o amplifica el tamaño de un detalle (río, carretera, ferrocarril, poblado) de un mapa, y es útil en la reducción de pequeñas zonas de los mapas.

**Ejemplo:**

Se tiene un mapa, el cual se requiere reducir al 75 %

Siendo que:  $\overline{A'E} = 45 \text{ cm}$  por lo tanto  $45 \text{ cm} \text{ --- } 100 \%$

$$\overline{A'E'} = 33.75 \% \quad x \text{ --- } 75 \%$$

$$x = 33.75 \text{ cm}$$

El procedimiento consiste en levantar una perpendicular en el centro de la distancia elegida como base con una dimensión teniendo como rango de reducción o amplificación de 1.5 a 2.5 veces para definir el punto



*Métodos de transformación de escalas*

Para ubicar al polo:  $\overline{PQ} = \text{base original} \times \text{rango de reducción}$ .

$$\overline{PQ} = 45 \times 2.5$$

$$\overline{PQ} = 112.5 \text{ cm}$$

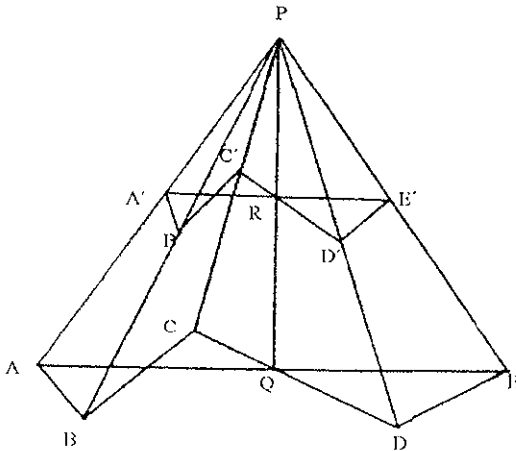
Para ubicar al polo de la base reducida:

$$\overline{PR} = \frac{\overline{A'E'}}{\overline{AE}} \overline{PQ}$$

$$\overline{PR} = \frac{33.75 \text{ cm}}{45 \text{ cm}} \cdot 112.5 \text{ cm} = 84.37 \text{ cm}$$

$$\overline{PR} = 84.37 \text{ cm}$$

A 84.37 cm del polo y en dirección perpendicular a la altura se traza la base  $A'E'$  que al medirla deberá ser de 33.75 cm.



$$AE = 45 \text{ cm} \quad A'E' = 33.75 \text{ cm}$$

$$PQ = 112.5 \text{ cm} \quad PR = 84.37 \text{ cm}$$

Figura 12 Método de triángulos semejantes

Del polo se trazan las direcciones radio-polares que pasan por todos aquellos puntos objeto de reducción. Las direcciones Q A, Q B, Q C, Q D y Q E se transportan en forma paralela y se trazan a partir de R originando en la intersección con los radio-polares los puntos ya reducidos A', B', C', D' y E'.

- Procedimiento para obtener la escala de reducción, teniendo como base los siguientes datos:

$$45 \text{ cm} \text{ --- } 100 \%$$

$$33.7 \text{ cm} \text{ --- } x$$

$$x = 75 \% \text{ (porcentaje de reducción)}$$

Escala original 1:50 000

$$\text{Esc.red} = \frac{\text{Esc. original}}{\%} = \frac{50\,000}{.75} = 1:66\,666$$

- Procedimiento para obtener la escala de ampliación, teniendo como base los siguientes datos:

$$45 \text{ cm} \text{ --- } 100 \%$$

$$67.5 \text{ cm} \text{ --- } x$$

$$x = 150 \% \text{ (porcentaje de ampliación)}$$

Escala original 1:50 000

$$\text{Esc amp} = \frac{\text{Esc original}}{\%} = \frac{50\,000}{1.50} = 1:33\,333$$

### *3.1.2 Cuadrículas proporcionales*

El método de cuadrículas proporcionales reduce o amplifica el tamaño de un detalle o superficie del mapa, por lo que es especialmente útil para la reducción de mapas completos.

Este método presenta dos variantes: una variante consiste en utilizar una mica en la que se traza una cuadrícula, el mapa original se cubre con la cuadrícula de la mica, mientras que en el mapa a compilar se traza otra cuadrícula, reducida y con el mismo número de cuadrados que en el mapa original, y se copia el detalle a mano, tratando de ser lo más exacto posible. La otra variante consiste en dibujar las cuadrículas de ambos mapas directamente sobre ellos. Cuanto más estrecha sea la cuadrícula, más preciso será el reticulado. (ver figura 13)

Debe recordarse que muchos símbolos topográficos ya se encuentran ampliados con cierta exageración, por lo que su reducción no debe hacerse al pie de la letra ni tampoco la del rotulado. Además, al reducir, es necesario a veces seleccionar ciertos detalles para conservar la elegancia y legibilidad del mapa

Como se ha mencionado debe trazarse el mismo número de cuadrados en ambas cuadrículas, pero con diferente dimensión, y el cociente que resulte de ellas será la relación de los módulos, es decir, lo que se reducirá o amplificará

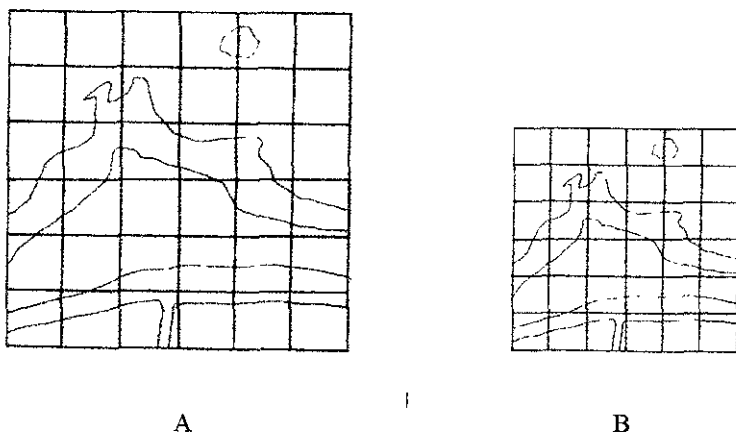


Figura 13 Método de cuadrículas proporcionales

Supongamos que la cuadrícula de la figura A es de 10 cm y que la figura B es de 8 cm, el cociente es del orden de 0.8, es decir, se va a producir una reducción del 80 %. Si la escala del mapa original es de 1:10 000 el reducido quedará de 1:12 500. La forma de la elaboración se realiza por medio de copia en base a los cuadrados realizados.

Deduciendo:

10 cm — 100 %

8 cm — x

x = 80 %

$$\text{Esc red} = \frac{\text{Esc original}}{\%} = \frac{10\,000}{0.8} = 12\,500$$

*3.2 Métodos mecánicos*

Estos métodos utilizan instrumentos de tipo mecánico para transformar las escalas, tales como el compás de proporciones y el pantógrafo, estos instrumentos son hoy algo anticuados.

*3.2.1 Compás de proporciones*

El compás de proporciones simplifica la copia de detalles, ya que tiene dos barras diagonales que van unidas por un tornillo que se desliza a lo largo de una ranura central, la cual se coloca en la posición requerida según la escala gráfica de la barra superior, hecho este procedimiento se aprieta el tornillo. Al correrse cierta distancia con un extremo del compás, el otro extremo recorre la misma distancia disminuida proporcionalmente.

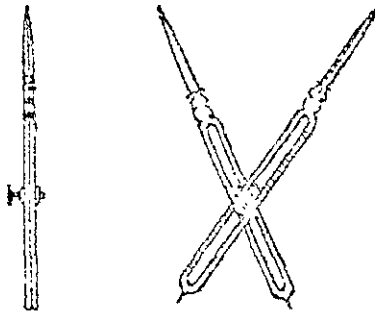


Figura 14. Compás de proporciones

### *3.2.2 Pantógrafo*

Este método consiste en el uso del pantógrafo como instrumento de ampliación y reducción de la escala. Se basa en el principio del paralelogramo articulado.

Una de las ventajas del procedimiento pantográfico sobre el fotográfico, es que mediante su uso se pueden eliminar con facilidad todos los detalles innecesarios, que si se empleara el proceso fotográfico, pero hay casos en que el método fotográfico da mejores resultados. Los pantógrafos dan mejor resultado en la reducción que para la ampliación, ya que al ampliarse cualquier movimiento irregular de la mano, éste también se ampliará en la reproducción.

Consta de cuatro brazos de igual longitud, con articulación floja en tres esquinas y fija en la cuarta. El lápiz va en el ángulo, diagonalmente opuesto al codo fijo, una barra fijada que se mueve paralelamente a dos de los lados, marca la escala al ser ajustado en cierta posición. La desventaja de este método es que exagera las inexactitudes propias del dibujo. El pantógrafo copia los detalles del mapa original al seguirlos con un cursor situado en una esquina, que dibuja con un lápiz situado al centro del mapa resultante.

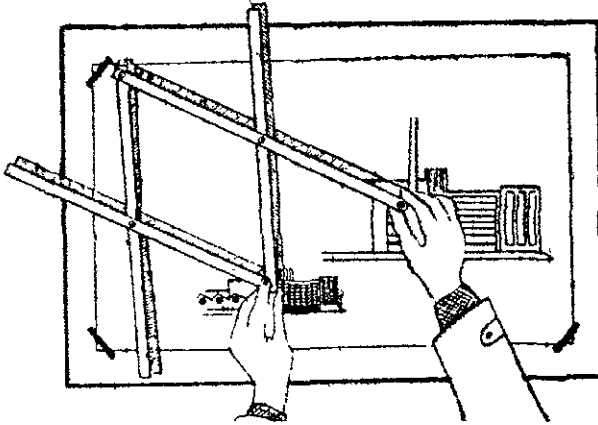


Figura 15 Método del pantógrafo

### *3.3 Métodos analíticos*

Los métodos analíticos pueden ampliar o reducir las escalas, es decir, pueden transformarlas. Este método consiste en transferir una serie de puntos del mapa original a otro mapa, por ejemplo: el hecho de situar una serie de puntos en un mapa a partir de sus coordenadas, o bien si una persona con un escalímetro y en voz alta lee los valores de las coordenadas de los puntos contenidos en un mapa, mientras que una segunda persona en otro mapa a diferente escala sitúa los valores correspondientes de las abscisas y de las ordenadas escuchadas.

### *3.4 Métodos ópticos*

Los métodos ópticos requieren de ciertos aparatos que utilizan una lente óptica y copian en grandes cantidades, por lo que son muy rápidos, económicos y de gran demanda.

Comercialmente, los más utilizados son los fotográficos, las copiadoras Xerox y las copiadoras heliográficas; existen entonces tres principales clases de métodos:

- a) Fotográficos,
- b) Fotostáticos y
- c) De proyección

La desventaja de estos instrumentos es que hacia sus bordes las copias salen visiblemente deformadas, con excepción de las xerográficas y heliográficas, en donde la deformación es menor. Debido a su bajo costo y al ahorro de tiempo, estos métodos son útiles para todo tipo de mapas, especialmente, para los mapas muy detallados y difíciles de compilar.

#### a) Método fotográfico:

Consiste en la utilización de una cámara oscura para copias que puede fotografiar mapas de hasta 12 metros cuadrados, y compilar con el porcentaje que se desee por reducción de los negativos



b) Método fotostático.

Consiste en la utilización de copiadoras electrónicas, especialmente las que obtienen xerográficas y heliográficas, por ser ambas copiadoras reductoras. Actualmente, en los centros de copiado electrónico, pueden obtenerse xerográficas que reducen o amplifican a la escala que se desee. En varias empresas privadas y gubernamentales existen copiadoras Xerox, que emplean un número limitado de porcentajes, que generalmente varían entre el diez y el doscientos por ciento. Las copiadoras heliográficas se utilizan principalmente para copiar hojas muy grandes, como planos y mapas, con la desventaja de que las copias son en color violeta y con manchas.

c) Método de proyección.

Consiste en fotografiar el mapa original en una diapositiva, y a través de un proyector de transparencias proyectarlo en una pantalla, dando la distancia entre el lente del proyector y la pantalla la escala o relación de reducción. El mapa resultante se dibuja en la pantalla.

### *3.5 Métodos electrónicos*

Los métodos electrónicos son los más recientes y tienen como herramienta base a la computadora. Requieren de aparatos altamente sofisticados, como la tableta digitalizadora, escáner, plotters y computadoras. A través de estos equipos

resultan los mapas mas precisos, pero también más caros dada la inversión en las máquinas y el costo de salarios de sus operadores.

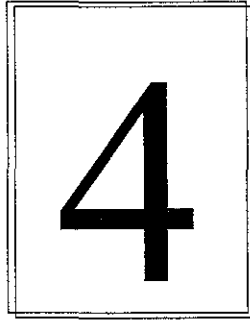
El método por computadora es lo que se conoce como cartografía automatizada, ésta dibuja los rasgos cartográficos por medio de líneas, puntos y polígonos lo que da como resultado un mapa digital.

Con el desarrollo acelerado de la tecnología, la cartografía se ha visto beneficiada para ejercer un dominio más efectivo sobre un espacio cada vez más complejo con grandes cantidades de variables, lo cual ha permitido obtener mapas más precisos y completos de una manera más fácil y eficaz.

En la actualidad existen diversos programas que generan cartografía digital, desde los más complejos SIG (Sistemas de Información Geográfica) hasta los programas más sencillos; todos ellos permiten transformar la información cartográfica, tanto para reducirla como para amplificarla a una escala, esto se realiza por medio de comandos propios de cada programa

La cartografía automatizada es dinámica, multitemporal e interactiva, lo cual permite un control de la información voluminosa y difícil, permitiéndole al usuario convertirse en el productor del mapa digital a la escala que desee





*Métodos de obtención de  
escalas*

#### *4. Métodos de obtención de escalas*

En algunos casos los mapas pueden no tener las escalas gráficas y numéricas, entonces es necesario obtener la escala a la que se presenta dicho mapa. La obtención de ellas puede realizarse mediante alguna de las cuatro formas siguientes:

- 1) En función de la cuadrícula
- 2) En función de la gradícula
- 3) En función de un mapa auxiliar y
- 4) Por métodos directos.

##### *4.1 En función de la cuadrícula*

Para llevar a cabo la obtención de la escala en función de la cuadrícula se aplica una relación o cociente basado en los valores de la cuadrícula del mapa: el numerador se obtiene de la medida al milímetro, entre dos valores consecutivos de cuadrícula, mientras que el denominador también se determina al milímetro, mediante la diferencia de dichos valores.

**Ejemplo 1:**

Si en un mapa el intervalo de cuadrícula mide 5 cm y la diferencia de los valores consecutivos es de 10 km. Calcular la escala del mapa.

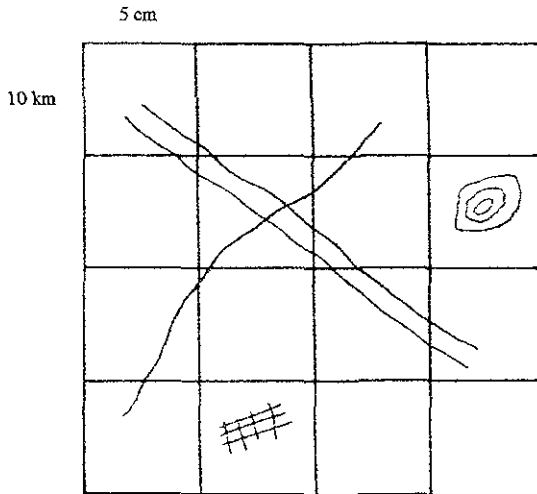


Figura 17.

Deduciendo.

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{1\ 000\ 000\ \text{cm}}{5\ \text{cm}} = 200\ 000 = 1\ 200\ 000$$



$$E = \frac{\frac{d}{d}}{\frac{D}{d}}$$

$$E = \frac{\frac{5 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}}{\frac{1\,000\,000 \text{ cm}}{5 \text{ cm}}} = \frac{1}{200\,000}$$

**Ejemplo 2:**

Si en un mapa el intervalo de cuadrícula mide 12.5 cm y la diferencia de valores consecutivos es de 5 km. Calcular la escala del mapa

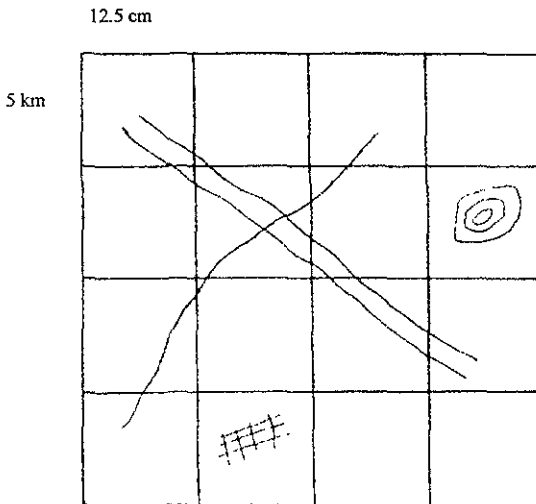


Figura 18

Deduciendo.

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{500\,000\text{ cm}}{12.5\text{ cm}} = 40\,000\text{ cm} = 1:40\,000$$

♣ ♣ ♣ Ó ♣ ♣ ♣

$$E = \frac{\frac{d}{d}}{\frac{D}{d}}$$

$$E = \frac{\frac{12.5\text{ cm}}{12.5\text{ cm}}}{\frac{500.000\text{ cm}}{12.5\text{ cm}}} = \frac{1}{40\,000}$$

**Ejemplo 3:**

Si en un mapa el intervalo de cuadrícula mide 8 cm y la diferencia de los valores consecutivos es de 5 km. Calcular la escala del mapa



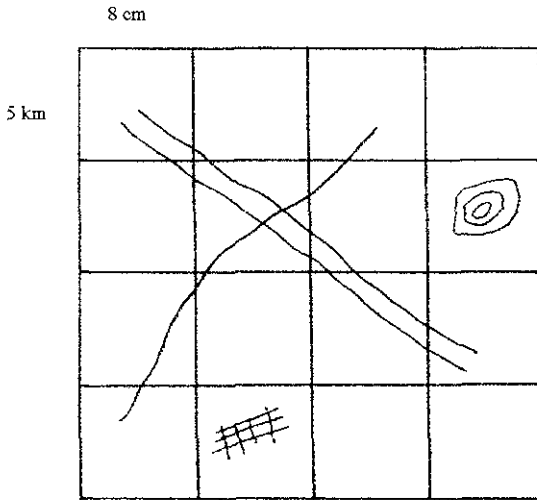


Figura 19

Deduciendo:

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{500\,000\text{ cm}}{8\text{ cm}} = 62\,500 = 1:62\,500$$

♣ ♣ ♣ Ó ♣ ♣ ♣

$$E = \frac{\frac{d}{d}}{\frac{D}{d}}$$

$$E = \frac{\frac{8 \text{ cm}}{8 \text{ cm}}}{\frac{500\,000 \text{ cm}}{8 \text{ cm}}} = \frac{1}{62\,500}$$

**Ejemplo 4:**

Si en un mapa el intervalo de cuadrícula mide 10 cm y la diferencia de los valores consecutivos es de 5 000 yardas. Calcular la escala del mapa:

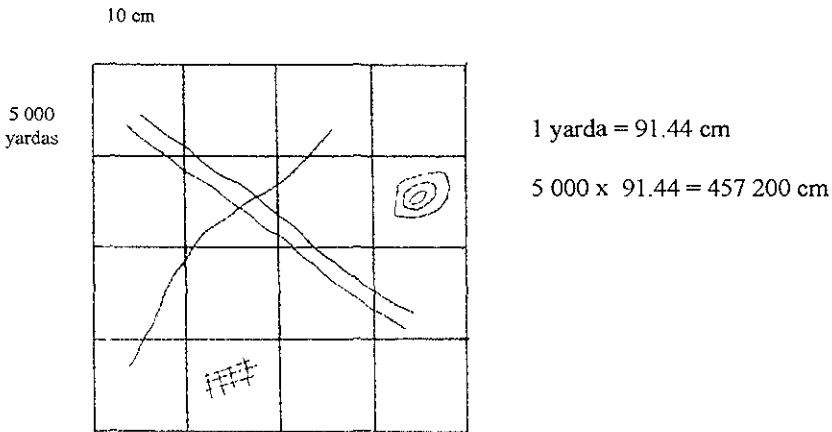


Figura 20

Deduciendo:

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{457\,200 \text{ cm}}{10 \text{ cm}} = 45\,720 \text{ cm} = 1:45\,720$$

♣ ♣ ♣ Ó ♣ ♣ ♣

$$E = \frac{\frac{d}{d}}{\frac{D}{d}}$$

$$E = \frac{\frac{10 \text{ cm}}{10 \text{ cm}}}{\frac{457\,200 \text{ cm}}{10 \text{ cm}}} = \frac{1}{45\,720}$$

**Ejemplo 5:**

Si en un mapa el intervalo de cuadrícula mide 5 pulgadas y la diferencia de los valores consecutivos es de 5 km. Calcular la escala del mapa

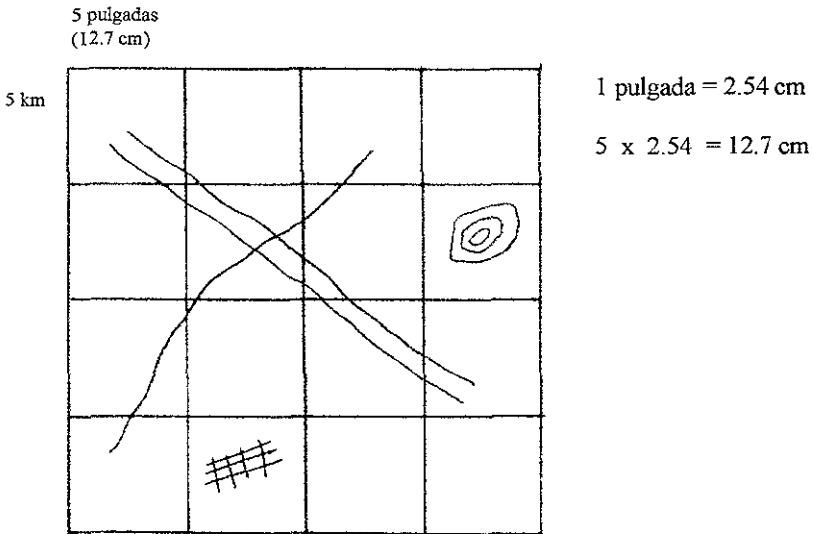


Figura 21.

Deduciendo.

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{500\,000 \text{ cm}}{12.7 \text{ cm}} = 39\,370 \text{ cm} = 1\,393.70$$



$$E = \frac{\frac{d}{d}}{\frac{D}{d}}$$

$$E = \frac{\frac{12.7 \text{ cm}}{12.7 \text{ cm}}}{\frac{500\,000 \text{ cm}}{12.7 \text{ cm}}} = \frac{1}{39\,370}$$

#### *4.2 En función de la gradícula*

Para llevar a cabo la obtención de la escala en función de la gradícula; se determina un cociente, en donde el numerador representa la distancia que separa a dos valores geográficos consecutivos medidos en dirección norte - sur, mientras que el denominador se obtiene por el cálculo de la distancia entre sus correspondientes valores geográficos.

Para ello se debe tener en cuenta que :

Circunferencia =  $2 \pi R$                       y que el Radio Terrestre = 6 356 km

C= Circunferencia

$$C 1^{\circ} = \frac{2 \pi R}{360} \cos \varphi = \frac{\pi}{180} R \cos \varphi$$

$$C 1' = \frac{\pi}{180} \times \frac{R \cos \varphi}{60}$$

$$C 1'' = \frac{\pi}{180} \times \frac{R \cos \varphi}{3\,600}$$

DETERMINAR EL VALOR DE LA CIRCUNFERENCIA PARA 1°, 1' Y 1''

CUANDO SE TIENEN LAS SIGUIENTES LATITUDES:

**Ejercicio 1:**

$$\varphi = 30^{\circ}$$

$$C 1^{\circ} = \frac{\pi}{180} R \cos \varphi = \frac{\pi}{180} (6\,356) (\cos 30^{\circ}) = 96.071 \text{ km}$$

$$C 1' = \frac{\pi}{180} \times \frac{R \cos \varphi}{60} = \frac{\pi}{180} \times \frac{(6\,356) (\cos 30^{\circ})}{60} = 1.601 \text{ km}$$

$$C 1'' = \frac{\pi}{180} \frac{R \cos \varphi}{3600} = \frac{\pi}{180} \frac{(6356) (\cos 30^\circ)}{3600} = 26.686 \text{ m}$$

**Ejercicio 2:**

$$\varphi = 89^\circ$$

$$C 1^\circ = \frac{\pi}{180} R \cos \varphi = \frac{\pi}{180} (6356) (\cos 89^\circ) = 1.936 \text{ km}$$

$$C 1' = \frac{\pi}{180} \frac{R \cos \varphi}{60} = \frac{\pi}{180} \frac{(6356) (\cos 89^\circ)}{60} = 32.26 \text{ m}$$

$$C 1'' = \frac{\pi}{180} \frac{R \cos \varphi}{3600} = \frac{\pi}{180} \frac{(6356) (\cos 89^\circ)}{3600} = 0.538 \text{ m}$$

DETERMINAR LA ESCALA CUANDO SE TIENEN LAS SIGUIENTES LONGITUDES:

También se debe tener en cuenta que

$$1^\circ = \frac{2\pi R}{360} = \frac{\pi}{180} R$$

$$1^\circ = 109.95 \text{ km}$$

$$1' = 1832.5 \text{ m} = 1' \text{ geográfico} = 1832.5 \text{ m (constante en la longitud geográfica)}$$

**Ejercicio 1:**

$$\lambda = 105^{\circ} 30' \quad \underline{15'} \quad 105^{\circ} 15'$$

d = 32 cm (separación de 15' de longitud)

$$E = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{\frac{32 \text{ cm}}{32 \text{ cm}}}{\frac{(1\,832.5\text{m})(15')}{32 \text{ cm}}} = \frac{1}{85\,898.43} = 1:85\,898$$

**Ejercicio 2:**

$$\lambda = 90^{\circ} 00' \quad \underline{3^{\circ}} \quad 93^{\circ} 00'$$

d = 32 cm (separación de 3° de longitud)

$$E = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{\frac{32 \text{ cm}}{32 \text{ cm}}}{\frac{(1\,832.5\text{m})(180')}{32 \text{ cm}}} = \frac{1}{1\,030\,781.25} = 1:1\,030\,781$$



**Ejercicio 3:**

$$\lambda = 99^{\circ} 30' \quad \underline{30'} \quad 99^{\circ} 00'$$

d = 32 cm (separación de 30' de longitud)

$$E = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{\frac{32 \text{ cm}}{32 \text{ cm}}}{\frac{(1\,832.5\text{m})(30')}{32 \text{ cm}}} = \frac{1}{171\,796.87} = 1:171\,796$$

**Ejercicio 4:**

$$\lambda = 96^{\circ} 00' \quad \underline{2^{\circ}} \quad 98^{\circ} 00'$$

d = 32 cm (separación de 2° de longitud)

$$E = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{\frac{32 \text{ cm}}{32 \text{ cm}}}{\frac{(1\,832.5\text{m})(120')}{32 \text{ cm}}} = \frac{1}{687\,187.5} = 1:687\,187$$

**Ejercicio 5:**

$$\lambda = 102^{\circ} 30' \quad 1^{\circ} \quad 101^{\circ} 30'$$

d = 32 cm (separación de 1° de longitud)

$$E = \frac{d}{D}$$

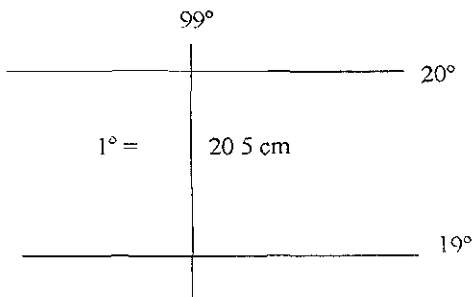
$$E = \frac{\frac{32 \text{ cm}}{32 \text{ cm}}}{\frac{(1.832.5 \text{ m})(60')}{32 \text{ cm}}} = \frac{1}{343.593.75} = 1:343.594$$

DETERMINAR LA ESCALA CUANDO SE TIENEN LAS SIGUIENTES

LATITUDES:

**Ejercicio 1:**

$$\varphi = 19^{\circ} \text{ — } 20^{\circ}$$



$$C 1^\circ = \frac{\pi}{180} R \text{ Cos } \varphi$$

$$C 1^\circ = \frac{\pi}{180} (6\,356) (\text{Cos } 1^\circ)$$

$$C 1^\circ = 110.9 \text{ km}$$

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{11\,090\,000 \text{ cm}}{20.5 \text{ cm}} = 540\,975.60 \text{ cm} = 1:540\,976$$

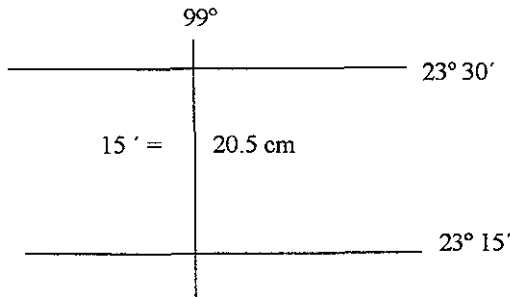
♣ ♣ ♣ Ó ♣ ♣ ♣

$$E = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{\frac{20.5 \text{ cm}}{20.5 \text{ cm}}}{\frac{11\,090\,000 \text{ cm}}{20.5 \text{ cm}}} = \frac{1}{540\,975.60 \text{ cm}} = 1:540\,976$$

**Ejercicio 2:**

$$\varphi = 23^{\circ} 30' \text{ — } 23^{\circ} 15'$$



$$C 1' = \frac{\pi}{180} \frac{R \text{ Cos } \varphi}{60}$$

$$C 1' = \frac{\pi}{180} \frac{(6\,356) (\text{Cos } 1^{\circ})}{60}$$

$$C 1' = 1.84860 \text{ km}$$

$$C 15' = 2\,772\,900 \text{ cm}$$

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

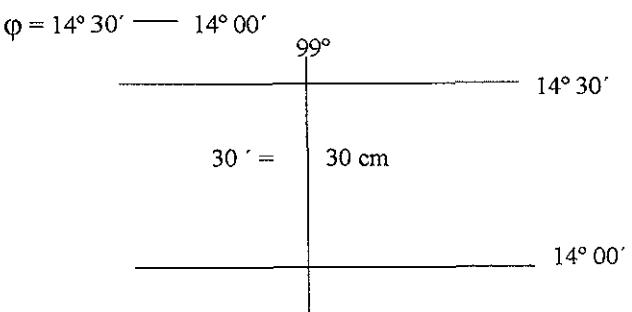
$$E = \frac{(184\,860 \text{ cm}) (15')}{20.5 \text{ cm}} = 135\,263.41 \text{ cm} = 1\,352.63$$



$$E = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{\frac{20.5 \text{ cm}}{20.5 \text{ cm}}}{\frac{(184\,860 \text{ cm})(15')}{20.5 \text{ cm}}} = \frac{1}{135\,263.41 \text{ cm}} = 1:135\,263$$

**Ejercicio 3:**



$$C 1' = \frac{\pi}{180} \frac{R \text{ Cos } \varphi}{60}$$

$$C 1' = \frac{\pi}{180} \frac{(6\,356) (\text{Cos } 1^\circ)}{60}$$

$C 1' = 1\,84860 \text{ km}$

$C 30' = 5\,545\,800 \text{ cm}$

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{(184\ 860\ \text{cm}) (30')}{30\ \text{cm}} = 184\ 860\ \text{cm} = 1: 184\ 860$$

♣ ♣ ♣ Ó ♣ ♣ ♣

$$E = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{\frac{30\ \text{cm}}{30\ \text{cm}}}{\frac{(184\ 860\ \text{cm}) (30')}{30\ \text{cm}}} = \frac{1}{184\ 860\ \text{cm}} = 1: 184\ 860$$

### *4.3 En función de un mapa auxiliar*

Este método consiste en obtener una escala desconocida a través de un mapa auxiliar; se obtiene al comparar dos mapas, uno de ellos debe contener su escala. Para llevar a cabo este método se debe seleccionar un rasgo que esté contenido en ambos mapas, tales como carreteras, vías férreas, ríos, gradícula, líneas telegráficas, acueductos, etc

La escala se podrá calcular mediante la obtención de un cociente, en donde el numerador corresponde a la distancia que separa los dos puntos en el mapa, el denominador representa la distancia real que se obtiene al factorizar el módulo de la escala del mapa por la distancia que resulte.

**Ejercicio 1:**

Si el mapa auxiliar tiene una escala de 1:75 000 y la distancia de dos puntos en ésta es de 16 cm, mientras que en el mapa corresponde a esos mismos puntos una distancia de 7.5 cm, la escala resultante será:

Módulo 75 000	Dist. mapa auxiliar 16 cm	Dist. mapa s/escala 7.5 cm
------------------	------------------------------	-------------------------------

$$E = \frac{\frac{7.5 \text{ cm}}{7.5 \text{ cm}}}{\frac{1\ 200\ 000 \text{ cm}}{7.5 \text{ cm}}} = \frac{1}{160\ 000 \text{ cm}} = 1:160\ 000$$



Para determinar la distancia en el terreno a partir del mapa auxiliar

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

$$D = d \times E$$

$$D = 16 \times 75\,000$$

$$D = 1\,200\,000 \text{ cm}$$

Para determinar la escala del mapa.

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{1\,200\,000 \text{ cm}}{7.5 \text{ cm}} = 160\,000 \text{ cm} = 1:160\,000$$

**Ejercicio 2:**

Si el mapa auxiliar tiene una escala de 1:200 000 y la distancia de dos puntos en ésta es de 6.3 cm, mientras que en el mapa corresponde a esos mismos puntos una distancia de 13.7 cm, la escala resultante será:

Módulo	Dist. mapa auxiliar	Dist mapa s/escala
200 000	6.3 cm	13.7 cm

$$E = \frac{\frac{13.7 \text{ cm}}{13.7 \text{ cm}}}{\frac{1\,200\,000 \text{ cm}}{13.7 \text{ cm}}} = \frac{1}{91\,970.8 \text{ cm}} = 1:91\,971$$





Para determinar la distancia en el terreno a partir del mapa auxiliar.

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$D = d \times E$$

$$D = 6.3 \times 200\,000$$

$$D = 1\,260\,000 \text{ cm}$$

Para determinar la escala del mapa.

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{1\,260\,000 \text{ cm}}{13.7 \text{ cm}} = 91\,970.8 \text{ cm} = 1:91\,971$$

**Ejercicio 3:**

Si el mapa auxiliar tiene una escala de 1:50 000 y la distancia de dos puntos en ésta es de 26.3 cm, mientras que en el mapa corresponde a esos mismos puntos una distancia de 17.6 cm, la escala resultante será:

Módulo 50 000	Dist. mapa auxiliar 26.3 cm	Dist. mapa s/escala 17.6 cm
------------------	--------------------------------	--------------------------------

$$E = \frac{\frac{17.6 \text{ cm}}{17.6 \text{ cm}}}{\frac{1\ 315\ 000 \text{ cm}}{17.6 \text{ cm}}} = \frac{1}{74\ 715.9 \text{ cm}} = 1:74\ 716$$

♣ ♣ ♣ Ó ♣ ♣ ♣

Para determinar la distancia en el terreno a partir del mapa auxiliar.

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

$$D = d \times E$$

$$D = 26.3 \times 50\ 000$$

$$D = 1\ 315\ 000 \text{ cm}$$

Para determinar la escala del mapa

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{1\,315\,000\text{ cm}}{17.6\text{ cm}} = 74\,715.9\text{ cm} = 1:74\,716$$

**Ejercicio 4:**

Si el mapa auxiliar tiene una escala de 1:125 000 y la distancia de dos puntos en ésta es de 31.3 cm, mientras que en el mapa corresponde a esos mismos puntos una distancia de 5.2 cm, la escala resultante será:

Módulo	Dist. mapa auxiliar	Dist. mapa s/escala
125 000	31.3 cm	5.2 cm

$$E = \frac{\frac{5.2\text{ cm}}{5.2\text{ cm}}}{\frac{3\,912\,500\text{ cm}}{5.2\text{ cm}}} = \frac{1}{752\,403.8\text{ cm}} = 1:752\,404$$



Para determinar la distancia en el terreno a partir del mapa auxiliar.

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$D = d \times E$$

$$D = 31.3 \times 125\,000$$

$$D = 3\,912\,500 \text{ cm}$$

Para determinar la escala del mapa.

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{3\,912\,500 \text{ cm}}{5.2 \text{ cm}} = 752\,403.8 \text{ cm} = 1:752\,404$$

**Ejercicio 5:**

Si el mapa auxiliar tiene una escala de 1:12 000 y la distancia de dos puntos en ésta es de 4.5 cm, mientras que en el mapa corresponde a esos mismos puntos una distancia de 9.2 cm, la escala resultante será

---

Módulo 12 000	Dist. mapa auxiliar 4.5 cm	Dist. mapa s/escala 9.2 cm
------------------	-------------------------------	-------------------------------

$$E = \frac{\frac{9.2 \text{ cm}}{9.2 \text{ cm}}}{\frac{54.000 \text{ cm}}{9.2 \text{ cm}}} = \frac{1}{5.869.5 \text{ cm}} = 1.5.869$$



Para determinar la distancia en el terreno a partir del mapa auxiliar.

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$

$$D = d \times E$$

$$D = 4.5 \times 12.000$$

$$D = 54.000 \text{ cm}$$

Para determinar la escala del mapa.

$$\frac{l}{E} = \frac{d}{D}$$
$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{54.000 \text{ cm}}{9.2 \text{ cm}} = 5.869.5 \text{ cm} = 1.5.869$$

*4.4 Por métodos directos*

Para obtener la escala de forma directa, basta con desplazarse hasta el área que cubre el mapa, en el terreno se identifican dos puntos que corresponden al mapa; la escala será la relación de las dos distancias.

**Ejercicio 1:**

Si en un mapa se identifican dos puntos, los cuales tienen una distancia de 3.5 cm; en el terreno esos mismos puntos tienen una distancia de 90 m (9 000 cm).

$$E = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{\frac{3.5 \text{ cm}}{3.5 \text{ cm}}}{\frac{9\,000 \text{ cm}}{3.5 \text{ cm}}} = \frac{1}{2\,571.4 \text{ cm}} = 1:2\,571$$

♣ ♣ ♣ Ó ♣ ♣ ♣

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{9\,000 \text{ cm}}{3.5 \text{ cm}} = 2\,571.4 \text{ cm} = 1:2\,571$$

**Ejercicio 2:**

Si en un mapa se identifican dos puntos, los cuales tienen una distancia de 12.3 cm; en el terreno esos mismos puntos tienen una distancia de 123 000 m (12 300 000 cm).

$$E = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{\frac{12.3 \text{ cm}}{12.3 \text{ cm}}}{\frac{12\,300\,000 \text{ cm}}{12.3 \text{ cm}}} = \frac{1}{1\,000\,000 \text{ cm}} = 1:1\,000\,000$$

♣ ♣ ♣ Ó ♣ ♣ ♣

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D}$$

$$E = \frac{D}{d}$$

$$E = \frac{12\,300\,000 \text{ cm}}{12.3 \text{ cm}} = 1\,000\,000 \text{ cm} = 1:1\,000\,000$$

### *Conclusiones*

Los mapas siempre han jugado un papel importante en la cartografía ya sea tradicional o contemporánea, ya que éstos son documentos en los que se representan mediante símbolos cartográficos, toda una serie de datos que previamente se han recabado, analizado y sintetizado; de esta manera el mapa es una representación gráfica de la superficie de la Tierra o parte de la misma, dibujada a cierta escala.

La representación de los aspectos terrestres y la generalización se ven afectados por la escala, ya que es imposible mostrar cada detalle del mundo a su escala real. El contenido de cada mapa debe tener una representación útil del mundo verdadero, dentro de los límites del espacio disponible y la escala establecida.

Cabe mencionar que en algunos casos existen aspectos o rasgos que pueden exagerarse debido a la escala que presenta el mapa, ya que de lo contrario no se podrían apreciar, tal es el caso de líneas eléctricas, carreteras, vías férreas, etc



En la elaboración de un mapa, tiene que determinarse a qué escala debe realizarse, ya que de no determinarse una escala apropiada podrían quedar fuera ciertos rasgos que se desean plasmar.

Cuando no se cuenta con mapas de alguna región a una escala específica, es importante tener en cuenta los diferentes métodos para realizar transformaciones de escalas, este procedimiento permite construir un mapa a la escala que se requiera. Cabe mencionar que la cantidad de detalles que aparecen en el mapa original serán los mismos que aparezcan en el mapa resultante, es decir, no se podrá incrementar el número de detalles.

Hoy en día muchos profesionistas ignoran los procedimientos para determinar, transformar y obtener la escala por lo cual se deben transmitir los conocimientos básicos para cada uno de los procedimientos, lo que permitirá que esa deficiencia vaya desapareciendo

Sin embargo, debido a la gran cantidad de mapas existentes y a que muchas instituciones o usuarios no cuentan con tecnología automatizada es importante tener un conocimiento de cómo se llevan a cabo el manejo de escalas de forma tradicional.

Actualmente los adelantos cartográficos están basados en el empleo de la tecnología que se está desarrollando a grandes pasos. Tal es el caso de la informática y las ciencias espaciales dentro de los que destacan el uso de aparatos de alta precisión; tales como fotografías aéreas, el uso de imágenes de satélite, Sistema de Posicionamiento Global (GPS), Sistemas de Información Geográfica (SIG), entre otros, y las nuevas metodologías en la elaboración de mapas (mapas digitales); todo ello da al hombre un conocimiento más real del mundo en que vive. El manejo de la escala en equipos automatizados se realiza con el simple hecho de dar un click a un programa de computadora.

Debido a la importancia que tiene la escala en la elaboración de un mapa este trabajo sirve a los diversos usuarios, no necesariamente a cartógrafos, ya que la construcción de un mapa es algo que necesitan los demás especialistas de la licenciatura en geografía, así como los estudiosos de las Ciencias de la Tierra, ya que tienen que comunicar los resultados de sus trabajos en mapas.

**Anamorfosis.** Deformación a voluntad de una pintura o dibujo para que la imagen, desde el punto donde se ha de mirar, se vea correcta.

**Área.** Es el número que indica la porción de plano que ocupa. Se expresa en unidades de superficie.

**Carta.** Mapa de la Tierra o parte de ella.

**Cartografía automatizada.** Procedimiento mediante el cual se pueden representar por medio de líneas, puntos y de forma automática aquellos rasgos que pueden ser cartografiados. Esta información representada puede almacenarse en una computadora.

**Compás de proporciones.** Es un instrumento que simplifica la copia de detalles de igual o distinta escala de un mapa.

**Compilación cartográfica.** Proceso de extraer detalles cartográficos de mapas existentes, datos nuevos, aerofotografías y otras fuentes, para la preparación de un mapa nuevo o de un mapa mejorado.

**Coordenada.** Aplicada a las líneas o magnitudes utilizadas para definir la posición de un punto o línea respecto a un sistema de referencia fijo.

**Coordenadas cartesianas.** Aquellas cuyo sistema de referencia está constituido por tres rectas (ejes cartesianos) coincidentes en un punto (origen de coordenadas). Cuando los ejes son perpendiculares, las coordenadas cartesianas se llaman rectangulares u ortogonales. Dado un punto del espacio, sus coordenadas cartesianas son las distancias al origen de las proyecciones del punto sobre cada uno de los ejes, dotadas de signo positivo o negativo y dadas siempre en un mismo orden. Suelen representarse por  $x$ ,  $y$  y  $z$ , y los ejes, por OX, OY y OZ. En un plano se reducen a  $x$  e  $y$ ; el eje OX se llama de abscisas, y el OY, de ordenadas.

**Digitalización.** Cualquier conversión de un documento que se encuentra en formato analógico a un formato de tipo numérico (digital).

**Escala.** Es la relación existente entre la distancia que separa dos puntos del mapa y la correspondiente sobre el terreno.

**Escala numérica.** Relación de una distancia medida sobre un mapa con la misma distancia medida sobre el terreno y reducida al horizonte.

**Escala gráfica.** Línea recta o ábaco que representa sobre el terreno el mapa la escala numérica.

**Escáner.** Unidad de intercambio de información de entrada que digitaliza una imagen para su introducción en el ordenador.

**Forma.** Figura exterior o disposición de los cuerpos u objetos.

**Fracción.** División de una cosa en partes./ Cada una de las partes o porciones de un todo con relación a él./ Cociente indicado de dos cantidades llamadas numerador (el dividendo) y denominador (el divisor).

**Generalización.** Proceso de simplificación de la temática o la geometría de un mapa.

**GIS.** (SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO o SIG). 1. Un GIS es una aplicación que permite preparar, presentar e interpretar hechos que tienen lugar en la superficie terrestre. 2. Sistema integrado de captura, almacenamiento, manipulación, análisis y visualización de información relativa a intereses de naturaleza geográfica. 3. GIS es un sistema para la entrada, almacenamiento, representación y recuperación de

datos indexados espacialmente. Existen dos tipos básicos de GIS: raster y vectorial. Conjunto de programas (software), y en ocasiones hardware, que permiten almacenar, modificar y relacionar cualquier tipo de datos relacionados con información espacial.

***Línea loxodrómica.*** Son líneas que sobre el globo terráqueo tienen rumbo constante y cortan a todos los meridianos formando ángulos iguales; por cortarse todos los meridianos en los polos, las loxodrómicas aparecen en el globo como líneas curvas que se acercan a los polos describiendo una especie de espiral, sin llegar, a pasar por los mismos.

***Mapa.*** Representación de las características de una parte de la superficie terrestre, realizada a una escala determinada, sobre una superficie plana (papel, cartón, plástico, tela, y otros materiales) según la escala empleada y el detalle deseado representará un distinto grado de generalización.

***Módulo de la escala.*** También es llamado factor de reducción, éste se obtiene al convertir el numerador del quebrado a la unidad y el denominador será modulo.

***Pantógrafo.*** Instrumento que permite copiar a igual o distinta escala un dibujo o plano.

**Plano.** Representación geométrica a escala, en una superficie plana de un terreno, edificio, máquina, etc.

**Plotter o Trazador.** Dispositivo de impresión de alta calidad que genera copias en papel de los gráficos o mapas generados en un ordenador.

**Proyección.** Sistema de Proyección utilizado para la representación cartográfica de la superficie terrestre, estando ésta, supuestamente, proyectada verticalmente sobre un elipse de referencia.

**Proyección conforme.** Sistema de Proyección que conserva, en la representación cartográfica la relación de las superficies observadas sobre la superficie terrestre. Tipo de proyección en la cual, sobre un área reducida, se mantiene la forma real, y cuya escala es la misma en cualquier punto y en todas las direcciones. Se denomina también proyección ortomorfa. Dentro de este grupo se incluyen la proyección de Mercator, proyección conforme de Lambert, proyección estereográfica.

**Proyección de Mercator.** Proyección de la superficie terrestre en un cilindro tangente al ecuador. Es una proyección directa y conforme, poco utilizada en la práctica, usada por Gerhard Mercator para realizar su mapamundi en 1569. Los paralelos son líneas rectas de

igual longitud que el ecuador, divididos en partes iguales por los meridianos (equidistante entre sí) que los cortan en ángulo recto. La distancia entre los paralelos aumenta a partir del ecuador para conservar la relación correcta entre la latitud y la longitud, de manera que la deformación aumenta en las altas latitudes la ventaja principal de esta proyección es que los rumbos son líneas rectas, por lo cual se usa mucho en navegación.

***Proyección Transversal de Mercator.*** Proyección de la superficie terrestre en un cilindro tangente a lo largo de un meridiano por el intermedio de una esfera. Es conforme y muy utilizada en la cartografía americana (Universal Transversa de Mercator). Variante de la proyección de Mercator en la que el cilindro es tangente a la esfera terrestre, no a lo largo del ecuador, como sería normal, si no a lo largo de un meridiano, es decir, que se le ha dado un giro de  $90^\circ$ . Esta proyección se usa principalmente para mapas de sectores pequeños con las dimensiones principales orientadas de norte a sur. La escala de error aumenta al alejarse del meridiano central.

***Signo.*** Esquema centrado en posición real sobre un mapa, facilitando la identificación de un objeto de la superficie que, si estuviera en escala, sería excesivamente pequeño como para poder distinguirse. La dimensión de un esquema debe ser suficientemente grande como para que se le pueda identificar fácilmente, y lo suficientemente reducido para que sea posible limitar su entorno planimétrico.



## BIBLIOGRAFÍA

AROCHA REYES, José Luis. (1978). *Fundamentos de cartografía*.

Caracas: Jolar.

B. KORTE, George. (1997). *The gis book*. E.U.: On Word Press.

BOSQUE, Joaquín et al. (1994). *Sistemas de Información Geográfica*. Madrid: RA-MA.

BUSTAMANTE, Octavio y SÁNCHEZ, C., Pedro. (1935). *Apuntes sobre cartografía*. México: Instituto Panamericano de Geografía e Historia.

CAIRE LOMELI, Jorge.(1983). *Cartografía matemática*. México: IPN

CAMPBELL, John. (1998) *Map use and analysis*. New York: Mc Graw Hill

CHACON BACA, Juan Ricardo. (1982). *La construcción del mapa base para la elaboración de cartas geográficas*. México. El autor

ECKERT GREIFENDOF, Max (1966) *Cartografía*. Hispano Americana

MONKHOUSE, F. J y H R. Wilkinson (1966). *Mapas y diagramas*.

Barcelona: Oikos-Tau.

MONKHOUSE, F J. (1978). *Diccionario de términos geográficos*.

Barcelona: Oikos-Tau

PIERRE, George. (1991). *Diccionario de geografía*.

Madrid: Akal

PIRANI, Marcello. (1962) *Nomografía*. México: Hispano Americana.

RAISZ, Erwin. (1953). *Cartografía general*. Barcelona: Omega.

ROBINSON, A. H. (1987). *Elementos de cartografía*. Barcelona: Omega.

VANCE SMITH, Dylan. (1998). *Inside autodesk world*. E.U.: On Word Press.

<http://www.cerveracentre.com/descala.htm>

<http://www.ignperu.gob.pe/clases.htm>

<http://www.inegi.gob.mx/territorio/espanol/prodyserv/marcoteo/bases/bases.html>



FAULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS

COLEGIO DE GEOGRAFIA