

Unidad 6. Escala y Proyecciones Cartográficas

La escala y la proyección cartográfica son los factores que hacen posible la relación entre el mapa y la realidad, y condicionan por tanto la existencia del mapa. Un mapa que prescinde del uso de la escala o de una proyección cartográfica, se convierte en un bosquejo o gráfico mediante el cual no es posible establecer relaciones cuantitativas de distancias o superficies.

Esta unidad permitirá al alumno conocer y comprender el tema de escalas y proyecciones como elementos fundamentales en la construcción de todo tipo de cartografía.

Índice

1. Escala cartográfica.....	2
1.1 Concepto de escala	2
1.2 Formas de representación	4
1.3 Cambios de escala	6
2. Proyecciones cartográficas	8
2.1 Formas de indicar la escala en el mapa	8
2.2 Concepto de proyección cartográfica	9
2.3 Distorsiones de la Tierra al representarla en un plano.....	10
2.4 Tipos de proyecciones	11
2.4.1 Tipos de proyecciones según la cualidad de la esfera que conserven	12
a) Proyecciones conformes.....	12
c) Proyecciones equivalentes.....	13
b) Proyecciones equidistantes.....	14
2.4.2 Tipos de proyecciones según la figura geométrica en la que se proyecta la esfera terrestre.....	15
2.4.2.1 Proyecciones, planas, perspectivas o azimutales.....	15
A) Proyecciones planas: clasificación según la posición del centro de proyección	17
B) Proyecciones planas: clasificación según la posición plano principal de proyección	18
2.4.2.2 Desarrollos.....	21
A) Proyecciones cilíndricas	21
a) Proyección cilíndrica Equivalente	22
b) Proyección cilíndrica de Mercator.....	22
c) Proyección cilíndrica Simple	23
d) Proyección cilíndrica Transversa	24
e) Proyección UTM (Universal Transversa Mercator)....	24
f) Proyecciones pseudocilíndricas.....	26
B) Proyecciones cónicas.....	27
2.5 Uso de las proyecciones	30
Listado de figuras	31

1. Escala Cartográfica

1.1 Concepto de escala

Los mapas, fotografías aéreas u otro tipo de imágenes permiten la representación de la Tierra en un tamaño inferior al real. La utilidad de estos productos se basa en la relación entre el tamaño de los elementos del mapa o imagen y su tamaño real; esta relación se denomina escala.

La escala funciona como conexión entre el mapa y realidad, completando la definición de mapa que pasa así a considerarse como “una representación gráfica a escala”.

La escala cartográfica es por tanto la relación entre las dimensiones de los objetos en el mapa y en el terreno. Matemáticamente se expresa así:

$$1 / E = D_m / D_t$$

Donde,

E = Escala

D_m = Distancia medida en el mapa

D_t = Distancia medida en el terreno

Aun cuando el concepto de escala no precisa para su expresión de un sistema de unidades, sí lo necesita para su desarrollo y sobre todo para su posterior utilización. La influencia mutua entre escala y sistema de medida es tal, que con frecuencia la primera se expresa en función de la segunda, estableciendo equivalencia entre unidades, en lugar de emplear la proporción entre sus dimensiones.

Véase el siguiente ejemplo:

Una escala 1:10.000 significa que 1 unidad en el mapa representa 10.000 unidades en el terreno. Es decir, 1 milímetro en el mapa representa 10.000 milímetros en el terreno, ó 1 centímetro en el mapa representa 10.000 centímetros en el terreno.

De esta forma es importante recordar que para calcular la escala, las magnitudes de distancia o superficie en el terreno deben estar en la misma unidad de medida que las magnitudes de distancia o superficie en el mapa.

Aunque en términos matemáticos cualquier fracción establece una relación de escala, en cartografía no basta con conocer la proporción existente entre realidad y representación, y la escala debe entenderse con claridad y permitir un empleo rápido e inequívoco cuando se opera con ella. Por esta razón se utiliza siempre como numerador la unidad y como denominador la cantidad que permite la representación gráfica.

Ejemplo: *La distancia entre dos estaciones de autobús es de 1000 metros. En un mapa estas estaciones son dibujadas a una distancia de 5 centímetros. ¿Cuál es la escala del mapa?*

Solución:

$$Dt = 1000 \text{ m}$$

$$Dm = 5 \text{ cm}$$

$$1/E = \text{¿?}$$

Ecuación:

$$1/E = Dm/Dt$$

$$1/E = 5 \text{ cm} / 10000 \text{ cm} = 1/20000$$

$$\mathbf{1:E = 1:20000}$$

Otras ecuaciones relacionadas con la escala hacen referencia a la medida de superficies.

$$1 / E^2 = Am / At$$

Donde,

E = Escala

Dm = Área medida en el mapa

Dt = Área medida en el terreno

Ejemplo: *Un lago que tiene una superficie de 2500 metros cuadrados, es representado en un mapa por un polígono de 25 centímetros cuadrados. ¿Cuál es la escala del mapa?*

Solución:

$$At = 2500 \text{ m}^2$$

$$Dm = 25 \text{ cm}^2$$

$$1/E = \text{¿?}$$

Ecuación

$$1/E^2 = Am/At$$

$$1/E^2 = 25 \text{ cm}^2 / 1.5 \times 10^7 \text{ cm}^2 = 1 / \sqrt{1\ 000\ 000}$$

$$\mathbf{1: E = 1 : 1\ 000}$$

$$\begin{aligned} \text{Si } 1 / E &= D_m / D_t \text{ entonces } D_m = D_t / E \text{ y también } D_t = D_m \times E \\ \text{Si } 1 / E^2 &= A_m / A_t \text{ entonces } A_m = A_t / E^2 \text{ y también } A_t = A_m \times E^2 \end{aligned}$$

Ejemplo: *Un terreno reforestado está representado en un mapa a escala 1:50.000 por 10 centímetros cuadrados. Se pide calcular la superficie del terreno reforestado.*

$$E=50.000$$

$$A_m = 10 \text{ cm}^2$$

$$A_t = X$$

$$A_t = A_m \times E^2$$

$$E^2 = 50.000 \times 50.000 = 2,5 \times 10^9$$

$$A_t = 10 \text{ cm}^2 \times 2,5 \times 10^9$$

$$A_t = 2,5 \text{ km}^2$$

Solución: Para el ejercicio propuesto, el área reforestada, representada en el mapa a escala 1:50.000 mediante un polígono de 10 centímetros cuadrados, tiene una superficie en el terreno de 2,5 kilómetros cuadrados.

1.2 Formas de indicar la escala en el mapa

1.2.1 Representación numérica

Numéricamente la escala se expresa por medio de una fracción: $E = 1/X$ o bien, $E = 1:X$.

Ejemplo: 1/10.000 es sinónimo de la expresión 1:10.000.

1.2.2 Representación gráfica

Las representaciones gráficas de escala fueron las primeras empleadas en cartografía, y las únicas utilizadas hasta el siglo XVIII. En la antigüedad cada país tenía sus propias unidades de longitud y en los mapas solían representarse varias escalas, con cada una de las cuales era posible medir sobre el mapa.

La escala gráfica tiene un manejo muy sencillo, ya que elimina toda operación de cálculo y permite medir directamente sobre el mapa, conociendo el resultado en magnitudes reales. Dicho de otra forma, la escala gráfica corresponde a la visualización gráfica de la escala numérica.

Por ejemplo, si se desea representar la escala 1:100.000 (1 centímetro en el mapa representa 100.000 centímetros en el terreno). Su expresión será la siguiente:

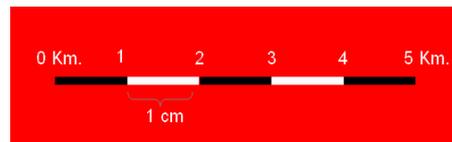


Figura 1. Escala gráfica

Generalmente, por tener conceptualizada la relación de distancias para las escalas de uso más frecuente, para los usuarios de cartografía es suficiente la información dada por la escala numérica. Sin embargo, en la edición final de los mapas no se debe prescindir de la escala gráfica, pues el mapa está sujeto a cambios de tamaño (ampliación, reducción y demás deformaciones) y es la escala gráfica la que mantiene en esos casos la relación entre las distancias del mapa y las del terreno. Obsérvese el siguiente ejemplo:

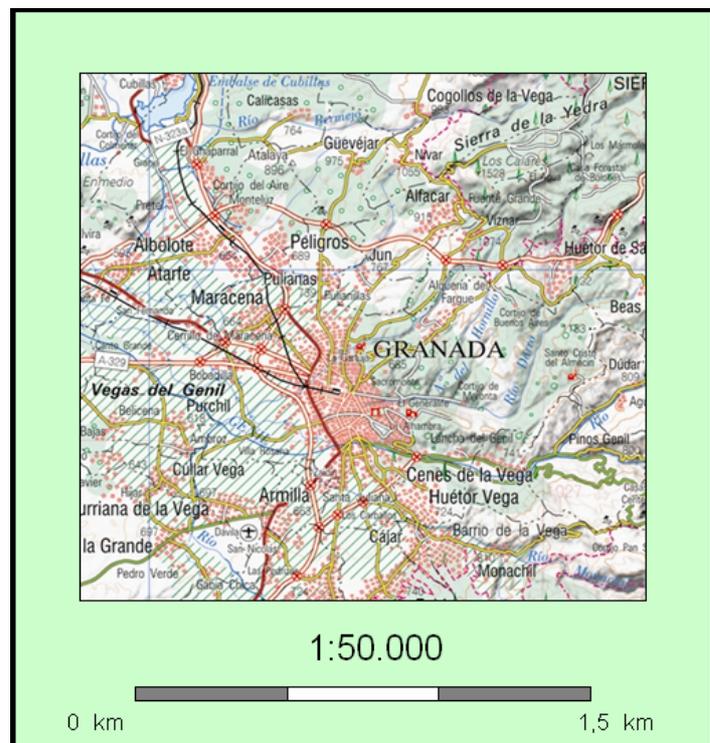
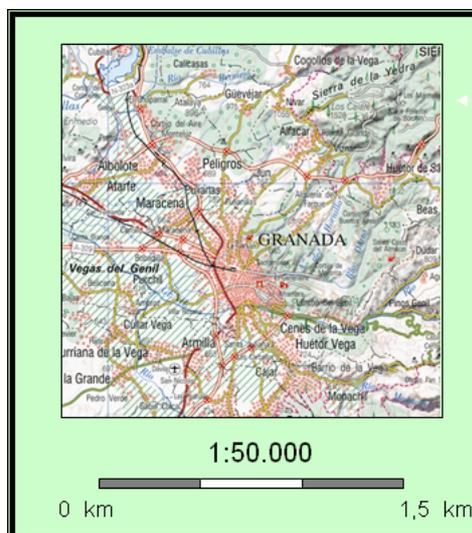


Figura 2. Variación de la escala en el proceso de ampliación de un mapa.

La imagen de la derecha corresponde a la ampliación del mapa que se encuentra a la izquierda. Obsérvese lo que ocurre con las escalas:

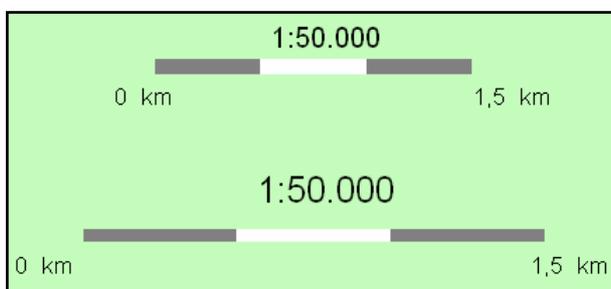


Figura 3. Efectos de cambio en la escala gráfica y numérica debidos al proceso de ampliación.

El rótulo de escala que se encuentra en la parte superior de la figura, corresponde a la expresada en forma numérica y gráfica del mapa referido en la figura 2, (antes de la ampliación). La escala de la parte inferior corresponde al mapa ampliado. Es de anotar que la escala numérica lógicamente no cambia con el proceso de ampliación (sigue siendo 1:50.000) sin embargo la escala gráfica sí.

La realidad es que si el mapa se amplía, las relaciones entre las magnitudes del terreno y las del mapa cambian, por tanto la escala se modifica. Esto permite pensar que la escala útil para el mapa ampliado es la gráfica, ya que se modificó de igual manera que la relaciones mapa/terreno.

1.3 Cambios de escala

En geometría el cambio de escala consiste en una ampliación (aumento de escala) o en una reducción (disminución de la escala) de un objeto. Sin embargo, en cartografía el cambio de escala no corresponde a una ampliación o una reducción porque los fenómenos o elementos de la superficie de la Tierra se comportan como variables continuas, y por tanto una vista con más detalle implica la necesidad de incluir nuevos elementos en el mapa. Obsérvese el siguiente ejemplo.

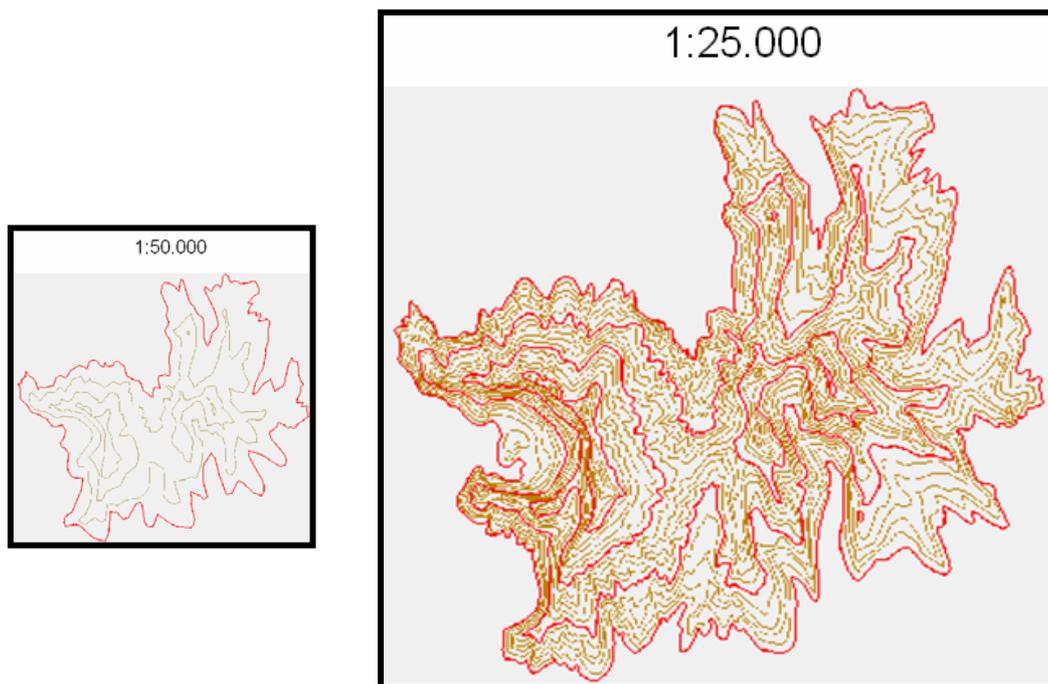


Figura 4. Ejemplo de cambio de escala de mapa.

Al aumentar la escala, debe aumentar el detalle de la información mostrada, en el caso de la imagen se representa un mayor número de curvas de nivel. Un aumento en la escala implica aumentar el detalle con que se muestra el terreno.

Es posible transformar un mapa de escala grande a uno de escala pequeña, porque para disminuir del nivel de detalle puede bastar con eliminar algunos elementos. Sin embargo, nunca se puede transformar un mapa de escala pequeña a escala grande, porque este proceso implica aumentar el nivel de detalle del mapa, lo cual sólo se logra tomando más información en el terreno.

2. Proyecciones Cartográficas

2.1 Formas de representación de la Tierra

2.1.1 La Tierra representada en un globo

La Tierra es un cuerpo tridimensional con aspecto cercano a la esfera. Si esto es así, ¿por qué no hacer representaciones de la Tierra con su misma forma? ¿Por qué no utilizar globos terráqueos para representar las características de la Tierra? Hay algunas dificultades para tal realización:

- Los globos son muy costosos de fabricar, almacenar, transportar y distribuir.
- A mayor tamaño del globo, más incomodo se hace manejarlo.
- No se pueden observar todos los puntos del globo a la vez
- Para observar con detalle una parte de la Tierra, el tamaño del globo debe aumentar desmesuradamente.

2.1.2 La Tierra representada en un plano

A diferencia de la representación en el globo, la Tierra en el plano puede verse de una vez en su totalidad, y los aumentos de escala se pueden manejar dividiendo el plano en secciones. Sin embargo, la representación de la Tierra en el plano presenta un problema complejo de manejar.

No es posible hacer coincidir la superficie de la esfera con el plano. La esfera no es un sólido desarrollable, por tanto cuando se intenta su representación sobre el plano es necesario estirar o encoger las líneas esféricas.

Esta limitación puede solucionarse mediante las Proyecciones Cartográficas cuyo fin es representar la superficie esférica de la Tierra en un plano, disminuyendo al máximo las distorsiones que se puedan presentar.

2.2 Concepto de Proyección Cartográfica

Una Proyección Cartográfica es una correspondencia biunívoca entre los puntos de la superficie terrestre y sus transformados en el plano llamado plano de proyección. Esta correspondencia se expresa en función de las coordenadas geográficas, longitud y latitud (λ, φ) de cada punto en la esfera y se traducen en el plano en coordenadas cartesianas (X, Y).

Para entender los sistemas de proyección es de gran importancia recordar el concepto de latitud y longitud, a continuación se hace una breve ilustración de los mismos.

Latitud y Longitud

Al concepto de latitud y longitud antecede el conocimiento de las líneas imaginarias que pueden trazarse sobre el globo terráqueo con el fin de establecer relaciones de distancia y ubicación: meridianos y paralelos.

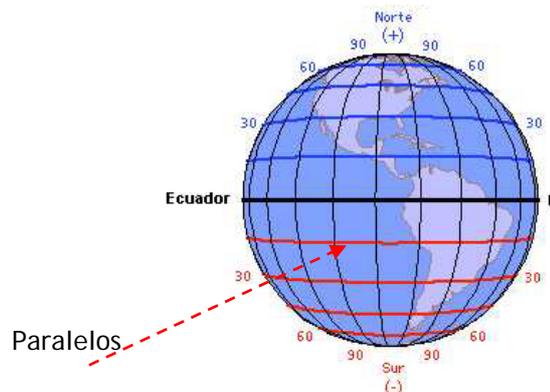


Figura 5. Paralelos

Los paralelos, definidos como círculos que recorren la Tierra en dirección este-oeste, nunca se cruzan y sus longitudes disminuyen a medida que se acercan a los polos. El paralelo de mayor longitud es el correspondiente al Ecuador o paralelo 0° .

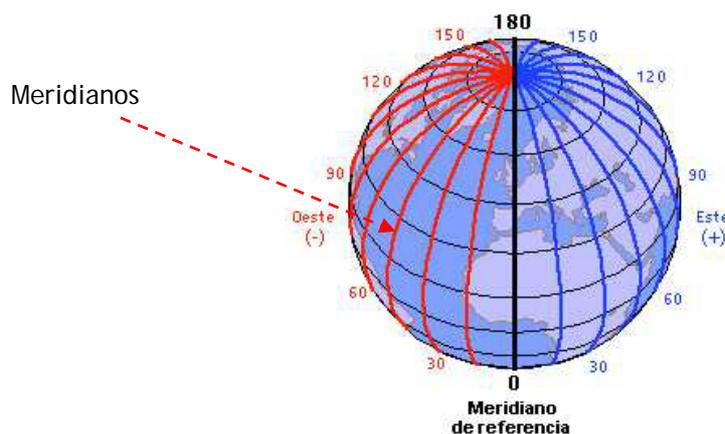


Figura 6. Meridianos

Los meridianos son los círculos que recorren la Tierra de sur a norte, son convergentes en los polos y todos tienen la misma longitud.

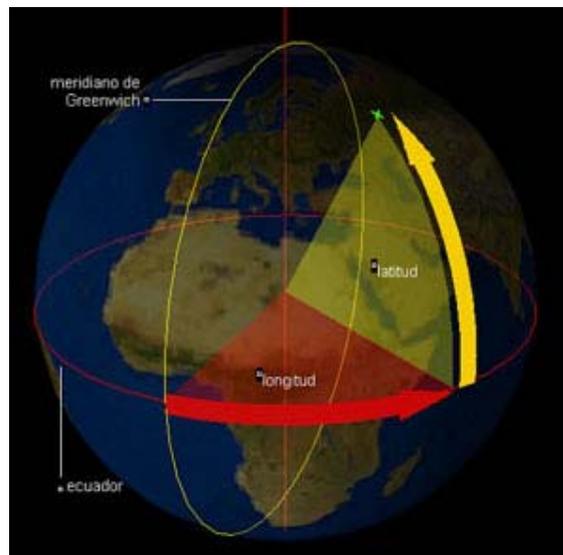


Figura 7. Esfera terrestre en la cual se muestran las distancias de Latitud y Longitud

La **latitud** (ϕ): Distancia angular medida sobre el meridiano entre el paralelo 0° o Ecuador y el paralelo en el que se encuentra cualquier punto de la superficie de la Tierra

La **longitud** (λ) es la distancia angular medida sobre el paralelo entre el meridiano 0° o de Greenwich y el meridiano en el que se sitúa cualquier punto de la superficie de la Tierra. es la distancia que hay entre el meridiano 0° o Greenwich (que se toma como referencia) y cualquier punto sobre la superficie de la Tierra. La longitud varía entre 0° y 180° este y oeste.

2.3 Distorsiones al proyectar la Tierra en un plano

Los mapas convencionales muestran la esfera terrestre, un sólido tridimensional, en un papel o pantalla de sólo dos dimensiones. Suponiendo la Tierra esférica, los meridianos y paralelos pierden sus características al ser proyectados en el plano: los meridianos dejan de ser convergentes (1) y los paralelos se cortan o fraccionan debido a que en los polos sus magnitudes son menores (2), tal como se muestra en la figura 8. Es decir, la Tierra proyectada en el plano se modifica en diversas cualidades como formas, superficies, direcciones y distancias.

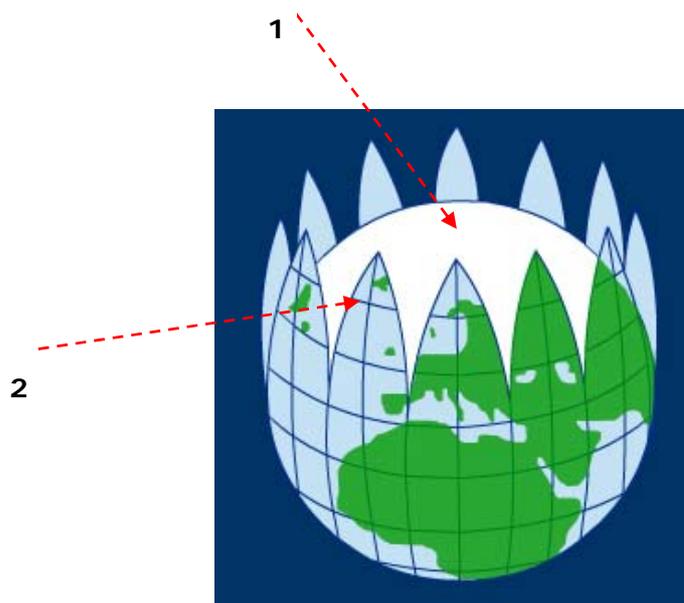


Figura 8. Meridianos que dejan de ser convergentes en los polos y paralelos fraccionados, en el proceso de proyección de la esfera en el plano.

Las Proyecciones Cartográficas tienen como objetivo representar la superficie esférica de la Tierra en un plano, tratando de disminuir al máximo los cambios inevitables que suceden en las cualidades mencionadas anteriormente.

2.4 Tipos de proyecciones

En el intento de proyectar la Tierra en el plano con las mínimas distorsiones matemáticas y cartógrafos han ideado una gran cantidad de proyecciones. En las siguientes páginas se explican las fundamentales.

Es posible clasificarlas según dos puntos de vista:

1. De acuerdo a la cualidad de la esfera que se conserva
 - Conformes
 - Equiáreas o equivalentes
 - Equidistantes

2. De acuerdo a la figura geométrica sobre la cual se proyectan
 - Desarrollos:
 - Cilíndricas
 - Cónicas
 - Proyecciones planas (perspectivas o azimutales)

Las proyecciones se obtienen proyectando la superficie terrestre sobre un plano desde un punto que se denomina vértice de la proyección. En ocasiones, en vez de proyectar sobre un plano, se emplea una superficie auxiliar (como un cono o un cilindro) tangente a la esfera. La proyección se realiza sobre esta superficie que posteriormente desarrolla, es decir, se corta y se coloca como un plano.

Por ello, al hablar de proyecciones se habla de **Proyecciones perspectivas** (directas, sobre un plano) y de **Desarrollos**: Cónicos y Cilíndricos

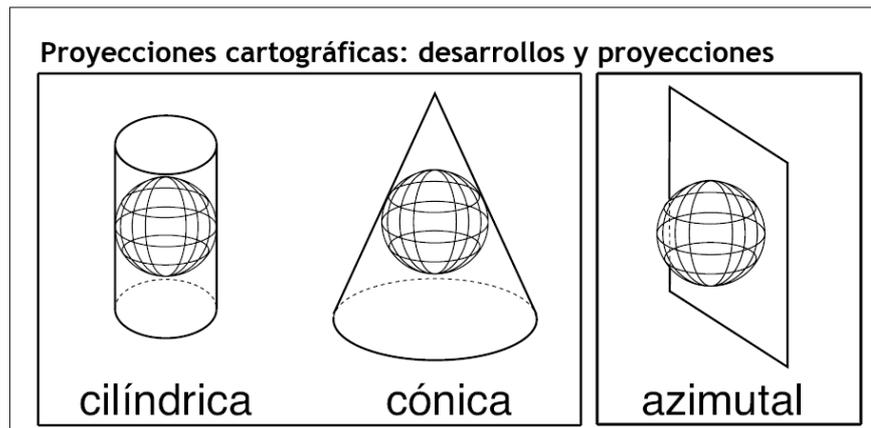


Figura 9. Clasificación de las proyecciones según la figura geométrica sobre la que se proyectan

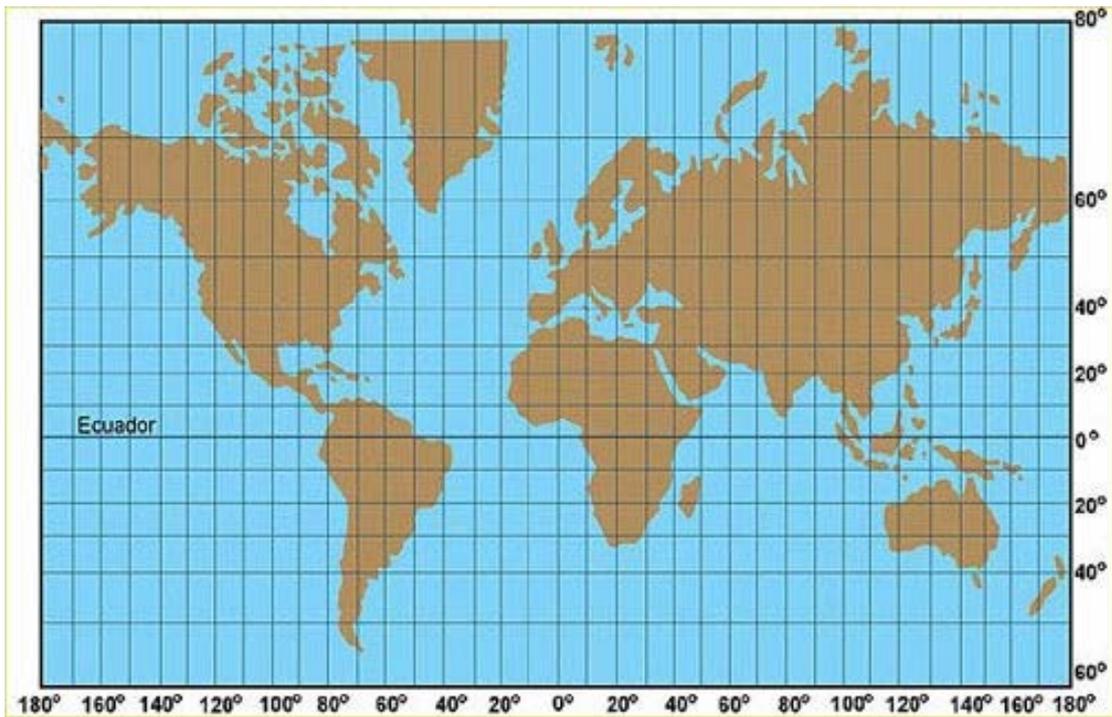
2.4.1 Tipos de proyecciones según la cualidad de la esfera que conserven

No es posible que una proyección cartográfica conserve simultáneamente las formas, las superficies, las distancias y direcciones. Generalmente conservan una de estas cualidades sacrificando para ello las otras, en las que suceden distorsión es inevitable. Por tanto matemáticos y cartógrafos han desarrollado diversos métodos de construcción de proyecciones de acuerdo a la cualidad que se quiera conservar:

a) Proyecciones conformes

Representan correctamente la forma, manteniendo los correspondientes ángulos entre las coordenadas, pero no conservan las superficies; es decir que las áreas medidas sobre un mapa dibujado con una proyección conforme no coinciden con las áreas reales.

Figura 10. Mapa del mundo dibujado mediante una proyección Conforme.



Fuente: www.mardechile.cl

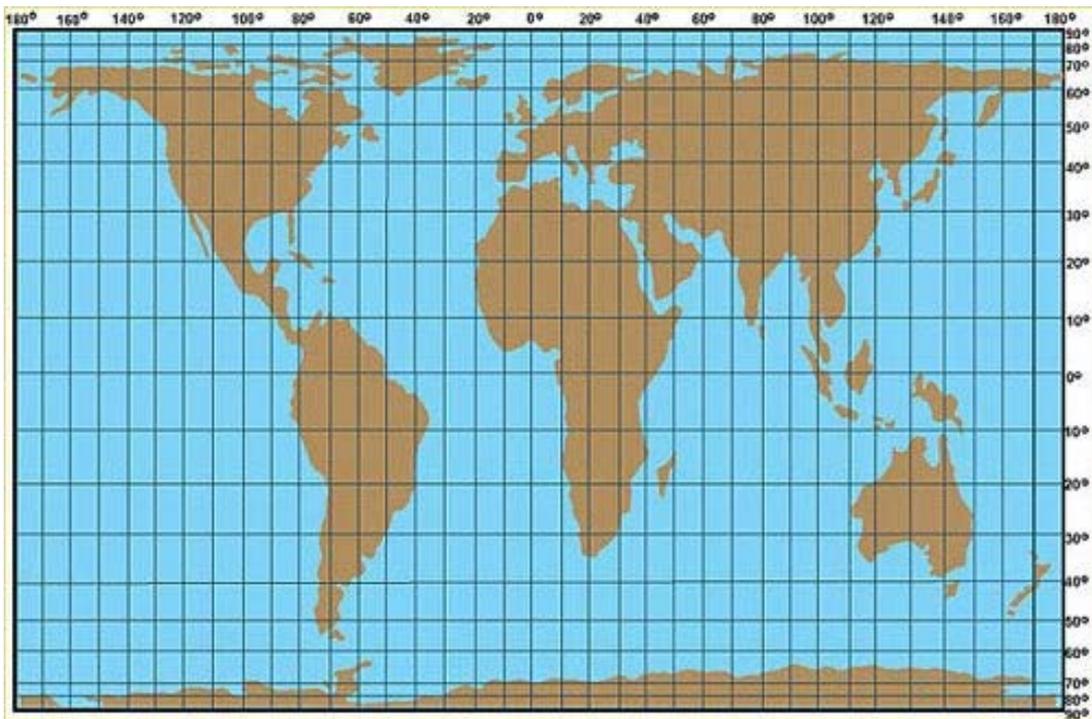
Obsérvese en la figura 10 que la distancia entre paralelos aumenta a medida que se asciende latitudinalmente.

En esta proyección la deformación en superficies es enorme, por ejemplo, si se compara América del Sur y Groenlandia, la primera tiene una superficie de 17.800.000 kilómetros cuadrados y la segunda 2.200.000 kilómetros cuadrados; en la figura 10 se observan tamaños similares.

b) Proyecciones equivalentes o equiáreas

Estas proyecciones conservan correctamente las superficies pero a costa de no conservar los ángulos, y por tanto se distorsionan las formas. La distancia entre paralelos disminuye a medida que se asciende latitudinalmente.

Figura 11. Mapa del mundo dibujado mediante una proyección equivalente.



Fuente: www.mardechile.cl

Al comparar África con la que aparece en la figura 10 (proyección conforme), se observa que la superficie es mucho mayor, sin embargo, la forma está distorsionada.

c) Proyecciones equidistantes

Cuando una proyección es equidistante se conservan las distancias entre dos puntos situados sobre la superficie del globo. Las distancias verdaderas (que coinciden con las de la superficie del globo) tienen localizaciones específicas, es decir no se conservan las distancias en todos los puntos de la superficie. En la figura 12 está indicando que las distancias se mantienen únicamente en direcciones definidas.

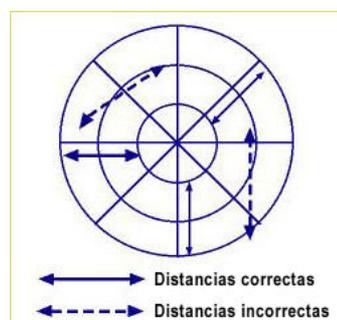


Figura 12. Distancias correctas e incorrectas en una Proyección equidistante

2.4.2 Tipos de proyecciones según la figura geométrica en la que se proyecta la esfera terrestre

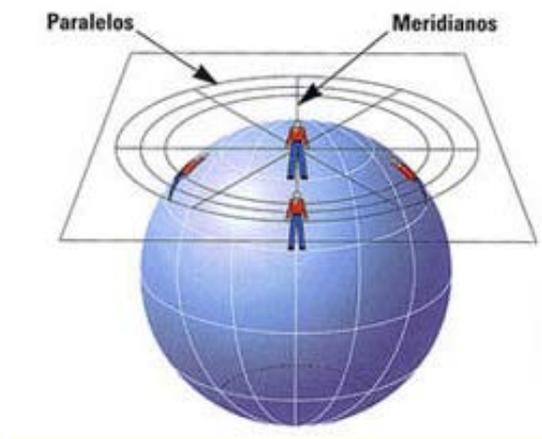
Además de la clasificación anterior, la infinidad de tipos de proyecciones cartográficas existentes pueden clasificarse según sea la geometría de la superficie de proyección empleada. El caso más sencillo es el de la proyección realizada directamente sobre un plano, en cuyo caso se tienen las **proyecciones planas** (también llamadas perspectivas y azimutales).

Otro procedimiento geométrico que también permite trasladar al plano la red de meridianos y paralelos es utilizar una superficie auxiliar. Se emplea una superficie de revolución como el cono o el cilindro; ambas son fáciles de relacionar con la esfera y además son desarrollables en un plano, por lo que en este caso se habla de **desarrollos**.

2.4.2.1 Proyecciones planas, azimutales o perspectivas

En las proyecciones planas, perspectivas o azimutales la esfera se proyecta directamente en un plano, el cual puede ser tangente a cualquier punto de la superficie terrestre. Son proyecciones azimutales, es decir, conservan las direcciones a partir de las líneas que parten del centro de proyección. Se utilizan, por ejemplo, para representar las zonas polares, aunque no es ésta su única aplicación.

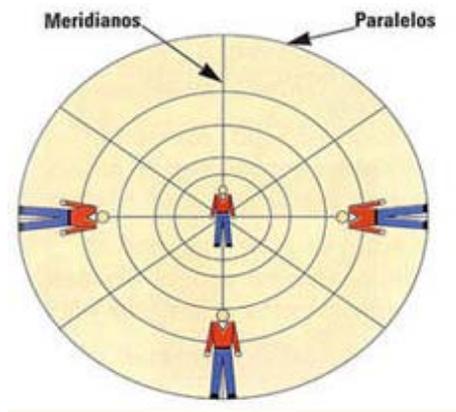
Figura 13. Esquema de una proyección Plana



Fuente: /www.mardechile.cl

Se podría decir que en ellas no hay magnitudes verdaderas, ya que a partir del punto tangente hacia cualquier dirección se inician las distorsiones, sin embargo alrededor del punto de tangencia las distorsiones son menores.

Figura 14. Esquema de meridianos y paralelos en la proyección plana o azimutal.



Fuente: /www.mardechile.cl

Estas proyecciones pueden adoptar diferentes configuraciones, aunque todas ellas tienen en común que la superficie terrestre se proyecta sobre un único plano de proyección.

Según dónde se ubique el centro de la proyección (de donde parten los rayos proyectivos) se clasifican en **Estereográficas**, **Gnomónicas** y **Ortográficas**.

Existe además otra clasificación dependiendo de la posición que tome el plano de proyección. Se habla de proyecciones **ecuatoriales** (plano tangente al ecuador), **polares** (plano tangente al polo) y **oblicuas** (plano tangente a un punto cualquiera).

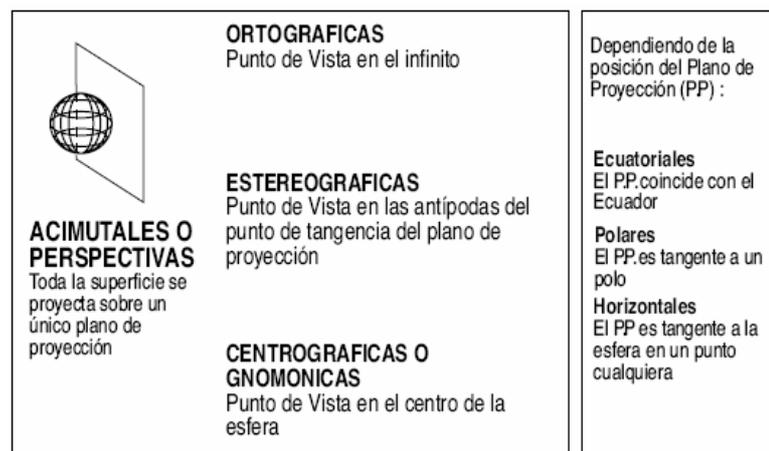


Figura 15. Clasificación de las proyecciones planas o perspectivas

A) Proyecciones planas: clasificación según la posición del plano principal de proyección.

Las proyecciones planas, de acuerdo a la **posición que tome el plano de proyección**, se pueden clasificar en ecuatoriales, polares y oblicuas

Proyecciones ecuatoriales: El plano sobre el cual se proyecta parte del globo terráqueo es tangente al ecuador.

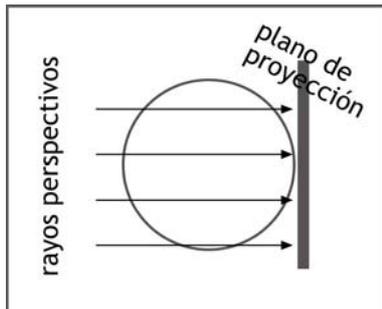


Figura 16. Esquema de la proyección Plana Ecuatorial

Proyecciones Polares: El plano sobre el cual se proyecta parte del globo terráqueo es tangente a uno de los polos.

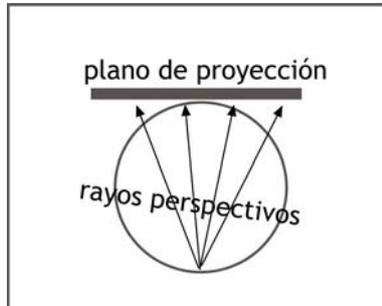


Figura 17. Esquema de la proyección Plana Polar

Proyecciones Oblicuas: El plano es tangente a cualquier punto de la superficie terrestre.

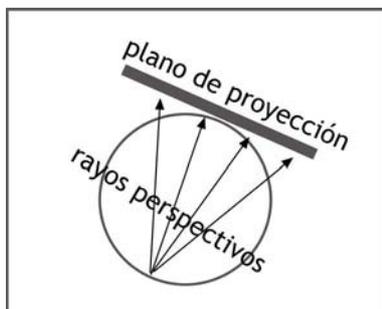


Figura 18. Esquema de la proyección Plana Oblicua

B) Proyecciones planas: clasificación según la posición del centro de proyección

Las proyecciones planas varían según sea el punto tomado como centro de proyección. Las proyecciones perspectivas se clasifican en ortográfica, gnomónica o estereográfica según el centro de proyección se encuentre en el infinito, en el centro de la esfera terrestre o en el punto diametralmente opuesto al de tangencia del plano de proyección.

Proyección estereográfica polar: La proyección estereográfica más utilizada es la polar, en la que el plano de proyección es tangente a un polo y el centro de la proyección se sitúa en el polo contrario. En el mapa resultante los meridianos son líneas rectas convergentes en los polos y los paralelos (dibujados cada cinco grados en el ejemplo) son círculos concéntricos tanto más separados entre sí cuanto más lejos del punto de tangencia polo norte).

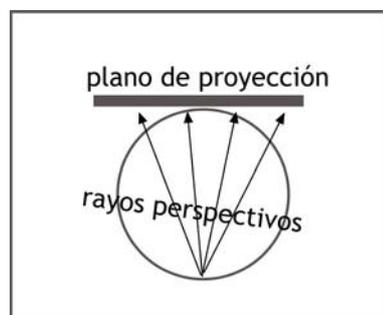


Figura 19. Esquema de la proyección Estereográfica Polar.

La escala aumenta con la distancia a este punto de tangencia y las distorsiones son tales que su uso debe limitarse en latitud y evitar representaciones como la de la siguiente figura. De las proyecciones planas o acimutales la estereográfica polar es la más utilizada.

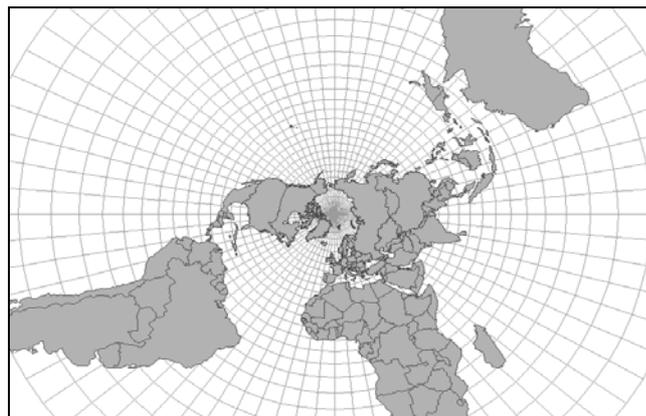


Figura 20. Mapamundi dibujado mediante la proyección Estereográfica Polar. Las distorsiones son tales que su uso debe limitarse en latitud y evitar este tipo de representación.

Proyección gnomónica polar: En una proyección gnomónica polar, el plano de proyección es tangente a un polo y el centro de la proyección se sitúa en el centro de la esfera terrestre tal y como se muestra en el siguiente esquema.

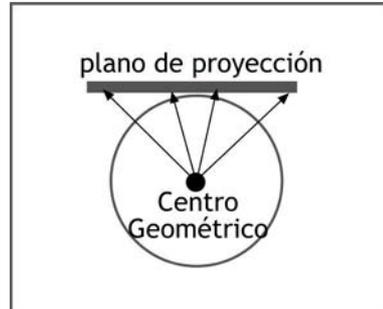
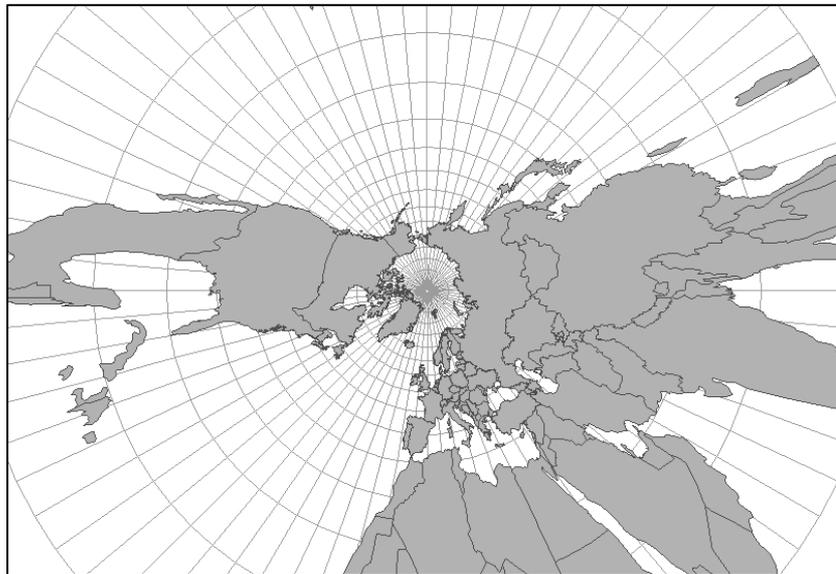


Figura 21. Esquema de la proyección Gnomónica Polar

El resultado de esta proyección es un mapa en el que los meridianos son líneas rectas convergentes en el polo y los paralelos (dibujados cada cinco grados en el ejemplo) son círculos concéntricos tanto más separados cuanto más alejados estén del punto de tangencia (polo norte en este caso). Las distorsiones son aún más fuertes que en el caso anterior.



22. Mapamundi dibujado mediante la proyección Gnomónica Polar

Proyección ortográfica polar: Por ser ortográfica, esta proyección tiene en centro de proyección en el infinito, con lo que los rayos perspectivos son líneas paralelas entre sí, tal y como se indica en el esquema.

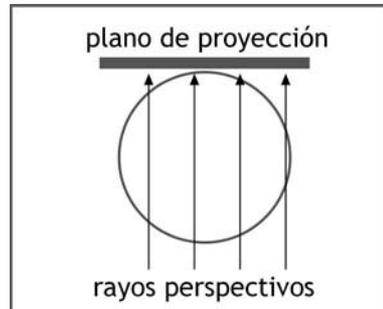


Figura 23. Esquema de la proyección Ortográfica Polar

En el mapa resultante, los meridianos son líneas rectas convergentes en el polo. Los paralelos (dibujados cada cinco grados en el ejemplo) son círculos concéntricos tanto más separados entre sí cuanto más lejos del punto de tangencia (polo norte). La escala aumenta con la distancia al punto de tangencia y las distorsiones son tales que su uso debe limitarse en latitud. De las proyecciones planas o acimutales comentadas, la estereográfica polar es la más utilizada.

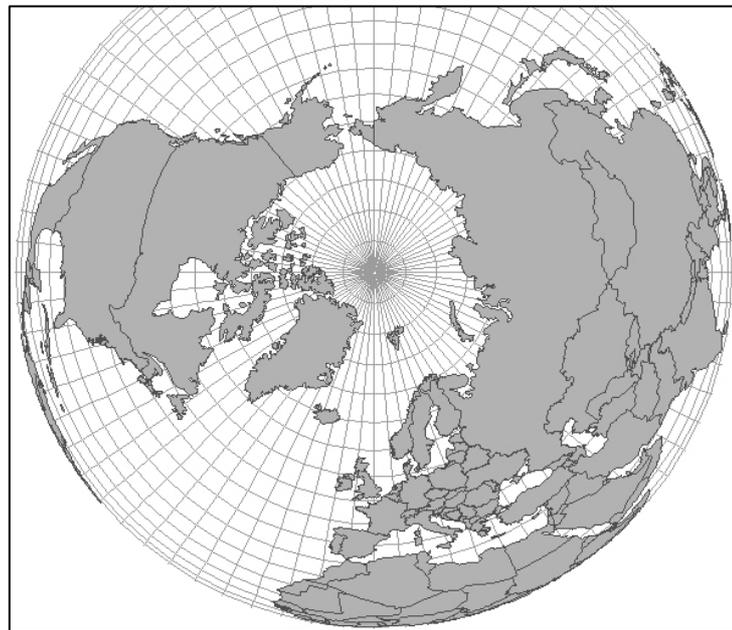


Figura 24. Mapamundi dibujado mediante la proyección Ortográfica Polar. Las distorsiones son tales que su uso debe limitarse en latitud y deben evitarse representaciones como las de esta imagen que sólo pretenden ilustrar el concepto de esta proyección.

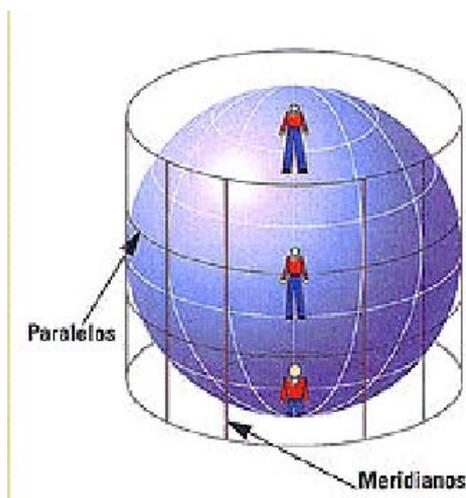
2.4.2.2 Desarrollos

Muchas proyecciones proyectan la esfera terrestre utilizando una figura geométrica auxiliar que pueda después convertirse en un plano (es decir, que sea desarrollable). Las figuras auxiliares más utilizadas son el cono y el cilindro.

A) Desarrollos cilíndricos

Este tipo de proyección es un desarrollo: se envuelve la esfera terrestre con un cilindro que en principio es tangente al Ecuador, y cuyo perímetro debe coincidir por tanto con la longitud del ecuador. Con esta figura auxiliar es posible representar todo el mundo a excepción de los polos, que normalmente se representarán por medio de proyecciones azimutales.

Figura 25. Esquema de representación de la Proyección Cilíndrica Ecuatorial



Fuente: www.mardechile.cl

Cuando línea tangente al cilindro es el paralelo 0° o Ecuador, se dice que la proyección es Cilíndrica Ecuatorial.

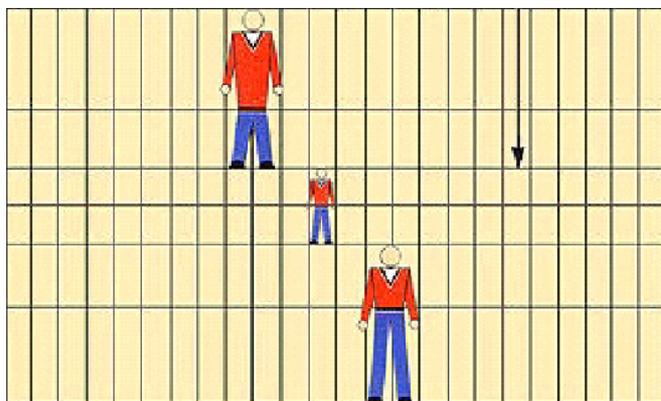


Figura 26. Posición de Meridianos y Paralelos en una proyección Cilíndrica Ecuatorial.

Fuente: www.mardechile.cl

En la proyección cilíndrica ecuatorial, una vez desarrollado el cilindro (figura 26) y obtenido “el mapa” los paralelos se han estirado, se han alargado quedando todos de la misma magnitud que la del Ecuador (en la esfera su magnitud disminuye a medida que se acercan a los polos).

La única línea de misma magnitud en la esfera y en el cilindro desarrollado será el Ecuador, por ser la línea tangente al cilindro, y por tanto se dice que las magnitudes son verdaderas a lo largo de la línea tangente al cilindro, también llamada línea automecoica, en este caso a lo largo de la línea del Ecuador. A partir de la línea tangente, hacia el norte o hacia el sur las distorsiones se hacen mayores.

Son proyecciones cilíndricas ecuatoriales la Cilíndricas Equivalente y la conocida Carta de Mercator utilizada en navegación:

a) Proyección Cilíndrica Equivalente

En esta proyección los paralelos (dibujados cada cinco grados en el ejemplo) son líneas rectas todas de igual longitud, tanto más próximos entre sí cuanto más lejos del punto de tangencia (polo norte) para lo la equivalencia. Los meridianos en las proyecciones cilíndricas de este tipo son siempre líneas rectas.

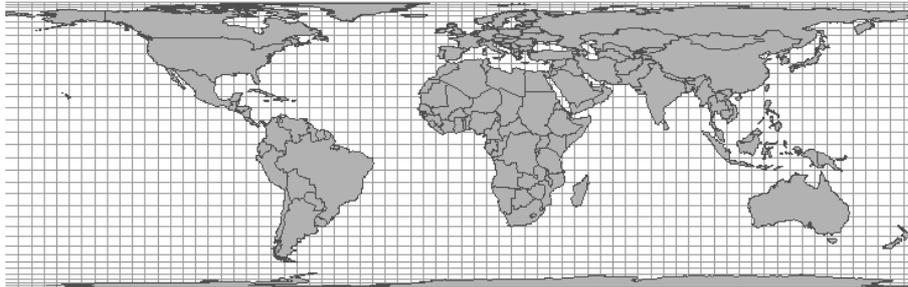


Figura 27. Mapamundi dibujado mediante la proyección Cilíndrica Equivalente

b) Proyección Cilíndrica de Mercator

La Proyección Mercator representa los paralelos (dibujados cada cinco grados en el ejemplo) como líneas rectas todas ellas de igual longitud, tanto más alejados entre sí cuanto más lejos del ecuador. Esta proyección es conforme y durante siglos ha sido carta de navegación fundamental, pues en ella basta unir el origen con el puerto de destino con una línea recta y medir el rumbo (o ángulo de dicha recta con los meridianos) que es necesario seguir para alcanzar el destino elegido.

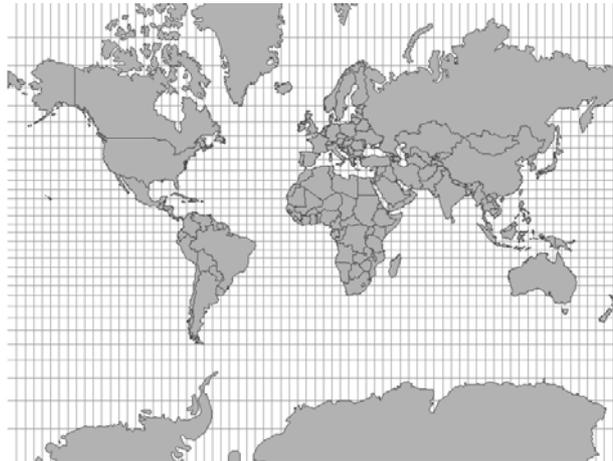


Figura 28. Mapamundi dibujado mediante la proyección Cilíndrica de Mercator

c) Proyección Cilíndrica Simple

En esta proyección los paralelos (dibujados cada cinco grados en el ejemplo) son líneas rectas todas de igual longitud y misma separación, lo mismo que los meridianos nos los que forman ángulos rectos.

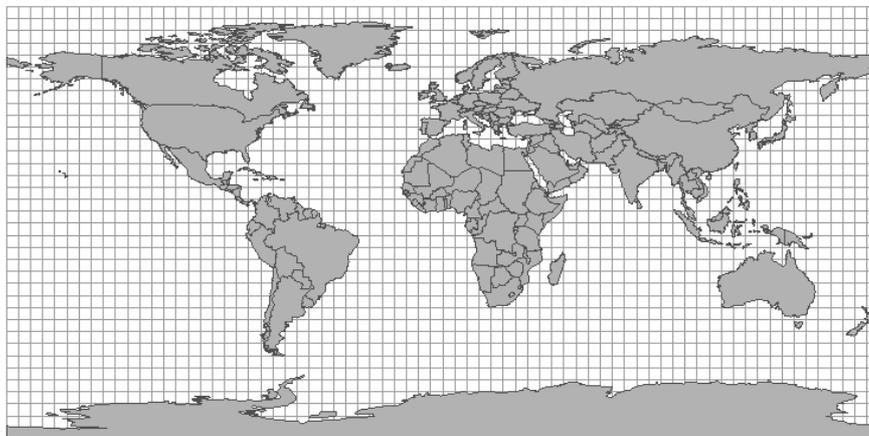


Figura 29. Mapamundi dibujado mediante la proyección Cilíndrica Simple

d) Proyección Cilíndrica Transversa

Las proyecciones vistas hasta ahora consideran una sola posición del cilindro, aquella en la que el eje del cilindro coincide con la línea de los polos de la Tierra o dirección Norte-Sur. No obstante es posible tumbar el cilindro, hacer que su eje sea perpendicular a dicha línea Norte-Sur y que por tanto la tangencia suceda no a lo largo de un paralelo, sino a lo largo de un meridiano cualquiera; se dice entonces que la proyección es Cilíndrica Transversa o Transversal. En este tipo de proyección, las distorsiones se hacen mayores a medida que se avanza en sentido opuesto al meridiano de tangencia.

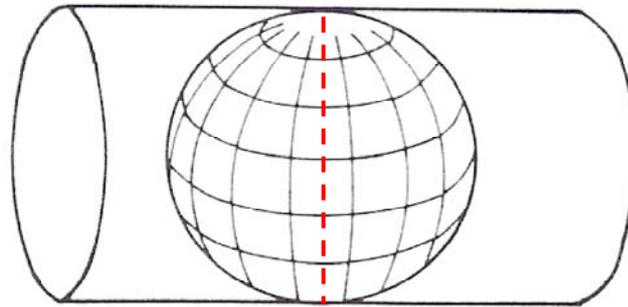


Figura 30. Esquema de la proyección Cilíndrica Transversal.

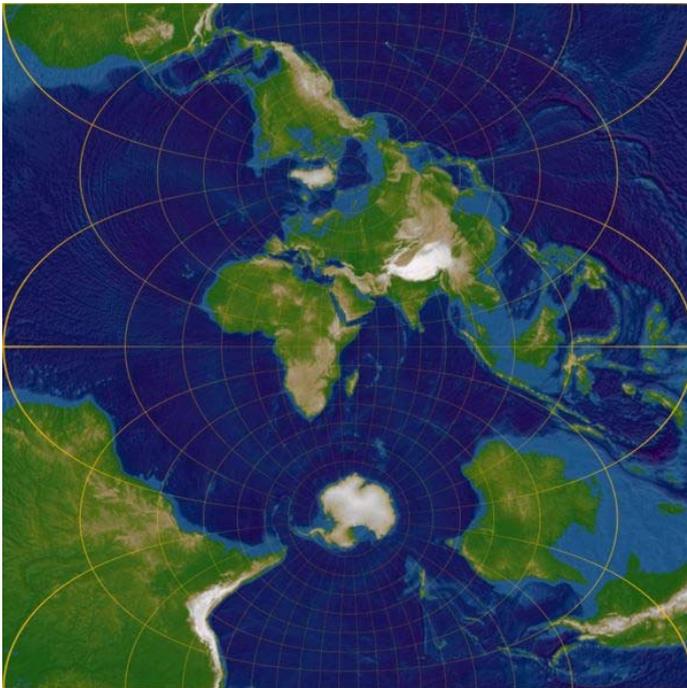
Esta opción es muy utilizada ya que es posible establecer la tangencia con el meridiano que interese; así cada país que puede tomar como meridiano de tangencia el meridiano central que lo atraviese. De esta manera, estando cerca del meridiano tangente al cilindro, pueden disminuirse las distorsiones de la proyección.

e) Proyección UTM (Universal Transversa Mercator)

Una aplicación muy importante de las proyecciones Cilíndricas Ecuatoriales corresponde a la Proyección Universal Transversa de Mercator, llamada comúnmente UTM (iniciales en inglés). Son muchos los países (entre ellos España) que actualmente utilizan la proyección UTM para realizar su cartografía oficial.

La proyección UTM es una proyección analítica conforme basada en la proyección Mercator. Es por tanto un desarrollo cilíndrico, que emplea un cilindro transversal (o tumbado) que no es tangente al Ecuador sino a un meridiano.

Figura 31. Mapa del mundo en proyección transversa de Mercator, centrado sobre el meridiano 45° E y el Ecuador.



Fuente: upload.wikimedia.org/.../700px-Utm-zones.jpg

Para evitar las deformaciones que crecerían rápidamente con la distancia al meridiano de contacto, la proyección UTM emplea distintos cilindros (60 cilindros) que hacen tangencia a meridianos separados 6° entre sí. Con ello se consigue que ningún punto esté más alejado que 3° del meridiano central de su huso, y se controlan las distorsiones que son pequeñas.

Los casquetes polares no se representan en UTM, quedando limitado el empleo de este sistema de representación a latitudes menores de 80°.

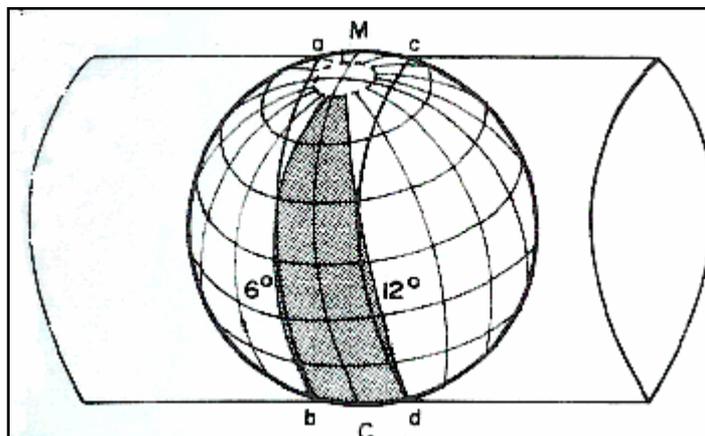
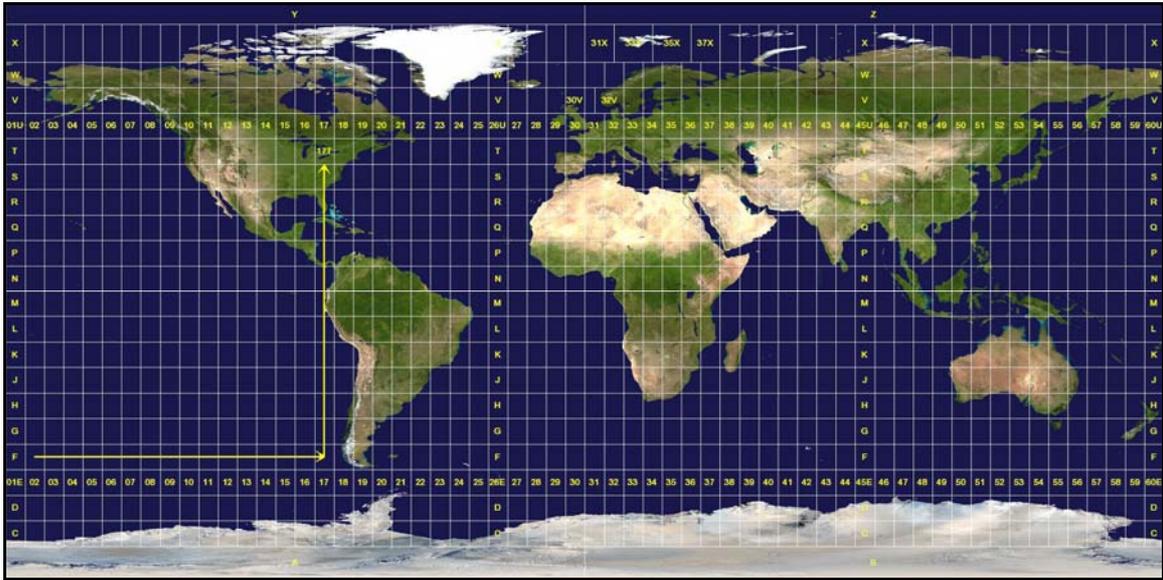


Figura 32. Anillos de 6° de longitud, tomados empleados para la construcción de la proyección UTM

Figura 33. Red UTM



Fuente: upload.wikimedia.org/.../700px-Utm-zones.jpg

f) Proyecciones pseudocilíndricas

Las proyecciones pseudocilíndricas son modificaciones matemáticas de las cilíndricas puras. Suelen utilizarse para representar la totalidad de la Tierra, y son ejemplos conocidos de este tipo Proyección Mollweide, la Proyección Robinson y la Proyección de Eckert.

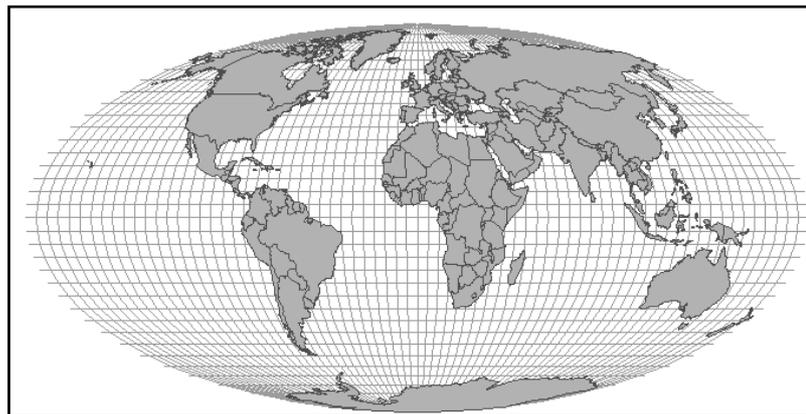


Figura 34. Proyección Mollweide Tal y como puede verse en la imagen, la proyección equivalente Mollweide transforma los paralelos en líneas rectas, los meridianos en arcos de elipse y los polos en puntos.

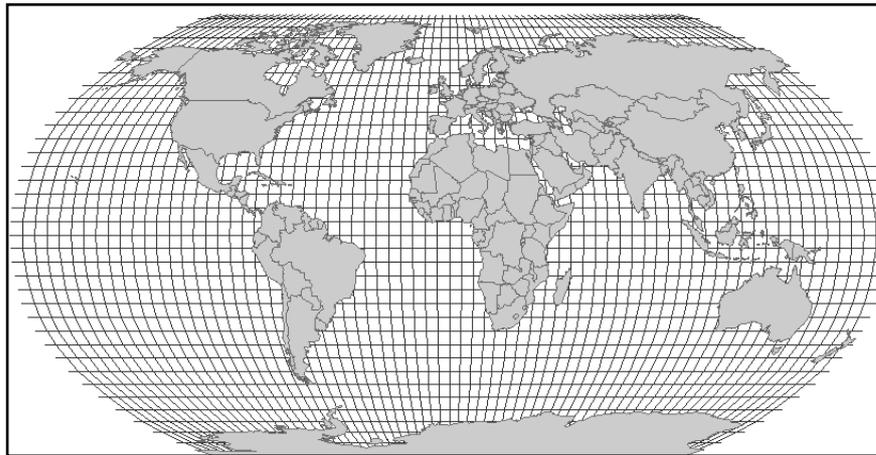


Figura 35. Proyección Robinson. Esta proyección distorsiona la forma, el área, la distancia y la escala en un intento de equilibrar los errores de las proyecciones. Su aceptación es debida a que representa de manera aceptable los tamaños relativos.

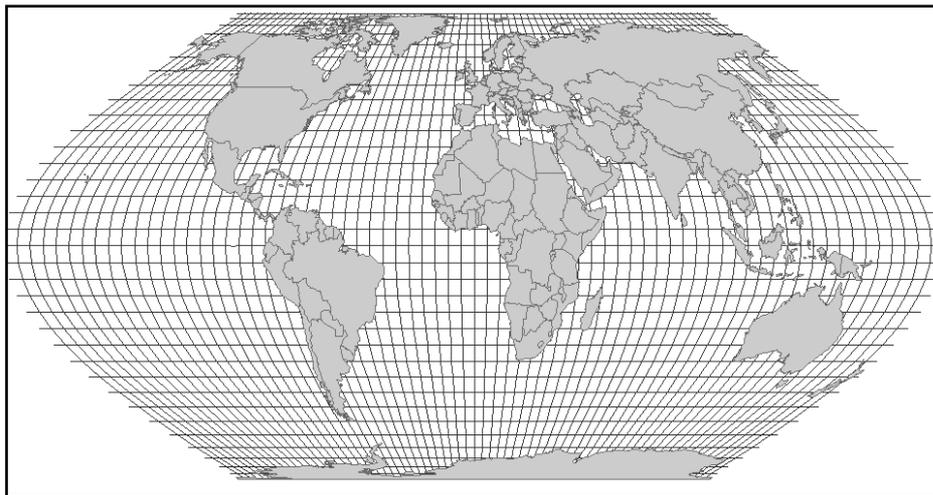


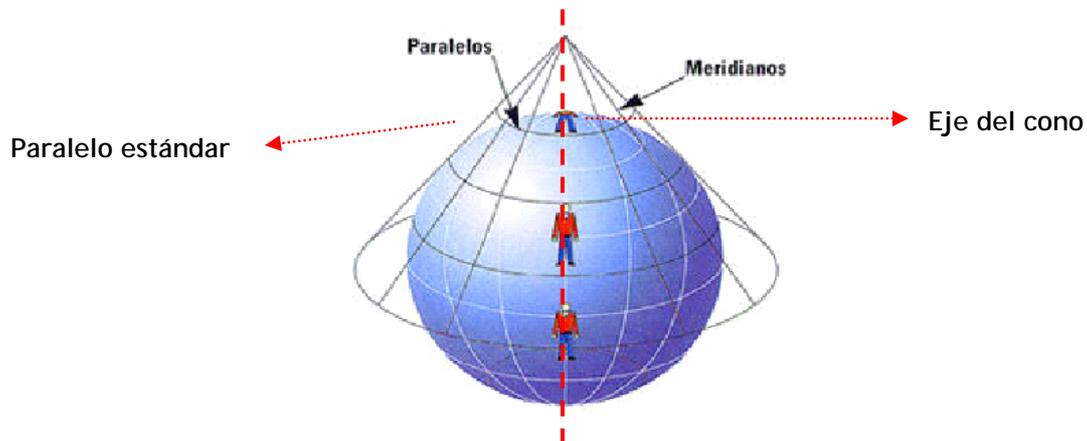
Figura 36. Proyección Eckert VI. Esta proyección equivalente transforma los paralelos en líneas rectas, los meridianos en arcos sinusoidales y los polos en líneas rectas de longitud igual a la mitad del ecuador.

B) Desarrollos Cónicos

Estas proyecciones son similares a las anteriores, sólo que en vez de emplear una figura auxiliar cilíndrica, utilizan una figura cónica. Normalmente se dispone de forma que su eje coincide con la línea Norte-Sur y se proyectan sobre ella las diversas formas terrestres. Posteriormente el cono puede ser seccionado por una de sus generatrices y desarrollado, es decir extendido en un plano. El cono puede ser tangente a un solo paralelo o secante a dos paralelos para reducir deformaciones.

El caso de la proyección cónica más simple, es aquel en que se coloca el cono sobre la esfera haciendo coincidir su eje con el de los polos. Hay un paralelo tangente al cono, en el cual las distancias son verdaderas, que se denomina “Paralelo Estándar”.

Figura 37. Esquema de la proyección Cónica.



Fuente: /www.mardechile.cl

Al desarrollarse el cono, los meridianos siguen siendo concéntricos en los polos y los paralelos tienen forma circular. A medida que se avanza en dirección opuesta al paralelo estándar, las distorsiones se hacen muy grandes, por lo cual es una solución apta para países de latitudes medias y cuya configuración sea más ancha que larga, como el caso de Estados Unidos.

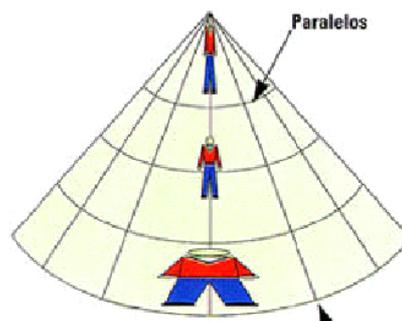


Figura 38. Esquema de meridianos y paralelos en el cono desarrollado

Son ejemplos bien conocidos de proyecciones cónicas la Proyección Cónica Conforme de Lambert y la Proyección Cónica Equivalente de Albers.



Figura 39. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Lambert ajustó matemáticamente la distancia entre paralelos para crear un mapa conforme. Tal y como puede suponerse tras ver este mapa, al utilizar esta proyección lo normal es reducir la zona de representación a ámbitos menores.



Figura 40. Proyección Cónica Equivalente de Albers. La distancia entre paralelos se reduce para mantener la proporcionalidad de áreas. De nuevo esta proyección no es ideal para mostrar todo el planeta y es mejor emplea en la representación de países o regiones menores

2.6. Uso de las Proyecciones

Para tomar la decisión de utilizar un determinado sistema de proyección es necesario tener en cuenta tres aspectos fundamentalmente:

2.6.1 El tamaño de la superficie que se va a proyectar

Si se proyectan áreas grandes como un continente o el mundo completo, se utilizarán proyecciones que permiten este tipo de representaciones pero que alcanzan altos grados de distorsión.

Para proyectar mapamundis tienen gran uso las proyecciones cilíndricas, aunque adolecen del gran inconveniente de la distorsión de las zonas polares.

Si se proyectan mapas de pequeñas áreas, se utilizan proyecciones que a partir de las básicas han sido modificadas en busca de minimizar distorsiones de área y forma. Muchos países que se encuentran por debajo de los 80° de latitud han optado por utilizar proyecciones cilíndricas transversales para la elaboración de la cartografía de áreas pequeñas.

2.6.2. Localización Geográfica del área a proyectar

Es importante recordar que ninguna proyección puede conservar magnitudes verdaderas en todos los puntos del mapa; es por esta razón que la localización geográfica al momento de elegir el tipo de proyección es muy importante; la proyección que conviene a una zona, muy seguramente no será de ninguna utilidad en otras áreas.

Es de suponer que para los países que se encuentran sobre la línea del Ecuador será favorable generar cartografía en proyecciones cilíndricas ecuatoriales, máxime si tienen formas más anchas que largas, sin embargo esta proyección está totalmente descartada para las zonas polares, las cuales desaparecen al proyectar el mundo de esta forma.

Inversamente las proyecciones azimutales utilizadas en las zonas polares, no tienen uso frecuente en otras zonas.

Las zonas de latitudes medias encuentran más adecuadas las proyecciones cónicas, puesto que se encuentran en latitudes que hacen coincidencia con el paralelo estándar. Para países de formas anchas a estas latitudes, dichas proyecciones son aún más útiles; sin embargo para las zonas ecuatoriales presentarían grandes distorsiones.

2.6.3. El propósito del mapa

De acuerdo al propósito del mapa se debe seleccionar el tipo de proyección a utilizar, ya que si se requiere el cálculo y comparación de superficies es necesario utilizar proyecciones equivalentes, si por el contrario el objetivo del mapa es más visual, como en el caso de los mapas del mundo, en los cuales no se requiere rigurosidad en las mediciones, se utilizan las proyecciones conformes.

Listado de figuras

Figura 1. Escala gráfica	5
Figura 2. Variación de la escala en el proceso de ampliación de un mapa.	5
Figura 3. Efectos de cambio en la escala gráfica por el proceso de ampliación	6
Figura 4. Ejemplo de cambio de escala de mapa.....	7
Figura 5. Paralelos	9
Figura 6. Meridianos	9
Figura 7. Esfera terrestre en la cual se muestran las distancias de Latitud y Longitud...	10
Figura 8. Meridianos que dejan de ser convergentes.....	11
Figura 9. Clasificación de las proyecciones	12
Figura 10. Mapa del mundo dibujado mediante una proyección Conforme	13
Figura 11. Mapa del mundo dibujado mediante una proyección equivalente.....	14
Figura 12. Distancias correctas e incorrectas en una Proyección equidistante	14
Figura 13. Esquema de una proyección Plana.....	15
Figura 14. Esquema de meridianos y paralelos en la proyección plana o azimutal.	16
Figura 15. Clasificación de las proyecciones planas o perspectivas	16
Figura 16. Esquema de la proyección Plana Ecuatorial	17
Figura 17. Esquema de la proyección Plana Polar	17
Figura 18. Esquema de la proyección Plana Oblicua	17
Figura 19. Esquema de la proyección Estereográfica Polar.....	18
Figura 20. Mapamundi dibujado mediante la proyección Estereográfica Polar.....	18
Figura 21. Esquema de la proyección Gnomónica Polar.....	19
Figura 22. Mapamundi dibujado mediante la proyección Gnomónica Polar	19
Figura 23. Esquema de la proyección Ortográfica Polar.....	20
Figura 24. Mapamundi dibujado mediante la proyección Ortográfica Polar.	20
Figura 25. Esquema de representación de la Proyección Cilíndrica Ecuatorial.....	21
Figura 26. Posición de Meridianos y Paralelos en una proyección Cilíndrica Ecuator...21	
Figura 27. Mapamundi dibujado mediante la proyección Cilíndrica Equivalente	22
Figura 28. Mapamundi dibujado mediante la proyección Cilíndrica de Mercator.....	23
Figura 29. Mapamundi dibujado mediante la proyección Cilíndrica Simple.....	23
Figura 30. Esquema de la proyección Cilíndrica Transversal.....	24
Figura 31. Mapa del mundo en proyección transversa de Mercator	25
Figura 32. Anillos de 6° de longitud, para la construcción de la proyección UTM.....	25

Figura 33. Red UTM	26
Figura 34. Proyección Mollweide	26
Figura 35. Proyección Robinson	27
Figura 36. Proyección Eckert VI.	27
Figura 37. Esquema de la proyección Cónica.	28
Figura 38. Esquema de meridianos y paralelos en el cono desarrollado.....	28
Figura 39. Proyección Cónica Conforme de Lambert.....	29
Figura 40. Proyección Cónica Equivalente de Albers.....	29