con tus donativos, con tus limosnas de corazón, a la obra gigantesca de la formación de esos niños, hombres del mañana, en una virtud sólida y en una ciencia profunda.

No temas la pequeñez de la limosna, que *si un grano no hace granero, ayuda a su compañero,* como el refrán afirma, rubricando la experiencia.

Ayúdanos.

Nuestro corazón sentirá hacia ti la emoción vivísima de la gratitud. Para ti serán nuestros sacrificios, la plegaria inocente de los niños y el mérito inefable de las virtudes heroicas de nuestros misioneros y de las vírgenes del Señor.

Ayúdanos con tus limosnas. La limosna hace milagros. Hace descender sobre el corazón el rocío del consuelo. Dios te lo pagará y nosotros te lo agradeceremos eternamente.

DIRECCIÓN:

CONVENTO DE PADRES DOMINICOS

MANACOR (MALLORCA)

15

MÉTODO
DE
DIBUJO GEOMÉTRICO
Y
ELEMENTOS DE TOPOGRÁFICO

POR

J. GUZMÁN

CATEDRÁTICO NUMERARIO DE DIBUJO EN EL INSTITUTO DE SEGUNDA ENSEÑANZA
Y PROFESOR ESPECIAL DE DIBUJO Y CALIGRAFÍA
EN LA ESCUELA PROFESIONAL DE COMERCIO DE PALMA DE MALLORCA

AÑO 1929

Damos en el presente Método el desarrollo de un curso que se dirige principalmente a los alumnos de los Institutos de Segunda Enseñanza, Escuelas de Comercio, Normales y a cuantos quieran iniciarse en las prácticas del Dibujo geométrico. Este curso, que hemos procurado hacer lo más claro y metódico posible, está dividido en tres partes. La primera contiene la resolución de problemas geométricos, trazado de líneas y superficies planas, construcción de escalas y variados ejercicios de delineado y aplicación. La segunda parte está dedicada al estudio del sistema de proyecciones octogonales con ejercicios de representación de elementos de arquitectura y órganos de máquinas. Y la parte tercera ofrece los primeros elementos del Dibujo topográfico. Al final va un vocabulario de las principales voces empleadas en el Método. Siempre que se tengan dudas respecto al significado de una palabra, consúltese el vocabulario y no se siga adelante hasta haber aclarado las dudas.

PARTE PRIMERA

PRELIMINARES

La lámina preliminar no debe copiarse, bastará que el alumno la examine con atención y lea la explicación siguiente.

Útiles para el dibujo geométrico. Son necesarios los siguientes como mínimum.

Un lápiz
Goma de borrar
Papel
Una regla
Una escuadra o cartabón
Tinta china
Un estuche de matemáticas.

El lapiz ha de ser de los llamados plomo o Faber, del n.º 3 o del 4. Los del 1 y del 2 son demasiado flojos y con el inevitable roce de brazos y reglas se ensucia el papel. La goma debe ser blanda para que no raspe el papel y se levanten sus fibras, lo que dificulta el repasado de las líneas con tinta. Por el mismo motivo procúrese borrar lo menos posible, con suavidad, y de preferencia después de pasado de tinta el dibujo. Si hay que borrar alguna línea de tinta empléese goma dura especial para tinta.

No toda clase de papel es apropiada para dibujar, debiendo tener la clase de pasta y el encolado convenientes para que resulte un papel grueso, fuerte, de pasta homogénea y de grano fino. Las marcas reputadas como mejores son Whatman, Caballo y Canson, aunque son mas bien papeles propios para trabajos de importancia que para empleados por principiantes, a quienes bastará un buen papel de hilo.

Fig. I y II. La regla deberá tener unos 40 centímetros y es conveniente que sea métrica porque ahorra el empleo del metro y facilita la toma de medidas. Antes de usarla se debe verificar, esto es, comprobar si las aristas o bordes son perfectamente rectilíneos. Para ello se coloca la regla sobre el papel y se señala con lapiz la línea **a b**, se invierte la posición de la regla de modo que el lado m venga a estar en **m'** y si el borde de la regla coincide en todos sus puntos con la recta trazada anteriormente, como ocurre en la **fig. II,** la regla es perfecta, pero si no coincide como sucede en la **fig. I** la regla no es recta. Si se la quiere rectificar se coloca un papel de esmeril, o de lija del n.º 0, sobre una superficie plana y se pasa el borde de la regla sobre el papel repetidas veces hasta que, verificada de nuevo, se vea que ya es recto, Igualmente se procederá con las reglas que por su largo uso presenten golpes y mellas en sus aristas.

Fig. III y IV. La escuadra o cartabón puede ser en forma de triángulo rectángulo escaleno, o de triángulo rectángulo isósceles. Este último, que es como los dos triángulos que resultan de dividir un cuadrado por una diagonal, es preferible, porque es utilísimo para el trazado de líneas de 45º, como se verá más adelante. Debe también verificarse poniendo uno de sus catetos en contacto con una regla, **a b,** como indica la **fig. III,** invirtiendo luego la posición de la escuadra para ver si el cateto **m** o coincide en sus dos posiciones como ocurre en la fig. IV; en este caso la escuadra es perfecta. Pero si, como sucede en la **fig. III** no coinciden, el ángulo de la escuadra no es recto y hay que corregirlo.

La tinta china es la que se emplea generalmente en dibujo y aunque la mejor es la de barra que se deslíe en agua, es preferible para los escolares el uso de la tinta china líquida que a su fácil y cómodo empleo une la cualidad de ser indeleble.

El estuche de matemáticas ha de contener por lo menos estos tres instrumentos: un tiralíneas; un compás de lapiz con tiralíneas de recambio; una bigotera, que es un compás especial para circunferencias de pequeño radio, también con piezas intercambiables para trazar líneas de lápiz y tinta. Los tiralíneas se conservarán en perfecto estado de limpieza, quitándoles toda la tinta cada vez que se

hayan empleado. Para poner tinta no se introduzca el tiralíneas en el tintero sinó que con un pincelito o pluma de escribir se coloca entre las dos hojas del tiralíneas de modo que quede límpio por fuera, porque de lo contrario mancharía la regla y el papel.

Fig. V y VI. Estas figuras son para demostrar la forma de llevar el lapiz. Este no debe ponerse del modo que aparece en la **fig. V,** sinó que la punta, que deberá ser larga y fina, estará en contacto al mismo tiempo con la regla **m** y con el papel, representado por la línea **a b,** tal como se ve en la **fig. VI.** Del mismo modo deberá llevarse también el tiralíneas.

Fig. VII. Preparación del papel. La superficie en que generalmente se dibuja es la de un papel. Este tiene la forma de un rectángulo y debe considerarse siempre como ocupando una posición vertical fija, es decir, como si estuviera pegado a una pared, con unos bordes verticales y otros por lo tanto horizontales. Un dibujo nunca se hace llenando todo el papel porque es de muy mal efecto, sino que suele dejarse un margen o faja en blanco alrededor del dibujo, estando este limitado por un rectángulo central. La mejor manera de determinar este rectángulo es la siguiente. El cuadrilátero formado por las líneas A B C D nos representa la hoja de papel. Con una abertura de compás sensiblemente mayor que la distancia A B y haciendo centro sucesivamente en estos dos puntos, se describen dos arcos que se cortan en **m** punto equidistante de A y B. Se repite la misma operación en el borde opuesto D C que dará el punto **n.** Unimos **m** y **n** por una recta, esta será el eje o línea media vertical del papel. Si ahora, desde los puntos así averiguados **m** y **n** hacemos la misma operación, o sea, que desde ellos trazamos otros arcos que se crucen en **r** y **s** la recta que una estos puntos será el eje horizontal del papel. Se toman luego distancias iguales a ambos lados de cada eje y se trazan las líneas **a b c o** que forman el rectángulo que habrá de contener el dibujo. Si queremos que este rectángulo tenga por ejemplo 82 $\times$ 58 milímetros pondremos la mitad de estas medidas a ambos lados del eje correspondiente. Los dos ejes del papel no deben borrarse hasta después de terminado el dibujo pues son necesarios la mayor parte de las veces y sirven además de guía para el trazado de verticales y horizontales bastando para ello hacerlas paralelas a uno u otro eje.

Fig. VIII. Se puede también emplear otro procedimiento. Se trazan las diagonales del papel y desde el punto **v** en que se encuentran se cortan con arcos de igual radio en los puntos **a b c o.** Unidos estos por rectas se tendrá un rectángulo. Este procedimiento es más sencillo indudablemente pero tiene el inconveniente de que el rectángulo hallado es forzosamente semejante al formado por el papel, no puede saberse de antemano la longitud que tendrán sus lados y los cuatro márgenes no tienen la misma anchura. Por todo esto es preferible en la mayoría de los casos emplear el método expuesto en la figura anterior.

Fig. IX. Modo de emplear las escuadras. La escuadra llamada de te, **a b o,** es de gran utilidad para el trazado de horizontales y verticales. Ajustando la regla a b de la escuadra a un borde del tablero (hay que comprobar antes si este es recto) y haciéndola deslizar por él, las líneas que se tracen con la otra regla **c o** serán horizontales. Si aplicamos la escuadra al borde A B del tablero podremos trazar líneas verticales. La escuadra de te, aunque muy útil, no es sin embargo indispensable, puede ser sustituída por la escuadra o cartabón H y la regla **m n.** Colocadas como indica la figura, pueden trazarse perpendiculares a la regla y paralelas entre sí haciendo deslizar el cartabón a lo largo de la regla, cuidando de sostener esta inmóvil. Antes de empezar a dibujar ejercítese el alumno en el manejo de estos útiles trazando paralelas y perpendiculares en diversas posiciones.

Fig. X. Signos y líneas convencionales. Es conveniente en dibujo el empleo de signos y líneas convencionales porque diferenciándose unas de otras se puede apreciar al primer golpe de vista el papel que tiene cada una de ellas en el dibujo y leerse este con más facilidad. Aunque estos signos pueden variarse por cada cual según su criterio y según exijan la naturaleza y finalidad del dibujo, hay algunos que se han hecho de uso general. Así los signos de la línea A son distintas maneras de representar un punto, pues si se señalara simplemente un pequeño punto podría pasar desapercibido, y de esta manera se llama sobre él la atención y resulta más visible. En un dibujo suele haber líneas de mayor importancia que otras; en este método se han empleado como líneas principales las D, E, H y para las secundarias las B, C, O. La B formada por pequeños segmentos se usa para las líneas de construcción y auxiliares. Para distinguirlas todavía más se pueden hacer de color, rojo generalmente, pues de este modo resaltan más las líneas principales hechas en negro. Como la C se hacen las líneas auxiliares que se quieren hacer destacar entre las otras, tales como ejes, lugares geométricos, etc. Cuando haya más de una se pueden diferenciar intercalando entre segmento y segmento, dos, tres o más puntos. Hemos usado la linea fina como D en los problemas, para datos y resultados indistintamente, diferenciando los primeros por letras mayúsculas mientras que los resultados las llevan minúsculas. En los dibujos que representan objetos corpóreos o en relieve la línea delgada figura las aristas que separan dos superficies iluminadas y las líneas gruesas B representan las aristas que limitan una superficie en sombra. La línea de puntos H se emplea para las aristas que estando ocultas se quiere o se precisa que sean visibles. Finalmente, la linea O se usa para las líneas llamadas de cota, que llevan intercalado un número que indica la distancia que debe haber entre sus extremos. En este caso significa que la línea O debe tener 71 centímetros de Longitud.

Fig. XI y XII. Cuando la línea es curva y lleva parte fina y parte gruesa, esta parte no se hace de un grueso igual sinó que empieza a engrosar en un punto, y luego de alcanzar su máximo grueso empieza a adelgazar hasta volver a ser fina. Esto se hace describiendo primero una circunferencia fina y luego una semicircunferencia también fina, cambiando el centro en la dirección en que se desee el grueso. En la **fig. XI** se ha trazado una circunferencia desde el punto **r** como centro y luego, queriendo que el grueso resultara en la dirección de la flecha se ha corrido el centro al punto **s** desde el que se ha descrito con el mismo radio una semicircunferencia, que empezando en **c** termina en **a.** Nótese que la recta **c a** es perpendicular a la flecha. El mayor grueso de la línea es igual a la distancia de los centros, o sea, a la distancia **r s.**

Fig. XIII. Sumar, restar y multiplicar líneas rectas. 1 Para sumar, por ejemplo las rectas A y B se traza una recta indefinida **m r** y a partir de uno de sus extremos **m** se pone la dimensión de la recta A, y luego a continuación la de B. La línea **m o** es el resultado. 2 Para restar una recta C de otra D E, se coloca sobre esta la primera y el segmento **m** E es la diferencia buscada. 3 Para multiplicar una recta H por cuatro, por ejemplo, sobre una línea indefinida **m n** se pone la dimensión de H hasta cuatro veces una a continuación de otra, la recta **m 4** es la suma.

PARTE PRIMERA

Láminas I a V. Esta parte está dedicada a la resolución de problemas geométricos. Las cuestiones que aquí se resuelven se presentan con frecuencia en la práctica del dibujo. Es pues conveniente conocerlas antes de empezar a dibujar, lo que servirá además para adquirir la necesaria práctica en el manejo de los instrumentos. Con esto se hallará el alumno con suficiente preparación para emprender la reproducción de los dibujos que a continuación siguen, pudiendo luego entrar en la segunda parte.

Para hacer la lámina primera empiécese por preparar el papel (lám. preliminar **fig. VII**) y divídase en doce casillas o rectángulos iguales, en cada uno de los cuales se hará un problema. Primeramente se establecerán los datos. Se llaman datos los elementos conocidos de un problema: los datos van anotados con letras mayúsculas para que se distingan fácilmente de las otras líneas y puntos. En la **fig. I** solo hay un dato, la linea A B; en el prob. 2 hay dos datos, linea A B y el punto P; en el 3 hay también dos, la línea A B y la D. Establecidos los datos se lee el enunciado y luego la resolución del problema, leyéndola por partes y ejecutándolas de una en una, no pasando a la siguiente sin tener una terminada. Se dibujan todos los problemas de una lámina primeramente de lapiz, con líneas finas y sin apretar, todas iguales, es decir que no deben hacerse líneas de trazos, líneas de puntos ni líneas gruesas, sinó todas finas y continuas. Con esto se gana tiempo y exactitud en los resultados. Luego se pasa de tinta toda la lámina de una vez cuidando entonces de hacer líneas de puntos o trazos y finas o gruesas conforme estén en el modelo. No se pasan de tinta las letras. Conviene pasar de tinta primero las líneas curvas y luego las rectas, y de una vez todas las que

sean del mismo grueso procurando no abrir ni cerrar el tiralíneas sino solo ir añadiéndole tinta.

Fig. 1. **Dada una recta A B dividirla en determinado número de partes iguales, por ejemplo, siete.**

1.º Por uno de los extremos A de la recta dada se traza una recta indefinida.
2.º Se coloca sobre ella, partiendo de A, una magnitud cualquiera A 1, repetida hasta siete veces.
3.º Unese el punto 7 por B por medio de una recta.
4.º Trázanse paralelas a la línea 7 B (lám. preliminar **fig. IX**) que pasen por los puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 6. Estas paralelas dividen a la recta dada A B en siete partes iguales.

Con el compás, por tanteo, se puede dividir una línea, sobre todo cuando las partes no hayan de ser muchas o no se requiera gran exactitud, pero cuando las partes sean muchas o se desee una división exacta empléese el método precedente.

Fig. 2. **A una recta dada A B trazarle una paralela que pase por un punto P dado fuera de aquella.** Este problema puede resolverse de dos modos, con la regla y escuadra y con el compás.

Con regla y escuadra (Véase la lám. preliminar **Fig. IX**).

1.º Se coloca la escuadra de modo que uno de sus catetos coincida con la recta A B.
2.º Se acopla la regla al otro cateto de la escuadra y sosteniendo aquella fija, se corre esta hasta que pase por el punto dado, y entonces se traza la paralela pedida.

Con el compás.

1.º Hágase centro en un punto cualquiera **o** de la recta dada y descríbase una semicircunferencia.
2.º Tómese con el compás la distancia **n** P y póngase de **u** á **q**.
3.º Unase el punto P con **q** por medio de una recta que será la paralela buscada.

Fig. 3. **Trazar una paralela a la recta A B a una distancia dada D.**

1.º Se toma con el compás la distancia dada D y apoyándolo sucesivamente en dos puntos cualesquiera **u n** de la recta A B se describen dos arcos.
2.º Tangente a dichos arcos se traza la línea **e o** que será paralela a A B y a una distancia igual a D.

Fig. 4. **Dada una recta A B trazarle una perpendicular que la divida en dos partes iguales.**

1.º Apóyese el compás sucesivamente en los extremos A y B de la recta y descríbanse arcos que se corten en dos puntos **e r**.

2.º Unanse estos puntos por una recta que será perpendicular a A B, siendo el punto medio de esta el punto **o**. Nótese que si el radio con que trazáramos los arcos fuera menor que la mitad de la recta dada, no habría intersección de estos, por lo tanto ha de tomarse un radio que sea sensiblemente mayor que la mitad de A B.

Fig. 5. Por un punto P de una recta dada A B levantarle una perpendicular.

1.º Se señalan con el compás, a ambos lados del punto P, dos distancias iguales o sea **g** P=P **d.** (Con esto queda este caso reducido al anterior, con la diferencia de que sólo hace falta un punto de intersección).

2.º Trázanse dos arcos de igual radio desde **g** y **d** que al cortarse dan el punto **r.**

3.º Por **r** y P pásese una recta que será la perpendicular buscada. (Este problema y los dos siguientes pueden también resolverse con la escuadra y la regla, lám. preliminar fig. IX).

Fig. 6. Por un punto P dado fuera de una recta A B bajarle una perpendicular.

1.º Desde P, descríbase un arco que corte a la recta en dos puntos **h d.** (Y queda reducido al probl. 4).

2.º Desde **h** y **d** dos arcos que se corten en **r.**

3.º La recta P **r** es la perpendicular.

Fig. 7. En uno de los extremos B, de una recta A B **levantar una perpendicular.** Si se prolonga la recta A B el problema queda reducido al n.º 5. Si no se puede o no se quiere prolongar descríbanse con el mismo radio:

1.º Desde B como centro, el arco **p f d.**

2.º Desde **p** el arco B **f.**

3.º Desde **f** el **o d.**

4.º Y finalmente desde **d** el **f o.** La recta **o** B es la perpendicular.

Fig. 8. Construir un ángulo igual a otro dado A.

1.º Trácese una recta **a v.**

2.º Desde los puntos **a** y A como centros descríbanse dos arcos de igual radio.

3.º Tómese la distancia **e o,** dimensión de la cuerda correspondiente al arco, y póngase de **u á r.**

4.º Unase **r** con **a** y quedará completado el ángulo.

Fig. 9. **Trazar la bisectriz de un ángulo dado A V C.**

1.º Desde el vértice V del ángulo descríbase con un radio cualquiera el arco correspondiente **d h.**

2.º Desde los puntos de intersección **d h** otros dos arcos que se corten en un punto, **o.**

3.º La recta V **o** es la bisectriz del ángulo al que divide en otros dos iguales.

Fig. 10. **Dividir un ángulo recto A V C en tres partes iguales.**

1.º Desde el vértice V del ángulo dado se describe un arco **h d.**

2.º Desde **h** y **d,** con un mismo radio, los arcos V **o** y V **e.**

3.º Las rectas **e** V y **o** V dividen al ángulo en tres partes o ángulos iguales.

Fig. 11. **Por un punto dado P trazar una recta que forme con otra dada E H un ángulo igual al A.**

1.º En un punto cualquiera **m,** de la recta E H constrúyase un ángulo **o m** H igual al dado A. (Probl. 8).

2.º Por el punto P trácese una paralela á **m o.** (Probl. 2). El ángulo P **u** H es igual al A.

Fig. 12. **Dada la longitud L de los lados construir un triángulo equilátero.**

1.º Trácese una recta **a b** igual al lado L.

2.º Tómese con el compás la longitud de L y desde los puntos **a** y **b** descríbanse dos arcos que se cortarán en **d.**

3.º Unase **d** con **a** y **b** y se tendrá el triángulo equilátero.

Fig. 13. **Dada la altura construir un triángulo equilátero.**

1.º Constrúyase un triángulo equilátero cualquiera **a d c.** (Probl. anterior).

2.º Trácese su altura **d o.** (Probl. 6).

3.º Póngase la longitud de L sobre dicha altura de **d á o.**

4.º Trácese por **o** una paralela á **a c** (probl. 2) con lo que quedará completado el triángulo buscado.

Fig. 14. **Conocidos sus tres lados desiguales A B C construir un triángulo.**

1.º Se traza una recta **a c** igual a uno de los tres lados dados, A por ejemplo.

2.º Con la longitud de otro de los lados B se describe desde **a** un arco.

3.º Con la longitud del tercer lado C se traza desde **s** otro arco que cortará al anteriormente descrito en **d.**

4.º Se une el punto **d** con **a** y **c** para completar el triángulo.

Fig. 15. **Dados los lados B, L, y el ángulo comprendido entre ellos A construir un triángulo.**

1.º Trácese una recta **o n** igual a B.
2.º En uno de sus extremos **o** cópiese el ángulo A. (Probl. 8).
3.º Póngase la magnitud L de **o á e**.
4.º Unase **e** con **n** para completar el triángulo.

Fig. 16. **Construir un triángulo rectángulo dada la hipotenusa H y un ángulo agudo A.**
1.º Trázase una recta **o n** igual a la hipotenusa H.
2.º Sobre ella como diámetro se describe una semicircunferencia **o e n**.
3.º En un extremo **o** de la recta se copia el ángulo A (Probl. 8).
4.º El punto **e** de intersección con la circunferencia se une con **n** y se tendrá el triángulo rectángulo.

Fig. 17. **Construir un cuadrado conocido el lado L.**
1.º Trácese una recta **a b** igual a L.
2.º En un extremo **a** se levanta una perpendicular (Probl. 7); de igual longitud también que L.
3.º Con la misma dimensión se describen desde **d** y **b** dos arcos que cortándose en **o** nos darán el cuarto vértice del cuadrado.

Fig. 18. **Construir un cuadrado dada la longitud de la diagonal D.**
1.º Trácese una recta **a d** y luego una perpendicular por su centro. (Probl. 4).
2.º Desde el punto de intersección **o**, tomando como radio la mitad de la longitud de D, se describe una circunferencia.
3.º Unense los puntos **a h d g** por rectas que serán los lados del cuadrado.

Fig. 19. **Construir un rectángulo dada la base A y la altura B.**
1.º Trázase una recta **a b** igual a A.
2.º En uno de sus extremos **a** se levanta una perpendicular (probl. 7) de igual dimensión que B.
3.º Desde D con radio A se describe un arco.
4.º Desde **b** con radio B otro arco que contará al anterior en **c** cuarto vértice del rectángulo.

Fig. 20. **Conocidos la diagonal D y un lado L construir un rombo.**
1.º Trázase una recta **a b** igual a D.
2.º Desde **a** y **b** con radio L se describen arcos que se contarán en **o y d.**

3.º Se unen los puntos **a o b d** y quedará construído el rombo.

Fig. 21. **Construir un romboide conociendo la base L, el lado D y el ángulo comprendido A.**
1.º Constrúyese un ángulo **n a d** igual al A (Probl. 8) y hágase uno de sus lados **a d** igual a L y el otro lado **a n** igual a D.
2.º Desde **n** con radio L se describe un arco.
3.º Desde **d** con radio D otro arco que corte el anterior en **o.**
4.º Unidos los puntos **n** y **d** con **o** quedará construído el romboide.

Fig. 22. **Conociendo la altura A y las bases L y D construir un trapecio isósceles.**
1.º Se traza una recta **a d** igual a la altura A.
2.º Se levantan perpendiculares en sus extremos **a** y **d.**
3.º Se pone la mitad de la longitud de L a ambos lados de **a**, lo que nos dará los puntos **o** y **e.**
4.º Se pone la mitad de D a ambos lados de **d** y tendremos los puntos **h g.**
5.º Unidos **o h y e g** quedará terminado el trapecio.

Fig. 23. **Dividir un arco A B en dos partes iguales.** Si se traza la cuerda A B del arco y se levanta una perpendicular que la divida por mitad (probl. 4) esta perpendicular dividirá también al arco en dos partes o arcos iguales, A d=d B. Obsérvese que la perpendicular que pasa por los puntos de intersección **a e**, pasa también por el centro C del arco y como para determinar una recta bastan dos puntos, resulta que para dividir un arco por mitad bastará;
1.º Trazar desde sus extremos dos arcos que se corten en un punto. (Los dos que se cortan en **a** o los dos que se cortan en **e**).
2.º Unir su intersección con el centro del arco por una recta y esta recta cortará al arco en su punto medio.

Fig. 24. **Dividir una circunferencia C en tres seis y doce partes iguales.** Sabido es que el radio de una circunferencia cabe en ella seis veces justas colocado como cuerda. Es decir que la divide en seis partes iguales por los puntos **a n o e s m**. Si tomamos dos a dos estas partes quedará dividida en tres partes por los puntos **a o s**, ó bien por los **m n e**. Si cada uno de los seis arcos lo dividimos en dos (Probl. 23) tendremos entonces doce partes o arcos iguales.

También se puede dividir en doce partes trazando dos diámetros perpendiculares que forman cuatro ángulos rectos. Si cada uno de estos ángulos se divide en tres (Probl. 10) tendremos doce partes iguales.

Fig. 25. División de la circunferencia C en cuatro, ocho y dieciseis partes iguales.

1.° Trácense dos diámetros perpendiculares **d h** y **e o** (Probl. 4) y estos puntos dividen la circunferencia en cuatro partes iguales.
2.° Si cada una de estas partes se divide por mitad (Probl. 23) quedará dividida la circunferencia por los puntos **e n h s o r d m**, en ocho partes iguales.
3.° Si cada una de las ocho partes se dividen a su vez por mitad se tendrán dieciseis partes iguales.

Fig. 26. Método general para dividir la circunferencia en un número cualquiera de partes iguales.

1.° Se traza un diámetro **a** 5 y se divide en tantas partes iguales (Probl. 1) como quiera dividirse la circunferencia, por ejemplo, cinco.
2.° Con radio **a** 5 se trazan desde estos dos puntos arcos que se cortarán en **r**.
3.° Trácese la recta **r** 2 prolongada hasta encontrar a la circunferencia en **o**. El arco **o a** es la quinta parte de esta.
4.° Llévese la distancia **a o** cinco veces sobre la circunferencia y si se unen los puntos resultantes se tendrá un pentágono regular.

Fig. 27. Inscribir en un cuadrado un octógono regular.

1.° Constrúyase un cuadrado **n o u e** cuyos lados sean por ejemplo de 55 milímetros (probl. 17) o bien cuya diagonal sea de 8 centímetros (probl. 18).
2.° Desde sus vértices descríbanse arcos que pasen por su centro **r**.
3.° Unanse los puntos de intersección de estos arcos con el cuadrado como indica la figura.

Fig. 28. Construir un pentágono regular dado el lado L.

1.° Trácese la recta **a d** igual a L.
2.° En un extremo **d** levántese la perpendicular **h d** de igual dimensión.
3.° Desde **e** punto medio de **a d** descríbase el arco **h p**.
4.° Tómese la distancia **a p** y póngase de **a** á **o** y de **d** á **o**.
5.° Con radio L trácense arcos desde **a d o** que se cortarán en **n** y **u** con lo que se tendrán los cinco vértices que unidos por rectas dan el pentágono regular propuesto.

regular. Se ha
na circunferencia
r lo tanto si se
y se coloca seis
untos resultantes
o tiene sus difi-
gran exactitud en
jor es:

circunferencia con

ás en **a** cortar la

los puntos **u p**.
as.

gono regular.
su punto medio

or **a**.
la circunferencia.
ción de este pro-
muy finas para que
no resultarán los

regulares desde
de uno de ellos.
centro se levanta una perpendicular (Prob. 4).

2.° Desde **u** se describe el arco **a** 6 que se divide en seis partes iguales (Se divide primero por mitad, probl. 23, y luego cada una de las mitades en tres partes iguales por tanteo pues no hay para ello procedimiento geométrico).
3.° Desde el punto 6 se describen los arcos que pasan por dichas divisiones 5, 7—4, 8—3, 9—2, 10—1, 11 y a 12.
4.° Si desde los puntos 7 a 12 como centros se trazan circunferencias que pasen por los extremos de la recta **a u**, esta cabrá tantas veces como el número de su centro indique. Así por ejemplo: si desde el punto 7 trazamos una circunferencia que pase por **a** y **u**, la recta **a u** cabrá siete veces justas en la circunferencia.

Si la circunferencia se traza desde el punto 8, pasando

diámetr
tos. Si
(Probl.

Fig. 25. Divisi
diecisei

1.° Trácens
y estos
iguales.

2.° Si cada
quedará
o r d m

3.° Si cada
mitad se

Fig. 26. Métod
número

1.° Se traza
iguales (
por ejem

2.° Con radi
que se c

3.° Trácese
circunferen
esta.

4.° Llévese la
rencia y s
pentágono

Fig. 27. Inscribi

1.° Constrúya
ejemplo de 55 milímetros (probl. 17) ó bien cuya diagonal sea de 8 centímetros (probl. 18).

2.° Desde sus vértices descríbanse arcos que pasen por su centro **r**.

3.° Unanse los puntos de intersección de estos arcos con el cuadrado como indica la figura.

Fig. 28. Construir un pentágono regular dado el lado L.

1.° Trácese la recta **a d** igual a L.

2.° En un extremo **d** levántese la perpendicular **h d** de igual dimensión.

3.° Desde **e** punto medio de **a d** descríbase el arco **h p**.

4.° Tómese la distancia **a p** y póngase de **a** á **o** y de **d** á o.

5.° Con radio L trácense arcos desde **a d o** que se cortarán en **n** y **u** con lo que se tendrán los cinco vértices que unidos por rectas dan el pentágono regular propuesto.

Fig. 29. **Dado el lado construir un exágono regular**. Se ha dicho en el probl. 24 que el radio de una circunferencia cabe exactamente seis veces en ella, por lo tanto si se describe una circunferencia con radio L y se coloca seis veces en ella, unidos por rectas los puntos resultantes quedará construído el exágono. Pero esto tiene sus dificultades en la práctica si se desea una gran exactitud en el resultado. Para conseguir esta lo mejor es:

1.° Trazar una recta **a d**.

2.° Desde un punto de ella **c** describir una circunferencia con radio igual a L.

3.° Con el mismo radio apoyando el compás en **a** cortar la circunferencia a ambos lados en **r** y **o**.

4.° Hacer lo mismo desde **d** obteniéndose los puntos **u p**.

5.° Unir los seis puntos por medio de rectas.

Fig. 30. **Dado el lado L construir un octógono regular.**

1.° Trácese la recta **a o** igual á L y en su punto medio levántese una perpendicular (Probl. 4).

2.° Desde **u** descríbase el arco **a d**.

3.° Desde **d** el arco **a c**.

4.° Desde **c** una circunferencia que pase por **a**.

5.° Llévese la recta **a o** ocho veces sobre la circunferencia. Téngase cuidado en ejecutar la resolución de este problema con toda exactitud, con líneas muy finas para que las intersecciones sean precisas, sinó no resultarán los lados exactamente iguales.

Fig. 31. **Método para construir polígonos regulares desde 7 a 12 lados dada la magnitud L de uno de ellos.**

1.° Se traza la recta **a u** igual a L y en su centro se levanta una perpendicular (Prob. 4).

2.° Desde **u** se describe el arco **a** 6 que se divide en seis partes iguales (Se divide primero por mitad, probl. 23, y luego cada una de las mitades en tres partes iguales por tanteo pues no hay para ello procedimiento geométrico).

3.° Desde el punto 6 se describen los arcos que pasan por dichas divisiones 5, 7—4, 8—3, 9—2, 10—1, 11 y **a** 12.

4.° Si desde los puntos 7 a 12 como centros se trazan circunferencias que pasen por los extremos de la recta **a u**, esta cabrá tantas veces como el número de su centro indique. Así por ejemplo: si desde el punto 7 trazamos una circunferencia que pase por **a** y **u**, la recta **a u** cabrá siete veces justas en la circunferencia.

Si la circunferencia se traza desde el punto 8, pasando siempre por los extremos de la recta **a u**, esta cabrá ocho veces, y así sucesivamente.

Fig. 32. **Método para construir un polígono regular de cualquier número de lados dada la longitud L de uno de ellos.**

1.º Se describe una circunferencia **a h o** con radio arbitrario.
2.º Se divide en tantas partes iguales (Probl. 26) como lados haya de tener el polígono, por ejemplo, cinco.
3.º Se trazan los radios correspondientes a las cinco divisiones y se unen dos de ellos inmediatos por medio de una recta, **a o**.
4.º Se toma la dimensión de L y se pone de **a** á **n**.
5.º Por **n** se traza una paralela al radio **a c** hasta encontrar en **e** al radio **c o**.
6.º Por el punto **e** se hace pasar una circunferencia concéntrica con la anterior.
7.º Unanse las intersecciones de esta circunferencia con los radios, como indica la figura y se tendrá el pentágono regular de lados iguales a L. Si el lado L fuera mayor que la recta **a o** prolónguense esta y los radios y procédase en lo demás de igual manera.

Fig. 33. **Dados tres puntos que no estén en línea recta** A B C, **pasar por ellos una circunferencia.**

1.º Trácense las rectas A B, B C que unen los puntos dados.
2.º Levántense perpendiculares que pasen por sus puntos medios (Probl. 4).
3.º El punto de intersección **o** equidista de los tres puntos dados siendo por lo tanto el centro de la circunferencia.

Fig. 34. **Trazado de la espiral cuyo módulo es la recta** H.

1.º Se traza una recta indefinida y se señalan en ella dos puntos **n a** separados por una distancia igual a H. Estos puntos son los centros de todos los arcos que forman la espiral.
2.º Desde uno de ellos **a** se describe la semicircunferencia n e.
3.º Desde **n** la semicircunferencia **e o**.
4.º Prosígase hasta tener el número de espiras que se desee, haciendo centro alternativamente en los puntos n e.

Fig. 35. **Describir la espiral de cuatro centros** cuyo módulo **es H.**

1.º Constrúyase un cuadrado cuyos lados sean iguales a H y prolónguense en el mismo sentido, como indica la figura.
2.º Desde uno de los cuatro vertices, **v** se describe un cuadrante de radio **a v**, o sea, igual a H.

3.º Desde **o** se traza otro cuadrante tangente con el anterior y de radio dos veces H.
4.º Desde **r** otro cuadrante de radio tres H.
5.º Otro desde **a** con radio cuatro H.
6.º Continúese hasta que se desee volviendo a usar los mismos centros por el mismo orden aumentando cada vez el radio de los cuadrantes en una cantidad igual a H.

Fig. 36. **Dividir una recta C D en partes proporcionales a las de otra recta A B.**

1.º Por un extremo de la línea C D se traza una recta cualquiera C **d**.
2.º Se copia sobre esta recta, a partir de C, la línea A B con sus divisiones.
3.º Se une el último punto **b** con el extremo D.
4.º Se trazan paralelas á b D por los puntos 1 á 5, las que dividen a la recta C D en partes proporcionales a las de A B.

Fig. 37. **Trazar una circunferencia de radio R tangente en un punto dado P de una recta A B.**

1.º Levántese en P una perpendicular á A B (Probl. 5).
2.º Póngase la longitud de R desde P á **c**.
3.º Desde **c** descríbase la circunferencia.

Fig. 38. **Conjuntar un arco de radio R con una recta en un punto dado, P, de esta.**

Este problema es idéntico al anterior, solo se diferencia en que hay que borrar, ó no hacer, parte de la recta y de la circunferencia.

Fig. 39. **Trazar una circunferencia tangente a una recta A B en un punto dado de ella P, y que pase por otro punto O, situado fuera de la recta.**

1.º Se levanta la perpendicular P **c** (Probl. 5).
2.º Se traza la recta P O y su perpendicular por el centro.
3.º Desde el punto **c** en que se encuentran las dos perpendiculares se describe la circunferencia.

Fig. 40. **Conjuntar en un punto P de una recta A B, un arco que pase por otro punto O situado fuera de aquella.**

Este problema es análogo al anterior.

Fig. 41. **Describir una circunferencia tangente a dos rectas paralelas A B, C D.**

1.º Trácese la perpendicular **e o**, a las rectas dadas.

2.º Desde su punto medio c descríbase la circunferencia.

Fig. 42. Conjuntar dos rectas paralelas por medio de un arco de circunferencia.
Problema análogo al anterior.

Fig. 43. Con radio R trazar una circunferencia tangente a los dos lados de un ángulo dado A.
1.º Hállese la bisectríz A c del ángulo dado (Probl. 9).
2.º Trácese a uno de los lados del ángulo la paralela c o á una distancia igual a R (Probl. 3).
3.º El punto c en que se encuentran es el centro de la circunferencia.

Fig. 44. Acodar dos rectas que se cortan por medio de un arco de radio dado R.
Análogo al anterior.

Fig. 45. Dadas tres rectas que se cortan A B, A D, D R, trazar la circunferencia que les sea tangente.
1.º Hállense las bisectrices de los dos ángulos A, D (Probl. 9).
2.º El punto c en que se encuentran equidista de las tres rectas, siendo por lo tanto el centro de la circunferencia buscada y su radio la perpendicular c d á una de las rectas.
Si las tres rectas formasen un triángulo el problema seguiría siendo el mismo.

Fig. 46. Conjuntar dos rectas A B, D R por medio de un arco que sea tangente a otra recta A D que las corte.
Análogo al anterior.

Fig. 47. Describir con radio R las posibles circunferencias tangentes á otra dada C, en un punto determinado de ella P.
1.º Unanse por una recta los puntos C, P.
2.º Sobre esta recta póngase la dimensión de R á ambos lados de P, ó sea, P r, P o.
3.º Desde r y o descríbanse circunferencias que pasen por P.

Fig. 48. Conjuntar arcos de radio R en un punto P de una circunferencia dada C.
Análogo al anterior.

Fig. 49. Describir una circunferencia tangente en P á otra circunferencia dada C y que pase además por otro punto exterior a esta O.

1.º Unanse por una recta los puntos P. y C.
2.º Trácese la recta P O y una perpendicular por su centro.
3.º Descríbase la circunferencia buscada desde e como centro.

Fig. 50. Conjuntar un arco en un punto P de otro arco ó circunferencia C pasando además por otro punto exterior O.
Análogo al anterior.

Fig. 51. Con radio R trazar una circunferencia tangente á otra C y a una recta A B dadas.
1.º Al radio de la circunferencia C súmese el dado R (Lám. preliminar fig. XIII, 1) y se tendrá la línea C o.
2.º Desde C con radio C o trácese el arco o e.
3.º A la línea A B trácesele una paralela n e á una distancia igual a R (Probl. 3).
4.º Descríbase la circunferencia buscada desde el punto e de intersección entre la paralela y el arco.
Si prolongáramos el arco y la paralela habría otro punto de intersección que sería centro de otra circunferencia que reuniría las mismas condiciones.

Fig. 52. Con radio R trazar un arco que conjunte con otro arco y una recta dados.
Análogo al anterior.

Fig. 53. Trazar una circunferencia que sea tangente en P á otra dada C y tangente también a una recta A B.
1.º Unanse por una recta los puntos C, P, y levántese en P la perpendicular P o.
2.º Hállese la bisectriz o n del ángulo P o B (Probl. 9).
3.º Trácese una circunferencia desde n como centro, con radio n P y tendremos una solución.
4.º Si se halla la otra bisectriz o m del otro ángulo formado por la línea P o con la dada A B se tendrá el punto m centro de otra circunferencia que constituirá la segunda solución del problema.

Fig. 54. Conjuntar una circunferencia C con una recta A B por medio de un arco. Análogo al anterior.

Fig. 55. Conjuntar un arco dado, C por medio de otro arco, con una recta A B en su punto P.
Este problema es análogo al siguiente.

Fig. 56. Dada una circunferencia C trazar otra tangente que lo sea también a una recta A B en su punto P.
1.º En P levántese la perpendicular e o (Probl. 5) a la recta A B.

2.º Póngase el radio de la circunferencia dada C desde P á e.
3.º Unanse los puntos **e** y C por una recta a la que se levantará una perpendicular **h s** por su punto medio.
4.º Desde **s** con radio **s** P descríbase una circunferencia que da una solución del problema.
Para hallar la otra solución, pues este problema tiene dos, póngase el radio de C desde P á **c**. Unase **c** con C y perpendicular por su punto medio. El punto **o** es el centro de la circunferencia.

Fig. 57. Dada la anchura A construir un ovoide.
1.º Trácense dos líneas perpendiculares **a d, o n.**
2.º Desde **c** descríbase una circunferencia que tenga por radio la mitad de A.
3.º Pasando por el punto **i** trácense las dos rectas **o** s, n e.
4.º Desde **n** descríbase el arco **o e** y desde **o** el arco n s.
5.º Finalmente complétese el ovoide uniendo los puntos e, s con un arco trazado desde **i**.

Fig. 58. Construir un ovoide dado el eje E y la anchura A.
1.º Trácense dos líneas perpendiculares **a d, h g**.
2.º Desde el punto en que se cortan **e** se describe la semicircunferencia **o a x** de radio mitad de A.
3.º Se pone la dimensión E desde **a** á **d**.
4.º Pasando por **d** se describe una circunferencia ó arco cuyo centro esté en la línea **a d** y de radio menor que la distancia **a e**.
5.º La distancia **r d** se pone de **o** á **n**.
6.º Se unen **n** y **r** por una recta a la que se levanta una perpendicular por su punto medio que encontrará a la línea **h g** en este último punto.
7.º Desde **g** descríbase el arco **o u** y desde **h** el arco p x. Las rectas **h p** y **g u** que pasan por **r**, determinan los puntos de unión de los arcos.

Fig. 59. Dada la longitud del eje mayor A B construir un óvalo.
1.º Con radio igual a la cuarta parte de la línea A B descríbanse tres circunferencias como se indica en la figura.
2.º Por los puntos en que se cortan trácense las rectas e m, **m s, o n, n x.**
3.º Desde **m** y **n** descríbanse los arcos **e s** y **o x** con lo que quedará terminado el óvalo.

Fig. 60. Dados los dos ejes A B y H O trazar un óvalo.
1.º Los ejes deberán ser perpendiculares entre si y cortarse por su punto medio.

2.º Póngase la distancia **n** B de **n** á **d** y luego la distancia H **d** de H á **c.**
3.º A la línea **c** B levántese una perpendicular **e g** por su punto medio.
4.º Póngase la distancia **n v** de **n** á **r** y la distancia **n e** de **n** á **s.**
5.º Unanse con rectas como indica la figura, los puntos **e r s v,** y estos puntos son los centros de los cuatro arcos que, pasando por los extremos de los ejes A B H O, forman el óvalo.

Fig. 61. Dados los ejes A B, H O trazar la elipse.
1.º Los ejes han de ser perpendiculares entre si y cortarse por su punto medio. Con el semieje mayor A **n** por radio se describe desde H el arco **e e'**. Estos puntos son los focos de la elipse.
2.º Entre **e** y **n** se señala un punto cualquiera 1. Tómase la distancia A 1 y desde los focos **e, e'** se trazan cuatro arcos. Luego desde los mismos focos, con la distancia 1 B, otros cuatro arcos que contarán a los anteriores en los puntos s, s', s", s'". Estos cuatro puntos pertenecen a la elipse.
3.º Señálese otro punto 2, también entre **e** y **n** y procediendo de la misma manera, o sea, trazando arcos desde los focos primero con radio A 2 y luego con radio 2 B se hallarán otros cuatro puntos de la elipse.
4.º Como la elipse no puede trazarse con arcos de circunferencia, han de irse averiguando del modo antes dicho cuantos puntos se deseen y se pasa por todos ellos y los extremos de los ejes, una línea a pulso que será la elipse.

Fig. 62. Otra construcción de la elipse dados los ejes.
1.º Desde **r** punto de intersección de los ejes, se describen dos circunferencias, una que pase por A, B y la otra por H, O.
2.º Se traza un radio cualquiera **u r.**
3.º Desde **u** en que encuentra a la circunferencia mayor se traza una paralela al eje menor H O; y desde **e** en que encuentra a la menor, otra paralela al eje mayor A B. El punto en que se encuentran las dos paralelas **x** es un punto de la elipse. Del mismo modo se averiguan cuantos puntos se quieran pasando luego por todos ellos una línea a pulso.

Fig. 63. Conjuntar arcos que pasen por los puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, y 9.

1.º Se puede empezar trazando un arco que pase por el punto 1, que pase por los puntos 1 y 2, o bien que pase por 1, 2 y 3 (Prob. 33) y esto es lo que se ha hecho en la figura. Hecho el primer arco, el modo de continuar igual en los tres casos, es el siguiente.
2.º Se traza la línea **e** 3.
3.º Luego la recta que une los puntos 3 y 4, y se levanta una perpendicular, **m o**, por su punto medio.
4.º Desde el punto **o** en que esta perpendicular encuentra al radio 3 **e** (prolongado si es preciso) descríbase el segundo arco 3, 4.
5.º Se continua de igual manera hasta llegar al punto 9. O sea, radio del último punto; línea que le une con el siguiente; perpendicular por el centro hasta su encuentro con el radio, (que se prolongará si hace falta).

Fig. 64. Construir un polígono igual a otro dado A B C R E O.
1.º Desde un vértice cualquiera, R por ejemplo, se trazan todas las diagonales posibles R O, R A, R B, con lo que se tendrá el polígono descompuesto en triángulos.
2.º Constrúyase un triángulo **a b r**, igual al A B R (Prob. 14) y luego se van copiando sucesivamente del mismo modo los restantes triángulos hasta completar el polígono.

Fig. 65. Dada la línea L H como eje de simetría construir un polígono simétrico de otro dado A B C E O R.
1.º Desde todos los vértices del polígono dado bájense perpendiculares al eje L H.
2.º Tómese la distancia de B al eje y póngase de este á b: y la distancia de A al eje se pone del eje á **a**, haciendo lo mismo con los restantes puntos.
3.º Unanse los puntos resultantes **a b c e o r** y se tendrá el polígono pedido.

Fig. 66. Dado el polígono A B C E O construir otro semejante.
1.º Desde un punto **u** cualquiera, interior o exterior al polígono dado, diríjanse rectas a los vértices de este.
2.º A uno de los lados A B se traza una paralela a b limitada por las líneas **u** A, **u** B, haciendo luego paralelas a los demás lados hasta completar el polígono. Este tendrá la misma relación de magnitud con el polígono dado que tienen entre si las líneas **u a** y **a** A: por lo tanto podremos establecerla de antemano señalando en la línea u A el punto de partida.

Fig. 67. Escala. Construcción de escalas.
Hay que distinguir bien el concepto de escala del de

escalas gráficas. Escala es la relación de magnitud que existe entre dos extensiones semejantes. Escalas gráficas son dos líneas desiguales divididas en el mismo número de partes iguales. La escala es una, las escalas gráficas dos una para cada una de las dos figuras semejantes. Las figuras 68 y 69 son semejantes (iguales en todo excepto en el tamaño) la razón de cada dos lados homólogos es siempre la misma, guardan pues entre si la misma proporción. Esta razón es la escala. La figura 70 es de doble tamaño que la 69, todas las líneas de esta son mitad de sus homólogas de aquella. La relación de magnitud de la figura 69 a la 70 es como 1 es a 2.
Esta relación, que como se ha dicho constituye la escala, puede expresarse de distintos modos y así puede decirse:

escala	de	1	por	2
escala	de	$^1/_2$		
escala	de	50	por	100
escala	de	0'50		

Aunque expresada de estos distintos modos la escala es siempre la misma porque,

en la escala de 1 por 2,	1 es la mitad de 2
en la escala de un medio,	medio es la mitad de 1
en la escala de 50 por 100,	50 son la mitad de 100
en la escala de 50 centésimas,	50 centésimas son la mitad de la unidad

De cualquiera de estas maneras que se exprese siempre dice lo mismo, escala de una mitad. Para evitar confusiones usaremos siempre el tercer modo de expresión tomando como uno de los términos de comparación la cifra 100. Así diremos que la figura 69 está con relación a la 70 a la escala de 50 por 100.

Escalas gráficas.—Para facilitar la construcción de figuras semejantes, o sea para copiar una figura en distinto tamaño que la original o modelo se usan las llamadas escalas gráficas, que son dos rectas (una para el modelo y otra para la copia) divididas en el mismo número de partes iguales, cuyas rectas guarden entre si la misma relación de magnitud, esto es, la misma escala, que queramos que tengan el dibujo modelo y el dibujo copia. Aclaremos esto con un ejemplo.
Tenemos la figura 68 y queremos copiarla en distinto tamaño. Lo primero que hay que hacer es determinar la

escala a que vamos a hacer la copia. Elegimos la escala 60 por 100. El dibujo que vamos a hacer estará con el modelo, fig. 68, en la relación de magnitud que hay entre los números 60 y 100. Dicho de otro modo, si dividimos la altura del modelo en 100 partes iguales, la copia tendrá de alta 60 de dichas partes.

Elegida la escala de 60 por 100 construiremos las escalas gráficas. Se puede tomar como escala para medir el modelo, una recta cualquiera dividida en partes iguales; y para medir la copia habremos de hacer otra recta que tenga con la primera una relación de tamaño como 60 es a 100, y la dividiremos en el mismo número de partes iguales. Hemos dicho que la primera escala gráfica, o sea la perteneciente al modelo, puede ser una recta cualquiera, pero generalmente se emplea el metro por dos razones; porque disponiendo de un metro se tiene una línea perfectamente dividida en partes iguales, de cómodo transporte y manejo, que casi siempre es fácil encontrar a mano, y esto nos ahorra tiempo y trabajo; y en segundo lugar porque es la unidad usual y legal de medida. Siempre pues, tomaremos el metro como la escala gráfica correspondiente al modelo que pretendemos copiar. La fig. 68 lleva al lado el decímetro. Para hacer la segunda escala gráfica, la correspondiente a la copia, de los 100 milímetros que tiene el decímetro tomaremos 60, colocados sobre una recta y dividida en 100 partes iguales, cada una de estas nos representará un milímetro. (Fig. 69).

Hechas las escalas vamos a hacer el dibujo copia. Tomamos con el compás una medida del modelo, por ejemplo, la altura de la base, lo aplicamos sobre el decímetro y vemos que señala 10 milímetros: tomaremos 10 milímetros de la escala de 60 por 100 y esta magnitud es la que corresponde como altura a la base de la figura. Medimos luego en el modelo la anchura de la misma base, y veremos que tiene 44 milímetros, tomamos los mismos de la escala y con las dos medidas obtenidas podemos construir el rectángulo de la base. Así se continuará hasta terminar la figura.

Ejemplos de construcción de escalas. De todo lo dicho se deduce que para construir una escala, por ejemplo, de 90 : 100 (Fig. 67, A) se traza una recta de 90 mm de longitud y se divide en 100 partes iguales. La escala E de la misma figura es, como fácilmente se aprecia, de 70 : 100: la L de 50 : 100: la H de 30 : 100 y la O de 10 : 100. Todas estas escalas nos representan el decímetro:

si se quiere una escala que represente el metro entero, se suma diez veces; o lo que es igual, se toma el mismo número de centímetros en vez de milímetros y la línea resultante se divide igualmente en 100 partes iguales que representarán los centímetros.

Se pueden hacer también escalas mayores que el metro, la de la fig. 70 es de 120 : 100; se han tomado 120^{mm} y se han dividido en 100 partes iguales.

El metro suele ir dividido en centímetros y estos en milímetros; para no tener que dividir toda la escala en centímetros o en milímetros se dispone como en la lámina XII. De 0 á 100 nos representa el metro dividido en decímetros, y para evitarse dividirlos todos en centímetros, se coloca a partir del extremo 0 un decímetro con sus centímetros. De esta manera si se quisiera tomar, por ejemplo 45^{cm} se apoya el compás en el número 40 y en el 5. Los centímetros intermedios no es menester numerarlos pues se aprecian fácilmente a la vista.

Líneas **de luz y líneas de sombra.** El relieve de los cuerpos se acusa en un dibujo por el sombreado; pero en un dibujo sin sombras, solo de línea, no puede a veces apreciarse bien cuando un plano es saliente con relación a otro y cuando es entrante. En la fig. 68 el rectángulo central interior limita un plano entrante con relación al plano del rectángulo exterior. Si fuera saliente, en vez de entrante su forma sería la misma y si no se adoptara algún medio para diferenciarlos quedaría la duda de cuál de los planos era anterior respecto al otro. Por esto se ha ideado considerar los cuerpos que se dibujan como iluminados por una luz de rayos paralelos y con 45° de inclinación.

Fig. **71, 72, 73 y 74.** Las figuras 71 y 73 representan lo mismo, un cuadrado y un círculo pero mientras en la fig. 71 son salientes con relación al plano de fondo P, los de la 73 son entrantes con relación al mismo plano. Las flechas indican la dirección de los rayos de luz, que son paralelos, de 45° de inclinación y su dirección de arriba á bajo y de izquierda á derecha. Se han hecho rayadas las sombras que resultarían en este sistema de iluminación, pudiendo apreciarse claramente los planos que son salientes y los entrantes. En los dibujos solamente lineales, como son todos los de este método, se representan las aristas iluminadas, por medio de líneas finas, y las aristas que estan en sombra, ó mejor dicho que separan las luces de las sombras, por líneas gruesas. Así el modo de representar la fig. 71 es la fig. 72 los lados superior e izquierdo del cuadrado que reciben directamente los rayos de luz, líneas finas, los otros dos lados que señalan el principio de la sombra, líneas gruesas. El círculo está medio iluminado y medio en sombra, el principio de la sombra lo determinan los dos rayos de luz tangentes. La manera de representar la fig. 73 es la fig. 74. Para el modo de trazar el grueso de las curvas véase la lám. preliminar fig. XI y XII.

Fig. 75 y 76. Estas figuras son una aplicación de los principios anteriores, serían iguales si no tuvieran líneas gruesas (el rayado se ha hecho solamente para ayudar a diferenciarlas) sin embargo representan relieves diferentes, pues mientras en la fig. 75 la cruz es saliente sobre el plano del fondo (rayado) en la fig. 76 la cruz es entrante, ó sea grabada en hueco sobre el fondo. Es decir que la fig. 76 representa el molde de la 75, siendo en aquella entrante todo lo que en esta es saliente y viceversa.

Lám. VII. Esta lámina tiene cuatro figuras, puede el alumno hacer solamente dos de ellas, la 77 y la 79 por ejemplo, y al final del curso, si le sobrara tiempo podría hacer las restantes. Para hacer solo dos, divídase el papel longitudinalmente, o sea en el sentido de su mayor dimensión, en dos partes iguales y hágase en cada una de ellas uno de los dibujos. Para la fig. 77 divídase la anchura en tres partes iguales y con una de ellas como lado trácese una cuadrícula que llene todo el espacio destinado al dibujo. Luego se dividen por mitad las dos series de cuadrados laterales y finalmente se van uniendo los puntos correspondientes de esta cuadrícula como indica la figura para ir construyendo el dibujo. Las líneas de la cuadrícula solo se hacen de lápiz, borrándose después de pasado de tinta el dibujo. Para la fig. 78 divídase la anchura en nueve partes iguales y fórmese una cuadrícula con la que será fácil construir el dibujo siguiendo las líneas del modelo. En la fig. 79 trácese primeramente el eje y señálese la distancia de los centros A C repetida cuantas veces quepa sobre el eje. Para el modo de hacer la parte gruesa de las circunferencias véase la lám. preliminar fig. XI y XII. La fig. 80 se hace de modo análogo a la 78, dividiendo la anchura en once partes iguales y formando una cuadrícula.

Lám. VIII. La fig. 80 no ofrece dificultad alguna. Trácense pri-

meramente los dos ejes del espacio rectangular destinado al dibujo y luego los otros dos ejes menores de los óvalos. Para construir estos véase la fig. 60. Para el trazado de la fig. 82 hágase primero la 81 y a las espirales resultantes se trazan otras curvas concéntricas. Es conveniente que este dibujo se haga a escala y procúrese proceder con el mayor cuidado y exactitud, pues de lo contrario resultarían errores que dificultarían conjuntar bien las espirales.

Lám. IX. Puede hacerse también en esta lámina lo que se dijo en la VII, o sea, hacer solo dos dibujos que pueden ver el 83-84 y el 89-90. La fig. 83 indica el modo de empezar la 84. Después de dividido el papel en cuadrados, se trazan las diagonales, se inscriben octógonos. (Prob. 27) y se completa el dibujo con el rayado de los cuadraditos resultantes. En los otros tres dibujos de esta lámina están también indicadas las primeras fases de su trazado bastando observarlas con atención y seguirlas fielmente.

Lám. X. **Construcción de molduras.** Tiene esta lámina ocho figuras, la primera con dos molduras: la superior, llamada caveto, formada por un cuadrante concavo y la inferior llamada cuarto bocel formada también por un cuadrante, pero convexo. La segunda fig. es la moldura llamada toro, constituída por una semicircunferencia. Para la tercera, llamada gola, se construye un cuadrado y una diagonal y desde los extremos de esta y su punto medio se trazan arcos que dan los centros de los dos arcos que forman la gola. La fig. cuarta es el talón, y su construcción no ofrece dificultad, basta observarla para comprender su trazado. Las fig. quinta, sexta y séptima son distintos trazados de la escocia. La quinta, está formada por dos cuadrantes, uno de doble radio que el otro. En la sexta se señalan de antemano el punto de arranque o superior de la curva, el punto donde termina y una recta a la cual tiene que ser tangente y luego se procede de este modo. 1.° Verticales en los puntos de arranque y término. 2.° Sobre estas verticales se pone la distancia que hay entre la recta a que ha de ser tangente y la vertical más próxima. 3.° Se unen los puntos resultantes y se traza una perpendicular por el centro. Con esto se tendrán los centros de los dos arcos que forman la curva. En la séptima fig. se señalan antes los dos puntos extremos, o sea de arranque y término de la escocia y luego se hace 1.° paralela media a las líneas (también paralelas) que contienen los puntos extremos. 2.° Línea que une estos extremos. 3.º Desde el punto en que esta línea corta a la paralela media anterior, un arco que pase por el punto de arranque de la escocia. 4.º Desde el punto en que el arco corta a la paralela media, perpendicular a la recta que une los extremos. Finalmente, esta perpendicular al encontrar a las verticales trazadas primeramente da los centros de los dos arcos que forman la escocia. La moldura de la fig. octava con solo observarla se puede construir fácilmente.

PARTE SEGUNDA

SISTEMA DE PROYECCIONES ORTOGONALES

Lám XI.—La representación por medio del dibujo, de figuras planas o de dos dimensiones, no ofrece dificultad alguna, pues puede hacerse coincidir el plano de la figura con el de representación (papel, pizarra etc.) apareciendo la figura dibujada en su verdadera forma, tamaño y posición. Pero esto no es posible cuando se trata de representar un cuerpo de tres dimensiones. En este caso hay que optar entre dibujar los cuerpos en su forma aparente, o sea, tal como se presentan a nuestra vista (sistema llamado de *proyecciones cónicas o perspectiva)* o bien elegir un sistema de representación convencional. El más sencillo y generalmente usado es el de *proyecciones ortogonales*.

El primero, perspectiva, es el que representa los cuerpos en su forma aparente, o sea tal como los vemos. Una fotografía de un cuerpo nos da su forma aparente o perspectiva. Pero en la perspectiva no aparecen todas las caras o superficies del cuerpo; las que aparecen no tienen su verdadera forma; no tienen tampoco su verdadero tamaño, pues cuanto más alejado de nosotros se encuentre, tanto más pequeño lo veremos. Ejemplos de ello tenemos en las fig. 3 y 4. La primera es la perspectiva de un prisma recto de base cuadrada; de sus seis caras solo se ven tres; de estas, dos que son rectangulares, aparecen como trapecios, y la tercera, que es un cuadrado, afecta la forma de trapezoide: finalmente aparecen desiguales de tamaño todas sus aristas. La fig. 4 es un cilindro recto de revolución y de sus dos caras circulares solo se ve una y tiene forma de elipse. Por eso se dice que la perspectiva (fotografía) de un cuerpo nos da su forma aparente y no su forma verdadera. Este sistema de dibujo es el que emplean los pintores en sus cuadros porque tratan de dar la misma impresión que una fotografía, o sea, la impresión de la realidad.

Pero cuando se quiere consignar en un dibujo, no la forma aparente de un cuerpo, sinó su verdadera forma, dimensiones y posición, se recurre al sistema de proyecciones ortogonales. En él aparecen las caras del cuerpo representado en su forma geométrica y exacto tamaño, o pueden deducirse facilmente. En la fig. 1 hay un cuerpo (anotado con letras mayúsculas) dibujado en perspectiva y en la fig. 2 el mismo cuerpo representado por tres proyecciones. De sus seis caras, la anterior A E C D aparece en su verdadera forma y tamaño en la proyección vertical **a' e' c' d'** fig. 2. Las caras laterales A M S D y E N R C están también en su forma geométrica y exacto tamaño en la proyección de perfil, fig. 2. La cara superior A M N E y la inferior D R S C están igualmente en la proyección horizontal **a m n e y d r s c**. Unicamente su cara posterior M N R S no está en su forma y tamaño en ninguna de las tres proyecciones, pero puede deducirse fácilmente puesto que su altura es **n" r"** y su anchura m' n'.

Este sistema de dibujo es el que se emplea en toda clase de proyectos. El ingeniero y el arquitecto, el industrial y el obrero, todo el que imagina una forma nueva, antes de realizarla en su materia definitiva, piedra, hierro, madera etc. hace el correspondiente proyecto dibujado, que en manos luego del operario que lo haya de realizar le proporciona cuantos datos necesita respecto a forma, dimensiones y posición de las partes que lo integren. Se comprende solo por esto la importancia y utilidad grandísima de este medio de representación gráfica.

Sistema de proyecciones ortogonales. (Recuérdese que proyección de un punto, A fig. 7, es el pié o intersección **a** de la perpendicular bajada desde el punto al plano.) Este sistema consiste en proyectar todos los puntos de un cuerpo sobre tres planos perpendiculares entre sí fig. 1. Uno de ellos se denomina *plano vertical* y otro *plano horizontal* porque estas son sus posiciones; la línea de intersección L T de estos dos planos se llama *linea de tierra*. El tercer plano (tambien vertical) se llama plano de perfil. Para comprender esto mejor, imaginemos un ángulo de una habitación formado por dos paredes perpendiculares. Colocados frente a una de esas paredes, esta será el plano vertical; el suelo de la habitación, el plano horizontal y la línea que separa el suelo de la pared, la línea de tierra. La otra pared lateral será el plano de perfil.

Para proyectar un cuerpo A D C R etc., fig. 1. se coloca entre estos tres planos, y de sus puntos principales se bajan perpendiculares a dichos planos. Unidos convenientemente los puntos resultantes se tendrán las tres proyecciones del cuerpo (rayadas para destacarlas.) De modo que cada punto se ha de proyectar tres veces, así el punto A está proyectado en el plano horizontal en a, en el vertical en **a'** y en el de perfil en **a"**.

Para dibujar las tres proyecciones de un cuerpo se presenta la dificultad de que necesitaríamos tres tableros en posición perpendicular, pero esto se resuelve facilmente suponiendo que el plano horizontal gira sobre la línea de tierra L T como eje, hasta coincidir con el plano vertical, es decir formando los dos un solo plano, tal como aparece en la fig. 2. De igual manera gira también el plano de perfil formando entonces los tres un solo plano. De este modo podremos operar en ellos geométricamente pero considerándolos siempre en su posición perpendicular como en la fig. 1.

Las tres proyecciones del cuerpo, fig. 2, se denominan; la del plano horizontal, *proyección horizontal, planta* o *plano;* la del plano vertical, *proyección vertical, elevación* o *alzado*; y *perfil* la del plano de perfil.

Hechas las tres proyecciones, en ellas estarán todos los datos necesarios para el completo y exacto conocimiento del cuerpo. En la proyección vertical aparecen las alturas y anchuras; en la horizontal, las anchuras y profundidades; y en el perfil, las profundidades y las alturas. Están pues dos veces todas las dimensiones. Por eso generalmente bastan dos proyecciones, que suelen ser, una la vertical, y otra la horizontal o la de perfil; eligiéndose entre estas dos, la que resulte más sencilla o más clara. En la lám. XIX están las tres proyecciones: en las lám. XIII, XIV y XV solo dos, vertical y horizontal: en la lám. XX, la vertical y una sección que equivale a la de perfil. También hay casos en que es suficiente una sola proyección, bien porque la otra se pueda deducir fácilmente, como en las lám. XVI, XVII, XVIII y XXII, o bien porque no tenga gran interés como ocurre en la puerta barrera de la lámina XII, que solo contiene alturas y anchuras, faltando las profundidades, porque se comprende que los barrotes que la forman han de tener el grueso suficiente para que ofrezcan la debida resistencia: igualmente se comprende que las pilastras laterales deben ser cuadrangulares.

Fig. 5 y 6.—Los cuerpos que se proyectan se consideran iluminados por rayos de luz paralelos y en la dirección de la diagonal A P de un cubo que tenga sus caras paralelas a los planos de proyección. La proy. horizontal de este rayo de luz es la línea **a** P y la vertical, la línea **a'** P, o sean, dos líneas de 45° con relación a la línea de tierra L T. (vease lo que se dijo de las fig. 71 á 76 lám. VI).

Lám. XII.—Representa una puerta barrera hecha a escala de 8 : 100. Este dibujo está acotado, esto es, indicadas todas sus medidas para facilitar la copia. Hágase a escala de 10 á 11 : 100.

Lám. XIII.—**Croquis acotados.**—Cuando se hace el dibujo de un cuerpo puede hacerse directamente del modelo, pero hay muchos casos en que es indispensable, o por lo menos más cómodo, tomar solo los datos necesarios, para hacer el dibujo cuando se tenga por conveniente. Entonces se hace lo que se llama un *croquis acotado*, que es un dibujo, hecho generalmente *a pulso* y *a ojo*, o sea sin tomar ninguna medida. Hechas las proyecciones de esta manera, se toman luego las medidas del modelo en sus tres dimensiones de altura, anchura y profundidad y se anotan en el lugar correspondiente del croquis.

La fig. 1 representa una estela dibujada en perspectiva (ya que no es posible presentarla corpórea) y vamos a tomar un croquis de ella, fig. 2. Trazamos primeramente la línea de tierra L T que separa los dos planos de proyección vertical y horizontal. Luego hacemos el eje vertical del papel que será también del dibujo. Para hacer la proy. vertical, en la que como se dijo, (lám. XI) solo aparecen alturas y anchuras, haremos un dibujo de la estela prescindiendo de las profundidades. Empezando por abajo, dibujaremos el rectángulo anterior de la primera grada, o sea su altura y anchura; sobre esta grada se dibuja la segunda que es igual; luego la base de la estela y a continuación esta con todos sus detalles de forma sin omitir ninguno. Terminada esta proyección se hace la horizontal, dibujando solo las alturas y profundidades (como si mírásemos el modelo desde arriba, a vista de pájaro). Hechas las proyecciones se ponen las cotas o medidas. Se mide con el metro (escala correspondiente al modelo como se dijo en la lám. VI, fig. 68) la altura de la primera grada G G' que es de 16 ^{mm} y se anota en el lugar correspondiente del croquis; y así sucesivamente vamos midiendo y anotando todas las alturas que son H H'–L L'–N N'–N' Y–O O'–P P'–P' P" y P" S, todas ellas sobre el eje y además la altura M M' fuera del eje. A continuación se toman y anotan las anchuras A A'–B B'–C C'–D D'–E E' y J J'. Como se verá en el croquis, en casi todas las anchuras solo se anota la mitad de ellas, o sea hasta el eje, pues tratándose de una figura simétrica, la otra mitad será igual.

Acotada la proyección vertical se acota la horizontal. Esta tiene, como se sabe, las anchuras y las profundidades, y como las primeras ya se han anotado en la proy. vertical, basta ahora anotar las profundidades, que son G' H–H' L–L' N–Y O–P" S–U U'–F F'. La profundidad V V' que es de 58 ^{mm} no es menester anotarla porque es igual a la suma de las cinco últimas, $2+4+46+6=58$. De igual modo la R R', 82 ^{mm} es igual a $58+24$. Y la T T', $106=82+24$. Con esto quedará completado el croquis acotado.

Cálculo de la escala y desarrollo del croquis.—Para desarrollar el croquis, o sea hacer el dibujo, (fig. 3) primero hay que determinar la escala. Puede elegirse esta a voluntad y luego procurarse un papel de dimensiones suficientes para contener el dibujo. O bien, teniendo ya el papel (caso presente) determinar la escala en relación con el tamaño de este. El papel, fig. 3, tiene de altura 205 ^{mm} pero

hay que dejar un márgen arriba, otro debajo y otro entre las dos proyecciones. Pongamos 30 ^{mm} para los tres márgenes. Quedan pues 175 ^{mm} para los dos dibujos o proyecciones. Vamos a calcular la escala a que debe estar hecho el dibujo para que ocupe exáctamente 175 ^{mm} de altura. A la suma de todas las alturas del croquis, 185 ^{mm} se une la suma de las profundidades, 106 ^{mm} que dan un total de 291. Esta cantidad se divide por 175 (altura del papel) y el cociente será o'6. Este cociente se multiplica por 100 y el producto, 60, indica la escala. La escala pues será de 60 : 100, que es la que se ha empleado para la fig. 3.

papel	205	185	alturas
márgenes	− 30	+ 106	profundidades
	175	291	
	004	o'6 × 100 = 60	

Finalmente para hacer la fig. 3, una vez construida la escala de 60 : 100, se traza el eje vertical del papel, se señalan los márgenes (10 ^{mm} cada uno, del metro, no de la escala) y la línea de tierra, tomándose en la escala las medidas indicadas en el croquis.

El alumno puede copiar esta lámina a mayor tamaño haciendo el cálculo de la escala, pero sería mucho mejor que hiciera un croquis acotado de un objeto de forma sencilla de los que tenga a mano, o componer uno, como por ejemplo, tres cajas de distinto tamaño colocadas una encima de otra. De este modo practicaría la toma de croquis del natural.

Lám. XIV y XV.—Estas lám. no ofrecen dificultad alguna, cópiense a escala de 12 á 15 : 100.

Lám. XVI.—Pueden copiarse los tres balaustres en una sola lámina a escala de 135 : 100, pero será mejor hacer solo dos de doble tamaño en el sentido longitudinal del papel. Aunque llevan indicados todos los centros de los arcos, para el balaustre central véanse los problemas 55 y 56.

Lám. XVII.—Jarrón y vaso griego. Para las molduras de los piés de ambos véase la lám. X. El asa del jarrón va en fig. aparte en doble tamaño. La distancia A B se divide en 16 partes iguales y se pone una de ellas de E á B. Sobre la división décima como lado se construye un cuadrado cuyos vértices son los centros de la espiral (probl. 35). Pueden copiarse a escala de 135 : 100, pero si no se posee una buena bigotera para los arcos de pequeño radio, es preferible hacer una sola figura de tamaño doble para lo cual no hay necesidad de escala.

Lám. XVIII.—Pueden hacerse las dos figuras o una sola como en la lámina anterior.

Lám. XIX.—Cuando un cuerpo es de forma complicada, además de las proyecciones vertical, horizontal y perfil, se hacen otras proyecciones que ayuden a determinar su forma y también secciones o cortes según líneas trazadas en las partes que más convenga. Así, sólamente como ejemplo, pues la sencilla forma de nicho representado en esta lámina no lo exigía, se han hecho dos secciones, una vertical según la línea S C y otra horizontal según O P. Las secciones se hacen rayadas con líneas de 45° de inclinación. Cuando hay en un dibujo pequeños detalles, y se quiere precisar mas su forma o su construcción, se hacen aparte en mayor tamaño, como los detalles D y E. Cópiese esta lámina a escala de 135 : 100.

Lám. XX.—Tambor de transmisión. Trácense todos los ejes, que son, además del vertical C D, el horizontal y los de los tornillos con sus tuercas. Para el trazado de estas y para conjuntar los arcos véanse las figuras A y B de la lámina XXI.

Lám. XXI.—Excéntrica. Primeramente deben trazarse todos los ejes que son seis. La construcción de las tuercas va indicada en la fig. B. La fig. *b d x i* es un cuadrado y son iguales las distancias que separan las letras *a b e d u*. Son tambien iguales los espacios entre *c e o r*; el primero y el último de estos puntos son centros de los dos arcos centrales, y estan también indicados con un circulito los centros de los otros cuatro arcos. En la fig. A está resuelto en doble tamaño el problema de la conjunción de arcos y rectas; véanse también los probl. 43, 44, 51 y 52.

Lám. XXII.—Prensa de copiar. Ninguna dificultad presenta la construcción de esta lámina después de haber hecho las anteriores. Puede hacerse a escala de 135 : 100 ó también de doble tamaño.

PARTE TERCERA

ELEMENTOS DE DIBUJO TOPOGRÁFICO

Generalidades. El dibujo topográfico tiene por objeto la representación, lo más exacta posible, de una pequeña parte de la superficie terrestre. El sistema empleado es el mismo de las proyecciones ortogonales, pero sólamente una proyección, la horizontal. La exactitud que se exige en esta clase de dibujo no es igualmente rigurosa, sinó que es mayor en las partes y detalles de más importancia; así los caminos, poblaciones, edificios aislados, ferrocarriles, etc. deben consignarse con todo rigor y precisión, mientras que en la representación de un bosque o de un terreno pedregoso, siendo imposible reproducirlos árbol por árbol y piedra por piedra, basta representar el arbolado y el aspecto del terreno de un modo aproximado. Se ha de procurar todo cuanto sea posible, imitar el efecto que daría una fotografía tomada a vista de pájaro.

Cuando la escala a que se hace el plano topográfico es suficientemente grande, puede conseguirse en mayor grado este aspecto de fotografía, como puede verse en algunos dibujos de las láminas XXIII y XXIV especialmente los números 2 y 3 de esta última. Pero cuando se emplea una pequeña escala, los objetos no resultan de tamaño bastante para dibujarlos con detalle y entonces se recurre al empleo de medios y signos convencionales.

Cuando se trata de hacer el plano de un terreno pueden presentarse dos casos: 1.° que el terreno sea sensiblemente un plano horizontal; 2.° que no sea plano. En el primer caso el plano del papel en que se dibuja (plano horizontal de proyección) se considera como el mismo plano del terreno.

Lám. XXIII.—Fig. 1.—En esta figura se indica la manera convencional de representar el prado, (terreno cubierto de hierbas). 2 Modo de dibujar los matorrales. 3 Terreno pedregoso atravesado por el cauce seco de un torrente. 4 Manera de indicar los terrenos pantanosos. 5 Monte bajo. 6 Bosque. 7 Tierras de labor o de secano. 8 Modo de figurar los viñedos. 9 Representación de los olivares.

Lám. XXIV.—Fig. 1.—Huertas o tierras de regadío. 3 Representación de jardines. 4 Trozo de playa arenosa. La arena se representa por puntos más finos y distanciados a medida que se separan del mar. El agua del mar, por líneas paralelas que a partir de la línea de la costa van también adelgazando y distanciándose. Puede llenarse con estas líneas todo el espacio del mar, o bien, (y esto es lo que se ha hecho en la fig.) hacer sólamente unas cuantas líneas. 5 Los ríos, como también los lagos, fig. 6, y en general todas las grandes extensiones de agua, se representan como el mar. En los ríos una flecha indica la dirección de la corriente. 7 Lagunas, estanques y pantanos. 8 Trozo de costa montañosa y playa de arena. 9 Contiene esta figura algunos de los signos convencionales más generalmente empleados. 1, 2 y 3 son distintos modos de dibujar los ferrocarriles. 4 Estación ferroviaria y tunel. 5 Carretera de primer orden. 6 y 7 De segundo orden. 9, 10 y 11 Caminos vecinales. 12 Senderos. 13 Carretera en terraplen. 14 Carretera en desmonte. 15 Puente de piedra. 16 Puente de madera. 17 Puente de hierro. 18 Puente colgante. 19 Población. 20 Edificios aislados. 21 Caserío. 22 Capital. 23 Ciudad. 24 Ciudad murada. 25 Villa. 26 Aldea. 27 Poblado. 28 Límites de nación, provincia, etc.

La luz en los planos topográficos. El sistema de iluminación de los planos topográficos más generalmente usado es el que supone los rayos de luz paralelos y con una inclinación de 45° con el plano horizontal. (La luz solar en determinados momentos reune estas condiciones). De esta manera la longitud de la sombra arrojada sobre el suelo de todos los cuerpos que sobre él se levantan, es igual a su altura. Esto ayuda en gran manera a definir la forma de los cuerpos. Un ejemplo de esto es la fig. 2, lám. XXIV, en la que aparecen tres árboles y un edificio, y por la sombra que proyectan se aprecia claramente que son una palmera, un pino y un chopo, como también se define por completo la forma del edificio.

Lám. XXV. Modo de representar los relieves del terreno. Cuando se hace el dibujo topográfico de un terreno que no es plano, se da idea de sus distintos relieves del siguiente modo. En la fig. 1 tenemos la proyección vertical de una montaña emergiendo del mar, representado por la línea A C. Si se imaginan planos horizontales equidistantes entre sí, 10 metros, por ejemplo, cada uno de estos planos dará una línea de intersección con la montaña. La fig. 2 es la proyección horizontal de la montaña con sus líneas de intersección. Estas se llaman *curvas de nivel* porque todos sus puntos se hallan al mismo nivel o altura y llevan la indicación del número de metros

que se elevan sobre el nivel del mar. De este modo se representa de una manera, lo más aproximada posible, la forma de la montaña.

Con solo las curvas de nível puede leer fácilmente un plano topográfico todo el que esté familiarizado con estos procedimientos. Pero cuando se quiere dar una impresión más completa, incluso con claro oscuro, se suprimen las curvas de nivel y se trazan entre ellas *normales* a dichas curvas. (Normal a una curva en un punto es la perpendicular a la tangente en dicho punto). Estas normales se trazan más o menos próximas entre sí y más o menos gruesas para que en conjunto resulte el sombreado correspondiente a una iluminación de 45°. Aunque se suprimen las curvas de nivel quedan sin embargo indicadas claramente por los extremos de las normales. En las alturas o cumbres más importantes se suele consignar la cota, o número de metros sobre el nivel del mar.

Lám. XXVI. Plano de la Ciudad de Palma de Mallorca y de su puerto y alrededores. En él figuran muchos de los ejemplos expuestos en las láminas anteriores. Hay mar con puertos y calas, costas montañosas y playas de arena, la Ciudad de Palma con varios poblados y caseríos, bosques, huertas y tierras de labor, ferrocarriles, carreteras y caminos, varios torrentes, parte llana y parte montañosa. Están indicadas las curvas de nível que tienen una equidistancia de 25 metros. En los bordes del plano van las cotas de dichas curvas. El punto más elevado del plano corresponde a la cumbre del monte Bellver con 140 metros de cota. Puede copiarse este plano en tamaño igual o a escala de 135 : 100.

LÉXICO

Acotado.—Se dice de los dibujos que llevan indicación numérica de sus principales medidas.

Altura.—Altura de un polígono es la longitud de la perpendicular bajada desde su punto más alto al lado que se considera como base o a su prolongación.

Alzado.—Proyección vertical. Se llama también elevación.

Angulo.—La figura formada por dos líneas que se encuentran en un punto que se llama vértice. El ángulo no se mide por la longitud de sus lados, sino por su abertura.

Angulo rectilíneo.—El formado por líneas rectas.

Angulo curvilíneo.—Aquel cuyos lados son líneas curvas.

Angulo mixtilíneo.—El que forman una recta y una curva.

Angulo recto.—El formado por dos rectas perpendiculares entre si. Tiene por medida un cuarto de circunferencia, o sea 90º.

Angulo agudo.—Angulo agudo es el que vale menos que el ángulo recto. Varía la abertura de sus lados y no puede llegar a 90º.

Angulo obtuso.—Angulo obtuso es el ángulo mayor que el recto. La abertura de sus lados varía y vale siempre más de 90º sin llegar a 180º.

Angulos adyacentes.—Los que tienen un lado común y los otros dos en línea recta.

Angulos consecutivos.—Los que tienen un lado común.

Angulos opuestos por el vértice.—Cuando los lados del uno son prolongación de los del otro.

Angulos complementarios.—Los que, sumados, valen un ángulo recto.

Angulos suplementarios.—Los que, sumados, valen dos rectos.

Apotema.—La recta que une el centro de un polígono con el punto medio de uno de sus lados.

Arbitrario.—Elegido a voluntad.

Aristas.—Intersección de dos planos.

Arco.—Una parte cualquiera de la circunferencia.

Base.—Base de un polígono se llama al lado sobre que se considera que descansa.

Bisectriz.—Bisectriz de un ángulo es la línea que lo divide en dos partes iguales.

Cateto.—Catetos son los lados que forman el ángulo recto en el triángulo rectángulo.

Centro.—Punto medio de una figura.

Cicloide.—Cicloide es una curva plana, abierta, engendrada por un punto de la circunferencia de un círculo que gira sobre una recta.

Círculo.—La superficie limitada por la circunferencia.

Circunferencia.—Línea curva, plana, cerrada cuyos puntos equidistan de otro interior llamado centro.

Circunferencias concéntricas. — Las que tienen un mismo centro.

Circunferencias excéntricas.—Las que no tienen un centro común.

Circunferencias tangentes.—Las que tienen un solo punto de contacto.

Circunferencias secantes.—Las que se cortan en dos puntos de intersección.

Convergentes.—Las rectas que van aproximándose unas a otras, de manera que si se prolongasen concurrirían en un mismo punto.

Corona.—La porción del círculo comprendido entre dos circunferencias' concéntricas.

Corte.—Sección. La figura resultante de cortar un cuerpo por un plano.

Cota.—El número intercalado en una línea y que sirve para indicar la distancia que debe haber entre sus extremos. En los planos topográficos, número que señala la altura de un punto, ya sobre el nivel del mar, ya sobre el plano del nivel.

Croquis.—Dibujo hecho a ojo y a pulso sin sujeción a las reglas geométricas.

Croquis acotado.—El croquis que tiene anotadas en números sus principales medidas.

Cuadrado.—El paralelógramo que tiene iguales los lados y rectos los ángulos. Las diagonales del cuadrado son perpendiculares entre si.

Cuadrante.—La cuarta parte del círculo.

Cuadrícula.—El conjunto de cuadrados que resulta de cortarse dos series de líneas paralelas formando ángulos rectos.

Cuadrilátero.—El polígono que consta de cuatro lados.

Cuerda.—Recta que, sin pasar por el centro, une dos puntos de una curva geométrica.

Cuerpo.—Todo lo que tiene las tres dimensiones de la extensión.

Curva.—Línea curva es aquella cuyos puntos cambian constantemente de dirección: la que ninguna de sus partes, por pequeña que sea, es recta.

Decágono.—El polígono que consta de diez lados.

Diagonal.—La recta que une dos vértices no consecutivos de un polígono.

Diámetro.—La recta que, pasando por el centro, une dos puntos de una curva regular.

Dimensión.—Extensión de un cuerpo considerado en cualquiera de los sentidos de longitud, latitud y altura o profundidad.

Directriz.—Línea sobre la que se hace resbalar otra línea o una superficie en la generación de otra superficie o de un cuerpo.

Divergentes.—Líneas o planos que van separándose entre sí, a medida que se prolongan.

Dodecágono.—El polígono formado por doce lados.

Eje.—La recta que divide una figura en dos partes iguales y simétricas.

Elevación.—Proyección vertical o alzado.

Elipse.—Es una curva plana, cerrada, simétrica en dos sentidos y cuyos puntos son tales, que la suma de radios vectores correspondientes a cada uno de ellos, es siempre igual al eje mayor.

Endecágono.—El polígono de once lados.

Eneágono.—El polígono que consta de nueve lados.

Eptágono.—El polígono que tiene siete lados.

Equiángulo.—El polígono que tiene iguales sus ángulos.

Equilátero.—El polígono que tiene iguales sus lados.

Escala.—Escala es la relación que existe entre las dimensiones de un objeto representado en dibujo y las dimensiones reales de tal objeto.

Escala gráfica.—Recta dividida en partes iguales para medir las distancias sobre el papel. Cada parte de la escala sirve de unidad de medida y representa generalmente una unidad lineal.

Escuadra.—Instrumento de metal o madera que se compone de dos reglas formando ángulo recto. Sirve para trazar perpendiculares.

Espira.—Cada una de las vueltas completas de la línea espiral.

Espiral.—Línea curva, plana, abierta, compuesta de arcos de circunferencia que, partiendo de un punto, se separa cada vez más de él, a cuyo alrededor va dando vueltas, siendo constante el espacio comprendido entre cada espira, llamado paso.

Exágono.—Polígono que consta de seis lados.

Extensión.—Toda parte determinada del espacio.

Figura.—El dibujo de que nos valemos para representar la extensión.

Flecha.—La recta que mide la distancia entre un arco y su cuerda, y es perpendicular a ésta en su punto medio.

Focos.—Puntos en que concurren los radios vectores de las curvas que no pueden describirse a compás.

Generatriz.—Toda extensión que por su movimiento forma o engendra otra extensión.

Grados.—Las trescientas sesenta partes iguales en que se divide la circunferencia para la medición de los ángulos.

Hipotenusa.—El lado del triángulo rectángulo opuesto al ángulo recto.

Homólogos.—Lados respectivamente proporcionales de los polígonos semejantes.

Horizontal.—La recta pependicular á la vertical.

Inclinada.—Línea que ni es vertical ni horizontal.

Inscribir.—Trazar una figura interior y tangente a otra.

Intersección.—El punto en que se cortan dos ó más líneas y la línea en que se cortan dos o más planos.

Lado.—Cada una de las dos líneas que forman un ángulo. Cada una de las líneas que encierran un plano.

Latitud.—La dimensión que determina el ancho de una superficie o cuerpo.

Línea.—La extensión con una sola dimensión o el límite de una superficie.

Longitud.—La mayor dimensión de una superficie o cuerpo.

Magnitud.—Medida de la extensión de un cuerpo.

Módulo.—La diferencia entre los radios de dos arcos consecutivos de la línea espiral.

Normal.—La recta perpendicular a la tangente en el punto de contacto.

Oblícuo.—Línea o plano que cae sobre otro formando un ángulo que no es recto.

Octógono.—El polígono que tiene ocho lados.

Ovalo.—Curva plana, cerrada, formada por arcos de circunferencia, más prolongada en un sentido que en otro y simétrica con relación a dos ejes que pasan por su centro, desiguales y perpendiculares entre sí.

Ovoide.—Ovoide o huevo es una curva cerrada, plana, formada por arcos de circunferencia, simétrica en el sentido de su mayor dimensión y más ancha en un extremo que en otro.

Paralelas.—Rectas paralelas son las que, situadas en el mismo plano, no se encontrarían por más que se prolongaran.

Paralelógramo.—El cuadrilátero que tiene sus lados opuestos paralelos.

Paso.—La recta que mide la distancia entre las espiras contiguas de una espiral.

Pentágono.—El polígono compuesto de cinco lados.

Perimetro.—Perímetro de una figura es el conjunto de líneas que lo limitan.

Perpendicular.—La línea que forma con otra un ángulo recto.

Perspectiva.—Proyecciones cónicas. Ciencia que tiene por objeto representar los cuerpos según las diferencias de aspecto que la posición y distancia producen.

Plano.—Plano o superficie plana es la que puede contener una recta en todas direcciones.

Planta.—Proyección horizontal o plano.

Polígono.—La porción de plano limitado por rectas. Polígono regular es el que tiene todos sus lados y ángulos iguales. Irregular, el que no satisface estas condiciones.

Polígonos semejantes.—Son los que tienen sus ángulos respectivamente iguales formados por lados directamente proporcionales.

Polígono estrellado.—El formado por una línea quebrada o poligonal que, partiendo de un punto de una circunferencia, vuelve a él después de haber recorrido ésta dos o más veces.

Prisma.—Poliedro cuya superficie esta formada de planos paralelógramos que terminan en polígonos iguales y paralelos, llamados bases.

Profundidad.—Una de las tres dimensiones de los cuerpos sólidos. La que da idea de su grueso, o sea en el sentido de delante a atrás.

Proporción.—Igualdad de dos razones de una misma especie.

Proporcional.—Son proporcionales las rectas cuyos valores numéricos, referidos a la unidad común, forman proporción o igualdad fraccionaria.

Proyección cónica.—Véase perspectiva.

Proyecciones ortogonales.—Aquellas cuyas proyectantes son perpendiculares al plano de proyección.

Punto.—El término o extremo de la línea, el cual tiene posición, pero no dimensión en longitud, latitud ni profundidad. La señal empleada para representar el punto matemático.

Radio.—La recta que une el centro con un punto de la circunferencia. La recta que va de un vértice al centro de un polígono.

Radio vector.—La recta tirada en una curva desde su foco, o desde uno de sus focos, a cualquier punto de la misma curva.

Razón.—El respecto o relación mútua que tienen entre sí dos cantidades de un mismo género. Las dos cantidades comparadas se llaman términos de la razón.

Recta.—La línea que tiene todos sus puntos en una misma dirección.

Rectángulo.—El cuadrilátero cuyos ángulos son rectos.

Rectificación.—Rectificar una curva es hallar una recta de igual longitud que aquella línea.

Rombo.—El paralelógramo que tiene sus lados y ángulos opuestos iguales,

Secante.—La recta que corta una figura.

Sección.—Véase corte.

Sector.—La porción de círculo comprendida entre dos radios y el arco que abrazan.

Semicirculo.—La mitad de un círculo, o sea la porción del plano limitado por una semicircunferencia y el diámetro que une sus extremos.

Semicircunferencia.—El arco formado por media circunferencia.

Simetría.—Simetria es la proporción o consonancia de las partes de un todo entre sí y de las mismas con el todo. Armonía de posición de las partes o puntos similares unos respecto a otros y con referencia a un punto, línea o cuerpo determinado.

Superficie.—Extensión en que sólo se consideran dos dimensiones.

Tangentes.—Son tangentes las líneas o superficies que se tocan sin cortarse.

Topográfico.—Referente a la topografía, arte de describir y delinear un terreno de no grande extensión.

Trapecio.—El cuadrilátero que sólo tiene un lado paralelo a su opuesto.

Trapecio isósceles.—El que tiene iguales sus dos lados opuestos no paralelos.

Trapecio escaleno.—El que tiene desiguales los dos lados opuestos no paralelos.

Trapecio rectángulo.—El trapecio que tiene dos ángulos rectos.

Trapezoide.—El cuadrilátero que no tiene ningún lado paralelo.

Triángulo.—El polígono que consta de tres lados y tres ángulos. La suma de los ángulos de un triángulo vale siempre dos rectos.

Triángulo acutángulo.—El que tiene los tres ángulos agudos.

Triángulo equilátero.—El que tiene sus tres lados iguales. Sus tres ángulos y las tres alturas son también iguales. Cada ángulo vale 60º.

Triángulo escaleno.—El que tiene sus tres lados desiguales.

Triángulo isósceles.—El que tiene dos lados igules. Tiene también dos ángulos iguales.

Triángulo obtusángulo.—El que tiene un ángulo obtuso. Los otros dos son agudos,

Triángulo rectángulo.—El que tiene un ángulo recto. Los otros dos son agudos.

Vertical.—Línea vertical es la recta que sigue la dirección de una plomada. Es perpendicular a la horizontal.

Vértice.—El punto en que concurren los dos lados de un ángulo.

Voluta.—Curva abierta que se separa cada vez más de un punto central. El espacio comprendido entre cada espira, aumenta según se separa del centro.

Imp. de Francisco Soler. San Francisco 2 y 4 y Conquistador, 41

A. MUNTANER VANRELL
Abogado y Licenciado en Filosofía y Letras

16

PERSPECTIVAS

DE

HISTORIA DE LA LITERATURA

A mis discípulos.

INCA
IMPRENTA DURAN
1945