



L
0-7
20

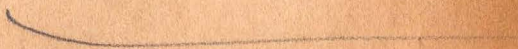


00035333

CURSO
DE
GEOMETRÍA
Y DIBUJO LINEAL



7



4113

CURSO

DE

GEOMETRÍA

Y

DIBUJO LINEAL

APLICADO Á LAS LABORES

*con arreglo á los procedimientos empleados en el método de Hendrickx
convenientemente modificados*

POR

CRESCENCIO MARÍA MOLÉS

Director de la Escuela Normal Superior de Maestros de Barcelona.

Quinta edición

30574



BARCELONA

FAUSTINO PALUZÍE, IMPRESOR-EDITOR

CALLE DE LA DIPUTACIÓN, 421-423

1889

146X 21H.

INTRODUCCIÓN.

ES PROPIEDAD DEL AUTOR.

INTRODUCCIÓN.

Desde el momento que se me confió la enseñanza de Geometría y Dibujo aplicado á las labores en la Escuela Normal Superior de Maestras de Barcelona, confieso ingenuamente que me ví perplejo al pensar la aplicación especial que había de hacer de la Geometría; trabajo en verdad algún tanto espinoso, cuando no se conoce profundamente un arte al cual habían de dirigirse todos mis esfuerzos. Sin embargo, la necesidad, y más aún, el deseo de cumplir dignamente con mi cometido, me hizo estudiar detenidamente todas las principales labores; y por este medio, pude vencer ciertas dificultades que se me oponían á trazar una marcha regular y uniforme en el estudio de las aplicaciones de la Geometría á las labores de manos en que pueden ocuparse las señoras.

Una de las más importantes de estas aplicaciones es la de corporizar sensiblemente lo abstracto de la extensión. Así hablamos de los cuerpos como de la extensión, y damos á aquéllos las propiedades de ésta; resultando de aquí la figura, la posición y la magnitud, propiedades que concedemos á los cuerpos y que el dibujante debe tener muy presente si los quiere representar: he aquí cómo sacamos de la Geometría el dibujo, arte que nos da la idea de lo figurado con sólo la representación de los objetos expresados sobre una superficie por medio de líneas y sombreado.

Si á las Matemáticas se las llama ciencia por excelencia, como dice con fundamento Aristóteles, bien podemos denominar al dibujo arte por excelencia; porque de él nacen todas las artes, vislumbrándose su origen en el grande apoyo que presta al estudio de las ciencias.

Su estudio es bello y sublime á la vez , como lo es su infinita aplicación. Él es el más poderoso resorte para despertar las concepciones más bellas y grandiosas; detiene y subordina la imaginación más exaltada, y por último ejerce una grande influencia en el carácter del hombre. No hay clase de la sociedad que pueda dispensarse de su estudio, si quiere cumplir con inteligencia sus deberes.

Para que el dibujo se generalice, es preciso familiarizarlo entre aquellos que puedan difundirlo. A las señoras Maestras públicas me dirijo más particularmente, recomendándoles un estudio detenido para que por este medio puedan satisfacer las necesidades de las familias menesterosas, que son las que más abundan en esa clase de establecimientos y las que más necesitan de esta enseñanza.

Con este objeto he compuesto el presente *Curso de Geometría y Dibujo*, donde hallarán suficiente doctrina para que puedan ajustar económicamente todas sus operaciones en la parte de labores.

Signos y abreviaturas que se usan en el texto.

=	significa.	igual.
+	.	más.
-	.	menos.
×	.	multiplicado por.
: /	.	dividido por.
>	.	mayor.
<	.	menor.
Fig.	.	figura.
Probl.	.	problema.
Resol.	.	resolución.
Res.	.	resultado.
Cons.	.	construcción.
P. ejemp.	.	por ejemplo.
Lám.	.	lámina.
Cap.	.	capítulo.
Núm.	.	número.
Dem.	.	demonstración.

Instrumentos y demás útiles que necesitan las alumnas de la clase de Dibujo lineal.

- 1.° Un estuche matemático que contenga por lo menos las piezas siguientes: un compás de piezas, uno de puntas fijas y uno de balaustre, un tiralíneas de mano y un semicírculo de latón ó talco.
- 2.° Dos cartabones, uno isósceles de 17 centímetros y otro escaleno de 30 y 12 centímetros de catetos.
- 3.° Una regla de 6 decímetros de largo.
- 4.° Papel marquilla y de cuadrícula.
- 5.° Dos lapiceros de plombagina llamados comunmente de lápiz-plomo.
- 6.° Una pastilla de goma elástica.
- 7.° Una caja de colores con 4 pinceles, dos medianos y dos muy pequeños, con los mangos correspondientes.
- 8.° Tres ó cuatro platitos de porcelana para desleír los colores.
- 9.° Una barrita de tinta-china.
10. El texto con su correspondiente atlas.

Instrumentos que debe poseer una clase destinada á la enseñanza de Dibujo lineal.

1.° Un gran tablero pintado de negro al óleo de 2 metros 50 centímetros de largo y 1 metro y 8 decímetros de ancho. Deberá estar perfectamente escuadrado y se figurará en su rededor un marco pintado de un color claro, cuya anchura podrá ser de un decímetro. En los lados menores y mayor de abajo del marco se dibujará la vara castellana, la provincial y el metro con todos sus divisores.

2.° Dos reglas, una de la longitud del tablero y la otra de unos 18 decímetros.

3.° Las tres medidas, castellana, métrica y provincial con sus divisores marcados.

4.° Un gramil móvil, su regla de 1'60 metros y la cruceta de 50 centímetros.

5.° Un cartabón isósceles de 50 centímetros de cateto lo menos.

6.° Un semicírculo graduado ó transportador de latón, madera ó cartón de 50 centímetros lo menos de diámetro.

7.° Dos compases de madera, uno de puntas secas ó de hierro y el otro con un porta-lápiz de latón ó de hierro de 50 centímetros de radio.

8.° Una colección de cuerpos geométricos.

9.° Otra de chapas ó plantillas representando los cuerpos geométricos desarrollados.

10. Otra de plantillas de cartón de diferentes prendas de cuerpo de señora, de pantalones y calzoncillos de hombre.

11. Otra de plantillas de cartón de diferentes cajas, estuches, cestas, etc.

CURSO DE GEOMETRÍA

Y DIBUJO LINEAL

APLICADO Á LAS LABORES

NOCIONES PRELIMINARES

1. Á qué se llama Dibujo en general.—2. De cuántas maneras puede representarse un objeto.—3. Cuántas partes se distinguen en todo dibujo.—4. Qué división se puede hacer del dibujo aplicado á la representación de todos los objetos que se nos presentan á nuestra vista.—5. Á qué se llama pintura.—6. Cuántas especies de ejercicios tenemos en el Dibujo lineal.—7. Qué es Geometría.—8. Qué se entiende por extensión geométrica.—9. Qué se entiende por cuerpo geométrico.—10. Cuáles son las dimensiones que consideramos en un cuerpo.—11. Cómo estudia la Geometría esas tres dimensiones.—12. Á qué se llama longitud, latitud y profundidad, grueso ó altura.—13. Cuántas partes comprende la Geometría.

1. En general se llama DIBUJO á la representación de los objetos sobre una superficie por medio de claro y oscuro.

2. Esta representación puede ejecutarse de dos maneras: tal como es en sí el objeto, sin alterar sus formas ni proporciones, ó tal como se presenta á nuestra vista. En el primer caso se llama DIBUJO GEOMÉTRICO, y en el segundo PERSPECTIVO ó NATURAL.

3. Distingúense en todo dibujo dos partes: *la delineación*, que consiste en la representación del objeto por medio de líneas, á lo cual se llama DIBUJO LINEAL, y el DIBUJO LAVADO, que es la aplicación del sombreado ó expresión de las luces.

4. Aplicando el dibujo á la representación de todos los objetos que se nos pueden presentar á nuestra vista, lo dividiremos en dos partes: *Dibujo de objetos naturales* y *Dibujo de objetos artificiales*. Cuando se representa el cuerpo humano y otros objetos de la Naturaleza que por su índole se ejecutan á pulso y á ojo, se denomina *Dibujo académico* ó simplemente *Dibujo*; y cuando representa objetos elaborados por la industria y sirven para las construcciones de edificios y mueblaje, como sillas, cómodas, mesas, etc., puertas, balcones, rejas, aparatos, máquinas,

se llama *Dibujo industrial*. El primero corresponde á las bellas artes, y el segundo á las artes industriales ó de construcción.

5. Se llama *pintura* á la aplicación del colorido en el objeto delineado de antemano.

6. En el *Dibujo lineal* tenemos dos especies de ejercicios: el que se hace á pulso y á ojo, y el que se ejecuta con instrumentos, denominado por lo mismo gráfico. El primero, aunque no nos proporciona una precisión matemática, tiene exactitud suficiente para nuestro objeto; el gráfico representa el cuerpo con todo el rigorismo del trazado geométrico.

7. GEOMETRÍA es la ciencia que trata de la medida de la extensión.

8. El espacio determinado ó figurado por un cuerpo es lo que se entiende por extensión.

9. No pudiendo concebir limitada ó figurada la extensión sin la existencia de una porción de materia determinada, llamamos *Cuerpo geométrico* á todo lo que suponemos ó vemos que ocupa un lugar en el espacio.

10. Todo cuerpo ocupa un espacio que es su extensión y es á un mismo tiempo *largo*, *ancho* y *grueso*. Estas tres propiedades, llamadas dimensiones, que consideramos en el cuerpo, se denominan *longitud*, *latitud* y *profundidad*, *grueso* ó *altura*, formando todas tres la base de la ciencia geométrica.

11. La Geometría considera las dimensiones que constituyen la extensión de un cuerpo, ya aisladamente, ó ya combinadas para mejor estudiar sus propiedades; así mide lo largo de un camino ó su longitud y prescinde de lo ancho, lo ancho de una mesa ó de un río y no atiende á la profundidad de éste ni á la altura de aquella.

12. Se llama *longitud* á la parte más larga de la extensión ó de un cuerpo; *latitud*, lo que presenta lo ancho, y se da á la tercera dimensión las denominaciones de *profundidad*, *grueso* ó *altura*, según sea la extensión ó cuerpo que se examina.

13. La Geometría comprende tres partes: una que trata de la extensión en una sola dimensión; la segunda de la extensión considerada en dos dimensiones, y la tercera de la extensión en sus tres dimensiones. Á la extensión en una sola dimensión se le denomina *línea*; considerada en dos dimensiones, *superficie*, y atendiéndola en sus tres dimensiones, *volumen* ó *cuerpo geométrico*.

PARTE PRIMERA

De la extensión en una sola dimensión ó de las líneas.

CAPÍTULO PRIMERO.

De las líneas en general.

ARTÍCULO 1.º

Del punto y de la línea.

1. Qué se entiende por punto matemático. — 2. En Dibujo á qué se llama punto. — 3. Á qué se llama línea en Geometría y en Dibujo. — 4. Cuántas especies de líneas pueden distinguirse. — 5. Qué es línea recta. — 6. Qué es línea curva. — 7. Cuántas rectas pueden tirarse de un punto á otro. — 8. Cuántas curvas pueden tirarse de un punto á otro. — 9. Cuándo es determinada é indeterminada una recta. — 10. Cuándo es limitada una línea y cuándo se la llama indefinida. — 11. Aplicaciones de la línea recta.

1. Se entiende por *punto matemático* el límite de toda extensión, y no tiene nada de largo, ancho ni grueso; y por esto se dice que sólo tiene posición.

2. En dibujo se llama *punto* la parte más pequeña que podemos apreciar de una línea, marcada con lápiz, tinta, yeso, etc.

3. En Geometría llámase *línea* á la extensión en una sola dimensión; y en Dibujo se entiende por *línea* el rastro ó huella que deja el lápiz, clarión, etc., cuando se restrega sobre una superficie.

4. Distinguiremos dos especies de líneas, *recta* y *curva*.

5. Se dice que una línea es *recta* cuando todos los puntos que la forman siguen una misma dirección (A B Figura 1.^a)

6. *Línea curva* es aquella cuyos puntos varían continuamente de dirección (C D E Fig. 2.^a)

7. Como no tenemos más que un camino que nos marque el más breve espacio entre dos puntos, la recta será la que medirá

la verdadera distancia, y por esto se dice que desde un punto á otro no puede tirarse más que una recta.

8. Como para ir de un punto á otro que no sea el más derecho puede verificarse por infinidad de caminos, infinitas serán las curvas que podrán trazarse de un punto á otro.

9. Se dice que una recta es *determinada* cuando son conocidos dos de sus puntos, é *indeterminada* cuando no se da más que un punto por donde ha de pasar.

10. Una línea es *limitada* cuando se dan los dos puntos que marcan la partida y término de ella, é *indefinida* cuando se fija simplemente el punto de partida.

APLICACIONES DE LA LÍNEA RECTA.

11. Las aplicaciones de la línea recta son infinitas. Los dibujantes tiran la recta cuando es de poca extensión, con un instrumento llamado regla, como también los carpinteros, ebanistas, pintores, maquinistas, etc. Este sencillo instrumento suelen hacerlo de madera, hierro ó cristal, según el uso á que se destina.

Cuando las rectas han de tener mucha extensión, los albañiles, empedradores, jardineros, camineros, etc., la representan por medio de un bramante ó cordel tirante sujetado por sus extremos con estacas ó piedras.

Los carpinteros, aserradores, carreteros, pintores, etc., la marcan con un cordel tirante, y pinzándolo hasta una altura conveniente, al chocar con la superficie deja la materia colorante de que ha sido impregnado: las sustancias empleadas para este objeto son el carbón, humo de pez, almazarrón ó cualquier otro color en polvo, ó desleído en agua ó aceite.

Los ingenieros y agrimensores marcan la recta sobre el terreno por medio de jalones, fijando uno de estos instrumentos en cada extremo de la línea que se desea indicar y colocando otros en los puntos intermedios y á ciertas distancias, y en tal disposición, que el primero de la línea cubra perfectamente á todos los demás, quedando de este modo marcada la dirección de la recta.

El sastre, la costurera y modista usan de la regla; y todos tres, y en particular la última con más frecuencia, la trazan doblando la tela, la cual por la presión forma un pliegue en línea recta.

ARTÍCULO 2.º

Posiciones de la línea recta.

1. Cuántas posiciones puede tener la línea recta en el espacio. — 2. Qué es línea horizontal. — 3. Qué es línea vertical. — 4. Qué es línea inclinada. — Ejemplos de líneas rectas en sus tres posiciones horizontal, vertical é inclinada en la naturaleza y en las artes más usuales.

1. La línea recta puede tener tres posiciones en el espacio, á saber: horizontal, vertical é inclinada.

2. Línea horizontal es la que se presenta de izquierda á derecha sin ladearse, tomando este nombre por la posición que conserva en el horizonte; tal es A B Fig. 1.^a

3. Se llama vertical la recta que sigue la dirección de arriba abajo, sin inclinarse á lado alguno (R S Fig. 3.^a). También se distingue esta línea con el nombre de línea de aplomo, por indicarla en los usos comunes por medio de un hilo que suspende un cuerpo pesado y éste ordinariamente es de plomo.

4. Se da el nombre de línea inclinada á la que, separándose de la dirección vertical, se ladea á un lado ú otro (N S y M X figura 4). Prescindiendo de la mayor ó menor inclinación que puede tener dicha línea, la designaremos de derecha á izquierda y de izquierda á derecha: así M X la llamaremos inclinada á la izquierda, porque su parte superior tiene esta dirección y N S inclinada á la derecha.

ALGUNOS EJEMPLOS DE GEOMETRIA USUAL.

Línea recta en sus tres posiciones horizontal, vertical é inclinada en la naturaleza y en las artes más usuales.

5. El calor, la luz y el sonido se transmiten siguiendo la línea recta. Si se deja caer una piedra desde una altura, en su descenso describirá una línea vertical, y así diremos que todo cuerpo pesado abandonado en el espacio, en su caída describe la vertical. Todos los líquidos en el estado de reposo presentan la horizontal.

En las artes observamos numerosísimos ejemplos: en los edificios hallamos las ventanas, cuyos travesaños conservan la posición horizontal, como también el pasamano y repisa de los balcones y los listones de las persianas antiguas y modernas. Los

hierros de las barandillas de galerías y balcones, el asiento de las hiladas que forman los sillares en los muros y machones bien contruídos, nos presentan repetidos ejemplos de líneas horizontales y verticales.

En el arte de la modista y costurera vemos infinitos ejemplos de dichas líneas. Los puntos en una labor de aguja hecha al derecho producen una línea recta. El corte de lienzo y otras telas para las faldas de los vestidos, enaguas y sábanas, y la unión de los paños cortados para los objetos indicados, son otros tantos ejemplos de líneas rectas. En las camisas sencillas de hombre, el corte que se hace para la pechera, los pliegues que se reparten á derecha é izquierda de la misma y la unión de los lados de los paños que forman el cuerpo ó tronco de la camisa, siguen la dirección vertical. El corte de las piernas de los calzoncillos, el de las nalgas del cuerpo de la camisa de mujer y la unión de las dos telas ó paños, pegadas que estén las nalgas, nos presentan ejemplos de líneas oblicuas ó inclinadas.

ARTÍCULO 3.º

Preliminares para el dibujo á ojo y á pulso y resolución de problemas.

1. Cuáles son las propiedades de los cuerpos que más interesan á los dibujantes. — 2. Á qué se llama figurabilidad de un cuerpo. — 3. Qué se entiende por posición. — 4. Por magnitud, qué se entiende. — 5. A qué se ha de atender para dibujar un objeto. — 6. Qué son líneas auxiliares. — 7. Qué se entiende por líneas de construcción. — 8. Cómo se dibujan las líneas de construcción. — 9. Cómo se representan los datos. — 10. Cómo se expresan las líneas de demostración. — 11. Cómo se dibujan las líneas de resultado.

1. Las propiedades de los cuerpos que más interesan á los dibujantes son la *figurabilidad*, la *posición* y la *magnitud*.

2. Se llama *figurabilidad* de un cuerpo la forma especial que le afecta y le distingue de otros. Así la figura de una columna es cilíndrica; la de una naranja, cuasi redonda; la de las hojas de un libro, cuadrilonga ó paralelógrama rectangular; etc.

3. Se entiende por *posición* de un cuerpo la postura determinada que conserva en el espacio. Así las varillas de un balcón tienen una posición distinta de la que conserva el pasamano, la de los brazos de un bastidor es diferente de la de las barretas del mismo, etc.

4. Por *magnitud* de un cuerpo se entiende la mayor ó menor extensión de espacio que ocupa. Así tendremos que la magnitud de un realito de vellón es menor que la de un peso duro, por ocupar éste mayor espacio.

5. Cuando se haya de dibujar un objeto debemos atender á su figura, á su posición y á su magnitud, de cuyo ejercicio simultáneo depende la buena ejecución.

6. En los modelos para los ejercicios á ojo y á pulso, se observarán líneas interrumpidas que facilitan poderosamente su trazado ó copia. Estas líneas se llaman, por lo mismo, *líneas auxiliares*.

7. En los ejercicios gráficos, llamamos *líneas de construcción* á las que tienen el mismo objeto que las *auxiliares* en los ejercicios á pulso (a).

8. Las líneas de construcción se dibujan de este modo:

—————: Muchas veces en un mismo dibujo hay que emplear varias de esta especie para distinguir las distintas operaciones; de aquí el diferenciarlas intercalando uno, dos ó más puntos en sus espacios de la manera siguiente:

— . — . — . — ; — — . — — . — — . — — ; — — . — — . — — etc.

9. Los datos se representarán con líneas muy finas ó delgadas, de esta manera

10. Las líneas de demostración se expresan con puntos pequeños, como se ve á continuación.....

11. Las de resultado se dibujan gruesas como la que sigue:

Ejercicios á ojo y á pulso en el papel.

DIBUJOS DEL ATLAS.

Lámina 1.^a (b)

1.^o *Dibujar la figura I.* — Se compone de seis horizontales, iguales y equidistantes, divididas en 2 partes la primera, en 3 y 4 las dos siguientes; la cuarta, quinta y sexta se dibujarán como se ve en el modelo.

(a) Tanto las líneas auxiliares como las de construcción deberán dibujarse muy ligeramente, para que no se confundan con el dibujo y puedan borrarse con facilidad.

(b) Será conveniente que las profesoras vigilen á las alumnas para que en estos ejercicios no usen de la regla, cartabón y compás, ni otro cualquiera instrumento equivalente á éstos, empleándose tan sólo para las comprobaciones.

La posición del cuerpo y colocación del papel ó tablero debe también llamar la atención, y se hará presente que la posición del cuerpo sea libre; no tomando posiciones ridículas; y el papel ó tablero deberá conservarse fijo y en posición horizontal, esto es, que el lado inferior esté dispuesto en la posición indicada.

2.º *Dibujar la figura II.* — Este ejercicio es igual al anterior, y sólo difiere del mismo en la distinta posición que conserva, la cual es vertical.

3.º *Dibujar las figuras III y IV.* — La oblicuidad que conservan estas líneas es la única variación que se nota entre estos y los anteriores ejercicios.

4.º *Dibujar la figura V.* — Se compone de dos rectas paralelas y unidas por mitad por medio de una perpendicular.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS. (a)

Lámina 1.ª

I. *Tirar una recta igual á la suma de tres rectas dadas, a, b.*
c. *Fig. 1.ª* — Aplíquese sobre una recta indefinida A B la línea a de A á C. Á continuación de C, la b que llegará hasta D, la c de D á E y la A E será la recta que se desea. *Dem.* $A E = A C + C D + D E = a + b + c$.

II. *Hallar la diferencia entre dos líneas dadas a, b, Fig. 2.*
— Tómesese una abertura de compás igual á la recta mayor b y aplíquese sobre la indefinida F G desde F hasta H, y la menor a en sentido contrario de H á I, y la I F será la diferencia ó exceso. *Dem.* $I H = F H - F I = b - a$.

III. *Hacer una recta un número de veces mayor, P. ejem. 4, Fig. 3.* — Térese la indefinida H J y aplíquese la recta d cuatro veces sobre dicha indefinida del modo siguiente: póngase la d de H á L, de L á M, de M á N y de N á O, y la recta H O será la que se pide. *Dem.* $H O = H L + L M + M N + N O = d + d + d + d = 4 d$.

IV. *Construcción de una escala de partes iguales con la indicación de una medida de longitud cualquiera, P. ejem. el metro.*
— Supongamos que m sea la unidad de medida. Térese una recta indefinida P Q y aplíquese sobre ésta 10 veces la m desde P hasta R, esta misma longitud P R repítase á continuación cuantas veces se quiera. Ahora numérese como se ve en la figura y se tendrá la construcción pedida.

(a) Los ejercicios gráficos se ejecutarán primero con lápiz y luego se reseguirán con tinta china, advirtiendo que el lápiz esté muy fino ó poco marcado para que haya limpieza al aplicar la tinta.

ARTÍCULO 4.º

Medición de líneas rectas.

1. Qué se entiende por medida. — 2. Cuál es la extensión de la unidad de medida. — 3. Qué longitud tiene el metro. — 4. Cuáles son las unidades tipo del sistema métrico. — 5. Cómo se miden las líneas. — 6. Qué es medir una línea. — 7. Cuáles son los múltiplos y divisores del metro.

1. Se llama *medida* en general al instrumento que se emplea para conocer la extensión ó cantidad de una cosa.

2. La extensión ó capacidad de la unidad de medida es varia, lo mismo que su nomenclatura en las diferentes provincias de España. Por la ley de 19 de Julio de 1849 tenemos establecido en todos los dominios españoles un sistema razonado de medidas, cuya unidad fundamental, base de todo el sistema, es el *metro*.

3. La longitud del *metro* es igual á la diezmillonésima parte del arco del meridiano comprendido del polo Norte al Ecuador.

4. Las unidades de medida y peso de nuestro sistema legal son: el *metro* para las medidas longitudinales, el *área* que es la usual para las medidas superficiales, el *litro* para las de capacidad y arqueos para áridos y líquidos, el *metro cúbico* para las de solidez, el *kilógramo* para las ponderales y la *peseta* para el sistema de moneda.

5. Las líneas se miden por otras líneas ya conocidas, adoptándose en general por medida común la línea recta.

6. Medir una línea ó distancia es averiguar las veces que dicha línea ó distancia contiene á otra conocida que se toma por unidad.

7. Para las medidas de longitud tenemos el metro con sus múltiplos y divisores (a).

Múltiplos. Divisores.

Decámetro = 10	} metros.	Decímetro = 0'1	} metros.
Hectómetro = 100		Centímetro = 0'01	
Kilómetro = 1000		Milímetro = 0'001	
Mirímetro = 10000			

(a) Al final de la obra se halla la tabla de equivalencias del metro con las medidas lineales de las diferentes provincias de España con arreglo á los datos publicados por el Gobierno.

Según el artículo 9 de la Ley se autoriza la circulación y uso de patrones que representen el doble, la mitad ó el cuarto de las unidades legales.

ARTÍCULO 5.º

Del círculo y división de la circunferencia.

1. Á qué se llama círculo y división de la circunferencia. — 2. Qué es radio. — 3. Qué es diámetro. — 4. Los radios y diámetros de un mismo círculo, qué son entre sí. — 5. Qué es arco. — 6. Cómo se considera dividida la circunferencia. — 7. Cómo se indican los grados, minutos, segundos, etc. — 8. Á qué se aplica la división de la circunferencia.

1. *Círculo* es un espacio limitado por una curva llamada *circunferencia*, la cual tiene todos sus puntos equidistantes de uno situado en el medio llamado centro. En la Fig. 5, A B C D es la circunferencia, O el centro.

2. *Radio* de círculo es toda recta que nace del centro y termina en la circunferencia: tal es A B, Fig. 6.

3. *Diámetro* es la recta que pasa por el centro y termina por ambos extremos en la circunferencia: como C D, Fig. 6.

4. Todos los radios de un mismo círculo son iguales, como así mismo los diámetros.

5. *Arco* es una parte cualquiera de la circunferencia, C N B, Fig. 6.

6. Toda circunferencia, cualquiera que sea el radio con que esté descrita, se divide en 360 partes iguales llamadas grados, cada grado se subdivide en 60 partes iguales que se llaman minutos, cada minuto en 60 partes llamadas segundos, etc.

7. Se indican los grados escribiendo un cero á la parte superior derecha del número; los minutos, haciendo un acento en lugar del cero con que se indican los grados; los segundos, con dos acentos, etc. P. ejem. 12 grados 15 minutos y 20 segundos, se escribirán 12° 15' 20".

8. Una de las aplicaciones que se hace de la división de la circunferencia es la medición de los ángulos.

Para esto se tiene el transportador ó sea un semicírculo de latón ó asta dividido en grados y minutos, como se representa en la Fig. 16.

ARTÍCULO 6.º

De los ángulos.

1. Qué es ángulo. — 2. Cómo se clasifican los ángulos. — 3. Cómo se leen los ángulos. — 4. Á qué llamamos medida de un ángulo. — 5. Cómo se verifica la medición de los ángulos. — 6. De qué depende la magnitud de los ángulos. — 7. Qué son ángulos contiguos ó adyacentes. — 8. Cuántos ángulos forman dos rectas que se cortan. — 9. Qué son ángulos opuestos por el vértice. — 10. Qué es complemento de un ángulo y de cuántas maneras puede ser. — 11. Á que se llama suplemento. — 12. Qué se entiende por bisectriz de un ángulo. — 13. Aplicaciones de los ángulos.

1. Se llama ángulo al espacio limitado por dos líneas que concurren en un punto llamado vértice del ángulo.

En la Fig. 7, A B C es el ángulo según la definición dada, B el vértice, A B y C B los lados.

2. Los ángulos los podremos clasificar atendiendo á la naturaleza de las líneas ó lados que los forman y á la mayor ó menor abertura ó inclinación de esos mismos lados. Atendiendo á la naturaleza de las líneas, los llamaremos *rectilíneos* si los lados son líneas rectas, como A B C, Fig. 7; *curvilíneos* si son líneas curvas, como D E F, G J H, Fig. 8 y 9; y *mixtilíneos* si la una es recta y la otra curva, como M N O y I K L, Fig. 10 y 11. Si miramos á su abertura, hallaremos tres especies de ángulos que se denominan: *rectos* cuando sus lados comprenden un arco de 90° como A, Fig. 12; *agudos* cuando abrazan un arco menor de 90° B, Fig. 13, y *obtusos* cuando lo tienen mayor de 90° C, Fig. 14.

3. Para designar un ángulo nombraremos solo la letra que tenga en su vértice, siempre y cuando se halle solo ó aislado; y con tres letras cuando dos ó más ángulos tienen sus vértices en un mismo punto, y en este caso la letra del vértice se nombra la segunda. Así la Fig. 12 es un ángulo solo ó aislado y por lo tanto se nombra sólo con la letra A; y los de la Fig. 15, por tener todos sus vértices en un mismo punto, los leeremos con tres letras de este modo: A B C, C B D, D B E, E B F.

4. Al número de grados y minutos que comprende un arco limitado por los lados de un ángulo trazado desde su vértice, es lo que llamamos *medida de un ángulo*.

Así tendremos que el ángulo A B C, Fig. 17, por ser el arco A G C la cuarta parte de la circunferencia, su valor será de 90° .

5. La medición de los ángulos se verifica del modo siguién-

te. Sea el ángulo $C B D$, Fig. 16. Colóquese el transportador sobre el ángulo de modo que el centro B del diámetro coincida con el vértice y el diámetro con el lado $B D$: cuéntense los grados que abrazan sus lados, y éstos nos dicen su valor. Así en este caso como los lados comprenden de 0 á 45° , diremos que el valor es de 45° igual á la mitad de un recto.

6. La magnitud de un ángulo no depende de la extensión ó longitud de sus lados, sino de la inclinación de éstos. Así, pues, si al ángulo $A B C$, Fig. 17, le prolongamos sus lados $B A$ hasta D y $B C$, hasta E , no por eso vemos que haya sido alterado su valor; puesto que si desde el vértice, con un radio ó abertura de compás igual á $B E$ describimos un arco que quede limitado por los lados, este arco $D R E$ será la cuarta parte de la circunferencia, como lo es de la suya el $A G C$, y como los grados de una y otra son proporcionales, el ángulo no ha sufrido alteración alguna, y por lo mismo quedan iguales.

La simple inspección de la Fig. 16 manifestará con mayor claridad lo expuesto. Esta representa el semicírculo graduado, instrumento que como queda dicho sirve para la medición de los ángulos. Como se ve, el ángulo $A B C$ es igual al $A' B C'$ porque ambos comprenden un arco de 45° .

7. Cuando una línea cae sobre otra, forma dos ángulos que se denominan *cóntiguos* ó *adyacentes*, y éstos serán iguales cuando la una con la otra no tenga ninguna inclinación; tal como $A B$ con la $C D$, Fig. 18; y serán desiguales cuando la tengan, como $E F$ con la $G H$, Fig. 19; en ambos casos la suma de los dos es igual á dos rectos.

8. Dos rectas $A B$ y $C D$ que se cortan (Fig. 20) se las llama secante una de la otra, y forman cuatro ángulos $C O A$, $C O B$, $D O A$, $D O B$ cuya suma equivale á cuatro rectos.

9. Llámense *ángulos opuestos al vértice* los que resultan de la prolongación de los lados en sentido del vértice: así el ángulo $A B E$, Fig. 21, formado por la prolongación de los lados $C B$ y $D B$ del ángulo $C B D$ por el vértice B , será el uno opuesto al otro, y éstos son iguales.

10. Llámase complemento de un ángulo á lo que le falta ó sobra por valer un recto. Así el complemento puede ser por defecto y por exceso: el ángulo $A B E$, Fig. 22, es el complemento por defecto del $E B C$, y el $F B A$ lo es por exceso del $A B C$.

11. Se llama suplemento de un ángulo á lo que le falta para valer dos rectos. En la Fig. 22 el ángulo FBD es suplemento del FBC .

12. Cuando un ángulo se halla dividido en dos partes iguales por una línea recta, se la llama á ésta bisectriz del ángulo. Tal es la AB , Fig. 23, que divide al ángulo CBD en dos enteramente iguales CBA , ABD .

APLICACIONES DE LOS ÁNGULOS.

13. La simple inspección de los objetos elaborados por las artes, nos dan á conocer el uso común de los ángulos. Así vemos en los edificios, en las mediciones de terrenos y levantamiento de planos, en el arte de trabajar el cartón, en las obras de carpintería, ebanistería, cerrajería, hojalatería, etc., mil ejemplos de la aplicación de los ángulos. En las labores de la costurera, modista y bordadora, hallamos también infinidad de ejemplos. Las sábanas, toallas, manteles y pañuelos, son cortados en ángulos rectos: los paños ó telas de la camisa de hombre se cortan también en ángulos rectos: el corte de la pechera de la camisa de hombre forma con el que se practica para la pegadura del cuello un ángulo recto: el medio punto en el bordado en cañamazo, forma con los cuadros de la tela ángulos agudos: el mismo punto entero ó de alfombra, por cruzarse sus puntadas, forman ángulos agudos y obtusos: los dos cuellos de camisa, hoy en boga, terminan sus puntas en ángulos rectos los altos, y obtusos los caídos: la aguja de gancho y lanzadera de hacer la malla nos proporcionan ejemplos de ángulos agudos.

Ejercicios á ojo y á pulso.

DIBUJOS DEL ATLAS.

Lámina 1.^a

1.º *Dibujar la Fig. VI.* — Tírense las dos rectas perpendiculares: divídanse los dos ángulos rectos formados por dichas líneas, en dos partes iguales el uno, y en tres el otro, resultándonos ángulos de 45° en el primer caso, y de 30° en el segundo.

2.º *Dibujar la Fig. VII.* — Representa un decímetro con sus divisores. Para copiarlo, se dibujarán las cuatro horizontales pri-

meramente, siguiendo con las divisiones de los centímetros y milímetros.

3.º *Dibujar una lanzadera de hacer malla, Fig. VIII.*

4.º *Dibujar la escalera de mano, Fig. IX.* — Tírese una horizontal y una vertical como se vé en el modelo. Hecho esto dibújense los listones ó largueros, y luego los pasos travesaños.

5.º *Dibujar las figuras X, XI y XII.* — La primera representa un travesaño de bastidor para bordar. La segunda y tercera son dos guarniciones, cuya labor se hace de cartón con el sacabocados ó con tijera.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

Lámina 1.ª

I. *Formar en el extremo de una recta dada un ángulo igual á otro.* — Sea la recta AB y en su extremo A , fórmese el ángulo mns (Fig. 5). Con una abertura cualquiera de compás, haciendo centro en n trácese el arco trq , con el mismo radio ó abertura de compás, haciendo centro en A , trácese el indefinido gzx ; tómese la distancia tq , y colocando una punta de compás en x con la otra, se traza un pequeño arco sv que corte al gzx , y tirando una línea que pase por este punto de intersección de los arcos y termine en A , obtendremos el ángulo $BAC = mns$.

II. *Formar un ángulo igual á la suma de dos ángulos dados.* — Sean los ángulos que se han de sumar a y b (Fig. 6). Tírese la línea DE : con un radio arbitrario haciendo centro en a y en b , trácense los arcos lnm y opq . Con el mismo radio haciendo centro en D trácese el arco indefinido TNJ . Tómese la distancia ml y póngase de J á R , y oq de R á T , únase el punto T y D , y tendremos el ángulo TDE igual á la suma de los ángulos a y b .

III. *Formar un ángulo igual á la diferencia entre dos ángulos dados.* — Sean los ángulos a y b (Fig. 6). Para esto con un radio cualquiera, haciendo centro en los vértices a , b , se trazan los arcos lnm y opq . Tómese la distancia oq y aplíquese sobre el arco lnm desde el punto m , cuya distancia alcanza hasta n , y uniendo este punto con el vértice a , resultará el ángulo $n al$, diferencia que se pide.

IV. *Dividir un ángulo en dos partes iguales.* — Supongamos

que sea el ángulo $A B C$ (Fig. 7). Con un radio cualquiera hágase centro en B y trácese el arco $d e f$; con el mismo radio, ú otro cualquiera pero mayor que la mitad de la distancia $d f$ haciendo centro en d y f , trácense dos arcos que se corten en m , cuyo punto unido con el vértice B dividirá el ángulo $A B C$ en dos partes iguales.

V. *Dividir un ángulo recto en tres partes iguales.* — Sea el ángulo $A B C$ (Fig. 8). Con un radio arbitrario, hágase centro en el vértice B y trácese el arco $a f c$. Ahora con el mismo radio márguese desde c hacia a el punto e , y desde a hacia c el punto d . Tírense las rectas $e B$, $d B$, y quedará dividido el ángulo recto en tres partes iguales.

VI. *Formar un ángulo de cualquier número de grados, por ejemplo de 45° .* Conociendo ya la medición de los ángulos (página 19), fácilmente se resuelve este problema. Supóngase trazada la recta $B D$ (Fig. 16, Lám. 1.^a de Geometría); colóquese el transportador sobre dicha recta de modo que el centro del diámetro coincida con el extremo B , y el diámetro con la línea, cuéntense los 45° en el semicírculo, y haciendo una señal en este punto, únase por medio de una recta con B y tendremos el ángulo cuyo valor se ha dado.

ARTÍCULO 7.^o

De las rectas según su posición relativa.

1. Qué es línea perpendicular. — 2. Qué es línea oblicua. — 3. Cuáles son las líneas llamadas convergentes. — 4. Qué son líneas paralelas. — 5.Cuál es la propiedad principal de las líneas paralelas. — 6. Qué nombre toma la línea que corta á dos paralelas. — 7. Cuántos ángulos forma la secante con las dos paralelas. — 8. Cómo se denominan esos ocho ángulos combinados dos á dos. — 9. Qué son ángulos alternos-internos, alternos-externos y correspondientes. — 10. Propiedades de esos ángulos. — 11. Aplicación de las perpendiculares, oblicuas y paralelas.

1. *Línea perpendicular* es aquella que cae ó se levanta sobre otra recta sin ladearse y forma con ésta dos ángulos rectos. Tal es en la Fig. 24 la $G H$ con la $E F$.

2. *Línea transversal* ú *oblicua* es aquella que cae sobre otra inclinadamente. En la Fig. 24, $A B$ y $C D$ son oblicuas con respecto á la $E F$.

3. Dos líneas se llaman *convergentes* cuando se hallan sobre

un mismo plano y sus puntos no conservan en toda su extensión una misma distancia y tienden á unirse prolongándose. Tales son en la Fig. 25, las rectas A B, C D, que prolongadas llegarían á encontrarse en E. Cuando estas mismas rectas A B, C D se las mira por la parte A C que tienden á separarse, se las llama *divergentes*.

4. Se llaman líneas paralelas á dos rectas cuando están tiradas en un plano y los puntos de la una distan igualmente de los correspondientes de la otra. Tales son en la Fig. 26, A B y C D.

5. Es propiedad de las paralelas el poderse prolongar cuanto se quiera sin encontrarse jamás.

6. Cuando dos paralelas son cortadas por una tercera línea, toma ésta el nombre de secante. Tal es E F, Fig. 27.

7. La secante E F con las dos paralelas A B, C D, forma ocho ángulos G, H, I, J, L, M, N, O. A los cuatro que se hallan dentro de las paralelas I, J, L, M, se les llama *internos*, y á los situados fuera de las paralelas, G, H, N, O, *externos*.

8. Cuando los ocho ángulos se combinan dos á dos se les denomina *alternos-internos*, *alternos-externos* y *correspondientes*.

9. Se llaman ángulos *alternos-internos* los formados dentro de las paralelas á distinto lado de la secante y en diferente paralela; tales son I, M; J, L, Fig. 27. Son *alternos-externos* los de la parte de fuera situados á diferente lado de la secante y en distinta paralela G, O; H, N. Y *correspondientes* se llama á los situados á un mismo lado de la secante, en diferente paralela, uno interno y otro externo; tales son H, M; G, L; J, O; I, N.

10. PROPIEDADES. — Los ángulos alternos-internos son iguales: los alternos-externos son también iguales, como así mismo los correspondientes; y los contiguos á un mismo lado de las paralelas son el uno suplemento del otro.

APLICACIONES DE LAS RECTAS PERPENDICULARES, OBLICUAS Y

PARALELAS.

11. Los albañiles, carpinteros, cerrajeros, agrimensores, dibujantes, agricultores, modistas y costureras hacen continuamente uso de las perpendiculares y paralelas.

Los albañiles en la colocación de los sillares ó piedras labradas, enladrillados y embaldosados: los carpinteros en la construcción de puertas, marcos de las ventanas, persianas y

travesaños de las escaleras de mano: los cerrajeros en la construcción de balcones, barandillas, verjas y enrejados: los agrimensores en la medición de terrenos y levantamiento de planos: los dibujantes para la copia y reducción de figuras hacen uso de la cuadrícula, cuyas líneas se cortan perpendicularmente. El pautado de los cuadernos de música está compuesto de cinco líneas equidistantes y paralelas: los cartapacios ó papel pautado que se usa para la enseñanza de la escritura española, se compone cada renglón de cinco horizontales y un número indefinido de oblicuas paralelas. El agricultor abre los surcos paralelamente y hace sus combinaciones de paralelas dispuestas oblicua y horizontalmente, en los terrenos pendientes ó inclinados y para las plantaciones de hortaliza y arbolado. Las bordadoras, modistas y costureras hacen continuamente uso de dichas líneas. La contraposición de las puntadas, que no es más que la labor que se ejecuta para reunir los hilos de las telas rasgadas; en todas las aplicaciones del bordado al zurcido, en el bordado de punto de alenzón, en el bordado al realce, en el pasado en blanco etc.; las jaretas y dobladillos que se hacen en las enaguas, calzoncillos de hombre y pantalones de señoras; el dobladillo ó especie de borde que se hace á la ropa blanca cortada para que no se deshile; los pespuntos de las pecheras, cuellos y puños de las camisas, son otros tantos ejemplos de las aplicaciones de las perpendiculares unos, oblicuas otros y todos de paralelas.

Ejercicios á ojo y á pulso en el papel.

DIBUJOS DEL ATLAS.

Lámina 1.^a

1.º *Dibujar la cruz, fig. XIII.* — Se compone de dos listones desiguales, siendo de menor extensión la cruceta, la cual va adornada de una diadema.

2.º *Dibujar un cenotafo, fig. XIV.* — Tírese la línea de tierra y de simetría; luego todas las que se presenten horizontales con las distancias correspondientes, y tómese á derecha é izquierda de la línea de simetría para la extensión ó magnitud que nos da el modelo, y los puntos que marquen estas distancias determinarán la verdadera posición de las perpendiculares y oblicuas que completan el dibujo.

3.º *Dibujar un banzo, fig. XV.*

4.º *Dibujar la fig. XVI.* — Representa una mesa muy consistente que se emplea para el uso de los sacabocados cuando se hacen guarniciones en cartón, ropa, etc.

5.º *Dibujar la greca, fig. XVII.* — Fórmese una cuadrícula con diez horizontales y un número indefinido de verticales: numérense las horizontales y verticales como se vé en la figura; y para copiarla procédase del modo siguiente. Márquese la primera línea de la greca que abraza desde la 2 horizontal hasta la 9 de las mismas, porción que corresponde á la 2 vertical: hágase lo mismo en la segunda línea que le es paralela y que forma el grueso del dibujo; esto es, márquese la parte de la vertical 3, comprendida entre 2 y 8 horizontal, luego continúese con la primera vuelta ó zeta que abraza desde 2 á 9 verticales, en la horizontal 9, y la línea superior que forma el grueso que se extiende de 3 á 8 verticales en la horizontal 8 y siguiendo este mismo orden con las demás vueltas, se tendrá la greca que nos sirve de modelo.

6.º *Dibujar la greca, fig. XVIII.* — Obsérvese lo dicho para la copia anterior.

7.º *Dibujar la diadema del Redentor, fig. XIX.*

8.º *Dibujar la fig. XX.* — Esta figura representa el cuerpo humano bajo la forma de un trazado geométrico, con el objeto de distinguir fácilmente sus proporciones generales.

La altura total del hombre, según las proporciones adoptadas por los más celebrados pintores, es de ocho veces su cabeza. Así, para su trazado, se tirará una vertical dividida en ocho partes, las cuales están representadas con las horizontales 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, y 8.

La primera horizontal corresponde pasar por la parte inferior de la barba.

La segunda pasa por los mismos pezoncillos de los pechos.

La tercera por la cintura.

La cuarta por las ingles.

La quinta divide por mitad los muslos.

La sexta por la parte inferior de la rótula ó hueso de la rodilla.

La séptima por la parte media de las piernas é inferior del músculo mayor de la pantorrilla.

En la octava descansa la figura por pasar la línea por debajo los talones.

Para fijar la medida de los puntos principales correspondientes á la altura y anchura del cuerpo , se trazará una línea a b , igual á la magnitud de una cabeza , ó bien la octava parte de la altura de la figura. Divídase esta línea en ocho partes iguales, y con esta escala ó módulo se determinarán todos los puntos principales ó detalles , tomando de dicha escala las partes correspondientes (a). Así , pues , para fijar dichas partes se tendrá presente lo siguiente :

La horizontal 1 y la paralela inmediata, que representa la parte superior de los hombros , distan dos partes del módulo.

Desde la línea que indica la posición superior de los hombros hasta la hoyuela de la garganta ó punto superior del esternón , hay dos partes.

Desde la horizontal 3 que pasa por la cintura hasta el ombligo, se fijan dos partes.

Desde la horizontal 6 que pasa por el punto inferior de la rótula hasta el medio de la rodilla , dos partes.

Desde la línea octava hasta la garganta del pie y altura que corresponde al tobillo en la parte interior , tres partes.

ANCHURA DEL CUERPO. — La mayor anchura se halla en los puntos más salientes de los hombros , que es igual á dos cabezas ó diez y seis partes del módulo , y diez representada la figura de costado (b).

El cuello tiene cuatro partes.

En los sobacos doce partes por el frente, y diez por el lado.

En la cintura , punto de la horizontal 3 , diez partes vista de frente y ocho de lado.

En las nalgas doce por el frente y diez por el lado.

PIERNAS. — El muslo tiene seis partes.

La rodilla cuatro.

Cinco la pantorrilla.

Dos en el tobillo por el frente , y tres por el lado.

Y ocho partes el largo del pie , y dos de ancho en el talón.

(a) La disposición con que están colocados los números en la figura dan á conocer los que indican la medida de altura , anchura y grueso en el cuerpo , y de largo y ancho en los brazos.

(b) La numeración que marca la anchura en el cuello y tronco figura sólo por mitad desde el centro del cuerpo , que es por donde atraviesa la línea de simetría.

BRAZOS. — La magnitud ó largo del brazo es de tres módulos, tomada esta extensión desde el sobaco hasta el extremo del dedo medio.

Los puntos principales que corresponden á las divisiones del brazo en lo largo y ancho son los siguientes:

Cuatro partes desde el sobaco á la parte superior del hombro.

Ocho desde el sobaco hasta el músculo denominado morcillo que corresponde al codo.

Diez desde el codo á la mano.

Y seis para la mano.

La anchura del brazo por el morcillo es de tres partes por el frente y cuatro por el lado.

Cuatro tiene la tabla vista de frente, y tres por el lado.

Dos la muñeca por el frente, y una y media por el lado.

Para la cabeza se trazará un cuadrado, cuya magnitud sirve de tipo para las proporciones de la figura. La altura y grueso del cuello tiene cuatro partes.

Proporciones de la mujer. — Las proporciones generales del cuerpo de la mujer son iguales á las del hombre, diferenciándose únicamente en lo siguiente:

1.º La musculatura no es tan pronunciada como la del hombre, presentando todo su cuerpo un contorno hermoso.

2.º La cabeza es más corta y el cuello un poco más largo, pero esta diferencia forma un total igual á la proporción que tiene el hombre desde la parte superior de los hombros á la superior de la cabeza.

3.º El pecho y las espaldas son más estrechas.

4.º Las caderas son más abultadas y anchas.

5.º Los muslos son más gruesos y redondos, perdiendo con suavidad su volumen hasta las rodillas.

6.º Las pantorrillas son más gruesas y redondas adelgazándose poco á poco hasta la garganta, punto de unión de la pierna con la parte superior del pie.

7.º El pie es más pequeño, pero más carnoso y de formas más redondeadas.

8.º Los brazos son más gruesos en la parte superior ó inmediata al hombro y redondeados en toda su extensión, adelgazándose lentamente hasta la muñeca.

9.º Las manos son más pequeñas y carnosas.

Proporciones de los niños. — Las proporciones del cuerpo de los niños varían mucho con la edad : cuando recién nacidos tienen la altura de cuatro cabezas , á los cinco años tienen cinco cabezas , y así sucesivamente van creciendo hasta la edad adolescente , en la cual se tienen ya ocho cabezas.

La forma general de sus carnes es abultada y redondeada y tienen varias y gruesas arrugas en el pescuezo , en las nalgas , inmediato á las choquezuelas , en las pantorrillas y garganta de los pies. En la parte inferior del brazo y en la muñeca se observan también iguales roscas ó arrugas más ó menos hondas. Y en las articulaciones de los codos , rodillas y dedos , tienen unos hoyos , formados por lo abultado de sus carnes.

Ejercicios gráficos

PROBLEMAS

Lámina 1.^a

I. *Levantar una perpendicular en el punto medio de una recta dada.* — Sea la recta AB , (Fig. 9). Con un arco cualquiera , pero mayor que la mitad de la recta , hágase centro en los extremos A y B y trácense dos arcos en la parte superior que se cortarán en c y dos en la inferior que se cruzarán en d : únense esos puntos de intersección c y d por medio de una recta , y ésta será la perpendicular pedida.

II. *Dado un punto en una recta levantar una perpendicular.* — Sea AB la recta y C el punto , (Fig. 10). Con una abertura de compás cualquiera , haciendo centro en C , márchense los puntos e , d : desde e y d con radio arbitrario trácense dos arcos en la parte superior que se cortarán en t , tírese la recta tC y ésta será la perpendicular propuesta.

III. *Dada una recta bajar una perpendicular desde un punto tomado fuera de ella.* — Sea la recta AB y el punto C , (Fig. 13). Desde el punto C con un radio mayor que la distancia de dicho punto á la recta , describase un arco que la corte en dos puntos D E ; con el mismo radio , ú otro cualquiera , pero mayor que la mitad DE , haciendo centro en dichos puntos , trácense los arcos que se corten en F ; y uniendo este punto con C , tendremos la perpendicular trazada.

IV. *En el extremo de una recta levantar una perpendicular.*

— Sea la recta $B D$, (Fig. 11). Tómese un punto cualquiera fuera de la recta tal como C ; y con el radio $C B$ describese una circunferencia ó un arco mayor que una semicircunferencia, tal como $E B D$: tírese el diámetro $D E$ y uniendo el punto E con B , se tendrá la perpendicular pedida.

Este problema puede resolverse también del modo siguiente:

Sea la recta propuesta $R S$, Fig. 12. Con un radio cualquiera desde R describese el arco $c a$, y con el mismo radio desde a el arco b , R : tírese la recta $a T$ que pase por d , haciendo que $a d$ sea igual á $d T$, y uniendo T con R , tendremos la perpendicular trazada.

V. *Dada una recta prolongarla indefinidamente.*—Sea la recta $M N$. (Fig. 14). Desde N con un radio cualquiera trácese el arco $o P z$, con el mismo radio desde P el $o N z$; y desde z y o con un radio mayor trácense dos arcos que se corten en u ; y uniendo este punto con N tendremos la prolongación de la recta dada.

VI. *Dada una recta tirar una paralela que pase por un punto dado.*—Sea la recta $A B$ y el punto C , (Fig. 15). Con el mayor radio posible desde el punto C describese el arco $D E$; y con este mismo radio desde E el arco $C F$, tómese la distancia $F C$ y aplíquese sobre el arco $E D$, y por los puntos C y D tírese una recta que será la paralela pedida.

VII. *Dividir una recta en un número dado de partes iguales.*—P. ejem. 5. Sea la recta $A B$, (Fig. 16). Hágase en el extremo A un ángulo cualquiera y en el otro extremo B un ángulo igual al $B A C$: con un radio arbitrario aplíquese sobre las dos rectas auxiliares $A C$ desde A y $B D$ desde B , tantas veces cuantas sean las partes en que se ha de dividir la recta propuesta: numérense estas partes como se vé en la figura: únanse con rectas auxiliares los puntos 1 y 4, 2 y 3, 3 y 2, 4 y 1; y estas paralelas cortarán á la recta dada en las partes iguales que se pide.

Entre los varios instrumentos que usamos para la delineación, tenemos el cartabón que sirve para trazar paralelas y perpendiculares: su uso no nos da la precisión del compás, pero su fácil manejo y la prontitud con que se ejecutan las operaciones, le da una importancia justa. Explicaremos su empleo presentando algunos casos.

VIII. *Dada una recta trazar una paralela que pase por un punto dado.*—Sea la recta $a b$ y punto d . (Fig. 18). Aplíquese el cartabón n de modo que un cateto coincida con la línea dada: tó-

mese la regla t y colóquese de modo que se ajuste su borde con la hipotenusa del cartabón: téngase sujeta con la mano izquierda la regla, y con la derecha hágase correr el cartabón, rozando siempre con la regla, hasta que el cateto coincida con el punto dado; y en este estado trácese una recta, la cual será la paralela pedida. La Fig. 17 nos presenta otro medio de trazar paralelas con el cartabón escaleno: consiste en ajustar el cateto menor á una regla bien sujeta, tal como $A B$, y hacer correr el cartabón t á lo largo de la regla hasta que el cateto mayor se fije en los puntos dados. P . ejem. $D F$., y en esta posición se habrán marcado las paralelas $D C$, $F E$.

IX. *Dada una recta y un punto en ella levantar una perpendicular.*—Sea la recta $a b$ y el punto c (Fig. 18). Póngase el cartabón de modo que se ajuste un cateto con la línea dada; colóquese la regla que coincida también con la hipotenusa; y moviendo el cartabón hasta que el otro cateto corresponda con el punto dado, trazaremos la recta $d c$, que es la perpendicular propuesta.

ARTÍCULO 8.º

De las figuras en general.

1. A qué se da el nombre de figura.—2. Cómo se dividen las figuras según las líneas que las limitan.—3. Cuántas cosas hay que ver en toda figura.—4. Qué se entiende por área, contorno y perímetro de una figura.—5. Qué son figuras isoperímetras, equivalentes é iguales.

1. Se da el nombre de *figura* á todo espacio cerrado por líneas.

2. La figura se llama *rectilínea* cuando las líneas que limitan el espacio son rectas; *curvilínea* cuando se compone de líneas curvas, y *mixtilínea* cuando consta de líneas rectas y curvas.

3. En toda figura tendremos que ver tres cosas: espacio, líneas que le cierran y la medida de esas mismas líneas.

4. El espacio cerrado por líneas se llama *área* ó *superficie*; á las líneas que limitan el espacio se las denomina *contorno*, y á la medida del contorno, ó á una recta equivalente en su extensión á éste, se la llama *perímetro*.

5. A las figuras se las llama *isoperímetras* cuando tienen sus perímetros de igual extensión; *equivalentes* cuando tienen diferente forma pero igual superficie, y serán *iguales* cuando tengan formas y superficies iguales.

ARTÍCULO 9.º

De los triángulos.

1. Qué es triángulo. — 2. De qué se compone todo triángulo. — 3. Cómo se dividen los triángulos atendiendo á la magnitud de sus lados. — 4. Qué es triángulo equilátero. — 5. Qué es triángulo isósceles. — 6. Qué es triángulo escaleno. — 7. Atendiendo á sus ángulos, cómo se dividen los triángulos. — 8. Qué es triángulo rectángulo. — 9. Qué es triángulo acutángulo. — 10. Qué es triángulo obtusángulo. — 11. Qué nombre toman los lados del triángulo rectángulo. — 12. Qué se entiende por base y altura de un triángulo. — 13.Cuál es la altura de un triángulo rectángulo cuando se toma por base uno de sus catetos. — 14.Cuál es el lado que generalmente se toma por base en los triángulos isósceles. — 15. Propiedades de los triángulos. — 16. Igualdad de triángulos. — 17. Aplicaciones de los triángulos.

1. La figura rectilínea más sencilla se llama *triángulo*, que es el espacio limitado por tres líneas (A B C Fig. 28).

2. Todo triángulo se compone de tres lados y de tres ángulos.

3. Atendiendo á la magnitud de los lados, clasificaremos á los triángulos en *equiláteros*, *isósceles* y *escalenos*.

4. Se llaman triángulos *equiláteros* los que tienen iguales todos sus tres lados (A B C Fig. 28).

5. Triángulo *isósceles* ó *simétrico* es el que tiene dos lados iguales (A B D. Fig. 29).

6. Triángulo *escaleno* es el que tiene desiguales sus tres lados (C B D. Fig. 30).

7. Atendiendo á los ángulos, los triángulos son *rectángulos*, *acutángulos* y *obtusángulos*.

8. Un triángulo es *rectángulo* cuando tiene un ángulo recto (A B C. Fig. 31).

9. Se llama triángulo *acutángulo* cuando los tres ángulos los tiene agudos (A B C, A B D, Fig. 28 y 29).

10. Se denomina triángulo *obtusángulo* cuando tiene un ángulo obtuso (C B D, Fig. 30).

11. En el triángulo rectángulo, á los lados que forman el ángulo recto se les da el nombre de *catetos* (A B, B C, figura 31); y al opuesto al ángulo recto se le denomina *hipotenusa* (A C, Figura 31).

12. Por *base* de un triángulo se entiende la línea sobre la cual insiste ó descansa la figura (A C, A D, B D, B C, figuras 28, 29, 30 y 31); y *altura* es la perpendicular bajada á la base

ó á su prolongación desde el vértice del ángulo opuesto á ella (B E, C A, Fig. 29 y 30).

13. En el triángulo rectángulo, cuando la base es un cateto, representa la altura el otro cateto.

14. En el triángulo isósceles generalmente se toma por base el lado desigual.

PROPIEDADES DE LOS TRIÁNGULOS.

15. En todo triángulo la suma de sus tres ángulos es igual á dos rectos, ó 180° .

Todo triángulo no puede tener más que un ángulo recto ú obtuso, siendo los demás agudos.

El ángulo externo formado por la prolongación de uno de sus lados es siempre mayor que cualquiera de los internos opuestos é igual á la suma de ambos.

Un lado de un triángulo es siempre menor que la suma de los otros dos.

En un triángulo el lado mayor siempre se opone al mayor ángulo.

Si desde el medio de los lados del triángulo se levantan perpendiculares, se encontrarán en un punto equidistante de los vértices.

Las bisectrices de un triángulo concurren todas tres en un punto distante igualmente de los lados.

IGUALDAD DE TRIÁNGULOS.

16. Dos triángulos son iguales, 1.º cuando tienen sus tres lados respectivamente iguales, 2.º cuando tienen un ángulo igual y los lados que le forman son respectivamente iguales, y 3.º cuando tienen un lado igual y los dos ángulos formados en sus extremos son también iguales.

APLICACIONES DE LOS TRIÁNGULOS.

17. Los triángulos son de mucha aplicación en la Geometría práctica. El cartabón, tanto isósceles como escaleno, y el nivel de albañil tienen la figura triangular: muchos cuchillos de armaduras y los frontones de Arquitectura son también de figura triangular: los jardineros en la distribución del terreno hacen uso á menudo de combinaciones de triángulos para adornar sus jardines:

el albañil con ladrillos triangulares forma para pavimentos combinaciones muy hermosas con sus variados colores: la bordadora imita en el cañamazo con seda ó lana dichos pavimentos: la costurera necesita el uso de los triángulos en el corte de las camisas de hombre y mujer; en las del primero, en las llamadas antiguas, se une á las hombreras un cuadrito que se dobla formando un triángulo rectángulo; otros iguales y menores se pegan en las boca-mangas y abertura que se deja en la parte inferior del cuerpo de la camisa; en la de las mujeres las negas que se cortan de un lado, después de doblada por mitad la tela destinada para cuerpo, son dos triángulos rectángulos, que pegados á la parte opuesta aumentan su vuelo, colocándolos de manera que lo más ancho esté abajo.

Ejercicios á ojo y á pulso.

ATLAS.

Lámina 2.^a

1.^o *Dibujar el triángulo equilátero.* Lám. 3.^a Fig. 1. Dibújese una horizontal, y en su parte media concíbese levantada una perpendicular donde concurrirán las dos oblicuas de igual magnitud que la horizontal, las cuales cerrarán el espacio.

2.^o *Dibujar el cartabón escaleno.* Lám. 2.^a Fig. 1.

El cartabón tiene la forma de un triángulo rectángulo, cuyos catetos son de igual magnitud ó el duplo uno de otro, y tiene un agujero en medio donde se apoya la yema de los dedos para moverle cuando se hace uso de él. Para dibujarlo se forma un ángulo recto, cuyos lados tengan iguales dimensiones que los del modelo: después se unen los extremos de los lados con otra recta, y últimamente el circulito que representa el agujero (1).

(1) Los dibujos que representan objetos de relieve ó que sobresalen sus superficies, respecto á las de su rededor, deberán dibujarse de modo que la diferencia de grueso de las líneas nos haga conocer el cuerpo que figuran. Para poder aplicar el grueso donde corresponde, téngase presente que todo objeto corpóreo se considera entre los dibujantes iluminado por el Sol en una posición tal, que sus rayos de luz formen con la superficie donde descansa el cuerpo, un ángulo de 45°. Así, pues, cuando se le dibuje se marcarán gruesas todas las líneas que suponemos que el objeto en la posición en que se halla arrojarían sombra.

No creo sea por demás advertir que la luz recibe el objeto por la parte izquierda. Las figuras de las láminas del dibujo á ojo y á pulso, las de los ejercicios gráficos que corresponden á la sección de construcción de plantillas, están representadas del modo indicado.

3.º *Dibujar la figura II.* Representa el cartabón isósceles. Para dibujarla, fórmese una recta y concíbese en su medio levantada una perpendicular de igual magnitud que la mitad de la recta trazada, y uniendo este punto con los extremos de dicha recta, tendremos el triángulo, terminando su trazado como se ha dicho para el anterior.

4.º *Dibujar un frontón de arquitectura,* Fig. III. Este adorno arquitectónico consta de tres cornisas, una horizontal y dos inclinadas que se juntan en el centro de la figura, las cuales unidas con la horizontal forman un triángulo. Las cornisas inclinadas constan de varias molduras que con la cornisa horizontal forman varios triángulos. El espacio comprendido entre dichas cornisas se denomina tímpano. Para dibujar dicha figura, tírese una línea horizontal y otra perpendicular á ésta en su parte media; estas y demás líneas auxiliares que figuran facilitarán su dibujo, puesto que en la vertical se apoyan las cornisas inclinadas, y la cornisa horizontal tiene todas sus molduras paralelas á la horizontal auxiliar.

5.º *Dibujar el pavimento ó alfombrado.* Lám. 2.ª Fig. VI. Dibújese un cuadrado dividiendo sus lados en 4 partes iguales; tírense las horizontales y verticales y trazando las diagonales en los cuadrados que resultan, tendremos el pavimento pedido (1).

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

TRIÁNGULOS.

I. *Dada la longitud de un lado, construir un triángulo equilátero.* — Sea la recta A B, Fig. 19.

Con un radio igual á la recta dada haciendo centro en los extremos A B, trácense los arcos que se cortan en C, y uniendo este punto con A y con B, tendremos el triángulo pedido.

II. *Construir un triángulo isósceles conocida la base r , y sus lados s .* Fig. 20. — Tírese A B = r , con una abertura de compás

(1) Este y los demás pavimentos ó alfombrados, que figuran en la misma lámina, están indicados por medio de líneas grises, con el objeto de expresar las combinaciones y poder aplicar el lavado usando la materia colorante que se desee. En la sección correspondiente se darán á conocer los diferentes colores y sus combinaciones, sus escalas, tonos y matices.

igual á s , haciendo centro en A y B, trácense dos arcos que se cortarán en C, únase este punto con A y B, y tendremos el triángulo construido.

III. *Dadas tres rectas formar un triángulo.*—Sean las rectas r, t, s . Fig. 21. Tírese la $AB = r$: con un radio igual á s , desde A trácese un arco indefinido, con otro radio igual á t desde B describese otro arco que corte al primero, y desde C, punto de intersección de dichos arcos, tírense las rectas CA, CB y tendremos el triángulo propuesto.

IV. *Dados dos lados y un ángulo, construir un triángulo.*—Sean los lados r, s y el ángulo t . Fig. 22. Trácese la recta $AB = r$: fórmese en A un ángulo igual á t , y el lado que con AB formará el ángulo que sea igual á s ; únase C, extremo del lado, con B, y tendremos el triángulo pedido.

V. *Dados dos ángulos y un lado, construir un triángulo.*—Sean los ángulos n, i , y el lado t . Fig. 23. Tírese la recta $AB = t$, y en sus extremos A y B fórmense los ángulos n, i , y la prolongación de los lados, que se encontrarán en C, nos dará la construcción del triángulo propuesto.

VI. *Construir un triángulo rectángulo isósceles, cuya hipotenusa sea igual á una recta dada.*—Supongamos que AB sea la recta indicada. Fig. 24. Divídase en dos partes iguales por medio de la perpendicular CD: hágase centro en D, y con el radio DB, describese la semicircunferencia ACB: tírense las rectas CB, CA y tendremos el triángulo trazado.

Pueden presentarse también en la construcción del triángulo rectángulo otros dos casos; 1.º que no se dé dato alguno, 2.º que se dé la longitud de los lados. Cuando se quiere un triángulo rectángulo sin determinar las dimensiones de los lados, no hay más que desde un punto de la semicircunferencia tirar dos rectas á los extremos del diámetro y quedará construido el triángulo. Si se dan dos lados, por ejemplo, la longitud de la hipotenusa r y la de un cateto n , entonces se toma por diámetro la hipotenusa (figura 24) y descrita la semicircunferencia, aplíquese n de B á G, y tirando la recta GA, tendremos formado el triángulo.

ARTÍCULO 10.

De los cuadriláteros.

1. Qué es cuadrilátero. — 2. Cuántas especies de cuadriláteros hay. — 3. Qué es trapezoide. — 4. Qué es trapecio. — 5. Cuál es el paralelogramo. — 6. Cómo se divide el trapezoide. — 7. Cómo se divide el trapezio. — 8. Cómo se dividen los paralelogramos. — 9. Qué es base de un cuadrilátero. — 10. Qué es altura. — 11. A qué recta se da el nombre de diagonal. — 12. Propiedades de los cuadriláteros. — 13. Aplicaciones de los cuadriláteros y sus diagonales.

1. A toda figura compuesta de cuatro lados se llama *cuadrilátero*.

2. Hay tres especies de cuadriláteros que se denominan *trapezoides*, *trapecios* y *paralelogramos*.

3. *Trapezoide* es aquel cuadrilátero que no tiene ningún lado paralelo (A B C D, E F G H, Fig. 32 y 33 Lám 2.^a de Geometría).

4. *Trapezio* es el cuadrilátero que solamente tiene dos lados paralelos (A F G H, N S G M, Fig. 34 y 35).

5. *Paralelogramo* es el cuadrilátero que tiene sus cuatro lados paralelos dos á dos é iguales los opuestos (A B C D, E F G H, A L S F, A B D C, Fig. 36, 37, 38 y 39).

6. El trapezoide puede ser *simétrico* y *escaleno*.

Se llamará *simétrico* cuando tiene los lados iguales dos á dos, (E F G H, Fig. 33) y *escaleno* cuando tiene sus cuatro lados desiguales (A B C D, Fig. 32).

7. El trapezio puede presentarse de tres maneras: *escaleno*, *isósceles* ó *simétrico* y *rectángulo*.

Se llamará *escaleno* cuando tenga los cuatro lados desiguales (A F G H, Fig. 34). *Isósceles* ó *simétrico*, cuando tenga los dos lados no paralelos iguales (N M G S, Fig. 35). Y *rectángulo*, cuando tenga dos ángulos rectos (A F G H, Fig. 34).

8. Tenemos cuatro clases de paralelogramos: el *cuadrado*, el *rectángulo*, el *rombo* y el *romboide*.

Cuadrado es el paralelogramo que tiene iguales sus cuatro lados y los ángulos rectos (A B C D, Fig. 36).

Paralelogramo rectángulo ó *cuadrilongo* es el que tiene los ángulos rectos y los lados que forman un mismo ángulo son desiguales (E F G H, Fig. 37).

Rombo es el paralelogramo que tiene sus cuatro lados iguales y

los ángulos adyacentes á un mismo lado desiguales (A L S F, Fig. 38).

Y *romboide* es el paralelógramo que tiene los lados contiguos ó que forman un mismo ángulo desiguales y los ángulos adyacentes á un mismo lado también desiguales (A B D C, Fig. 39).

9 *Base* de un cuadrilátero es la recta sobre la cual se considera formada la figura. (M G, D C, H G Fig. 35, 36 y 37).

10. *Altura* de un cuadrilátero es la extensión de la perpendicular bajada de la parte superior á la base como A E, ó á su prolongación B F, (Fig. 39).

11. Se llama *diagonal* á la recta tirada desde un ángulo á su opuesto no inmediato (S M, N G, A C, D B Fig. 35 y 36).

12. *Propiedades de los cuadriláteros.*

1.^a La suma de los ángulos de un cuadrilátero es igual á 4 rectos = 360° .

2.^a La diagonal divide á todo cuadrilátero en dos triángulos.

3.^a En el trapezoide simétrico, las diagonales se cortan perpendicularmente y en partes iguales la menor (Fig. 33); y en el escaleno, se cortan oblicua y desigualmente.

4.^a En los trapecios se cortan también oblicua y desigualmente.

5.^a En los paralelógramos las diagonales se cortan por mitad: en el cuadrado se cortan perpendicularmente y en partes iguales: en el rectángulo se cortan oblicuamente y en partes iguales: en el rombo perpendicularmente y en partes iguales cada una de ellas; y en el romboide oblicuamente y en partes iguales cada una.

Aplicaciones de los cuadriláteros y sus diagonales.

13. Infinitas son las aplicaciones que se hacen de los cuadriláteros, y en particular de los paralelógramos, en las artes. En cualquier salón donde nos hallemos, y más especialmente los destinados á la enseñanza, no podemos volver la vista á punto alguno que no veamos una aplicación de los paralelógramos. Prescindiendo de las infinitas aplicaciones que observamos en las artes, nos concretaremos sólo á indicar algunas correspondientes al de la modista ó costurera.

El jaretón que se dispone á lo largo de la pechera de una vara de largo y una tercia de anchura, los puños y tira que se une al cuello de las camisas, y la tela doblada que forma el cuerpo de la camisa de hombre, son paralelógramos rectángulos. Las dos piezas de una media cuarta de extensión que se cosen en la parte

superior de la manga , y que pegada ésta corresponde al sobaco, son unos cuadrados: la misma figura tiene el corte de las piecécitas que sirven de nesguillas , y se cosen en los hombrillos unas, y otras para refuerzo en las aberturas interiores de los faldones de la camisa y bocamangas , cuyos cuadrados se doblan por una de las diagonales. La figura que nos presenta el árbol ó cuerpo de camisa de señora , después de pegarle las nesgas ; los tres ó más paños que se cortan según el ancho de la tela para unas enaguas; las piezas ó paños de lienzo que se unen para formar las sábanas y manteles y la figura de éstos , son otros tantos ejemplos de la multitud de aplicaciones que vemos de figuras trapeziales, paralelogramas, rectangulares y cuadradas.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 2.^a

1.^o *Dibujar un cuadrado.*—Fig. II. Lám. 3.^a Trácese una horizontal de la extensión que presenta el modelo. Levántese en cada extremo una perpendicular de igual magnitud que la horizontal trazada , y uniendo sus extremos por medio de una recta, tendremos el cuadrado propuesto.

2.^o *Dibujar la Fig. IV.* Lám. 2.^a—Esta figura representa un enlazado de rombos. Para dibujarla, trácese un cuadrado, divídase su altura por mitad y su ancho en cuatro partes iguales, cuyas líneas auxiliares facilitarán su copia.

3.^o *Dibujar la Fig. VII.* Lám. 2.^a—Representa una superficie compuesta de cuadrados. Para delinearla , se dibuja un cuadrado de igual magnitud que el modelo : se divide cada lado en cuatro partes iguales , y uniendo estos puntos de división por medio de horizontales y verticales se obtendrá la figura.

4.^o *Dibujar la Fig. VIII.* Lám. 2.^a—Trazado el cuadrado y divididos sus lados en tres partes iguales cada uno , únense estos puntos de división por medio de oblicuas , como se vé en el modelo , y se tendrá dibujada la figura.

5.^o *Dibujar las Figs. X, XI, XII y XIII.*—La primera representa un alfombrado ó pavimento compuesto de paralelogramos rectángulos: la segunda otro compuesto de rombos; la tercera otro de rectángulos en zig zag, y la cuarta otro de rombos y romboides.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

Cuadriláteros.

I. *Dado un trapezoide $a b c d$, formar otro igual.* Fig. 25. Lámina 1.^a—Tírese la recta $A B = a b$, y con un radio igual á la diagonal $b d$, haciendo centro en B, trácese el arco n , con el $a d$ desde A el arco m : tírese la recta A D punto donde se cortan los arcos m, n : desde D, intersección de dichos arcos, con la longitud $d c$, trácese el arco r , y desde B, con la distancia $b c$ hágase otro s que corte al r , y uniendo C con B y con D, tendremos el trapezoide que se desea.

II. *Construir un trapezio rectángulo cuyas bases sean iguales á m, n y la altura á b .* Fig. 26. —Hágase $D E = m$, levántese la perpendicular $D G = b$: desde G tírese la recta $G F = n$ y paralela á D E: únase el punto F y E, y quedará formado el trapezio D E F G.

III. *Formar un trapezio isósceles dadas las bases t, r , y la altura s .* Fig. 27. —Tómese $C D = t$, y en su centro A, levántese la perpendicular $A B = s$: por B hágase pasar una recta indefinida y paralela á C D: aplíquese por mitad la recta r á derecha é izquierda de B, de modo que sea $B E = B F$: tírense las rectas E D, F C y quedará construido el trapezio.

IV. *Dibujar un cuadrado cuyos lados sean iguales á la recta x .* Fig. 28.—Tírese la recta $R S = x$, y en sus extremos levántense las perpendiculares R F, S T iguales á x ; únense los puntos F T y quedará formado el cuadrado.

V. *Dada la diagonal m , formar un cuadrado.* Fig. 29. —Tírese la recta $P R = m$ y en su centro trácese la perpendicular $S Q = m$ que se corten por mitad: únense los puntos S R Q P y tendremos formado el cuadrado.

VI. *Delinear un paralelógramo rectángulo dados los lados adyacentes r, z .* Fig. 30. —Tírese la recta $A B = r$, y en sus dos extremos levántense las perpendiculares A G y B D iguales á z ; y uniendo los puntos G y D, obtendremos el rectángulo pedido.

VII. *Construir un romboide dados los lados adyacentes s, t y la diagonal q .* Fig. 31. —Tómese $E F = t$: desde E con un radio igual á q trácese un arco, que con otro descrito desde F con el radio s se cruzarán en H: desde H y E con un radio igual á s y t , trácese los dos arcos que se cortan en G; y tirando las rectas

G H, G E, H F, se tendrá delineado el paralelógramo propuesto.

VIII. *Formar un rombo conocida la diagonal p, y la magnitud de sus lados q.* (Fig. 32).—Hágase $H I = q$, y con un radio igual á p , describáse un arco desde H que con otro trazado desde I con el radio q se cortarán en L; desde L y H con el mismo radio q trácense dos arcos que se cortarán en J; y uniendo éste punto J con L y H y el punto L con I se tendrá la figura pedida.

IX. *Dibujar un rombo cuyas diagonales sean iguales á las rectas m, n.* (Fig. 33).—Tírese $A C = m$, y en su centro levántese la perpendicular D B haciendo $DO = OB = \frac{1}{2} n$; únanse los puntos A B C D y tendremos construido el rombo.

ARTÍCULO 11.

De los polígonos.

1. Qué se entiende por polígono.—2. Cuál es la denominación de los polígonos según el número de lados de que constan.—3. Cómo se dividen los polígonos.—4. Qué es centro de un polígono.—5. Qué se entiende por base y por altura.—6. Qué se entiende por radio oblicuo y radio recto ó apotema de un polígono regular.—7. Cuál es el ángulo central de un polígono regular.—8. Cuántas diagonales pueden trazarse desde un solo vértice de un polígono.—9. Á qué ángulos se les denomina entrantes y salientes.—10. Cuándo son concéntricos dos ó más polígonos.—11. Cuándo está inscrito un polígono á un círculo, ó un círculo circunscrito á un polígono.—12. Cuándo está circunscrito un polígono á un círculo, ó inscrito un círculo á un polígono.—13. Propiedades de los polígonos regulares.—14. Aplicaciones de los polígonos.

1. Generalmente se llama *polígono* toda figura terminada por más de cuatro líneas.

2. Los polígonos según el número de lados se denominan *pentágono* cuando constan de cinco lados, *hexágono* cuando tienen seis, *heptágono* cuando siete, *octógono* cuando ocho, *eneágono* cuando nueve, *decágono* cuando diez, *endecágono* cuando once, *dodécágono* cuando doce, y en general polígono de trece, catorce, quince, etc., lados.

3. Los polígonos pueden ser regulares ó irregulares.

Se llama polígono regular cuando tiene todos sus lados y ángulos iguales. A B C D E, (Fig. 40. Lám. 2.^a de Geometría). Son irregulares los polígonos cuando sus ángulos y lados son desiguales. A N M P Q R, M N O P Q S. Fig. 41 y 45.

4. *Centro* de un polígono regular es el punto situado en me-

dio de la figura que dista igualmente de sus ángulos y de sus lados. Tal es el punto O, Fig. 40.

5. Llamamos *base* de un polígono al lado sobre el cual se considera formada la figura (E D, Fig. 40; Q P, Fig. 41); y *altura* es la perpendicular bajada desde el punto superior del polígono á la base ó á su prolongación B F, Fig. 40.

6. Toda recta que parte del centro de un polígono y termina en el vértice de uno de sus ángulos se llama *radio oblicuo*. O E, O D, Fig. 40. Y se llamarán *apotemas* ó *radios rectos* á las líneas que nacen del centro y son perpendiculares á los lados. O F, O R, Fig. 40. Á la diferencia que hay entre el radio oblicuo y el recto se denomina *sagita*.

7. Se llama *ángulo central* de un polígono al que tiene el vértice en el centro, y está formado por dos radios oblicuos inmediatos. A O B, A O E, Fig. 40.

8. Desde el vértice de un ángulo de un polígono pueden trazarse tantas diagonales como lados tiene el polígono menos tres. Q A, Q N, Q M, Fig. 41.

9. Se llama *ángulo entrante* de un polígono al que tiene el vértice dentro de la figura. M S R, Fig. 45. Y *ángulo saliente* cuando tiene el vértice á la parte exterior, S M N, M N O, etc., Figura 45.

10. Se dice que dos ó más polígonos son *concéntricos* cuando todos ellos tienen un mismo centro y sus lados paralelos, A B C D E F, *a b c d e f*, y el centro común O. Fig. 42.

11. Un polígono está *inscrito* á un círculo ó el círculo está *circunscrito* á un polígono cuando sus ángulos tienen sus vértices en la circunferencia. P. ejem. A B C D E, Fig. 40.

12. Un polígono está *circunscrito* ó el círculo *inscrito* en el polígono, cuando los vértices se hallan fuera del círculo y los lados tocan á la circunferencia en un punto. A D E F G, Fig. 44.

PROPIEDADES DE LOS POLÍGONOS REGULARES.

13. Todos los radios oblicuos son iguales y son bisectrices de sus ángulos.

Los radios oblicuos dividen al polígono en tantos triángulos iguales como lados tiene, siendo todos isósceles menos en el exágono que resultan equiláteros.

Si se describe una circunferencia con el radio oblicuo, el polígono quedará inscrito.

Todos los radios rectos son iguales y dividen por mitad á los lados.

Si se traza una circunferencia con el radio recto, el polígono quedará circunscrito.

Si se tiran todas las diagonales desde un vértice, quedará dividido el polígono en tantos triángulos como lados tiene menos dos.

Dividiendo los radios oblicuos al polígono en tantos triángulos como lados tiene y siendo éstos iguales hallaremos el valor de los ángulos centrales partiendo 360 (número de grados que comprende la suma de todos los ángulos que se pueden formar al rededor de un punto) por el número de lados del polígono.

La suma de los ángulos de un polígono es igual á tantas veces dos rectos, ó 180°, como lados tiene menos dos.

Si se quiere hallar el valor de un ángulo del polígono, el producto de multiplicar 180°, por el número de lados menos dos, se partirá por el número de lados del polígono; y el cociente indicará los grados del ángulo del polígono.

Los ángulos externos, que son los que resultan de la prolongación de los lados de un polígono regular, son suplementos de los del polígono, y la suma de ellos equivale á cuatro rectos ó 360°.

De dos ó más polígonos inscritos, es mayor el que tiene mayor número de lados, $A F B G C H D J E I \supset A B C D E$, Fig. 43.

De dos ó más polígonos circunscritos, es mayor el que tiene menor número de lados. $J H L M N O P Q R S \supset A D E F G$, Figura 44.

APLICACIONES DE LOS POLÍGONOS.

14. No hay duda que entre las figuras rectilíneas los polígonos son los que proporcionan al ingenio del artista un vasto campo para embellecer sus obras. Así los hallamos usados solos y en combinaciones, ya entre sí ó ya con adornos, cuyas composiciones forman conjuntos preciosos.

En las mil variadas labores del mosaiquista, ebanista, hojalatero, adornista, etc., vemos usados continuamente los polígonos regulares é irregulares.

También la costurera, bordadora y modista los usan con frecuencia. La costurera en sus labores de aguja y ganchito: la bordadora en infinitos trabajos ó bordados hechos en cañamazo, en las diferentes especies de encajes y en general en todos los borda-

dos: la modista adorna los trajes de las señoras, sobreponiendo en las telas, piececitas de ropa recortada de diferente color de formas poligonales regulares é irregulares.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 3.^a

1.^o *Dibujar un pentágono regular.* Fig. III.—Tírese una recta igual al lado que sirve de base en el modelo, y las líneas auxiliares facilitarán la copia de la figura.

2.^o *Dibujar un exágono regular.* Fig. IV.—Después de trazada la base y las líneas auxiliares que figuran en el modelo, tendremos determinados los vértices, los cuales facilitarán el trazado del exágono.

3.^o *Dibujar un octógono regular.*—Fig. V.—Después de dibujar el cuadrado y demás líneas auxiliares, las cuales nos darán los vértices del polígono, se unirán dichos puntos por medio de rectas y se tendrá el octógono dibujado.

4.^o *Dibujar un pavimento compuesto de exágonos regulares.* Fig. XIV. Lám. 2.^a—Para esto, fórmese un cuadrado: dividiéndose los lados verticales en 8 partes iguales uniéndolos por medio de rectas, y los lados horizontales se dividirán en 7 partes también iguales; únanse estas divisiones con las de las verticales, cuyo trazado nos dará una superficie compuesta de triángulos equiláteros, y como la reunión de seis triángulos de esta especie que tengan un vértice común forma un exágono, fácil será hacer la combinación pedida.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

POLÍGONOS.

1. *Hallar el centro de un polígono regular.*—Sea el polígono A B C D E F, Fig. 34. Lám. 2.^a Dividánse en dos partes iguales por medio de perpendiculares dos lados no paralelos. P. ejemplo, E F, F A, y el punto O donde se encuentran estas perpendiculares será el centro del polígono.

II. *Construir un pentágono regular dada la magnitud de los lados.*—Sea la magnitud de los lados la recta A B, Fig. 35. En el extremo B levántese la perpendicular B F = A B: divídase la recta A B en dos partes iguales: desde g punto medio de la recta

A B con el radio $g f$ trácese el arco $f h i$ donde encontrará la prolongación de A B: con una abertura igual A i , haciendo centro en A y B se trazan dos arcos que se cortan en D; desde este punto con un radio igual á la recta A B, se describen dos arcos, los cuales serán cortados en C y E por otros dos que con el mismo radio se describan de B y A, y los puntos C D E serán vértices del polígono: ahora únense A E, D E, C D, C B y tendremos formado el polígono pedido.

De otro modo. — Sea el lado dado A B, Fig. 36.

Con el radio A B, describanse las dos circunferencias cuyos centros se hallan en los extremos de dicha línea: con el mismo radio, desde n se traza el arco $o m p$: tírese la recta $n r$, y desde o y p , pasando por m , las $p q$, $o s$, cuyos puntos $s q$ nos darán la posición de dos vértices: con el mismo radio con que se han descrito las circunferencias, trácense dos arcos desde q y s , que se cortarán en c ; y uniendo los puntos A $q c s$ B, se tendrá el pentágono construido.

III. *Dado un lado construir un exágono regular.* — Sea el lado O E, Fig. 37. Tómese un radio igual á la recta dada y describáse una circunferencia: aplíquese dicha recta seis veces sobre la circunferencia trazada, y tendremos construido el exágono C D E F G H.

IV. *Medio empleado para construir polígonos regulares desde seis á doce lados, conocida la magnitud de un lado.* — Si es cierto que carece de rigor geométrico el procedimiento que vamos á emplear para la resolución del problema enunciado, en cambio reporta mucha utilidad en la práctica, puesto que con tan sencillo medio se evita el cúmulo de reglas establecidas y tanteos, siempre fastidiosos al dibujante.

Sea el lado A B, Fig. 38. Tómese la recta A B y divídase en dos partes iguales por medio de la perpendicular C D: con el radio A B, hágase centro en B y describáse el arco C A: divídase este en 6 partes iguales, principiando la numeración en C poniendo 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6. Ahora, aplíquese sobre la perpendicular desde C hacia arriba estas mismas distancias, numerándolas del modo que presenta la figura; y estos puntos serán los centros de las circunferencias sobre las cuales se aplicará el lado; correspondiendo el 1' al eptágono, el 2' al octógono, y así sucesivamente hasta el dodecágono.

V. *Medio para trazar polígonos regulares de doce á veinte y cuatro lados.*— Para la construcción de este problema, usaremos de un procedimiento análogo al anterior.

Sea la recta A B, Fig. 39. Divídase la recta dada en dos partes iguales, por medio de una perpendicular, y trácese el arco C A desde B, el cual se dividirá en doce partes iguales, numerándolas desde C poniendo 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12.

Ahora, aplíquese sobre la perpendicular, desde C hacia arriba, estas mismas distancias numerándolas como se presenta en la figura 1' 2' 3' 4' 5' 6' 7' 8' 9' 10' 11' 12'; estos puntos serán los centros de los arcos que se describirán para encontrar los centros de las circunferencias sobre las cuales se aplicará el lado, del modo siguiente: para encontrar el centro para el polígono de trece lados, hágase centro en 1' y con el radio 1', 12 del arco, describase el arco 12, 13, y este punto será el centro de dicho polígono; para hallar el centro del polígono de catorce lados, se hará centro en 2' y con un radio 2', 12 del arco, trácese el arco 12, 14; y así sucesivamente para los demás polígonos hasta el de veinte y cuatro lados inclusive.

VI. *Regla general para construir un polígono regular de cualquier número de lados dada la magnitud de uno de ellos.*— Búsquese el valor del ángulo central del polígono partiendo 360° por el número de lados: luego en cada extremo del lado dado, hágase un ángulo igual á la mitad del suplemento del ángulo central (lo cual se encontrará quitando de 180° el valor del ángulo central y partiendo por dos esta resta); con esto tendremos trazado un triángulo isósceles que tendrá por base el lado del polígono y por ángulo opuesto á ella el ángulo central: hágase centro en el vértice del ángulo opuesto á la base de este triángulo isósceles y describase una circunferencia, sobre la cual se podrá aplicar el lado dado.

VII. Dado un polígono regular, por ejemplo el exágono A B C D E F (Fig. 40), trazar otro polígono concéntrico, cuyos lados sean iguales á la recta k .

1.^{er} caso. Divídase por mitad el lado A B tal es el punto g y tírense todos los radios oblicuos O A, O B, O C, O D, O E, O F. Hágase $g h = \frac{1}{2} k$ y en h levántese $h i$ perpendicular á la A B, que encontrará en i el radio oblicuo inmediato O A. Ahora con el radio O i trácese una circunferencia, la cual cortará todos los radios

oblicuos y todos estos puntos de intersección serán los vértices del polígono regular $i p \hat{n} l m n$ concéntrico con el propuesto.

2.º caso. Si la línea h fuese mayor que el lado $A B$ tal como s , se colocará $\frac{1}{2} s$ de g á j , sobre la prolongación de dicho lado $A B$, en j se bajará una perpendicular $j l$ hasta encontrar la prolongación del radio oblicuo $O A$ en l ; y prolongando todos los radios oblicuos, la circunferencia trazada desde O con el radio $O l$, cortará dichas líneas, cuyos puntos de intersección serán los vértices del polígono que se desea.

VIII. Dado un polígono $a b c d e f g$ (Fig. 41), trazar otro igual.

1.º caso. Desde todos los vértices g, f, c , etc. del polígono dado, hájense las perpendiculares $g n, f j$, etc. á la base y á su prolongación si fuere necesario. Tírese á parte la indefinida $N I$, y póngase en ella $n a = N A, a j = A J, j h = J H, h m = H M, m b = M B$, y $b i = B I$; en los puntos N, J, H, M, I levántense las perpendiculares $N G = n g, J F = j f, H E = h e, M D = m d, I C = i c$, y los puntos G, F, E, D y C serán los vértices del polígono propuesto.

2.º caso. Puede formarse un polígono igual á otro (Fig. 42.) tomando $A B = a b$, y haciendo centro siempre en $A B$, con los radios $a g, b g$, se trazan dos arcos que se cortarán en G ; luego con los radios $a f, b f$, se trazarán los que se cortan en F ; después con los radios $a e, b e$, se describirán los arcos que se cortan en E y así sucesivamente hasta haber determinado todos los vértices.

ARTÍCULO 12.º

Combinaciones de polígonos.

1. Qué se entiende por combinar polígonos. — 2. Qué condiciones deben tener los polígonos para poderse combinar. — 3. Cuáles son los polígonos regulares que por sí solos pueden llenar superficie. — 4. Qué polígonos regulares pueden combinarse unos con otros. — 5. Cómo se combinan los triángulos equiláteros. — 6. Cuántos ángulos de cuadrados concurren en un punto para formar superficie. — 7. Cuántos ángulos de exágono se reúnen para lo mismo. — 8. Cómo se combinan los triángulos equiláteros con los exágonos regulares. — 9. El dodecágono regular y el triángulo equilátero, cómo se combinan. — 10. Cómo llenan superficie el octógono regular y el cuadrado. — 11. Qué debe tenerse presente para la combinación de los polígonos irregulares. — 12. Aplicaciones de las combinaciones de polígonos.

1. Combinar polígonos es ponerlos de tal manera, que los lados estén unidos y sus ángulos concurren en un punto común.

2. Para que los polígonos puedan llenar superficie, es preciso que la suma de los ángulos que se juntan en un mismo punto sea igual á 360° .

3. Los polígonos regulares que por sí solos pueden llenar superficie son: los triángulos equiláteros, los cuadrados, los rectángulos y los exágonos (véanse las combinaciones de los polígonos en la Lám. 2.^a de los ejercicios á ojo y á pulso).

4. Los triángulos equiláteros, los cuadrados, los rectángulos y los exágonos, además de poderse combinar por sí solos, pueden combinarse entre sí y con el octógono y dodecágono. Así tendremos: los triángulos equiláteros con los exágonos y dodecágonos; los cuadrados con los octógonos, y el rectángulo con el cuadrado. Con los demás polígonos regulares no es posible cubrir superficies planas.

5. Los triángulos equiláteros pueden combinarse por sí solos, porque el valor de cada uno de sus ángulos es de 60° , y como $60^\circ \times 6 = 360^\circ$, decimos que seis triángulos equiláteros llenan superficie (Fig. 43. Lám. 2.^a de ejercicios gráficos).

6. En los cuadrados, para cubrir una superficie concurren cuatro ángulos, puesto que cada uno vale 90° , y así tendremos $90^\circ \times 4 = 360^\circ$ (Fig. 7 y 8, Lám. 2.^a de ejercicios á ojo y á pulso).

7. Los exágonos cubren superficie reuniendo tres ángulos, y como cada uno de ellos vale 120° resultará $120^\circ \times 3 = 360^\circ$. (Figura 14, Lám. 2.^a de ejercicios á ojo y á pulso).

8. Los triángulos equiláteros con los exágonos regulares se combinan juntando dos ángulos del primero y dos del segundo; puesto que $60^\circ + 60^\circ + 120^\circ + 120^\circ = 360^\circ$. (Fig. 15 y 16, Lám. 2.^a de ejercicios á ojo y á pulso).

9. El dodecágono regular y el triángulo equilátero se combinan también reuniendo dos ángulos del primero y uno del segundo; puesto que el valor de los ángulos de aquél es de 150° , y por lo tanto $150^\circ + 150^\circ + 60^\circ = 360^\circ$.

10. Con dos ángulos del octógono regular y uno del cuadrado, podemos llenar también superficie; porque el valor del ángulo del primero es de 135° , y así tendremos $135^\circ + 135^\circ + 90^\circ = 360^\circ$. (Fig. 20, Lám. 2.^a de ejercicios á ojo y á pulso).

11. Sabiendo que la suma de los ángulos que se han de combinar deben valer 360° , fácil será hacer mil composiciones con los polígonos irregulares, ya combinados entre sí, ya con los regulares,

resultando preciosas y variadas labores. (Véanse las demás combinaciones de la misma Lám. 2.^a de los ejercicios á ojo y á pulso).

APLICACIONES DE LAS COMBINACIONES DE LOS POLÍGONOS.

12. La combinación de polígonos, ya sean regulares, ya irregulares, la vemos aplicada continuamente en la multitud de labores del platero, mosaiquista, ebanista, adornista, jardinero, etc. La bordadora, costurera y modista la usan con alguna frecuencia en las varias labores de aguja y crochet, en los bordados en cañamazo, tul, etc.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 2.^a

1.º *Dibujar la Fig. IX.* — Esta figura se compone de exágonos irregulares. Para dibujarla, fórmese un cuadrado: divídanse sus lados en 4 partes iguales y únense éstas por medio de rectas auxiliares: tírense las diagonales en el mismo sentido de los cuadrados resultantes, y se tendrá dibujada la figura.

2.º *Dibujar la Fig. XV.* — Esta figura se compone de exágonos regulares y rombos. Para dibujarla, despues de trazado un cuadrado, divídanse los dos lados verticales en 8 partes iguales, y los horizontales en 7 también iguales, y unidas éstas por medio de líneas auxiliares como se vé en el modelo, se tendrá el dibujo terminado.

3.º *Dibujar la Fig. XVI.* — Se compone de exágonos regulares y triángulos equiláteros. Para dibujarla, obsérvese estrictamente lo dicho para la anterior figura.

4.º *Dibujar la Fig. XVII, XVIII y XIX.* — Se componen las dos primeras de exágonos irregulares y triángulos isósceles, y la tercera de exágonos irregulares y cuadrados. Las líneas auxiliares facilitarán su dibujo.

5.º *Dibujar la Fig. XX.* — Esta figura forma un enladrillado alfombrado compuesto de octógonos regulares y cuadrados. Para dibujarla, fórmese un cuadrado, divídanse sus lados en 4 partes iguales y únense estas partes por medio de líneas auxiliares; fórmese en cada cuadrado resultante un octógono regular, y se tendrá el dibujo como nos presenta el modelo.

6.º *Dibujar la Fig. XXI.* — Esta figura se compone de octógonos regulares, triángulos isósceles, exágonos irregulares y cuadrados.

7.º *Dibujar la Fig. XXII.*—Compónese de triángulos rectángulos escalenos. Dibújese un cuadrado, divídanse sus lados verticales en 4 partes iguales y en 8 los horizontales: únense estas divisiones por medio de rectas, como nos presenta el modelo, y se tendrá formada la figura.

8.º *Dibujar la Fig. XXIII.*—Se compone de triángulos isósceles rectángulos. Fórmese un cuadrado dividiendo sus lados en 4 partes iguales, y tirando las diagonales en los cuadraditos que resultan, tendremos terminado el dibujo.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

COMBINACIÓN DE POLÍGONOS.

I. *Construcción de un pavimento compuesto de triángulos equiláteros.* Fig. 43. Lám. 2.ª—Tírese la recta A B, y en su extremo A fórmese un ángulo de 60°. Aplíquense en los dos lados del ángulo trazado, tantas partes iguales como se quiera y de magnitud arbitraria, tales como A, C, D, E, F, G, H, I, etc., y C', D', E', F', G', H', etc., de cuyos puntos partirán rectas de manera que las que nazcan de un lado sean paralelas á las que salgan del otro, y uniendo por medio de rectas las divisiones correspondientes de los lados C C', D D', E E', etc., tendremos la construcción del pavimento indicado.

Ahora, si se quiere que el pavimento esté encerrado en un rectángulo, en el punto A se levanta la perpendicular A R; se prolongan las rectas paralelas al lado A B, y con otra perpendicular levantada desde B, quedará encerrado el pavimento.

Las figuras XIV, XV y XVI de la lámina 2.ª de *Ejercicios á ojo y á pulso*, se construyen gráficamente del mismo modo.

II. *Construcción de un pavimento compuesto de cuadrados.* Figura 44. —Fórmese un ángulo recto A B C: divídanse los lados B A, B C, en las partes que se quiera y de magnitud arbitraria: tírense de los puntos de división D, E, F, C, paralelas al lado B A, y de las divisiones G, H, I, A, las paralelas al lado B C, cuya construcción nos dará el pavimento propuesto. Si tiramos diagonales que sean paralelas, tendremos la construcción gráfica de las figuras VI y IX; y si se tiran las dos diagonales en todos los cuadrados, se obtendrá la XXIII de la Lám. 2.ª indicada en el problema anterior.

III. *Construcción de otro pavimento compuesto de cuadrados.* Fig. 45. — Fórmese el ángulo recto CAB , y divídanse sus lados en tres partes iguales D, E, B ; F, G, C : únanse los puntos correspondientes de los lados DF, EG, BC , y tirando la bisectriz AH y las paralelas á esta línea, que parten de las divisiones indicadas, tendremos la construcción propuesta. Para encerrarlo en un cuadro, del punto C se tira la recta CH paralela á la AB ; y desde B , la perpendicular BH . Desde el punto donde la bisectriz AH es cortada por la BC , aplíquese la magnitud del lado de uno de los cuadrados cuantas veces quepa, y por estos puntos tírense paralelas, con lo cual se tendrá terminado el pavimento.

Las Fig. X y XII de la ya citada lámina 2.^a, tienen la misma construcción gráfica; y tirando las diagonales á los cuadrados, se obtendrá la de las figuras XVII, XVIII y XIX; y si estas diagonales se tiran en renglones alternados, tendremos la Fig. XIII.

IV. *Construcción de un pavimento compuesto de octógonos con cuadrados.* Fig. 46. — Fórmese el cuadro $ABCD$: divídase cada lado en 4 partes iguales, y uniendo estos puntos de división por medio de líneas rectas, le tendremos dividido en diez y seis cuadrados. Para la formación de los octógonos y cuadrados, con el radio oblicuo del cuadrado, haciendo centro en los vértices A, d, e, f , se trazan los arcos gh desde A , y el ij desde d , el mn desde e y el qp desde f , cuya construcción nos dará el octógono $ngpikhmj$; y repitiendo esa misma construcción en los demás cuadrados, tendremos la combinación propuesta.

ARTÍCULO 3.º

De las estrellas poligonales.

1. A qué se llama estrella poligonal. — 2. Qué son puntas de una estrella, y de dónde toman nombre las estrellas poligonales. — 3. Cómo se dividen las estrellas poligonales. — 4. De dónde nacen, y por cuántos métodos pueden trazarse las estrellas poligonales. — 5. Cómo se forman las estrellas poligonales por el método de reducción. — 6. Cómo se construyen por el método de extensión. — 7. Explicar el método general para la construcción de todas las estrellas regulares. — 8. Aplicaciones de las estrellas poligonales.

1. Se llama *estrella poligonal* á todo polígono compuesto de ángulos entrantes y salientes, $ABCDEFGHIJLM$. Fig. 46. (Lám. 2.^a de Geometría).

2. En los polígonos estrellados, á los ángulos salientes se llama

man *puntas*. A C E G, etc., y el número de éstas da nombre al polígono: Así se llamará triangular, cuadrangular, pentagonal, exagonal, etc., si tiene 3, 4, 5 ó 6 puntas. Fig. 47, 48, 49 y 50 (Lám. 2.^a de ejercicios gráficos).

3. Divídense las estrellas poligonales en regulares é irregulares. Llámense regulares cuando tienen iguales los lados y sus ángulos entrantes y salientes. Fig. 46. (Lám. 2.^a de Geometría).

Y serán irregulares cuando les falte una de estas circunstancias; como L M N O P Q R S T U X Z. Fig. 47.

4. Las estrellas poligonales, como se observa, nacen de los polígonos, ó por el método de reducción, dándonos en este caso una estrella menor que el polígono de donde sale, ó por el de extensión, que nos la proporciona mayor que el polígono del cual se deduce.

5. La formación de las estrellas poligonales por el método de reducción es sumamente sencilla. Consiste en tirar diagonales de cada vértice á los segundos inmediatos. P. ejem. si en el polígono A B C E D (Fig. 49, Lám. 2.^a de ejercicios gráficos), tiramos las diagonales A C, A E, que son sus segundos inmediatos, del vértice B las B D, B E, y últimamente de C la diagonal C D, resultará la estrella por el método indicado.

6. La construcción de las estrellas poligonales por el método de extensión, se obtiene prolongando los lados en sus dos sentidos y el concurso de ellos nos dará las puntas de la estrella.

7. Con los métodos de reducción y extensión no pueden trazarse las estrellas triangular y cuadrangular, y para estos casos, se usa un método más útil y de mucha más aplicación que los descritos. Este método, por ser aplicable á la construcción de todas las estrellas regulares, le llamaremos general. Consiste en tirar todos los radios rectos ó apotemas, y desde su centro con radio arbitrario, según la magnitud que quiera darse á las puntas, se describe una circunferencia, y dirigiendo rectas á las vértices del polígono desde el punto donde corta dicha circunferencia, á las apotemas, tendremos la construcción de la estrella por el indicado método.

APLICACIONES DE LAS ESTRELLAS POLIGONALES.

8. En las artes se hace uso con mucha frecuencia de las estrellas poligonales, ya sean regulares, ya irregulares, como puede

observarse en las labores del adornista, ebanista, mosaiquista, jardinero, etc. La bordadora, costurera y modista hacen preciosas labores con la aplicación de dichas figuras, ya solas, ya combinadas con otras.

Ejercicios á ojo y á pulso.

ATLAS.

Lámina 3.^a

1.° *Dibujar una estrella pentagonal.* Fig. VI. — Fórmese un pentágono: tírense dos diagonales desde cada vértice, que con las demás líneas auxiliares facilitarán su copia.

2.° *Dibujar una estrella exagonal.* Fig. VII. — Téngase presente para la delineación de esta figura lo dicho para la anterior.

3.° *Dibujar una estrella octogonal.* Fig. VIII.

4.° *Dibujar la estrella poligonal de treinta y dos puntas denominada rosa náutica.* Fig. IX. — Esta figura llamada rosa de los vientos, por marcar los 32 rumbos, sirve de guía en sus largas expediciones á los navegantes. Para dibujarla, fórmese primero una estrella de 4 puntas, tirando los dos diámetros que se corten perpendicularmente; luego en los 4 puntos intermedios constrúyase otra igual que con la primera forma una estrella regular de 8 puntas; las demás puntas y disposición que todas ellas conservan se dibujan como presenta la figura.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

Estrellas poligonales.

I.° *Construir una estrella pentagonal por el método de reducción.* Fig. 49. Lám. 2.^a — Constrúyase el pentágono A B C E D, desde cuyos vértices dirijanse diagonales á los ángulos segundos inmediatos; esto es, desde A, las diagonales A C, A E; desde B, las B D, B E; y desde C, la C D.

II.° *Construir una estrella exagonal por el método de extensión.* Fig. 50. — Delinéese el exágono *a b c d e f*, prólonguense sus lados *b c*, *c d*, *d e*, *e f*, *f a*, *a b*, cuyas prolongaciones se encontrarán en los puntos M C H I J L que serán las puntas de la estrella, cuyo sencillo procedimiento nos dará la construcción del problema enunciado.

III. *Construcción de una estrella exagonal por el método general.* Fig. 51. — Fórmese el exágono $A B C D E F$; tírense las diagonales $A D$, $B E$, $C F$, y los ejes de simetría $s p$, $n q$, $m r$: con un radio arbitrario, según la magnitud que quiera darse á las puntas, se describe una circunferencia que cortará á dichos ejes en y , x , v , t , u , h ; y uniendo estos puntos con $A B C D E F$, se tendrá la construcción propuesta.

IV. *Construcción de una estrella regular de tres puntas.* Figura 47. — Fórmese el triángulo equilátero $A B C$: tírense las bisectrices ó ejes de simetría $A E$, $C D$ y $B F$: describáse la circunferencia $t s x$, y uniendo estos puntos s con B y con C , t con B y con A , y x con A y C , se tendrá la estrella regular que se pide.

V. *Construcción de una estrella regular de cuatro puntas.* Figura 48. — Fórmese el cuadrado $A B D C$: tírense los dos ejes perpendiculares á los dos lados, y del punto G donde se cortan describáse la circunferencia $n m o p$; desde m diríjanse las rectas $m B$ y $m D$, desde n las $n B$ y $n A$, desde p las $p A$ y $p C$, y desde o las $o C$ y $o D$, resultándonos construida la estrella que se desea.

VI. *Constrúyase una estrella regular de cinco puntas por el método general.*

VII. *Constrúyase una estrella octogonal por el método de reducción.*

ARTÍCULO 14.

De los ejes de simetría.

1. Á qué se llama eje de simetría. — 2. Cuándo se dice que un polígono es simétrico en uno ó más sentidos. — 3. Cuál es el punto llamado centro de simetría. — 4. Propiedades de los ejes de simetría. — 5. Aplicaciones de las figuras simétricas.

1. Se llama *eje de simetría* la recta que divide en dos partes iguales la figura de tal manera que, doblándola por dicha línea, coincida la una con la otra exactamente.

2. Se dice que una figura ó polígono es *simétrica* en uno ó más sentidos, según tenga uno ó más ejes de simetría; P. ejem. el triángulo isósceles es simétrico en un solo sentido por tener la perpendicular que le divide exactamente en dos partes iguales, el rectángulo ó cuadrilongo en dos por sus perpendiculares, el triángulo equilátero lo es en tres sentidos, y el cuadrado en cuatro.

3. Se llama centro de simetría el punto donde concurren ó se cruzan perpendicularmente dos ejes de simetría.

PROPIEDADES DE LOS EJES DE SIMETRÍA EN LAS DIFERENTES

FIGURAS:

4. Las propiedades de los ejes de simetría, son las siguientes:

1.^a El eje de simetría divide á la figura en dos partes enteramente iguales.

2.^a En los triángulos, el isósceles tiene un eje de simetría, y el equilátero tiene tres.

3.^a Entre los cuadriláteros tenemos el trapecio isósceles con un solo eje; el cuadrado tiene cuatro; el rectángulo dos; y el rombo lo es también en dos sentidos.

4.^a Todos los polígonos regulares son simétricos en tantos sentidos cuantos lados tienen, por corresponderles igual número de ejes de simetría.

5.^a Entre los polígonos irregulares, los hay también simétricos.

6.^a Las estrellas poligonales regulares son simétricas como los polígonos de donde nacen, y lo son también muchas de las irregulares.

APLICACIONES DE LAS FIGURAS SIMÉTRICAS.

5. Infinitos son los ejemplos que podemos citar de las figuras simétricas en las artes industriales. La forma de los dibujos de la mayor parte de los objetos del carpintero y ebanista, tales como mesas, cómodas, tocadores, armarios, etc. vistos de frente, y los más de los dibujos empleados para adornar estos mismos objetos, son figuras simétricas. Iguales formas nos presentan los dibujos de las labores del platero, como pendientes, candeleros, sortijeros, cálices, cruces de distinción, etc.; y á este tenor podrían citarse otros mil correspondientes á los elaborados por el cerrajero, hojalatero, alfarero, tornero, etc.

La costurera, modista y bordadora nos proporcionan continuamente ejemplos de dichas figuras en el corte, en los dibujos para las labores de ganchito ó crochet y aguja, y cuasi en la mayor parte de los empleados en todo género de bordados.

ARTÍCULO 15.

Idea de las razones y proporciones como preliminar á las líneas proporcionales.

1. Qué es razón en el cálculo, de cuántos términos consta y cómo se denominan esos términos. — 2. Qué se entiende por razón y proporción geométrica. — 3. Cómo se escriben las proporciones. — 4. Cómo se obtiene una proporción. — 5. Qué son medios y extremos en una proporción. — 6. Cuando es discreta y cuando continua una proporción. — 7. Propiedades.

1. Llámase *razón* en el cálculo la mutua relación de dos números, ó sea el resultado de la comparación de éstos, á los cuales se les denomina *términos de la razón*, y en particular *antecedente* y *consecuente*. En este ejemplo, el 2 comparado con el 4, el 2 será el antecedente y el 4 el consecuente; cuya razón se escribe de este modo $2 : 4$, leyéndose *2 es á 4*.

2. Ocupándonos únicamente de las razones y proporciones geométricas, diremos que *razón geométrica* es la comparación de dos números hecha por división ó por cociente. Á la igualdad de dos razones geométricas, se llama *proporción geométrica* ó simplemente *proporción*.

3. Para escribir una *proporción*, pónganse dos razones iguales separadas con cuatro puntos, la cual se leerá *2 es á 4 como 6 es á 12*, que sustituyendo las expresiones *es á* y *como* por los signos correspondientes, tendremos $2 : 4 :: 6 : 12$.

4. Una proporción se obtiene escribiendo dos razones, formada la segunda de la primera por multiplicación ó división. Por ejem. $2 : 4 :: 6 : 12$, la segunda razón $6 : 12$ es el producto de multiplicar los dos términos de la primera por 3.

5. En las proporciones se llama *extremos* á los términos primero y cuarto, y *medios* al segundo y tercero.

6. Llámense proporciones *discretas* cuando los términos medios son diferentes, y *continuas* cuando son iguales. Así $2 : 6 :: 8 : 24$ será discreta, y la siguiente $2 : 6 :: 6 : 18$ continua, y en este caso el 2.º y 3.º término se llama *medio proporcional*, pudiéndose suprimir uno de los medios. Así quedará escrita la proporción continua de este modo $2 : 6 :: 18$.

PROPIEDADES.

7. 1.º Una razón, y lo mismo una proporción, no se alteran

multiplicando ó partiendo sus términos por un mismo número: de aquí el poderse formar una serie de razones iguales, diciendo por ejem. $2 : 4$, $4 : 8$, $8 : 16$, etc.; y lo mismo en las proporciones. P. ejem. $2 : 3 :: 4 : 6$; $8 : 12 :: 16 : 24$; $10 : 15 :: 20 : 30$, etc.

2.^a En toda proporción geométrica sucede que el producto de extremos es igual al producto de medios si es discreta, y al cuadrado del término medio si es continua.

ARTÍCULO 16.

De las líneas proporcionales.

1. Qué son líneas proporcionales.—2. Á qué línea se da el nombre de cuarta proporcional geométrica.—3. Á qué recta se la denomina media proporcional.—4. Cuándo es tercera proporcional una recta.—5. Propiedades.—6. Aplicaciones de las líneas proporcionales.

1. Se llaman *líneas proporcionales* aquellas cuyas longitudes calculadas y comparadas, nos facilitan formar proporciones.

2. Se da á una línea el nombre de *cuarta proporcional geométrica*, cuando con otras tres forma proporción.

3. Se dice que una recta es *media proporcional* cuando guardando proporción con dos líneas forma los medios ó los extremos de dicha proporción.

4. Una recta es *tercera proporcional* cuando con otras dos dadas que forman razón, puede con ellas formar proporción.

PROPIEDADES.

5. Las propiedades de las líneas proporcionales son las siguientes:

1.^a Si se divide un lado de un ángulo cualquiera y por estos puntos de división se tiran rectas paralelas entre sí prolongadas hasta encontrar el otro lado del ángulo, y desde estos puntos de concurso se dirigen rectas paralelas al primer lado, dichas líneas quedarán divididas en partes iguales y proporcionales entre sí, y con los lados del ángulo. P. ejem. si el lado B C del ángulo A B C Fig. 48, (Lám. 2.^a de Geometría) se divide en partes iguales, tales como D, E, F, G, y por estos puntos de división se tiran rectas paralelas entre sí hasta encontrar el otro lado del ángulo B A en los puntos H, I, J, A, desde éstos se dirigen rectas paralelas al lado primero B C, tales como H M, I N, J R, los lados del ángulo

quedarán divididos en partes iguales y proporcionales entre sí, é igualmente las paralelas. A

2.^a Si por un punto cualquiera del lado de un triángulo se tira una paralela á la base, los lados del triángulo quedarán divididos en partes proporcionales. B

3.^a La recta que es paralela á la base de un triángulo es proporcional con la misma base. C

APLICACIONES DE LAS LÍNEAS PROPORCIONALES.

6. Las líneas proporcionales son de una grande aplicación en las ciencias y en las artes, y en particular en el Dibujo, Pintura, Perspectiva, levantamiento de planos, construcciones de edificios, máquinas, etc.

La costurera y modista continuamente hacen uso de las proporciones en sus diferentes operaciones para el corte, hasta en el de las cosas más insignificantes ó sencillas. La regla de corte del Sr. Ortega, en la cual se hallan numeradas todas las escalas que representan las diferentes magnitudes que puede tener el cuerpo desde el más delgado al más grueso, y su escuadra, no son otra cosa que una aplicación de las líneas proporcionales.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

I. *Dadas tres rectas hallar una cuarta proporcional.* — Sean las rectas dadas a , b , c , Fig. 52, (Lám. 3.^a) Fórmese un ángulo cualquiera $A B C$, y desde el vértice B , tómese la parte $B D = a$ y en el otro lado la $B E = b$; sobre el primer lado $B C$ tómese $B F = c$, únase el punto D con E y tirando desde F la recta $F G$ paralela á la $D E$, la $B G$ será la cuarta proporcional que se busca.

II. *Dadas dos rectas hallarles una tercera proporcional geométrica.* — Sean las dos rectas d , e , Fig. 53. Tómese del lado $G H$ del ángulo $F G H$, formado arbitrariamente, la parte $G I = d$, y del otro lado $G F$ tómese la $G J = e$; aplíquese sobre el lado $G H$ á partir del vértice G la porción $G L = e$, y tirando desde L una paralela á $I J$, se tendrá que $G M$ será la tercera proporcional pedida.

III. *Dadas dos rectas hallar una media proporcional geométrica.* — Sean las dos rectas s , r , Fig. 54. Sobre la indefinida $A B$ aplíquense las rectas r , s , á continuación una de otra, resultando

$A D = A C + C D = r + s$; divídase la $A D$ en dos partes iguales y desde el punto medio O con el radio $O A$ describáse una circunferencia; y levantando en el punto C la perpendicular $C E$, ésta será la media proporcional geométrica.

IV. *Dadas dos ó más rectas de diferente magnitud, dividir las en igual número de partes iguales, en un solo tiempo ó con solo una operación.*

Sean m , n las rectas que se han de dividir P . ejem. en seis partes iguales, Fig. 55. Tírese una recta indefinida $A B$ y con una abertura de compás arbitraria márchense sobre ella 6 partes: tomando por lado la magnitud $A B$, fórmese un triángulo equilátero $A C B$ y en los lados $C A$, $C B$, á partir del vértice C márchense los puntos siguientes $C D$, $C E = n$; $C F$, $C G = m$; únanse $D E = n$, $F G = m$, y tirando desde C rectas que pasen por las divisiones de la línea $A B$, quedarán divididos en igual número de partes iguales que están las $D E$ y $F G$, y por lo tanto también lo quedarán las m , n .

Observación. Para resolver este problema, se procurará que la recta indefinida sobre la cual se hace la división sea siempre mayor que la mayor de las líneas que se han de dividir; no queriendo decir con esto sino que el problema se resuelve más pronto haciéndolo como dejamos manifestado; porque de lo contrario se habrían de prolongar los lados del triángulo y ajustar la mayor de las rectas dadas paralelamente á la indefinida dividida.

ARTÍCULO 17.

De los polígonos semejantes.

1. Qué son polígonos semejantes. — 2. Qué se entiende por lados homólogos, vértices homólogos y diagonales homólogos en las figuras semejantes. — 3. Propiedades. — 4. Aplicaciones.

1. Los polígonos se llaman *semejantes* cuando tienen los ángulos respectivamente iguales y los lados proporcionales; como $A B C D E F G$, y $A b c d e f g$. Fig. 49; (Lám. 2.^a de Geometría). Y *desemejantes* cuando les falta alguna de esas circunstancias.

2. Se llama *lados homólogos* á los lados respectivamente proporcionales entre dos figuras; *vértices homólogos* á los vértices de los ángulos formados por dos lados homólogos; y *diagonales homólogas* á las rectas que unen dos vértices homólogos.

PROPIEDADES.

3. Los triángulos serán semejantes en los tres casos siguientes: 1.º cuando tienen sus tres lados proporcionales; 2.º cuando tienen dos lados proporcionales é igual el ángulo formado por ellos, y 3.º cuando tienen sus tres ángulos iguales.

También resultan semejantes dos triángulos cuando tienen sus lados respectivamente paralelos, y lo mismo cuando son perpendiculares.

Todos los polígonos regulares que tienen igual número de lados son semejantes.

APLICACIONES.

4. Cuando se trata de expresar una idea sobre la figura ó forma de un instrumento, máquina ú otro objeto que uno ha imaginado, ó bien se desea la figura de un edificio, campo, etc., se dibuja en pequeño sobre un papel ó pizarra, cuyo bosquejo se ajusta á una medida si es necesario, y en todos casos la figura es semejante á la de los objetos ideados ó imitados.

El levantamiento de planos está basado en la teoría de la semejanza de las figuras. Igualmente los dibujos de muebles, máquinas, instrumentos, edificios y cuantos representan objetos en mayores ó menores dimensiones que el original.

La modista y bordadora expresan también sus pensamientos por medio de pequeños croquis (1) para ajustarlos luego á las medidas naturales; resultándonos de aquí figuras semejantes. El bordado en cañamazo no es más que una aplicación de dichas figuras. El sistema de corte del Sr. Ortega está basado en la teoría de las mismas figuras.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 3.ª

Ejercitadas en el dibujo de posición y magnitud que comprenden las figuras 1, y sucesivas de la lámina primera de *Ejercicios á ojo y á pulso*, fácil será dibujar polígonos semejantes prolongando ó reduciendo los lados y diagonales homólogos, y formando los ángulos homólogos correspondientes iguales.

(1) Se llama croquis ó bosquejo el dibujo ejecutado á ojo y á pulso con el objeto de dar una idea del cuerpo que se quiera presentar.

Siendo tan importantes estos ejercicios, se repetirán algunos de los dibujos ejecutados, pero bajo una razón dada.

1. *Dibujar dos triángulos semejantes dada la razón que se quiera entre sus lados homólogos.* Tomando por modelo el triángulo equilátero Fig. 1, se dibujará una línea que nos sirva de lado, cuya magnitud sea de cinco tercios de su homólogo del triángulo propuesto; y dando como es sabido igual longitud á los dos lados restantes, se tendrá dibujada la figura.

2. *Dibujar un cuadrado cuyos lados tengan una razón dada P. ejem. el triplo de la magnitud de la Fig. II.*

3. *Dibujar un pentágono, exágono y octógono semejantes á los de igual especie Fig. III, IV y V, cuyos lados tengan tres cuartos el primero, cinco cuartos el segundo y triplo el tercero.*

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

1. *Dado un triángulo A B C Fig. 56 (Lám. 3.^a), construir otro semejante, conocida la recta $b c$ propuesta como á lado homólogo de B C.* Fórmese en los extremos de la línea $b c$ dos ángulos iguales á los B y C que serán sus correspondientes, y la prolongación de estos lados nos dará el triángulo.

II. *Dado un polígono cualquiera D E F G H, Fig. 57, construir otro semejante, conocido el lado $d e$ propuesto como homólogo del lado D E.* Después de dividir el polígono en triángulos por medio de diagonales D G, D F, á partir de D, tómese del lado D E una porción $D e = d e$; desde e tírese la paralela $e f$ á E F; desde f la $f g$ paralela á la F G, y la $g h$ á la G H; y construyendo sobre la $d e$ un polígono igual al D E $f g h$, se tendrá el polígono que se desea.

Si el lado que se da para construir el polígono semejante es mayor que su homólogo del polígono propuesto, se prolongará el lado homólogo de dicho polígono y sus diagonales, procediendo después del mismo modo que queda explicado; como puede observarse en la Fig. D E' F' G' H', semejante á la D E F G H.

III. *Dados varios polígonos semejantes, construir otro semejante á ellos cuyo perímetro sea igual á la suma de los propuestos.* Sean los polígonos $a b c d e f$ y $a' b' c' d' e' f'$ Fig. 58. Súmense los lados homólogos $a b$, $a' b'$ y la magnitud de esta suma

tal como *a* B se tomará como á lado homólogo del nuevo polígono, y procediendo como en el anterior problema, se tendrá el polígono cuyo perímetro será igual á la suma de los dos dados.

Cuando se quiera construir un polígono semejante y se marque la diferencia ó razón que debe haber con los perímetros de otros semejantes propuestos, se busca la diferencia entre los dos lados homólogos de los polígonos dados; y esta diferencia forma el homólogo del que se ha de construir; y si se pide que guarden una razón determinada, se halla la razón y se procede como queda expuesto.

IV. *Dados dos polígonos semejantes, construir otro cuyo perímetro sea igual á la diferencia de los propuestos y semejante á los mismos.*

V. *Dados dos polígonos semejantes, construir otro semejante á ellos cuyo perímetro sea igual á una razón dada con respecto á los mismos.*

ARTÍCULO 18.

Del corte, y reducción del sistema ordinario al de Ortega.

1. Cómo se forman los patrones para el corte y cuáles son las cinco medidas generales que sirven de base para el cálculo de los patrones.—2. Qué instrumentos son indispensables para cortar por el sistema de Ortega.—3. De cuántas divisiones constan las escalas de la vara de Ortega, y por dónde se principia á tomar las medidas.—4.Cuál es el mecanismo empleado para el uso de la vara de Ortega.—5. Qué regla debe tenerse presente para el trazado de los patrones.

Aun cuando no sea propio de la índole de este tratado el corte, y modo de ejecutar las diferentes labores que se mencionan en la sección de aplicaciones, no obstante, explicaremos el sistema de Ortega, aplicando este medio mecánico á la reducción de los diferentes patrones formados por el sistema ordinario.

1. La formación de patrones ó plantillas de prendas de cuerpo exige un conocimiento de la medida de éste, por cuyo medio puede darse á cada una de las piezas que lo compongan la porción correspondiente, resultando un todo que ajuste perfectamente al cuerpo. Este cálculo se presenta algún tanto difícil cuando se desconoce su base; estriba, pues, dicho cálculo en las cinco medidas generales siguientes:

Con la cinta llamada métrica se toma la medida del cuerpo principiando 1.º desde la nuca al talle ó cintura; 2.º desde el medio

de la espalda, canal marcada por la columna vertebral, hasta la pegadura de la manga y desde este punto á la bocamanga; 3.º la de toda la vuelta del cuerpo por la parte saliente del pecho; 4.º la de la cintura y 5.º desde el sobaco á la cintura. La tercera y cuarta son las medidas principales, las cuales repartidas entre las diferentes piezas que componen el cuerpo forman lo que llaman hechura y constituyen la moda. Esta indicación basta para que se pueda calcular el corte de un cuerpo liso y cualquier otro que nos proporcione el capricho.

2. Se ha dicho en la sección de aplicaciones de las líneas proporcionales, que el sistema de D. Santiago Ortega es una aplicación de dichas líneas. Para dar á conocer tan importante y sencillo sistema, es preciso tener la regla de corte inventada por dicho Señor, en la cual se hallan numeradas todas las escalas que representan las diferentes magnitudes que puede tener el cuerpo desde el más delgado hasta el más grueso, la escuadrita y el modelo de la prenda que se quiera cortar.

3. Para manejar la vara preciso es decir, que todas las escalas constan de 22 y dos divisiones y principian con el guarismo 1. Supongamos que la figura 95 (Lám. 5.ª de Ejercicios gráficos) de magnitud arbitraria representa una de las 16 escalas que componen dicha vara. La primera división está marcada con el 1, y la restante numeración nos la presenta la figura indicada. Así, pues, al hacer uso de la misma, téngase muy presente que para todas las medidas que se tomen se principiará por el 1 corriendo la escala ó vara, sirviendo siempre de punto de partida el último número que se marcó.

4. El mecanismo empleado para el uso de la mencionada vara es el siguiente: Sea A, Fig. 94, el modelito de una espalda de vestido liso, cuya pieza desea cortarse ajustándola á la medida de un cuerpo dado. Sobre la superficie donde se trata de hacer el patrón se trazan las líneas horizontales B C y vertical B D unidas: tómese con la cinta métrica la medida del cuerpo por la tercera parte baja del pecho próximamente; véase la mitad del número de la medida hallada, que por ejemplo si la medida es 88, la mitad será 44, y éste es el número que corresponde á la escala que hemos de usar para el corte que nos proponemos, la cual hallaremos en la indicada vara.

Hallada la escala, aplíquense sobre la vertical B D todas las medidas, cuya numeración figura en el modelo A del modo si-

guiente: colóquese la regla de modo que n (Fig. 95) ó 1.^a división de la escala, coincida con B , y hágase $B e = 1$: córrase la vara de modo que n coincida con e donde ha terminado la primera medida, y marcaremos $e f = 4$, que nos dice el modelo A. Hágase lo mismo á continuación con las demás medidas, esto es, corriendo la regla se marcará $f g = 8$, $g h = 6$, y $h D = 7 + 22$, lo cual nos dará la medida de la altura ó largo del cuerpo. Para lo ancho, tiraremos de los puntos f, g, h, D , perpendiculares á la $B D$, tal como $f j, g l, h m, D n$: sobre cuyas perpendiculares marcaremos con la misma escala de la vara las porciones que figuran en el modelo del modo ya explicado, para las distancias ó proporciones tomadas en la vertical $B D$, y así tendremos en la perpendicular $B C$ la parte $B i = 22$; en la $f j, 7 + 2$; en la $g l, 7 + 22$; en la $h m, 0$ y en la $d n, 3$.

Concluidas las medidas que corresponden á lo largo y ancho dibújese á ojo y á pulso la figura, que para hacerlo con más exactitud, se unirán por medido de líneas rectas tiradas con regla los puntos ya mencionados e con i, i con j, j con l, l con m y m con n , cuyas rectas facilitarán el trazar con más regularidad y gracia las curvas.

5. Sólo el examen de la figura 94 hará comprender la necesidad de las perpendiculares expresadas, pues sin ellas no se podrá determinar la anchura de las piezas ni darles la verdadera configuración. Así, pues, téngase presente esta observación y quede establecido como regla, que para el trazado de los patrones, como en el caso explicado, deberá siempre tirarse una vertical por base, de la cual se harán partir tantas perpendiculares cuantos sean los ángulos salientes y entrantes, y cuantos puntos esenciales se observen en la pieza elegida para sacar patrón ó en el modelito que se dé para el objeto indicado, como también en el caso de formarse uno mismo los patrones con sólo tener las medidas del cuerpo.

Ejercicios gráficos

CORTE.

Lámina 5.^a

Explicada la manera de sacar patrón, dada la plantilla ó modelo tal como nos los presenta en su cuadernito el Sr. Ortega, vamos

á ver como una de las aplicaciones de este sistema de la reducción del sistema ordinario al de dicho Sr. Tres ejemplos presentaremos correspondientes á los casos siguientes: 1.º reducir un patrón de dimensiones que llamaremos naturales sin que figure en él numeración alguna que dé á conocer sus proporciones; 2.º cuando el patrón se halla representado en modelo de pequeña magnitud con la correspondiente numeración de las medidas naturales, y 3.º cuando en el patrón de dimensiones naturales figuran numéricamente todas las medidas.

I. 1.º caso. *Dibujar una mitad del delantero de un traje para niña de 4 á 6 años.* Fig. 96. Sobre el patrón dado, tírense las perpendiculares B A, C A, y sobre esta última, levántense otras tantas perpendiculares cuantos sean los ángulos entrantes y salientes y puntos esenciales que se observen en él. Con la escala media, que puede ser la 30 ó 38, márchense en las perpendiculares las medidas de altura y de ancho, como presenta la figura; cuyo procedimiento nos da la reducción. Ahora, si se quiere ajustar á un cuerpo dado, tómese con la cinta métrica la medida del cuerpo, al cual debe ajustarse la pieza ó prenda que tratamos de cortar: búsquese la escala que corresponde á la mitad del número hallado en la medida tomada, que P. ejem. nos da la 24: después de haber tirado sobre una bayeta ó papel las rectas B A, C A, perpendiculares entre sí y las perpendiculares á la A C dirigidas á los ángulos entrantes y salientes *d, e, f, g, h, i, j, k, l*, y demás puntos necesarios para la buena configuración, como *s, t, m, n, o, p, q, r, x, u, v*; se aplicará la escala sobre la vertical A y perpendiculares, del modo que se ha explicado, y obtenida la medida en cada una de ellas, cuya numeración se halla expresada, se delinea, y su trazado nos da el patrón que se desea.

II. 2.º caso. *Dibujar la plantilla de la espalda de una casaca de señora.* Fig. 97. Sea B dicha plantilla. Tírese sobre una bayeta ó papel una vertical tal como A C: con la cinta métrica, aplíquese sobre dicha línea las medidas que figuran en la plantilla: de los puntos correspondientes á los números que las determinan, levántense perpendiculares que marcarán lo ancho, y sus medidas se hallan expresadas por los números 6, 24, 22, 15, 28, 55, 5 y 4: cuyos puntos, como se ha dicho, determinan su figura, delineándola como en el caso anterior. Hecho el patrón de proporciones naturales se le reducirá al sistema Ortega, reemplazando las me-

didas que figuran, por las que resulten con la aplicación de la escala media, la cual puede ser la 30 ó 38, cuya aplicación se hará como queda expuesto en los casos anteriores. Si el patrón que así resulte quisiese ajustarse á un cuerpo dado, hállese la escala correspondiente á éste y procédase conforme queda dicho. (a).

3.^{er} caso. Queda explicado éste en la segunda y tercera parte del caso anterior. Es necesario advertir que pocas veces se presentan patrones de proporciones naturales en donde figuren las medidas numéricamente y si en modelo, como presentamos en el caso anterior.

III. *Dada la plantilla de un delantero de casaca de señora, con la numeración de medidas naturales, reducirla á la escala 48 de la vara Ortega.* Fig. 98.

IV. *Dada la plantilla de un delantero del traje llamado marquesa con la numeración del sistema Ortega, reducirla á la escala 48 de la vara de dicho sistema.* Fig. 99.

V. *Dada la plantilla de un costadillo de delante del traje marquesa, tomadas sus proporciones conforme al sistema Ortega, reducirla á la medida de un cuerpo dado* Fig. 100.

VI. *Dibujar un cuello de señora según el último modelo.* Figura 101.

Tómese la medida del cuello, que P. ejem. nos resultan 0'33 metros. Fórmese el rectángulo A B C D, cuyos lados mayores tengan la magnitud de la medida hallada y los menores 0'05 metros de longitud. Dividase el rectángulo en dos partes iguales por medio de la perpendicular E F: considérese dividida ésta en 5 partes iguales, de las cuales $1\frac{1}{2}$ corresponderán á E G que representa el cuello, y $1\frac{1}{2}$ á G H que figura la tira donde está pegado el cuello. En los extremos del lado A B, fórmese la porción 0'005 metros, desde cuyos puntos tírense las rectas L D, M C, las que limitarán el cuello. Para el trazado de las dos curvas que forman la tira donde se halla pegado el cuello, se prolongará la línea E F, en el cual se encontrará el centro de los arcos D H C, I G J, que unidos por medio de las rectas J D, I C, se tendrá terminado el dibujo.

(a) Adviértase que así como en el sistema Ortega se toman todas las medidas corriendo la vara principiando desde el último número que se marcó; en el sistema ordinario, fijado en un punto, se determinan todas las medidas á partir de él sin levantar la cinta, como puede observarse en las medidas de altura indicadas en la vertical A B, Fig. 97.

ARTÍCULO 19.

De la cuadrícula, calcado y picado.

1. Cuál es la manera más general y de más utilidad para copiar figuras. — 2. A qué se llama cuadrícula. — 3. Cómo se forma la cuadrícula y de qué manera se copian las figuras por este medio. — 4. Cómo se forma la cuadrícula cuando se quiera hacer una copia de mayor ó menor tamaño. — 5. Cómo se forma la cuadrícula cuando se quiera conservar el dibujo natural y para la copia de objetos naturales ó de relieve. — 6. De qué otro medio podemos valernos para sacar copias iguales. — 7. En qué consiste el calcado. — 8. Cómo se traslada un calcado á otro papel ó superficie. — 9. Qué es el picado. — 10. Cómo se usa el picado. — 11. Qué es estarcir. — 12. Cómo se hace el transporte sobre paño de colores ó cualquiera otra tela. — 13. De cuántos medios puede usarse para que quede permanente un dibujo estarcido. — 14. Será bueno cualquier medio para toda clase de tela. — 15. A qué se llama escala de proporción. — 16. Para qué dibujos se forma la escala de proporción.

1. De los diferentes medios empleados para el trazado de las figuras, explicaremos los más interesantes para nuestro objeto. La manera más general y de más utilidad, es la que se ejecuta por medio de la cuadrícula, que no sólo nos sirve para copiar figuras iguales, sino para reducirlas á mayor y menor tamaño.

2. Llámase cuadrícula al conjunto de líneas que se cruzan perpendicularmente formando cuadritos.

3. Para copiar una figura, se forma la cuadrícula sobre el dibujo que nos sirve de modelo, y en la superficie donde se desea hacer la copia se construye otra enteramente igual á la hecha sobre el original, esto es, que tenga igual número de cuadrados y que éstos sean de igual magnitud: luego se numeran las dos líneas contiguas del cuadrado que encierra la cuadrícula (véase la Fig. 50, Lám. 2.^a de Geometría), cuya numeración auxilia extraordinariamente para la prontitud de la copia. Se procede al trazado de la figura marcando en los cuadritos y líneas que los forman los puntos principales de los detalles que se hallan encerrados en cada cuadrito, procurando dar toda la finura ó suavidad al unirlos, como nos presenta el modelo. P. ejem. Formada la cuadrícula sobre el original, según queda indicado, y la que nos ha de servir para hacer la copia del dibujo, tal es la A' B' C' D' (Fig. 50), se procederá del modo siguiente: márquese el punto *e'* correspondiente á la vertical 5 y cuarta parte alta próximamente entre 2 y 3 horizontal; luego se señalará el punto *i'* en la vertical

4 y tercera parte baja entre las mismas horizontales indicadas 2 y 3, y así sucesivamente se irán tomando los demás puntos principales de los detalles del dibujo, como n' , m' , o' , r' , s' , t' , etc., correspondientes á los del original n , m , o , r , s , t , etc.; hecho esto se unirán dichos puntos con el mayor cuidado posible, con un trazado igual al del modelo, y procediendo del mismo modo para la copia del resto de la figura, se obtendrá la delineación del dibujo propuesto.

Observación. Sobre la cuadrícula observaremos que una copia será tanto más exacta cuanto menores sean los cuadritos y que en el caso de abundar el dibujo en minuciosos detalles, se dividirán en triángulos por medio de diagonales aquellos cuadrados que lo necesiten.

4. Cuando se quiera hacer una copia de mayor ó menor tamaño, se forma la cuadrícula mayor ó menor ó bien en la razón que se quiera con la trazada sobre el modelo, así la copia tendrá con el original la misma razón que exista entre ambas cuadrículas.

5. Para conservar el dibujo original y para la copia de los objetos naturales ó de relieve, será muy conveniente tenga el dibujante una cuadrícula compuesta con hebras de seda ó hilo blanco muy delgado. Para formar dicha cuadrícula, se tomará un marco de madera perfectamente escuadrado, se dividirán sus lados mayores y menores en partes iguales, luego con tachuelas ó por otro medio, se fijan las hebras de seda bien tirantes, numerándose dichas divisiones como queda expuesto para la formación de la cuadrícula sobre el papel.

6. Para sacar copias iguales con más exactitud que las que se obtienen con la cuadrícula, nos valdremos del calcado.

7. El calcado consiste en colocar sobre el dibujo original un papel diáfano ó transparente que deje distinguir todos los accidentes del dibujo, y con un lápiz de punta perfectamente afilada se resigue toda la figura, cuyo sencillo procedimiento nos da la copia.

8. Para trasladar un calcado á otro papel ó superficie, se colocará sobre ésta un papel ennegrecido con lápiz pulverizado, de manera que la parte preparada corresponda al papel que ha de recibir el transporte; luego aplíquese sobre él el dibujo calcado, y resiguiéndolo con alguna presión con un punzón de hueso ó marfil, quedará marcado el dibujo, ó hecho el transporte pedido.

9. También podemos valernos del picado para la copia de las

figuras iguales: este medio tan usado por los pintores y bordadores consiste en picar con una aguja un dibujo dado, para transportarlo sobre otra superficie por medio del cisquero.

10. Como el picado es de tanto uso y reporta grandes ventajas su aplicación, explicaremos el modo de hacerlo y manera de usarlo. Calcado el dibujo como queda explicado, se coloca el papel que lo contiene sobre un delgado mullido, que puede hacerse con un doblez de paño ó un pañuelo de dos ó tres dobles, se toma una aguja con su correspondiente mango con la cual se va picando todo el trazado: terminado esto, tendremos el dibujo en disposición de hacer el estarcido.

11. Estarcir es transportar el dibujo picado á otra superficie, del modo siguiente: colóquese el picado sobre la superficie donde se quiera hacer el transporte, y restregando sobre él una mazorquita de carbón pulverizado, quedará marcado el dibujo, restándonos únicamente reseguirlo con un lápiz con el objeto de que no se desvanezca.

12. Cuando se quiera hacer el transporte sobre paño de colores ó cualquier otra tela, bien se comprende que en lugar del carbón molido, deberá usarse de un color claro ú oscuro según el de la tela á fin de que se conozca el estarcido.

13. Para que quede permanente un dibujo estarcido, pueden usarse dos medios: se toma albayalde ó blanco de España ú otro color cualquiera según sea el de la tela, y se deslíe con agua-goma, y con una pluma ó pincelito impregnado de esta tinta se resigue el dibujo. El segundo medio es mucho más ventajoso, puesto que además de la prontitud en hacerlo, permite cualquier roce sin que por eso desaparezca el trazado: consiste en mezclar al color en polvo, pez griega pulverizada formando con el todo de la mezcla la mazorquita que se usará del mismo modo que la de carbón. Hecho ya el estarcido, se coloca sobre él un papel chupón ó tela y con una plancha caliente se pasa por encima como quien plancha una tela, y como la resina se derrite, queda el color con dicha sustancia impregnado sobre el paño.

14. Según la tela podrá usarse uno de estos dos medios porque no todos pueden admitir con ventaja este último. Los tejidos de lana admiten los dos medios; pero para los de seda y demás telas se usará del primero.

15. Se llama escala de proporción á una línea dividida en par-

tes iguales, cuya magnitud representa una medida cualquiera.

16. La escala se forma para la construcción de figuras semejantes, y los dibujos ejecutados con ella tienen una razón con los objetos que representan, como la escala con la medida real.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 4.^a

1. Copiar la Fig. I por medio de la cuadrícula.
2. Copiar la Fig. II por medio de la cuadrícula en escala mayor.
3. Calcar la Fig. III.
4. Picar la Fig. IV.

CAPÍTULO II.

De las figuras curvilíneas y mixtilíneas.

ARTÍCULO 20.

De la circunferencia, del círculo y de las rectas que se consideran en él.

1. Cuáles son las figuras curvilíneas que más interesan á los dibujantes. — 2. Qué es circunferencia y círculo. — 3. Cuántos ejes de simetría tiene la circunferencia. — 4. Además del radio, diámetro y arco, qué otras cosas debemos considerar en el círculo. — 5. Qué es cuerda. — 6. Qué es segmento. — 7. Qué es sector. — 8. Qué es secante. — 9. Qué es tangente. — 10. Propiedades.

1. Las figuras curvilíneas que más nos interesan son la circunferencia de círculo, el óvalo, la elipse, la espiral, el arco ojival, el escarzano y el carpanel.

2. Se ha dicho (pág. 18) que *circunferencia* es una línea curva reentrante en sí misma descrita de tal modo que todos los puntos de esta curva distan igualmente de uno situado en el medio que se llama *centro*; y al espacio encerrado por la circunferencia se le llama *círculo*.

3. Siendo los diámetros unos verdaderos ejes de simetría, la circunferencia será una curva simétrica en tantos sentidos cuantos sean los diámetros que se le puedan imaginar.

4. En el círculo, además del radio, diámetro y arco que tenemos definidos (pág. 18), hemos de considerar la cuerda, el segmento, el sector, la secante y la tangente.

5. Se llama *cuerda* á la recta que tirada dentro del círculo

sin pasar por el centro terminan sus extremos en la circunferencia, A D. Fig. 51. (Lám. 2.^a de Geometría).

6. *Segmento* es la porción de círculo comprendido entre el arco D E A y su cuerda D A. Fig. 51.

7. *Sector* es la parte de círculo encerrado entre dos radios D O, O A, y el arco que éstos abrazan, D E A. Fig. 51.

8. *Secante* es la línea H I que corta á la circunferencia en dos puntos, J y L. Fig. 51.

9. *Tangente* es la línea que descrita fuera del círculo tiene un solo punto común con la circunferencia, cuyo punto se denomina de contacto ó de tangencia, tal es la recta F G siendo el punto de tangencia A. Fig. 51.

PROPIEDADES.

10. El diámetro divide la circunferencia en dos partes iguales llamadas semicircunferencias, y al círculo también en dos partes iguales llamadas semicírculos.

En un mismo círculo los arcos iguales tienen cuerdas iguales y al contrario.

El mayor arco comprende mayor cuerda.

Una recta no puede cortar la circunferencia más que en dos puntos.

El radio que va á parar al punto de contacto es perpendicular á la tangente.

Si una recta tirada dentro del círculo corta á una cuerda en dos partes iguales y pasa por el centro, tendremos que dicha recta será perpendicular á la cuerda y dividirá en dos partes iguales al arco que á ésta corresponde.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 3.^a

1. *Dibujar dos cuartos de círculo.* Fig. X y XI. Formense los cuadrados y tirense las diagonales, cuyas líneas auxiliares facilitarán el dibujo de los arcos indicados.

2. *Dibujar una circunferencia de círculo.* Fig. XII.

Dibújense dos líneas iguales y que se corten por mitad perpendicularmente y sus extremos nos dan cuatro puntos de la circunferencia que se ha de dibujar.

3. *Dibujar una circunferencia cuyo diámetro tenga un tercio más que el de la Fig. XII.*

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

I. *Dada una circunferencia ó un arco de círculo, hallar su centro.* Fig. 60. (Lám. 3.^a). Tómense tres puntos A, B, C; tírense las rectas A B y B C; levántense perpendiculares en medio de estas líneas E F, G H, y el punto O, donde se cortan éstas, será el centro de la circunferencia.

II. *Hacer pasar una circunferencia por tres puntos dados que no estén en línea recta.* Para la resolución de este problema se ejecutará la misma operación que para el caso anterior.

III. *Trazar varios arcos de círculo que pasen por dos puntos dados.* Fig. 59. Sean los puntos C y D; únense por medio de una recta y divídase ésta en dos partes iguales con la perpendicular E F; desde G, con el radio G C, describáse el arco C H D; desde otro punto cualquiera, p. ejem. I, con el radio I C se trazará el C J D, y así sucesivamente podrán trazarse cuantos se quieran.

IV. *Dado un punto en la circunferencia, tirarle una tangente.* Fig. 61. Sea la circunferencia A B C D y el punto dado A. Tírese el radio correspondiente á dicho punto y levantando en el punto A la perpendicular G H, esta será la tangente pedida.

V. *Dadas dos paralelas describir una circunferencia tangente á dichas rectas.* Fig. 62. Sean las paralelas A B, C D; únense con la perpendicular E F, dividiéndola en dos partes iguales, y desde G punto de división, con el radio G E, se describirá la circunferencia que se desea.

ARTÍCULO 21.

De los ángulos y líneas proporcionales con respecto al círculo.

1. Cuántas especies de ángulos se consideran en el círculo.—2. Qué es ángulo central.—3. Cuál es el ángulo inscrito.—4. A qué ángulo se llama excéntrico y cómo se divide.—5. Qué es ángulo circunscrito.—6. Cuál es la medida de los ángulos que más interesan á la dibujante.—7. Propiedades.

1. En el círculo podemos concebir formados varias especies de ángulos que los reduciremos á cuatro, según el punto donde insiste el vértice. Así los llamaremos *centrales*, *inscritos*, *excéntricos* y *circunscritos*.

2. Se llama *ángulo central* cuando tiene su vértice en el centro del círculo, tal como A B C. Fig. 52. (Lám. 2.^a de Geometría).

3. Á todo ángulo que tiene su vértice en la circunferencia se le denomina *inscrito*, como D E C. Fig. 52.

4. Se dice que un ángulo es *excéntrico* cuando el vértice se halla fuera de la circunferencia ó dentro del círculo, sin ser su centro. Si dicho ángulo tiene su vértice dentro del círculo, se llamará *excéntrico interior*; tal es el A B C; Fig. 53, y si lo tiene fuera *excéntrico exterior*; tal como el A B C. Fig. 54.

5. Se denomina *ángulo circunscrito* el excéntrico exterior ó sea el ángulo que tiene su vértice fuera de la circunferencia.

6. Las medidas de los ángulos que más interesan á la dibujante son las siguientes: el ángulo central tiene por medida la porción de arco que abrazan sus lados; el ángulo inscrito tiene por medida la mitad del arco que sus lados comprenden; el ángulo excéntrico interior tiene por medida la semi-suma de los arcos comprendidos entre sus lados y el de su opuesto al vértice; el ángulo excéntrico exterior tiene por medida la mitad de la diferencia de los arcos comprendidos entre sus lados.

Propiedades.

7. Todos los ángulos inscritos que tienen un mismo arco son iguales.

Todo ángulo inscrito tiene duplo arco que su igual el ángulo central. Fig. 52.

Los ángulos inscritos cuyos lados pasan por los extremos de un diámetro son rectos. (Fig. 24, Lám. 1.^a de ejercicios gráficos.)

Si el ángulo inscrito abraza entre sus lados un arco mayor que la semicircunferencia, será obtuso, y si menor es agudo.

Si desde un punto de la circunferencia se tira una perpendicular al diámetro, será media proporcional con las dos porciones llamadas segmentos del diámetro.

Si en un círculo se tiran dos cuerdas de modo que se corten, se dividirán en partes proporcionales entre si.

ARTÍCULO 22.

De las circunferencias concéntricas y excéntricas.

1. Cuándo se dice que dos ó más circunferencias son concéntricas. — 2. Á qué se denomina *ánulo*, *corona* ó *anillo circular*. — 3. Cuándo son excéntricas dos circunferencias. — 4. Cómo se dividen las circunferencias excéntricas. — 5. Cómo pueden presentarse las circunferencias excéntricas. — 6. Á qué se llama *línea de los centros*. — 7. Propiedades.

1. Se dice que dos ó más circunferencias son *concéntricas* cuando todas ellas tienen un centro común, A B C D, E F G H, cuyo centro común es O. Fig. 55. (Lám. 2.^a de Geometría).

2. Al espacio que media entre dos circunferencias concéntricas se llama *ánulo*, *corona* ó *anillo circular*.

3. Dos circunferencias son *excéntricas* cuando tienen cada una diferente centro, A B C D, E F G H. Fig. 56.

4. Dos circunferencias, atendiendo á su excentricidad, pueden ser excéntricas interiores y excéntricas exteriores. Se llaman circunferencias excéntricas interiores cuando los centros de dos ó más circunferencias están dentro de una de ellas, como A B C D, H E F G, K I C J, P L M N, Fig. 56, cuyos correspondientes centros O, S, R, Q, se hallan dentro de la primera. Son circunferencias excéntricas exteriores las que tienen sus centros fuera uno del otro de sus correspondientes círculos, G D E F, A H I J, E L M N, Fig. 57, cuyos centros B y C se hallan fuera de la G D E F.

5. Tanto las circunferencias excéntricas interiores como las exteriores pueden presentarse tangentes, secantes y separadas. Cuando dos ó más circunferencias excéntricas interiores se tocan en un solo punto, se llaman tangentes y también reuniendo esta circunstancia las excéntricas exteriores, como A B C D, K I C J, Fig. 56, y G D E F, E L M S, Fig. 57, cuyos puntos C y E se denominan puntos de tangencia ó de contacto. Se llamarán circunferencias excéntricas interiores secantes cuando se cortan en dos puntos, y lo mismo diremos en las excéntricas exteriores, como A B C D, H E F G, Fig. 56, y G D E F, A H I J, Fig. 57.

6. A la recta que pasa por el centro de dos circunferencias descritas sobre un mismo plano se llama *línea de los centros*, tal es la A B, correspondiente á los círculos A D E C, E J B I, figura 74 de ejercicios gráficos. (Lám. 3.^a).

Propiedades:

7. Dos circunferencias concéntricas tienen sus puntos correspondientes igualmente distantes.

Dos circunferencias tangentes ó secantes son excéntricas.

En las circunferencias tangentes exteriores, la distancia de los centros es igual a la suma de los dos radios, y a su diferencia cuando son tangentes interiores.

Cuando dos circunferencias son secantes, la recta que une los puntos de intersección de dichas curvas es perpendicular á la línea de los centros.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 4.ª

1. *Dibujar la Fig. IV.* Se compone de cuatro circunferencias tangentes interiores. Dibújese la circunferencia mayor con sus dos radios y por su orden las demás, cuyos radios tengan con respecto al primero $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{3}$.

2. *Dibujar la Fig. V.* Consta de seis círculos secantes. Dibújense dos circunferencias concéntricas de duplo radio una de otra, las cuales facilitarán el trazado, hallando los centros en la circunferencia interior.

3. *Dibujar la Fig. VI.* Trácese dos líneas de igual magnitud perpendiculares y que se corten por mitad, y luego los cuatro arcos de círculo que forman la cruz, los cuales se concibe tener sus centros en los extremos de los diámetros que corresponden al círculo interior.

4. *Dibujar la Fig. VII.* Representa un porta-monedas, cuyo corte y dibujo está formado por *círculos concéntricos* y en su centro una estrella octogonal inscrita en el segundo círculo interior, figurando en el tercero un adorno compuesto de hojas y fruto de laurel. La sencillez del dibujo excusa explicar su delineación.

5. *Dibujar la Fig. VIII.* Representa una roseta de crochet ó ganchito. Dibújense como auxiliares los círculos concéntricos y diámetros que sean necesarios para determinar las diferentes partes que componen la figura, lo cual facilitará su trazado.

6. *Dibujar la Fig. IX.* Este dibujo presenta un redondel para asiento de quinqué, candelabro, etc. Se compone de un círculo de lana ó estambre cardado; de un centro recortado en forma de estrella octogonal que tiene encerradas otras dos estrellas de igual figura; y cosidos á este centro ocho círculos de paño. Las dos estrellas interiores deben estar formadas de piececitas de paño unidas al zurcido: se formará una combinación de dos colores para cada una, y para los rombos que resultan en la parte exterior de la segunda estrella, se elegirá el color que más armonice con el de los círculos y con el del estambre que forma el fondo del dibujo. Para delinear esta figura, concíbanse tantos círculos concéntricos cuantos sean necesarios para determinar las diferentes partes de que consta.

7. *Dibujar la Fig. X.* Representa otro redondel de paño bordado al zurcido. Las diferentes partes del dibujo indican la variedad de colores que debe emplearse; sólo debemos advertir que la estrella octogonal que se entrelaza con el dibujo del centro, debe ser de color diferente que éste. Para dibujar esta figura, téngase presente lo dicho en la anterior.

8. *Dibujar la Fig. XI.* Representa un limpia-plumas compuesto de una concha natural ó de metal dorado al fuego y trece círculos tangentes de paño de colores y festonados, figurando estar unidos por medio de un lazo.

Los colores que pueden emplearse haciendo una buena combinación, son: carmesí, azul, blanco y negro; trácense los círculos tangentes indicados, principiando por el que figura estar inscrita la concha, luego se forman los festones, y últimamente el lazo.

9. *Dibujar la Fig. XII.* El dibujo de esta figura nos presenta un extremo de cinturón, hecho de crochet ó ganchito.

Para delinearla, tírese una vertical como línea de simetría, concibiendo otras dos tangentes á los dos círculos y las cuatro que figuran en cada lado, con otras dos en los extremos para determinar la igualdad del festonado. El orden que debe seguirse para marcar los detalles del dibujo, lo indica su inspección.

ARTÍCULO 23.

De la inscripción y circunscripción de polígonos.

1. Pueden inscribirse y circunscribirse todos los polígonos regulares y por qué. — 2. Qué se nota en la inscripción y circunscripción de los polígonos regulares. — 3. Cuándo son inscriptibles ó circunscribibles los cuadriláteros y triángulos.

En la página 42 se ha explicado ya lo que se entiende por inscripción y circunscripción de un polígono á un círculo; veamos ahora sus propiedades.

1. En los polígonos regulares, el radio oblicuo es igual al radio del círculo circunscrito, y el radio recto ó apotema al radio del círculo inscrito; de lo cual deduciremos que todo polígono regular se podrá inscribir y circunscribir á un círculo.

2. Entre los polígonos irregulares se nota que unos son inscriptibles y no circunscribibles; y otros al contrario, sólo son circunscribibles.

3. Cuando la suma de dos ángulos opuestos de un cuadrilátero equivale á dos rectos ó 180° , los cuadriláteros serán inscriptibles; y si se suman de dos en dos los lados opuestos y se obtienen resultados iguales, serán circunscribibles. Así tendremos: el cuadrado puede inscribirse y circunscribirse; el paralelogramo rectángulo y el trapecio isósceles son solamente inscriptibles. Los triángulos pueden inscribirse y circunscribirse.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 4.^a

1. *Dibujar la Fig. I.* Trácese el triángulo equilátero con los dos ejes de simetría, luego el círculo inscrito y el circunscrito, y últimamente el exágono, dividiendo en dos partes cada porción de arco comprendido por los lados del triángulo inscrito.

2. *Dibujar la Fig. II.* Dibújese el círculo inscrito, después el pentágono circunscrito y su círculo circunscrito, terminando con el decágono inscrito.

3. *Dibujar la Fig. III.* Dibujado el cuadrado y luego el círculo inscrito, se trazará el círculo circunscrito y últimamente el octógono inscrito.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

I. *Inscribir y circunscribir una circunferencia á un polígono regular.* Sea el polígono el exágono A B C D E F, Fig. 63. (Lámina 3.^a). Con una abertura de compás igual al radio recto G H, haciendo centro en G, se describirá una circunferencia, la cual quedará inscrita; y para que resulte circunscrita, se toma el radio oblicuo G D y se traza la circunferencia, quedando por este medio circunscrita.

II. *Inscribir á una circunferencia un triángulo equilátero.* Sea la circunferencia A D B C, Fig. 64. Tírese el diámetro A B, y con el mismo radio del círculo, haciendo centro en B, extremo del diámetro, trácese el arco C G D, y su cuerda C D cabe exactamente tres veces en la circunferencia.

III. *Dado un círculo, inscribirle un cuadrado.* Sea el círculo A C B D, Fig. 65. Tírense dos diámetros que se corten perpendicularmente, como A B, C D; únense sus extremos C, B, D, A, por medio de rectas, y se tendrá el cuadrado pedido.

IV. *Inscribir un pentágono dado un círculo cualquiera.* Sea el A C B D, Fig. 66. Tíranse los diámetros A B, C D, perpendiculares entre sí: con el mismo radio del círculo haciendo centro en B, trácese el arco G E F, y su cuerda F G cortará el diámetro en H, desde cuyo punto con el radio H C, se describirá el arco C P J, y desde C con el radio C J, el arco J L: la distancia C L es la magnitud del lado del pentágono, que aplicado sobre la circunferencia cinco veces, nos dará la inscripción propuesta.

V. *Dado un círculo inscribirle un heptágono.* Sea el círculo A G B J, Fig. 67. Tírese el diámetro A B y de su extremo B con el mismo radio del círculo, se traza el arco C O D, y la mitad de su cuerda C E, será la magnitud que aplicada siete veces sobre la circunferencia nos da la inscripción del heptágono G F B L J I H que se pide.

VI. *Inscribir un eneágono regular á un círculo dado.* Sea el círculo A C B D, Fig. 68. Tírense dos diámetros que se corten perpendicularmente A B, C D; con un radio igual al del círculo desde C márquese el punto E; desde D con el radio D E trácese un arco hasta encontrar la prolongación del diámetro A B, punto F; desde F con el radio F C describase el arco C G D; y la dis-

tancia G A aplicada como cuerda á la circunferencia, nos dará la inscripción pedida.

ARTÍCULO 24.

Rectificación de la circunferencia.

1. Qué se entiende por rectificar una curva en general, y qué por rectificar una circunferencia.—2. La rectificación de las curvas es operación exacta ó aproximativa.—3. Qué proporción puede sentarse para rectificar una circunferencia aproximadamente.—4. Qué otras relaciones hay entre el diámetro y la circunferencia.—5.Cuál es la más aproximada.

1. En general se llama rectificar una curva á la medida de ésta dispuesta en línea recta. Así diremos que rectificar una circunferencia es hallar una recta cuya extensión ó medida sea igual á dicha curva.

2. La rectificación de las curvas es una de las operaciones matemáticas más difíciles de resolver cuando se trata de hacerla con exactitud. Los cálculos y procedimientos mecánicos han tropezado siempre, y sólo han logrado una solución aproximativa.

3. Para hallar aproximadamente la rectificación de una circunferencia, sentaremos la proporción siguiente: el diámetro es á su circunferencia como un diámetro dado es á la circunferencia que le corresponde.

4. La relación del diámetro con la circunferencia que más uso se hace en la práctica, es la de Arquímedes que establece la de 7: 22; esto es, si el diámetro tiene 7 partes su circunferencia será de 22. Adriano Mecio establece la razón de 113: 355; y los modernos de 1: 3 con una fracción de unos ciento cuarenta guarismos decimales.

5. La relación de los modernos es la más ventajosa por ser más aproximada; pero para nuestras operaciones haremos uso de la de Arquímedes.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

1. *Hallar la longitud de una circunferencia, conociendo su radio ó diámetro.*

2. *Cuál será la circunferencia de un redondel de quinqué, cuyo radio es de 14 centímetros.*

3. *Siendo de 18 centímetros la magnitud del diámetro de un redondel, cuál será la de su circunferencia.*

4. *La circunferencia de un gorro es de 58 centímetros, que radio le corresponde.*

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS

I. *Describir una circunferencia cuyo perímetro sea igual á una recta dada.* Sea la recta dada A B, Fig. 69. (Lám. 3.^a). Admitiendo la relación de Arquímedes, dividiremos en 22 partes iguales la recta dada; tomando por radio $3\frac{1}{2}$ partes de dicha división describiremos la circunferencia C D E F, cuyo perímetro será igual á la magnitud de la recta dada.

II. *Tirar una recta cuya longitud sea igual á la de una circunferencia desarrollada.* Sea C D E F la circunferencia, Fig. 69. Tírese el radio G D; divídase en $3\frac{1}{2}$ partes, y aplicando 22 veces una parte de estas sobre una recta indefinida A B, esta será de igual magnitud que la circunferencia dada.

ARTÍCULO 25.

De las curvas que se componen de arcos de círculo y su trazado.—Del óvalo, elipse, huevo y su rectificación; arco carpanel, arco escarzano, arco ojival ó apuntado y espiral.

1. Á qué curva se llama óvalo. — 2. Qué son ejes en los óvalos. — 3.Cuál es el eje mayor y cuál el menor. — 4.Cuál es el centro de un óvalo. — 5. Además de los ejes, qué otras líneas se consideran en los óvalos. — 6.Cuál es el diámetro. — 7. Cuerda de óvalo qué es. — 8. Propiedades del óvalo. — 9.Cuál es la curva llamada elipse. — 10. Qué son ejes de elipse. — 11. Cómo se determinan los focos de la elipse. — 12. Qué son radios vectores. — 13. Qué son diámetros de la elipse. — 14. Cuerda de la elipse qué es. — 15. Qué es tangente de la elipse. — 16. Á qué línea se llama normal. — 17. Propiedades de la elipse. — 18. Á qué curva se llama huevo. — 19. Cómo se rectifican el óvalo y el huevo. — 20. Á qué se llama arco carpanel ó asa de cesta. — 21. Cuándo el arco carpanel se llama rebajado y cuando peraltado. — 22. Qué son los puntos de arranque, la luz y la montea en estas curvas. — 23. Qué es el arco escarzano. — 24. Á qué arco se llama ojival. — 25. Qué es la espiral. — 26. Aplicaciones de las líneas curvas.

1. Se llama *óvalo* á una figura plana formada por una curva, simétrica en dos sentidos, compuesta de cuatro ó más arcos de círculo, descritos de dos en dos con radios diferentes, Fig. 58. (Lám. 2.^a de Geometría).

2. En los óvalos se llaman *ejes* las dos rectas perpendiculares que le dividen en 4 partes enteramente iguales y determinan

lo largo y ancho de la figura; tales son A B, C D, Figura 58.

3.° Llámase *eje mayor* de un óvalo á la mayor recta que puede tirarse en dicha figura, tal es la A B; y *eje menor* á la menor que resulta pasando por el centro de la figura, como C D, Fig. 58.

4. *Centro del óvalo* es el punto G donde se cruzan los dos ejes mayor y menor.

5. En los óvalos, además de los ejes se consideran otras líneas como el *diámetro* y la *cuerda*.

6. Se llama *diámetro* á toda recta que pasando por el centro del óvalo terminan sus extremos en la curva, como E F, Fig. 58.

7. *Cuerda* del óvalo es la recta que sin pasar por el centro, termina en dos puntos de la figura, como A D, Fig. 58.

PROPIEDADES DEL ÓVALO.

8. Considerando los ejes del óvalo como diámetros, el eje mayor es el mayor de los diámetros que puedan tirarse en la figura, y el eje menor el menor de todos ellos.

Los diámetros dividen al óvalo en dos partes iguales no simétricamente.

Los diámetros se cortan por mitad y en partes iguales.

La recta que corta á dos cuerdas paralelas en dos partes iguales cada una de ellas, dicha recta pasa por el centro y por lo mismo será un diámetro: si esta recta pasa por el centro y fuera perpendicular á dichas paralelas, sería un eje.

9. Llámase *elipse* á la curva que cerrando espacio es simétrica en dos sentidos y la suma de las distancias de un punto cualquiera de la curva á otros dos del eje mayor denominados *focos* es igual á dicho eje, A B C D, Fig. 60.

10. Las líneas perpendiculares que dividen en cuatro partes iguales á la elipse y determinan su largo y ancho se llaman *ejes*; tales son A C, B D, Fig. 60.

11. Para hallar los *focos* de la elipse, se toma el semi-eje mayor y con este radio haciendo centro en el extremo del eje menor se traza un arco que corte el eje mayor, y los puntos cortados por dicho arco serán los focos. P. ejemplo, si con un radio igual al semi-eje mayor A E hacemos centro en B, extremo del eje menor, y describimos un arco, cortará el eje mayor en los puntos F y G, los cuales serán los focos.

12. *Radio vector* son las líneas que partiendo de los focos de la

elipse concurren en un punto de la curva: como F J, G J, Fig. 60.

13. Se llaman *diámetros de la elipse* las rectas que pasan por el centro y sus extremos terminan en la curva; tal es L M, Fig. 60.

14. *Cuerda* es toda recta que sin pasar por el centro termina en la curva, como L N, Fig. 60.

15. *Tangente de la elipse* es la recta que toca á la curva en un solo punto, como H I, cuyo punto de tangencia es J, Fig. 60.

16. Se llama *normal* en la elipse la perpendicular á la tangente comprendida desde esta línea al eje mayor; tal es la J O, Fig. 60.

PROPIEDADES DE LA ELIPSE.

17. Los diámetros dividen á la elipse en dos partes iguales no simétricas.

El eje mayor es el mayor diámetro de la elipse; y el eje menor el menor de todos ellos, y ambos son á la vez ejes de simetría.

Los focos de la elipse cuanto más se aproximan al centro, más redondeada queda la curva, así es que cuando se confundan los focos con el centro resultará una circunferencia. Por esto se dice que la elipse es una circunferencia achatada.

La elipse se rectifica aproximadamente como el óvalo, usando de la misma fórmula.

18. Se llama *huevo* á una curva cerrada, simétrica en un sentido, más ancha en un extremo que en otro, como A D C B. (Figura 59), en la cual se consideran dos líneas que se cortan perpendicularmente denominadas ejes y determinan su largo y ancho, tales son A C, B D.

19. Conociendo la rectificación de la circunferencia de círculo, fácil nos será hallar la del óvalo y huevo, puesto que ambas curvas se componen de arcos de círculo; así pues, rectifíquense sus arcos y la suma de estos nos dará la rectificación aproximada de dichas curvas.

Sabido el valor de los ejes, se podrá también rectificar el óvalo del modo siguiente: el duplo del eje mayor sumado con el eje menor y su séptimo nos dará la rectificación.

20. Se llama *arco carpanel* ó *asa de cesta* á la curva que nos da la mitad del óvalo limitada por uno de sus ejes.

21. Cuando la base del arco es el eje mayor, se llama *arco carpanel rebajado*, tal es el A C B, (Fig. 75, Lám. 3.^a de *Ejercicios gráficos*); y se llamará *carpanel peraltado* cuando su base es el eje menor.

22. Llámase *puntos de arranque* en los arcos, los extremos de la recta desde donde parte la curva, tal es A B, A B; (Figs. 75 y 76 de ejercicios gráficos). *Luz* ó *abertura* de un arco es el espacio comprendido entre los puntos de arranque. Y *montea* la altura ó perpendicular bajada desde la parte superior, punto medio del arco á la base ó recta que une los puntos de arranque; como C D, C D, Fig. 75 y 76.

23. Se llama *arco escarzano* á los arcos formados de una parte de la semicircunferencia, no llegando á 180°. A C B, Fig. 77.

24. *Arco ojival* llamado también *gótico* ó *apuntado* es el compuesto de arcos de círculo unidos por un extremo formando un ángulo curvilíneo, como A C B, Fig. 76.

25. Llámase *espiral* la curva que partiendo de un punto va dando vueltas al rededor suyo separándose cada vez más de este punto; tal es la Fig. 61, (Lám. 2.^a de Geometría) y la 78 de ejercicios gráficos.

APLICACIONES DE LAS LÍNEAS CURVAS DESCRITAS.

26. Son infinitos los ejemplos que observamos de la línea curva en la naturaleza y en las artes. En primer lugar la figura de nuestro globo, según las observaciones, es redonda, y por consiguiente las líneas que dejan trazadas las embarcaciones en sus largas expediciones son curvas; como así mismo la línea que describe ese mismo planeta en sus dos movimientos de rotación y traslación y el meteoro luminoso denominado arco-iris. Las hojas de las plantas y de las flores, el cuerpo humano y el de los animales, no es más su dibujo que una combinación de líneas curvas suavemente conjuntadas (a). En las artes también observamos repetidísimos ejemplos de la aplicación de esta línea. En las artes cerámicas no hay objeto que no nos presente una aplicación de la línea curva. Vémosla también aplicada en los más de los objetos de cerrajería, ebanistería, hojalatería, etc. En los trabajos de la modista, bordadora y costurera es de un uso muy común, como lo demuestran las diferentes prendas que confeccionan. El escote de las camisas de señoras, la escotadura para la pegadura del cuello en las de hombre, las sisas, escotes y costuras del cuerpo y

(a) Se dice que dos líneas conjuntan, cuando se unen recta con curva ó una curva con otra sin que se note en su tránsito garrote ó recodo alguno. El punto de conjunción de dos líneas se llama *punto de inflexión*.

pegadura de las mangas de vestidos, chambras, etc. Las mil labores de crochet ó ganchito, aguja y festonados, y la multitud de bordados nos recuerdan el continuado uso que se hace de dicha línea.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 3.^a

1. *Dibujar dos cuartos de círculo*, Fig. X y XI. Fórmense los cuadrados, y tirense las diagonales cuyas líneas auxiliares facilitarán el dibujo de los arcos indicados.

2. *Dibujar una circunferencia de círculo*, Fig. XII. Dibújense dos líneas iguales que se corten por mitad perpendicularmente, y sus extremos nos dan cuatro puntos de la circunferencia que se ha de dibujar.

3. *Dibujar un óvalo*, Fig. XIII. Delinéense los dos ejes mayor y menor que se corten por mitad, y sus extremos son cuatro puntos por donde se hará pasar dicha curva.

4. *Dibujar el arco ojival ó apuntado*, Fig. XIV. Fórmese un triángulo equilátero, y luego dibújese la curva como se presenta en el modelo.

5. *Dibujar un óvalo de figura de huevo*, Fig. XV. Cópiese la figura marcando las líneas auxiliares, las cuales nos facilitarán su dibujo.

6. *Dibujar la Fig. XVI*. Fórmase un cuadrado y divídase en dos partes iguales por medio de una recta, cuya línea será el eje de la figura y nos facilitará su delineación.

7. *Dibujar un corpiño bernés*, Fig. XVII. Este corpiño tan gracioso para las niñas de poca edad, se ha generalizado mucho adoptándolo las señoritas jóvenes. Se compone de un corpiño montante de muselina blanca, teniendo la abertura del cuello guarnecida con un doble guipur rizado ó liso, y de mangas cortas ó largas. El dibujo lo representa visto por delante que como se observa termina en una gran punta, mientras que por detrás remata en falda con dos lazos sobre sus pliegues y guarnecida de guipur negro ó de otro color, según sea el del corpiño. Para dibujarlo fórmese un rectángulo dividido en dos partes iguales por medio de una recta. Esta, la que limita los extremos superiores derecho é izquierdo y la que representa la cintura, auxilian lo suficiente para copiar la figura con facilidad.

Observación. Los bordes superior é inferior de dicha prenda se guarnecen de guipur como la faldeta, y los pespuntos indicados en el modelo por medio de puntitos, se hacen con seda del color que más armonice con el del cuerpo.

8. *Dibujar la Fig. XVIII.* Representa esta figura un cuello recto con solapa. Consta de cuello, solapa y camisolín; el cuello y las solapas se hacen de batista doble para que tengan la suficiente resistencia. Para dibujar la figura, fórmese un exágono irregular simétrico, con su eje y la diagonal que marca los extremos de las hombreras, cuyas líneas facilitarán su copia.

9. *Dibujar la Fig. XIX.* Esta figura representa una plantilla de un delantero de zuava moderno, reducida del patrón de dimensiones naturales á tan pequeñas dimensiones por medio del sistema Ortega. Para dibujarla, fórmese un rectángulo y marcando las líneas como nos presenta el modelo será muy fácil su copia.

Observación. Al delinear la figura, téngase un particular cuidado en el dibujo de los escotes.

10. *Dibujar la Fig. XX.* Nos presenta esta figura la forma de un fechú ó pañoleta vista por detrás. Esta prenda tiene por la parte de delante la forma de un chal que se continua por la parte posterior por medio de una guarnición hasta terminar en punta en la parte interior: se guarnece con un entredós de encaje con rizado por ambas partes, completando la guarnición una blonda de unos 7 centímetros. Las líneas paralelas del centro ó del interior forman el chal y las de los bordes el entredós. Este dibujo nos da una figura simétrica y esta circunstancia nos favorece para dibujarla fácilmente.

11. *Dibujar una limosnera, Fig. XXI.* Lllaman limosnera á una especie de bolsa que se lleva sujeta al cinturón por medio de un gran corchete ó gancho: la usan las señoras jóvenes y más particularmente las niñas y niños de corta edad. El tamaño de la limosnera varía según la edad del que la usa, así como el gusto la hace variar de forma. Este dibujo consta de cinco partes: las dos que forman el bolso que son iguales y se juntan ribeteándolas por medio de una cinta de terciopelo; la cartera ó solapa á la que va unida una presilla que se abrocha á un botón pegado en medio del delantero; las presillas, y los tirantes festoneados sujetos á dichas presillas. Para dibujarla, tírense las líneas auxiliares y esto bastará para sacar la copia con alguna propiedad.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

I. *Construir un óvalo de círculos iguales secantes, cuyo eje mayor sea igual á una recta dada*, Fig. 70. (Lám. 3.^a) Sea la recta A B y divídase en tres partes iguales : con un radio igual al tercio de la recta, haciendo centro en G y D, describáanse las dos circunferencias que se cortan en E y F, desde cuyos puntos tírense las rectas E H, E G, F I, F J, que pasen por los centros C, D de las circunferencias, y los extremos de dichas líneas, G, H, I, J, limitarán los arcos G M H, I N J, trazados desde E y F con el radio E G, lo cual nos dará la construcción propuesta.

II. *Construir un óvalo dada la magnitud de los dos ejes*. Sea la extensión de dichos ejes a, b , Fig. 71. Tírese la recta A B = b , y en su medio H, la perpendicular C F = a dividida por mitad. Sobre el semi-eje mayor A H, fórmese el triángulo equilátero A G H; sobre el lado H G aplíquese la magnitud H C = H J : tírese una recta desde C que pase por J y se prolongue hasta L: tómese la magnitud L A y aplíquese sobre el semi-eje mayor, tal como A I: desde L tírese una recta que pase por I y se extienda hasta el extremo de su eje menor ó su prolongación, y los puntos F, I, serán los centros de los arcos L C M y L A N; ahora tómese H I y aplíquese desde H hasta P, y este punto será el centro para el trazado del arco M B O: trasládase la porción H F sobre la H E, y el punto E nos dará el centro del arco N F O, con lo cual tendremos descrita la curva.

III. *Dado un óvalo hallar su centro y sus dos ejes*. Sea el óvalo O Q P R, Fig. 72. Tírense dos cuerdas paralelas algo distantes, como A B, C D: divídense en dos partes iguales, y por los puntos de división F E tírese el diámetro G H que dividido por mitad nos da el punto I centro del óvalo. Para hallar los ejes desde el centro I con un radio que pueda cortar á la curva del óvalo, describáse el arco J L N y su cuerda J N dividida por mitad nos da el punto M: hágase pasar por este punto y por el centro del óvalo la recta O P, la cual nos dará el eje mayor. Para el menor, levántese una perpendicular en la parte media del mayor, tal como Q R, y ésta será el eje menor pedido.

IV. *Regla general para la construcción de óvalos de círculos desiguales ya sean tangentes, secantes ó separados.* Sea A B el eje mayor del óvalo. Fig. 73. Describanse las dos circunferencias desiguales y separadas en este caso, limitadas ambas por los extremos A y B: con un radio mayor que la mitad A B, haciendo centro en A, márquese el punto N, y desde B, con el mismo radio el L: desde J, centro del círculo menor, con el radio J L, trácese el arco O L P, y con el radio IN, el O N P; desde P tírense las rectas P E, P C, que pasen por J é I, centro de dichos círculos, cuyos puntos C E limitan el arco C O E trazado con el radio P E. Para cerrar el óvalo con el mismo radio haciendo centro en O se describe el otro arco.

V. *Construir la curva llamada huevo, dado su eje ó longitud.* Sea el largo del huevo la recta A B, Fig. 74. Divídase dicha línea en tres partes iguales, y con un radio igual á su tercio, haciendo centro en O, tercera parte alta de A B, describáse la circunferencia A D E C, y con la mitad del radio E B ó punto F, describáse la circunferencia E I B J; tírese el diámetro C D perpendicular á A B prolongándolo á derecha é izquierda hasta G y F, dando á dicha prolongación la magnitud del radio del círculo mayor, esto es $G C = C O$ y lo mismo D F; y los puntos F, G, serán los centros de los arcos C I, D J.

VI. *Hallar una recta aproximadamente igual á la magnitud de la curva del óvalo propuesto.* Dividido el eje menor en 7 partes iguales, tírese una recta indefinida y aplíquese sobre esta el eje menor y á continuación su séptimo más el duplo del eje mayor, cuya suma nos dará la magnitud de la curva propuesta.

VII. *Construir un arco carpanel rebajado ó la curva llamada asa de cesta, dada la base y altura.* Sea A B la base y la altura D C, Fig. 75. Tiradas las rectas A B, C D, perpendiculares entre sí, se unen sus extremos por medio de las rectas A C, B C: tómese C D y aplíquese sobre la base A B, desde D á derecha é izquierda, resultando D E = D F: la diferencia E A márquese de C á R y á R'; levántense las perpendiculares I J, L J, en medio de las rectas A R, B R'; y J punto donde se cortan dichas perpendiculares será el centro del arco G C G' y M, N los de G A, G' B.

VIII. *Construir un arco ojival ó apuntado, dada la base y altura.* Sea A B la base y su altura C D, Fig. 76. Tírese una recta igual á A B, levántese en su punto medio la perpendicular C D,

únase C con A y B por medio de las rectas C B, C A : levántense sobre éstas las perpendiculares E B, G A, de modo que las dividan en dos partes iguales y los puntos A y B, donde se encuentran dichas perpendiculares con la base ó su prolongación, serán los centros de los arcos C A, C B, que se trazarán con el radio B C.

IX. *Construir un arco escarzano, dada la línea de luz y la montea.* Sea A B la línea de luz y C E su montea. Fig. 77. Térese la recta A B y la C E perpendicular á esta, prolongándola indefinidamente : únanse A y B con C por medio de rectas, y divídanse por mitad levantando las perpendiculares F G, F' H, y la prolongación de éstas se encontrará en la perpendicular E D en el punto O, el cual nos dará el centro del arco A C B descrito con el radio O A. Trazado el arco, pueden tirarse si se quiere las perpendiculares A R, B S.

X. *Construir una espiral compuesta de cuartos de círculo,* Fig. 78. Fórmese el cuadrado $a b c d$ prolongando sus lados indefinidamente. Con el radio $a b$, haciendo centro en a , se traza el arco $b i$; desde d , con el radio $d i$, se describe el $i j$; desde c , el $j n$; desde b , el $n m$. Si se trata de continuar la espiral, se tomarán los mismos puntos y se tendrá a centro del arco $m H$, d del $H p$, c del $p q$, y b del $q r$. Esta espiral se llama evolvente y su evoluta es el cuadrado.

XI. *Construir una espiral compuesta de semicircunferencias.* Fig. 61, Lám. 2.^a de Geometría. Térese la recta indefinida O N. Desde A con el radio A B, se traza la semicircunferencia B E C, y los puntos B y A serán los centros de las demás semicircunferencias. Así tendremos: con el radio B C se describirá la semicircunferencia C F D; con el A D, la D G H; con el B H, la H R I; y prosiguiendo alternativamente de centro en A y B como se ha practicado hasta aquí, se trazarán cuantas vueltas se quieran.

XII. *Regla para la construcción de la elipse.* La elipse se traza de varios modos; pero será suficiente para nuestro objeto indicar uno de los medios más sencillos. Tirados los dos ejes mayor y menor que se corten por mitad y perpendicularmente, se determinan los focos: tómese un hilo de la magnitud del eje mayor, y fíjense sus extremos en los focos: con la punta de un lápiz se pone tirante el hilo, y restregando el lápiz sobre el plano con un movimiento como si se trazara una circunferencia, nos resultará la elipse.

Ejercicios gráficos de aplicación

I. *Construcción del festonado*, Fig. 79. (Lám. 4.^a) Representa este dibujo un festonado compuesto de dos semicírculos concéntricos y unidos por pequeños cuadrantes de círculo. Para su construcción, tírese la línea AB , y haciendo centro en e describanse con radios arbitrarios las dos semicircunferencias, y á continuación de estas, otras hasta llenar la línea; luego se unen las semicircunferencias interiores por medio de los cuadrantes indicados, resultándonos el festón propuesto.

II. *Construir el festonado número 82*. Este sencillo festonado se compone de una semicircunferencia y un arco correspondientes á dos circunferencias excéntricas interiores como se ve en la figura. Para su construcción, tírese la línea indefinida EF , y con un radio arbitrario $j n$ trácese la semicircunferencia $j r m$, y con el radio $i j$ el arco $j s m$; por el punto i hágase pasar la indefinida GH , paralela á la EF , y continuando la construcción de las semicircunferencias y arcos sobre las paralelas indefinidas, se tendrá el festonado que se pide.

III. *Constrúyase el festonado número 85*. Tírese una recta indefinida AB : con los radios arbitrarios CD , CG describanse las semicircunferencias DEF , GHI : divídanse estas en doce partes iguales numerándolas del modo que presenta la figura; y los puntos $D, 2, 4, 6, 8, 10$ y 12 , serán los centros de los arcos concéntricos que forman los festones.

IV. *Construcción del festonado número 86*. Se compone de arcos de círculos excéntricos interiores secantes. Para su construcción, tírese una recta indefinida AB : describanse con los radios arbitrarios OC , OF , las semicircunferencias CDE , $F GH$, dividiéndolas en doce partes iguales numerándolas como nos presenta la figura, y los puntos $C, F, 2, 2', 4, 4', 6, 6', 8, 8'$, etc. serán los centros de los arcos interiores y exteriores que constituyen el festonado.

V. *Construir el festonado número 87*. La construcción de este festón es igual á la del anterior con la sola diferencia de tener la parte cóncava del festonado hacia el exterior. Las cuatro semicircunferencias limitan la anchura y centros de los arcos.

VI. *Constrúyase el festón adornado número 90*. La delineación de este festón de forma trifóidea es igual á la del festonado

Fig. 82. Tírese la $g h$ perpendicular á la $i j$, y en estas líneas en los puntos $a b$, $c d$, $e f$, se hallarán los centros de los festones. Sobre la perpendicular $g h$, fórmese la pluma y corónese el festón de enlace n con una plumita y dos puntos. Puede añadirse como se ve en el segundo festón, una hoja de tres lóbulos que bordada al realce como las plumas hace un bonito efecto.

VII. *Construcción del festonado número 84.* Se compone de cuartos de círculo. Su construcción es sumamente sencilla: tírase la recta indefinida $A Z$: sobre esta recta tómesese una parte cualquiera $A C$, y fórmese el triángulo rectángulo $A B C$: divídase el lado $A B$ en tres partes iguales, por cuyos puntos $n m$, se hacen pasar las perpendiculares $d e$, $e f$, y tendremos en d , e , f , los centros para los tres cuartos de círculo que luego se duplicarán como representa la figura. Lo mismo que se ha hecho en el lado $A B$, hágase en el $B C$ y se tendrá terminado el festón.

VIII. *Construir el festonado número 80.* Se compone de un semicírculo interior y un arco ojival exterior. Para su construcción, tírese la recta indefinida $A B$ y con un radio arbitrario $c d$ describese la semicircunferencia $d n e$, y tomando por radio el diámetro $d e$ trácese desde e el arco $d f$, y desde d el $e f$, cuya construcción se continúa hasta tener el número de festones que se deseen.

IX. *Constrúyase el festonado número 81.* Este bonito festón se compone de dos arcos ojivales. Para su construcción, tírese la línea indefinida $C D$, y en su extremo C , con una abertura cualquiera de compás $C g$, haciendo centro en g , trácese el arco $C d h$, y desde C el $g r h$; tómense dos centros fuera de las rectas tal como s y p ; luego haciendo centro en s con una abertura de compás $s C$, describese $C n m$, y desde p el $g o m$, y del mismo modo se irán construyendo los demás hasta completar el número de festones que sea necesario.

X. *Construcción del festonado número 83.* Se compone este festonado de dos arcos ojivales uno interior y otro exterior que forman su grueso concurriendo ambos arcos en un mismo punto, y uniéndose todo el festonado por medio de otros dos arcos pequeños en forma de pabellón. Para su construcción, tírese la recta indefinida $A B$, y desde un punto cualquiera c bájese la perpendicular $c d$, y constrúyase la ojiva interior como queda explicado para la construcción de los dos festonados anteriores:

para la exterior se procederá del mismo modo, pero con menor radio, siguiendo lo mismo para los pequeños que unen á los mayores. En la línea F G, se hallarán los centros de los arcos que forman la ojiva interior como *m s*; y en la U Z los de la exterior, tales como *j*, *l*. La O P limita la altura de los pequeños festones de enlace.

XI. Construir los festonados señalados con los números 91, 92 y 93.

XII. Dibujar los festones 88 y 89. Estos caprichosos festonados que llaman los franceses de *crété courbée* se usan para el bordado en oro mate. Conviene dibujarlos á pulso haciendo uno, que se repetirá las veces que se quiera copiándolo por medio del calcado para su prontitud é igualdad. Para el segundo, constrúyase el óvalo de figura de huevo del modo que nos presenta el modelo, y luego se dibuja el festonado descansando todo él en la curva indicada.

PARTE SEGUNDA

De la extensión considerada en dos dimensiones.

CAPÍTULO ÚNICO.

De las superficies.

ARTÍCULO 1.º

Preliminares.

1. Qué es superficie. — 2. Cómo se dividen las superficies. — 3. Qué es superficie plana. — 4. Qué es superficie curva. — 5. Cómo se dividen las superficies curvas. — 6. Cómo se miden las superficies. — 7. Qué es medir una superficie. — 8.Cuál es la unidad de medida para la superficie. — 9.Cuál es la unidad de superficie de nuestro sistema legal. — 10. Cuáles son los múltiplos y divisores del área. — 11. Cuáles son los divisores de la centiárea. — 12. Qué otras unidades son permitidas además de las legales.

1. Á la extensión considerada en dos de sus dimensiones se denomina *superficie*.

2. Las superficies se dividen en *planas* y *curvas*.

3. Superficie plana es aquella que tiene todos sus puntos á igual altura, y por lo tanto permite trazar una recta en cualquier sentido.

4. Superficie curva es aquella que no tiene todos sus puntos á igual altura, y por lo mismo no permite el trazado de una recta en cualquier sentido que fuese.

5. Las superficies curvas se dividen en *concavas* y *convexas*. Llámase cóncava á la curvatura interior y convexa á la exterior.

6. Las superficies se miden por otras superficies conocidas que se toman por unidad.

7. Medir una superficie es hallar las veces que dicha superficie contiene á la que se ha tomado por unidad de medida.

8. La unidad de medida para la superficie es el cuadrado, cuyo lado es igual á la unidad lineal que se usa en el país, ó cualquiera otra que se convenga.

9. La unidad de superficie de nuestro sistema legal es el *área*, igual á un cuadrado que tenga diez metros de lado, ó sea cien metros cuadrados.

10. El área tiene los siguientes múltiplos y divisores:

La hectárea ó cien áreas = 10,000 metros cuadrados.

La centiárea ó centésima parte del área = 1 metro cuadrado.

11. Siendo la centiárea un cuadrado cuyos lados tienen cada uno la extensión de un metro, valiéndonos de los divisores de esta medida, y siguiendo el orden correspondiente tendremos:

El metro cuadrado = 100 decímetros cuadrados.

El decímetro cuadrado = 100 centímetros cuadrados.

12. Además de las unidades legales, son permitidos otros patrones que representen el duplo, la mitad y el cuarto de éstas.

ARTÍCULO 2.º

Del cálculo de las superficies.

1. Cómo se halla la superficie de un rectángulo. — 2. Qué regla se emplea para hallar la superficie de un paralelogramo cualquiera. — 3. Cómo se calcula la de un triángulo. — 4. Cómo se obtiene la de un trapecio. — 5. Cómo se busca la de un polígono regular. — 6. Cómo se encuentra la de una figura irregular. — 7. Cómo se halla la de un círculo. — 8. Conociendo sólo el radio de un círculo, cómo se obtiene su superficie. — 9. Cómo se busca la de una elipse. — 10. Cómo se halla la de un semicírculo y la de un cuadrante. — 11. Cómo se calcula la de un sector. — 12. Cómo se obtendrá la de un anillo circular.

1. Para hallar la superficie de un cuadrilongo ó rectángulo se multiplica la extensión de la base por la altura.

2. En todos los paralelogramos se seguirá la misma regla; esto es, el producto de la base por la altura nos da su superficie, (Figura 62, lám. 3.ª de Geometría).

3. La superficie de un triángulo cualquiera es igual al producto de la base por la mitad de su altura; ó bien al producto de la altura por la mitad de la base.

4. La superficie de un trapecio se obtiene multiplicando su altura por la semisuma de sus lados paralelos.

5. Para buscar la superficie de un polígono regular de cualquier número de lados se multiplicará el perímetro por la mitad del radio recto ó apotema.

6. La superficie de cualquier figura irregular se encontrará dividiéndola en triángulos por medio de diagonales, y calculando

la superficie de cada uno de ellos, la suma de estas superficies será la de la figura dada.

7. La superficie de un círculo se halla multiplicando la circunferencia por la mitad del radio.

8. Cuando se conoce sólo el radio de un círculo, se obtendrá su superficie multiplicando el cuadrado del radio por la razón 3'1416.

9. La superficie de una elipse se busca multiplicando la semisuma de sus ejes mayor y menor por la fracción 3'1416.

10. La superficie de un semicírculo y la de un cuadrante es igual al producto del arco rectificado por la mitad del radio; ó bien el cuadrado del radio multiplicado por 1'5208 para el primero y por 0'7104 para el segundo.

11. Para la superficie de un sector cualquiera de círculo, se buscará primero la de todo el círculo y se formará proporción con los grados del sector, diciendo: 360 *es á* el número de grados del sector, *como* la superficie hallada de todo el círculo *es á* la que se busca; ó sea, á la del sector propuesto.

12. La superficie de un anillo circular ó corona se obtendrá buscando la superficie correspondiente al círculo mayor y la que corresponde al menor, y restando esos dos productos, la diferencia hallada será la superficie de dicha figura.

ARTÍCULO 3.º

De los planos.

1. Cuáles son las posiciones que puede tener un plano. — 2. Á qué plano se denomina vertical. — 3. Cuál es el plano horizontal. — 4. Cuál es el inclinado. — 5. Cuándo son paralelos dos planos. — 6. Cuándo son perpendiculares dos planos. — 7. Á qué planos se llaman oblicuos.

1. El plano puede tener las mismas posiciones que la línea recta, y así tendremos planos verticales, horizontales é inclinados; y por sus posiciones relativas los denominaremos paralelos, perpendiculares y oblicuos.

2. Llámase plano vertical el que conserva esta posición, y por lo mismo puede aplicarse en su superficie una línea vertical, como J L, Fig. 64, cuya posición es la de la vertical H I.

3. Plano horizontal es el que conserva esta posición y por consiguiente permite trazar en su superficie una ó más rectas hori-

zontales, como el plano F G, cuya posición es la de la horizontal A B, Fig. 63.

4. Plano inclinado es aquel sobre el cual puede tirarse una recta inclinada, tal es O P, Fig. 65, cuya posición es la de la inclinada M N.

5. Dos planos son paralelos cuando los puntos de la superficie del uno distan igualmente de sus correspondientes del otro plano; ó bien cuando tirada una recta en cada plano conservan estas dicha posición: por ejemplo, Q R, S T, Fig. 66.

6. Dos planos son perpendiculares cuando cayendo el uno sobre el otro no tienen inclinación alguna, como O P, con el S T ó Q R, Fig. 66.

7. Se llama planos oblicuos á los que conservan esta posición con respecto á otro plano.

ARTICULO 3.º

De los planos.

1. Cuáles son las posiciones que puede tener un plano. — 2. A qué plano se denomina vertical. — 3. Cual es el plano horizontal. — 4. Cuál es el plano inclinado. — 5. Cuando son paralelos dos planos. — 6. Cuando son perpendiculares dos planos. — 7. A qué planos se llaman oblicuos.

1. El plano puede tener las mismas posiciones que la línea recta, y así tendremos planos verticales, horizontales é inclinados; y por sus posiciones relativas los denominaremos paralelos, perpendiculares y oblicuos.

2. Llámase plano vertical el que conserva esta posición, y por lo mismo puede aplicarse en su superficie una línea vertical, como J L, Fig. 64, cuya posición es la de la vertical H I.

3. Plano horizontal es el que conserva esta posición, y por consiguiente permite trazar en su superficie una ó más rectas hori-

PARTE TERCERA

De la extensión en sus tres dimensiones.

CAPÍTULO ÚNICO.

De los volúmenes.

ARTÍCULO 1.º

De los cuerpos geométricos en general.

1. Cómo se dividen los cuerpos geométricos.—2. Qué son poliedros y cuerpos redondos.—3. División de los poliedros.—4. División de los cuerpos redondos.—5. Qué son caras, aristas y vértices de los poliedros.—6. Qué es ángulo diedro.—7. Qué son ángulos poliedros y qué nombres toman.—8. Cuál es la medida del ángulo diedro.—9. Qué medida tiene el ángulo poliedro.—10. Á qué se llama diagonal de un poliedro.—11. Plano diagonal de un poliedro qué es.—12. Á qué se llama base y altura en los poliedros.—13. Cómo se divide la superficie de los poliedros.—14. Cómo se halla la superficie de los poliedros irregulares.—15. Cuál es la unidad que se toma para medir el volumen de los cuerpos.—16. Cuáles son las medidas cúbicas.

1. Los cuerpos geométricos se dividen en *poliedros* y *cuerpos redondos*.

2. Se llaman *poliedros* los cuerpos limitados por planos, y *cuerpos redondos* todo sólido, cuya superficie curva no presenta cantos ó ángulos poliedros.

3. Se consideran tres especies de poliedros, á saber: *prismas*, *pirámides* y *poliedros regulares*.

4. Los cuerpos redondos de que trata la Geometría elemental son: el *cilindro*, el *cono* y la *esfera*.

5. En los poliedros deben estudiarse las *caras* ó *faces* que son los planos que los limitan; las *aristas* ó *cantos* ó sea la intersección común de dos planos ó caras, y los *vértices* ó extremos de las aristas donde concurren los ángulos planos.

6. *Ángulo diedro* es el formado por dos planos que concurren en una misma línea, como C A, E D, cuya línea de concurso es D A, Fig. 67. (Lám. 3.ª de Geometría).

7. *Ángulo poliedro* ó *sólido* es el espacio comprendido por

tres, ó más planos que concurren en un punto. Si está formado por tres caras ó ángulos planos, se llama *triedro*; (B, E, etc. Fig. 69), si por cuatro, *tetraedro*; (B Fig. 68), y *pentaedro*, *exaedro*, *ep-taedro*, etc., si lo forman cinco, seis ó siete ángulos planos.

8. La medida del ángulo diedro es el arco que comprende el ángulo rectilíneo formado por rectas trazadas una en cada plano perpendiculares á la intersección de los mismos.

9. La medida del ángulo poliedro es la suma de todos los ángulos planos que lo forman.

10. Se llama *diagonal de un poliedro* á la recta que une dos vértices no comprendidos en una misma cara.

11. *Plano diagonal de un poliedro* es aquel plano que corta el poliedro pasando por tres vértices no situados en una misma cara.

12. Se llama *base* en los poliedros la cara ó caras sobre las cuales está formado, A E D C, D E F, I O M J, Figs. 68, 69 y 70; y *altura* la perpendicular bajada desde el punto más alto á la base, A B, G H, A B, Figs. 72, 75 y 76, ó á su prolongación, como Q S, A D, Figs. 70 y 73.

13. La superficie de los poliedros se divide en lateral y total. Se llama superficie *lateral* á la suma de las caras del poliedro, y *total* á la de la lateral con la suma de las bases.

14. La superficie de los poliedros irregulares se halla sumando la de todas sus caras.

15. La unidad que se toma para la medida del volumen de los cuerpos es el cubo, *m*, (Fig. 91) que tiene por unidad lineal la arista. Así decimos un metro cúbico, si la magnitud de la arista es un metro.

16. Las medidas cúbicas son el metro cúbico, el decímetro cúbico y el milímetro cúbico.

ARTÍCULO 2.º

De los prismas.

1. Á qué se llama prisma.—2. División del prisma.—3. Qué nombres se dan á los prismas según sus bases.—4. Qué es un paralelepípedo.—5. Cómo se calcula el volumen de los prismas.—6. Aplicaciones de los prismas.

1. Se llama *prisma* á todo poliedro formado por dos caras iguales y paralelas, denominadas bases, y cuyas caras laterales son paralelógramos.

2. El prisma puede ser *recto* y *oblicuo*. Se llamará *recto* cuando las aristas son perpendiculares á sus bases, Figs 69, 71 y 72; y *oblicuo* cuando no reúnen esta circunstancia, (Fig. 70).

3. Los prismas toman el nombre del polígono que les sirve de base. Así se llamará *triangular* (Fig. 69), *cuadrangular* (Figura 70), *pentagonal* (Fig. 71), *exagonal* (Fig. 72), etc., según tengan por bases triángulos, cuadriláteros, pentágonos, exágonos, etc.

4. Se llama *paralelepípedo*, el prisma que tiene por bases un paralelógramo cualquiera (P N Q R M J I O, Fig. 70).

5. Para hallar el volumen de los prismas, tanto rectos como oblicuos, multiplíquese la superficie de la base por su altura.

APLICACIONES DE LOS PRISMAS.

6. Con mucha frecuencia vemos usada la forma prismática en las artes. Los ladrillos ó baldosas, los hierros de los balcones y rejas, las cajas y cajones de las mesas y cómodas, aunque huecos, los neceseres ó estuches, los dados, el neto de los pedestales y muchas torres, campanarios y edificios, tienen la forma prismática.

La bordadora imita todos estos objetos y algunas veces los construye de cartón, revistiéndolos de bordados caprichosos.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 3.^a de Geometría.

1.º *Dibujar un prisma triangular*, Fig. 69.

2.º *Dibujar el paralelepípedo ó prisma rectangular oblicuo*, Fig. 70.

3.º *Copiar los prismas pentagonal y exagonal*. Fig. 71 y 72.

4.º *Dibujar la Fig. 3.^a de la lámina 6.^a de Ejercicios á ojo y á pulso.*

5.º *Dibujar la Figura 2.^a de la misma lámina.* Representa una caja de costura. En cada uno de los lados menores hay un cajoncito que toma todo el ancho de la caja y sirve para colocar diferentes objetos. El ancho de la caja se halla dividido en dos partes iguales, en una de ellas hay un eje ensartando seis carretes ó canillas para la seda, lana ó hilo, separados en su mitad por una almohadillita bombada que sirve para asegurar la labor.

- 6.º *Dibujar la Fig. 1.ª* Representa una caja adornada para té.
 7.º *Copiar la Fig. 6.ª* Presenta una caja para diferentes objetos de labor.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

I. *Delinear el desarrollo de un prisma triangular*, Fig. 102, Lám. 6.ª Tírense dos paralelas A B, C D; fórmense los rectángulos A E F C, E F G H, H G D B, y en los lados menores de uno de los rectángulos como E H, F G, constrúyanse los triángulos equiláteros E I H, F J G, y tendremos el desarrollo del prisma propuesto.

II. *Desarrollar el prisma cuadrangular*, Fig. 103. Como en el problema anterior, fórmense cuatro rectángulos, tales como A C F E, E F H G, G H J I, I J D B, y construyendo los cuadrados L G I M, H N O J, se tendrá el desarrollo pedido.

III. *Dibujar el desarrollo de los prismas pentagonal y exagonal*, Figs. 104 y 105. Lo mismo que en los problemas anteriores, fórmese para el primero cinco rectángulos, y seis para el segundo: en los lados menores de uno de los rectángulos tales como G I, H J, fórmense los pentágonos G I P O N, H Q R S J, y tendremos el prisma pentagonal; y para el exagonal en los lados G I, H J del rectángulo G I J H se construyen los exágonos G I h g f e, H l m n o J, resultando el desarrollo propuesto.

ARTÍCULO 3.º

De las pirámides.

1. Á qué se llama pirámide. — 2. Qué nombres toman las pirámides según su base. — 3. División de la pirámide. — 4. Qué es altura de la pirámide. — 5. Qué es eje de la pirámide. — 6. Á qué se llama apotema en las pirámides regulares. — 7. Qué es pirámide regular y pirámide irregular. — 8. Cómo se obtiene el volumen de una pirámide. — 9. Á qué se llama tronco de pirámide. — 10. Cuál es la pirámide deficiente. — 11. Cómo se calcula el volumen de una pirámide truncada. — 12. Aplicaciones de las pirámides.

1. Se llama *pirámide* á un poliedro que teniendo por base un polígono cualquiera, sus caras laterales son triángulos que tienen un vértice común, llamado *cúspide de la pirámide*.

2. Las pirámides toman su nombre del polígono que les sirve de base. Así se llamará *triangular*, *cuadrangular*, *pentagonal*, *exagonal*, etc., según sea su base un triángulo, cuadrilátero, pentágono, exágono, etc.

3. La pirámide se llama recta cuando la altura cae en el centro de la base, B A E D C, Fig. 68, B A F E D, Fig. 74 y las Figuras 75 y 76; y *oblicua* cuando va á parar á cualquier otro punto. (A B C E, Fig. 73).

4. Se llama *altura* de la pirámide á la perpendicular bajada desde la cúspide de la base G H, A B, Figs. 75 y 76, ó á su prolongación. (A D, Fig. 73).

5. *Eje* de la pirámide se llama á la recta que de la cúspide va al centro de la base. (G H, A B, Fig. 75 y 76).

6. Se llama *apotema* de la pirámide regular á la recta que va de la cúspide á la mitad de uno de los lados de la base. (B C, Figura 74).

7. Se dice que es *regular* una pirámide si la base está formada por un polígono regular, é *irregular* cuando lo es también el polígono que tiene por base.

8. Se obtiene el volumen de una pirámide, multiplicando la superficie de la base por el tercio de su altura.

9. Se llama *tronco de pirámide* ó *pirámide truncada* á la porción de ella comprendida desde su base y la sección dada por un plano paralelo á dicha base (*f g n l j m h i*, Fig. 78).

10. *Pirámide deficiente* es la comprendida entre una sección paralela á la base y su cúspide (*a b c d e*, Fig. 77).

11. Para hallar el volumen de una pirámide truncada, búsquese el de la total y el de la deficiente, y restando estos dos volúmenes obtendremos lo que se pide.

APLICACIONES DE LAS PIRÁMIDES.

12. Muchos ejemplos podemos citar del uso que se hace en las artes de la forma piramidal. Los obeliscos, muchos cenotafios y torres de templos, las puntas de los compases y la mayor parte de los clavos, tienen la figura de una pirámide. Son también pirámides truncadas los faroles del alumbrado público. Los ataúdes, las urnas ordinarias y las célebres pirámides de Egipto.

Ejercicios á ojo y á pulso.

PIRÁMIDES.

- 1.º *Dibujar la pirámide rectangular*, Fig. 74. Lám. 3.ª de Geometría.
- 2.º *Dibujar la pirámide triangular oblicua*. Fig. 73.
- 3.º *Dibujar las pirámides pentagonal y exagonal*, Figs. 75 y 76.
- 4.º *Dibujar la pirámide truncada*, Figura 78, y su deficiente, Fig. 77.
- 5.º *Dibujar la Fig. 1V*, Lám. 6.ª de Ejercicios á ojo y á pulso.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

I. *Delinear el desarrollo de una pirámide triangular*, Fig. 106. (Lám. 6.ª) Con un radio arbitrario tal como $A B$, descríbase el arco indefinido $B C$; luego con una abertura de compás igual á la magnitud $d e$ ú otra cualquiera, márquense en el arco los puntos d, e, f, g ; tírense las líneas $A d, A e, A f, A g$, y las $d e, e f, f g$, y tendremos tres triángulos isósceles que componen las tres caras ó faces de la pirámide; y luego construyendo sobre el lado $e f$ el triángulo equilátero $e h f$, base de la pirámide, tendremos el desarrollo que se desea.

II. *Delinear las pirámides cuadrangular, pentagonal y exagonal*, Figs. 107, 108 y 109. Después de describir desde A los arcos indefinidos $B C$, se construyen los cuatro triángulos isósceles $e A f, f A g, g A h$, y $h A C$, para la cuadrangular; cinco para la pentagonal $e A f, f A g, g A h, h A i$, é $i A C$; y seis para la exagonal; tales son los $e A f, f A g, g A h, h A i, i A j$ y $j A p$, del modo explicado en el problema anterior, y construyendo en uno de los lados un cuadrado para la 1.ª, un pentágono para la 2.ª y un exágono para la 3.ª, tendremos el desarrollo de las tres pirámides propuestas.

III. *Delinear el desarrollo de un tronco de pirámide*. Figura 110. Trazado el desarrollo de la pirámide cuadrangular, desde A con un radio cualquiera, tal como $A k$ márquense los puntos n, m, q, r y tiradas las líneas $k n, n m, m q, q r$, constrúyase sobre el lado $m q$ el cuadrado $m o p q$, y se tendrá el desarrollo propuesto.

ARTÍCULO 4.º

De los poliedros regulares.

1. Á qué se llaman poliedros regulares.—2. Cuántos y cuáles son los poliedros regulares. —3. Cómo se halla el volumen de cada uno de los cinco poliedros regulares.

1. Se llaman *poliedros regulares* los que tienen las caras y ángulos sólidos iguales.

2. Los poliedros regulares son cinco: el *tetraedro* ó sólido, compuesto de cuatro triángulos equiláteros, Fig. 79 (Lám. 3.ª de Geometría); el *exaedro* ó *cubo*, que es un cuerpo formado por seis cuadrados, Fig. 80, el *octaedro*, que lo está por ocho triángulos equiláteros, Fig. 81; el *dodecaedro* compuesto de doce pentágonos regulares, Fig. 83, y el *icosaedro* de veinte triángulos equiláteros, Fig. 82.

3. Para hallar el volumen de los poliedros regulares se observará lo siguiente: el del tetraedro se obtendrá multiplicando la base por el tercio de su altura; el del exaedro multiplicando la base por la altura: el del octaedro multiplicando el cuadrado de su arista por los dos tercios de su eje; y para el del dodecaedro é icosaedro multiplíquese la superficie total por el sexto de la distancia que hay entre dos caras paralelas.

Ejercicios á ojo y á pulso.

CUERPOS REGULARES.

Lámina 3.ª de Geometría.

1.º *Dibujar el tetraedro, exaedro y octaedro*, Figs. 79, 80 y 81.

2.º *Dibujar el dodecaedro y el icosaedro*. Figs. 83 y 82.

Ejercicios gráficos.

Desarrollo de los poliedros regulares.

PROBLEMAS

I. *Delinear el desarrollo de un tetraedro*, Fig. 111. (Lám. 6.ª)
Fórmese el triángulo equilátero A B C; dividanse cada uno de los

tres lados en dos partes iguales, y uniendo los puntos de división D, F, E, por medio de las líneas D E, D F y E F, se tendrá el desarrollo pedido.

II. *Delinear el exaedro ó cubo regular*, Fig. 113. Fórmese un cuadrado, cuyos lados sean iguales á una magnitud dada, tal como L M O N: prolónguense sus cuatro lados y constrúyanse los cuatro cuadrados L E H M, M B D O, O J I N y N C A L, y trazando sobre el lado J I el cuadrado I J G F, se tendrá el desarrollo propuesto.

III. *Delinear el desarrollo del octaedro*, Fig. 112. Constrúyase el triángulo equilátero $n e i$: prolónguese el lado $n i$ indefinidamente y aplíquese la magnitud $n i$ dos veces sobre dicha prolongación: en el lado $e n$ fórmese el triángulo $e A C$: prolónguese el lado $A e$, y márchense las magnitudes $e f$, $f B$ iguales á la $e A$: únanse los puntos $f i$, prolongándose por la parte superior hasta g y por la inferior hasta m : únanse f con h , h con B y D, cuya línea prolongada se encontrará en g , y la prolongación A C en m , resultando el desarrollo del octaedro que se pide.

IV. *Delinear el desarrollo del icosaedro*, Fig. 114. Tírense las dos paralelas A B, C D: constrúyanse los triángulos $A m f$, $m f n$, $f n h$, $n h o$, y demás comprendidos entre dichas paralelas, y trazando sobre la A B los cinco triángulos equiláteros $A e f$, $f g h$, etcétera, y en la C D, otros cinco de igual especie, se tendrá el desarrollo del icosaedro.

V. *Delinear el desarrollo del dodecaedro*, Fig. 115. Constrúyase un pentágono regular a, b, c, d, e : prolónguense sus lados hasta que se encuentren: únanse por medio de rectas los vértices de las puntas de la estrella que resulta, y tendremos el pentágono J F H G I: con radio igual á $a e$, desde a márchense los puntos L M: desde b los puntos N O, y haciendo lo mismo desde los vértices c, d, e , tendremos los puntos P Q, R S, T U: únanse por medio de rectas estos puntos con los vértices a, b, c, d, e , y tendremos la mitad del desarrollo del dodecaedro; y haciendo otra parte igual en la disposición que presenta el modelo, se tendrá el desarrollo completo del dodecaedro propuesto.

ARTÍCULO 5.º

Ejercicios gráficos.

DESARROLLO DE CUERPOS IRREGULARES.

PROBLEMAS.

Lámina 7.ª

Además de los poliedros descritos, creo de alguna necesidad el conocer algunos otros cuerpos irregulares que pueden tener bastante aplicación en las labores de adorno. Para este objeto presentaremos en este artículo el desarrollo de los seis cuerpos siguientes:

I. *Delinear el desarrollo de un cuerpo irregular compuesto de cuatro exágonos y cuatro triángulos equiláteros*, Fig. 120. Tírese la recta AB y en su centro la perpendicular CD : constrúyanse los exágonos $edchgf$, $hijlmn$: prolónguese el lado dc hasta unirse con i , y nos dará el triángulo chi : sobre el lado ci fórmese el exágono E : en el lado G un triángulo equilátero y otro igual en F : en H constrúyase el exágono I ; y sobre el lado J otro triángulo equilátero, con lo cual nos resultará el desarrollo que se pide.

II. *Delinear el desarrollo de un cuerpo irregular compuesto de diez y ocho cuadrados y ocho triángulos equiláteros*, Fig. 121. Tírense las paralelas EG , FH , y fórmense los cuadrados ML , $abac$, JK : prolónguense los lados ac ba en sus dos sentidos hasta A y B , C y D : fórmense los cuadrados L , N , O , R , S , X , Y , y en sus lados los triángulos equiláteros 1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 , 8 , y los cuadrados P , Q , T , U , V y Z , cuya construcción nos dará el desarrollo propuesto.

III. *Delinear el desarrollo del poliedro irregular compuesto de ocho exágonos y seis cuadrados*, Fig. 122. Tírense las dos perpendiculares CD , AB , y en el punto donde se cruzan hágase centro para el trazado del exágono $abcdef$: en los lados de dicho exágono fórmense los cuadrados h , j , i , y los exágonos E , H , G : en uno de los lados de estas figuras, constrúyanse los cuadrados l , g , m , y los exágonos L , J , F , y sobre este último el exágono I , resultándonos el desarrollo pedido.

IV. *Delinear el desarrollo del cuerpo irregular compuesto de*

seis octógonos y ocho triángulos equiláteros, Fig. 123. Tírense las líneas I J, C D, L M, perpendiculares á las E F, A B, G H: constrúyase el octógono $b m n i h e d c$: en los lados $b m$, $n i$, $h e$ y $d c$, los cuatro triángulos equiláteros, y los octógonos P, N, O, Q: sobre el $p r$ el octógono R, y en los lados $o p$, $r s$, $f g$, $j l$, triángulos equiláteros, los cuales terminan el desarrollo propuesto.

V. *Desarrollo de un cuerpo irregular compuesto de seis cuadrados y ocho triángulos equiláteros*, Fig. 119. Tírense las dos perpendiculares A B, C D, y aun sin necesidad de éstas, constrúyase el cuadrado $a b c d$, y en cada uno de sus lados los triángulos equiláteros $a e b$, $b h d$, $d f c$, $c g a$, en los lados $c f$, $g a$, $e b$, $h d$, de estos triángulos, constrúyanse los cuadrados $c f i j$, $g a m l$, $e b p o$, $h d r s$, y en los lados $i j$, $l m$, $o p$, $s r$, de dichos cuadrados los triángulos equiláteros $i j k$, $l m n$, $o q p$, $s t r$, y formando sobre el lado $k i$, el cuadrado $k u v i$, obtendremos el desarrollo que se desea.

VI. *Desarrollar el cuerpo irregular compuesto de doce pentágonos regulares é iguales y veinte triángulos equiláteros*, Figura 124. Describese la circunferencia A C B F; tírese el diámetro A B; divídase su radio G A, en cinco partes iguales; con una de estas partes haciendo centro en G trácese la circunferencia $l v x z u$; é inscribese el pentágono $l v x z u$; divídase la circunferencia A D F, en cinco partes iguales A, C, D, E, F, de cuyos puntos con el radio A z, trácense los arcos $u j$, $l t$; $v k$, $x q$, $z n$; en los lados del pentágono $l v x z u$, fórmense triángulos equiláteros; sobre el lado $y l$ constrúyase el pentágono regular 2 y los dos triángulos equiláteros 3 y contiguo de la derecha, y luego el pentágono 4 y el triángulo j . Igual en un todo se hará en los otros arcos $z M n$, $l S t$, $v X k$, y en $x P q$, y añadiendo á este último el pentágono 11, se tendrá el desarrollo propuesto.

ARTÍCULO 6.º

De los cilindros.

1. Á qué se llama cilindro.—2. Qué es eje de un cilindro.—3.Cuál es el lado de un cilindro.—4. Cuándo se llama recto y cuándo oblicuo un cilindro.—5. Cómo se obtiene el volumen de los cilindros.—6. Aplicaciones de los cilindros.

1. Se llama *cilindro* á un cuerpo redondo en un sentido que

tiene por bases dos círculos iguales y paralelos, y su superficie lateral es convexa, Figs. 84 y 85. (Lám. 3.^a de Geometría).

2. *Eje de un cilindro* es la línea que concebimos uniendo el centro de sus bases, *e n.* Fig. 84.

3. Llámase *lado de un cilindro* la recta trazada sobre la superficie curva que une las dos bases; y *altura* la perpendicular bajada á la base ó á su prolongación desde la opuesta.

4. Un cilindro, se llamará *recto* cuando su eje sea perpendicular á las bases, y *oblicuo* cuando no resulte así.

5. El volumen de un cilindro, tanto recto como oblicuo se obtiene multiplicando la superficie de la base por su altura.

APLICACIONES DE LOS CILINDROS.

6. La forma cilíndrica es de mucha aplicación en las artes é industria. Los tubos de plomo é hierro empleados para la conducción de gas y aguas: las chimeneas y calderas de las máquinas de vapor, los tubos de cristal de los barómetros y termómetros, la mayor parte de los objetos elaborados por el tornero, las monedas y muchísimos objetos de cristalería y alfarería: muchos instrumentos empleados para la confección de bordados, como el tambor antiguo y moderno, los banzos de los bastidores, etc.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 7.^a

1.º *Dibujar el cilindro recto*, Fig. 84, y *el oblicuo*, Fig. 85, Lám. 3.^a de Geometría.

2.º *Dibujar la* Fig. I. Representa un tambor antiguo y se compone de un aro, cuya circunferencia está guarnecida de una tira de ovilló para sujetar con bramante la tela que se borda.

3.º *Dibujar el tambor moderno*, Fig. XII. Se compone de un círculo A B C D, donde se fija la tela, de dos montantes E E' que sostienen el círculo sujetado por medio de dos tornillos F F', de dos montantes menores G G' atravesados por una aguja de hierro I I' que se apoyan en los montantes mayores sirviendo de eje á dos rodetes ó canillas H H', y de un pie ó tarima K con cuatro cajoncitos r, r, r, r, y en los extremos las cajas J J', descansando dicho aparato sobre cuatro esferitas.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

Lámina 7.^a

I. *Desarrollar el cilindro recto.* Sea el cilindro dado A B D C, Fig. 116. Describáse la circunferencia $a b c d$, con el radio O D del cilindro; tírese el diámetro $a c$, y en su extremo la tangente $i j$: con el mismo radio del círculo haciendo centro en a y f trácese los arcos $h a g$, $e f g$: únanse por medio de una recta los puntos $n g$, y desde o con el mismo radio del círculo, aplíquese esta distancia tres veces numerando estas divisiones: únase 3 con c , y esta línea será la mitad de los lados mayores del rectángulo que resulta del cilindro desarrollado. Para dibujar su desarrollo, fórmese el rectángulo E F H G, cuyos lados mayores sean el duplo de $c 3$; tírese la perpendicular M P, en medio del rectángulo, y con el radio O D, ó del círculo de construcción, describanse los dos círculos tangentes M L I N, J O P R, y se obtendrá el desarrollo propuesto.

También puede obtenerse dicho desarrollo procediendo del modo siguiente: con el radio O D, describáse una circunferencia y rectifíquese: fórmese un rectángulo cuyos lados mayores sean iguales á la rectificación hallada; y trazando dos círculos con el mismo radio de la circunferencia rectificada tangentes á los lados mayores del rectángulo, hallaremos el desarrollo pedido.

ARTÍCULO 7.^o

De los conos.

1. Á qué se llama cono. — 2. Qué es eje de un cono. — 3. División del cono. — 4. Qué es altura de un cono. — 5. Á qué se llama tronco de un cono. — 6. Cómo se halla el volumen de un cono. — 7. Aplicaciones de los conos.

1. Se llama *cono* á un cuerpo redondo engendrado por un movimiento giratorio de una recta denominada *generatriz* al rededor de un círculo que es su *base* y un punto fijo en la parte superior llamado *vértice*.

2. Se llama *eje* en el cono á la recta que suponemos tirada desde el vértice al centro de la base, A D, Fig. 86. (Lám. 3.^a de Geometría).

3. El cono puede ser *recto* y *oblicuo*. Será recto cuando el eje sea perpendicular á la base, Fig. 86, y *oblicuo* cuando el eje conserve esta posición con dicha base, Fig. 87.

4. *Altura* de un cono es la perpendicular bajada del vértice á la base ó á su prolongación. En los conos rectos el eje es la altura.

5. Se llama *tronco de cono* á la porción que resulta quitando la parte superior desde una sección paralela á la base, Fig. 89.

6. Considerando el cono como una pirámide cuya base se compone de una infinidad de lados, hallaremos su volumen multiplicando la superficie de su base por el tercio de la altura.

APLICACIONES DE LOS CONOS.

7. En multitud de objetos vemos usada la forma cónica. Los fustes, las chimeneas de los vapores, los embudos, las más de las pantallas de los quinqués, las jeringas de rizar hojas, los dedales, son ejemplos de conos truncados de base circular: las agujas y alfileres, punzones, etc., son otros tantos casos de la forma cónica.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 7.^a

1.^o Dibujar las Figs. 86, 87, 88 y 89. Lámina 3.^a de Geometría.

2.^o Dibujar el punzón, Fig. V. Lám. 7.^a de Ejercicios á ojo y á pulso.

3.^o Dibujar la jeringa de rizar, Fig. VIII.

4.^o Dibujar el mango y aguja de ganchito, Fig. XI.

5.^o Dibujar la cesta, Fig. V. Lám. 6.^a

6.^o Dibujar la bolsa de tabaco, Fig. IX. Lám. 6.^a

7.^o Dibujar el vaso ó jarro, Fig. VIII. Lám. 6.^a

8.^o Dibujar el paletó de señora visto por delante, Fig. XII.

9.^o Dibujar la chaqueta persa, Fig. XIII. La chaqueta es de paño color escarlata y su bordado de trencilla de seda negra. El chaleco, de terciopelo negro y botonadura puntiaguda y dorada.

Ejercicios gráficos

PROBLEMAS.

Lámina 7.^a

I. Dado un cono desarrollarlo, Fig. 117.

Multiplíquese el radio por 360° y el producto pártase por la generatriz ó lado del cono y el cociente será el valor del arco que resulta del desarrollo del cono. Por ejemplo: sea el cono $B S A$, el radio de la base $O A = 16$ y la generatriz $S A = 60$. Multiplíquese 16 por 360° cuyo producto 5760 partido por 60 nos da 96: tírese la vertical $G I$ y con un radio igual á la generatriz $S A$, describáse desde G un arco indefinido $R N T$: desde N á derecha é izquierda cuéntense 48° resultando el arco $E N F = 96^\circ$: únase G con F y con E , el sector que resulta es la superficie lateral del cono; y con el radio $O A$ describiendo una circunferencia tangente al arco $E N F$, se obtendrá su completo desarrollo.

ARTÍCULO 8.^o

De la esfera.

1. Á qué se llama esfera.—2. Qué es radio de la esfera.—3. Diámetro de la esfera qué es.—4. Á qué se llama eje de la esfera.—5. Qué son polos de la esfera.—6. Cuáles son los círculos máximos.—7. Qué son círculos mínimos.—8. Qué es zona esférica.—9. Qué son segmentos esféricos.—10. Qué es casquete esférico.—11. Á qué se llama sector esférico.—12. Cómo se halla la superficie de una esfera.—13. Cómo se obtiene el volumen de una esfera.—14. Propiedades.—15. Aplicaciones.

1. Se llama *esfera* á un cuerpo redondo en todos sentidos, cuya superficie convexa dista igualmente de un punto situado en su interior llamado centro.

2. *Radio de la esfera* es la recta que concebimos en el interior que partiendo del centro termina en la superficie, $D C$, $C E$, Figura 90. (Lám. 3.^a de Geometría).

3. *Diámetro* es aquella línea que pasando por el centro de la esfera termina por ambos extremos en la superficie, $F G$, Fig. 90.

4. *Eje* es el diámetro al rededor del cual ha girado el semicírculo generador de la esfera, $A B$, Fig. 90.

5. *Polos de la esfera* son los puntos extremos del eje, A y B .

6. Llámase *círculos máximos* á los que tienen el mismo cen-

tro de la esfera, y por lo tanto la dividen en dos partes iguales denominadas *hemisferios*.

7. *Círculos mínimos* son aquellos cuyos centros no coinciden con el de la esfera.

8. *Zona esférica* es el espacio comprendido entre dos secciones hechas paralelamente.

9. *Segmentos esféricos* son las porciones que resultan de la sección hecha por un círculo mínimo.

10. *Casquete esférico* es la superficie curva que nos presenta el segmento esférico menor.

11. *Sector esférico* es un cono que tiene su vértice en el centro de la esfera y su base es la misma del casquete.

12. La superficie de la esfera se halla multiplicando el diámetro por la circunferencia de un círculo máximo.

13. Para hallar el volumen de una esfera, multiplíquese la superficie total por el tercio del radio.

PROPIEDADES.

14. Todos los radios de una misma esfera son iguales, como así mismo los diámetros.

Todos los círculos máximos son iguales.

Dos esferas son iguales cuando tienen radios iguales.

Los círculos mínimos que equidistan de los polos son iguales.

De dos ó más círculos mínimos, será mayor aquel cuya sección se aproxime más al centro, y menor cuanto más se aproxime al polo.

APLICACIONES.

15. La figura esférica la vemos usada en multitud de objetos, y en particular en las obras del torneó y fundidor. Las bolas de billar y las de juguetes de niños, las balas de cañón ó de fusil, las granadas y bombas, las bolas ó globos de cristal usados en los quinqués, y las bolas que usa la florista para dar á los pétalos la forma cóncava. También se ve usada dicha forma esférica en muchos instrumentos de Física, como se observa en la parte inferior de los termómetros y barómetros, en los extremos de los dos brazos del termómetro diferencial, en el electróscopo; etc.

La tierra, según las observaciones practicadas, tiene la forma esférica; y por último, los globos celeste y terrestre usados en las clases de Geografía tienen igual forma.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 6.^a

- 1.º *Dibujar la esfera.* Fig. 90, Lám. 3.^a de Geometría.
- 2.º *Dibujar la cigarrera.* Fig. X.
- 3.º *Dibujar la cestita.* Fig. XI.
- 4.º *Dibujar la cestita ó vaso de figura semejante á la flor de cobeá.* Fig. VII.
- 5.º *Dibujar el sombrero de señorita.* Fig. XIV.

Ejercicios gráficos.

PROBLEMAS.

Lámina 7.^a

1. *Desarrollo de una esfera*, Fig. 118. Descríbase una circunferencia con el radio de la esfera que se quiera desarrollar y divídase en un número cualquiera de partes iguales, por ejemplo 8, tales son A F D H B G C E: tírese la recta E G, y con la mitad de esta E 2 ó G 2, trácese la circunferencia 1, 2, 3, 4: hecho esto procederemos á su desarrollo del modo siguiente: tírese la línea N P igual á la rectificación de la circunferencia trazada, y aplíquense sobre esta línea las ocho partes en que se halla dividida dicha circunferencia y nos resultarán los puntos N, *u*, *p*, *q*, *r*, *s*, *t*, *x*: fórmese el rectángulo L M J I, cuyos lados menores L I, M J, sean el cuádruplo de N *u*: márchense esta divisiones y tírense las rectas S T, Q R. Ahora para trazar las cachas, divídanse en partes iguales por medio de las perpendiculares *a' b'*, *c' d'*, *e' f'*, etc., las distancias N *u*, *u p*, *p q*, etc., las cuales nos marcarán las puntas ó extremos de dichas cachas, sirviendo también para determinar los puntos por donde pasa la curva de dicha figura. Estos puntos se hallarán tomando una abertura de compás igual á la mitad de una de las ocho partes de la división de la circunferencia, y se colocarán desde los ejes ó perpendiculares á derecha é izquierda en las paralelas S T, Q R; y los puntos N, *u*, *p*, *q*, *r*, *s*, etc., son los centros para el trazado de dichas curvas ó cachas.

PARTE CUARTA

Del dibujo de aplicación.

CAPÍTULO PRIMERO.

Ornato.

1. A qué se llama ornato.—2. De qué se compone el dibujo de ornato.—3. Cuáles son los principales objetos de ornamentación.—4. Cuáles son las principales artes de ornamentación.—5. Cuáles son las principales especies de ornato.—6. Cuáles son las principales hojas que entran en las composiciones de ornamentación.

1. Llámase *ornato* al dibujo que sirve para hermosear las producciones artísticas.

2. El dibujo de ornato se compone de formas naturales y artificiales, tales son hojas, flores, frutos y animales entre las naturales, y las infinitas composiciones de las figuras geométricas regulares é irregulares entre las artificiales.

3. Los principales objetos de ornamentación son las molduras y órdenes de arquitectura, los enladrillados y artesonados, los vasos, cartelas, medallones, rosetones, trofeos, bustos, estatuas, guirnaldas y animales fabulosos.

4. Las principales artes de ornamentación son la arquitectura, escultura, pintura, bordadería, ebanistería y cerrajería.

5. Atendiendo al gusto expresado en las diferentes épocas distinguiremos las siguientes especies de ornato: griego, romano, bizantino, gótico, del renacimiento, barroco y moderno. Además de estas especies tenemos otras, cuya ornamentación es delicada y preciosa como la árabe, china y neo-griega, y pesada como la egipcia.

6. Las principales hojas que entran en las composiciones de ornamentación son las de laurel, olivo, hiedra, vid ó pámpanos, de agua y de acanto. Esta última es la más rica con la cual se hacen las más bellas composiciones.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 8.ª

En todas las figuras de esta lámina se observarán trazadas unas

líneas auxiliares, cuyo número podrá aumentar la dibujante, si desea sacar las copias con las proporciones debidas.

No se crea por eso que las proporciones dados á esos dibujos son inalterables ó fijas; el dibujo de ornato es tan libre, que según las circunstancias son distintas las proporciones en todas sus combinaciones, aun en un mismo dibujo.

1.º *Dibujar la Fig. I.* — Representa la caja para la copia de una hoja de acanto. Trazado el arco ojival con su base y eje de simetría, se concibe su fácil delineación.

2.º *Dibujar las Figs. II, III, IV y V.* — Estas figuras representan variedades de palmetas ascendentes.

3.º *Dibujar el rosetón, Fig. VI, y la combinación de hojas de acanto en forma de vaso, Fig. VII.*

4.º *Dibujar el adorno, Fig. VIII, y la hoja de acanto, Fig. IX.*

5.º *Dibujar el frutero ó pebetero de adorno, Fig. X, y la orla compuesta de un cilindro estriado y abrazado de hojas de acanto, Fig. XI.*

6.º *Dibujar la Fig. XII, y el rosetón, Fig. XIII.*

7.º *Dibujar la Fig. XIV, y la relojera, Fig. XV.*

Lámina 9.ª

Los dibujos que figuran en esta lámina son composiciones que pueden aplicarse á la ornamentación de varios objetos, con sólo continuarlos ó repetirlos.

8.º *Dibujar las Figs. I y II.*

9.º *Dibujar las Figs. III, IV y V.*

10.º *Dibujar la Fig. VI.*

CAPÍTULO SEGUNDO.

De los bordados.

1. Á qué se llama bordado. — 2. De cuántas partes consta el bordado. — 3. Cuántas y qué secciones pueden formarse de los bordados. — 4. Qué clasificación se hace de los bordados. — 5. Interesa la pintura á la bordadora. — 6. Á qué se llama lavado. — 7. Por donde se considera iluminado todo dibujo. — 8. Qué tinta se emplea para el lavado. — 9. Cuántos y cuales son los colores primitivos. — 10. Á qué se llama tono. — 11. Qué se entiende por escala en los colores. — 12. Qué se entiende por matiz. — 13. Á qué se denomina contraste. — 14. De cuántas maneras puede ser el contraste. — 15. Qué procedimiento se empleará para imitar un objeto cuando no se hallen sedas variadas para obtener los matices y tonos necesarios.

1. Se llama bordado el arte de imitar sobre una tela cual-

quiera, ó papel, una figura ejecutada con hilo, seda, lana, etc.

2. El bordado consta de dos partes: la *delineación* ó trazado de la figura y la *ejecución* ó aplicación de la seda ó hilo, etc.

Imitándose con el bordado todo género de objetos, podremos formar lo mismo que en el dibujo tres secciones. La primera comprende la imitación de objetos naturales, como hojas, flores, plantas, animales ó paisaje. La segunda la imitación de objetos elaborados por la industria, como muebles y máquinas. Y la tercera la imitación de flores, ramos y otros dibujos nacidos del capricho con formas más ó menos regulares, como así mismo de construcción geométrica.

4. Los bordados se clasifican atendiendo á la naturaleza de la ropa en que se borda; á la especie de hilo que se emplea, y á punto que se usa. Así se dice bordado en paño, en cañamazo, en terciopelo, en el primer caso; en el segundo decimos bordados de oro, de seda, de lana y de paja; y en el tercero llamamos al zurcido, al realce, á punto de cadenita ó al pasado.

La confección de bordados presenta algunas dificultades, y debe ser así, puesto que estando sujeto este arte á ciertas reglas precisas, faltando á ellas su ejecución produciría malísimo efecto.

5. La pintura interesa tanto á la bordadora que no poseyendo este bello arte le sería imposible ejecutar las labores con inteligencia. Las más de las veces la falta de este conocimiento compromete la reputación de la bordadora; porque sus obras en lugar de representar el objeto con naturalidad y darle el relieve que nos proporciona la perspectiva con los claros y oscuros bien entendidos ó colorido propio, se observa una confusión de colores que destruyen completamente la idea que se ha propuesto.

6. Cuando se hace una composición ó se copia del natural un objeto, después de delineado, es conveniente aplicarle el colorido que le corresponde con el fin de poderle distinguir en todos sus detalles, dándole por este medio más naturalidad. Á este modo de representar los objetos se llama *lavado*.

7. Todo dibujo se considera iluminado por un rayo de luz en la dirección de izquierda á derecha bajo un ángulo de 45°.

8. Para el lavado se emplea la tinta de China dada con un pincelito de marta cebellina. Pueden usarse también otros colores; pero cuando en un mismo dibujo se emplean varios colores y se

mezclan para imitar objetos naturales, este género de lavado se llama propiamente pintura.

9. Tres son los colores llamados primitivos que son: el amarillo, el rojo y el azul, los cuales mezclados á dos producen los demás.

10. Se llama *tono* en el colorido á todas las variaciones ó modificaciones de luz que observamos en un color desde su mayor intensidad hasta reducirlo casi al blanco.

11. *Escala*, es la reunión de todas las modificaciones ó diferencias de tono en que se divide un color cualquiera en perfecta ordenación.

12. Entendemos por *matiz* á la modificación que se observa en un color por la aplicación de una cantidad de otro de color distinto.

13. Se denomina *contraste* en el colorido la diferencia que se observa al justaponerse un colorido con otro en su semejanza ó desemejanza en sus tonos.

14. El contraste puede ser de tono y de color. El de tono está basado en la intensidad, y el segundo sobre la composición visual de los colores justapuestos. Así tomando tres ó cuatro tonos de un mismo color de modo que estos formen escala, justaponiéndolos, dan un color unido; y cuando estos tonos se hallan aislados conservan su color propio, distinguiéndose perfectamente cada uno de ellos; mientras que el contraste de color se dirige á colores variados, notándose una diferencia cuando se hallan separados y cuando justapuestos.

15. En el caso de no hallar sedas variadas para obtener los matices y tonos necesarios para la imitación de un objeto, se mezclan las sedas ó hebras que correspondan antes de en hilar, ó intercalándolas cuando se borda, uniendo dichas sedas una á una, ó dos y una, ó tres y una, los dos, tres ó más colores que se necesitan para lograr los matices que se desean. Así para obtener el verde, mézclese un hilo de amarillo y otro de azul: para el color naranja se mezcla igual número de hilos rojos que amarillos, y el color violeta se obtiene con uno ó más hilos azules por igual de rojo.

Siendo del mayor interés las mezclas de sedas de diferentes colores para obtener los varios matices, la bordadora procurará estudiar mezclando hebras de distintos colores como hace el pintor en su paleta, logrando por este medio el colorido que necesite.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 10.

PRINCIPIOS DE DIBUJO DE FANTASÍA

COMO PRELIMINAR Á LOS BORDADOS

1. *Dibujar la Fig. I.* Esta figura presenta una roseta geométrica compuesta de ocho pétalos y un pequeño círculo en el centro, de cuya circunferencia parten ocho radios correspondientes á cada hoja. Para dibujarla, describáse el circulito interior, después imagínese otro de un radio mayor que limitará las hojas, divídase en ocho partes iguales por medio de cuatro diámetros, los cuales facilitan el dibujo de las hojas por lo simétricas que deben ser.

2. *Dibujar la Fig. II.* Esta figura representa una flor de jazmín; se compone de un pequeño círculo en el centro rodeado de cinco pétalos. Para dibujarla, téngase presente lo prescrito para el dibujo anterior delineando primero el circulito y luego las hojas.

3. *Dibujar la Fig. III.* Esta pequeña roseta es una combinación de los dos dibujos anteriores, se compone de un círculo interior y diez hojas. Para dibujarla, hágase primero el pequeño círculo, luego las cinco hojas enteras y últimamente las cortadas interpuestas.

4. *Dibujar la Fig. IV.* Esta hoja, parecida á la de encina, se dibujará fácilmente haciendo primero el nervio principal con el pecíolo y luego la circunferencia y nervaduras.

5. *Dibujar la Fig. V.* Presenta esta una hoja de roble, y para dibujarla, se seguirá el orden indicado para la anterior.

6. *Dibujar la Fig. VI.* Esta especie de margarita se dibujará haciendo el pequeño óvalo del centro, luego las hojas y últimamente los cinco estambres y el pedúnculo.

7. *Dibujar la Fig. VII.* Se compone de cuatro grupos de hojitas de laurel. Para dibujarlas, tirense tres rectas paralelas y equidistantes, sobre la del centro descansarán los grupos y las de los extremos limitarán las hojas.

8. *Dibujar la Fig. VIII.* Para dibujar esta pequeña rama, se delineará el pecíolo común y á un lado y otro las hojas.

9. *Dibujar la Fig. IX.* Representa esta figura una especie de pluma compuesta de hojitas. Para dibujarla, tírese una vertical y á la derecha é izquierda se delinearán las hojillas, que para su igualdad se imaginará formando un ángulo, cuyos lados limitarán la longitud de las hojas.

10. *Dibujar la Fig. X.* Esta especie de entredós ó cenefita de hojas, se dibujará concibiendo pasar una recta por la base de las hojas paralelas donde descansan los ápices ó vértices; hecho esto, se principiará á dibujar la primera de la izquierda y después las demás.

11. *Dibujar la Fig. XI.* Se compone de una hoja de parra ó vid, con un trozo de tallo y un zarcillo. Se dibujará primeramente la hoja, luego el tallo y por último el zarcillo.

12. *Dibujar la Fig. XII.* Este pequeño ramillete consta de una roseta, dos grupos de frutos y de hojas. Para copiarlo, se dibujará primero la roseta, luego el tallo con el grupo de hojitas situadas en la parte inferior, después las superiores y finalmente el fruto.

13. *Dibujar la Fig. XIII.* Esta figura forma un ramillete compuesto de dos flores, especie de jazmín, con dos hojas y dos capullos. Se dibujará trazando primero las flores y el tallo con los pedúnculos de los capullos, luego éstos y últimamente las dos hojas.

14. *Dibujar la Fig. XIV.* Esta flor imaginaria ó de fantasía se copiará principiando por la media roseta con los cuatro rombos y circulitos, terminándola con el tallo y hojas.

15. *Dibujar la Fig. XV.* Nos presenta esta figura otra flor de fantasía con una hoja y fruto. Dibújese primero la especie de granada que se halla al centro y las hojas unidas á ésta, luego el pedúnculo, la hoja y el fruto.

16. *Dibujar la Fig. XVI.* Se compone de un entredós formado por dos especies de grandes margaritas, de dos palmas y de capullos imaginarios. Para dibujarla, tírese una horizontal que pase por el centro de las margaritas, principiase por la flor de la izquierda y siguiendo hacia la derecha se terminará la última margarita.

17. *Dibujar la Fig. XVII.* Este entredós se compone de tres flores de jazmín, cuatro grupos de hojas y cuatro frutos que nacen del pié de las hojas. Para copiarlo, tírese la línea serpenteada que hace de tallo, dibújese el grupo izquierdo de hojas con el fruto, luego la flor que sigue y así sucesivamente las demás.

18. *Dibujar la Fig. XVIII.* Este caprichoso entredós com-

puesto de una especie de almendras festonadas, se principiará á dibujar por la primera almendra de la izquierda con el tallo y la hoja con sus cuatro circulitos, repitiendo lo mismo hasta completar el número que se quiere.

19. *Dibujar la Fig. XIX.* Se compone de cuatro rosetas dobles, de hojas y de frutos. Para copiar este entredós, se dibujará una línea serpenteada y en su extensión se indicará el punto y espacio que ocupan las rosetas, marcando todos sus detalles, y últimamente las hojas y el fruto.

20. *Dibujar la Fig. XX.* Esta especie de campánula se copiará dibujando primero la flor y después el tallo con las hojas y el capullo.

21. *Dibujar la Fig. XXI.* Forma una composición de hojas de vid con dos racimos y varios zarcillos. Para copiarla se dibujará la hoja primero con su trozo de sarmiento ó tallo y zarcillo, luego la media hoja, su contiguo zarcillo y racimo, y así sucesivamente lo demás.

22. *Dibujar la Fig. XXII.* Esta caprichosa flor se dibujará comenzando el primero y segundo orden de hojas que forman la corola, luego el tallo con sus hojas y las tres agrupadas en la parte superior, terminando con la hoja que parece nacer de la misma corola.

23. *Dibujar la Fig. XXIII.* Representan esta figura dos flores de fantasía en un mismo tallo y tres hojas de igual naturaleza que las flores. Se dibujará primero la flor y el completo del tallo; luego las hojas, y últimamente la flor medio entreabierta con su largo pedúnculo.

24. *Dibujar la Fig. XXIV.* Representa un entredós compuesto de dos grupos de hojas de acanto, sembrado de flores el espacio comprendido entre dichas hojas. Dibújese el grupo de la izquierda, siguiendo luego con las flores y terminando con las hojas de la derecha.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 11.

DIBUJO APLICADO AL BORDADO DE CADENITA Y CORDONCILLO.

1. *Dibujar la Fig. I.*—Tírese la recta P J, y sobre ésta levántense las perpendiculares L K, N M, P O, R Q, T S, de 52 milímetros de longitud; divídase la altura de una perpendicular en tres y media partes, tales como B D, D F, F H, H J, y hágase pasar

por estos puntos las rectas A B, C D, E F, G H. Esta especie de cuadrícula de proporciones arbitrarias (como se puede comprender fácilmente que debe ser así por el género de dibujo, puesto que se podrá dar más altura y anchura si se quiere) nos proporciona suma sencillez para su delineación. Así, pues, teniendo presente las observaciones hechas en la pág. 67, sobre la copia de figuras por medio de la cuadrícula, se procederá del mismo modo para la copia de ésta.

2.º *Dibujar la Fig. II.*—Sobre la I J, levántense las perpendiculares L K, N M, P O, R Q, T S, dándoles la misma altura que las de la Fig. anterior y á unos 35 milímetros distantes entre sí; divídase la altura de una perpendicular en dos y media partes y tírense las paralelas G H, E F, A B, y á un quinto de F B tírese la D C: para la copia téngase presente lo prescrito en lo anterior.

3.º *Dibujar la Fig. III y IV.*—Como la magnitud y proporciones de estos dibujos son arbitrarias, basta para dibujarlos formar las cuadrículas tal como nos presenta el modelo, cuyas proporciones se hallan indicadas en los márgenes.

4.º *Dibujar la Fig. V.*—Para dibujar esta figura se tirará primeramente la vertical A B, como eje de simetría, luego las demás líneas auxiliares que se necesiten, borrándose estas concluido el dibujo.

5.º *Dibujar la Fig. VI.*—Describase una circunferencia tal como *a c d*, divídase en 16 partes iguales por medio de los diámetros *d c*, F E', G G', H H', *a C*, M M', N N', P P', ; y el radio *d o* en 4 partes iguales L, K, J, I, haciendo pasar por estas divisiones circunferencias. Teniendo presente lo manifestado para la copia de las anteriores figuras, se dibujará una de las ocho partes que componen la figura; y luego para la exactitud de las demás, se calcará esta repitiéndola para que forme el enlace que el modelo nos presenta.

6.º *Dibujar la Fig. VII.*—Para el dibujo de esta figura téngase presente lo dicho en la anterior; puesto que para las proporciones se halla en el lugar correspondiente la numeración que las indica.

Ejercicios á ojo y á pulso.

BORDADO Á LA INGLESA.

Lámina 12.

Los dibujos para este género de bordado se componen de una

serie de circulitos mayores ó menores combinados muchas veces con óvalos y hojitas de forma ovalojival. Antiguamente se usaba, y aun en el día se acostumbra este bordado con el de realce ó apertado y hace poco se hallaba muy en boga sólo para entredós, cuellos de señoras, puntas de enaguas, que con el festonado producía muy buen efecto. Esta clase de bordado es sumamente sencillo: consiste en agujerear la tela con un punzón y trazando todo su alrededor con un punto por cima muy unidito resultándonos un pequeño cordoncillo; este hojete así formado se llama sencillo. Cuando en lugar de hojetes son óvalos ú hojitas, se corta con unas tijeritas un poco de tela de su interior y se procede á la formación del cordoncillo como queda expuesto. Hay cuatro especies de hojetes: el sombreado, el llamado de vilano, el afelpado y el ribeteado. El sombreado presenta por mitad un cordoncillo pequeño y la otra muy ancho, resultando un realce agradable; el llamado de vilano es un agujero grande guarnecido de un cordoncillo menudo como el del hojete sencillo y lleno de una especie de calado redondeado; el hojete afelpado está formado con una ó varias carreras de punto atrás, y el ribeteado forma un cordón ancho y aplastado. Esta lámina nos presenta tres modelos para esta especie de bordado.

1.º *Dibujar la Fig. I.*—Representa un entredós compuesto de palmas terminadas en espiras dobles. Para dibujarlo, trácese la espiral que se divide luego en dos ramales y después se juntan formando una especie de lanzadera, cuerpo de la palma; su contorno figura un crestado curvo, de cuyas superiores parten las espiras; las de la derecha forman tres festones, y se hará de punto festonado el centro de la palma: el resto del dibujo trazado con sólo líneas se irá llenando de circulitos, siguiendo el orden de magnitud como presenta el modelo. Si se rellena el hueco, que por decirlo así forma el nervio principal de la palma con calados ó tul, produce muy bonito efecto.

2.º *Dibujar la Fig. II.*—Este entredós presenta una vista preciosa por sus caprichosas combinaciones de bordados y disposición de los círculos y palmas. Para dibujarlo, tírese una recta indefinida; sobre ésta, describanse los tres círculos secantes y la palma que se concebirá inserita á una ojiva: hecho esto, trácense tantos círculos concéntricos y ojivas cuantos sean necesarios para determinar la posición de los hojetes y demás accidentes que fi-

guran en el dibujo. Para prolongar el dibujo se repetirán á continuación los cuatro explicados.

3.º *Dibujar la Fig. III.* — Este modelo representa una guarnición para enaguas. Para dibujarlo, se trazan primero los arcos al rededor de los cuales se dibujan las ondas divididas en pequeños festones, en forma de pabellón; luego las palmas, y demás partes del dibujo.

Ejercicios á ojo y á pulso.

LAVADO.

Lámina 13.

El medio empleado para la copia de los dibujos de esta lámina es igual al que se ha explicado para el trazado de las figuras por medio de la cuadrícula (pág. 67). Explicada la figura I, será muy suficiente para que puedan ejecutarse las demás sin dificultad alguna.

1.º *Dibujar la Fig. I.* — Numerada la cuadrícula donde se ha de hacer la copia como se vé en el modelo, procedase del modo siguiente:

Llénese el cuadradito formado por la zona horizontal 2 y la vertical 7: luego el siguiente que corresponde á la 3 horizontal y 8 vertical. La parte superior de la cabeza del insecto comprende los cuadrados formados por los espacios 9, 10 y 11 verticales, y 4, 5 y 6 horizontales, dejando descubierto el cuadradito del centro de la cabeza, y añadiendo en los extremos derecho é izquierdo de la cabeza los cuadraditos formados por los espacios ó zonas 5 horizontal y 8 vertical; y el mismo 5 horizontal con el 12 vertical forma el de la derecha. Sigue la formación del cuerpo comprendiendo los cuadrados correspondientes á las zonas 7, 8, 9 y 10, horizontales, y 8, 9, 10, 11 y 12 verticales, dejando el claro de dos cuadrados en el centro, formados por la zona 10 vertical; y observando la misma regla para el resto de la figura, se obtendrá su copia.

2.º *Copiar las Figs. II y III.*

3.º *Copiar las Figs. IV, VI y VIII (a).*

4.º *Copiar las Figs. IX y X.*

(a) Para hacer el dorado ó plateado que figura en los dibujos de esta lámina, se deslie en una jicara goma arábiga con una tercera parte de azúcar piedra y con un pincelito se llanan los cuadraditos con este líquido, ó composición, y luego con una brochita muy suave impregnada de purpurina de oro ó plata se restrega todo lo reseguído de goma, quedando el dorado que se apetece.

5.º *Copiar las Figs. XI y XII.*

6.º *Copiar la Fig. XIII.*

7.º *Copiar la Fig. XIV.*

Ejercicios á ojo y á pulso.

DIBUJOS DE BORDADOS DE LOS DISTINTIVOS MILITARES Y CIVILES.

Lámina 14.

1.º *Dibujar la Fig. I.* — Esta figura representa el bordado de los entorchados de los jefes de administración militar ajustados á las dimensiones de reglamento. Los intendentes de división llevan dos órdenes de estos bordados y los de ejército el mismo número, diferenciándose de aquéllos en que el de éstos es todo de plata.

2.º *Dibujar la Fig. II.* — Representa los entorchados de los oficiales generales, como brigadieres, mariscales de campo, tenientes y capitanes generales. Los brigadieres llevan todo el bordado de plata y los demás de oro. Los mariscales de campo usan un solo orden, dos los tenientes generales y tres los capitanes generales.

3.º *Dibujar las Figs. III, IV y VIII.* — Estos dibujos son el distintivo del cuerpo de estado mayor del ejército.

4.º *Dibujar las Figs. V, VI y VII.* — La primera es el distintivo general del ejército, la segunda y tercera son los bordados que usan los jefes de administración civil, representando la una las bocamangas y la otra los escusones.

Ejercicios á ojo y á pulso.

DIBUJOS DE BORDADOS PARA OBJETOS DE IGLESIA.

Lámina 15.

1.º *Dibujar las Figs. I y II.*

2.º *Dibujar las Figs. III, IV y V.*

3.º *Dibujar la casulla sencilla Fig. VI.*

4.º *Delinear la casulla Fig. VIII.*

5.º *Dibujar la pálea. Fig. IX, y unos atributos de la religión, Fig. VII.*

Ejercicios á ojo y á pulso.

BORDADO DE IMITACIÓN A LA LITOGRAFÍA.

Lámina 16.

Este bordado requiere mucha limpieza. La seda que se elija debe ser de superior clase, cuyas hebras finísimas (llamadas de cabello) permitan el punto imperceptible que se necesita para la imitación de las tintas ó sombras. Los puntos unidos producen las sombras fuertes y la bastilla sin garrotes los trazos. La aguja que se use será de las más finas y jamás se dará un punto sobre otro, porque además de no producir una tinta más negra, como equivocadamente pudiera presumirse, resulta un bordado desigual con relieve ordinario que produce malísimo efecto.

1.º *Dibujar las Figs. I, II y VI.*

2.º *Dibujar las Figs. III, V y IV.* Esta última se destina exclusivamente para el estudio del bordado de trazos.

3.º *Dibujar las Figs. VII y VIII.*

4.º *Dibujar la Fig. IX.*

5.º *Dibujar la Fig. X.*

6.º *Dibujar la Fig. XI.*

7.º *Dibujar las Figs. XII y XIII.*

CAPÍTULO TERCERO

Conocimiento de la planta en general como preliminar á las labores de adorno.

ARTÍCULO 1.º

Órganos de nutrición.

1. Á qué se llama raíz.—2. En cuántas partes se divide la raíz.—3. De cuántas maneras pueden ser las raíces atendiendo á su dirección.—4. Cuál es la forma de las raíces.—5. Qué es el tallo.—6. Cuál es el color de los tallos.—7. Cuántas especies de tallos se distinguen.—8. A qué se llama tronco.—9. Qué es el ástil ó estipa.—10. Cuál es el tallo llamado caña.—11. Qué es el bohordo.—12. Cuál es el tallo propiamente dicho.

1. Se llama *raíz* á la parte inferior del vegetal que se hunde en la tierra para fijarle; tiene un color generalmente oscuro y nunca verde, aunque se le exponga al aire.

2. El conjunto de la raíz se divide en tres partes: *cuérpo ó parte media*, cuya forma ó figura y lo mismo su volumen cam-

bían según las plantas; *nudo vital ó cuello* que es el punto de separación de tallo con la raíz; y *fibras ó cabelleras* que son aquella especie de hilos que se observan en diferentes partes del cuerpo de la raíz y en su término las más.

3. Las raíces pueden ser, según su dirección, *perpendiculares*, cuando son simples y sin división, fijándose en el suelo siguiendo dicha dirección: *horizontales*, *oblicuas*, etc., cuando conservan tales posiciones.

4. La forma de las raíces varía según las plantas. Son *fibrosas* cuando están muy pobladas de hilos ó fibras como las del trigo, palmera, etc. Son *tuberosas* cuando presentan en su extensión unas masas carnosas de diferente volumen llamadas tubérculos, como la patata, etc. Son *bulbosas* cuando están formadas de un cuerpo ó tubérculo horizontal aplastado y carnoso llamado disco, el cual por la parte inferior produce las raíces fibrosas y por la superior forma un cuerpo, más ó menos prolongado llamado *bulbo ó cebolla*, como la cebolla común, el narciso, el tulipán, etc.

5. Llámase *tallo* al cuerpo principal de la planta que nace de la raíz y tiende á elevarse sobre la tierra, dividiéndose á cierta altura en ramas y ramos, que sostienen las hojas, flores y frutos.

6. El *color* de los tallos en los árboles y arbustos es oscuro, más ó menos barnizado cuando han adquirido alguna dureza, y verde con tinte más ó menos rojo cuando es tierno. Las plantas herbáceas son generalmente verdes, así como presentan otras un color rojo ó de carmín oscuro.

7. Los botánicos distinguen varias especies de tallos: el *tronco*, el *ástil ó estipa*, la *caña*, el *bohordo* y el *tallo propiamente dicho*.

8. Se llama *tronco* á un tallo cilíndrico, grueso, por la parte inferior y adelgazado en la superior, dividiéndose á cierta altura en ramas y ramos. Contiene estuche ó canal medular como la higuera, el peral, etc.

9. *Ástil ó estipa* es el tallo de las palmeras, yuca y cuantas leñosas pertenecen á las monocotiledóneas: es cilíndrico, más abultado á veces en medio que en toda su extensión, en cuya superficie se notan las impresiones de las hojas caducadas, terminando en un cogollo ó ramillete de hojas.

10. La *caña* es un tallo nudoso y hueco por lo general cubierto de hojas envainadoras que tienen su nacimiento en las articu-

laciones, su color es verde con mates ó tintes de carmín más ó menos bajo y sucio cuando están expuestos al sol, y cuando seca, toma el color de la paja; por ejemplo: la caña común, el trigo, etc.

11. El *bohordo* es una especie de pedúnculo radical de consistencia herbácea, nace del centro de la raíz sin ramificación alguna en toda su extensión, y sostiene en la parte superior las flores formando un ramillete; por ejemplo: el narciso, la cebolla común, etc.

12. El *tallo propiamente dicho* es aquel que por su debilidad se apoya á los cuerpos que le rodean y es de color verde, por ejemplo: la tomatera, calabacera, etc.

ARTICULO 2.º

De la gemación.

1. Qué son yemas. — 2. Qué nombres toman las yemas. — 3. Qué es pedúnculo. — 4. Cuándo se llama escapo. — 5. Atendiendo al pedúnculo, cómo se denominan las flores. — 6. Qué son brácteas. — 7. Qué son estípulas. — 8. Qué son zarcillos. — 9. Qué son espinas. — 10. Qué son agujones. — 11. Á qué se llaman pelos. — 12. Á qué se llaman hojas. — 13. De cuántas partes consta la hoja. — 14. Cómo se llaman las hojas según tengan pecíolo ó no. — 15. Á qué se llama costilla, nervadura y venillas de las hojas. — 16. Cuántas y cuáles son las caras de la hoja. — 17. Qué es el ápice y la base de las hojas. — 18. Cómo se dividen las hojas. — 19. Qué nombres toman las hojas según su origen y figura.

1. En los tallos, ramas y ramos se encuentran unos cuerpos abultados y ovals que se llaman *yemas* compuestas de escamas más ó menos barnizadas y cubiertas de un jugo viscoso ó de una pelusa algodonosa que las preserva de los fríos y humedades.

2. Cuando las yemas están formadas de escamas se denominan *escamosas*; cuando carecen de escamas se llaman *desnudas*; cuando contienen sólo hojas toman el nombre de *folíferas*; cuando contienen flores *floríferas*; y cuando tienen hojas y flores *mixtas*.

3. Llámase *pedúnculo* á un cuerpo prolongado y herbáceo que nace de los tallos ó inmediatamente de la raíz y á veces de las hojas, cuyos cuerpos sostienen la flor y el fruto.

4. Cuando nace inmediatamente de la raíz, el pedúnculo recibe el nombre de *escapo*.

5. Cuando las flores tienen pedúnculo se denominan *pedunculadas*, y si carecen de él *sentadas*.

6. Se llaman *brácteas* á unas hojuelas que se encuentran en

la base de los pedúnculos ó al rededor de las flores junto al cáliz: estas hojas son diferentes en su forma ó figura y aun en color á las demás que caracterizan á la planta y cubren á la flor antes de desarrollarse ó abrirse.

7. *Estipulas* son unas pequeñas láminas foliáceas insertas en el origen de las hojas.

8. *Zarcillos* son unos cuerpos prolongados y filamentosos que suelen tener las plantas débiles y las enredaderas, y sirven para agarrarse á los cuerpos vecinos; como la vid, judías, guisantes, etc.

9. *Espinas* son unos cuerpos largos punzantes y muy duros que nacen del cuerpo leñoso, por ejemplo: las punzas de los limoneros y espinos.

10. *Aguijones* son unos cuerpos punzantes y muy duros que nacen de la epidermis, por ejemplo: las punzas de los rosales y zarzas.

11. Se llaman *pelos* á unos hilitos más ó menos finos y prolongados que se observan esparcidos en varios puntos de la planta ó en toda ella, por ejemplo: en las ortigas, y en los pedúnculos de algunas rosas.

12. Llámense *hojas* á unas láminas membranosas y aplastadas que nacen inmediatamente de la raíz y de los tallos y generalmente son verdes, aunque se observan de diferentes colores y matices más ó menos vivos.

13. La hoja se compone de *disco* y *pecíolo*. El *disco* es la lámina ó extensión de la hoja, generalmente plana; y *pecíolo* el cabito ó cuerpo prolongado que sostiene al disco.

14. Cuando las hojas tienen pecíolo se llaman *pecioladas*, y *sentadas* cuando carecen de él.

15. En las hojas se llama *costilla* á la prolongación del pecíolo hasta el extremo opuesto del disco; y á la ramificación ó división de la costilla ó nervio principal se denomina *nervaduras*, llamándose *venillas* á las ramificaciones, y todo junto forman el esqueleto de la hoja.

16. La hoja tiene dos caras, una superior lisa y barnizada que se llama *cara* ó *haz*, y la otra de color claro y sin barniz y según la planta cubierta de pelo ó vello denominada *dorso* ó *envés*.

17. Se denomina *punto* ó *ápice* en las hojas á la parte opuesta del pecíolo, y *base* á la adherida al tallo.

18. Las hojas son simples ó compuestas: se llaman simples cuando sólo tienen un limbo ó disco y un solo pecíolo; y compues-

tas cuando de un pecíolo común nacen otros sosteniendo otros tantos discos ó limbos.

19. Las hojas tienen diferente nombre según sea su origen y su figura. Según su origen se llama *seminales* á las formadas por la propia semilla; *radicales* cuando nacen inmediatamente de la raíz; *caulinas* cuando nacen de los tallos, y *florales* á las que nacen inmediatas á la flor. Por su figura se las denomina *redondas*, *ovales*, *acorazonadas*, *lanceoladas*, *alabardadas*, *orbiculadas*, *patmeadas*, etc.

ARTICULO 3.º

Órganos de reproducción.

1. Qué es la flor.—2. Cuántas clases de órganos tiene la flor.—3. Cuáles son los órganos necesarios y cuáles los protectores.—4. Á qué se llaman estambres y cuáles son sus partes.—5. Qué es el pistilo y cuáles son sus partes.—6. Qué es el cáliz.—7. Á qué se llama corola.—8. Cuando se llama completa y cuándo incompleta una flor.—9. Qué es el fruto y de cuántas partes se compone.—10. Qué es el pericarpio.—11. Qué nombres toman las partes del pericarpio.—12. Á qué se llaman dehiscencia.—13. Qué es la semilla y de cuántas partes consta.

1. La *flor* es aquella parte más hermosa de la planta, de efímera duración, compuesta de los órganos sexuales ó de la fecundación.

2. Las diferentes partes ú órganos de la flor, para nuestro objeto, las reduciremos á dos: *necesarios* y *protectores*.

3. Los órganos necesarios son los *estambres* y los *pistilos*: y los protectores son el *cáliz* y la *corola*.

4. Se llaman *estambres* una especie de hilos que se encuentran entre las hojas florales y el centro de la flor, cuyos órganos constan de tres partes: *filamento*, *antera* y *polen*. El *filamento* es una especie de hilo que sostiene una laminita llamada *antera*, y en la superficie de esta laminita se encuentra un polvito más ó menos amarillento ó ceniciento llamado *polen*.

5. Los *pistilos* son unos filamentos que nacen del centro de la flor y constan de tres partes: *ovario*, *estilo* y *estigma*. El *ovario* es aquel cuerpo oval más ó menos abultado que se halla en la parte inferior de la flor ó en el centro de ella, el que en perfecto desarrollo y maduro constituye el fruto; el *estilo* es el filamento terminado en una especie de glándula ó baquilla llamada *estigma*.

6. El *cáliz* es la primera cubierta ó envoltura exterior de la

flor de color generalmente verde y compuesta de una ó más hojuelas llamadas *sépalos*.

7. La *corola* es la segunda envoltura ó cubierta de la flor compuesta de una ó más hojas coloradas llamadas *pétalos*, cuyos órganos forman la belleza y hermosura de la flor.

8. Cuando una flor reúne todos los órganos necesarios y protectores se denomina *completa*, y cuando le falte alguno de éstos *incompleta*.

9. El *fruto* es el ovario en su perfecto desarrollo. Se compone de dos partes, *pericarpio* y *semilla*.

10. El *pericarpio* es la parte carnosa del fruto ó más bien la cubierta general de los granos siempre existentes, unas veces muy visible, como el melocotón, manzana, pera, etc., y otras, unido á la semilla, como el trigo, el maíz, etc., que parece formar un solo cuerpo.

11. En el *pericarpio* hay varias partes entre las cuales mencionaremos únicamente el *epicarpio*, *sarcocarpio* y *endocarpio*. El *epicarpio* es la epidermis ó cubierta exterior del fruto; *sarcocarpio* es la parte más ó menos carnosa que se encuentra en la parte interior é inmediata al epicarpio; y *endocarpio* es la cubierta interior que contiene ó encierra la semilla.

12. Algunos pericarpios se abren cuando se hallan maduros, y á esta abertura se llama *deshiscencia*.

13. La *semilla* es aquella parte del fruto más perfecto ó maduro encerrada en la cavidad del pericarpio. En la semilla se notan dos partes principales: la *almendra* y las *túnicas* ó *cubiertas*.

Ejercicios á ojo y á pulso.

FORMAS NATURALES.

HOJAS.

Lámina 17.

1. *Dibujar una hoja de laurel*. Fig. I.—El laurel (*Laurus nobilis* de Linneo) es hoja persistente, oval y lanceolada, lisa y ligeramente ondulada; su color verde oscuro algo lustroso en su haz y mate en su envés. Para delinearle, tírese la vertical y los arcos como se presenta en el modelo, principiase dibujando el nervio principal hasta el pecíolo: fórmese el contorno de la hoja y últimamente las nervaduras.

2. *Dibujar una hoja de lila.* Fig. II. — Esta hoja (Género *Syringa vulgaris* de Linneo) es oval y acorazonada, entera, muy lampiña y de nervación pennada: su color verde oscuro, algo lustroso y envés mate. Para dibujarla, tírese una recta y en su centro una perpendicular de magnitud una mitad más que dicha recta y prolongada por su base. Hecho esto, fórmese la ojiva y dibújese primero el nervio principal, luego el contorno ó circunferencia de la hoja comenzando por su ápice, las nervaduras y venillas, y últimamente el pecíolo.

3. *Dibujar la hoja de roble.* Fig. III. — El roble (*Quercus robur* de Linneo) tiene la hoja oblonga, sinuosa y profundamente cortada, muy lampiña y lustrosa por el haz, y glauca por el envés, su nervación pennada; su color es claro cuando tierna y más oscuro cuando adulta. Para delinearla, describáse una circunferencia, cuyos extremos del diámetro horizontal nos marcará la mayor anchura de la hoja, y su longitud, según nos presenta el modelo, será de tres radios y medio. Formada la caja con las líneas auxiliares, dibújese el nervio principal comenzando por su ápice, luego el limbo ó circunferencia y últimamente las nervaduras.

4. *Dibujar la hoja de yedra.* Fig. IV. — La yedra (*La Hedera helix* de Linneo) tiene las hojas siempre de un verde claro cuando tiernas y oscuro cuando adultas, con algún brillo ó barnizada en su haz y mate algo claro el dorso, son pecioladas, más ó menos lobadas ó con divisiones de nervación palmar. Para dibujarla téngase presente lo dicho para la figura II.

5. *Dibujar la hoja de apio.* Fig. V. — El apio (*Apium graveolens* de Linneo) tiene las hojas alternas simples y divididas hasta el pecíolo abrazador en la base, con tres lóbulos dentados y partidos en segmentos, es de un verde oscuro, algo lustroso, de nervación palminervia, y la de las hojitas pennada. Para delinearla téngase presente lo expuesto para las figuras II y IV.

6. *Dibujar una hoja de abutilón.* Figura VI. — El abutilón (*Estriatum* de los hortelanos) tiene las hojas lisas, acorazonadas en la base con tres lóbulos dentados y agudos, de pecíolo muy prolongado, nervación palminervia; su color verde claro, más oscuro en el envés. Para dibujarla, describáse una circunferencia, inscribáse el exágono irregular y simétrico y tírese el eje de simetría; esta construcción nos facilita considerablemente el poder

dibujar con bastante exactitud la hoja, principiando á trazar los lóbulos con los arcos ojivales y demás líneas marcadas en la figura: hecho esto, dibújense los nervios principales correspondientes á los cinco lóbulos, luego la margen ó circunferencia comenzando desde los vértices á derecha é izquierda, siguiendo con las nervaduras y venillas y por último el pecíolo.

7. *Dibujar la hoja de rosal.* Fig. VII.—Esta hoja es compuesta de tres lóbulos, con estípulas soldadas en la base del pecíolo, de superficie arrugada y circunferencia dentada; su color verde claro cuando tierna y oscuro cuando adulta, estípulas del mismo color con un matiz rojo en sus extremos. Para dibujarla, fórmese el rectángulo y tírense los dos ejes de simetría; hecho esto, dibújense los tres óvalos representados por medio de puntos principiando por el superior, luego el pecíolo y después los dos inferiores laterales. Dada por este medio la forma y dirección de las hojas, se delinearán los dientes que forman la margen ó circunferencia, los nervios principales, las nervaduras y últimamente las venillas.

8. *Dibujar una hoja de vid ó parra.* Fig. VIII.—La vid (*Vitis vinífera* de Linneo) tiene la hoja dividida en tres lóbulos hasta la mitad, dos veces aserrada ó dentada, de nervación palminervia y pennada la de los lóbulos; su color es verde claro, casi lampiña por el haz y vellosa el envés, cuando adulta suele tomar un tinte rojizo. Para dibujarla, describese una circunferencia é inscribese el pentágono irregular simétrico, marcando el eje de simetría: para delinear la hoja, se forma la figura curvilínea expresada con puntos; desde el vértice dibújense los nervios, luego la margen ó circunferencia, siguiendo con las nervaduras y venillas, y últimamente el pecíolo.

Ejercicios á ojo y á pulso.

FORMAS NATURALES.

RAMAS.

Lámina 18.

1. *Dibujar la Fig. I.*—Para delinear esta rama de ciruelero, se comenzará por el tallo y luego las hojas trazando primeramente el nervio principal.

2. *Dibujar la Fig. II.*—Representa esta figura un brote de

vid ó parra (símbolo de la abundancia). Para dibujarlo, principiése por la hoja mayor con su pecíolo, luego el tallo, y las hojas restantes, terminando con la superior.

3. *Dibujar la Fig. V.* — Nos presenta una rama de yedra (símbolo del valor y de la fuerza). Delinéese en bosquejo toda la extensión del tallo, y luego las hojas con sus respectivos pecíolos.

4. *Dibujar la Fig. IV.* — Es una rama de laurel (símbolo de la gloria). Se dibujará primero el tallo con la hoja superior que nos presenta el dorso, y esto basta para indicar la posición de ésta y apreciar mejor la distancia y magnitud de las demás hojas y fruto.

5. *Dibujar la Fig. III.* — Figura una rama de olivo (símbolo de paz), cuyo trazado requiere mucho cuidado, por los grupos que forman las hojas y sus diferentes posiciones. Para dibujarla, bosquejese el tallo principal, luego las cuatro hojas situadas en la parte superior, y esto favorecerá para la posición de las otras.

Ejercicios á ojo y á pulso.

FORMAS NATURALES.

FLORES.

Lámina 19.

1. *Dibujar la Fig. I.* — Presenta esta figura una amapola con una hoja y capullo, flor muy común en nuestros campos y que la moda ha admitido para embellecer los prendidos y sombreros de las señoras. Corresponde dicha flor á la familia de las *papaveráceas*; es planta herbácea, con hojas alternas, cáliz disépalo y ca-
duco cuando se abre la flor, corola polipétala, muchos estambres con filamentos delgados y las anteras por la base, y ovario ovóideo formado con estigma estrellado. El color de los tallos, hojas y cáliz es de un verde claro; de un rojo carmesí con mancha negra en la parte inferior de los pétalos; estambres verde oscuro ó negruzco é igualmente las anteras.

Para copiarla se dibujará abrazando puntos generales y luego se pasará á los detalles. Así, pues, principiése por la corola, y luego el tallo, la hoja y últimamente el capullo.

2. *Dibujar la Fig. II.* — Esta representa una de las variedades de los pensamientos ó trinitarias monstruosas. Corresponde á la familia de las *violáceas*: se compone de cinco pétalos, los dos

superiores morados, los laterales y el inferior amarillos, con algún matiz morado en muchos de ellos, particularmente en la garganta de la corola formando radios: es planta herbácea con hojas dentadas, alternas y festonadas en esta variedad. Para copiarla, téngase presente lo dicho en la anterior, principiando por la corola, dibujando primero los tres pétalos amarillos, luego los superiores morados, los tallos y capullo, y últimamente las dos hojas.

3. *Dibujar la Fig. III.*—Los tulipanes corresponden á la familia de las *liliáceas*, planta herbácea de tallo ó escapo desnudo, lampiño ó sin pelos, hojas oblongas y agudas, de color garzo ó verde oscuro ceniciento, corola caediza compuesta de seis partes ú hojas, casi iguales, acampanadas convergentes; seis estambres y ovario de tres caras ó trilocular. Se dibujarán primero las dos corolas, luego los tallos y las hojas.

4. *Dibujar la Fig. IV.*—Corresponde esta flor á la familia de las *campanuláceas*, conocida vulgarmente por farolillos: es planta herbácea, de tallo verde y lampiño, hojas lanceoladas parecidas á las del melocotonero, de verde oscuro lustroso, flor compuesta de cáliz dividido en cinco piezas ó sépalos, corola acampanada con pétalos soldados hasta más de la mitad. Para dibujar este grupo, se principiará por la del centro con su tallo y capullo, luego las dos laterales, puesto que es indiferente sea primero la una que la otra, y últimamente hechos los tallos se dibujarán las hojas.

5. *Dibujar la Fig. V.*—Pertenece esta flor á la familia de las *caryophyllias* que se distingue vulgarmente con el nombre de clavel: es de tallo acostado en la base elevándose en la parte superior, cilíndrico, nudoso y articulado, lampiño con hojas opuestas largas y lineales, entrecruzadas, encorvadas en el extremo superior y de color garzo toda la planta; cáliz tubuloso con cinco dientes, su base compuesto de dos ó cuatro escamas opuestas y empi-zarradas; la corola de un número indefinido de pétalos dentados y con uñas largas, diez estambres blancos, dos pistilos en espiral y caja unicolar. Se dibujará este pequeño grupo principiando por el clavel, luego el capullo entreabierto con su tallo, hojas y botón inmediato; después el tallo que se presenta vertical con el capullo y hojas.

6. *Dibujar la Fig. VI.*—Corresponde el trigo á la familia de

las *gramíneas*, de espiguillas cuadrifloras, empizarradas en espiga de cuatro caras, glumas ovadas y truncadas con quillas estrechas que terminan con una larga arista; el tallo ó caña es cilíndrico, articulado, sencilló ó ramoso, con hojas dísticamente alternas con pecíolo ensanchado abrazador y provisto de una estípula axilar llamada ligula, limbo estrecho y enterísimo; el color de la planta es de un verde más ó menos claro cuando tierna y amarillo blanquecino cuando se halla completamente sazonado el fruto.

7. *Dibujar la Fig. VII.* — Esta flor corresponde á la familia *onarariáceas*, género *fuchsia diversifolia*, conocida vulgarmente con el mismo nombre del género á que pertenece: es de tallo leñoso y ramoso, hojas cordiformes dentadas, pecioladas y opuestas de un verde claro, flores en racimos colgantes, tubos largos de color carmesí claro y el que forma la corola más oscuro; tiene ocho estambres iguales y más largos que la corola, con un pistilo mayor que los estambres, estigma de cabeza; el color de los estambres y pistilo es blanco coloreándose hasta el carmín oscuro en los extremos ó puntas. Para dibujarlo, trácese el tallo arqueado, luego las flores *a b*, los capullos y las hojitas del ojo, después las hojas inferiores que parecen estar entrelazadas, continuando con el trazado de la superior *c* y la contigua, y últimamente la mayor situada en la parte superior del tallo.

8. *Dibujar la Fig. VIII.* — Pertenece esta flor á la familia de las *geraniáceas*; de hojas reniformes, lobadas, aserrado-dentadas, lampiñas por la cara superior y glaucas por el inferior; tallo herbáceo, hojas estipuladas opuestas á las superiores alternas algunas veces; flores completas y en este caso irregulares; estilos soldados de una columnilla más larga que la prolongación del áxila y confundiéndose algunas veces con ellos, libres en la parte superior con estigmas á lo largo de la cara interna; las hojas y los tallos tiernos son de un verde claro y los viejos leñoso; los pétalos de rosa claro con una mancha aterciopelada en algunas en el centro de cada uno de los superiores, con estriado carmesí y encarnado; estilo blanco coloreándose de rosa hasta su extremo; estambres blancos y sus anteras amarillas rosadas. Se trazará dibujando primero la flor con su pedúnculo, luego el capullo con el suyo hasta unirse con el tallo y así sucesivamente irá bajando delineando las hojas y terminando con la mayor de esta.

9. *Dibujar la Fig. IX.* — Nos presenta una ramita de jazmín

(*jazminium officinale* de Linneo), arbusto originario de la China y del Cáucaso, se cultiva hace mucho tiempo por nuestros jardineros que casi podemos decir que es naturalizada en Europa: tiene el tallo sarmentoso y flexible; hojas compuestas y alternas de cinco ó siete hojitas ovales y acuminadas; flores completas en forma de panoja poco apretadas con cáliz persistente; el color del tallo es de un verde oscuro cuando tierno y leñoso cuando viejo; las hojas de un verde lustroso y flores blancas con aroma agradable. Para copiarla, se dibuja primero el grupo *a* hasta unirse con el tallo, luego el de la izquierda *b* con la hojita, y trazando toda la extensión del tallo se irán dibujando las hojas de la parte superior, continuando por su orden hasta la inferior.

10. *Dibujar la Fig. X.* — Esta flor llamada por Linneo *rosa centifolia* y vulgarmente rosa de cien hojas, nace de un arbusto de tallo sembrado de agujones encorvados hacia abajo; hojas compuestas de tres lóbulos, alternas, con estípulas soldadas hasta la mitad del pecíolo, arrugadas y dentadas; flor completa con multitud de pétalos libres, alternos con los sépalos insertos sobre el cáliz polisépalo, ventrudo con garganta estrecha y dividido en cinco partes á las cuales las floristas llaman barbas; estambres y pistilos indefinidos: el color del tallo es más ó menos oscuro, los agujones rojo oscuro en el extremo, hojas verde algo oscuro y más claro en las tiernas, estípulas como las hojas con un matiz rojo en su circunferencia, corola roja más ó menos fuerte y estambres con anteras amarillas. Para dibujarla, principiése por la flor superior con el tallo, hojas y capullos que le siguen, luego la inferior con las hojas que tiene en ambos lados y últimamente el tallo.

11. *Dibujar las Figs. XI, XII, XIII y XIV.*

Ejercicios á ojo y á pulso.

FORMAS NATURALES.

FLORES Y FRUTOS.

Lámina 20.

12. *Dibujar las Figs. I y II.*

13. *Dibujar la Fig. III.*

CAPÍTULO CUARTO.

HERÁLDICA.

1. Cuál es el arte del blasón.—2. Qué es el escudo en heráldica.—3. Qué nombres toman los colores en heráldica.—4. Cómo se caracterizan los colores en los escudos.—5. Cuáles son las coronas que se usan en la actualidad.—6. Qué es la tiara.—7. Cuál es la corona imperial.—8. Cuál es la corona que usan los reyes de España, Portugal, Dinamarca, Suecia é Italia.—9. Cuál es la corona de los reyes de Inglaterra.—10. Cuál es la corona de los reyes de Francia.—11. Cuál es la corona que usa el príncipe de Asturias.—12. Cuál es la corona ducal de España y Francia.—13. Explicar la corona de marqués.—14. Describir la corona de conde.—15. De qué se compone la corona de los vizcondes.—16. Describir la corona de barón.—17. Qué es el casco ó yelmo.—18. Con qué timbran su escudo los cardenales.—19. Cómo lo timbran los obispos.

1. Llámase *blasón* al arte de explicar y componer los escudos de armas que corresponden á cada familia ó linaje, villa ó ciudad. Y se dice también arte heráldica, porque en los torneos se hallaban unos funcionarios llamados heraldos y reyes de armas que anunciaban ó blasonaban las armerías de los caballeros que se presentaban y las describían ó anotaban en sus libros.

2. El escudo usado en heráldica es una tarjeta ó tablero de forma varia, en donde se hallan pintadas las armas ó insignias de cada familia.

3. Los antiguos reyes de armas y heraldos, á los colores empleados en los blasones, les dieron los nombres siguientes: al amarillo, llamaron oro; al blanco, plata; al rojo ó encarnado, gules; al azul, azur; al negro, sable; al verde, sinople; y al violado, púrpura; cuyos nombres se conservan como propios del arte.

4. El jesuíta Pietra-Santa desterró por embarazosos todos los sistemas empleados para caracterizar los colores en los escudos, é inventó para este objeto el uso de las líneas que hoy se practican.

Para expresar en las líneas, esculturas, grabados y bordados el colorido correspondiente, se representarán las figuras por medio de líneas, las cuales según su dirección nos manifiestan el color. Así el amarillo ú oro se caracteriza con puntos; la plata, dejando el dibujo en blanco; el gules, con líneas verticales muy unidas formando una especie de gris; el azul, con líneas horizontales; el sinople, con líneas diagonales de izquierda á derecha; el sable, con líneas que se cruzan perpendicularmente.

5. Entre las diferentes piezas empleadas para adorno de los

escudos, figuran como principales las coronas, y las que en la actualidad se usan son las siguientes: la tiara papal, la corona imperial, la real de España, la de Francia y la de Inglaterra, el turbante del sultán de Turquía, la del Príncipe de Asturias, la ducal, la de marqués, la de conde y vizconde, la de barón, los cascos ó yelmos, el capelo ó sombrero cardenalicio y el sombrero de los arzobispos y obispos.

6. La *tiara* es una especie de gorro blanco, de forma cónica-oval, con dos listas sembradas de cruces franqueadas en los extremos ó cabos y colocadas en los lados, ceñida de tres coronas ducales y armada de un mundo de oro cetrado. (Lámina 21). No siempre han usado los pontífices las tres coronas que componen la tiara. El Papa Hormidas en 514 usó sobre su gorro una corona real de oro, que fué la que Clodoveo, Rey de los Francos, había enviado á San Juan de Letrán. Bonifacio VIII añadió la segunda corona y Juan XXII la tercera para manifestar la jurisdicción espiritual de los pontífices sobre las tres partes del mundo entonces conocidas.

7. La *corona imperial* (Lámina 21) que usan los emperadores es de oro, como la de los reyes, con bonete de escarlata en forma de mitra sin punta y ocho florones con dos listas franjeadas en sus cabos pendientes una á cada lado, y mantienen el birrete dos diademas de oro con perlas. Las dos diademas se hallan inclinadas hácia los lados y de enmedio sale otra sosteniendo un globo cetrado con cruz de oro.

8. Los reyes de España usan una corona compuesta de un círculo de oro con pedrería, con ocho florones imitando hojas de apio entrepuestos de una perla. Se halla cubierta por ocho diademas cargadas de perlas, cerradas por la parte superior y en el punto donde se juntan hay colocado un globo y sobre éste una cruz de oro. (Lám. 21). Igual corona usan los reyes de Portugal, Dinamarca, Suecia é Italia.

9. La corona de los reyes de Inglaterra es de oro realzada de cuatro lises y cuatro cruces patées alternadas: la cubren ocho diademas cargadas de perlas y en la parte superior donde se juntan se halla un globo de oro con cruz del mismo metal y surmontada de un leopardo. (Lám. 22).

10. La corona de los reyes de Francia se compone de un círculo de oro enriquecido de piedras preciosas, realzado de ocho

lises recortadas , de las cuales salen ocho diademas ó círculos cerrados por una flor de lis doble.

11. La del presunto heredero de la corona de España ó Príncipe de Asturias se compone de un círculo con pedrería y ocho florones semejantes á la hoja de apio , interpuestos de una perla ; esta corona está cubierta con cuatro diademas terminando con globo y cruz : toda ella es de oro. (Lám. 22).

12. La corona ducal en España y Francia es como la del Príncipe de Asturias , pero sin diademas.

13. La corona de marqués es un círculo de oro realzado de cuatro florones y doce perlas puestas de tres en tres entre dichos florones y sobre pequeñas puntas. (Lám. 22).

14. La corona de conde es de oro y su círculo guarnecido de pedrería y realzado de diez y ocho perlas gruesas. (Lám. 22).

15. La corona de los vizcondes se compone de un círculo de oro con esmalte y relevada de cuatro perlas gruesas sostenidas con puntas de oro. (Lám. 22).

16. La corona de barón se compone de un círculo de oro esmaltado y arrollada en banda de un brazaletes ó rosario de perlas. (Lám. 22).

17. El casco ó yelmo es uno de los adornos principales de los escudos y símbolo de caballería y nobleza. (Lám. 22).

18. Los cardenales timbran su escudo con un sombrero encarnado de alas anchas forrado y guarnecido de cordones del mismo color , entrelazados y pendientes á los dos lados , terminados por cinco borlas. Este sombrero toma el nombre de capelo. (Lám. 22).

19. Los obispos timbran su escudo como los cardenales y arzobispos , pero forrado de seda verde y lo mismo los cordones y las seis borlas. (Lám. 22).

CAPÍTULO QUINTO.

ALFABETOS.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Láminas 21 y 22.

El trazado de las letras mayúsculas es de suma necesidad á la bordadora : continuamente se ve precisada á marcar todo género de ropa blanca é intercalar con dibujos , caracteres sencillos ó de adorno para indicar el dueño ó poseedor de la prenda. Las inicia-

les que usaban antiguamente para dicho objeto eran deformes y de mal gusto; hoy, que el dibujo se ha extendido á todas las clases de la sociedad, el buen gusto se despierta, notándose en las labores una corrección agradable en el uso de los diferentes caracteres.

En estas láminas se presentan ocho alfabetos de los principales caracteres europeos, que son: español, inglés, redondo-francés, gótico-alemán redondo, gótico-alemán cuadrado, romanilla de adorno y pancilla ó bulática.

El primer alfabeto de la lámina 22 es de carácter cursivo de adorno. Este alfabeto tiene todas sus letras variadas para que la dibujante en poco espacio tenga modelos distintos para sus composiciones.

Ajeno este tratado al arte de escribir, sólo haremos algunas observaciones sobre cada uno de los caracteres para que la bordadora al hacer las letras de mayor ó menor tamaño no altere sus proporciones.

Mayúsculo español. — Este hermoso carácter tiene 28 grados de inclinación y el corte de la pluma la quinta parte de la altura del cuerpo de la letra minúscula.

Mayúsculo inglés. — Á este carácter conviene darle una inclinación de 35 grados, si atendemos á sus muy arqueadas curvas. Para el trazado de esta letra se requiere mucho gusto y exquisita pulsación para sacar el claro-oscuro que constituye la gracia de la letra. El corte de la pluma debe ser con grandes gavilanes y puntos desiguales. El trazo grueso de la letra ha de tener la onceava parte de su altura, midiéndola verticalmente.

Redondo francés. — La posición de esta letra es perpendicular á su altura, siendo en las minúsculas la de un cuadrado; en las mayúsculas se le da dos veces y un tercio de aquéllas. El corte de la pluma tiene el grueso de una quinta parte de la del cuadrado que encierra las minúsculas.

Gótico-alemán redondo. — Para esta escritura se coloca el papel sin inclinación: el cuerpo de la letra tiene ocho grados de altura, y el corte de la pluma siete y medio. La extensión arbitraria de ciertos trazos impide que este caracter esté sujeto á una regla precisa, y sólo copiando buenos modelos y con el buen gusto se logra su limpieza y hermosa forma.

Gótico-alemán cuadrado. — La posición del papel para esta es-

critura es la misma que para la anterior : la altura es de seis grados, y el corte de la pluma tiene el grueso de tres partes y media de la anchura del renglón ó altura de las minúsculas, que es de cuatro grados.

Romanilla de adorno.—Este carácter varía á lo infinito : el alfabeto de este modelo tiene una altura arbitraria y sólo el gusto debe presidir para su trazado.

Pancilla ó bulática.—La posición del papel debe ser sin inclinación y la letra perpendicular al renglón con trazo natural : la altura de las letras mayúsculas es de seis grados ; y el corte de la pluma la cuarta parte de la altura de las minúsculas, que es de cuatro grados.

CAPÍTULO SEXTO.

CIFRAS.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Láminas 23 y 24.

Sabiendo la altura y grueso que corresponde á la letra inglesa, perteneciendo las cifras de las láminas que nos ocupan á este mismo carácter, excusado es dar más reglas que aconsejar la copia de las que figuran en las dos láminas, donde se encuentra una completa combinación, advirtiéndolo que la belleza de la cifra se halla en su simetría.

CAPÍTULO SÉPTIMO.

Paisaje.

1. Á qué se llama paisaje. — 2. Qué figura en la composición de un paisaje. — 3. Para que un país esté bien representado, á qué leyes se ajustará. — 4. Á qué se llama perspectiva. — 5. Cuál es el medio más expedito para aprender el dibujo de paisaje. — 6. Si tomamos por maestra la naturaleza, qué orden se seguirá para el estudio de paisaje.

1. Se llama paisaje al arte de representar ó imitar la naturaleza con todos sus objetos.

2. En la composición del paisaje entran los terrenos, las rocas, los montes, las aguas, como lagos, ríos, cascadas, etc., arbolado, caserío, celaje, etc.

3. Para que el país esté bien representado, se ajustará á las leyes de perspectiva que es su base.

4. Se llama perspectiva al arte ó manera de representar los diferentes objetos de la naturaleza ó de la industria, del mismo modo que se ofrecen á la vista.

5. El método más expedito para aprender el dibujo de paisaje, es imitar la naturaleza estudiando detenidamente el terreno para ver la diferencia de términos y atender las observaciones del profesor basadas en los principios fundamentales de la ciencia.

6. Tomada por maestra la naturaleza, principiase el estudio de los diversos objetos separadamente; esto es, con la copia de piedras, rocas, casitas ó pequeños edificios, ramas y árboles de diferentes especies. Este último estudio es el más difícil y el que requiere mayor cuidado.

Ejercicios á ojo y á pulso.

Lámina 25.

Esta lámina presenta ocho modelitos de fácil copia, siendo lo suficiente para el objeto de la obra.

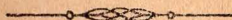
- 1.º *Dibujar la Fig. I.*
 - 2.º *Dibujar las Figs. II, III, y IV.*
 - 3.º *Dibujar las Figs. V y VI.*
 - 4.º *Dibujar las Figs. VII y VIII.*
-

TABLA

DE EQUIVALENCIAS DEL METRO CON LAS MEDIDAS LONGITUDINALES DE LAS
PROVINCIAS DE ESPAÑA SEGÚN LOS DATOS PUBLICADOS POR EL GOBIERNO.

Un metro es igual á

1'196308 varas de.	Madrid.	}	Castilla la Nueva
1'194720 varas de.	Toledo.		
1'191806 varas de.	Ciudad-Real.		
1'196308 varas de.	Cuenca.		
1'196308 varas de.	Guadalajara.		
1'196308 varas de.	Ávila.	}	Castilla la Vieja.
1'194720 varas de.	Segovia.		
1'196308 varas de.	Soria.		
1'194720 varas de.	Logroño.		
1'196308 varas de.	Santander.		
1'196308 varas de.	Burgos.		
1'196308 varas de.	Valladolid.		
1'196308 varas de.	Palencia.	}	Astúrias.
1'196308 varas de.	Oviedo.		
1'186241 varas de.	Coruña.	}	Galicia.
1'169583 varas de.	Lugo.		
1'196308 varas de.	Pontevedra.		
1'196308 varas de.	Orense.	}	León.
1'196308 varas de.	León.		
1'196308 varas de.	Zamora.		
1'196308 varas de.	Salamanca.		
1'196308 varas de.	Cáceres.	}	Extremadura.
1'196308 varas de.	Badajoz.		
1'196308 varas de.	Córdoba.	}	Andalucia.
1'196308 varas de.	Sevilla.		
1'196308 varas de.	Huelva.		
1'196308 varas de.	Cádiz.		
1'196308 varas de.	Málaga.		
1'200480 varas de.	Almería.		
1'196308 varas de.	Granada.		
1'191896 varas de.	Jaén.	}	Murcia.
1'196308 varas de.	Murcia.		
1'194720 varas de.	Albacete.		
1'096491 varas de.	Alicante.	}	Valencia.
1'103762 varas de.	Valencia.		
1'103752 varas de.	Castellón.		
5'145 palmos de.	Barcelona.	}	Cataluña.
5'1315 palmos de.	Gerona.		
5'141 palmos de.	Lérida.		
5'128 palmos de.	Tarragona.		
1'302 varas de.	Teruel.	}	Aragón.
1'295335 varas de.	Zaragoza.		
1'295333 varas de.	Huesca.		
1'274116 varas de.	Pamplona.	}	Navarra.
1'196308 varas de.	Álava.		
1'196308 varas de.	Vizcaya.		
1'194720 varas de.	Guipúzcoa.		
5'115 palmos de.	Baleares.	}	Vascongadas.
1'187648 varas de.	Canarias.		



INDICE

PÁG.

Introducción.	5
Signos y abreviaturas que se usan en el texto.	7
Instrumentos y demás útiles que necesitan las alumnas de la clase de dibujo lineal.	7
Instrumentos que debe poseer una clase destinada á la enseñanza de dibujo lineal.	8
<i>Nociones preliminares.</i>	9
PARTE PRIME. (A. — <i>De la estension en una sola dimension ó de las líneas.</i>	11
CAPITULO PRIMERO. — <i>De las líneas en general.</i>	11
Artículo primero. — Del punto y de la línea.	11
Art. 2.º — Posiciones de la línea recta.	13
Art. 3.º — Preliminares para el dibujo á ojo y á pulso y resolución de problemas.	14
Ejercicios á ojo y á pulso en el papel. — Dibujos del Atlas. — Lámina 1.ª	15
Ejercicios gráficos. — Problemas. — Lámina 1.ª	16
Art. 4.º — Medición de líneas rectas.	17
Art. 5.º — Del círculo y división de la circunferencia.	18
Art. 6.º — De los ángulos.	19
Ejercicios á ojo y á pulso. — Dibujos del Atlas. — Lámina 1.ª	21
Ejercicios gráficos. — Problemas. — Lámina 1.ª	22
Art. 7.º — De las rectas según su posición relativa.	23
Ejercicios á ojo y á pulso en el papel. — Dibujos del Atlas. — Lámina 1.ª	25
Ejercicios gráficos. — Problemas. — Lámina 1.ª	29
Art. 8.º — De las figuras en general.	31
Art. 9.º — De los triángulos.	32
Ejercicios á ojo y á pulso. — Atlas. — Lámina 2.ª	34
Ejercicios gráficos. — Problemas. — Triángulos.	35
Art. 10. — De los cuadriláteros.	37
Ejercicios á ojo y pulso. — Lámina 2.ª	39
Ejercicios gráficos. — Problemas. — Cuadriláteros.	40
Art. 11. — De los polígonos.	41
Ejercicios á ojo y á pulso. — Lámina 3.ª	44
Ejercicios gráficos. — Problemas. — Polígonos.	44
Art. 12. — Combinaciones de polígonos.	47
Ejercicios á ojo y á pulso. — Lámina 2.ª	49
Ejercicios gráficos. — Problemas. — Combinación de polígonos.	50
Art. 13. — De las estrellas poligonales.	51
Ejercicios á ojo y á pulso. — Atlas. — Lámina 3.ª	53
Ejercicios gráficos. — Problemas. — Estrellas poligonales.	53
Art. 14. — De los ejes de simetría.	54
Art. 15. — Idea de las razones y proporciones como preliminar á las líneas proporcionales.	56
Art. 16. — De las líneas proporcionales.	57
Ejercicios gráficos. — Problemas.	58
Art. 17. — De los polígonos semejantes.	59
Ejercicios á ojo y á pulso. — Lámina 3.ª	60
Ejercicios gráficos. — Problemas.	61
Art. 18. — Del corte y reducción del sistema ordinario al de Ortega.	62
Ejercicios gráficos. — Corte. — Lámina 5.ª	64
Art. 19. — De la cuadrícula, calcado y picado.	67
Ejercicios á ojo y á pulso. — Lámina 4.ª	70
CAPITULO SEGUNDO. — <i>De las figuras curvilíneas y mixtilíneas.</i>	70
Art. 20. — De la circunferencia, del círculo y de las rectas que se consideran en él.	70
Ejercicio á ojo y á pulso. — Lámina 3.ª	71
Ejercicios gráficos. — Problemas.	72
Art. 21. — De los ángulos y líneas proporcionales con respecto al círculo.	72
Art. 22. — De las circunferencias concéntricas y excéntricas.	74
Ejercicios á ojo y á pulso. — Lámina 4.ª	75
Art. 23. — De la inscripción y circunscripción de polígonos.	77
Ejercicios á ojo y á pulso. — Lámina 4.ª	77
Ejercicios gráficos. — Problemas.	78

Art. 24.—Rectificación de la circunferencia..	79
Ejercicios de cálculo.—Problemas.	79
Ejercicios gráficos.—Problemas.	80
Art. 25.—De las curvas que se componen de arcos de círculo y su trazado.—Del óvalo, elipse, huevo y su rectificación; arco carpanel, arco escarzano, arco ojival ó apuntado y espiral.	80
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lámina 3. ^a	84
Ejercicios gráficos.—Problemas.	86
PARTE SEGUNDA.— <i>De la extensión considerada en dos dimensiones.</i>	92
CAPÍTULO ÚNICO.— <i>De las superficies.</i>	92
Art. 1. ^o —Preliminares.	92
Art. 2. ^o —Del cálculo de las superficies.	93
Art. 3. ^o —De los planos.	94
PARTE TERCERA.— <i>De la extensión en sus tres dimensiones.</i>	96
CAPÍTULO ÚNICO.— <i>De los volúmenes.</i>	96
Art. 1. ^o —De los cuerpos geométricos en general.	96
Art. 2. ^o —De los prismas.	97
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lámina 3. ^a de Geometría.	98
Ejercicios gráficos.—Problemas.	99
Art. 3. ^o —De las pirámides.	99
Ejercicios á ojo y á pulso.—Pirámides.	101
Ejercicios gráficos.—Problemas.	101
Art. 4. ^o —De los poliedros regulares.	102
Ejercicios á ojo y á pulso.—Cuerpos regulares.—Lámina 3. ^a de Geometría.	102
Ejercicios gráficos.—Desarrollo de los poliedros regulares.—Problemas.	102
Art. 5. ^o —Ejercicios gráficos.—Desarrollo de cuerpos irregulares.—Problemas.—Lámina 7. ^a	104
Art. 6. ^o —De los cilindros.	105
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lámina 7. ^a	106
Ejercicios gráficos.—Problemas.—Lámina 7. ^a	107
Art. 7. ^o —De los conos.	107
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lámina 7. ^a	108
Ejercicios gráficos.—Problemas.—Lámina 7. ^a	109
Art. 8. ^o —De la esfera.	109
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lámina 6. ^a	111
Ejercicios gráficos.—Problemas.—Lámina 7. ^a	111
PARTE CUARTA.— <i>Del dibujo de aplicación.</i>	112
CAPÍTULO PRIMERO.— <i>Ornato.</i>	112
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lámina 8. ^a	112
Idem.—Lámina 9. ^a	113
CAPÍTULO SEGUNDO.— <i>De los bordados.</i>	113
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lámina 10.—Principios de dibujo de fantasía como preliminar á los bordados.	116
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lámina 11.—Dibujo aplicado al bordado de cadenita y de cordoncillo.	118
Ejercicios á ojo y á pulso.—Bordado á la inglesa.—Lámina 12.	119
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lavado.—Lámina 13.	121
Ejercicios á ojo y á pulso.—Dibujos de bordados de los distintivos militares y civiles.—Lámina 14.	122
Ejercicios á ojo y á pulso.—Dibujos de bordados para objetos de Iglesia.—Lám. 15.	122
Ejercicios á ojo y á pulso.—Bordado de imitación á la litografía.—Lámina 16	123
CAPÍTULO TERCERO.— <i>Conocimiento de la planta en general, como preliminar á las labores de adorno.</i>	123
Art. 1. ^o —Órganos de nutrición.	123
Art. 2. ^o —De la gemación.	125
Art. 3. ^o —Órganos de reproducción.	127
Ejercicios á ojo y á pulso.—Formas naturales.—Hojas.—Lámina 17.	128
Ejercicios á ojo y á pulso.—Formas naturales.—Ramas.—Lámina 18.	130
Ejercicios á ojo y á pulso.—Formas naturales.—Flores.—Lámina 19.	131
Ejercicios á ojo y á pulso.—Formas naturales.—Flores y frutas.—Lámina 20.	134
CAPÍTULO CUARTO.— <i>Heráldica.</i>	135
CAPÍTULO QUINTO.— <i>Alfabetos.</i> —Ejercicios á ojo y á pulso.—Láminas 21 y 22.	137
CAPÍTULO SEXTO.— <i>Cifras.</i> —Ejercicios á ojo y á pulso.—Láminas 23 y 24.	139
CAPÍTULO SÉPTIMO.— <i>Paisaje.</i>	139
Ejercicios á ojo y á pulso.—Lámina 25.	140
Tabla de equivalencias del metro con las medidas longitudinales de las provincias de España, según los datos publicados por el Gobierno.	141

FIN DEL ÍNDICE.



SC
LT
1889
MOL

