

## Nuevo aparato para el Levantamiento de Planos

*Pensando en la manera de levantar planos por un método rápido desde un vehículo en movimiento, automóvil o ferrocarril coordinando las velocidades con los tiempos y los rumbos indicados por una aguja magnética, ha surgido la idea del aparato descrito a continuación en el cual se dibuja automáticamente un diagrama que contiene los elementos anteriores en una forma, la cual creo sea eficiente y práctica.*

Consideremos el caso ideal de un cuadrado plano horizontal orientado en la dirección N — S, según la figura N° 1.

Con una brújula que lleva en su extremidad una pluma y descansa a su vez sobre una hoja de papel que se mueve con respecto a la pluma a una velocidad constante.—Fig. N° 2. Recorramos el cuadrado A — B — C — D a una velocidad constante.

Al recorrer el lado A — B, partiendo del punto A la brújula trazará una línea recta siguiendo el eje del papel, figura N° 3.

Al doblar en el punto B, para seguir la dirección B C la cinta tomará esta dirección en tanto que la brújula continuará marcando la dirección Norte, y la pluma se desplazará con respecto al papel un cuarto de círculo que en el diagrama será B B. Al continuar nuestro camino la pluma nos marcará otra línea recta B C, y en el punto C, al tomar la dirección Sur la aguja se desplazará otro cuarto de círculo marcando el arco C C. Luego al recorrer la línea C D el diagrama será marcado en el eje del papel y en el punto D al tomar la dirección W E, marcará otro arco de círculo inverso a los anteriores D D de la figura N° 3.

De este simple diagrama observamos dos hechos fundamentales en los cuales está basado este aparato.

1º)—La longitud del diagrama es proporcional a la distancia por haber sido recorridos ambos, a velocidades constantes;

2º)—La distancia de cualquier punto del diagrama al eje del papel es proporcional al seno del rumbo de la línea sobre el terreno.

A nuestro aparato del caso anterior, adaptémosle un pequeño aditamento consistente en que la brújula va a estar con su extremo (el de la pluma) sobre una varilla con una ranura longitudinal que pueda deslizarse sobre dos ejes transversales, despreciando el rozamiento. Tenemos que al cambiar de rumbo la brújula arrastrará en su movimiento la varilla transversalmente y esta siempre estará a una distancia del eje del papel igual al seno del rumbo.—Figura N° 4.

En estas condiciones si ponemos la pluma en el punto medio de la varilla, el diagrama marcado por el aparato al recorrer el cuadrado de la fig. N° 1 será el de la fig. N° 5, ya que de este modo se corregirán los desplazamientos debidos a los arcos de círculo. Con la modificación anterior al recorrer un exágono, el diagrama

será el de la figura N° 6, de igual modo al recorrer un círculo obtendremos en su diagrama una sinusoide.—Fig. N° 7.

Consideramos hasta el presenta casos ideales sin tener en cuenta dificultades del terreno o de construcción de aparatos.

En la práctica el área de un terreno es su proyección sobre un plano horizontal. Con el aparato anterior si recorremos una línea inclinada, tenemos que corregir su longitud en el diagrama de acuerdo a su proyección sobre un plano horizontal o sea buscar el producto de la longitud, por el coseno de su ángulo de inclinación. Si la caja

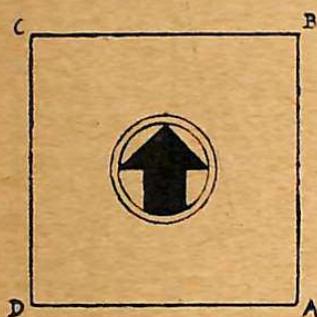


Fig. #1

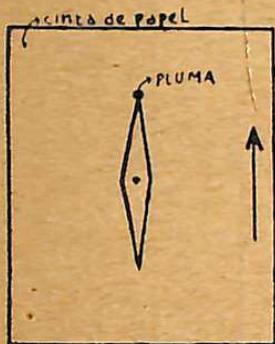


Fig. #2

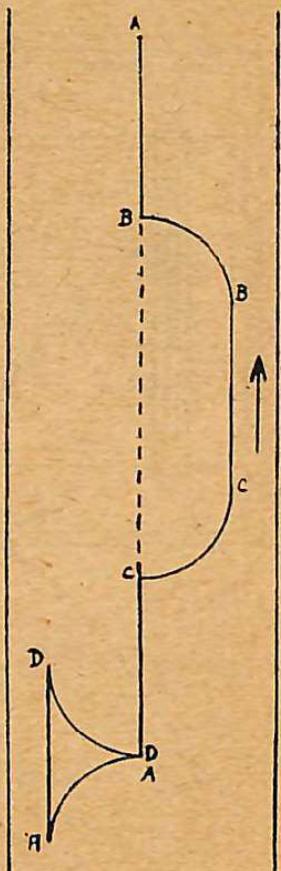


Fig. #3

del aparato anterior la montamos en una suspensión Kardan, permanecerá siempre horizontal y si el sostén de esta caja lo llevamos siempre perpendicular al terreno se nos formará entre él y el eje vertical de la caja un ángulo que será igual al ángulo de inclinación del terreno.—Fig. N° 8.

Este ángulo formado por dos ejes en un plano vertical lo podemos pasar a un plano horizontal por medio de un aditamento como el de la fig. N° 9, que consiste en una pequeña semicircunferencia dentada acoplada al eje de suspensión y que engrana con otra situada en un plano horizontal de modo que cualquier movimiento de la rueda vertical se transmita a la horizontal, y si en ésta acoplamos una aguja, las variaciones del ángulo vertical se transmitirán exactamente iguales a la horizontal, y poniendo una pluma en su extremo, ésta nos marcará un diagrama sobre la misma hoja del diagrama del rumbo en el cual la ordenada será

igual al seno o coseno del ángulo de inclinación según la disposición que se adopte. Este diagrama nos servirá para corregir el diagrama de los rumbos y distancias al mismo tiempo, que nos da el perfil de la línea recorrida.—Fig. N° 10.

Hasta el presente hemos visto el modo de obtener diagramas perfectos suponiendo que el aparato se mueva a una velocidad constante y que la cinta de papel se desplace también a velocidad constante, pero si el aparato se desplaza por el terreno sobre una rueda y esta por medio de un engranaje apropiado transmite su movimiento a la cinta de papel tendremos las dos velocidades sincronizadas y la

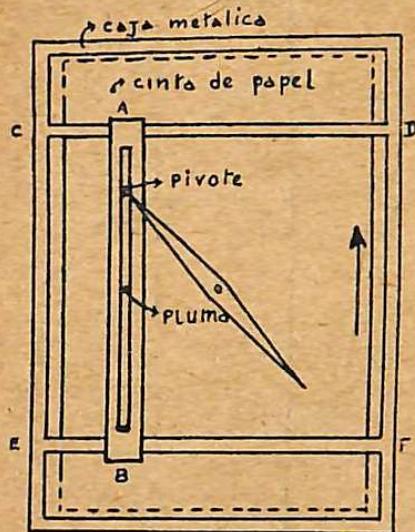


Fig. # 4

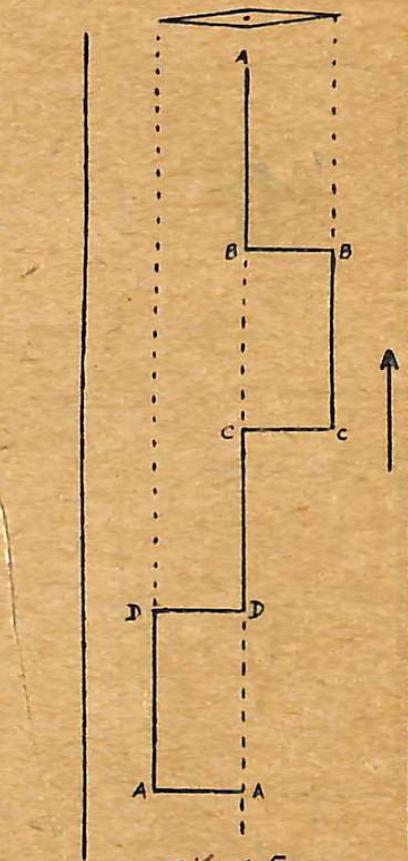


Fig #5

longitud del diagrama será exactamente proporcional a la longitud de la línea recorrida.—A B.

En los diagramas anteriores tenemos la longitud del mismo proporcional al recorrido del aparato sobre el terreno, pero habíamos dicho antes que el área es considerada como la proyección sobre un plano horizontal, luego tenemos que corregir el diagrama de modo que cada diferencial de él sea multiplicado por el coseno del ángulo de inclinación. En la fig. N° 11 vemos una rueda A. que se mueve a una velocidad constante.

Con un dispositivo semejante al de la figura N° 4, hacemos que el brazo C A ocupe una posición correspondiente al coseno del ángulo de inclinación.

Luego la pequeña rueda B se colocará a una distancia del centro de la rueda A igual al coseno del mismo ángulo de inclinación:

Sea:  $L$ =longitud de la línea sobre el terreno.

Y necesitamos que en todo momento sea multiplicado por  $\cos \alpha$ . El camino recorrido por la periferia de la rueda B será:  $= 2\pi R'$  en el cual ( $R' = R \cos \alpha$ )

luego long.  $B = 2\pi R \cos \alpha = L \cos \alpha$

Al llegar a este punto tenemos un diagrama perfecto, en el cual la longitud es proporcional a la proyección horizontal de la línea recorrida sobre el terreno y cada punto está a una distancia del centro o eje del diagrama igual al seno del rumbo.

Supongamos ahora una hoja de papel que se desplace en una dirección determinada y que al mismo tiempo pueda girar en un plano horizontal sobre un punto cualquiera de ella.

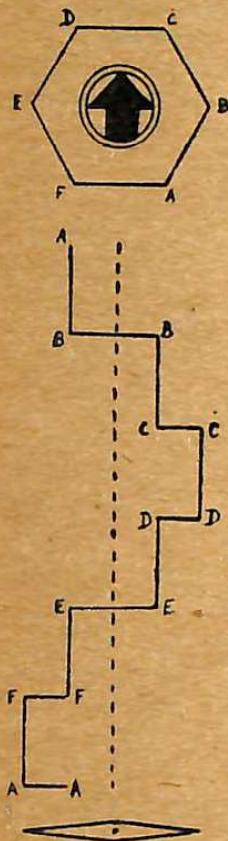


Fig. # 6

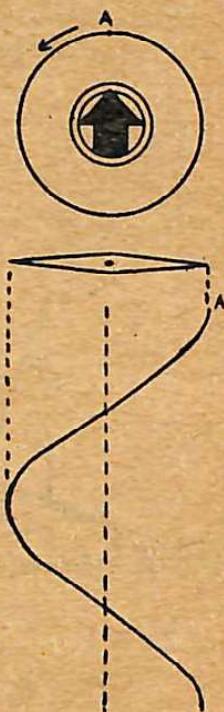


Fig. # 7

Si sobre dicha hoja ponemos una pluma y la hacemos desplazar una cantidad, de acuerdo con la longitud del diagrama, al mismo tiempo que la hacemos girar horizontalmente, sobre la pluma, un ángulo igual al ángulo que corresponde al seno del rumbo (o sea igual al rumbo de la línea sobre el terreno) del diagrama, la pluma nos dibujará un plano a escala del recorrido del aparato sobre el terreno.

Para lograr el efecto anterior, tenemos varios mecanismos cada uno con ventajas o inconvenientes propios, como veremos a continuación: supongamos un mecanismo compuesto de engranajes que mueva dos series de rodillos, en uno de los cuales se va a envolver el diagrama al mismo tiempo que, en el otro (guardando una relación de velocidad definida) se enrolla un papel, pero este se va a enrollar no de una manera continua sino a pequeños saltos, de modo que cada vez que pasa un

diente del engranaje se juntan los rodillos y giran una cantidad correspondiente haciendo desplazar el papel.

Por otro dispositivo semejante al de la fig. 4, hacemos que al seguir con una punta acoplada en el punto correspondiente a la pluma, el diagrama, nos gire el papel haciendo que cada vez que se gira una pequeña fracción se juntan dos placas que aprisionan el papel y lo hacen girar a su vez en ángulo igual. De este modo tenemos que el papel se desplaza siempre en una dirección (o en la dirección contraria si tiene un mecanismo reversible). Si al mismo tiempo puede girar en cualquier sentido sobre este papel, y en el eje de giro se apoya una pluma, esta dibujará a la escala correspondiente un plano de terreno.

De la construcción misma de este mecanismo vemos uno de sus inconvenientes principales, como el papel no se desplaza de una manera continua, sino a pequeños saltos y como el giro del papel tampoco es continuo, sino a pequeños saltos y como el giro del papel tampoco es continuo, sino a pequeños ángulos, las líneas

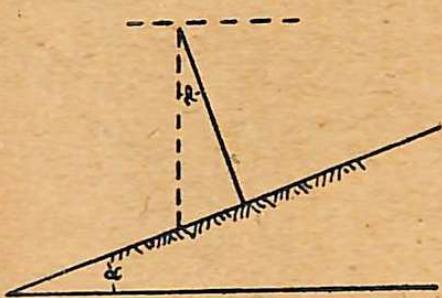


Fig. # 8

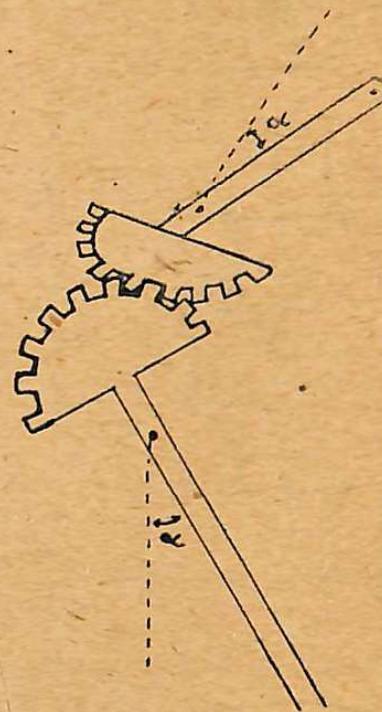


Fig. # 9

dibujadas no van a ser continuas sino a manera de diente de sierra, los cuales introducen un error que puede hacerse tan pequeño como se quiera, según la misma construcción del aparato.

El aparato hasta el presente descrito sería el ideal sino se presentaran una serie de inconvenientes y defectos que limitan su utilidad práctica, en efecto, una aguja magnética no tiene fuerza para vencer los rozamientos del mecanismo de inscripción y además está influenciada permanentemente por los campos magnéticos adyacentes, los cuales en un terreno de alguna magnitud varían por las masas metálicas o conductores eléctricos, además las oscilaciones de la aguja darían un diagrama imperfecto. Para obviar todas las anteriores dificultades, tenemos un aparato llamado giroscopio.

Hagamos un paréntesis para considerar las propiedades principales de este aparato. En cualquier tratado de mecánica encontramos su teoría, lo cual puede explicarse de la siguiente manera: cuando un cuerpo rota alrededor de un eje, y este eje a su vez rota alrededor de un segundo eje (siempre que estos sean paralelos) ocurre el movimiento giroscópico. Para el estudio de este movimiento supongamos que el cuerpo es simétrico con respecto a sus tres ejes rectangulares. Así en la figura 12 vemos un disco que gira con una velocidad angular uniforme  $W$  alrededor del eje,  $Z$  y al mismo tiempo rota alrededor del eje  $Y$  con una velocidad constante  $\theta$  veamos que ocurre:

Por la rotación a que está sometido el disco, una partícula cualquiera de él  $m$  está sujeta en todo momento a dos velocidades:

1º)—Una velocidad constante  $w r$  debida a la rotación alrededor del eje  $Z$  con la velocidad  $w$ .

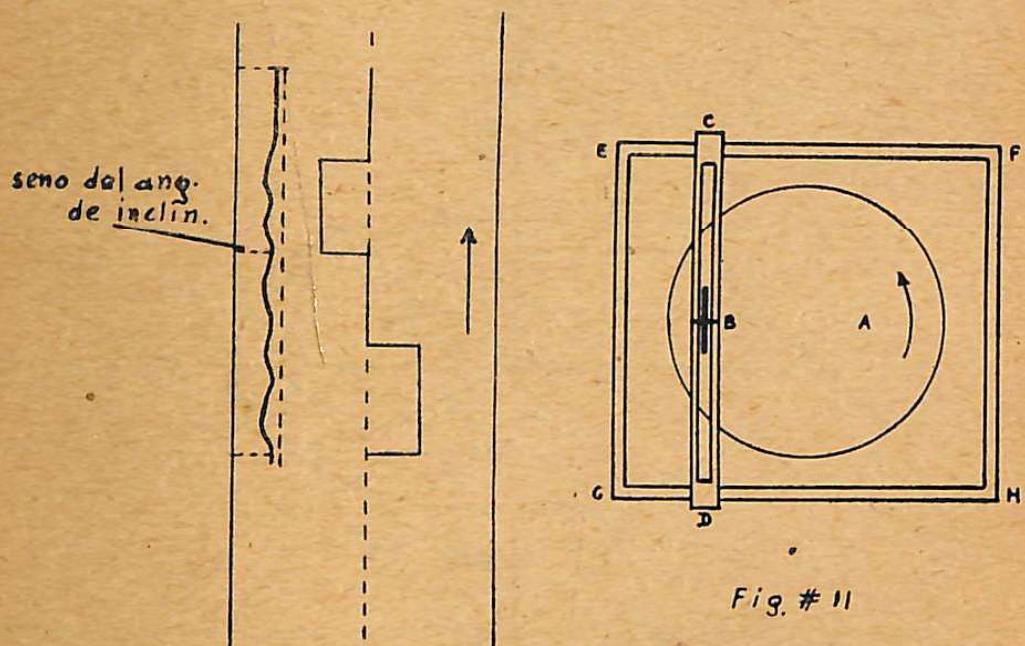


Fig. # 10

Fig. # 11

2º)—Una velocidad  $\theta r \cos \alpha$  perpendicular al disco debido a la rotación alrededor del eje  $Y$ .

La fuerza efectiva de esta partícula tiene sus componentes correspondientes a las aceleraciones y cambios en la dirección de las dos velocidades anteriores, las cuales estudiaremos en seguida.

**Cambios en  $w r$ :** Siendo  $w$  constante  $w r$  cambiará únicamente de dirección y la aceleración correspondiente  $w^2 r$  y la fuerza efectiva estarán dirigidas hacia el centro de rotación o sea hacia el eje  $Z$ , ya que el cuerpo es simétrico, estas fuerzas forman un sistema balanceado y no hay fuerza externa alguna que obre sobre el cuerpo por razón del cambio de velocidad de las partículas de él.

**Cambio de  $\theta r \cos \theta$ :** A medida que el disco gira esta componente varía como sigue: en  $A$  es cero y crece gradualmente hasta alcanzar un máximo en el punto  $B$ , luego decrece hasta  $0$  en el punto  $C$ , para aumentar luego en la dirección opuesta

hasta un máximo en el punto D y vuelve a cero en A. La aceleración en cualquier momento es:

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\varnothing r \cos \theta)}{dt} = -\varnothing r \sin \theta \frac{d\theta}{dr}$$

pero  $\frac{d\theta}{dr} = w$ ;  $a = -\varnothing r \sin \theta w = -w \varnothing Y$

en la cual Y es la distancia de la partícula del eje X y el signo menos indica que el sentido de la aceleración es opuesto al de la velocidad, luego para la posición mostrada la dirección de ( $w \varnothing Y$ ) es hacia arriba y la fuerza efectiva correspon-

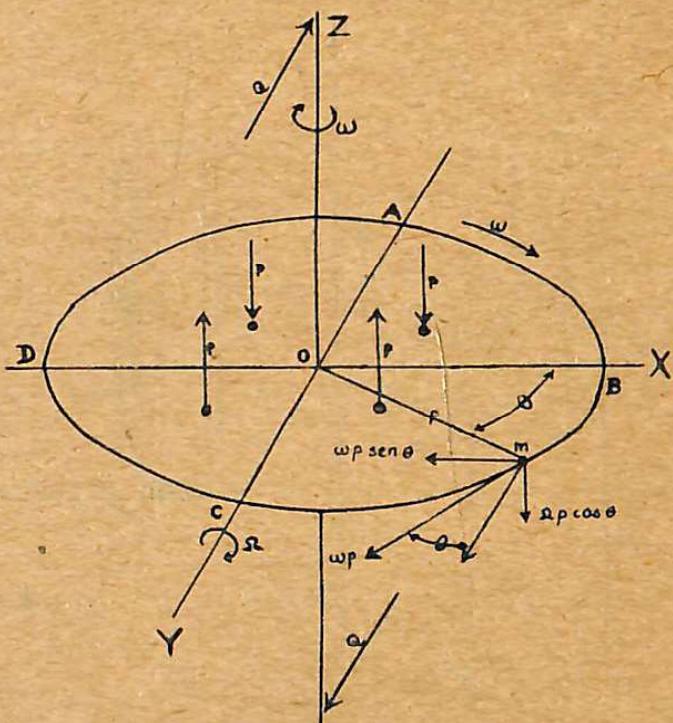


Fig. # 12

diente a esta aceleración es para los cuadrantes O B C y O C D hacia arriba y perpendicular al plano del disco, y en los cuadrantes O D A y O A B, es hacia abajo. Las fuerzas resultantes de estas fuerzas pueden ser representadas por las fuerzas P que forman un par que tiene momento únicamente alrededor del eje X y este par actúa sobre el disco o sobre su eje como se indica por las fuerzas Q.

Cambios en las velocidades debidas a la rotación alrededor del eje Y.

Cambios en  $wr$ : La velocidad  $wr$ , tiene en todo momento dos componentes; una perpendicular y otra paralela al eje y de éstas la componente perpendicular  $wr$  cambia de dirección debido a la rotación con la velocidad angular alrededor del eje Y.

La aceleración correspondiente a este cambio de velocidad es:  $a_2 = wr \sin \theta \varnothing$

$= w\Omega y$  y está dirigida hacia arriba perpendicular al plano del disco. Luego es de la misma magnitud y sentido que  $a$ , para todas las posiciones del disco y forman un par exactamente igual.

**Cambios en  $\Omega r \cos \theta$**  : Esta velocidad cambia únicamente en dirección debido a la rotación alrededor del eje y con la velocidad angular  $\Omega$  la aceleración resultante será  $\Omega^2 r \cos \theta = \Omega^2 x$  dirigida hacia el centro sobre el eje Y alrededor del cual la partícula está girando en ese instante. Las fuerzas efectivas correspondientes forman un sistema paralelo en el plano del disco, pero como este es simétrico con respecto al eje Y, este sistema de fuerzas está balanceado no habiendo por consiguiente fuerzas que actúen debido a los cambios causados en la velocidad por la rotación alrededor del eje Y.

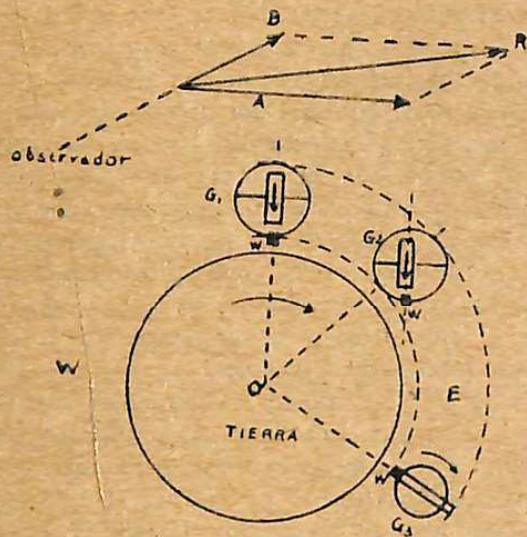


Fig. # 13

Del estudio anterior observamos que debido a la rotación del eje Z con la velocidad  $w$  y alrededor del eje Y con la velocidad  $\Omega$  el disco girará también alrededor del eje X a menos que se impida este movimiento con un exterior que se llamará par giroscópico.

Podemos explicar también fácilmente el movimiento de precesión por medio de vectores. La rotación a alrededor del eje Z está representada por el vector  $Z'$  y la rotación  $\Omega$  sería representada por el vector  $Y$  dando estos como componente el vector  $R$ . Luego el eje tendrá que girar en el sentido indicado por la flecha para adaptarse a su nueva posición dando por resultado el giro constante.

Ahora supongamos la tierra vista por un observador situado fuera de ella y por el polo Sur. Un giróscopo que esté rotando en la dirección indicada por la flecha y que tenga un peso que por la gravedad tienda a conservar su dirección al centro de la tierra, la rotación del giróscopo alrededor del eje X la representamos por el vector  $X$  y al cambiar de posición al punto B habrá una rotación sobre el eje Y que la representamos por el vector  $Y$  dando estas como resultado un desplazamiento hacia el vector que corresponde a un giro o rotación sobre el eje Z que tiende a orientar el eje del giróscopo en la dirección NS paralelo al eje

de rotación de la tierra. Este es el principio del giro compás que indica siempre la posición NS sin tener en cuenta las variaciones por magnetismo u otras causas de error.

Si el giróscopo no tiene las piezas correspondientes  $w$ , permanecerá girando en la dirección en la cual se la coloque, de acuerdo con la primera ley de Newton.

**DESCRIPCION DEL APARATO.**—El aparato en su aspecto práctico costaría esencialmente de un triciclo de ruedas de regular diámetro solidariamente unidas las traseras y unidas por engranaje de cadena a la delantera, perpendiculares al plano de los ejes. De las ruedas se eleva un eje que es el sostén del aparato de inscripción, las ruedas del triciclo transmiten su rotación por medio de eje flexible o de engranajes dentados su movimiento al aparato de inscripción de modo que el camino recorrido sobre el terreno guarde una relación definida y conocida con el desplazamiento de la cinta del diagrama. En la base del triciclo irá montada una pequeña batería eléctrica, que suministra la corriente necesaria para mover el pequeño motor del giróscopo, el cual será de *c. c.* y girará a una velocidad de 3.600 R. P. M. de acuerdo a aparatos standard del mismo tipo. En la parte superior de este eje va montada la caja con su suspensión kardan que permite adaptar el mecanismo de engranaje ya descrito, para la inscripción de la pendiente del terreno.

En este punto podemos hacer varias modificaciones a los elementos del aparato, por ejemplo, podemos sacar de la caja de inscripción diagramas corregidos para pendientes y podemos en la misma cinta o en cintas diferentes sacar diagramas de rumbo Y de pendiente para luego corregir el uno de acuerdo al otro en un aparato diferente, esto según que la aplicación se le de al aparato, sea la de buscar áreas o sacar planos o la de sacar topografía y perfiles.

El tamaño de la caja de inscripción irá regulado por las condiciones prácticas, un tamaño mayor permitirá una cinta más ancha y por consiguiente una mayor exactitud en cuanto al rumbo de la línea, pero traerá como consecuencia las dificultades de un aparato voluminoso.

La mesa de restitución será un mecanismo basado en el principio descrito anteriormente en el cual a medida que seguimos el diagrama nos hace desplazar y girar la hoja de dibujo, de acuerdo a relaciones de velocidad definidas que nos dan la escala del plano.

De las consideraciones anteriores vemos la utilidad de un aparato de esta naturaleza que nos permitiría levantar planos y perfiles con una gran facilidad y rapidez, dándonos una posición que dependerá de la construcción misma del aparato. Podríamos de estos planos sacar las áreas correspondientes con un planímetro y aún la misma topografía de los terrenos ya que el diagrama nos da un perfil de la línea recorrida.

Al hacer la descripción de este aparato hemos considerado los errores probables y su modo de corrección.

En terrenos accidentados o al recorrer líneas con obstáculos naturales como zanjas o corrientes de agua etc., puede tenderse un alambre fuerte y deslizar sobre el aparato el cual llevará una polea especial de la cual se suspendería transmitiendo el camino recorrido en la misma forma por medio de engranajes al mecanismo de inscripción.

Como se puede apreciar de la descripción anterior las modificaciones, perfeccionamientos y usos son casi ilimitados.

Ingo. DARIO MORENO R.