

COORDENADAS GAUSS-KRUGER

Nociones fundamentales:

La teoría de la proyección conforme referida al elipsoide terrestre fue establecida por primera vez por C.F. Gauss en 1822 y constituye un tema de la geodesia superior.

El matemático L. Kruger (1857-1923) tiene el gran mérito de haber generalizado la proyección Gauss, haciéndola más práctica con la introducción de las fajas meridianas, determinando además la fórmulas adecuadas para esas fajas.

La proyección Gauss-Kruger es empleada actualmente para las cartas topográficas en nuestro país por ofrecer múltiples ventajas. Entre otras, podemos citar las siguientes particularidades de esta proyección:

a) Es una proyección conforme, vale decir, reproduce todos los detalles planimétricos de una región cualquier, tanto más fielmente, cuando más reducida es dicha región. Además conserva los ángulos.

b) Permite sin complicaciones, el cálculo preciso en coordenadas rectangulares.

Cada una de las fajas meridianas introducidas por Kruger tiene 3° de ancho, que partiendo hacia el Este con valores positivos, y hacia el Oeste con valores negativos, del meridiano cero de Greenwich, y numerados de 1 (uno) en adelante. Por ejemplo: el meridiano 21° al Este de Greenwich le corresponde el valor 7, el meridiano 39° al Oeste de Greenwich le corresponde el valor -13.

Cada faja representa un sistema de coordenadas, con dos puntos orígenes, 0 y 0', o cero de las x, estando situado el primer cero o sea el origen 0, en el Ecuador, para países del hemisferio Norte, y el segundo cero o sea el origen 0', en el polo Sur para todos los países situados en el hemisferio Sur.

Con lo expuesto se evita para todos los países del mundo, el signo negativo de las abscisas x, que expresan distancias verdaderas.

Con el fin de reducir las deformaciones en el sentido Este-Oeste a valores insensibles a los usos cartográficos de precisión, Kruger redujo el ancho de las fajas a 3° de longitud (1° 30' a la izquierda y 1° 30' a la derecha del meridiano central de cada faja). Para esos meridianos centrales, Kruger eligió aquellos cuyos números de grado son múltiplos de 3° de longitud.

Llamaremos K a la característica de cada faja.

$$K = n^\circ / 3^\circ$$

Por ejemplo, para la República Argentina, los meridianos centrales tienen los siguientes valores:

$n^\circ = -72^\circ, -69^\circ, -66^\circ, -63^\circ, -60^\circ, -57^\circ, \text{ y } -54^\circ, \text{ O. de G.}$

$n^\circ = 288^\circ, 291^\circ, 294^\circ, 297^\circ, 300^\circ, 303^\circ, \text{ y } 306^\circ, \text{ E. de G.}$

las características K serían:

$K = -24, -23, -22, -21, -20, -19, -18, \text{ (Oeste de Greenwich)}$

$K = 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, \text{ (Este de Greenwich)}$

$K = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, \text{ (Sistema I.G.M.)}$

crecientes todas las K en el sentido Oeste-Este de las longitudes positivas.

En lugar de elegir una de las dos primeras series de valores de K directamente referidas al " primer meridiano " de Greenwich, el Instituto Geográfico Militar, adoptó por su mayor sencillez, una numeración adaptada especialmente al territorio argentino, asignando al meridiano 72° la características $K = 1$, al 69°, por consiguiente, el número

2, al 66 ° el 3 y así sucesivamente hasta el número 7, que es la característica del meridiano 54°, (Figura 1).

La figura muestran los siete sistemas (fajas meridianas) Gauss-Kruger correspondiente a la República Argentina, con el meridiano -63° como meridiano central del conjunto de los siete sistemas.

Se evitó también el signo negativo en la ordenada "y", en la siguiente forma: de haberse atribuido a todos los puntos situados sobre los meridianos centrales de cada sistema, la ordenada $y = 0$, se habrían obtenido para los puntos al Oeste de esos meridianos, valores negativos y además sería posible que los mismos valores se repitieran en las distintas fajas.

Para eliminar ambos inconvenientes se atribuye a cada meridiano central el valor algo arbitrario de 500.000, anteponiéndole el n° de la característica correspondiente a cada faja.

Para el meridiano -72°, por ejemplo, tendríamos entonces la ordenada $y = 1.500.000$.

A los puntos de los meridianos centrales de los siete sistemas argentinos corresponden entonces la siguientes ordenadas $y =$

Al meridiano -72, central de la 1ra. faja, la ordenada $y = 1.500.000$

Al meridiano -69, central de la 2da. faja, la ordenada $y = 2.500.000$

Al meridiano -66, central de la 3ra. faja, la ordenada $y = 3.500.000$

Al meridiano -63, central de la 4ta. faja, la ordenada $y = 4.500.000$

Al meridiano -60, central de la 5ta. faja, la ordenada $y = 5.500.000$

Al meridiano -57, central de la 6ta. faja, la ordenada $y = 6.500.000$

Al meridiano -54, central de la 7ma. faja, la ordenada $y = 7.500.000$

Por ejemplo, si se desea ubicar un punto P (del hemisferio sur) con las coordenadas:

$$x = 6.137.215$$

$$y = 5.682.102$$

Se encuentra a 6.137.215 km. del polo Sur, en la fajas 5, y a (582.102-500.000) 182.102 metros al Este de la proyección del meridiano central de dicha faja o sea el meridiano -60°.

En cambio, si el punto P tiene las siguientes coordenadas:

$$x = 6.137.215$$

$$y = 5.382.102$$

Se encuentra también a 6.137.215 km del polo sur, en la faja 5, pero a (500.000-382.102) 117.898 metros al Oeste de la proyección del meridianos central de la misma faja.

En los planos en que intervienen coordenadas Gauss-Kruger se suele trazar un reticulado adecuado, llamado "cuadrículas", razón por la cual dichas coordenadas se denominan también "coordenadas de cuadrículas".

En todas las cartas oficiales argentinas, la red de cuadrícula (cuadrículado) se representa por medio de Líneas paralelas y perpendiculares al meridiano central, separadas en 4 cm, cualquiera sea la escala de la carta.

Procedimiento para la medición de las coordenadas Gauss-Kruger:

Una de las principales ventajas de un sistema de cuadrículas Gauss-Kruger consiste en poder determinar rápidamente las coordenadas de cualquier punto que

interese. Cada hoja de la carta lleva al efecto y sobre las márgenes opuestas dos enumeraciones de las líneas de cuadrículas a saber: a) la que corresponde a las líneas verticales, aumenta de izquierda a derecha; son las líneas de ordenadas Y. b) la que aumenta de Sur a Norte, corresponde a las líneas horizontales; son las líneas de abscisas X.

Para determinar un punto P cualquiera, se mide en la escala de la carta, la distancia perpendicular del punto a la línea vertical anterior, para los valores de Y. Para el valor de X se mide desde la línea horizontal de abajo hasta el punto (Figura N° 2).

Siendo las coordenadas de la figura:

$$X = 6.341.760$$

$$Y = 5.274.380$$

Existen en el comercio también "indicadores de coordenadas", que consiste en escalas apropiadas dispuestas sobre los lados de un ángulo rectángulo.

Convergencia de meridianos:

Es el ángulo que en un determinado punto P el meridianos forman con la paralela al eje de las X o con el meridiano central de la correspondiente faja (véase Figura 3). Por esta razón las llamadas "líneas verticales" y "líneas horizontales" de las cuadrículas no son paralelas a los bordes (izquierda y derecha, superior e inferior) de la planchetas. Estos bordes son siempre trozos de las proyecciones de meridianos y paralelos.

Definiciones: para cada punto de las cartas tenemos tres nortes.

a) Norte de cuadrícula: es la dirección de las líneas verticales (del cuadrículado) paralelas al meridiano central de la faja. (Figura 4). (N).

b) Norte geográfico: es la dirección del meridiano geográfico que pasa por el punto (Figura 4). (Nv)

c) Norte magnético: es la dirección del meridiano magnético que pasa por el punto (Figura 4). (Nm)

Se forman así entre las direcciones; tres ángulos a saber:

- convergencia de meridianos y entre Nv, y N.

- convergencia magnética entre Nm. y N.

- declinación magnética entre Nm. y Nv.

La visual OP forma entonces con las tres direcciones tres ángulos:

- rumbo trigonométrico, llamado simplemente rumbo.

- azimut, rumbo verdadero o rumbo geográfico.

- rumbo magnético

Salto de cuadrícula:

A causa de la convergencia de meridianos, se produce en el encuentro de las cuadrículas de 2 sistemas vecinos, el llamado "salto de cuadrículas" (Figura 5). Por ello es conveniente determinar las coordenadas Gauss-Kruger de puntos situados en la región limítrofe de fajas vecinas en ambos sistemas, con superposición de medio grado en cada límite de faja. De acuerdo a lo expuesto en las hojas topográficas de fajas vecinas, además del reticulado correspondiente a su faja, llevan otro con trazos negros pero interrumpidos, correspondiente a la faja vecina, y en la siguiente extensión:

En las hojas 1: 50.000 en toda la superficie.

En las hojas 1: 100.000 hasta 10' del borde.

En las hojas 1: 500.000 hasta 30' del borde.

División de las cartas en hojas-Nombre característica

Por las enormes dimensiones que tienen las cartas a escala 1: 500.000 y mayores de un país, se tornó indispensable y práctico para su empleo, fraccionarla en trozos de dimensiones manuales, cada una de las cuales recibe el nombre de "hoja".

Cada hoja de la carta 1: 500.000 tiene el ancho de una faja, o sea 3° en longitud y 2° en latitud; está limitada por dos paralelos de valor par y se la denomina por su paralelo y meridiano centrales. Esta denominación se llaman "característica" de una hoja de la carta 1: 500.000. Ejemplo: 3166, significa paralelo central 31°, meridiano central 66° (figura 6).

El número de hojas a escala 1: 250.000 comprendidas en una hoja 1: 500.000 es 4, se enumeran con números romanos del I al IV según el sentido de las escrituras corrientes. Cada uno tiene 1° 30' de longitud por 1° de latitud. Su característica estará formada por la hoja 1: 500.000 que integra y a continuación, separadas por un guión, el número romano que ocupa dentro de aquella. Ejemplo: 3166-III (figura 6).

El número de hojas de la carta topográfica a escala 1: 100.000 comprendidas en una hoja 1: 500.000 es 36, y se enumeran del 1 al 36, en el sentido normal de la escritura. Cada una tiene 30' de longitud por 20' de latitud y se denominan con la característica de la hoja 1: 500.000 de la que forma parte, seguida de el número que le hayan correspondido dentro de la misma, separada por un guión. Ejemplo: 3166-19 (figura 6).

El número de hojas de la carta topográfica a escala 1: 50.000 comprendidas en cada hoja a escala 1: 100.000, es 4, y a cada una tiene 15' de longitud por 10' de latitud. Se enumeran del 1 al 4, en el sentido normal de la escritura y cada una de ellas se denomina con la característica de la hoja a escala 1: 100.000 de la que forma parte, seguida del número de que le haya correspondido dentro de la misma, separada por un guión. Ejemplo: 3166-19-3 (figura 7).

El número de hojas a escala 1: 25.000 comprendidas en cada hoja 1: 50.000 es 4, y cada una tiene 7' 30" de longitud por 5' de latitud. Las cuatro hojas a escala 1: 25.000 se designan por las lecturas a, b, c, d, en el sentido normal de la escritura, y cada una de ellas se denomina con la característica de la hoja a escala 1: 50.000 de la que forma parte, seguida de la lectura que le hayan correspondido dentro de la misma. Ejemplo: Hoja 3166-19-3b (figura 8).

Además de su característica, cada hoja lleva un nombre propio, seleccionado entre los detalles más notables que incluye su superficie: población, estación de ferrocarril, propiedad rural u obra de arte más importantes.

Resumen:

Escala	Dimensiones		Nº de hojas	Numeración
	Longitud	Latitud	En 1:500.000	
1:500.000	3° 00'	2° 00'	-----	-----
1:250.000	1° 30'	1° 00'	4	I al IV
1:100.000	0° 30'	0° 20'	36	1 al 36
1:50.000	0° 15'	0° 10'	144	1 al 4
1:25.000	0° 07' 30"	0° 05'	576	a,b,c,d

CARTA TOPOGRAFICA 1:500.000

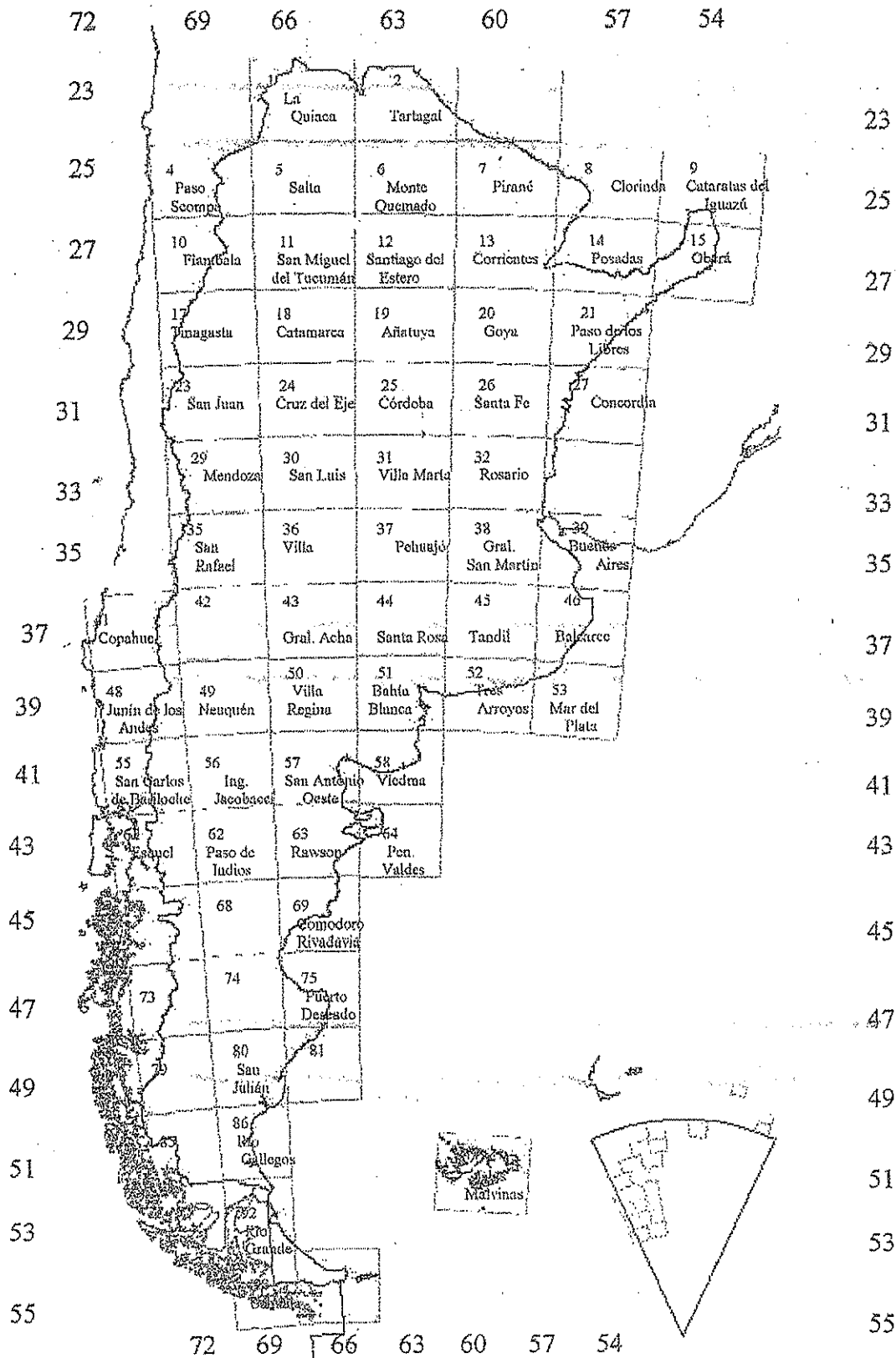


Figura 1.

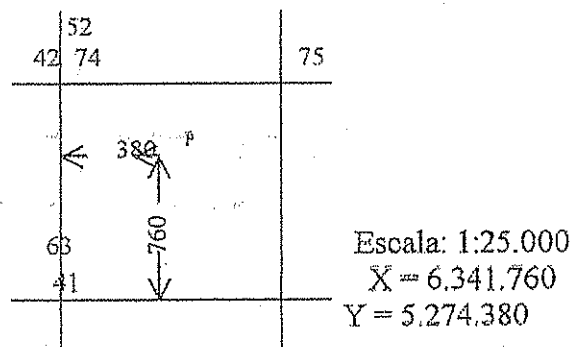
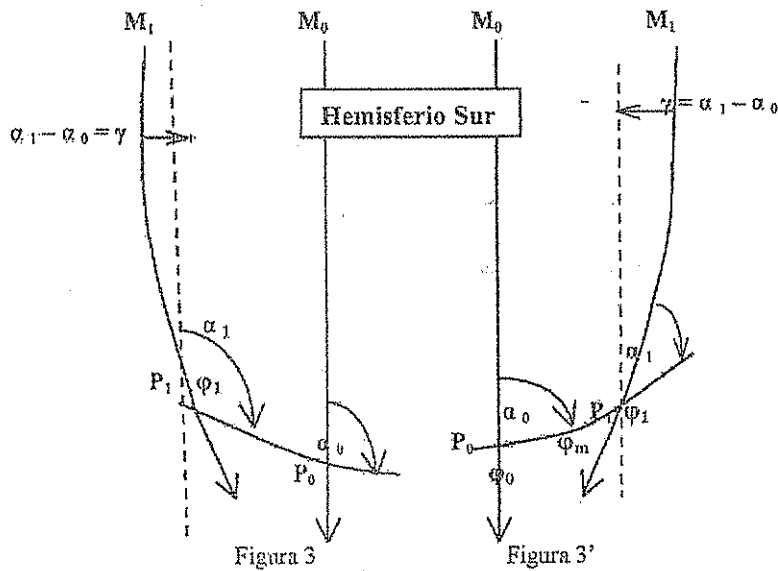


Figura 2



Se ilustra la definición de concepto de la convergencia de meridianos o se los ángulos $\gamma = \alpha_1 - \alpha_0$ entre el meridiano P₁ M₁ y la paralela por P₁ al meridiano central P₀ M₀ para la latitud medida $\phi_m = 1/2 (\phi_0 + \phi_1)$, en figura 3 para un punto situado al oeste y en la figura 3' para un punto al este del meridiano central.

Sigue en hoja 6

Y = 5390,88km.

Las distancias 102km y 110km se refieren a los respectivos meridianos-ejes de sistemas.
 Convergencia de meridianos (γ) =

$$\text{tg } \gamma = (P_2 P_3) / (P_1 P_3) = 3,6 / 40 = 0,09 \therefore \gamma = 5^\circ 09'$$

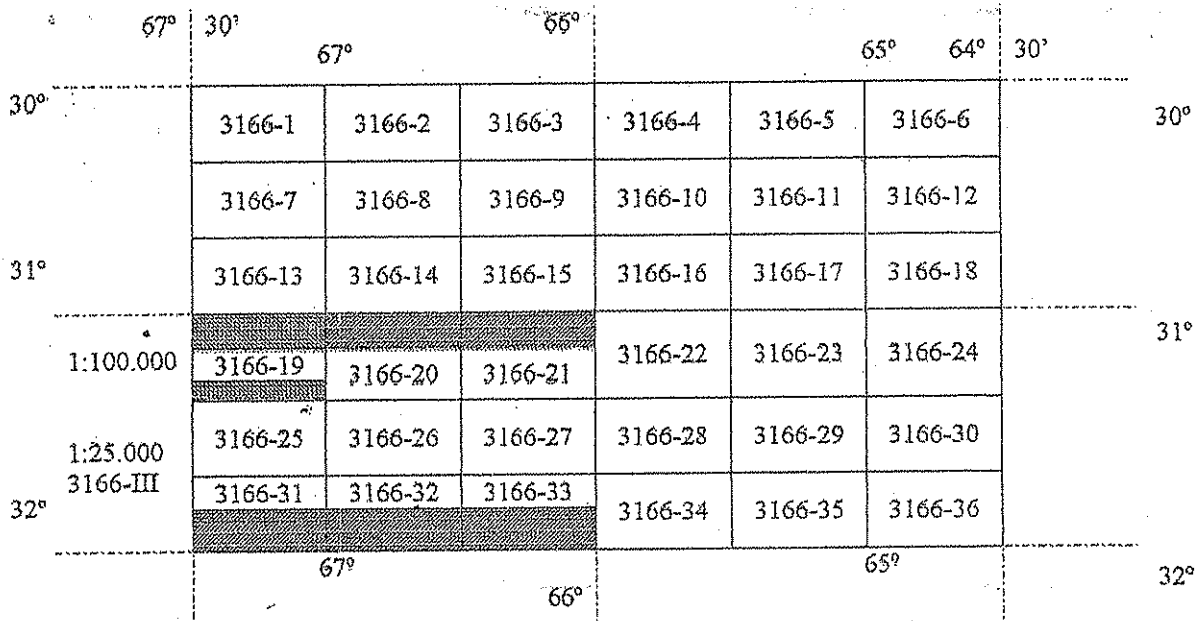


Figura 6.- Carta topográfica a escala 1:500.000 con las dimensiones y nomenclaturas de las cartas topográficas a escala 1:100.000 que contiene la hoja 3166.

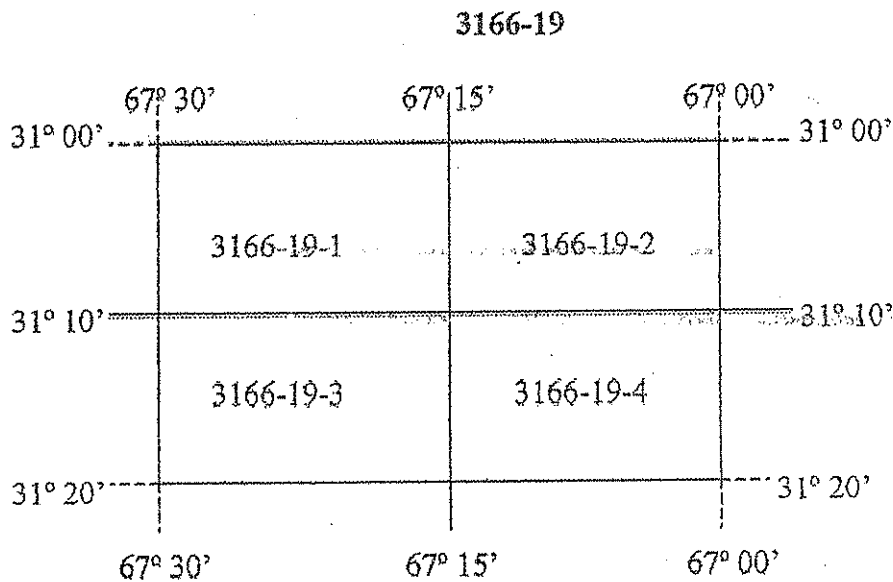


Figura 7.- Carta topográfica 1:100.000 con las dimensiones y nomenclaturas de las cartas topográficas a escala 1:50.000 que contiene.

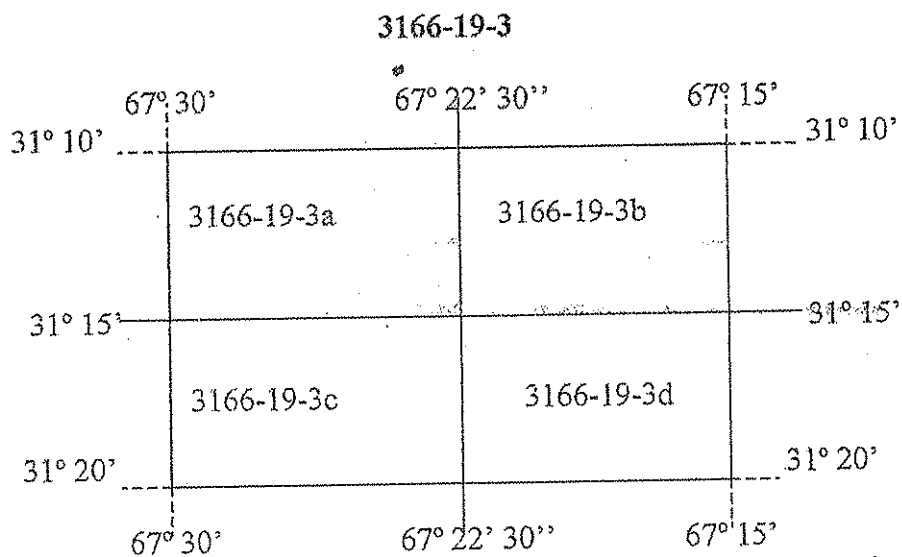


Figura 8.- Carta topográfica 1:50.000 con las dimensiones y nomenclatura de las cartas topográficas a escala 1:25.000 que contiene.

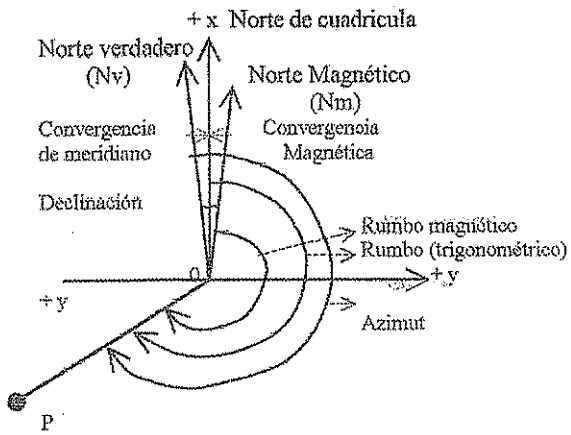


Figura 4

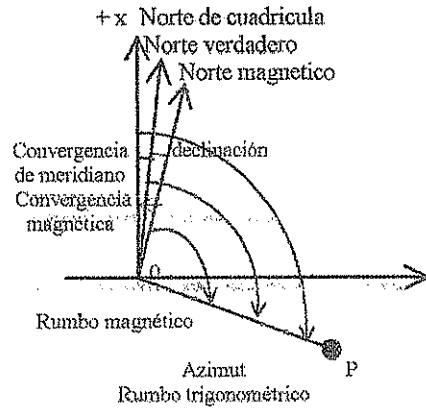


Figura 4'

Figura 4 punto 0 situado al oeste del meridiano central de la faja meridiana.
 Figura 4' punto 0 situado al este del meridiano central de la faja meridiana.

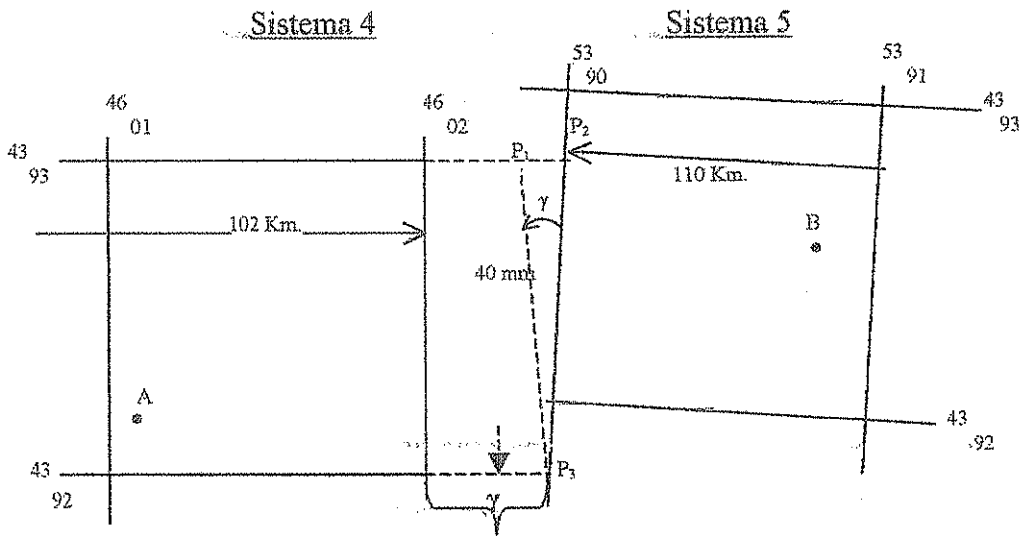


Figura 5

Coordenadas del punto A en el sistema 4.
 X = 4302,19km.
 Y = 4601,48km.
 Coordenadas del punto B en el sistema 5.
 X = 4392,48km.

