el pentágono, doblados, serán 10, quitando 4, quedan seis. Estos son los 6 ángulos rectos que valen los 5 ángulos del pentágono: el exágono valdrá 8 rectos, el eptágono 10, el octágono 12, y así en todas las demás figuras. Todo esto conviene lo tenga bien estudiado el principiante, para caminar con algun conocimiento en sus operaciones.

CAPITULO IV.

(Estampa II.)

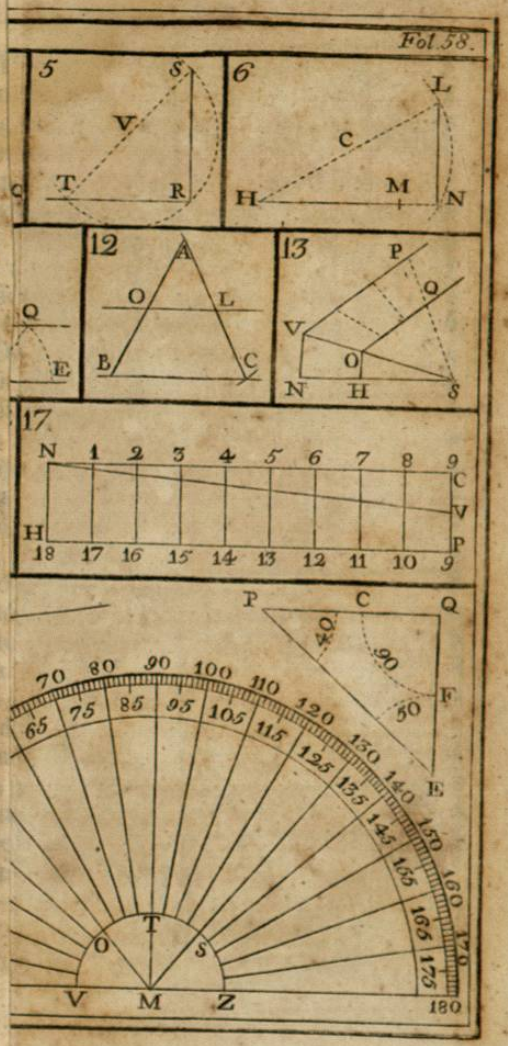
Trata de la delineacion de las figuras planas rectilíneas y curvilíneas, y de las prácticas que sobre ellas suelen ofrecerse á toda clase de arquitectos.

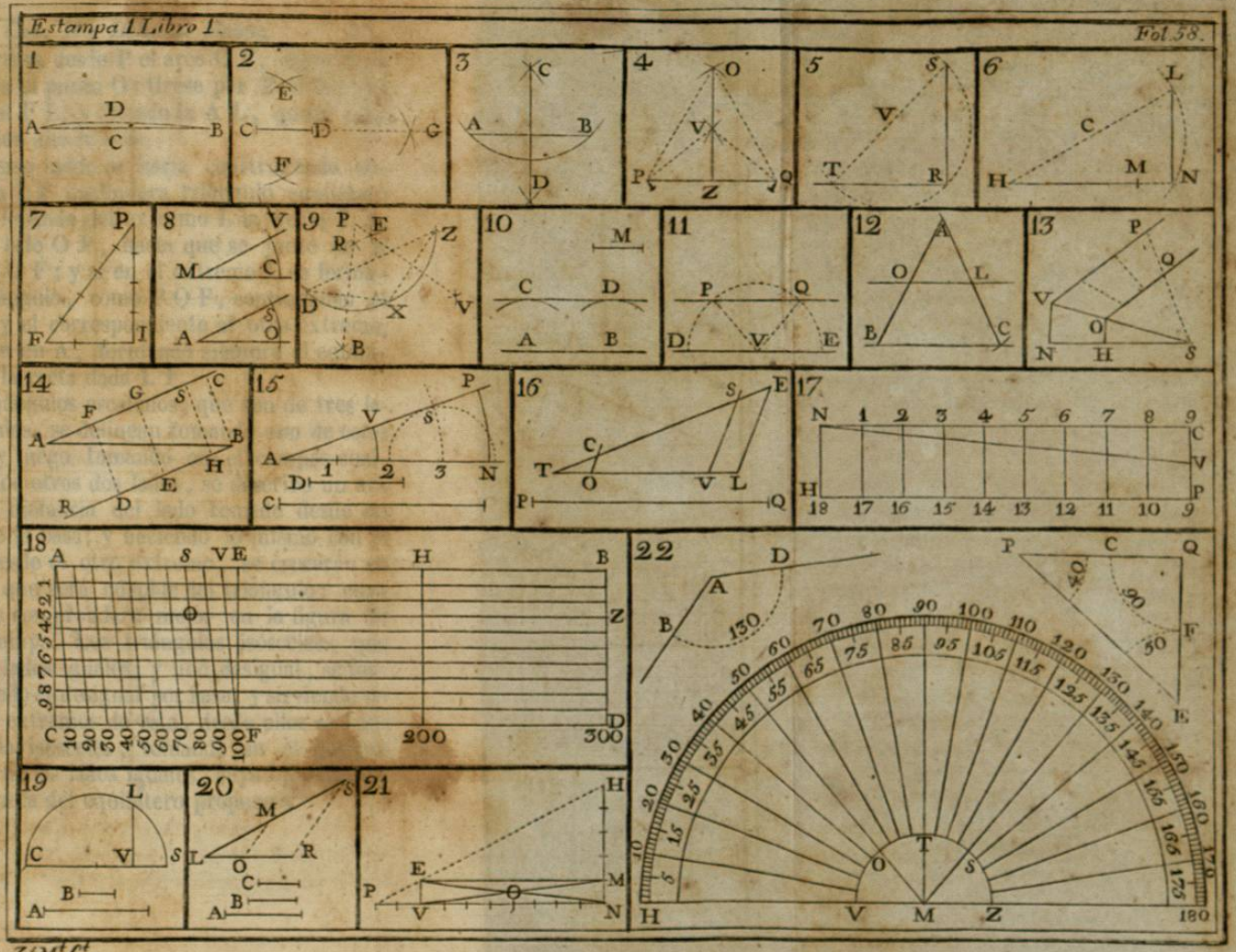
PROPOSICION XXII.

Sobre una recta dada describir un triángulo equilátero en diferentes casos (Fig. 23.).

Caso 1.º Sea la recta dada L F, cuya longitud se tome en el compás; y desde sus extremos, como centros, háganse los arcos L A (desde F), y A F (desde L), que se cruzan en A: tírense las rectas A L, A F, y queda delineado el triángulo equilátero L A F.

Caso 2.º Con cualquiera abertura de compás hágase el mismo equilátero sobre la misma recta dada. Sea por caso el compás abierto la distancia F P; hágase desde F el arco O P, y con la




1
A D C B
2
E C D G F
3
C A B D
4
O V P Z Q
5
S V T R
6
L C H M N
7
P F I
8
V M C S A O
9
P E R Z D X V B
10
M C D A B
11
P Q D V E
12
A O L B C
13
P O V O N H S
14
G S C F A B H E R D
15
P V S A 1 2 3 N D C
16
S E C T O V L P Q
17
N 1 2 3 4 5 6 7 8 9 C V H P 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9
18
A S V E H B Z 9 8 7 6 5 4 3 2 1 C 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 F 200 300 D
19
L C V S B A
20
M S L O R C B A
21
H E M P O V N
22
D A B 130 P C Q 40 90 50 F E T O S H V M Z 180

J. M. f.

misma abertura desde P el arco O F, cuyos arcos se cruzan en el punto O: tírese por F O la recta F O A igual F L; y tirando la A L, queda echa la delineacion que se pide.

Del mismo modo se haria construyendo sobre la recta L F cualquiera triángulo equilátero P F O, y sacando del extremo L la recta L A, paralela al lado O P, hasta que se junte en A con el lado O F; y si en el extremo L se formase otro triángulo, como P O F, continuando el lado F O, y el correspondiente al otro extremo, concurririan en A, formando siempre el equilátero sobre la recta dada L F.

Los triángulos escalenos, que son de tres lados desiguales, se delinean tomando uno de estos por basa; y luego tomando en el compás cualquiera de los otros dos lados, se describe un arco con la distancia del lado tomado desde un extremo de la basa; y haciendo lo mismo con el que falta desde el otro extremo, se cruzarán en un punto, que será cúspide del triángulo: cuya práctica se comprenderá mejor en la figura 38 de esta estampa. Los triángulos isósceles, que son de dos lados iguales, y uno desigual, se forman poniendo el desigual por basa; y sirviendo de centros los extremos de esta, desde ellos se hace el triángulo isósceles, tomando en el compás cualquiera de los lados iguales, cuya operacion es semejante á la del equilátero propuesto.

PROPOSICION XXIII.

Sobre una recta dada, formar un cuadrado ó paralelógramo (Fig. 24.).

Sea la recta dada M N: levántense las perpendiculares M H, N E (por la Prop. III de este libro); y tirando la H E paralela á M N, queda hecha la operacion que se pide.

Si fuere cuadrado perfecto, serán sus cuatro lados iguales, y los cuatro ángulos rectos; pero si los cuatro ángulos fueren rectos, y los dos lados fueren menores que los otros dos, será paralelógramo; y para probar si los cuatro ángulos son rectos, ó no, sea en cuadrado, ó paralelógramo, se tiran las diagonales M E, H N, que se cruzan en el centro V, las que se medirán con el compás; y siendo iguales las dos, serán rectos los cuatro ángulos de la figura. Y se sabrá si es cuadrado, ó paralelógramo, asentando el un pie del compás en el centro V, y con cualquiera abertura V E describrir un círculo, el cual pasará tocando su circunferencia en los cuatro ángulos; y si las cuatro porciones de circunferencia de los cuatro lados de la figura fueren iguales, será cuadrado; y si los dos lados opuestos fueren iguales, pero mayores ó menores que los otros dos, será paralelógramo.

Nota, que una figura de cuatro lados iguales se nombra el moain, ó rombo, y es la que los dos ángulos opuestos son obtusos, y los otros dos

agudos, y la una diagonal es mayor que la otra; y si acontece lo mismo con los lados del paralelógramo, se nombra elmoarife, ó romboide; y si alguno de los lados de un cuadrilátero fuere mayor ó menor que los otros tres, ó todos cuatro desiguales, se nombra la tal figura trapecia, ó trapecio; pero el nombre siempre se toma de los lados y ángulos que la componen, como triángulo de tres lados y tres ángulos, cuadrado de cuatro, pentágono de cinco, y así infinitamente. Los ingenieros llaman polígonos á toda figura rectilínea.

PROPOSICION XXIV.

Sobre una recta dada, construir un pentágono (Fig. 25.).

Sea la línea dada A B: levántese la perpendicular A*e* (3): con el intervalo A B, desde A hágase el arco B F á discrecion: divídase B*e* en 5 partes iguales, y sáquese una de ellas de *e* á F; y tirando F A, se tienen dos lados del pentágono F A, A B, y un ángulo A. Hágase desde B con la distancia B A el arco A M igual á F B; y desde M y F, como centros, y sin variar la abertura del compás, háganse los arcos que se cruzan en *r*: tírense las rectas F*r*, *r*M, M B, y queda perfeccionado el propuesto pentágono. Si se quisiere hallar el centro del círculo, que pase por todos sus ángulos, tómese la mitad del arco F B en S,

y tírese la A S, que continuada cortará el lado *r*M en dos partes iguales, y por consiguiente toda la figura. Del punto L (medio de la línea dada) levántese la perpendicular L*r*, y cortará la A S en S, y este punto S será el centro del círculo qne se busca.

PROPOSICION XXV.

Sobre una recta dada, describir el exágono (Fig. 26.).

Esta es la figura que con mas facilidad se delinea; porque con la misma abertura de compás que se describe un círculo, se divide su circunferencia en 6 partes iguales, de la que resulta la mayor parte del uso de la pantómetra en las líneas de las cuerdas y polígonos. Sea la recta dada B D, de cuyos extremos, como centros, con su misma longitud, tomada en el compás, se formarán los arcos B A, D A, que se cruzan en A, cuyo punto será el centro del círculo, que pasará por sus 6 ángulos; y descrito como parece, se cortarán los 5 lados iguales á la propuesta línea B D; y tirando rectas de unos á otros, quedará formado el propuesto exágono.

Si de los ángulos de él se tiran líneas rectas al centro A, se hallarán construidos dentro de la figura 6 triángulos equiláteros todos iguales.

PROPOSICION XXVI.

Sobre una recta dada, construir un eptágono, ó figura de 7 lados (Fig. 27.).

Este problema no se halla puesto en práctica por este método, cuya operacion es de este modo. Sea la línea dada E X: ábrase el compás en cualquiera abertura arbitraria X D: del punto X, extremo de la línea propuestá, hágase el arco D S á discrecion, y córtese con la misma abertura del compás desde D el punto S: de los puntos D S describanse los arcos que cortan el punto *r*, y tírese á discrecion la oculta X*r*, y cortará el arco D S en dos partes iguales: levántese del extremo E la perpendicular E Z, y cortará la X*r* en O. Hágase O Z igual á E O, y desde E, con la distancia E Z, hágase un arco de Z hácia S con la misma abertura del compás: desde X con otro arco córtese el punto V, y será el centro del círculo sobre quien se halla la línea dada E X para un lado del eptágono, en cuya circunferencia se irán cortando los restantes lados iguales á él, y quedará formado, como parece en la figura, que se perfeccionará tirando rectas de unos puntos á otros.

La demostracion de este problema es clara; porque varios autores, que enseñan á construir todos los polígonos hasta el de 12 lados dentro de un círculo, convienen (y prácticamente se halla sin diferencia sensible) en que la mitad de uno de

los tres lados del triángulo equilátero, que se inscribe dentro del círculo, tocando sus tres ángulos en la circunferencia de él, divide la dicha circunferencia en 7 partes iguales, como sucede en la fig. 30 de esta estampa, en la que para hallar el lado del triángulo equilátero, que se hubiere de inscribir en el círculo con su mismo radio E K, desde cualquiera punto K de su circunferencia, se cortan en ella los puntos C Z, cuya línea tirada de uno á otro es lado del triángulo equilátero de aquel círculo, y su mitad F Z es lado del eptágono, que corta su circunferencia en 7 partes iguales: luego si se tirasen unas rectas del punto Z á los puntos E K (Fig. 30.), se formaria otro triángulo equilátero E K Z, cuya perpendicular sería Z F, que corta en dos partes iguales el lado E K en el punto F: luego es esta la misma operacion que la que se ha hecho sobre la línea dada E X (Fig. 27.).

PROPOSICION XXVII.

Sobre una recta dada, construir el octágono (Figs. 28 y 29.).

Sea la línea dada A*b* (Fig. 28.): divídase en 5 partes iguales: auméntese una de ellas por cada extremo, como A D, *b*C: constrúyase sobre la D C el equilátero C H D; y desde H, como centro, con la distancia H A ó H*b* fórmese el círculo, como parece en la figura, cuya circunferencia pasará precisamente por los extremos de la

línea dada A*b*, con la cual se cortará la circunferencia, como parece señalada; y tirando rectas de unos puntos á otros, se perfeccionará el propuesto octágono.

Sucede muchas veces á los arquitectos (Fig. 29.) haber de reducir un cuadrado á polígono de 8 lados, para formar alguna bóveda esquilfada, cuya operacion no tiene mas dificultad, que tirar un cordel ó línea oculta de un ángulo al otro su opuesto, y con la mitad de la línea, como por ejemplo C I, ó cualquiera otra mitad de las diagonales A D, C B, desde los ángulos del cuadrado se obrará de este modo: Desde el ángulo C con la distancia dicha, que será C I, córtense los puntos R S, y desde el ángulo D los T O: desde B los E F, y desde A los L V; y tirando rectas de unos á otros, cortarán las diagonales perpendicularmente, como parece en la figura; y por consiguiente quedará formado el polígono, sin diferencia notable.

PROPOSICION XXVIII.

Delinear dentro de un círculo todos los polígonos, desde el triángulo equilátero hasta el de 12 lados (Fig. 30.).

Formado el círculo H B, K O, divídase con los dos diámetros B O, H K, que se crucen en ángulos rectos en el centro E; y tomando en el compás cualquiera diámetro O B, desde sus extremos, como centros, córtese el punto A,

el cual será universal para todas las operaciones.

Para formar el triángulo equilátero, divídase el diámetro O B en 3 partes iguales; y por el punto L, que divide las dos de O á L, tírese de A la A L, hasta que corte en la circunferencia el punto N, y se hallará, que la línea tirada de O á N, es el tercio de la circunferencia de todo el círculo, como se puede probar cortando desde K con el radio del círculo los puntos C Z, cuya línea es tambien lado del triángulo, como se ha dicho antes; y midiendo la distancia O N con la C Z, se hallarán iguales.

Por el mismo órden se formarán todos los polígonos que se quisiere dentro del círculo, aunque sus lados sean infinitos, pares ó impares, dividiendo siempre el diámetro en tantas partes iguales, como lados hubiere de tener el polígono; y tirando desde A por la segunda division próxima á O una recta, lo que esta cortare en la O K, será lado del tal polígono; como por ejemplo: Se quiere delinear un cuadrado dentro del propuesto círculo; y porque el cuadrado debe tener cuatro lados, divídase O B en 4 partes iguales; y por la segunda division, que será precisamente el centro E, tírese la A E, que corta la circunferencia en K; donde se vé claramente dividida la circunferencia en cuatro partes iguales; y tirando líneas rectas de K á B y á O, y de H á B y á O, queda perfeccionado el cuadrado. Del mismo modo se formará cualquiera otro; como si se pidiere el eptágono, se dividirá el diámetro O B

en 7 partes iguales, y por el punto S, que divide dos de ellas, desde O se tirará la A S, y cortará el punto D, y la distancia D O será uno de los 7 lados que se piden; lo que se probará midiendo la D O con F Z, que tambien es lado del eptágono, como se ha dicho en la proposicion 26; y se hallará que D O y F Z son iguales.

Para el polígono de 12 lados se dividirá la O B en 12 partes iguales; y por las dos próximas á O se tirará la A O, que corta en C, y C O será uno de los 12 lados, que se probará ajustándose desde K á N, ó de N á Z, por ser cada una de estas partes mitad del exágono; y así se obrará con cualesquiera otros polígonos de mas ó menos lados, siendo esta regla universal para todos, cuya práctica es bien recibida de muchos autores y profesores geómetras, aunque todas estas operaciones no vienen precisamente ajustadas al rigor geométrico; pues en algunos polígonos sobra circunferencia, y en otros les falta; y el que necesitare de toda la exactitud para cualquiera de ellos, se debe servir del semicírculo graduado (Fig. 22.) partiendo los 360 grados á los lados que hubiere de tener el tal polígono, ó bien dividir la circunferencia, tentando mecánicamente.

PROPOSICION XXIX.

Delinear cualquiera elipse á punto determinado de varios modos (Fig. 31.).

1 Pídese que sobre la recta dada A B, diámetro mayor, y la H V, diámetro menor, se forme una elipse (á quien los prácticos comunmente llaman óvalo): dispónganse los dos diámetros de modo, que sus medios se crucen en ángulos rectos en el punto Z: córtense por sus extremos arbitrariamente las partes H D, A T, B S: tírese la T D, y de su medio O sáquese la perpendicular O V (3), hasta que corte al diámetro H V, que será en V: tírense de V las rectas V S, V T largas á discrecion; y sentando un pie del compás en V, como centro, con la distancia V H descríbase el arco P H Q; y desde T y S, como centros, con la distancia T A, ó S B, los pequeños arcos Q B, P A, y queda descrita la mitad de la elipse, que obrando lo mismo á la otra parte opuesta, quedará concluida; y porque los arquitectos solo necesitan la mitad para la descripcion de arcos y vueltas rebajadas, se omite formarle entero.

2 (Fig. 32.) De otro modo se describe la elipse, y sale (al parecer) mas agradable á la vista su circunferencia; y es como se sigue: Crúcense como antes los dos diámetros mayor y menor por sus medios en ángulos rectos en el centro L: tómese la distancia del semidiámetro

menor L X, y pásese de L á D en el semidiámetro mayor: divídase en tres partes iguales la diferencia de los dos semidiámetros, que es la porcion de línea D A, y cuatro de estas partes se pondrán de L á M, y de L á D, con la distancia M H: desde M hágase el arco H B; y sin variar la abertura del compás, desde H córtese el arco H B, y hágase á la otra parte la misma operacion. Desde los puntos D y A, cortando el arco A C, tírese la X B, y de su medio O sáquese la perpendicular O E, que cortará el diámetro menor continuando en E: hágase centro en E, y con la distancia E X hágase el arco C X B, y queda delineada la mitad de la elipse; y así puede obrarse á la otra parte para su conclusion.

3 (Fig. 33.) Esta práctica, y la siguiente, es la que mas comunmente siguen todos los profesores prácticos. A esta llaman remontar, y rebajar por tranquiles; cuya operacion es como se sigue.

Ofrécese muchas veces haber de sujetar una bóveda á que levante á igualar con la altura de otra, aunque el diámetro sea mayor ó menor, de que resulta haberla de subir mas que el semicírculo de su diámetro, si este fuere menor que la que se ha de acompañar; ó ser mas baja, si dicho diámetro fuere mayor: y de cualquiera modo siempre se obra una misma operacion.

Sea, pues, sobre el diámetro A B formado un arco esférico, que sea mitad de su círculo. Sea B D otro diámetro mayor ó menor, que en este ejemplo es mayor que A B: júntese con A B

la línea A M igual á B D, que forme ángulo en A: divídase la circunferencia A V B en las partes iguales que se quisieren: mientras mas fueren, será mas exacta la operacion, no importando que sean pares ó impares (en este ejemplo se halla en 6 partes en los puntos C, G, V, *h*, Y): bájense de estos puntos líneas perpendiculares al diámetro A B, que lo cortan en los puntos 1, 2, T, 3, 4: por los extremos de los dos diámetros A B, A M tírese la oculta B M, y se habrá formado el triángulo A B M. De los puntos de las divisiones del diámetro A B tírense líneas ocultas paralelas á B M, y cortarán á la A M en los puntos 5, 6, 7, 8, 9: pásense estos por su órden al diámetro B D, como parece en la figura, y levántense sobre B D las perpendiculares 9 Q, 8 P, 7 E, 6 F, 5 L, largas á discrecion, que se cortarán iguales cada una á su correspondiente con las de A V B; y por los puntos B, Q, P, E, &c. se conducirá la curva por la práctica de la figura 9, estampa I, y quedará descrita la media elipse, sea remontada ó rebajada: y del mismo modo sucederá aunque el arco, que haya de servir de fundamento, sea elíptico, cuya regla es universal para todo género de arcos, ó porciones de ellos, como resulta para los cerchones, ó cimbras, cuando se arman en bóvedas de crucería, lunetas, y demás clases.

4 (Fig. 34.) Para delinear la elipse á vuelta de cordel se obra de este modo: Sea el diámetro mayor M N, y el menor A C, que se cruzan en ángulos rectos en el centro B: tómese la distancia

B M, ó B N, pues son iguales, y ajústese desde cualquiera extremo C del diámetro menor A C, hasta adonde alcanzare á una y otra parte del diámetro mayor, que será en los puntos D y F: clavense tres clavos, uno en B, donde se atará un cordel; otro en C, sobre el que se tirará el cordel sin atarlo; y otro en F, atando el cordel en este, como en D; y soltando el clavo C, con este mismo se irá describiendo la elipse, llevándolo por el plano de modo, que vaya siempre pasando el cordel tirante sobre el clavo C; pero sin soltarlo de los dos D, ni F (Aquí se advierte, que las dos líneas que forma el cordel D C, C F juntas, son iguales al diámetro mayor M N).

De otro modo se pueden hallar los puntos D F, obrando en esta forma. Sobre el diámetro mayor M N hágase el semicírculo M O N, y por el extremo del diámetro menor C tírese la recta E C G paralela al diámetro M N; y de los puntos E G, que cortan la circunferencia del semicírculo M O N, tírense las E D, G F paralelas al diámetro A C; y los puntos D F serán los mismos que se cortaron antes sobre el diámetro M N, á los cuales llaman focus.

5 (Fig. 35.) De otro modo se describe la elipse, segun el P. Tosca, tomo III, estampa IV, fig. 38, cuya operacion se hace con el compás, y sale la circunferencia muy semejante á la de vuelta de cordel; y porque en el citado lugar la trae su autor con alguna confusion para los que no son inteligentes, la explico aquí con mas facilidad, obrando como se sigue.

Dispuestos los dos diámetros, que se crucen en ángulos rectos en su centro, como los antecedentes, que en esta figura son el mayor M D, y el menor A B, hállense los focus O V por cualquiera de las reglas antecedentes. Se elegirá cualquiera de ellos, y sea V; siéntese un pie del compás en V; y de este punto, como centro, con distintas aberturas de compás arbitrarias (y cuanto mas número de ellas será mejor), háganse á discrecion los arcos 1, 2, 3, 4, 5, 6: hecho esto, alárguese por la otra parte el diámetro mayor de modo, que D Z sea igual á D O; y para cortar los arcos en los puntos que corresponden á la circunferencia, tómese del diámetro mayor en el compás la distancia Z 1, y con ella desde el focus O córtese el arco que salió de 1: tómese la distancia Z 2, y desde O córtese el 2: con la Z 3 desde O al 3; y así continuando hasta el 6, cortándolos todos desde O, luego se guiará la curva por los puntos cortados en los arcos por la proposicion de la figura 9, y quedará delineada la mitad de la elipse; y haciendo las mismas operaciones á la otra parte D A N, se perfeccionará la otra mitad, y se habrá concluido con la operacion.

6 (Figura 36.) Tambien puede ofrecerse por necesidad haber de hacer una elipse irregular, sobre cuyo plano se pueda construir cualquiera bóveda; cuya delineacion es facilísima, habiendo entendido las antecedentes; porque esta solo se diferencia de aquellas, en que es compuesta de dos ó mas partes de distintas elipses. Puede de-

linearse por cualquiera de las reglas dadas; y así como nos podemos servir de cualquiera otra, nos serviremos de la Figura 32 de donde resulta, que del centro E, cortado con la línea que sale de O, se describió el arco X B; y la B H se describió de M: con que asímismo en la presente Fig. 36 con la línea sacada de B se corta el punto V, desde el cual se forma el arco H Z; y desde S el arco Z M D (como en la Fig. 32 de D y M las porciones A C, B H): luego haciendo D A igual á H Z, queda delineada la parte H M A sobre el diámetro H A: luego con esta operacion hemos delineado una semielipse, cuya basa es el diámetro menor; la cual se cierra con otra semielipse H N A, cuyo diámetro H A, sirviendo en la antecedente de menor, servirá en la presente de mayor; luego esta descripcion no tiene diferencia alguna con la de la Fig. 32. Porque E es centro del arco C X B (Fig. 32), D lo es del arco A C, y M de B H: con que por el mismo órden en esta Fig. 36, K es centro del arco E N L: C es de H E; y O es centro de A L: luego tenemos explicadas estas delineaciones de figuras, de que se infiere no habrá dificultad para delinear cualesquiera otras por irregularidades que se ofrecieren.

PROPOSICION XXX.

Hallar el centro, y echar los diámetros á cualquiera elipse (Fig. 37.)

Sea una elipse N O M Z, pídese se le halle el centro, y se le echen los diámetros.

Operacion.

Tírense dentro de él cualesquiera dos líneas, distantes una de otra, que estén paralelas, y sean N D, Q M: divídanse por medio en los puntos B y C: tírese la B C hasta que toque en la circunferencia, que será en los puntos I, S: hállase su medio, que será el punto L, y este será el centro: siéntese el un pie del compás en L, y abriéndole mas que el semidiámetro menor N M, y menos que el mayor O Z, hágase cualquiera arco Q P, que cortará la circunferencia de la elipse en los puntos P y Q: tómese su medio en Z; y tirando la Z L á discrecion, se halla formado el diámetro mayor Z L O. Para echarle el diámetro menor se sacará del centro L la N M perpendicular á O Z, lo que se hará con brevedad, tirando de los puntos P, Q la recta P Q, y del centro L la N M paralela á la P Q, y quedan hechas las operaciones.

CAPITULO V.

DE LA TRANSFORMACION DE LAS FIGURAS.

Este capítulo espresa el método de transformar los planos en otras figuras de iguales superficies, con otras prácticas correspondientes al asunto.

PROPOSICION XXXI.

Trasladar cualquiera plano del terreno al papel; ó delineado en papel, marcarlo sobre el terreno, y copiar un plano de un papel á otro papel (Fig. 38).

1 Sea el plano de una heredad en la campaña la figura G *h* E F, que se ha de tomar en papel: fórmese en dicho papel á bulto toscamente la figura A B C D, semejante á la del terreno, ó poco mas ó menos, como tenga el mismo número de lados y ángulos: mídanse los lados de la figura en el terreno, y tenga por caso E F 60 varas, F *h* 94, *h* G 54, G E 70: notense los mismos números, conforme se fueren midiendo sobre el terreno, en la figura del papel, cada partida en su correspondiente lado, como se espresa en ella: tírese en la figura del terreno cualquiera línea diagonal, que son las que van de un ángulo á otro su opuesto, y sea por caso G F, que medida se supone tener 80 varas: tírese su semejante en