EL
ARQUITECTO
PRACTICO

EL ARQUITECTO PRÁCTICO.

EL ARQUITECTO PRACTICO,

CIVIL, MILITAR Y AGRIMENSOR,

DIVIDIDO EN TRES LIBROS.

El I contiene la delineacion, transformacion, medidas, particiones de planos, y uso de la pantómetra.

El II, la práctica de hacer y medir todo género de bóvedas y edificios de Arquitectura.

El III, el uso de la plancheta, y otros instrumentos simples, para medir por el aire con facilidad y exactitud, y nivelar regadíos para fertilizar los campos.

COMPUESTO

por Don Antonio Plo y Camin,

Profesor de estas Ciencias.

CUARTA IMPRESION,

corregida y aumentada con las Ordenanzas de Madrid.

LIBRERÍA DE DON JOSÉ CUESTA, CALLE MAYOR.

MADRID: 1844.

Imprenta de Don Alejandro Gomez Fuentenebro,
calle de las Urosas, número 10.

INTRODUCCION.

Es la Matemática el tronco universal de todas las ciencias: su raiz y fundamento es la Geometría, que juntamente con la Aritmética, dispone, pesa, mide y arregla todas las cosas naturales.

Para ponderar la nobleza y utilidades de la Matemática, era preciso escribir un volúmen separado; por lo que basta decir, que de sus profesores ha habido emperadores, pontífices y santos; y generalmente deben ser matemáticos todos los sabios y grandes señores.

Para cultivo de la juventud noble y plebeya tienen establecidas todos ó los mas Monarcas de Europa distintas Academias, las que son dirigidas por los varones mas científicos de sus reinos, los que con método breve, fácil y gustoso desbastan, industrian y habilitan á sus discípulos, hasta ponerlos en la carrera que desean.

Otros muchos hay que desean saber, pero pocos los que se quieren aplicar; y de los que se aplicarian, faltan los mas, por hallarse en paises retirados de las Academias, como á mí me ha sucedido; lo que ahora me hace falta para ser un suficiente matemático. Discúlpame el no serlo, y el prudente lector me disimulará cuanto en esta obra encontrare mal ordenado (defecto de mi poco estudio, que solo ha sido la práctica de construir y obrar por mí, y en concurso de otros, varios edificios de toda clase de arquitectura); y segun mi limitado ingenio, he podido alcanzar las partes que contiene este volúmen, las cuales todas son prácticas; pero las considero suficientes para desterrar algunos errores, que se cometen en toda suerte de medidas, como tambien para instruir á los principiantes y á los que por seguir el trabajo corporal, mantenerse con él, hallarse lejos de las citadas academias, y con pocos medios de alcanzar los libros que necesitan, les servirá este para las principales operaciones que se les puedan ofrecer.

Las prácticas de que se trata en el discurso de esta obra, son las mas precisas, que deben obrar los agrimensores y arquitectos civiles y militares. Los primeros hallarán cuanto pueden desear para obrar sus operaciones con acierto, facilitarán las construcciones de formar sus planos sobre el papel, por medio de la Geometría práctica, y por el uso de la pantómetra, ó compás de proporcion, que es el tratado del libro primero de esta obra,

con el que se hallará instruido un profesor de arquitectura civil y militar, para obrar cuantas medidas de líneas y superficies se le encargaren: delineará, transformará y dividirá, ó partirá todo género de figuras planas, tanto regulares, como irregulares, de donde pasará á comprender con facilidad el libro segundo; con cuyas prácticas medirá los edificios de arquitectura, tanto superficiales, como sólidos. Delineará y obrará cuantas colunas se le ofrecieren á escepcion de sus basas, capiteles y cornisamentos, que estos los da á luz la Real Academia de san Fernando, con todo lo demás correspondiente á la arquitectura ornamentaria y tignaria, y con el tiempo, es regular, dará la lapidaria, que es la obra mas deseada de todos los profesores arquitectos; pero aunque en esta obra se carece de aquellas partes, no se carece de las medidas de ellas, dispuestas por los métodos mas seguros, que se han podido descubrir, sin dependencia de la Trigonometría, y se prueban los errores y perjuicios que se cometen en las medidas, como se verá en sus respectivos lugares. En cuanto á trazar bóvedas de todo género, cortar cuantas cimbras se ofrecieren, y vencer todas las dificultades que en esta clase pueden ocurrir, y obrar con acierto todas sus medidas, por dificiles que sean, creo no desagradará, ni aun á los mas inteligentes. Dase fin al segundo libro, demostrando la delineacion que debe hacerse para dar las estribaciones correspondientes á los arcos:

materia, que los mas que tratan de ella lo hacen con mucha variedad.

Pasando al tercero y último libro, se halla la práctica de medir por el aire todas las distancias, profundidades y alturas de cuantos edificios, montañas y valles se presentaren á la vista, sin necesitar de Aritmética, ni de mas basa que una sola, sea esta horizontal ó vertical, pues de cualquiera de ellas se miden todas las sobredichas líneas, con solo el instrumento de la plancheta, sin que se cometan las equivocaciones que padecen los mas que obran tales operaciones, de las que tengo muchas hechas y vistas hacer; y por conocer lo mal fundado de ellas, he conseguido el medio de hacer las verdaderas medidas, con varias prácticas que he hecho á costa de mi desvelo, trabajo y especulaciones, de las que se seguirá (segun entiendo) mucha utilidad al real servicio, y bien comun de todo el público. Despues de las medidas de la plancheta, se ponen otras semejantes sin ella, por medio de mas simples instrumentos, como verá el curioso en su respectivo lugar; y se da fin á la obra con una ligera práctica de nivelar regadíos, para cultivo de las tierras, &c.

Me ha movido á componer esta obra el ver la poca inclinacion que tienen los inteligentes, que con mas fundamentos que los mios tanto por su carácter, como por su estudio, podian dar á luz otras de mas consecuencia; por cuyo defecto me he alentado á

dar esta al público, la que considero suficiente para los que solo se quieren contentar con la práctica, aunque en la realidad, sin ella de nada sirve la teórica, ni el mucho estudio. Yo quisiera poder instruir con mas perfeccion; pero no alcanzando mas mi insuficiencia, suplico á los lectores me disimulen y perdonen mis muchos defectos.

DIVISION DE ESTA OBRA Y EXPLICACION DE LAS CITAS.

Toda esta obra se divide en tres libros, en lugar de tratados: cada libro, desde su principio al fin, en proposiciones, separando sus materias con capítulos, sin que estos interrumpan la seguida de las proposiciones, desde el principio al fin de cada libro.

Las citas se espresan del modo siguiente. Cualquiera número que se hallare semejante á este (3), se ha de entender la proposicion tres de aquel mismo libro; y cuando se halle esta cifra (4. L. 1.), significa la proposicion cuarta del libro primero, ó del que el número señalare; y en las demás citas, para las demostraciones que en las proposiciones omito, nombraré el autor y lugar donde se haya de probar. Las proposiciones todas ó las mas son problemas.

LIBRO PRIMERO.

DE LA PRÁCTICA DE AGRIMENSORES.

La práctica que contiene este libro primero, es un principio para la que necesitan los profesores de arquitectura civil y militar, á los que precisa comprender ésta, para entrar con facilidad en la de los libros siguientes; pero para los que solo desean ser agrimensores, les basta con la de éste; y creo no les dañará, si se aplican á mucha parte de los restantes, donde comprenderán las medidas por el aire, que se les pueden ofrecer en muchas ocasiones, por algunos embarazos que suele haber en los campos y montes, ya sea por aguas, ó ya por espesuras de bosques; en cuyos lances se hacen las medidas por el aire, y con mas seguridad que mecánicamente.

Para ejercer estas facultades de medir, de-

DIVISION DE ESTA OBRA Y EXPLICACION DE LAS CITAS.

Toda esta obra se divide en tres libros, en lugar de tratados: cada libro, desde su principio al fin, en proposiciones, separando sus materias con capítulos, sin que estos interrumpan la seguida de las proposiciones, desde el principio al fin de cada libro.

Las citas se espresan del modo siguiente. Cualquiera número que se hallare semejante á este (3), se ha de entender la proposicion tres de aquel mismo libro; y cuando se halle esta cifra (4. L. 1.), significa la proposicion cuarta del libro primero, ó del que el número señalare; y en las demás citas, para las demostraciones que en las proposiciones omito, nombraré el autor y lugar donde se haya de probar. Las proposiciones todas ó las mas son problemas.

LIBRO PRIMERO.

DE LA PRÁCTICA DE AGRIMENSORES.

La práctica que contiene este libro primero, es un principio para la que necesitan los profesores de arquitectura civil y militar, á los que precisa comprender ésta, para entrar con facilidad en la de los libros siguientes; pero para los que solo desean ser agrimensores, les basta con la de éste; y creo no les dañará, si se aplican á mucha parte de los restantes, donde comprenderán las medidas por el aire, que se les pueden ofrecer en muchas ocasiones, por algunos embarazos que suele haber en los campos y montes, ya sea por aguas, ó ya por espesuras de bosques; en cuyos lances se hacen las medidas por el aire, y con mas seguridad que mecánicamente.

Para ejercer estas facultades de medir, deben ser los operantes medianos geómetras, delineando en papel los planos que hubieren de medir, ó hubiesen ya medido, por cuyo medio se logra tener presentes las medidas en todo tiempo, y dar puntual razon de ellas á quien fuere necesario; y para los que no tuvieren práctica en el uso del compás, les servirá la instruccion de las proposiciones del capítulo primero, no pasando á la segunda proposicion sin tener bien entendida la primera, lo que se consigue con aplicacion y cuidado, haciendo las mismas delineaciones de las figuras en un papel, obrando con cada una de ellas segun se vaya explicando en la proposicion; y obrando así, quedará señoreado cualquiera principiante, por rudo que sea, sin valerse de maestro.

CAPITULO PRIMERO.

(Estampa I.)

En este primer capítulo se trata de la práctica correspondiente á líneas, ángulos y otros principios fundamentales, que habiéndolos entendido el principiante con poco trabajo, y en breve tiempo, se habilitará para lo demás que contiene esta obra.

PROPOSICION PRIMERA.

Examinar si una regla es derecha ó tuerta para tirar líneas rectas (Fig. 1.).

Para hacer en papel cualquiera delineacion exacta, no basta tener buenos compases ni otros instrumentos que se necesitan, si la regla con que se han de tirar las líneas rectas no está perfectamente derecha, la que se probará con la siguiente operacion. Háganse dos puntos muy sutiles, y sean el uno en A, y el otro en B, y que diste uno de otro tanto como la regla fuere de larga. Ajustense los estremos de la regla á los puntos A B; de modo, que asentada sobre C, se tire la línea A B: múdese la regla á otra parte, asentándola en D por el mismo asiento que tuvo en C, y ajusten sus extremos en los mismos puntos de A B, y tírese otra vez la línea A B; y si esta pasare por la que se tiró primero, sin conocerse mas que una sola línea, diremos que la regla es buena; pero si en su medio tiene algun teso ó vacío, por cualquiera de estos dos defectos formará una superficie, semejante á la que se demuestra en la figura; y estos defectos, ó cualesquiera otros que puede tener una regla, los remediará cualquiera inteligente, sea carpintero, ensamblador ó ebanista.

PROPOSICION II.

Tirar una línea recta por dos puntos, que estén cerca uno de otro, y alargarla lo que se quiera sin error (Fig. 2.).

En muchas ocasiones sucede haber de alargar una línea corta á mayor longitud ó distancia, ó que por dos puntos dados, poco distantes entre sí, se haya de tirar una recta muy larga; lo que está muy expuesto á error, y no lo habrá obrando en esta forma. Sean los puntos dados, ó línea que se ha de alargar, C D: tómese cualquiera abertura en el compás, que sea mas que la mitad de la línea C D, ó que sea igual á ella; y desde los puntos C D, como centros, descríbanse á una y otra parte unos arcos, que se cruzan en los puntos E F. Desde estos puntos se hará otra vez la misma operacion con mayor abertura de compás, formando otros arcos, que se cruzarán en un punto, como G. Tírese la C G, y se habrá alargado la C D hasta G, cogiendo los tres puntos C D G.

Si esta línea se hubiere de alargar mas, se hará otra vez desde los puntos C G la misma operacion, que de los C D.

PROPOSICION III.

Tirar una línea perpendicular á otra en diferentes casos (Fig. 3, 4, 5 y 6.).

Caso primero. Si el punto dado C (Fig. 3.) estuviere fuera de una línea dada, como en la A B, póngase el pie del compás en el punto dado C, extendiéndo el otro pie, hasta que con un arco, que se forme desde el punto, como centro, corte la línea dada en cualesquiera dos puntos, como A B; y con la misma abertura, ó cualquiera otra mayor que la mitad de A B, haganse centros A B, y desde ellos se cortarán unos arcos, que se cruzan en el punto D. Tírese la C D, y será la perpendicular que se pide.

Caso segundo (Fig. 4.). Cuando el punto estuviere en V, y no se pudiere hacer la operacion á la otra parte de la línea dada P Q, tómese en el compás cualquiera abertura mayor que la mitad de P Q, y desde V cortense los puntos P Q, desde los cuales, con otra abertura mayor en el compás, se harán otros arcos mas altos, que se cruzan en O. Tírese la recta O, V, y será perpendicular á P Q, juntándose con ella en ángulos rectos en Z.

Esta misma operacion y la antecedente se obran del mismo modo sobre cualquiera plano de pared ó suelo, sirviéndose de un hilo ó cordel en lugar de compás, en esta forma. Sea una línea P Q (Fig. 4.) y tenga por caso 20 pies, y se pide que se le tire una perpendicular, que la divida en dos partes iguales. Esta operacion se puede hacer de dos modos.

1.º En cada estremo de la propuesta línea P Q clavese un clavo: tómese un cordel, haciéndose en uno de sus cabos un anillo: este se meterá en cualquiera clavo P; y señalando en el cordel un punto, como á distancia de 15 pies, que es mas que la mitad de P Q, tírese el cordel hácia O, y con la señal á los 15 pies, poniendo en él un otro clavo, ó lápiz, se señalará con este un arco en V. Hágase lo mismo á la otra parte desde el clavo Q, formando otro arco, que corte al primero en el mismo punto V: hágase la misma operacion con mayor distancia en el cordel, desde los mismos puntos P Q, haciendo otros dos arcos, que se cruzan en O: tírese con cualquiera renglon ó cordel la O V, y será la perpendicular que se pide, dividiendo la P Q en dos partes iguales en el punto Z.

Esta operacion será mas segura, si en lugar de cordel se usa de una regla ó vara derecha y larga, travesándola cerca de sus estremos un clavo en cada uno, para que el uno se pueda fijar en los centros P Q, y con el otro se describan los arcos O V.

2.º Por este medio se hará la misma operacion con el cordel con mas brevedad. Tómese un cordel ó hilo, que sea mas largo que

la línea P Q; divídase este cordel en dos partes iguales (lo que se hace breve solo con doblarlo): en el punto de la division átese un cabo de otro cordel: átense los estremos ó cabos á los clavos P Q; pero de modo, que queden las dos partes iguales desde los clavos á la señal de la division. Luego se tirará del cabo atado al medio del cordel, y asentará por caso en el punto V, donde se hará una señal sutil: hágase otra vez la misma operacion con otro cordel mas largo, tirado de los mismos clavos P Q; y habiendo obrado como antes, se hallará el punto O. Tírese la O V, y será la perpendicular que se desea, como lo ha sido antes.

Caso tercero (Fig. 5.). Si el punto dado fuere R, extremo de la línea propuesta, sobre el cual se ha de echar la perpendicular, ábrase el compás en una distancia arbitraria; y sentado un pie de él sobre el extremo R, siéntese el otro en cualquiera punto V; pero que caiga sobre la línea propuesta: hágase centro en V, y con la misma abertura del compás se hará un arco sobre la línea propuesta, que la corta en el punto T. Tírese la T V, alargándola á discrecion por S. Córtese V S igual á T V; y tirando la recta S R, será perpendicular á la propuesta T R, formando las dos en ángulo recto en R. A este ángulo llaman los carpinteros escuadra en rincon.

Caso cuarto (Fig. 6.). Cuando el punto dado cayere fuera de la línea propuesta, como L, que cae fuera de H M, tírese de L una línea recta, que corte á la H M, en cualquiera punto de ella, ó en su extremo H. Divídase H L en dos partes iguales en el punto C. Desde este, como centro con la distancia C L, hágase á discrecion el arco L N; y porque este no corta la H M, alárguese esta hasta que corte el arco en algun punto N. Tírese la L N, y esta será perpendicular á H M, aunque caiga fuera de ella.

Si por algun embarazo no se pudiere alargar hasta N la H M, se levantará una perpendicular del extremo M, como se hizo de R en la figura antecedente: y sacando del punto L una línea paralela á la perpendicular, que se hubiere levantado del punto M, será la paralela L N, y queda hecha la misma operacion como antes.

La práctica de tirar líneas paralelas se expresa en las proposiciones de las Figuras 10, 11 y 12.

PROPOSICION IV.

TEOREMA.

Si el ángulo opuesto al mayor lado de un triángulo fuere recto, las líneas de los dos lados menores serán perpendiculares una á otra (Fig. 7).

Sobre este noble teorema se funda la mayor parte de todas las Matemáticas (como puede ver el curioso por la prop. 47 del lib. I de Euclides): por él se probará, si una línea es ó no perpendicular á otra; y porque esto consiste en que en el punto donde se juntan las dos líneas, formen ángulo ó ángulos rectos, será bueno queden definidas las tres especies de ángulos rectilíneos, que son los que se forman de líneas rectas. Para que los principiantes tengan conocimiento de ellos, todos los matemáticos dividen el círculo en 360 partes iguales, á las que dan el nombre de grados, y cada grado le dividen en 60 minutos: cada minuto en 60 segundos, y cada segundo en 60 terceros, procediendo así infinitamente; y esta division se hace en la circunferencia del círculo, tirando de cada grado una línea recta á su centro; pero regularmente se valen de la mitad del círculo, que es el semicírculo de la Fig. 22, dividiéndole en

180 grados, como parece en la fig., y de 10 á 10 de ellos sacan una línea recta al centro M, valiéndose de este instrumento para muchas operaciones, que con él se harán adelante: y ahora solo nos serviremos de él para la definicion de los ángulos rectilíneos, dejando los curvilíneos y mixtilíneos para otro lugar.

Siendo, pues, la medida de todos los ángulos los grados que coge un arco, que se describe del mismo ángulo, como centro, hasta tocar las líneas que lo forman, lo tenemos todo bien patente en la figura 22 que se explica en esta forma.

La línea H M 180, es diámetro del semicírculo H 90, 180, formado del centro M con la mitad de su diámetro, ó distancia M H. La línea 90 M divide en dos partes iguales á la circunferencia en el punto 90; y al diámetro en el punto M, centro del semicírculo: luego aquí se prueba, que con las dos líneas se han formado dos ángulos rectos, el uno es H M 90, y el otro es 180 M 90 y la línea 90 M es perpendicular á la H M. Sabido, pues, que cualquiera ángulo recto es la cuarta parte de un círculo, ó mitad de un semicírculo, el ángulo agudo será el que coja menos de la cuarta parte, que son los 90 grados; y cualquiera línea que salga del centro M, hasta la circunferencia en el número que cortare, señalará los grados que vale aquel ángulo: de modo, que no llegando á 90, será agudo: si corta justamente los 90, será recto; y si corta mas de

los 90, será obtuso; y para nombrar cualquiera ángulo se ponen tres cifras, y la que se halla en medio es la que está en el ángulo, como por ejemplo: el ángulo H M 50 se forma acuto en M, y vale 50 grados (Fig. 22).

El ángulo H M 90, ó el 90 M 180, son rectos en M, y cualquiera de ellos vale 90 grados. El ángulo H M 130 es obtuso en M, porque pasa de 90 grados; y este vale 130 grados, y por este órden se pueden hacer infinitos ángulos, y saber los grados que cada uno vale; pero no puede haber ángulo que llegue á 180 grados; porque este es el valor del semicírculo (línea recta de su diámetro).

Para probar si un ángulo es recto, ó si dos líneas rectas son perpendiculares una á otra, sean en la (Fig. 7.) Y F, la una recta, y Y P la otra: tómese en el compás cualquiera abertura proporcionada, y desde el punto Y con la tal abertura, córtense tres partes iguales en cualquiera de las dos líneas, y sea en la Y F. Tómense cuatro de las mismas partes en la otra línea de Y á P. Si tirada la recta F P, tuviera esta cinco de aquellas partes, el ángulo Y será recto, y las dos líneas serán perpendiculares una á otra. Si la línea F P no llegare á cinco partes justas, el ángulo Y será agudo; y si tuviere mas de las cinco partes, será obtuso: de que se infiere, que con tres reglas, ó varas derechas, que la una tenga tres pies de largo, ó tres partes iguales; otra que tenga cuatro, y la otra cinco, si estas se tienden en cualquiera plano, y se ajustan los estremos de las unas á los de las otras, se formará con ellas un ángulo recto, ó escuadra, que podrá servir para la práctica de algunas operaciones en el campo; y á no haber reglas, se hará lo mismo con un hilo ó cuerda, clavando tres clavos, uno en cada señal de las divisiones de tres, cuatro y cinco partes iguales, que se hubieren hecho en la cuerda despues de haber unido los cabos de ella.

Por esta misma regla se prueba que el cuadro que se hiciere sobre la línea opuesta al ángulo recto de cualquiera triángulo rectángulo, será igual en superficie ó área á los dos cuadrados que se hicieren sobre los otros dos; esto es, que si el primero tuvo 100 varas de superficie, los otros dos juntos tendrán otras 100 varas. Todo lo contenido en esta proposicion es conveniente lo tenga bien entendido el principiante, para practicar muchas operaciones que se le ofrecerán despues; por cuya causa he sido bastante largo en esta explicacion.

PROPOSICION V.

Hacer un ángulo igual á otro ángulo dado (Fig. 8.).

Sea dado el ángulo S A O: se pide que se haga otro igual á él.

Operacion.

Tómese en el compás cualquiera abertura,

como no sea mayor que la línea mas corta de las que forman el ángulo. Sea la distancia A S: hágase con ella desde A el arco S O; y sin variar la abertura del compás, siéntese el un pie de él en cualquiera punto M, y con el otro pie hágase el arco V C, cortándolo igual á O S; y tirando las rectas M V, M C, será el ángulo M igual al ángulo A.

Si se pidiere tambien que el ángulo A se dividiese en dos partes iguales, no hay mas que hacer que tomar en el compás cualquiera abertura, y desde los puntos O S, como centros, hacer mas adelante de ellos unos arcos, como los que se hicieron en G (Fig. 2.) desde los puntos E F; y del punto en que estos se crucen, se tirará una recta al punto A, y quedará hecha la operacion que se pide.

PROPOSICION VI.

Hallar el centro de donde se describió cualquiera arco (Fig. 9.).

Sea una porcion de circunferencia el arco D X Z. Tómese en el compás cualquiera abertura; y sentando un pie de él en cualquiera punto D de la circunferencia del arco, descríbanse á una y otra parte otros arcos en R y B. Hágase la misma operacion desde otro cualquiera punto X, cortando con otros arcos los que se formaron desde D, y serán los puntos R B. Tírese por ellos la oculta B R, larga á discrecion. Elíjanse á la otra parte del arco, que se le busca el centro, otros nuevos puntos, sean X y Z. Desde estos, como centros, con la misma abertura del compás, ó cualquiera otra, háganse otros arcos, que se cortarán en los puntos E V. Tírese por estos la oculta V E, y cortará á la antecedente B R en el punto P, y este es el centro de donde se describió el arco D X Z.

Por esta misma operacion se cogen con una circunferencia tres puntos dados en cualquiera plano (como no estén todos en línea recta), haciendo desde ellos las mismas operaciones que se han hecho para hallar el centro P del arco D X Z; porque si estos puntos fueran los dados, el arco D X Z, descrito del centro hallado P, pasaria por ellos, y si esta operacion se hiciese en algun plano, en el campo, ó en alguna pared, se obrará con una cuerda en lugar de compás.

Tambien se obrarán las mismas operaciones para coger con un círculo los tres ángulos de cualquiera triángulo; y siendo los tres ángulos lo mismo que los tres puntos dados, queda ya explicado arriba; pero hay que reparar, que esta operacion, á mas del juego que tiene á varios usos, sirve para conocer de qué especie es cualquiera triángulo; y aunque no hemos llegado á la fábrica de triángulos, no será perjudicial al principiante quedar enterado de estas advertencias. Sea el triángulo que se quiere saber de qué especie es, D X Z (Fig. 9.), que se halla formado de líneas de puntos; y porque cae su centro P, para coger los tres ángulos con la circunferencia,

fuera del triángulo, se ha de advertir, que el tal triángulo es obtusángulo ó ambligonio. Si el centro P hubiere caido en la línea D Z, ó cualquiera de las otras dos D X, ó X Z, sería triángulo rectángulo, ú ortogonio. Si el centro P hubiere caido, ó cayere dentro del triángulo, en este caso sería acutángulo, ú oxigonio: estos nombres toman por razon de sus ángulos; porque el obtusángulo tiene un ángulo obtuso, opuesto á su mayor lado; el rectángulo lo tiene recto; y el acutángulo lo tiene acuto: aunque todos los tres ángulos de este son acutos, unos mas, y otros menos.

Los triángulos, por razon de sus lados, se nombran de otro modo, que son equilátero, isósceles y escaleno. Equilátero es el que tiene sus tres lados y ángulos iguales: isósceles, es el que tiene dos lados iguales y uno desigual, y los dos ángulos que se forman con este lado son iguales; pero cada uno de ellos es mayor que el otro, cuando las dos líneas son mayores que la desigual; pero cuando las dos iguales son menores, el ángulo que de ellas se forma es mayor que cualquiera de los otros dos ángulos iguales.

Triángulo escaleno, es el que se forma de tres líneas y tres ángulos, unas y otros todas desiguales. Con esto quedan definidos los triángulos rectilíneos.

PROPOSICION VII.

Varios modos de tirar líneas paralelas (Fig. 10, 11 y 12).

Modo primero. Si sobre la recta A B (Fig. 10.) se pidiere, que se tire otra línea paralela á ella, tan distante como la longitud ó largura de la línea M, tómese ésta en el compás; y haciendo centro en cualquiera punto A de la dada A B, hágase un arco C, y con la misma abertura del compás elíjase otro punto en la línea A B. Sea el punto B: hágase desde B el arco D, y tírese la línea tangente C D, que será paralela á la A B. Línea paralela es cualquiera que dista de otra igualmente, tanto por sus estremos, como por su medio; y por mucho que estas se alargaren por ambos estremos, jamás se vendrán á juntar las dos en un punto. Línea tangente se llama cualquiera recta que se tira por la circunferencia de un arco, sin cortarlo; y al punto donde se toca el arco con la recta se nombra punto del contacto: tales son los puntos C D.

Modo segundo. Si sobre una recta dada D E (Fig. 11.) se diere algun punto P, del cual se pide que se saque una línea paralela á la D E, tírese del punto P cualquiera recta que corte un punto V, formando cualquiera ángulo D V P; y haciendo desde V los arcos D P E Q (5) iguales, se tirará la recta por los puntos P Q, y esta es la paralela que se pide con D E.

Modo tercero. Si fuere una línea dada O L (Fig. 12.) á la que se hubiere de tirar otra línea paralela de un punto dado B, se podrá hacer sin variar la primera abertura que se tomare en un compás. Abrase, pues, éste algo mas que el intervalo, que hubieren de distar una línea de otra, como por ejemplo del punto dado B, á cualquiera otro punto O: de la dada O L tírese la B O, alargándola á discrecion hácia A: córtese O A igual á B O, que es la misma abertura del compás; y sentando un pie de él en el punto A, véase donde alcanza el otro en la O L, que será el punto L: desde este como centro, sin que se haya movido la abertura del compás, hágase el arco C; y tirando por los puntos A L la recta A L C, cortará al arco C en el punto C: por éste, y el dado B, tírese la recta B C, y será la paralela que se pide.

Si estas líneas se hubieren de tirar en algun suelo ó pared, se obrarán con cuerdas, ó varas, en lugar de compás.

Otros modos hay de tirar líneas paralelas y perpendiculares; pero con las que llevo expresadas tiene bastante cualquiera profesor para su práctica.

PROPOSICION VIII.

Hallar el punto donde se juntarán dos líneas, que no son paralelas (Fig. 13).

Sucede muchas veces cuando se levanta un plano sobre algun terreno, ó cuando en papel se forma un ángulo muy agudo, que no se puede hallar el punto fijo donde se juntan, á causa de caminar las dos líneas juntas por algun trecho; y para hallar este punto se obrará como se sigue.

Sean las dos líneas V O, N H: por los extremos de las dos tírese la N V, y á cualquiera distancia de N V tírese una paralela á N V, como H O. De los puntos O V saquense otras dos líneas á discrecion: de modo, que formando cualquiera ángulo, como en V y en O, sean V P Q O paralelas, ó equidistantes entre sí. Tómese en el compás la distancia N V, y señalense con ellas las partes iguales que se quisiere en la V P, como por caso se han señalado tres partes de V á P iguales á N V. Tómese ahora la distancia H O, y se pasarán otras tres partes iguales á ella, desde O hasta Q. Tírese la oculta P Q, y esta continuada, cortará el punto S, habiendo alargado antes cualquiera de las líneas dadas V O, ó N H; y cualquiera línea que se tirase por los puntos de las divisiones de V P á sus correspondientes en O Q, alargándolas hácia S, todas concurrirán al mismo punto S.

Esta práctica tiene mucho uso en la delineacion de los planos, la que debe tener el principiante muy bien estudiada, para el acierto de sus operaciones.

CAPITULO II.

En este capítulo segundo se comprende la division de las líneas, para formar las escalas

geométricas, que son las medidas de superficies y sólidos, á las que los franceses llaman comunmente pitipie: aplicanse tambien á otros varios usos, como se verá adelante.

PROPOSICION IX.

Dividir una linea en cualesquiera partes iguales (Fig. 14).

Pídese que la línea A B se divida en tres partes y media iguales.

Operacion.

Del extremo de ella A tírese una recta A C, que forme cualquiera ángulo C A B: ábrase el compás en cualquiera distancia como A F, y con esta se cortarán tres partes iguales, comenzando del extremo A, señalando en la A C los puntos F G S. Tómese en el compás la mitad de una de ellas (3), y pásese de S á C. Del punto C, que es donde finalizan las tres partes y media iguales, tírese al estremo B de la línea dada la oculta C B, y se halla formado el triángulo A B C. De los puntos señalados en la A C, saquense las líneas S H, G E, F D (7) paralelas á C B, y con los puntos que estas cortan en la A B, queda esta dividida en las tres partes iguales, y media mas. Si en lugar de media se pidiere un tercio, cuarto, &c. se dividiria una de las tres partes en otras tres, cuatro ó el quebrado necesario, obrando con cualquiera de las tres partes A F lo mismo que se ha he-plano sobre algun terreno, ó cuando en papel se forma un ángulo muy agudo, que no se puede hallar el punto fijo donde se juntan, á causa de caminar las dos líneas juntas por algun trecho; y para hallar este punto se obrará como se sigue.

Sean las dos líneas V O, N H: por los extremos de las dos tírese la N V, y á cualquiera distancia de N V tírese una paralela á N V, como H O. De los puntos O V saquense otras dos líneas á discrecion: de modo, que formando cualquiera ángulo, como en V y en O, sean V P Q O paralelas, ó equidistantes entre sí. Tómese en el compás la distancia N V, y señalense con ellas las partes iguales que se quisiere en la V P, como por caso se han señalado tres partes de V á P iguales á N V. Tómese ahora la distancia H O, y se pasarán otras tres partes iguales á ella, desde O hasta Q. Tírese la oculta P Q, y esta continuada, cortará el punto S, habiendo alargado antes cualquiera de las líneas dadas V O, ó N H; y cualquiera línea que se tirase por los puntos de las divisiones de V P á sus correspondientes en O Q, alargándolas hácia S, todas concurrirán al mismo punto S.

Esta práctica tiene mucho uso en la delineacion de los planos, la que debe tener el principiante muy bien estudiada, para el acierto de sus operaciones.

CAPITULO II.

En este capítulo segundo se comprende la division de las líneas, para formar las escalas

geométricas, que son las medidas de superficies y sólidos, á las que los franceses llaman comunmente pitipie: aplicanse tambien á otros varios usos, como se verá adelante.

PROPOSICION IX.

Dividir una linea en cualesquiera partes iguales (Fig. 14).

Pídese que la línea A B se divida en tres partes y media iguales.

Operacion.

Del extremo de ella A tírese una recta A C, que forme cualquiera ángulo C A B: ábrase el compás en cualquiera distancia como A F, y con esta se cortarán tres partes iguales, comenzando del extremo A, señalando en la A C los puntos F G S. Tómese en el compás la mitad de una de ellas (3), y pásese de S á C. Del punto C, que es donde finalizan las tres partes y media iguales, tírese al estremo B de la línea dada la oculta C B, y se halla formado el triángulo A B C. De los puntos señalados en la A C, saquense las líneas S H, G E, F D (7) paralelas á C B, y con los puntos que estas cortan en la A B, queda esta dividida en las tres partes iguales, y media mas. Si en lugar de media se pidiere un tercio, cuarto, &c. se dividiria una de las tres partes en otras tres, cuatro ó el quebrado necesario, obrando con cualquiera de las tres partes A F lo mismo que se ha hecho para la division de la A C, y poniendo la parte de S á C.

Si para obrar con mas seguridad se quiere tirar del extremo B la línea B D, hágase el ángulo A B D igual al ángulo B A C (5), y la B D será paralela á la C A: pásense las partes que se hallaren en la C A, de B á D, tomando en el compás la distancia C S, y poniendo la de B á H, y la distancia de S á G se pasará de H á E, y de E á D; y tirando las ocultas F D, G E, S H, con estas tres líneas queda la A B dividida en las tres partes y media iguales que se pidieron.

Para la demostracion de estas operaciones se ha de probar, que las partes que dividen la A B, son proporcionales á las que se han cortado en la línea A C, lo que se consigue por la 2.ª proposicion del 6.º libro de Euclides.

PROPOSICION X.

Dadas muchas líneas, aunque sean todas desiguales, dividirlas en un número de partes iguales, cada una en sus correspondientes con una operacion (Fig. 15).

Pídese que las dos rectas C y D se dividan en tres partes iguales cada una.

Operacion.

Tírese aparte la recta A N á discrecion,

y con cualquiera abertura de compás cortense en ellas las tres partes, como señalan los número 1, 2, 3; y haciendo centro en el punto 3 con la misma abertura del compás, hágase el arco 2 S N; y haciendo centro en el extremo A con la distancia A 3 hágase el arco 3 S, que corta al arco antecedente en el punto S. Tírese la recta A S larga á discrecion, y se ha formado un ángulo P A N; con el cual se dividirán en tres partes iguales cuantas líneas se quisieren, como se sigue. Tómese en el compás la línea C; y haciendo centro en el ángulo A, hágase el arco P N, y su cuerda ó substensa será una de las tres partes de la línea C (Cuerda ó substensa es la línea recta, que se tira del punto donde mueve un arco, al otro punto donde finaliza).

Para saber cuál es la tercera parte de la recta D, tómese lo largo de ella en el compás, y hágase desde A (como antes) el arco V 2, y la cuerda de éste será la tercera parte de dicha línea D.

Si hubiere muchas mas líneas, se hará la misma operacion con cada una de ellas, hallando la tercera parte en la cuerda del arco, que con toda su longitud se describiere en el ángulo P A N.

Si como se ha hecho esta division en tres partes iguales, se hubiere de hacer en cuatro, se haria el semicírculo del punto cuatro, como se ha hecho aquí del tres; y si fuere de cinco, en el cinco, y así en las demás partes.

Estas operaciones hacen el mismo efecto

que las líneas de las partes iguales en la pantómetra, ó compás de proporcion: su demostracion es la misma que la de la proposicion pasada.

PROPOSICION XI.

Dividir una recta en las mismas partes semejantes, que estuviere dividida otra mayor ó menor (Fig. 16).

Aunque esta proposicion se puede colegir bastantemente de la práctica de la Fig. 14 (9), la pongo separada para mejor inteligencia del principiante, por algunas excelencias que tiene. Pídese, pues, que la recta P Q se divida en las partes desiguales, correspondientes á las que tiene la T L en los puntos O V.

Operacion.

Tómese la P Q en el compás, y júntese un extremo suyo en T, y vaya el otro á E, formando cualquiera ángulo E T L. Tírese la L E, y se ha formado el triángulo E T L: de los puntos O y V, tírense á la T E las rectas O C, V S, paralelas á L E, y en los puntos C S queda hecha la division de P Q, trasladada á T E en las mismas partes iguales ó desiguales, que estuviere dividida la T L. La demostracion de esta práctica es la misma que las de las dos proposiciones antecedentes.

Este problema debe tenerlo presente todo

arquitecto para la division de muchos repartimientos, y en especial para delinear cualquiera de los cinco órdenes de arquitectura sobre una altura dada, ó todos cinco bajo dos paralelas, lo que se practicará del modo siguiente. Se pide que sobre una altura, que sea tanto como la línea T E (que se imagina levantada á plomo sobre un plano vertical) se delinee una de las cinco órdenes con pedestal; y porque, segun Bignola, se da al pedestal el tercio de la altura de la coluna, incluso en esta su basa y capitel, y al cornisamento que carga sobre ella, se le da la cuarta parte de dicha coluna; lo que se consigue dividiéndola en 12 partes iguales, y debajo de ella se ponen cuatro partes, que es el tercio para el pedestal, y encima tres, que es el cuarto para el cornisamento, y todas juntas hacen 19 partes iguales; se dividen con brevedad con esta operacion. Sea el punto T donde ha de cargar el pedestal. Tírese la T L larga á discrecion; de modo, que saliendo del estremo T, forme en él cualquiera ángulo E T L; y porque la division de la altura ha de ser en 19 partes, tómese en el compás una abertura proporcionada, para que todas se puedan señalar en la T L (sin que se gaste toda su largura con las 19 partes): póngase 4 de ellas de T á O, 12 de O á V, y 3 de V á L (sin hacer caso de lo que sobrare en la línea T L): tírese la L E, formando el triángulo E T L. Luego de los puntos O, V, sáquense las líneas O C, V S que cortan á T E en los puntos C S, y se ha dividido la T E en las partes que se desea:

T C 4 partes, tercio de 12, que tiene C S, y S E 3 partes, cuarto de C S; con que ya tenemos repartida la altura del órden que se quisiere delinear: T C altura del pedestal, C S altura de la caña de la coluna, S E altura del cornisamento.

El pedestal se divide en otras tres partes para su basa, cimasa y neto que se queda entre las dos. La coluna se divide en basa, caña y capitel: el cornisamento se divide en arquitrabe, friso y cornisa. Todos estos miembros se dividirán por el mismo método, que la division que acabamos de hacer; pero es necesario para el buen arreglo de todos los miembros de cualquiera órden, tener entendido á Bignola; ó tener presente alguno de sus libros cuando se esté delineando, por ser la doctrina de este autor la mas bien recibida de todos los profesores de arquitectura ornamentaria.

Si todos los cinco órdenes se hubieren de delinear entre dos paralelas, se tirará una línea perpendicular á ellas en cualquiera de sus estremos: de modo que esta toque en las dos, y en ella se harán las divisiones como en la T E; y tirando otras cinco paralelas á la perpendicular en los parajes que fuere necesario para colocar cada órden, se cortarán todas cinco líneas en los puntos necesarios para sus pedestales, colunas y cornisamentos, sacando de los puntos C S unas perpendiculares á T E, ó paralelas á las dadas en los extremos T E, que corten á las cinco verticales, las que servirán de eges, ó catetos, cada una para su órden. Los pedestales, colunas y cornisas en todos los cinco órdenes deben guardar una misma proporcion en altura, aunque no la guardan en gruesos, ni miembros menudos.

Me ha parecido conveniente explicar aquí esta práctica, por no haberla visto en autor ninguno, y haber observado en muchos delineantes que para delinear los cinco órdenes de arquitectura, bajo dos paralelas propuestas, se ha gastado mucho tiempo en ajustar las 19 partes de su altura, por andar tentándola con varias aberturas de compás; y con la operacion espresada se ajustan con sola una abertura de él, sin tener que hacer otra ninguna operacion; y quedando prevenido el arquitecto de los autores que necesita tener presentes para delinear los cinco órdenes, concluyo la proposicion.

PROPOSICION XII.

Dividir cualquiera línea dada en partes iguales, y progresion aritmética (Fig. 17.).

Progresion aritmética es, cuando los números se van excediendo en una cantidad igual, como 1, 2, 3, 4, &c., ó 2, 4, 6, 8, &c. Progresion geométrica es, cuando los números se van aumentando en doblada cantidad, como 2, 4, 8, 16, &c. Y dividir cualquiera línea en progresion aritmética no es otra cosa, que señalarla en tales partes, que cuando se necesite tomar en un compás algun número de ellas, se halle este separado de las otras, lo que se consigue con la delineacion siguiente.

Operacion.

En el paralelógramo N H, C P, se pide que se divida la línea V C. Tírese por uno de sus extremos C la recta C N perpendicular á V C, y con cualquiera abertura de compás señalense en ella nueve partes iguales, como señalan los números (Fig. 17.), las que finalizan en el punto N; tírese la V N, y se ha formado un triángulo N V C: tírense por los puntos que señalan los números en la línea C N líneas paralelas á la V C, hasta que toquen en la N V, y queda hecha la division que se pide: de modo, que si se ofrece tomar en el compás 5 partes de las 9 que tiene V C, se buscará el número 5; y puesto un pie de él en el punto 5, se abrirá el otro por aquella línea, hasta el punto que corta en la N V, y se tendrán en el compás 5 partes de las 9 iguales, que tendrá la V C; y así se obrará con los demás números de la N V.

Si fuere necesario tomar en el compás cinco partes y media de las dichas, divídase la distancia de 5 á 6 por medio en dos partes iguales; y tirando del punto de esta division una paralela á la V C, la distancia que tuviere esta línea, que se tirare, será 5 partes y media de las 9 que tiene V C; y si como son 5 y media, hubieren de ser cinco y un tercio, cuarto ó quinto, &c. se dividiria la distancia de 5 á 6, ó cualquiera de entre otros dos números en 3, 4 ó 5 partes, y por la correspondiente á la parte de la

parte que se pidiere quebrada se tiraria la paralela con V C, y aquella sería la que se busca.

Si como la V C se ha dividido en su perpendicular C N en 9 partes iguales, se pidiere en 18, ó en otro número mayor ó menor, se haria en la N C el número de las partes que se pidieren; y obrando como se ha hecho, se lograria el mismo efecto.

Semejante á la misma division se hace de otro modo para dividir los miembros de los cinco órdenes de Arquitectura; y porque á cualquiera de ellas se le dá en su planta á la coluna sobre su basa dos módulos, que es el diámetro de ella, se divide este diámetro en dos partes iguales, y cada una de las dos es un módulo; y si este hubiere de servir para cualquiera de los dos primeros órdenes que son Toscano y Dórico, se divide en 12 partes iguales; pero si fuere para el órden Jonico, Corintio ó Compuesto, que son los tres restantes, se hace la division del módulo en 18 partes iguales.

Sea, pues, la mitad del diámetro de una coluna la línea H N (Fig. 17.), que se ha de dividir en 18 partes iguales.

Operacion.

De los extremos N H tírense las rectas N C, H P, largas á discrecion, pero paralelas una á otra (7); tómese cualquiera abertura de compás; y comenzando por la una del estremo N, se señalarán hasta C 9 partes iguales: hágase lo mismo de H á P, como señalan los números en la figura, y por los puntos 9 tírese la C P paralela á N H; divídase C P por medio en V, y tírese la V N; y tirando de los puntos que señalan los números en la N C líneas rectas á los correspondientes en la H P, queda hecha la operacion que se pide, cuyas partes necesarias se tomarán de la figura; como si fuere necesario tomar 15 partes de las 18, que tiene N H, búsquese el número 15, y la distancia que hay de éste á la oblicua N V, son las 15 que se toman; y las tres que faltan hasta 18, se notan con el número 3 en la N C, que es la distancia desde el 3 hasta la N V. Si se hubieren de tomar algunas partes, y quebrado de otra, se obrará como queda dicho arriba.

PROPOSICION XIII.

Dividir cualquiera línea, por corta que sea, en partes centésimas ó milésimas (Fig. 18.).

Para cuando se levantan planos sobre el terreno es preciso que la escala ó pitipie sea de partes muy menudas, por ser necesario tener que medir en el papel algunas líneas de una ó mas leguas de largo; para cuyas operaciones es preciso que se entienda la práctica de la division siguiente.

Pídese que la línea A B (Fig. 18) se divida en trescientas partes iguales (estas pueden ser pies, varas ó toesas, que cada toesa es dos varas, y cada vara tres pies).

Operacion.

Divídase la A B en tres partes iguales en los puntos E H: tírense á discrecion por estos puntos, y los extremos A B, las líneas A C, E F, H 200 B D, perpendiculares á la propuesta A B; y por las dos líneas de los extremos A C, B D con cualquiera pequeña abertura de compás, señálense 10 partes iguales, por las que se tirarán las 10 líneas paralelas á la A B, como se demuestra en la figura, y señalan los números en la línea A C. Divídanse las porciones A E, C F (que son iguales, y tercio del paralelógramo A B C D) en otras 10 partes iguales; y por los puntos de la una division á los de la otra opuesta, tírense líneas transversales, como parece en la figura, y se habrá dividido el tercio de la A B, que es A E en 100 partes iguales, que se cuentan desde A, en esta forma. El número 1 es una parte de las 300: el 2 es dos partes; y así los demás números hasta C, que son allí 10 partes, desde el número 9 hasta el punto C; y desde este punto hasta F son 100 partes: con que toda la C D tiene las 300 partes iguales á las que se piden en A B, como todo se demuestra en la figura con los números correspondientes á las partes que en ellos señalan; y para usar de este pitipie en las medidas de los planos en papel, ó delineacion de ellos, se obrará en la forma siguiente.

Para tomar en el compás 8 partes, búsquese en la A C el número 8, y sentando un pie del compás en el punto 8, estiéndase el otro pie hasta la transverval A 10, y esta abertura será ocho partes de las 300 que se dividieron en A B.

Si fuere necesario tomar 73 partes, cuentense siete partes en la A E, que son las decenas que hay desde A hasta S; y porque las 7 partes de las 10, que hay de A á E, son cada una 10 partes de las 300 de A B, y que de A á S hay 70 de ellas, y se han de tomar 73, búsquese en el lado A C el número 3; cuya línea, que de este sale, y se junta con la que sale de S en O, tómese en el compás O 3, y serán las 73 partes que se piden; y si fuere necesario tomar en el compás 227 partes de la escala, ó pitipie, se obrará de este modo. La línea A B ó C D tiene 300 partes; y porque solo se necesitan tomar de ella 227, se restarán de las 300 las 227, y quedarán 73. Estas 73 se quitarán de la línea A B, contando en la A E 70 partes, que son de A á S en la A B; y porque en las paralelas á esta, segun van bajando, se van hallando las partes que se necesitan; de modo, que en el triángulo A 10 C, la parte que señala el número 1 en su misma línea será en el triángulo opuesto V E F 9 partes, que es el cumplimiento hasta 10, y donde hay 3, será á la otra parte 7, y así en las demás partes de A C; y porque se han de quitar 73 partes, y tenemos 70 de A á S, búsquese el número 3 en A C, y véase donde se junta la línea que de él sale, con la que baja de S, que será en O: tómese la distancia O Z, y esta será las 227 partes que se piden. La razon de esto es

porque la línea que va de Z al número 3, corta desde Z hasta el encuentro de E F 200 partes; y desde este encuentro hasta el de la V F hay 7 partes, y de V F hasta O hay 20 partes, que juntas las tres partidas, son las 227 que se buscan; y por el mismo órden se pueden tomar cuantas se quisieren.

Si fuere necesario tomar en las líneas algunas distancias de miles de partes, es fácil su inteligencia, pues con tomar en el compás 100 ó 200 de la escala, se irán señalando en cada línea los millares de partes que se quisieren; porque cada 10 distancias, como C F, son mil, y 5, como F D, tambien son mil, poniéndolas seguidamente en línea recta.

PROPOSICION XIV.

Dadas dos líneas rectas, hallar una media proporcional geométrica entre ellas (Fig. 19.).

La media proporcional aritmética entre dos líneas propuestas, es lo mismo que las progresiones de números que se han tratado en la proposicion (12); y hallar una media proporcional aritmética entre dos líneas dadas, no es otra cosa que partir la suma de las dos juntas en dos partes iguales; como si fueren dadas dos líneas, que una tuviese 3 pies, y la otra 7, juntas las dos en una recta, tendria 10 pies: partida en 2 partes iguales, tendria 5 cada una; y cualquiera de las dos partes será media proporcional entre 3 y 7. Pero una media proporcional geométrica es muy distinto, como se entenderá por esta práctica.

Pídese que entre las dos líneas A y B (Fig. 19.) se halle una media proporcional entre ellas.

Operacion.

Pónganse las dos en una recta, y sea la A de C á V, y la B de V á S: hágase sobre toda la CS el semicírculo CLS; y del punto V, donde se han juntado las dos líneas dadas, levántese la perpendicular V L que cortará la circunferencia en el punto L, y esta línea V L es la media proporcional que se pide entre las A y B.

Por esta misma regla se saca la raiz cuadrada de cualquiera número, cuando no se le puede hallar por via de aritmética, lo que se logra por via de línea en la forma siguiente.

Pídese la raiz cuadrada 27; y porque este número no la tiene perfecta, ni por aritmética se le puede hallar número, que multiplicado por sí, monte 27, se hallará una línea, que si sobre ella se hace un cuadrado perfecto, tendrá la superficie ó área contenida dentro de él la cantidad de 27 pies ó varas, ó la medida que fuere; para lo cual se han de buscar dos números, que multiplicado uno por otro, hagan 27; y porque para esto no se hallan otros que el 9 y el 3, ó el mismo 27 y el 1, nos serviremos de cualesquiera dos de ellos, y sean los primeros. Tírese, pues, una línea recta á discrecion, y

sea C V S: tómese en el compás cualquiera abertura, y señálense de C á V 9 partes iguales, y de V á S 3, que son los números, que multiplicados uno por otro, hacen 27. Sobre la C V S hágase el semicírculo C L S; y del punto V, donde se juntan las dos líneas de 9 y 3, partes iguales, levántese la perpendicular V L, que corta la circunferencia en el punto L. Digo, que la línea L V es la raiz cuadrada de 27, que es lo que se pide; y si sobre ella se hace un cuadrado, que sean sus cuatro ángulos rectos, y sus cuatro lados iguales á la V L, tendrá de área 27 partes iguales. Si como nos hemos servido de los números 9 y 3, que multiplicados uno por otro montan 27, nos hubiéramos valido del 27 y el 1, que multiplicados, como los otros, hacen 27, tambien saldria la misma línea L V; porque el semicírculo se haria sobre una línea de 28 partes de las 12 que tiene C V S, y la perpendicular se sacaria del punto que se juntaren las 27 con la 1; y aunque el semicírculo fuera mucho mayor que el de la figura, la línea de él sería siempre igual á la L V. Con lo explicado aquí basta para entender, que de cualquiera número se puede sacar raiz cuadrada, lo que se puede probar con cualquiera número, que la tenga justa, como son el 9 y el 16, que eligiendo el 16, se hallan tres números, que le multipliquen, que son dos cuatros, 8, y 2, el mismo 16, y el 1. Hágase la misma operacion con cualesquiera dos de ellos, y se verá, que por cualquiera parte tiene la media proporcional 4, que es raiz de 16. La razon de todo esto consta de la Proposicion 47 del lib. 1.° de Euclides.

PROPOSICION XV.

A dos rectas dadas, hallar la tercera proporcional (Fig. 20).

Aunque la Figura 20 se ha delineado para la siguiente proposicion, nos serviremos para la presente por excusar figuras.

Pídese que á las rectas L O, L M, se les busque la tercera proporcional.

Operacion.

Júntense las dos, de modo, que con el extremo de cada una formen cualquiera ángulo L: tírese la M O: alárguese L O hasta R: de modo, que O R sea igual á la segunda L M: tírese la R S paralela á O M, y cortará á la L M, continuada en S. Digo que la M S es la tercera que se busca; y que la proporcion que hay de L O á L M, es como la de L M á M S (Consta de la Prop. 2. del lib. 6.° de Euclides).

Si como esta línea se ha hallado en continua proporcion de mayor longitud, se hubiere de hallar de diminucion, se tomaria la L M por primera, y la L O por segunda; y juntando L O en M, hasta donde alcanzare hácia S, la que se bajare de aquel punto paralela á M O, cortaria la O R menor que L O; y la proporcion que guarda L M con L O, guardaria L O con la cortada en O R.

PROPOSICION XVI.

A tres rectas dadas, hallar la cuarta proporcional (Fig. 20.).

Pídese que á las tres rectas dadas C, B, A se les busque una cuarta proporcional.

Operacion.

Tómese la primera, que es la menor C, y póngase de L á O: júntese la segunda B de O á R, que las dos juntas forman la recta L O R: tómese la mayor A, y póngase de L á M, y tírese la O M: sáquese del extremo R la recta R S paralela á O M, y cortará á la L M alargada en S, y la M S es la cuarta proporcional que se busca. Si como esta se ha buscado en proporcion mayor, que la mayor línea de las tres dadas, se buscare en menor, que la menor de ellas, se obrará como se previene en la proposicion pasada.

PROPOSICION XVII.

A dos rectas dadas, hallar dos medias proporcionales (Fig. 21.).

Este es el noble problema para aumentar ó disminuir los sólidos, ó cuerpos cubos; y aunque célebres autores han inventado varios modos de resolverle, se tiene por uno de los mejores el presente, cuyo inventor, segun Moya, fué Nicolás Tartaglia; y segun otras opiniones de varios autores, fué Philon. Sea quien fuere, se debe estimar la invencion de tan preciso problema; pues aunque este y todos los demás carecen del rigor geométrico, es de los mejores para la práctica.

Sean las dos líneas dadas V N de 8 pies, y N M de un pie, á las que se les buscan otras dos medias proporcionales á ellas.

Operacion.

De los extremos de la V N, levántense las perpendiculares N M, V E (3) á la V N, y tírese la E M paralela á la V N: alárguese á discrecion la N M hácia H: tírense las diagonales V M, E N, y se cruzan en O, que es el centro del paralelógramo E M N V (este centro se asegura con la práctica de la Fig. 13.): siéntese el un pie del compás en el centro O, y se extenderá el otro pie hasta que en la N H, N V, continuada por

P, se hallen dos puntos tales que la recta, que saliere de ellos, como H P, pase justamente por el ángulo E (los dos puntos P H no se ha hallado otro modo de encontrarlos hasta ahora, que tentando con varias aberturas de compás). Hallados, pues, los puntos H P (con las dichas circunstancias) tírese la P E H, y se tienen las dos medias proporcionales que se buscan: la una es P V, doblada por V E; y la otra es M H, mitad de E M: las dos son mayores que la menor N M, ó su igual V E, pero menores que E M; y todas cuatro son excedidas en continua proporcion, como se demuestra en ellas mismas; porque V E es mitad de V P, y V P mitad de M H; y ésta, mitad de E M, ó su igual V N; y tomadas al contrario, son la mitad unas de otras: luego las V P, H M son medias entre N M y N V, y estas son las extremas de aquellas.

Por este problema se saca raíz cúbica de cualquiera número, lo que no puede ser por Aritmética, cuando son números irracionales, que se obrará en la forma siguiente.

Supóngase, que como el número 8 tiene raíz cúbica perfecta (que es 2), fuere otro, que no la tuviese. Sea, pues, el sólido, de que se ha de sacar una línea, que multiplicada por tres dimensiones, haga un sólido igual al parelelepípedo E M N V, que se supone macizo de un pie por cada lado, y 8 pies de largo ó alto: hágase un paralelógramo E V N M, que sea igual en largo y ancho á uno de los lados iguales del sólido: levántese la N M á discrecion; y del mismo modo se alargará el lado N V por P, observando siempre el ángulo recto N. Tómese el centro de la Figura O; y sentando en este centro una punta del compás, se hallarán los puntos H P, como se ha hecho antes; y tirando la H P, que toque en el ángulo E, corta la V P, de dos partes de las 8 del sólido: luego multiplicando el 2 por el mismo, son 4, y este otra vez por el 2, son 8, que es el sólido de quien es raíz P V.

Advertencias sobre este problema.

1.° Para sacar la raíz cúbica de cualquiera número, se ha de fingir un sólido en figura de cualquiera paralelógramo (pero cuadradas sus basas menores), porque de otra figura es imposible poderse practicar, como si se pidiese la raíz cúbica de 27000. Búsquese cualquiera número, que se pueda hacer de él un cuadrado, sin quebrados: sea por ejemplo el número 20, que multiplicado en sí, forma un cuadrado de 400. Supóngase que estos 400 sean pies, y que sobre esta basa se va á formar un pilar cuadrado, que llegue hasta 27000 pies cúbicos: partanse los 27000 á los 400, y vendrán á la particion 67 y medio, y estos serán los pies de altura que habia de tener el tal pilar. Tómense, pues, dos líneas, una de 20, y otra de 67 y medio, que se sacarán de un exacto pitipie, como el de la Figura 18; hágase con ellas un paralelógramo, que sus dos lados mayores sean iguales á los 67 pies y medio; y los otros dos lados menores iguales á los 20 pies (lado del cuadrado de la basa, ó basas del sólido): hágase la misma operacion de antes, levantando el lado N M por H á discrecion, y alargando N V por P arbitrariamente; y hallando el centro O, búsquense los puntos H P, segun se ha obrado para hallar la raíz cúbica de 8; y tirando la H P, que pase tocando el ángulo E, la porcion que cortare de V á P, sería la raíz cúbica de 27000, como lo es de 8 en la figura; sobre cuya línea se formaria un sólido de tres dimensiones iguales, como son largo, ancho, y alto. Si dicha línea P V se midiese en el pitipie, se hallaria que su longitud cortaba 30 pies: luego esta será la raíz cúbica de 27000, como se prueba multiplicando el 30 por sus tres dimensiones, que produce los mismos 27000. Con el ejemplo siguiente saldrá mas de la duda cualquiera principiante.

Elíjase cualquiera cubo, cuya raíz sea conocida, como lo es 4 de 64 (Para hacer la prueba válgome de la Fig. 87, Estampa IV, por ser la mas demostrable para este ejemplo). Sea un sólido M D B L todo cuadrado de 64 pies cúbicos: hállese su centro, que será enmedio de la diagonal D L, desde el cual se hallarán los puntos N P, y la línea que se tira de N á P, corta el sólido cuadrado en su ángulo M, y al lado B D le corta alargado en P: con que la D P es la raiz cúbica del sólido M D B L, cuyos lados son de 4 pies, como lo es tambien la D P: luego multiplicando esta en sí, que es 4 por 4, serán 16; y estos por otros 4, hacen 64, que son los mismos que tiene el sólido M D B L. Pruébase aquí tambien la proporcion de unas líneas á otras; porque buscando las medias proporcionales entre L B y B D por ser estas iguales, lo son tambien las D P, L N; luego todas son continuas proporcionales en igualdad.

Por este problema se forman cajones, que sean de doblada, tresdoblada, &c. cabida uno de otro, ó que sea de la mitad, tercio, cuarto, &c. Pero como el fin de esta obra no es para medir trigo, ni otras especies de granos, omito la explicacion de esto: el que lo necesite vea á Moya, Geometría práctica, libro 4, fol 249.

CAPITULO III.

En este Capítulo se trata de la graduacion del círculo, ó su division en 360 grados ó partes, y de algunas operaciones que se practican con este instrumento.

PROPOSICION XVIII.

Dividir el círculo en 360 partes iguales, ó grados (Fig. 22).

Aunque en la proposicion 4 se ha tratado algo sobre la práctica del círculo graduado, se pone en esta el modo de construirlo, que se obrará como se sigue.

Tómese cualquiera abertura de compás M H, y del punto M, como centro, hágase un círculo

pero basta con la mitad, que se formará sobre la recta H M 180 y esta línea será el diámetro. Fórmese, pues, del centro M el arco H 90 180, y con la misma abertura del compás M H, que es el radio ó semidiámetro del círculo, comenzando de cualquiera extremo H, se dividirá la circunferencia en tres partes iguales, en los puntos 60, 120, 180. Divídase cada una de ellas en otras tres partes iguales, y cada una de estas en dos, y quedará dividido el arco en 18 partes iguales, y cada una de ellas será 10 grados que se irán anotando con sus propios números 10, 20, 30, siguiendo así hasta el otro extremo que se le asentarán 180, mitad de los 360, en que se divide todo el círculo, como parece en la figura. De cada número de ellos tírese una recta al centro M, que podrán parar en cualquiera otro arco que se haga, como V T Z, para no confundir el centro M con el concurso de tantas líneas. Hecho esto, se dividirá cada parte de las 18 en otras dos, y queda el arco dividido en 36 partes iguales, y cada una tendrá 5 grados, que se notarán con los números 5, 15, 25, &c. Hecho todo esto se dividirá cada una de las 36 partes en 5, y quedará hecha la division de todo el arco mayor en 180 grados, obrándolo todo como parece en la figura, la que es suficiente para cualquiera operacion de las proposiciones siguientes, y para otras que se harán en adelante, como se verá en el discurso de esta obra.

PROPOSICION XIX.

Formar un ángulo de cualquiera número de grados (Fig. 22).

Pídese que se haga el ángulo A de 130 grados.

Operacion.

Tírese cualquiera recta A D, y veáse en el semicírculo graduado donde se halla el número de los grados, que se piden, que en este ejemplo será en la línea M S 130. Siéntese en el compás en el centro M; y tomando en él la distancia M 130, se describirá del punto A un arco igual al H 130; y tirando de los extremos de él las rectas D y B al centro A, quedará formado el ángulo D A B de 130 grados.

Si la operacion se quisiere hacer con cualquiera abertura de compás, se obrará de este modo. Veáse qué número de grados se pide para formar el ángulo; y porque se pide de 130, búsquese este número en el semicírculo, y tírese de él al centro M la recta 130 S M. Abrase el compás en cualquiera abertura M V, y con esta, desde el centro M, hágase el arco V S, que corta á la recta, que baja del número dado al centro del semicírculo en el punto S: con la misma abertura del compás sobre cualquiera centro A hágase el arco D B igual al V S; y tirando por sus estremos D y B al centro A las rectas B A, A D, queda formado el ángulo A de 130 grados.

PROPOSICION XX.

Hallar los grados que vale cualquiera ángulo dado (Fig. 22.).

Pídese cuántos grados de los 360 que vale el círculo, corresponden al ángulo B A D. Tómese en el compás cualquiera abertura A D; y desde A hágase el arco D B, y con la misma abertura desde M, centro del semicírculo, hágase otro arco á discrecion, como V T S. Tómese ahora con el compás la cuerda del arco del ángulo A, que es la distancia B D; y cortando en el semicírculo la distancia V S igual á la B D, sáquese del centro M la recta M S, que alargada cortará en el semicírculo el número 130; y así dirèmos, que el ángulo B A D vale 130 grados.

Del mismo modo que se ha practicado esta operacion, y la antecedente, se obrará con cualquiera otro número de grados, tirando de él al centro M una recta; y el arco que entre ella y la M H se hiciere, dará los grados que se pidieren.

Si se pidiere algun número de grados y minutos, será preciso hacer el semicírculo tan grande, que cada grado de los 180 de la figura se pueda dividir en 60 minutos, que tiene cada grado.

PROPOSICION XXI.

Hallar el valor de los ángulos en cualquiera triángulo, ó figura de muchos lados, y saber cuántos ángulos rectos contiene cualquiera figura rectilínea (Fig. 22.).

Pídese el valor de los tres ángulos del triángulo P Q E.

Operacion.

Siéntese un pie del compás en cualquiera ángulo Q; y abierto el otro pie en cualquiera distancia Q F, hágase desde Q el arco F C: con la misma desde E se hará el arco 50, y de P el 40. Váyase con la misma abertura del compás al semicírculo graduado; y desde su centro M hágase el arco V T Z. Hecho esto, se tomará en el compás la cuerda del arco del ángulo Q, que es la distancia C F; y sentando un pie del compás en el punto V, véase en qué parte corta el otro al arco V T Z, y será en el punto T. Tírese por M T la recta M 90, que corta al semicírculo graduado en el número 90; y por tanto diremos que el ángulo Q vale 90 grados, y por consiguiente es recto, por tomar la mitad de los 180 grados del semicírculo.

Hágase la misma operacion con las cuerdas de los ángulos E y P, y se hallará que la cuerda del arco del ángulo E corta 50 grados, y la del P corta 40 en los puntos O 50, O 40.

Con las operaciones de este triángulo se prueba, que los tres ángulos de cualquiera triángulo valen tantos grados como dos ángulos rectos, como se verá sumando los 90 del ángulo Q, los 50 de E, y los 40 de P, que todos juntos montan 180, que partidos á 90, que vale cada recto, toca á dos ángulos rectos. Para saber los ángulos rectos de cualquiera figura regular que se forma, ó es formada dentro de un círculo, dan todos, ó los mas autores de Arquitectura militar, la regla siguiente.

Regla para saber los ángulos rectos que vale cualquiera figura regular ó irregular.

Figura regular es cualquiera que formada de líneas iguales, son tambien sus ángulos iguales. Figura irregular es la que carece de uno ú otro, ú de todo. Para saber, pues, los ángulos rectos que vale cualquiera figura, sea irregular ó la que fuere, se sabrá de este modo.

Sea un triángulo cualquiera; y porque este tiene tres ángulos, doblense, y serán seis: de estos seis restense cuatro, y los dos que quedan son los rectos, que vale el tal triángulo. En todas las demás figuras se obra lo mismo doblando sus ángulos; y restando siempre cuatro, los que quedaren serán los rectos que vale la figura, como si es cuadrado, 4 y 4, son 8: restando 4, quedan otros 4, valor del cuadrado regular ó irregular. Si fuere de 5 lados y 5 ángulos, como es

:

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.)

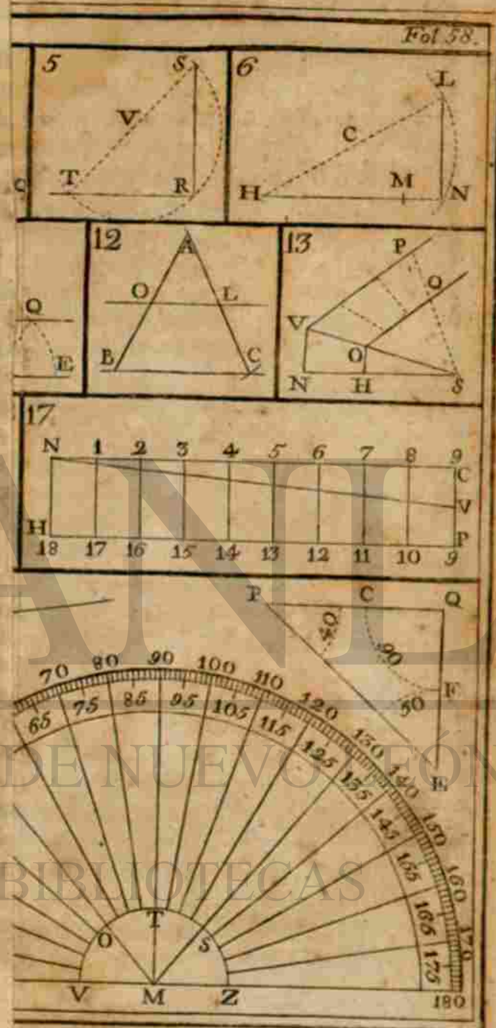
Trata de la delineacion de las figuras planas rectilíneas y curvilíneas, y de las prácticas que sobre ellas suelen ofrecerse á toda clase de arquitectos.

PROPOSICION XXII.

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

Caso 1.° 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.° 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



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.)

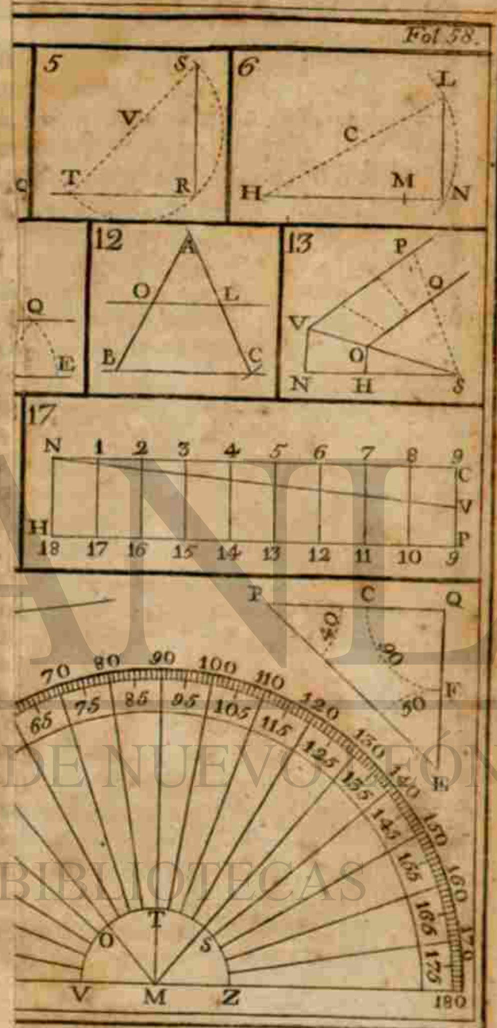
Trata de la delineacion de las figuras planas rectilíneas y curvilíneas, y de las prácticas que sobre ellas suelen ofrecerse á toda clase de arquitectos.

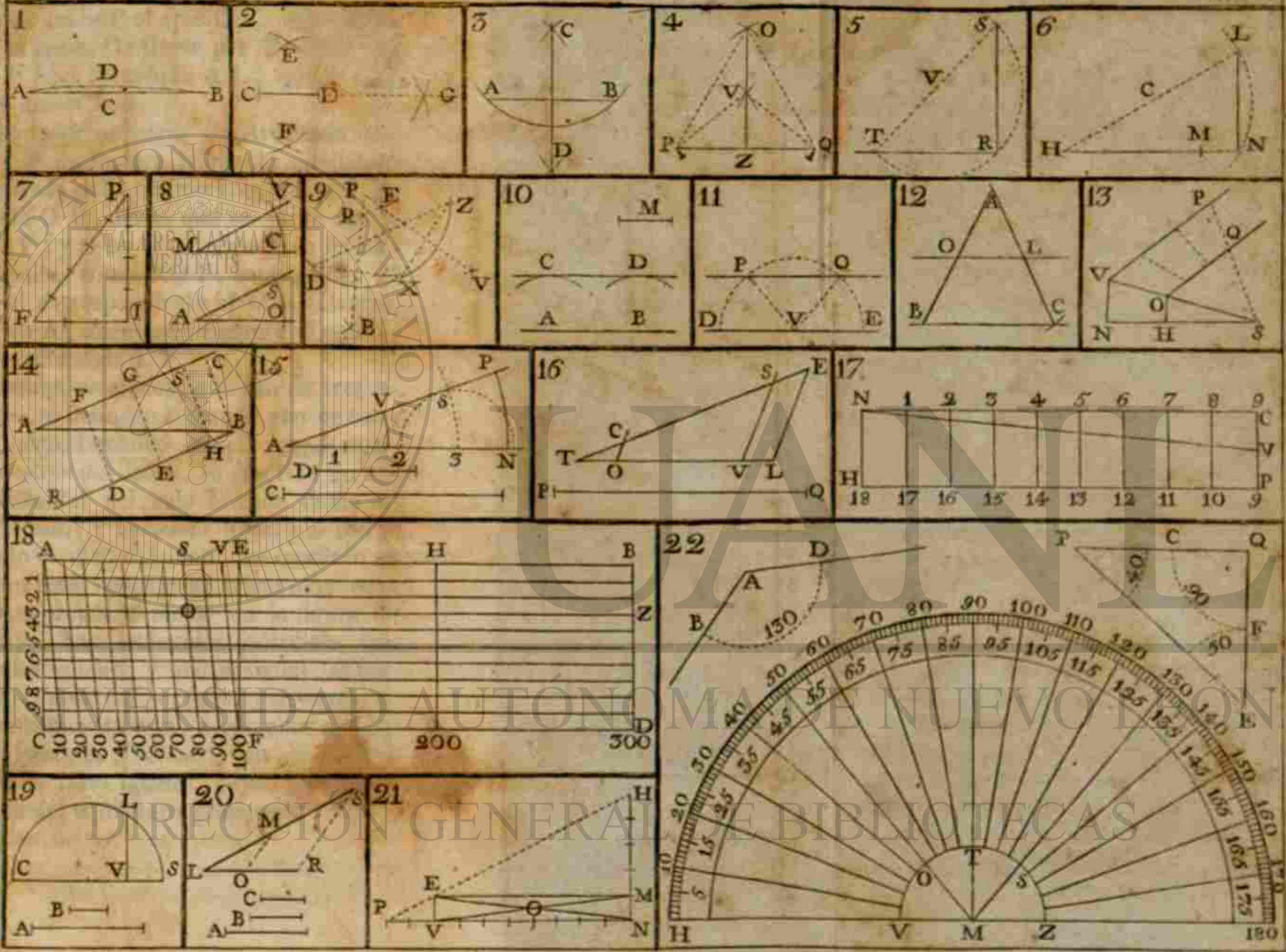
PROPOSICION XXII.

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
S V M C A S 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 Q V O N H S
14
G C F S 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
1 2 3 4 5 6 7 8 9
Z D
C 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 F 200 300
19
L C V S B A
20
S M L O R C B A
21
H E O M P V N
22
D A B 130
P C Q 50 90 F 50 E
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180
5 15 25 35 45 55 65 75 85 95 105 115 125 135 145 155 165 175
O T S
H V M Z

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 describir 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 rM en dos partes iguales, y por consiguiente toda la figura. Del punto L (medio de la línea dada) levántese la perpendicular Lr, y cortará la A S en S, y este punto S será el centro del círculo que 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 propuesta, 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 descríbanse los arcos que cortan el punto r, y tírese á discrecion la oculta Xr, y cortará el arco D S en dos partes iguales: levántese del extremo E la perpendicular E Z, y cortará la Xr 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 delinearse 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

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

el papel notándole su número 80, y con esta operacion se habrá desocupado el artífice en la campaña, y en su casa podrá delinear la figura con toda exactitud, formando un exacto pitipie por cualquiera de los métodos de las figuras 14, 17, 18 de la antecedente estampa; y luego podrá ir delineando el edificio que se le hubiere encargado; ó si fuere agrimensor, la tendrá presente para sus medidas. Y se advierte, que este método es el mas exacto para tomar las figuras de los terrenos, cuando no hay embarazo; que para cuando le hubiere, se tratará adelante. Si como esta figura es cuadrilátera, fuere de mas lados, y tuviere ángulos, que entrasen hácia su centro, no por eso es mas dificil su delineacion, porque esta la facilita formando todos los triángulos, que cupieren dentro de ella, y del mismo modo formarlos en el papel.

2 Si formado en el papel el plano A B, C D, se hubieren de marcar sobre el terreno, se elegirá la línea que se hubiere de asentar primero; y siendo la correspondiente á D C, se fijará un piquete en E, y otro en F, que disten los centros de ellos 60 varas uno de otro, valor de la línea D C: luego se atará una cuerda en F, y á distancia de 80 varas, que es la diagonal del papel A C se hará una señal; y tirando por G, se marcará una porcion de arco en el suelo por la señal del cordel, y desde E con el mismo cordel, ó cualquiera otro, con la distancia de 70 varas se marcará otro arco, que se cruzará con el antecedente en G: póngase otro piquete en G; y tomando en la cuerda 54 varas, se tendrá el un cabo en G, y con el otro se hará un arco por *h*: tómense últimamente 94 varas en la cuerda, con cuya distancia desde F se cortará en el arco antecedente el punto *h*; y tirando rectas de unos puntos á otros, quedará cerrada la figura E F G *h*.

Nota, que aunque esta operacion parece buena, puede tener error, por darse ó encogerse la cuerda, y se hará mas ajustada, sin dependencia de la diagonal F G, asentando en el suelo las cuerdas de los lados, y sobre ellos se irán midiendo con dos varas largas los que hubiere de tener cada uno de ellos, formando sobre cada línea los ángulos iguales á los correspondientes en el papel, como son el ángulo E igual al D, el F al C; y así de los demás. Estas operaciones se hacen por la proposicion de la Fig. 8 ó la Fig. 22 de la estampa antecedente.

3 Si se quiere copiar la figura A B C D á otro lugar, elíjase para basa cualquiera de sus lados, y sea D C, trasladado á E F: tómese en el compás la distancia D A, y con ella desde E hágase el arco G: tómese la distancia C A; y desde F con otro arco córtese el punto G: vuélvase á tomar desde D la distancia D B, y desde E con la misma hágase un arco por *h*: tómese últimamente la distancia C B, y con ella desde F córtese sobre el arco antecedente el punto *h*; y tirando rectas de unos puntos á otros, queda copiada la figura; y esta regla es universal para cualquiera rectilíneo, y aunque sea mixtilíneo.

PROPOSICION XXXII.

Sobre una recta dada, describir cualquiera rectilíneo semejante á otro propuesto (Fig. 39).

Pídese que sobre la recta dada C D se forme el rectilíneo A B C D, semejante la E H G F.

Operacion.

Tírese á discrecion aparte la línea M K; y porque la línea del rectilíneo, que ha de servir de modelo semejante á la dada D C, es F G, póngase esta en la M K de M á L, y por este órden se irán poniendo las de los demás lados F E de L á R, E H de R á I, y H G de I á K: tírese del estremo M otra recta á discrecion M N, que forme cualquiera ángulo en M, y póngase en ella la línea dada D C, cuya distancia será de M á V: tírese la V L, y se habrá formado un triángulo M L V. De los puntos R, I, K, tírense paralelas con la L V, y cortarán en la M N los puntos P, Q, N, en los cuales se hallan los lados correspondientes al rectilíneo E H G F, que se irá formando de este modo. La línea dada en D C igual á M V: tómese en el compás la V P, y póngase de D á A, haciendo el ángulo F por la proposicion de la figura 8, estampa I. Por el mismo órden se hará el lado menor C B igual á Q N, y sin mas operacion se tirará la A B, y saldrá igual á la P Q de la línea M N. Esta operacion se puede hacer tambien sin dependencia de formar los ángulos iguales, solo con poner en la M K despues de K hasta donde alcanzare cualquiera diagonal E G del rectilíneo E H G F, obrando la misma operacion de la proposicion antecedente; y es regla universal para cualquiera rectilíneo de muchos mas lados, como se puede inferir de esta práctica, la que sirve lo mismo para mayores, que para menores.

PROPOSICION XXXIII.

Aumentar ó disminuir cualquiera rectilíneo en una razon dada (Fig. 40).

1 Pídese que se aumente el triángulo A B C de modo, que tenga tres tantos de area.

Operacion.

Tírese aparte la D E G, de manera, que D E sea igual á cualquiera de sus tres lados (en este egemplo lo es con A B); y porque se pide triplo, alárguese la recta D E hasta G, haciendo la E G como tres veces D E: fórmese sobre ella el semicírculo D F G, y del punto E levántese la perpendicular E F, que es media proporcional entre D E y E G; y el rectilíneo, que se hiciere sobre ella, semejante al que sirve de modelo, será como tres en area: tómese, pues, la E F, y póngase de A á M: tírese la M N paralela á la B C;

y alargando el lado A C, se cerrará la figura en N, y queda hecha la operacion.

2 Pídese que se haga un rectilíneo, que sea subtriplo de otro dado (que es el tercio).

Operacion.

Sea dado R K V: tómese cualquiera de sus lados (sea R K): póngase aparte de G á E: alárguese E D, que sea un tercio de E G; hágase el semicírculo D F G: del punto E levántese la perpendicular E F (como se hizo antes), y el rectilíneo hecho sobre ella será el que se pide; tómese, pues, E F, y póngase de R á H: tírese la H I paralela á K V, y se habrá formado un triángulo R H I, cuya area superficial es el tercio del triángulo R K V.

3 Si fueren círculos, se hará la operacion con sus diámetros, y la prueba es medir las superficies de las figuras.

PROPOSICION XXXIV.

Convertir cualquiera triángulo en paralelógramo, ó el paralelógramo en triángulo (Fig. 41).

Pídese que el triángulo escaleno M N O se convierta en paralelógramo.

Operacion.

1 Elíjase cualquiera de sus lados para basa,

y sea el lado M N: tómense los medios de los dos lados restantes en los puntos L F, de los cuales se tiren las rectas Q L R, P F S, perpendiculares á la basa M N, alargándolas á discrecion por los extremos P, Q; y del ángulo O tírese la Q O P paralela á la basa M N, y queda formado el paralelógramo R S P Q igual al triángulo M N O.

2 Si de este paralelógramo se quisiere hacer un triángulo escaleno, divídanse cualesquiera de sus dos lados opuestos, como P S, Q R, por sus medios en los puntos L F, y de cualquiera punto de uno de los otros lados P Q, por ejemplo del punto O, tírense las rectas O L, O F, hasta que corten al otro lado opuesto R S, alargado en los puntos M, N, y se habrá formado el triángulo escaleno M O N, igual al propuesto paralelógramo. La demostracion es fácil de probar por la proposicion 17 del lib. 6.º de Euclides, y el que quiera lo hará midiendo los triángulos M R L, L O Q, y los hallará iguales; porque el que se quita por la una parte, se aumenta por la otra, sucediendo lo mismo al otro lado opuesto con los otros dos triángulos.

Nota, que si el punto O se eligiere en medio del lado, el triángulo sería isósceles; y si fuere en alguno de sus lados mayores, el ángulo O sería obtuso en vez de que aquí es agudo, de que se ha tratado bastante en la proposicion 5.

PROPOSICION XXXV.

Convertir un triángulo equilátero en cuadrado, ó en paralelógramo, y el cuadrado en triángulo equilátero, ó cualquiera otro (Fig. 42).

1 Para convertir el equilátero P V Q en cuadrado, divídase cualquiera de sus lados P Q en 6 partes iguales (Moya, Geom. práct., lib. 1, cap. 41); y entrándose una de ellas por cada extremo á los puntos Z, N, las cuatro que quedan Z N, serán lado del cuadrado que se pide, que se formará por la proposicion de la fig. 24, y será en esta Z N M H.

2 Si el cuadrado se quisiere convertir en triángulo equilátero, no hay mas que dividir cualquiera de sus lados Z, N en 4 partes iguales; y aumentando en línea recta una por cada extremo, hasta P y Q, con la distancia P Q, desde Q y P, como centros, se cortará el punto V; y tirando las rectas V P, V Q, queda hecha la operacion, que se probará midiendo los tres triángulos P Z D, N Q C, B O V, y la suma de sus tres areas será igual á la que tuvieron los dos triángulos D B M, O C H.

3. Si el propuesto cuadrado se quisiere convertir en otro cualquiera triángulo, se levantará de cualquiera punto de uno de sus lados Z N una perpendicular N L, cuya longitud sea doblada de cualquiera de sus lados; y tirando de sus extremos L las rectas L Z, L N, se hallará hecha la

operacion: advirtiendo, que si el punto L cayere sobre M H, sin cortar ningun ángulo H, las dos rectas, que se tirasen de L, habian de cortar por medio los lados M Z, H N, cuya práctica queda declarada sobre la Fig. 41.

4 Si cualquiera de los dos triángulos, que se representan en la figura iguales al cuadrado, se hubieren de convertir en paralelógramo, está hecho con tomar los puntos de los medios en cualesquiera dos de sus lados; y tirando por estos puntos una recta paralela al lado que quedare libre, se levantarán de los extremos de este lado dos perpendiculares á el mismo; las que encontrando con la paralela antecedente, dejarán formado el paralelógramo que se pide.

Son tantas las operaciones que pueden resultar de las que se han explicado sobre esta figura, que cualquiera que se haya enterado de estas, podrá conocer las innumerables que faltan. La demostracion es por los mismos términos que la de la proposicion pasada sobre la Fig. 41.

PROPOSICION XXXVI.

Convertir cualquiera paralelógramo en cuadrado, y cualquiera cuadrado en paralelógramo (Fig. 43).

1 Sea el paralelógramo Q S L M, que se ha de convertir en cuadrado.

Operacion.

Sobre cualquiera de sus lados mayores Q S alárguese en línea recta uno de sus menores, como S R igual á S M: hágase sobre Q R el semicírculo Q K R, y alárguese el lado M S, hasta que corte la circunferencia en el punto K, que será la recta S K perpendicular á Q R, y media proporcional entre Q S y S R: hágase el cuadrado A, cuyos lados sean iguales, cada uno á la media proporcional S K, que se obrará por la proposicion de la Fig. 24; y se concluye diciendo, que el cuadrado A es de igual superficie que el paralelógramo L S Q M.

2 Si se pidiere que sobre una recta dada se corten los dos lados de un paralelógramo, cuya superficie sea igual al cuadrado A, se ha de advertir, que si la propuesta línea fuere menor que dos lados juntos del cuadrado, no puede hacerse. Si fuere igual á ellos, será otro cuadrado igual al cuadrado A; porque la media proporcional cortaria á la dada en dos partes iguales, y cada una igual á ella. Luego es preciso que la recta dada, sobre que se pide la operacion, sea mayor que dos lados del propuesto cuadrado.

Sea, pues, la Q R: descríbase sobre ella el semicírculo Q K R: tómese cualquiera de los lados del cuadrado A y póngase en el extremo R, levantando á V; de modo, que R V sea perpendicular á Q R. Tírese la V K paralela á R Q, y cortará el arco en el punto K: tírese la K S paralela á la V R, y cortará á la R Q en S. Digo, que Q S será lado mayor del paralelógramo que se pide; y S R será el lado menor, con los cuales se perfeccionará el paralèlógramo Q S L M, y este será igual al propuesto cuadrado A.

Nota, que esta operacion no es otra cosa que hallar la division de dos líneas extremas, puestas en una recta, con la media proporcional, que se da conocida, así como cuando se dan conocidas las dos extremas, y se busca la media proporcional.

PROPOSICION XXXVII.

Convertir cualquiera círculo en paralelógramo ó triángulo, y cualquiera de estos en cuadrado, y el cuadrado en círculo (Fig. 44).

(Estampa III.)

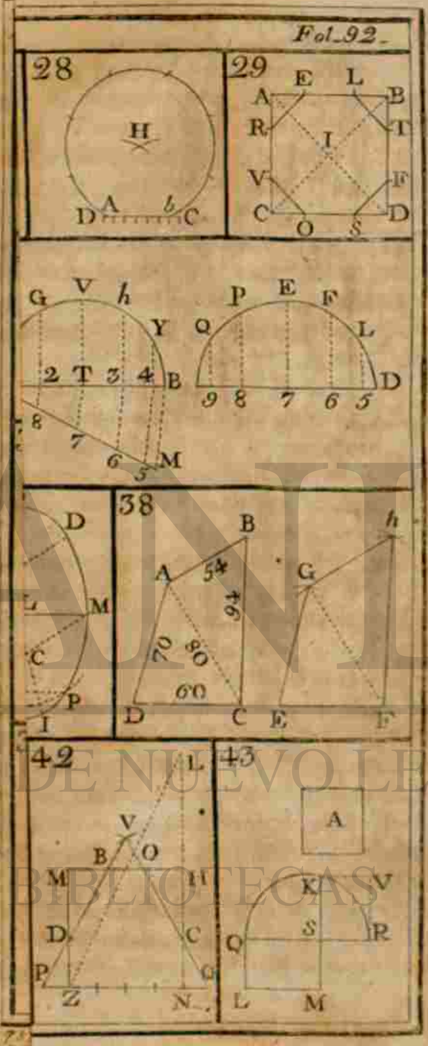
1 Sea el círculo que se ha de convertir en paralelógramo, M N: hállese su centro O, y échesele el diámetro M O N; y de cualquiera de sus extremos N tírese la N L, que se cortará igual á tres semidiámetros, como N O, y la séptima parte mas de uno de ellos: levántese de L la L H perpendicular á N L, ó paralela al diámetro N M, y que sea igual al semidiámetro O N: tírese la O H, y el paralelógramo O N H L será igual al círculo en superficie.

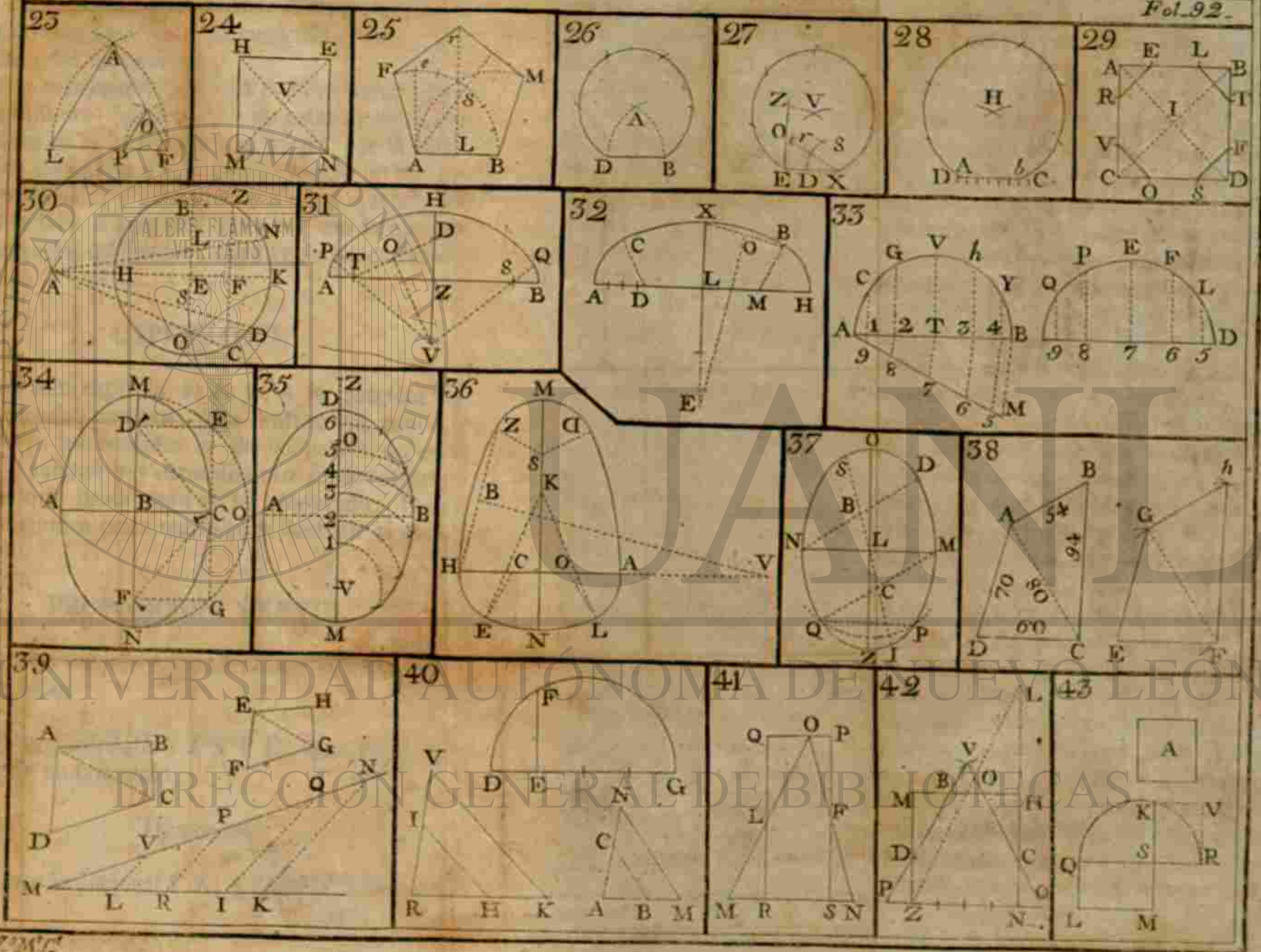
2 Si se quisiere reducir á triángulo, hágase

la N L igual á tres diámetros del círculo, y un séptimo de otro, y perpendicular al diámetro: sáquese del centro O la O C hasta el extremo L, que estará en distancia doble, cuya falta es el triángulo G H O, como se infiere de la figura; y este triángulo O H C, junto con el trapecio O N C L, compondrán el triángulo que se pide, cuya superficie será igual á la del círculo, segun doctrina de Arquímedes. Si se quisiere convertir en cuadrado, se hará por la proposicion antecedente.

3 Si el cuadrado V se quisiere convertir en círculo, divídase cualquiera de sus lados R L en cuatro partes iguales; y de cualquiera punto de la division próxima á uno de sus ángulos, que será el punto I, sáquese una recta al centro V, que será I V, y esta será el radio del círculo, cuya area será igual al cuadrado, aunque no con toda precision; porque aunque es poca la diferencia, siempre será algo mayor el cuadrado que el círculo; pero si se quisiere ajustar con mas seguridad la una area con la otra, se obrará en esta forma. Mídase el area del cuadrado, y los pies ó varas que salieren multiplíquense por 11, y el producto de todo pártase á 14; y de lo que viniere en la particion sáquese la raíz cuadrada, y esta será el diámetro del círculo que se pide; cuya regla es universal para reducir á círculo cualquiera figura plana.

Nota, que de esta proposicion se infiere, que de cualquiera figura plana se puede formar un cuadrado igual á ella con solo medir su superfi-




23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43

cie; y de esta sacar la raíz cuadrada, cuya raíz será lado del tal cuadrado.

Si la raíz cuadrada no se pudiere sacar, por ser el número irracional, ó no estar el operante impuesto en la aritmética, se sacará por la proposicion de la Fig. 19, y con un exacto pitipie se hará la medida; y para que esta salga ajustada se podrá reducir á pulgadas ó líneas, con lo que se escusarán los quebrados, cuya regla se declarará despues.

CAPITULO VI.

Con este capítulo se da fin á la práctica de la geometría, necesaria para entrar con conocimiento en las medidas y demás partes de esta obra; y aunque hay otros distintos modos de practicar lo que hasta aquí se ha declarado, tengo por suficientes estas reglas para instruir al principiante.

PROPOSICION XXXVIII.

Convertir cualquiera cuadrilátero en triángulo (Fig. 45).

Sea el cuadrilátero Z X F E, que se ha de convertir en triángulo.

Operacion.

Tírese la diagonal F Z, y de X la X R paralela á F Z, que corta el lado E Z continuado en R: tírese la F R, y queda formado el triángulo R E F igual al propuesto cuadrilátero.

Esta práctica, y la de las tres proposiciones siguientes, con todas las semejantes á ellas, que se hallan en esta obra, se prueba por la propos. 37 del lib. 1.º de Euclides; por lo que omito las demostraciones.

PROPOSICION XXXIX.

Convertir cualquiera rectilíneo de cinco lados en triángulo (Fig. 46).

El pentágono A B D C G se ha de convertir en triángulo.

Operacion.

De cualquiera ángulo B á los opuestos tírense las diagonales B G, B C, y de los ángulos inmediatos á B las rectas A H, D L, cada una paralela á su inmediata diagonal, y cortan al lado G C, continuado en los puntos H L: tírense las B H, B L, y queda construido el triángulo B H L igual al propuesto pentágono; cuya demostracion se cita en la proposicion antecedente, con la que se probará, que el triángulo V A B es igual al triángulo V H G, por tocar uno y otro en las dos parelelas A H, B G: luego quitado del pentágono el triángulo V A B, y aumentado el otro su igual V H G, se ha reducido el pentágono al cuadrilátero H B D C, á quien dándole por la otra parte el triángulo I C L, por el que se quita I B D, queda formado el triángulo que se pide B H C.

PRÓPOSICION XL.

Convertir cualquiera rectilíneo de muchos lados en triángulo (Fig. 47).

Pídese que el rectilíneo K E V L N M B se convierta en triángulo.

Operacion.

Del ángulo M tírese la diagonal M K, y del ángulo B su paralela B Z, que corta al lado K E alargado en Z, con lo cual ya se le ha quitado un lado de los que tenia la figura, tirando la M Z; porque esta echa fuera el triángulo B O M con el lado M B. Para perfeccionar los dos lados E V, V L, y quitar el ángulo entrante V, tírese la L E, cuyos puntos son dos ángulos salientes; y de V tírese la V F paralela á la L E, que corta el lado Z E en el punto F, con cuyas operaciones se halla la figura que antes era de 7 lados, reducida á solos 5 que es el pentágono irregular, el que se continuará por la proposicion antecedente hasta convertirlo en triángulo.

PROPOSICION XLI.

Reducir cualquiera rectilíneo á triángulo de otro modo (Fig. 48).

Esta es la proposicion 9 del lib. 6.°, Geometría práctica de Tosca, cuya operacion es muy del caso para la particion de tierras entre diferentes herederos, que se obrará en esta forma. Pídese que el rectilíneo D L A H, &c. se reduzca á triángulo.

Operacion.

De cualquiera ángulo A tírense á los restantes ángulos de la figura las diagonales A C, A P, A D: del ángulo H, inmediato á A, tírese la H F paralela á la diagonal A C, que corta al lado P C continuado en F: tírese la F A, y se halla la figura convertida de exágono en pentágono; porque los dos lados A H, H F, se han quedado en uno solo, que es la línea A O F: del ángulo F tírese la F T paralela á la diagonal A P, que corta al lado D P alargado en T: tírese la A T, con la que se halla el pentágono reducido al cuadrilátero A T D L: tírese la T M paralela á la diagonal A D, que corta el lado L D continuado en M; y tirando la A M, se ha formado el triángulo A M L igual al propuesto rectilíneo: lo que se puede probar midiendo ambas superficies cada una de por sí.

CAPITULO VII.

Trata de las medidas de planos, práctica propia de agrimensores, y precisa á los arquitectos políticos y militares.

PROPOSICION XLII.

De los instrumentos que sirven para echar líneas rectas en el campo, y fábrica de la escuadra (Fig. 49).

Usan algunos para echar líneas en el campo de un semicírculo graduado, que es el mismo de la Fig. 22, el cual llevan señalado en *una tabla* de dos pies de largo, y uno y medio (poco mas ó menos) de ancho, el que se asienta sobre un baston como de 5 pies de largo, al cual se le pone en un extremo una punta de hierro, como I (Fig. 49) para clavar en la tierra, y en el otro extremo se le hace una espiga redonda, sobre la que carga la tabla del semicírculo, entrando la espiga Z en un agujero, que se abre en dicha tabla en paraje que no tenga mas peso por un lado que por otro, y que fijando en tierra el baston Z I, pueda la tabla dar vueltas horizontales, hasta buscar el geómetra las líneas visuales que necesita; con cuyo artificio examinará los grados que vale cualquiera ángulo que sobre el terreno de que se tratará adelante. Pero sino quisiere valerse del semicírculo, obrará lo mismo con cualquiera escuadra, que no es otra cosa que un án-

PROPOSICION XLI.

Reducir cualquiera rectilíneo á triángulo de otro modo (Fig. 48).

Esta es la proposicion 9 del lib. 6.°, Geometría práctica de Tosca, cuya operacion es muy del caso para la particion de tierras entre diferentes herederos, que se obrará en esta forma. Pídese que el rectilíneo D L A H, &c. se reduzca á triángulo.

Operacion.

De cualquiera ángulo A tírense á los restantes ángulos de la figura las diagonales A C, A P, A D: del ángulo H, inmediato á A, tírese la H F paralela á la diagonal A C, que corta al lado P C continuado en F: tírese la F A, y se halla la figura convertida de exágono en pentágono: porque los dos lados A H, H F, se han quedado en uno solo, que es la línea A O F: del ángulo F tírese la F T paralela á la diagonal A P, que corta al lado D P alargado en T: tírese la A T, con la que se halla el pentágono reducido al cuadrilátero A T D L: tírese la T M paralela á la diagonal A D, que corta el lado L D continuado en M; y tirando la A M, se ha formado el triángulo A M L igual al propuesto rectilíneo: lo que se puede probar midiendo ambas superficies cada una de por sí.

CAPITULO VII.

Trata de las medidas de planos, práctica propia de agrimensores, y precisa á los arquitectos políticos y militares.

PROPOSICION XLII.

De los instrumentos que sirven para echar líneas rectas en el campo, y fábrica de la escuadra (Fig. 49).

Usan algunos para echar líneas en el campo de un semicírculo graduado, que es el mismo de la Fig. 22, el cual llevan señalado en *una tabla* de dos pies de largo, y uno y medio (poco mas ó menos) de ancho, el que se asienta sobre un baston como de 5 pies de largo, al cual se le pone en un extremo una punta de hierro, como I (Fig. 49) para clavar en la tierra, y en el otro extremo se le hace una espiga redonda, sobre la que carga la tabla del semicírculo, entrando la espiga Z en un agujero, que se abre en dicha tabla en paraje que no tenga mas peso por un lado que por otro, y que fijando en tierra el baston Z I, pueda la tabla dar vueltas horizontales, hasta buscar el geómetra las líneas visuales que necesita; con cuyo artificio examinará los grados que vale cualquiera ángulo que sobre el terreno de que se tratará adelante. Pero sino quisiere valerse del semicírculo, obrará lo mismo con cualquiera escuadra, que no es otra cosa que un ángulo recto, compuesto de tres listones de madera ligera, y bien labrada, cuya forma se representa en la figura. A D, D B son las dos piernas de la escuadra, que forman el ángulo recto en D; y para probar si la escuadra es buena, se hace en cualquiera plano bien llano un semicírculo, cuyo diámetro sea igual á la abertura de las dos piernas, como se demuestra en la figura; y asentando las puntas esteriores de ellas sobre los extremos del diámetro, se hallará que el ángulo D, si es recto, tocará justamente en la circunferencia, y la escuadra será fina: si saliere fuera del semicírculo el ángulo D, será agudo, y si quedare dentro, será obtuso, el que se remediará, si es agudo, labrando á las piernas lo necesario por D; y si es obtuso por A y B sujetando las dos piernas con la riosta *c o.* Esta escuadra sirve de nivel para muchas prácticas, que son bien sabidas de los profesores, y por tan comun no se necesita esplicarlas, pues para nivelar solo se le pone la plomada E colgada con un hilo del ángulo D.

Nota, que para muchas operaciones de las que se han de practicar es preciso que las piernas de la escuadra sean iguales por no usar de cuentas largas. Pero es de advertir, que cuando se prueba una escuadra, pueden ser las piernas desiguales, lo que se conocerá si cuando se asienta sobre el semicírculo, deja mas circunferencia á una parte del ángulo D, que á la otra; pues la pierna mayor siempre cogerá mas parte del arco que la menor; y siendo las dos piernas iguales, tomarán iguales partes de la circunferencia.

Con esta escuadra se usará de este modo. Asiéntese en el suelo horizontalmente, y arrimándole la regla N L de modo, que un extremo de ella toque el ángulo D, y el otro esté levantado; y teniéndole con la mano, sin bajarse el operante, tirará la visual adonde tuviere necesidad, encaminando por ella la pierna de la escuadra, que le correspondiere, sin apartarse el ángulo D de la regla N L, y todas las visuales se podrán señalar sobre el terreno con algunos piquetes ó estaquillas de caña, ó palos delgados, por si se ofreciere tender alguna cuerda en la línea, para egecutar alguna operacion, como es corriente suceda muchas veces. Otros muchos instrumentos hay para obrar estas operaciones; pero tengo este por menos prolijo, y bastante seguro para la práctica de agrimensores.

PROPOSICION XLIII.

De la regla de numerar partidas crecidas para excusar quebrados en las cuentas de medir.

El ser buen aritmético el agrimensor es muy conveniente: en esto puede imponerse por alguno de los muchos maestros que la enseñan, ó por medio de algun libro, de que hay bastante abundancia: pero aunque sea aritmético grande, todos apetecen la facilidad en las cuentas; y mas cuando nos vienen tantos y tan insensibles quebrados, que no merecen estimacion al parecer;

pero en grandes partidas, que se deben multiplicar por ellos, se siguen bastantes perjuicios á los que compran ó venden; y el que quisiere acertar sin mucho trabajo en sus cuentas, lo tiene comprendido sabiendo numerar una larga serie de números; pues siendo la primera de las cinco reglas llanas de aritmética la de el numerar (que algunos toman por primera la segunda, que es sumar), he visto á muchos contadores, que en llegando á 13 la serie ó línea de números de una suma, dicen no se puede numerar mas, y concluyen diciendo, cuento de cuentos: y es por no haber entendido la primera regla, que, como se ha dicho, es el saber numerar; lo que está comprendido con la serie de números siguientes, á cuya continuacion se explica el modo de colocar los números, y saber nombrar la partida.

4 5 6 0 2 3 7 9 5 8 4 0 1 7 3 8 2 9 3 4 6 7 5
3 2 1 0

En la presente partida se hallan 23 números; y para saber lo que importan se comenzarán á contar del primero de la mano derecha del que lee, que es un 5, cuyo lugar es la unidad, al que se le pondrá un cero, como parece en la figura; y contando (inclusive el 5) siete números, se encuentra en la serie un 2: asiéntese debajo de este 2 el 1; y volviendo á cortar otros siete números (inclusive el 2) toca un 4: póngase un 2 debajo del 4, y cuéntense otros siete números (inclusive este 4) y alcanzan en un 2, á quien se le pondrá debajo el 3; y si hubiese muchos mas números en la serie, se continuaria siempre

de 7 en 7, poniéndoles debajo el 4, el 5, el 6, &c.: mas porque los que quedan no llegan á siete, se parará en el 4, y comenzará á contar por el 4 primero de la mano izquierda; y porque el 2, que está sobre el 3, debe suponerse como unidad, se dirá 452600, y 2 tricuentos. Pásese al 3 que sigue, diciendo 3792584 bicuentos; y porque el cero que sigue al 4, no supone nada, se pasará al 1, diciendo 172382 cuentos; y continuando con el 9, se concluirá 9342675 pulgadas, ó líneas superficiales, que se partirán á las que tuviere el pie ó vara, ó lo que fuere, de que se tratará luego. Para numerar contando desde la unidad, que es el número 5 de la mano derecha, se comenzará de él diciendo unidad: en el 7, decena: en el 6, centena: en el 4, millar: en el 3, decena de millar: en el 9, centena de millar: en el 2, que está sobre el 1, cuento; y se continuará en el 8, decena de cuento: en el 3, centena de cuento: en el 7, millar de cuento; en el 1, decena de millar de cuento; y pasando al 4, se dirá bicuento; continuando así hasta el 2, que está sobre el 3, que se dirá tricuento: y si mas atrás hubiere 4 se dirá cuadricuento, prosiguiendo infinitamente por este órden.

PROPOSICION XLIV.

De las medidas que debe usar el agrimensor, y en qué forma.

Las medidas no son iguales en todas partes; porque en unos reinos se mide con cuerdas y en otros con varas de cierto número de pies: á unas dan el nombre de perjas, y á otras de pértigas, estadales, &c., y en cada país se debe sujetar el medidor á la costumbre establecida, para componer las fanegas, ó caizadas de tierra, que tienen por legítimo; y aunque se diferencia en que en unos paises son las fanegas de mas número de pies que en otros, no por esto es diferente el arte de medir, porque informado el medidor de aquella medida, que usan, con ella practicará las mismas operaciones que practicaria con la que estuviere versado; y porque en las mas provincias es la medida mas universal el pie, y este es en unas mayor, y en otras menor, el que mas ordinariamente se usa en cada país es del que se valen todos los profesores de Arquitectura política y militar.

En estos reinos de Castilla se hace la division del pie en 16 partes iguales, que llaman dedos; y cada dedo en 4 granos que dicen ser 4 granos de cebada, juntándolos de lado; y cada grano se divide en 6 partes, á las que llaman cabellos, y esta es la medida que se usa en Madrid.

Los ingenieros dividen el pie en 12 partes iguales, á las que llaman pulgadas; y cada pulgada en otras 12 partes, á las que llaman líneas; y aun cada línea dividen algunos en otras 12 partes, á las que llaman puntos; y tengo por mejor esta division del pie que la antecedente, porque el número 12 tiene mejores divisiones que el 16, y el que sepa hacer sus operaciones por uno, las puede hacer por otros muchos; y así me valgo del pie de Castilla, que siguiendo á los ingenieros, será el número 12.

La medida ordinaria es una vara, cuya longitud es tres pies, y esta se acostumbra en estos reinos de España, aunque en algunos es menor el pie, que en Castilla; pero al fin, en todas partes se le dan 3 pies á la vara, los que con facilidad se reducen de una provincia á otra. Dividiendo en mil partes iguales la longitud del un pie, y ajustándolas con el otro, se vé las que ellos se exceden en mas ó menos de aquellas milésimas, ó centésimas, ó cualquiera otro número en que se quisiere hacer la division, cuya regla se obrará por la proposicion 13.

Las medidas de los agrimensores son distintas, segun los casos; porque si se hacen para segadores, sembradura, ó pasto de ganados, se miden por la superficie que tiene el terreno; y cuanto mas imperfecciones tuviere este, mas superficie se le hallará en la medida: pero si este se hubiere de medir para dar término á alguna villa ó lugar, ó que fuere vendido de un dueño á otro, para levantar sobre aquel terreno algun edificio, en estos casos se debe medir por la basa horizontal, que es el plano menor que se puede hallar en el terreno, de cuyas medidas se tratará sobre la fig. 63 de esta estampa.

Para toda clase de medidas debe usarse de cuerdas y varas; porque con las unas ó las otras solas puede cometerse error. Las cuerdas son mejores de esparto bien torcido, que las de cáñamo: aquellas en tiempo húmedo se llevan mojadas, y en tiempo seco, secas; y asentándolas en las líneas que se han de medir, sobre las mismas cuerdas se van contando las varas, haciendo la medida á lo menos con dos de estas: de modo, que asentadas las dos varas sobre la cuerda, se levanta la una, y se pasa á juntar la testa de ella con la de la otra, procurando que no se muevan de su lugar al tocarse; y cualquiera medida, que así se haga, saldrá cierta; y aunque se vuelva á medir en otra ocasion, no se hallará diferencia, como se hallaria si solo se midiese con cuerda, porque esta tan pronto se da, como se encoge. Con las varas solas puede tambien cometerse error: este será siempre contra el comprador; porque saliéndose de la línea de las cuerdas unas veces á una parte, y otras á otra, será mas larga la línea que ha medido, que la que debiera medir, como deja conocerse por razon natural.

Las medidas son lineales, superficiales y cúbicas. Medida lineal es la que solo mide por línea recta, ó cualquiera otra, sin dependencia de lo ancho. Medida superficial es la que consta de dos líneas, una por lo largo y otra por lo ancho, cuyas dos dimensiones se multiplican los pies ó partes de la una por los de la otra, y lo que resulta de la multiplicacion son los pies ó partes iguales cuadrados del plano que se ha medido. Medida cúbica es la que se hace en los sólidos, midiendo lo largo, ancho y alto ó profundo; y multiplicando estas tres dimensiones unas por otras, se hallan los pies cúbicos, que tiene el

cuerpo que se mide, de que se trata en el libro siguiente.

PROPOSICION XLV.

Medir un campo cuadrado ó paralelógramo (Fig. 50).

Sean los lados del paralelógramo A*b*, *dc* menores, y A*d*, *bc* mayores (que si fueran iguales sería cuadrado); mídase cualquiera de los dos lados mayores y tenga 60 varas: mídase otro lado de los menores y tenga 34 varas: multiplíquense 60 por 34, y el producto 2040 serán las varas que tiene cuadradas el campo A*b*, *cd*, las que se reducirán á pies superficiales multiplicándolas por 9 pies que tiene cada vara superficial; porque 3 que ella tiene de largo, por otros 3 que tiene de ancho, hacen 9; luego multiplicando 2040 por 9, montan 18360 pies, que se partirán á los que tuviere la pértiga ó estadal, ó á los que correspondiere á la fanega ó medidas del país.

Nota, que si este campo estuviere en un plano inclinado, como sucede en la falda de un monte, podria ser su altura sobre el lado A*b* tanta como la misma A*b*: luego en este caso los lados mayores A*d*, *bc*, serían iguales á la diagonal *db*: con que habiéndose de medir para venta, se habia de medir por la basa A*d* y no por la diagonal *bd*, de que se tratará sobre la figura 63.

PROPOSICION XLVI.

Medir cualquiera triángulo (Fig. 51).

Elíjase cualquiera de los lados del triángulo H Z C, y sea (por caso) el mayor, que es H Z: tírese de H á Z una cuerda, que se sujetará por sus extremos con dos estacas bien clavadas, una en el ángulo Z y otra en H; y si la cuerda no llegare á toda la línea se clavará en ella la una estaca donde alcanzare la cuerda; pero en paraje que la pueda cortar la perpendicular C F. Para hallar esta perpendicular llévese la escuadra de modo que la una pierna de ella vaya ajustada por la línea Z H, hasta que por la otra se corte con una visual el ángulo opuesto, lo que sucederá en llegando el ángulo de la escuadra al punto F, como parece en la figura; y midiendo la distancia F C, que es la perpendicular, se multiplicará por los pies ó varas que tuviere la H Z, y la mitad de lo que saliere á la multiplicacion será la area del tal triángulo.

Ejemplo.

Tenga la perpendicular F C 36, y la basa H Z 69: multiplicada una línea por otra hacen 2484, que son las mismas que tendria un paralelógramo, cuyos dos lados mayores fueran H Z, K Q, iguales al lado mayor ó basa del triángulo H Z; y los menores H K, Z Q, iguales á la per-

pendicular F C. Luego siendo el triángulo H Z C mitad del paralelógramo H K Q Z, cuya superficie es 2484 varas, su mitad 1242 será la area ó superficie del triángulo, como se demuestra en la figura; pues siendo igual el triángulo H C K al H C F, y asímismo el triángulo Z C Q al Z C F, se ha hecho la medida doble de lo que el triángulo tiene; luego este es mitad de la area que se ha medido por todo el paralelógramo.

La misma cuenta saldrá si se multiplica la mitad de la perpendicular por toda la basa, ó la mitad de la basa por toda la perpendicular.

Nota, que la perpendicular F C se puede medir sin cruzar por dentro del triángulo, lo que puede suceder por estar el terreno regado ó haber algun otro embarazo, de ser viña ó sembrado de algunos frutos delicados que se pudieran perder cruzando por ellos, en cuyo caso se obrará de este modo: Habiendo hallado con la escuadra el punto F, sobre el que debe cortar la perpendicular F C, se clavará un piquete en F y se llevará la escuadra por la línea F H hasta que se halle en la línea un punto como L, que echando una línea visual por los extremos de las piernas de la escuadra se corte el punto C, que será la visual L C; y siendo iguales las piernas de la escuadra, serán tambien iguales la perpendicular F C y la porcion F L: luego esta se puede medir sin entrar en el triángulo, como tambien todo el lado H Z; y obrando como antes, se medirá este triángulo ó cualquiera otro que fuere (Esta regla es universal para toda especie de triángulos).

Si las piernas de la escuadra fueren desiguales, como por ejemplo si la que asienta sobre el lado H Z tuviese 2 pies y la sexta parte de otro pie, y la otra pierna, que mira de F á C tuviere 3 pies y un cuarto de otro pie, se reducirán los pies á pulgadas: y porque cada pie es 12 pulgadas, tendrá el lado ó pierna de la escuadra por los 2 pies y un sexto 26 pulgadas; y por el otro lado de 3 pies y un cuarto, tendrá 39 pulgadas; mídase, pues, la porcion de línea F L, que ahora se supone ser menor que la perpendicular C F, y tenga por caso 24 varas: hágase una regla de tres, diciendo: Si 26 pulgadas, lado menor de la escuadra, me dan 39 pulgadas en el lado mayor, 24 varas que tiene la línea F L ¿cuántas varas me dará en la perpendicular F C? Multiplíquese el segundo número por el tercero, y el producto pártase al primero, y lo que viniere á la particion serán las varas que tendrá la perpendicular.

Ejemplo.

Multiplico el segundo número 39 por el tercero 24, y el producto 936 parto á 26, que es el número primero, y vienen á la particion 36, y estas son las varas que tendrá la perpendicular F C. Si no salieren varas justas en las líneas, se hará la medida por pies ó por pulgadas; y partiendo estas á las que corresponde á cada pie ó vara, se hará la reduccion como se ha prevenido antes.

PROPOSICION XLVII.

Medir cualquiera trapecio (Fig. 52).

Sea un trapecio, que se ha de medir el cuadrilátero A B D E: divídase en dos triángulos, tirando una diagonal de cualquiera de sus ángulos al otro su opuesto, y sea la oculta A D: mídase cada triángulo de por sí, segun se ha hecho en la proposicion antecedente, que será hallando las perpendiculares con la escuadra, y será la del uno F A, y la del otro S A, como se representa en la figura, y no se necesita repetir la práctica por ser la misma antecedente.

Sino se quisiere echar la diagonal A D, se pondrá un piquete en A, y en el lado E D se hallará con la escuadra el punto F, y en el D B el punto S, que son los que corresponden á las perpendiculares; y en todos los demás que se ofreciere, se seguirán las reglas dadas en la proposicion antecedente.

PROPOSICION XLVIII.

Medir cualquiera cuadrilátero, cuando tiene dos lados paralelos (Fig. 53).

Si el trapecio, que se hubiere de medir, tuviere dos lados paralelos, como el lado D P con el lado L Q, que distan igualmente uno de otro, no hay necesidad de reducirlo á triángulo, sino presentar la escuadra en cualquiera de dichos lados, y en cualquiera punto E, de donde se echará la visual E S, que cortará al lado D P en S: mídase la E S, y tenga por ejemplo 30 varas: mídanse los dos lados mayores, y tenga el uno L Q 65 varas; y el otro D P 50 varas: súmense los dos lados 65 y 50, y serán 115: tómese la mitad, que son 57 y medio: multiplíquense estos 57 y medio por los 30 de la perpendicular, y montarán 1725, y tantas varas superficiales tendrá la propuesta figura.

PROPOSICION XLIX.

Trata de medir toda suerte de triángulos, y sacar sus perpendiculares por la noticia de sus lados.

Para los que carecen de Aritmética son suficientes las reglas de las proposiciones antecedentes; pero siendo medianos aritméticos, podrán hacer las operaciones sin la escuadra, lo que se obrará por la doctrina de Moya, Geometría práctica, lib. III, cap. 5, que será como se sigue.

1 Porque en la propos. 46 del 1.º de Euclides se prueba, que en todo triángulo, que tuviere un ángulo recto, es el cuadrado de su lado opuesto igual á los cuadrados de los dos lados, que forman este ángulo, de que se ha tratado en la proposicion 4 de este libro, es fácil la práctica de medir cualquiera especie de estos triángulos; pues midiendo los lados que forman el ángulo recto, y multiplicando uno por otro, la mitad de lo que saliere á la multiplicacion será

el valor de la superficie de aquel triángulo, ó bien multiplicando la mitad de cualquiera lado por todo el otro (sin hacer caso del lado mayor, que será el lado opuesto al ángulo recto), saldrá la misma cuenta por una regla que por otra: luego el triángulo que tuviere alguno de sus tres ángulos rectos, no necesita de buscarle perpendicular ninguna dentro de él; pues los dos de sus tres lados son perpendiculares uno á otro: luego este triángulo tiene dos perpendiculares. El triángulo rectángulo puede ser isósceles ó escaleno: isósceles será, si los dos lados, que forman el ángulo recto, son iguales; pero siendo desiguales, será escaleno, y en ninguno de los dos casos habrá lado tan largo como el opuesto al ángulo recto.

2 Los triángulos equiláteros, y los triángulos isósceles, se miden por una misma regla, hallándoles primeramente la perpendicular, que se hace en esta forma. Mídase uno de sus dos lados iguales, y los pies, ó varas, que tuviere, multiplíquense por sí mismo (que es lo mismo que medir un cuadrado, cuyos cuatro lados fuesen cada uno igual al lado del triángulo): tómese la mitad del lado desigual, si fuere isósceles, ó de cualquiera otro, si fuere equilátero, pues los tres lados serian iguales: cuádrese tambien la mitad de este lado, como se ha hecho con el lado antecedente: réstese el cuadrado menor del mayor, y de la resta sáquese la raíz cuadrada, y esta será la perpendicular del triángulo, con la cual, y el lado, que esta debe cortar en ángulos rectos, se hará la medida por las reglas antecedentes.

3 Si fuere un triángulo escaleno, fig. 51, cuya perpendicular C F no puede caer enmedio del lado H Z, se sabrá á qué distancia de H corresponderá el punto F, obrando en esta forma: Tenga por caso el lado H Z 21 varas, el H C tenga 17, y el menor Z C tenga 10 varas: cuadrense los dos lados mayores, que multiplicando 21 por 21, hacen 441, y 17 por 17 hacen 289: juntas las dos partidas, montan 730; réstese de estos el cuadrado del lado menor, que es 100, y quedan 630: estos se partirán al duplo de la línea H Z, que es 42 varas, y vendrá á la particion 15, y estas son las varas que habrá de H á F: luego conocida la distancia H F 15, se sabrá, que F Z tendrá 6, que es el complemento hasta 21 que tiene todo el lado H Z. Para saber qué varas tiene la perpendicular F C cuádrese la F H, que es 15, y multiplicados por sí, montan 225: restense estos del cuadrado del lado H C, que es 289, y quedarán 64: sáquese la raíz cuadrada de 64, que es 8, y serán 8 varas las que tendrá la propuesta perpendicular; que tomando su mitad 4, y multiplicando estas por las 21, que tiene todo el lado H Z, serán 84, y tantas varas superficiales se dirá que tiene el propuesto triángulo. Si la raíz cuadrada no se pudiere sacar por Aritmética por ser los números imperfectos, se hará por la regla de la fig. 19, estampa I.

Otra regla pone Moya en el cap. 5, art. 8, que se mide cualquiera triángulo sin dependencia de la perpendicular, y es la siguiente.

Sea un triángulo, cuyos lados tengan, por

ejemplo, uno 26, otro 28, y el otro 30: súmense todos, y montan 84: tómese su mitad 42, y de estos se restarán los tres lados del triángulo cada lado de por sí; y quitando de 42 el primer lado, que es 26, quedan 16, y quitando de los 42 el segundo lado 28, quedan 14; y quitando de los mismos 42 el tercer lado, que es 30, quedan 12: multiplíquense estas tres rectas una por otra, que son 12, 14 y 16, y montará el producto de todas 2688: multiplíquese esta partida por 42, mitad de la suma de los tres lados del triángulo, y montarán 112896: la raíz cuadrada de esto será la area del propuesto triángulo, que segun la regla son 336.

PROPOSICION L.

De las proporciones del círculo entre la circunferencia y diámetro (Fig. 54.).

Para medir los círculos y sus partes, es nesario tener entendida la proporcion que guardan entre sí el diámetro con la circunferencia, ó la circunferencia con el diámetro; porque sabido lo uno, se halla lo otro; y aunque hasta ahora no se ha podido ajustar la proporcion que debe tener uno con otro, se han aproximado mucho algunos autores, que sobre esto han trabajado. Los que mas estimacion han merecido hasta hoy, han sido Archimedes, Adriano Mercio, y Luis de Ceulen. A este (conforman muchos) se le debe seguir por ser mas aproximado á la exactitud;

pero por la facilidad de menos números, está mas bien recibida la doctrina de Archimedes. De todos se pone á continuacion, para que cada uno use de la que mejor le acomodare.

Archímedes.	Diametr.	7	Circunf.	22
Adriano.	Mercio.	71		223
Ceulen.		100		314

Por cualquiera de las reglas de los tres memorables varones se pueden obrar las medidas del círculo, sin temor de reprueba (hasta que Dios sea servido iluminar algun docto, que halle las legítimas proporciones, que será hallar la cuadratura del círculo). Y siguiendo la doctrina de Archimedes, por ser la mas fácil, será el diámetro 7, y la circunferencia 22, cuya línea si se tiende en recta, será igual á tres diámetros, y la séptima parte de otro: como si el diámetro PS (Fig. 54) tuviese 7 varas de largo, la línea, que rodea el círculo tendida en recto, sería de 22 varas; esto entendido, supongamos que el círculo PS tuviese de diámetro 35 varas, y con esta noticia se quiere saber la circunferencia: esto se puede obrar de dos modos, que son los siguientes.

Hallar la circunferencia por la noticia del diámetro.

1 Suponiendo que el diámetro sea 35 varas, se hará la regla de tres diciendo, si 7 de diámetro de un círculo conocido me dan 22 de circunferencia; el diámetro 35 de otro círculo que voy

á medir, qué circunferencia me dará? Multiplíquese el segundo número por el tercero, y el producto pártase al primero, y lo que viniere á la particion será la circunferencia que se busca.

Ejemplo.

El primer número es 7, el segundo 22, y el tercero 35: multiplíquese 22 por 35, y el producto 770 pártase á 7, y vendrán á la particion 110, y esta será la circunferencia.

Nota, que el tercer número ha de ser de la misma calidad que es el primero, y el segundo ha de ser de la del que se busca, que será éste un cuarto proporcional: de modo, que si el primero es del diámetro, tambien lo ha de ser el tercero de otro diámetro; y siendo el segundo para la circunferencia, esta será la que saldrá en el cuarto; y si se trocasen los lugares, sería la regla indirecta; esto es, que si dijesemos: si 22 de circunferencia dan 7 de diámetro, 35 de diámetro, qué circunferencia me darán? En este caso no saldrá la cuenta, y es menester colocar los números como se ha dicho; pues algunos por probar al sugeto suelen echar de estas cuentas.

2 De otro modo se saca tambien la circunferencia con la noticia del diámetro; y suponiendo sea el mismo diámetro 35, como antes, multiplíquense los 35 por 3, y un séptimo, y tres veces 35 serán 105, y tomando la séptima parte de los 35, que es valor del diámetro, serán 5,

y aumentados á los 105, serán 110, número igual al que salió por la regla antecedente, siendo esta mas breve que la otra.

Conocida la circunferencia, hallar el diámetro.

Sea la circunferencia de un círculo 110 varas: pídese su diámetro.

Operacion.

Si 22 de circunferencia me dan 7 de diámetro en un círculo conocido, 110 de circunferencia de otro círculo, qué diámetro me darán? Multiplíquese como antes el segundo número 7 por el tercero 110, y el producto 770 pártase á 22, y vendrán á la particion 35, y este será el diámetro que se busca, con cuyas reglas se entrará con facilidad en las medidas siguientes.

PROPOSICION LI.

De la medida de la superficie del círculo (Fig. 54).

Varias son las reglas que hay para medir las areas de los círculos; aquí solo nos valdremos de dos, por ser las mas ordinarias y menos prolijas.

1 Sea conocido el diámetro. Tenga 7; la circunferencia 22; multiplíquese la mitad de 22, que es 11, por la mitad de 7, que es 3 y medio, diciendo: Tres veces 11 son 33; y media vez 11, son $5\frac{1}{2}$, que juntos con los 33, hacen $38\frac{1}{2}$, y esta es la superficie del propuesto círculo; y del mismo modo se sacará de cualquiera otro, multiplicando siempre la mitad del diámetro por la mitad de la circunferencia. La razon de esto se funda en la práctica de la fig. 44; porque siendo igual el paralelógramo O N H L al círculo, los lados mayores son iguales á la mitad de la circunferencia, cada lado de por sí, y los menores tambien son cada uno igual á la mitad del diámetro O N segun Archímedes.

2 Tambien se halla la superficie del círculo con brevedad, multiplicando el diámetro en sí, y el producto por 11, y lo que sale se parte á 14, y lo que viene al cociente es el area del círculo.

Ejemplo.

Sea el diámetro 7, que multiplicado en sí, son 49, y estos multiplicados por 11, montan 539, que partidos á 14, vienen al cociente 38, y $\frac{7}{14}$, que es lo mismo que medio, como por la regla antecedente; y así se obra con el diámetro de cualquiera círculo, sea grande ó chico.

Esta práctica se funda en la fig. 61 de esta estampa; porque segun Archímedes, el cuadrado, cuyos lados son iguales cada uno al dimetro del círculo, tiene la area del uno á la del otro la proporcion de 14 á 11; esto es, que si el círculo, fig. 61, tuviese de area 11 varas, el cuadrado P Q L F tendria 14 varas: luego los cuatro triángulos, que quedan fuera del círculo, entre su circunferencia, y ángulos del cuadrado, deberán tener 3 varas de area los cuatro juntos, que es el exceso que hay de la superficie del círculo á la del cuadrado de su diámetro: luego en todo círculo, si se cuadra el diámetro, se figura el cuadrado; y multiplicando este por las 11 partes que debe tener el círculo, y lo que sale partirlo á las 14 del cuadrado, vienen al cociente solo las que pertenecen á la superficie del círculo.

PROPOSICION LII.

Medir el area del semicírculo (Fig. 54).

Habiendo entendido la medida del círculo, fácil es la del semicírculo, por ser mitad suya; pues midiéndolo por entero, y sacando la mitad de su importe, es hecha la operacion; pero porque á esta se siguen otras partes del círculo, será bien darle su medida separada. Sea, pues, P 22 S el semicírculo que se ha de medir; y porque el diámetro pasa por el centro, se tomará su mitad, que de 7 es $3\frac{1}{2}$: tómese la mitad de su circunferencia, que de 11, que tocan al semicírculo, serán $5\frac{1}{2}$: multiplíquese $5\frac{1}{2}$, mitad de la circunferencia del semicírculo, por $3\frac{1}{2}$, mitad de su diámetro, y saldrán 19 y cuarto, y esta será la superficie del propuesto semicírculo, cuya operacion es regla general para cuantos se ofrecieren medir.

PROPOSICION LIII.

Medir sectores (Fig. 55).

Sector es cualquiera parte de círculo, compuesta de dos radios, ó semidiámetros, y alguna porcion de su circunferencia, mayor ó menor que la mitad de toda la del círculo.

1 Sea, pues, el sector A *r* D: mídase cualquiera de sus radios A D, ó A *r*: mídase tambien su circunferencia *r* N D; y multiplicando el radio A D por la mitad de la circunferencia *r* N D, saldrá al producto la superficie del sector: ó multiplíquese la mitad del radio por toda la circunferencia del arco *r* N D, y saldrá lo mismo; ó multiplicando todo el radio por toda la circunferencia del sector, y tomar la mitad del producto, será la misma cuenta.

2 Si los radios del sector fueren A D, A *r*, y el arco de su circunferencia *r* X D mayor que semicírculo, se hará la medida midiendo el círculo por entero (51); y restando el sector A *r* D, segun se ha medido, quedará en limpio la area del sector A *r* X D; y así se obrará con todos sus semejantes.

PROPOSICION LIV.

Medir segmentos de círculo (Fig. 55).

1 Si el segmento fuere menor que el semicírculo, como es el que forma la cuerda *r* D, y el arco *r* N D, hállese el centro (por la proporcion de la fig. 9, estampa I), y fórmese el sector A *r* N D: mídase este por la proposicion antecedente, y de su producto réstese el triángulo A *r* D; y lo que quedare será la area del segmento *r* N D, y así se obrará con todos los segmentos, que sean menores que el semicírculo. Adviértase, que á mas de la regla antecedente, se pueden medir todos los sectores con mucha seguridad, presentando el semicírculo (Fig. 22.) sobre el centro de esta (Fig. 55.); y ajustando la línea M H de aquella sobre A *r* de ésta, de modo, que el centro M se ajuste sobre el centro A: se verá los grados que corta el semicírculo graduado en el arco del sector *r* N D; y midiendo el círculo, como si fuera entero, se sabrá la area de todo él, y se forma una regla de tres en esta forma: Si 360 grados, que vale todo el círculo, me dan tantas varas superficiales de area; los grados que vale el arco del sector que mido, qué varas me darán? Multiplíquese el segundo número por el tercero, y el producto pártase al primero, y lo que viniere al cociente será la area del sector que se busca, sea mayor ó menor que el semicírculo.

2 Si el segmento fuere mayor, como el que se compone con la cuerda *r* D, y el arco *r* X D, se medirá el círculo por entero, y de su area se restará el sector menor, y quedará la area del mayor, que se compone de los dos radios A D, A*r*, y del arco *r* X D, á quien se le añadirá el triángulo *r* D A, y quedará la medida que se desea.

PROPOSICION LV.

Medir cualquiera figura mixtilínea, compuesta de dos cuerdas y dos porciones de circunferencia (Fig. 56).

Figura mixtilínea es cualquiera que se compone de líneas rectas y curvas.

Sea, pues, la que se ha de medir I V S H: de los extremos de las rectas tírense las ocultas V S, I H, y mídase el cuadrilátero H I V S (por las reglas de las fig. 52 ó 53 de esta estampa): guárdese el número de sus varas; y porque faltan que medir los dos segmentos I H, V S, hállense los centros de sus arcos por la proposicion de la fig. 9, estampa I, y se hallará que el centro del arco V S es el punto O: fórmese el sector O V S, y mídase por la prop. 53 de la figura antecedente; y restando de esta superficie del sector la que saliere del triángulo S V O, quedará la del segmento V S, que se juntará con la que se guardó del cuadrilátero. Hágase lo mismo con el segmento I H, hallando el centro de su arco en O; y formando el sector O I H, se medirá como el antecedente, y restándole su triángulo I H O, quedará la area del segmento H I, que se juntará tambien con la del cuadrilátero; y sumando las areas de los dos segmentos V S, I H con la del cuadrilátero H S V I, será la suma las varas que tendrá de area el propuesto mixtilíneo; y así se obrará con cualesquiera otros, por irregulares que sean.

PROPOSICION LVI.

Medir cualquiera figura lúnula, menor que semicírculo (Figs. 57 y 58).

Figura lúnula es cualquiera que se compone de dos líneas curvas, formando donde estas se juntan dos ángulos curvilíneos.

1 Pídese, pues, que se mida la lúnula P H Q (Fig. 57).

Operacion.

Hállese el centro del arco mayor P H Q, que será en D: tírense las rectas D P, D Q, y se ha formado el sector D P H Q: mídase este por las reglas antecedentes, y guardese el producto de varas de su area.

Tírese la recta P Q; y midiendo el triángulo D P Q, se restará su area de la del sector, y la que quedáre será del segmento P Z Q H; y porque de esta falta que quitar el segmento, que hay entre H y Z, hállese el punto B, centro del

arco P Z Q: tírense las rectas B P, B Q, y se ha formado otro sector P Z Q B: mídase este por las reglas antecedentes, réstese del segmento P Z Q H, y añádase al dicho segmento el triángulo P Z Q B. La razon de esto se expresa claramente en la figura, y la operacion que se ha hecho, y no es necesario mas demostracion.

2 Si la lúnula fuere mayor que semicírculo, como A M A V (Fig. 58.), hállese el centro de su mayor arco A M A en el punto Z, y desde este centro con la distancia Z A cúmplase el círculo con la curva A T A: mídase este círculo por entero (51), y de su area se ha de restar la porcion A V A T, la cual es compuesta de dos porciones menores del círculo. Y para restar el segmento A T A, mídase el sector Z A T A, y de su area réstese la del triángulo A A Z, y quedará la del segmento, que se restará la de este, de la que salió en el círculo. Del mismo modo se medirá el segmento A V A, hallando el punto C, centro del arco A V A; y formando el sector C A V A, se medirá este como el antecedente, y de su area se restará la del triángulo A A C, y la que quedáre será la que tiene el segmento V, que se restará tambien de la area del círculo; y lo que quedáre despues de haber restado los dos segmentos que acabamos de medir, será la superficie de la propuesta lúnula A V A M.

PROPOSICION LVII.

Medir cualquiera segmento de lúnula, ó triángulo mixtilíneo (Fig. 59).

Habiendo entendido las medidas antecedentes, no tendrá el medidor dificultad en medir cuantas figuras difíciles se le presentaren; y siendo de las mas dificultosas el triángulo mixtilíneo P T V, con la práctica de este acabará de quedar satisfecha su inteligencia. Pídese, pues, que se mida el dicho triángulo.

Operacion.

Hállese el centro del arco V S P, que será en el punto Q: fórmese el sector Q V S P: mídase el area de este sector como las antecedentes; y tirando la cuerda V P, mídase el triángulo V P Q: réstese la area de este triángulo de la que salió en el sector, y la resta será la del segmento V O P S, en la cual entra parte de superficie, que no es de la figura, como se vé entre la porcion de cuerda y arco O P. Mas no por eso se ha de dejar de contar toda la superficie del segmento V O P S.

Hecho esto, hállese el centro del otro arco T O P, que será el punto C: tírense las C T, C P, y se ha formado un cuadrilátero C T V P: mídase este cuadrilátero por las reglas de la figura 52; y juntando su area con la del segmento V O P S, serán las dos areas juntas toda la superficie comprendida entre las letras P C T V S, de la cual se ha de restar el sector C T O P, cuya operacion es la misma que las antecedentes; y habiendo restado este sector, como se ha dicho, quedará la area de la figura que se pide.

Aquí se vé ahora, que no importa haber medido en el segmento la porcion que sale de la figura entre la parte de cuerda, y arco O P; porque siendo esta inclusa en la figura P C T V S, se quita de ella restando el sector C T O P, como todo se representa en la figura.

PROPOSICION LVIII.

De la medida de los Ovalos ó Elipses (Fig. 60 y 61)

Sobre estas medidas he visto variedad de opiniones, así entre los autores clásicos, como entre los profesores modernos; y habiendo tenido varias conferencias sobre esto con muchos inteligentes, se han conformado con el método que yo mido, que es sujeto á todas las reglas de medir sectores, como quedan declaradas en las antecedentes proposiciones.

1 Sea, pues, la Elipse que se ha de medir, B L F D (Fig. 60); y por la regla de la fig. 9, estampa I, hallense los centros de todos los arcos, que componen la figura, y á cada arco tíresele su cuerda; y si salieren cuatro arcos, y los segmentos de ellos fueren iguales cada uno á su opuesto, la Elipse será perfecta ó regular, co-

mo acontece en la presente, y con las cuatro cuerdas se habrá formado en el centro de la Elipse un paralelógramo rectángulo, como D F B L, con cuya operacion se hará la medida con facilidad en esta forma. Hallado el punto C, centro del un arco mayor F I L, tírense las rectas C F, C L, y se ha formado el sector C F I L, que se medirá por la proposicion 53; y restando del sector el triángulo C F H L por la proposicion 54, se tendrá medida la superficie del segmento F L H I; y doblando esta por otra tanta, que debe tener el segmento opuesto D C B, se notarán aparte las partidas de los dos segmentos mayores. Hállese tambien el punto V, centro del arco B O L; y formado el sector V B O L, se medirá como el antecedente; y restando el triángulo B L V, quedará en limpio la area del segmento B O L, la que se doblará tambien por el otro su opuesto, y juntaráse con las de los otros dos segmentos C, I. Hecho esto, mídase el paralelógramo por la regla de la Fig. 50; y sumando la area de este paralelógramo con la de los cuatro segmentos, la suma total será el número de varas (pies, ó lo que se hubiere medido), la area del Ovalo propuesto.

1 Nota, que por esta medida se obra con mas seguridad, que por otras que enseñan varios autores; y no importa que la figura tenga muchas irregularidades, pues en este caso no resultaria mas dificultad, que salir mas arcos, mas segmentos, y el rectilíneo del centro de la Elipse de mas lados; no importa tampoco, que estos

formen ángulos entrantes y salientes del centro de la figura: si esta fuere irregular, es preciso obrar segun se ha hecho ahora; pero si fuere Ovalo regular, se puede medir con solo multiplicar el diámetro menor por el mayor: el producto de la multiplicacion volverlo á multiplicar por 11; y la partida que de esto saliere, partirla á 14, y lo que viniere á la particion será la area ó superficie de la Elipse. La razon de esto es la misma que se dió en la propos. 51.

2 Para que se vean los errores que se padecen sobre estas medidas, los demuestro en la fig. 61, cuyas prácticas conforman algunos autores, que son las que se deben seguir, y yo las he visto practicar á varios profesores; y dan la razon, en que la Elipse, que fuere inscripta en un paralelógramo, cuyos cuatro lados de él, puestos en una suma, fueren iguales á los cuatro lados de un cuadrado, dentro del cual fuere inscripto un círculo, aseguran que este círculo será igual á la Elipse. Y para que se vea la falsedad, fórmese el cuadrado P Q L F, cuyos lados tenga á 7 varas cada uno, que cada lado debe ser igual al diámetro del círculo: hágase dentro de él su círculo: fórmese ahora el paralelógramo, cuyos lados mayores E B, V D, tengan á 10 varas cada uno; y los lados menores B V, E D, tengan á 4 varas, que sumados los cuatro lados del paralelógramo, hacen 28 varas, las mismas que suman los otros cuatro lados del cuadrado; pues cada lado tiene 7 varas: multiplíquese, pues, la superficie del cuadrado, que es 7 de largo, por otras 7 de ancho,

y montan 49: multiplíquese la superficie del paralelógramo, que es 10 varas de largo, por 4 de ancho, y montan 40. Digo, que la superficie del cuadrado es cerca de una quinta parte mayor que la del paralelógramo; porque esta solo tiene 40 varas, y aquella tiene 49: luego la Elipse no puede ser de tanta area como la que tiene el círculo; y aun puede cometerse mayor error: de modo, que si el paralelógramo tuviere 13 varas de largo, y una de ancho, sus cuatro lados, dos de 13 varas, y otros dos de una vara cada uno, sumados, harian las mismas 28 varas que el cuadrado; pero multiplicado su largo 13 por su ancho 1, saldrian á la multiplicacion solo 13 varas: luego para igualar con la superficie del cuadrado, faltan 36 varas, hasta el cumplimiento de las 49 del cuadrado: luego aquí se manifiestan los errores que cometen los que miden de esta suerte, pues lo que vale 13, hacen que se pague por 49: otros suman los dos lados del paralelógramo, ó diámetros mayor y menor de la Elipse; y de la suma de las dos líneas toman la mitad, y esta mitad dicen, es diámetro del círculo igual á la Elipse, con el cual hacen la medida de ella, como reducida á círculo: estos cometen el mismo error que los antecedentes; pues suman el diámetro 10 con el diámetro 4, y sacan la mitad, que es 7, y reducen el mismo paralelógramo al cuadrado, siendo así, que este tiene 49, y aquel solo tiene 40.

Otros multiplican el diámetro mayor de la Elipse por el menor, y del producto sacan la raíz

cuadrada, y esta dicen ser el diámetro de un círculo igual á la Elipse: es práctica que la he probado mecánicamente, y no tiene la mayor seguridad, ni la he hallado como la de esta proposicion.

PROPOSICION LIX.

Trata de las medidas que deben hacerse cuando las heredades están embarazadas de bosques y lagunas; de modo, que ni se puede cruzar por ellas, ni descubrir sus ángulos (Fig. 62).

Sea un terreno, que se ha de medir totalmente embarazado, la figura **Z A D G P S C F.**

Operacion.

De cualesquiera dos ángulos, que se descubran de modo, que el uno sea visto del otro, como son G, S, tírese una visual, que será la recta de puntos S G, la cual se marcará en el suelo con algunos piquetes de cañas ó varas delgadas: preséntese la escuadra en el ángulo G, de modo, que la una pierna de ella esté con la línea G S, y por la otra pierna se echará la línea visual G X, larga á discrecion, que tambien se marcará con piquetes, y por el mismo órden se tirarán las líneas X M, M S, y se habrá formado el cuadrilátero rectángulo G X M S; y multiplicando las varas que tuviere un lado mayor por otro menor, se tendrá el area de todo él: de esta area se irán restando las figuras, que sobran fuera de la del terreno que se mide, que se obrará en esta forma. Del punto D sáquese la D L, perpendicular á la visual G X: mídase la D L, y tenga por caso 15 varas, y la L G tenga 50 varas. Con esta noticia se formará el triángulo G X Z, rectángulo en X, cuya operacion se debe hacer por no poder entrar por la figura á echar la línea D O Z, para lo cual se medirá tambien toda la línea G X, y supóngase que G X tiene 114 varas: hágase esta regla de tres, diciendo: Si la L G 50 varas me dan la perpendicular L D 15, toda la G X, que tiene 114, qué varas me dará en otra perpendicular, que he de sacar de X á Z? multiplíquese el segundo número 15 por el tercero 114, y el producto 1710 pártase al primero 50, y vendrán al cociente 34, y diez cincuenta avos, que en menor denominacion es un quinto: córtese, pues, la perpendicular X Z de 34 varas y un quinto; y multiplicando la Z X por la X G, la mitad de lo que viniere á la multiplicacion será la area del triángulo Z G X, segun las reglas de la fig. 51; y porque en este triángulo se ha quitado el segmento D O Z, que es parte de la figura que se mide, es preciso sacarlo del triángulo, y aumentarlo á la figura; y no pudiendose medir por dentro, se obrará la medida por fuera, en esta forma. De los puntos D Z, donde se forman los ángulos con las líneas rectas, y la curva del arco D A Z, sáquense arbitrariamente dos rectas, que formen cualesquiera ángulos en D y Z; pero que sean paralelas entre

sí, como D E, Z R: divídase el arco D O Z en las partes iguales, ó desiguales, que pareciere (Aquí por lo pequeño de la figura se divide en dos en el punto O): sáquese de O la recta O H, paralela á las otras dos; y por cualquiera punto próximo á O, tírese cualquiera línea X A L, que corte en cualesquiera puntos á la Z R, O H, D E, y será en los puntos X, A, L: háganse la X R igual á X Z; la A H igual á A O, y la L E igual á L D, y (por la práctica de la Fig. 9.) se cogerán los tres puntos E, H, R con un arco, cuyo centro se halló en Y: tírese la E R, y el segmento E H R será igual al que hay dentro del terreno O Z D: fórmese el sector Y E H R: mídase su area, y de ella réstese el triángulo Y E R; y lo que quedare será la superficie del segmento, que se juntará á la del terreno que se mide; ó se restará del triángulo Z G X antes que este se haya restado de la figura inaccesible; mídanse asímismo por sus reglas los demás rectilíneos Z M V, S, P G S, y se restarán tambien del paralelógramo M X G S; y formando el sector N C F, se medirá el segmento C F, que se quitará tambien del propuesto paralelógramo, y se habrá concluido la medida, la cual sirve de ejemplo para vencer cuantas dificultades se ofrezcan de su clase.

PROPOSICION LX.

Medir la basa de culquiera monte (Fig. 63).

Aquí se da satisfaccion á lo que se previno al fin de la proposicion 45 sobre la medida de planos inclinados, ó planos horizontales. Sea, pues, la basa de un monte, que se ha de medir, la recta A M N: tómese una vara, ó regla derecha, y fijese perpendicularmente en A, cuya altura puede ser de 5 ó 6 pies de A á P. Por el extremo P tírese una cuerda, ú otra vara, que forme el ángulo recto en P, y se notarán los pies ó varas, que tienen la altura A P, y lo largo P Q; pero separada cuenta la de lo alto con la de lo largo, hágase la misma operacion sobre el punto Q, levantando la Q H, y tirando la H V; y así se irá subiendo por la falda de cualquiera monte, formando escalones hasta llegar á su cumbre; y para bajar por la falda opuesta, se pondrá horizontalmente la vara V E; y si fuere muy escarpada la cuesta, se colgará del extremo E un cordel con algun peso, que caiga sobre N, y de este modo se formarán otros escalones á la otra parte: mídanse ahora las alturas A P, Q H, y puestas en una suma, será la altura que se busca igual á la perpendicular, que se imagina bajar de la cumbre del monte á la basa, cuya línea es la oculta V M, igual tambien á la N E; y sumando las horizontales P Q, H E, será la suma de estas igual á la basa A M N: donde se prueba, que

la medida de este monte, si se hiciere para vender, ó plantar sobre él algun edificio, no se había de medir por la línea, que se hallaria, ciñéndole una cuerda, que asentase en la superficie de sus faldas por A Q, V N, porque esta sería mayor, con mucho esceso, que la A N, hallando pues, por esta regla y otras, que se han dado antes, la figura de la planta del monte, se medirá esta por sus reglas; pero si fuere para segadores, ó pasto de ganados, se debe medir por la superficie exterior que tuviere el monte, pues esta no puede producir mas fruto de siembra, pero sí de pasto, que la superficie de la basa. Con esto, y las reglas que hasta aquí se han explicado, tiene suficiente práctica cualquiera aficionado para cuanto se le ofrezca medir en superficies planas; y ahora resta, que se instruya en cómo partirá las tierras entre herederos, en lo que se habilitará con las proposiciones del capítulo siguiente.

CAPITULO VIII.

Este capítulo contiene las proposiciones mas esenciales, que debe saber un perfecto agrimensor, para obrar con acierto en las particiones de las heredades, siendo estas operaciones de las que mas perjuicio puede seguirse á las partes, entre quienes se haya de partir; por lo que pondrá especial cuidado en señorearse de ellas.

PROPOSICION LX.

Medir la basa de culquiera monte (Fig. 63).

Aquí se da satisfaccion á lo que se previno al fin de la proposicion 45 sobre la medida de planos inclinados, ó planos horizontales. Sea, pues, la basa de un monte, que se ha de medir, la recta A M N: tómese una vara, ó regla derecha, y fíjese perpendicularmente en A, cuya altura puede ser de 5 ó 6 pies de A á P. Por el extremo P tírese una cuerda, ú otra vara, que forme el ángulo recto en P, y se notarán los pies ó varas, que tienen la altura A P, y lo largo P Q; pero separada cuenta la de lo alto con la de lo largo, hágase la misma operacion sobre el punto Q, levantando la Q H, y tirando la H V; y así se irá subiendo por la falda de cualquiera monte, formando escalones hasta llegar á su cumbre; y para bajar por la falda opuesta, se pondrá horizontalmente la vara V E; y si fuere muy escarpada la cuesta, se colgará del extremo E un cordel con algun peso, que caiga sobre N, y de este modo se formarán otros escalones á la otra parte: mídanse ahora las alturas A P, Q H, y puestas en una suma, será la altura que se busca igual á la perpendicular, que se imagina bajar de la cumbre del monte á la basa, cuya línea es la oculta V M, igual tambien á la N E; y sumando las horizontales P Q, H E, será la suma de estas igual á la basa A M N: donde se prueba, que

la medida de este monte, si se hiciere para vender, ó plantar sobre él algun edificio, no se habia de medir por la línea, que se hallaria, ciñéndole una cuerda, que asentase en la superficie de sus faldas por A Q, V N, porque esta seria mayor, con mucho esceso, que la A N, hallando pues, por esta regla y otras, que se han dado antes, la figura de la planta del monte, se medirá esta por sus reglas; pero si fuere para segadores, ó pasto de ganados, se debe medir por la superficie exterior que tuviere el monte, pues esta no puede producir mas fruto de siembra, pero sí de pasto, que la superficie de la basa. Con esto, y las reglas que hasta aquí se han explicado, tiene suficiente práctica cualquiera aficionado para cuanto se le ofrezca medir en superficies planas; y ahora resta, que se instruya en cómo partirá las tierras entre herederos, en lo que se habilitará con las proposiciones del capítulo siguiente.

CAPITULO VIII.

Este capítulo contiene las proposiciones mas esenciales, que debe saber un perfecto agrimensor, para obrar con acierto en las particiones de las heredades, siendo estas operaciones de las que mas perjuicio puede seguirse á las partes, entre quienes se haya de partir; por lo que pondrá especial cuidado en señorearse de ellas.

PROPOSICION LXI.

TEOREMA.

Si sobre una misma basa, y entre dos paralelas, se forman cualesquiera dos triángulos, aunque los dos lados y todos los ángulos no sean iguales, ni semejantes, las areas de los dos triángulos serán iguales (Fig. 64).

Sean dos paralelas A T, P E: sea A T basa del triángulo A E T, sobre la cual se halla formado otro triángulo T P A. Digo, que las areas de estos dos triángulos son iguales, por estar entre las dos paralelas A T, P E, y sobre una misma basa A T: luego estando sobre una misma basa A T, y entre las dos paralelas A T, P E, serán los dos triángulos de una misma altura, la que será igual á cualquiera de las perpendiculares E B, ó P L. Tambien si la basa fuere P E y sobre ella los dos triángulos E A P, P T E, por la misma razon serán iguales, segun la proposicion 37 del lib. I. de Euclides; y se puede probar prácticamente, sacando del estremo de la basa una perpendicular E B, que cortará la paralela A T, continuada en B; ó sacándola del punto P, cortará en L; y multiplicando la mitad de esta perpendicular por toda la basa P E, sale la medida de cualquiera de los dos triángulos: luego son iguales. Digo, que por lo misma razon son tambien iguales los dos triángulos T E O, y

A *o* P; porque tambien tocan con sus lados mayores, y dos ángulos cada uno en las propuestas paralelas; y siendo los dos triángulos E A P, P T E iguales, y comun de la area de los dos el triángulo P *o* E, si este se quita, quedan iguales los segmentos P *o* A, T *o* E, de que resulta la demostracion de la práctica de las proposiciones siguientes.

Lo mismo resulta de los cuadriláteros, ó cualesquiera polígonos, que lo que se ha dicho de los triángulos, como se demuestra en el cuadrado O V B T; porque tirando la T H paralela á la diagonal B O, corta al lado V O, continuando en H, de tal modo, que HO con O V tiene la misma proporcion, que el triángulo ó segmento O V B con el B T O: luego siendo tambien el segmento T H O igual á uno de los dos del cuadrado, juntándole al T B O se ha formado un eldrado, juntándole al T B O se ha formado un elmoarife ó romboide H T B O, cuya superficie es igual á la del cuadrado: luego aquí se prueba, que siendo los dos cuadriláteros de igual altura T O, por estar entre las paralelas T B, H V, y sobre una misma basa T B, son iguales: luego &c.

PROPOSICION LXII.

Partir un triángulo en dos partes iguales por un punto dado en diferentes casos (Fig. 65).

Caso 1.° Si el triángulo A B H se hubiere de partir en dos partes iguales, comenzando la particion de cualquiera de sus ángulos, como por ejemplo del ángulo B, divídase el lado A H, opuesto al ángulo B, en dos partes iguales en el punto F, y tirando la recta B F, queda hecha la particion.

Caso 2.º Si se hubiere de partir en las mismas dos partes iguales de cualquiera punto dado en uno de sus lados, como por egemplo el punto D, sáquese del ángulo inmediato B al punto F, medio del lado opuesto al ángulo, la recta B F; y de F al punto dado D, tírese la F D; y tirando del ángulo B la recta B E, paralela á D F, cortará al lado A H en el punto E: tírese la E D, y queda dividido el triángulo A B H en las dos partes iguales que se pide: la una será el trapecio A E D B, y la otra el triángulo D E H.

Caso 3.º Si el punto dado fuere E en el lado A H, tómese el medio de este lado en el punto F; y de este punto, y el dado E, tírense al ángulo opuesto B las rectas E B, F B; y del punto F sáquese la F D, paralela á E B; y cortará al lado B H en el punto D: tírese de este punto al lado E la recta E D, y queda hecha la misma operacion. La razon de esto se prueba por la proposicion antecedente.

PROPOSICION LXIII.

Dividir cualquiera triángulo en el número de partes que se quisiere (Fig. 66).

Pídese que el triángulo P Q D se divida en dos partes; de modo, que la una sea mitad

de la otra; esto es, que si fuere una heredad que se hubiere de partir, dando á un heredero el tercio de ella, y al otro los dos tercios, se puede hacer, comenzando por cualquiera punto dado, como en la proposicion antecedente que será en diferentes casos.

Caso 1. Sea el punto dado el ángulo P, y porque se pide que la particion sea la una parte un tercio, y la otra dos tercios, divídase el lado opuesto al ángulo P en tres partes iguales, y sea el tercio del lado D Q el punto S: tírese la recta P S, y el triángulo P S D será el tercio que se pide, y el P Q S será los dos tercios, cuya operacion se puede obrar por cualquiera de los dos lados de la figura. Si la particion se hubiere de hacer en tres partes iguales, no hay mas que tirar una recta del ángulo P al medio de la SQ. Si se pidiere la particion en cuatro ó cinco, ó mas partes, se dividirá el lado opuesto al ángulo en las partes que se hubiere de dividir el triángulo, y á cada punto de la division tirar una recta desde el ángulo opuesto al lado que se ha dividido, y así quedará hecha la division.

Caso 2. Si el punto dado fuere R, tírese del ángulo inmediato P al punto S, tercio del lado opuesto, la recta P S; y de S al punto dado R, la recta S R; y del mismo ángulo P, la P L, paralela á la R S, y cortará al lado D Q en L: tírese la L R, y queda dividido el triángulo, como se pide, siendo su tercio el trapecio D L P R, y los dos tercios el triángulo R L Q. Si como es el tercio el dicho trapecio, hubiera de ser cuarta ó quinta parte habia de ser tambien la DS cuarta ó quinta parte del lado DQ; y si se hubiere de dividir en tres partes, ó mas, el sobredicho triángulo, se repetirá la misma operacion sobre el triángulo, que ha quedado R L Q, continuando así hasta concluir la particion en las partes que se quisiere.

Caso 3. Si el punto dado fuere L, en el lado DQ, divídase este lado de modo, que DS sea el tercio del mismo lado; y de estos dos puntos S, tercio del lado, y L, punto dado en él, tírense al ángulo opuesto P las rectas LP, SP, y del punto S la SR, paralela á la LP, y cortará al lado PQ en el punto R: tírese la LR, y queda hecha la division como antes, cuya razon es la misma que en las antecedentes proposiciones.

PROPOSICION LXIV.

Dividir cualquiera triángulo en las partes iguales que se quisiere, con líneas paralelas á cualquiera de sus lados (Fig. 67).

Pídese que el triángulo BLV se divida en tres partes iguales con líneas paralelas al lado BV: alárguese cualquiera de los otros dos lados, y sea VL hasta C; de modo, que LC sea el tercio de LV; hágase sobre VC el semicírculo CPV, y del punto L, cúspide del triángulo donde se juntó la CL con la LV, levántese la LP perpendicular á CV, que corta el semicírculo en P: pásese la LP de la L á N, y del punto punto N tírese la NR paralela al lado

ó basa BV, y el trapecio BNRV será dos tercios del propuesto triángulo; y el triángulo RNL será el tercio, y esto es haber partido el triángulo en tales dos partes, que la parte próxima á L sea el tercio de todo este triángulo; y para que se tome el mismo tercio, ú otro igual por el lado BV, alárguese la LV hasta M, de modo, que LM sea los dos tercios de VL; y formando sobre VM el semicírculo MQV, se alargará la LP, hasta que corte el semicírculo en Q; y pasando la LQ de L á O tírese la OT paralela á BV, y el trapecio BTOV será tambien tercio del propuesto triángulo; y por consiguiente se halla hecha la division en tres partes iguales; y por esta misma regla se dividirá en otras distintas que se quisiere, como se deja entender de esta misma práctica, la cual se funda en la proposicion 33 sobre la fig. 40, estampa II.

PROPOSICION LXV.

De la division de cuadrados y paralelógramos entre herederos (Figs. 68 y 69).

Si el paralelógramo CPQO (Fig. 68) se hubiere de partir en dos partes iguales arbitrariamente, se puede obrar dividiendo cualesquiera de sus dos lados opuestos por medio, y tirando una recta del medio del un lado al medio del otro, queda hecha la division; como tambien si se tira del un ángulo al otro su opuesto, como las diagonales CQ, OP, las cuales dividen tambien la figura en cuatro triángulos iguales, cuyos son los lados de la figura, y sus cúspides el centro V, como todo se representa en ella; pero si la division se hubiere de hacer de un punto determinado en cualquiera de sus lados, como el punto E, tómese la distancia de este punto á su ángulo mas inmediato, que es E C, y pasándola al ángulo y lado opuesto, se señalará la misma de Q á Z, y tirando la Z E, queda hecha la division. Si esta línea cortare el centro V, no hay duda que serán los lados de la figura iguales, y paralelos cada uno á su opuesto.

Si el paralelógramo (Fig. 69) se hubiere de partir en tres partes iguales arbitrariamente, se dividirán dos de sus lados opuestos M L, B V, en tres partes iguales cada uno, con los puntos N T, H Q; y tirando las rectas N H, T Q, queda hecha la particion; pero si se hubiere de hacer esta comenzando de un punto dado en cualquiera de sus lados, como B, divídase la figura, como antes, en tres partes iguales, con las ocultas N H, T Q; y dividiendo la H N por medio en A, tírese la B A, y esta divide la figura en una de las tres partes iguales, cortando en el lado M L el punto C, del cual, tirando otra recta, que pase por medio de la T Q, hasta que corte el lado opuesto V B, con esta se habrá cumplido la operacion que se pide.

PROPOSICION LXVI.

Cortar de un campo paralelógramo las varas cuadradas de tierra que se pidieren (Fig. 70).

Pídese que del paralelógramo A B S O se corten 1140 varas cuadradas.

Operacion.

Mídase el lado B S, si fuere perpendicular á B A y á O S; y sino lo fuere (como no lo es A O) tírese la perpendicular A C: mídase esta, y tenga por egemplo 30 varas: pártanse las 1140 á las 30, y vendrán á la particion 38: cuentense 38 varas de B á D, ó de A á D, y tirando la D V paralela á la B S, ó si fuere por la otra parte, la D Z á la A O, queda hecha la operacion que se pide.

PROPOSICION LXVII.

Cortar de cualquiera campo triangular las varas de tierra que se quisiere (Fig. 71).

Del triángulo A R B se han de cortar 1020 varas cuadradas: tírese la perpendicular A I: mídase su longitud ó largueza, y sea 60 varas: pártanse las 1020 á 60, y vendrán á la particion 17: dóblense, y serán 34: córtese el lado B R á distancia de 34 varas, desde cualquiera de sus ángulos; y cortadas desde B, alcanzarán en el punto D: tírese la D A, y el triángulo D A B tendrá la superficie que se pide de 1020 varas cuadradas. La razon de hacer la B D de dobladas varas, que las que salen al cociente, se dió en la proposicion 46, sobre la fig. 51.

PROPOSICION LXVIII.

Cortar de cualquiera trapecio las varas cuadradas de tierra que se quisiere, saliendo la particion de un punto dado (Figs. 72 y 73).

Pídese que del campo L B E D, fig. 72, se corte la mitad de la tierra con una recta sacada del ángulo D (Esto es lo mismo que pedir se divida en dos partes iguales la tal heredad).

1 Mídase, pues, el trapecio de la regla de las figs. 52 ó 53: tenga su area, por egemplo, 4200 varas, cuya mitad 2100 se pide se corten del punto D: sáquese de este punto al lado opuesto L B la perpendicular D Z: mídase esta, y tenga 60 varas: pártase 2100, que ha de ser la superficie de la tierra, á las 60 de la perpendicular, y vendrán á la particion 35: cuentense estas dobladas de L á V, que serán 70 varas, y tirando la D V, queda hecha la division que se pide.

2 Si la particion se hiciere por el otro lado D E, la perpendicular D Z habia de cortar en el lado E B: y porque partida la superficie á la perpendicular, vendrian á la particion mas varas que las que tiene la línea E B, en este caso se

formaria un triángulo, sacando una diagonal de D á B, cuya area se medirá; y porque no sería bastante la superficie del triángulo B D E para tomar la mitad de la area del trapecio, se le dará la que le falta, tomándola por el lado B L; lo que se hará tirando la perpendicular D Z, á la que se partirán las varas de la superficie, que falta para el cumplimiento; y cortando la porcion de línea B V, igual al duplo del número, que viniere á la particion, como se ha hecho antes tirando la recta D V, queda hecha la misma operacion (Fig. 72).

3 Si el punto dado fuere V, tírese la V D, y mídase la superficie del triángulo L D V, ó la del trapecio D E V B; y si tuviere mayor superficie el uno que el otro, como por egemplo, el trapecio tuvo 40 varas de mas, tómese la mitad de 40, que son 20, y estas se partirán á la perpendicular, que se tirase de V al lado L D; y cortando desde D hácia L el duplo de las varas, que vinieren á la particion, se tirará una recta de V al dicho punto, que cortare en D L, y se habrá concluido con la operacion.

4 Otras dificultades se pueden ofrecer sobre estas particiones, las que se vencerán entendiendo las operaciones siguientes.

Sea el mismo trapecio, ó cualquiera otro rectilíneo C L N E (Fig. 73): pídese que de un punto dado como O en cualquiera de sus lados L C, se divida en dos partes iguales con una línea recta.

Operacion.

Tírese la O N, y se habrá formado un triánlo O N L; y si por algun embarazo no se pudiere entrar en la figura á echar la perpendicular desde L á su lado opuesto, ó basa O N, se obrará la operacion por fuera en esta forma: Alárguese á discrecion el lado N L por H, y del punto O sáquese la perpendicular O H: mídase esta, y tenga por caso 32 varas: mídase tambien el lado L N (pues no se puede entrar en la figura) y tenga por caso 56 varas: multiplíquense estas por 16, mitad de la perpendicular O H, y el producto 896 serán las varas de superficie que contiene el triángulo O L N; supóngase que la mitad de la tierra ha de ser 2131: restense de estas las 896 que tuvo el triángulo, que se ha medido, y quedarán 1235: sáquese ahora del punto O, al lado N E, la O B, perpendicular á N E: tenga esta perpendicular 65 varas, á las que se partirán las 1235, y vendrán al cociente 19: el doble de estas, que son 38, tómense de N á D; y tirando la recta D O, se habrá formado el trapecio O L N D, cuya superficie será la mitad de toda la del trapecio C L N E; de cuya práctica se pueden inferir las que se deben obrar, por muchas dificultades que ocurran.

PROPOSICION LXIX.

De la particion de los óvalos ó elipses (Fig. 74).

No habiendo visto autor ninguno que hasta ahora haya dado reglas para dividir un óvalo, como las dan para los rectilíneos, se halla que la misma práctica de las proposiciones antecedentes enseña la de estas particiones, que es como sigue: Sea un óvalo (Fig. 74) que se ha de partir entre dos herederos; de modo, que al uno se le den los dos quintos de la tierra, y al otro los tres.

Operacion.

Mídase la superficie de todo el óvalo por la regla de la fig. 60 de esta estampa, y tenga, por ejemplo, 500 varas toda la area del óvalo: con que al un heredero le pertenecen 200, y al otro 300. Para darle al uno sus 200 varas, elíjase en la figura la parte de circunferencia que se quisiere para comenzar la particion. Sea el arco F C O: hállese (por la regla de la fig. 9, estampa I) el centro V, y fórmese el sector V C O: mídase este (por la proposicion de la Fig. 55), y tenga por caso 100 varas; y porque han de ser 200, se tomarán otras 100 por cualquiera lado O S: hállese el centro del arco O S, que será el punto P: fórmese el sector P S O, y mídase como el antecedente, y de su area réstese la del triángulo

P O S, y quedará en la resta la superficie del segmento, compuesto de la cuerda y arco, que se juntan en los puntos O S: tenga este segmento por suposicion 8 varas, que se juntarán con las 100, que tuvo el sector V C O, y serán 108: tírese de S á C la recta C S, con la cual se aumenta la superficie del triángulo O V S: mídase este triángulo, y supóngase tiene 72 varas, que juntas con las otras 108, hacen 180, y esta será la superficie de la figura, compuesta de la recta C S, y la circunferencia C O S; y porque faltan 20 varas para cumplir las 200, mídase la recta C S, y tenga 40 varas: pártanse á estas las 20, que faltan para las 200, y vendrá á la particion media vara: dóblese, y será una vara, y de cualquiera punto V de la recta C S, sáquese la perpendicular V D, que tenga una vara: tírese de su extremo D á los de la recta C S las líneas D C, D S, y se habrá formado el triángulo C S D, cuya superficie será 20 varas, que juntándolas con las 180 de antes, serán las 200 que se piden, cuyos segmentos son D C O S los dos quintos, y D C L S los tres quintos que se piden: como todo consta de las prácticas de las proposiciones antecedentes.

Si hecha esta division con las dos líneas C D, D S, se quisiere reducir á que se parta con una sola recta, divídase la perpendicular D V por medio; y tirando del extremo mas apartado de V D al medio de esta la recta S F, quedará hecha la division, sin diferencia sensible.

PROPOSICION LXX.

Dividir cualquiera rectilíneo de muchos lados en dos partes iguales, de cualquiera punto dado en uno de sus ángulos (Fig. 75).

Pídese que el rectilíneo D E H A B se divida en dos partes iguales, comenzando del ángulo B.

Operacion.

Sáquense del ángulo B á todos sus opuestos las diagonales B H, B E: del ángulo A tírese la A R, paralela á la diagonal B H, y cortará al lado E H continuado en R; tírese de R la R M, paralela á la diagonal B E, y cortará al lado D E continuado en M; y porque se pide la division en dos partes iguales, divídase la D M en las mismas en el punto N: si este punto cayese dentro del lado D E, se habria hecho la operacion, solo con tirar de él la recta E B, aunque estuviere mas arrimada á D; pero por caer fuera del lado D E, que en este ejemplo es el punto N, tírese la N C, paralela á la M R, y corta al lado E H en el punto C: tírese de C la C B, y esta dividirá la figura en las dos partes iguales que se piden, que son los trapecios A B C H, B D E C. Si como se ha pedido la division en dos partes iguales, se pidiere en tres, cuatro, &c. se dividiria la D M en otras tantas, y por el mismo órden se irian cortando los puntos, que á cada division correspondiere en los lados de la figura, cuya práctica se infiere de la figura 48, y se expresará mejor en la proposicion siguiente.

PROPOSICION LXXI.

Dividir cualquiera rectilíneo de muchos lados por un punto dado en cualquiera de ellos en las partes que se quisiere (Fig. 76).

Pídese que el rectilíneo D A V E F se divida en tres partes iguales, desde el punto C, dado en el lado D F. Tírense del punto C á todos los ángulos de la figura opuestos á él las diagonales C E, C V, C A, del ángulo F, inmediato al punto C: sáquese la recta F L, paralela á la diagonal C E, y corta el lado V E, continuado en L: tírese de L la recta L K, paralela á la C V, que corta al lado A V continuado en K: tírese de K la recta K H, paralela á C A, que corta al lado D A, alargado en H; y porque la division de la figura se pide en tres partes iguales, divídase en estas la línea D H (que si fuere en 4 ó en 5, ó mas, se dividirá en ellas), y serán los puntos M N. Si el punto M cayese en A, se tiraria la recta A C, y el triángulo D A C sería el tercio de la figura; pero por caer mas afuera M, tírese la M O, paralela á la H K, ó á la diagonal A C, y cortará al lado A V en O: tírese de O al punto dado C la recta O C, y se habrá formado el trapecio D A O C, cuya superficie será la tercera

parte de la figura. Para dividir lo restante que queda de ella en otros dos tercios, tírese de N la recta N X, paralela á la H K, ó á la diagonal A C; y porque no puede cortar en el lado A V, sino es alargando en X, habrá de cortar en el lado V E: tírese, pues, del punto X, cortado en el lado continuado A V, la X*b*, paralela á la K L, ó á la diagonal C V, y cortará al lado E V en el punto *b*: tírese la *b*C, y queda dividida la figura en las tres partes iguales que se piden, con las dos rectas C*b*, C O, cuya razon se probará, como la de la proposicion antecedente.

Puedense obrar tambien las particiones de cualquiera punto dado dentro de la figura, en cuyas prácticas no me detengo; porque me parece, que quien hubiere entendido las que hasta aquí llevamos declaradas, á poco discurso obrará cuantas se le ofrecieren; y el que necesitare de mas geometría, podrá ver á Moya en sus cuatro libros de práctica, y al Padre Tosca en el tratado tercero del primer tomo, que tambien es todo práctico; y si quiere enterarse de las demostraciones, estudie el primero de este autor en el citado tomo, donde le pone sucintamente los elementos de Euclides, á quien han comentado muchos autores, con abundancia de explicaciones y demostraciones.

PROPOSICION LXXII.

Explícase el modo de poner las mugas ó mojones en las lindes, que dividen los términos ó jurisdicciones de unos pueblos ó estados de señores con los de otros (Fig. 77).

Son muchas las disensiones, pleitos y quimeras que han acontecido y acontecen entre las vecindades de algunos estados de señores con los pueblos vecinos, que por no tener los mojones con la formalidad que corresponde, sucede, que hallándose el señor de aquel estado ausente, como regularmente sucede á muchos ó los mas señores, llega el vecino, y quita las mugas, si le parece, las fija dentro del terreno del señor ausente, usurpándole el que puede; ó llevándose las mugas, quedan los dos estados en una pieza dispuestos para un pleito, y mas si hace muchos años que faltaron estas mugas. Esto se remedia marcando el terreno como se sigue.

Sea un estado, ó sitio, que se ha de amojonar, A B C D E: en cada ángulo hágase un foso, de modo, que por cada lado siga las líneas, encaminándose por ellas una zanja estrecha y profunda, cuanto uno y otro fuere posible, hasta ocho ó diez pies de largo por cada lado, contados desde el vivo del ángulo, y estas zanjas se podrán llenar de canto pelado, menudo, ó cualquiera otra casta de piedra; y con la tierra que se hubiere sacado de las zanjas, se cubrirá el can-

to pelado, haciendo sobre aquellas líneas á modo de un cerro: en el mismo ángulo se mete una piedra de sillería, labrada ó en bruto, segun se proporcionare en la cantera, la que será bueno entre á lo menos dos pies dentro del terreno: á estas les suelen arrimar contra ellas mismas otras piedras que observan las líneas de los lados, y dejándolas envueltas con la tierra que se sacó del foso para poner el mojon (la cual se aprieta á pison), llaman á estas piedras testigos, por ser menores que el mojon, y servir de guia cada una para buscar el ángulo de su línea; pero yo tengo por mejores testigos las zanjas, como se ha dicho primero, pues estas no se pueden deshacer sin dejar rastro; pero de cualquiera modo, hechas y colocadas las mugas en todos los ángulos, tómese el semicírculo graduado (fig. 22, estampa I), siéntese su centro en cualquiera ángulo E; y ajustando su diámetro sobre cualquiera línea de los lados E D, se observará qué grados corta la E A del semicírculo, para el ángulo E; y por caso cortó 58 grados, vayase poniendo en papel rudamente esta figura, formando á bulto las rectas E A, E D; mídanse las dos líneas; E D tenga 720 varas, y E A 310, que se irán notando en el borrador del papel, juntamente con el número de grados que vale cada ángulo; y haciendo la misma operacion en todos los ángulos y lados de la figura, resultará, que el ángulo D vale 130 grados, y la línea D C tiene 220 varas; y el ángulo C, vale 115 grados, y el lado C B tiene 260 varas; y el ángulo B 110 grados, y el lado

B A 750 varas: de este mismo modo se llevará en borrador la figura anotada en el papel, con el número de grados y varas que tiene cada lado, la cual se podrá delinear en limpio, mediante un exacto pitipie; y segun ella, se hará la escritura, haciendo constar los grados, que vale cada ángulo, y á qué parte de los cuatro puntos principales del hemisferio mira cada uno, y cuántas varas de longitud tiene cada línea de aquellos lados que concurren en el ángulo: de este modo, aunque falten todos los lados de la figura, con que exista uno de ellos, es bastante para que cualquiera inteligente, con la noticia de la escritura, vuelva á poner los mojones donde estaban cuando aquella se hizo; y aun será mejor si del centro del estado se midieren las varas, que hubiere por línea recta á cada uno de ellos, teniendo esta razon en el archivo del señor del estado; y para que no dude el operante el modo de conocer los cuatro puntos principales del hemisferio, se declaran en la proposicion siguiente.

PROPOSICION LXXIII.

Práctica de tomar el Mediodia (Fig. 77).

Hay variedad de instrumentos, y muchos modos de tomar el Mediodia, tanto de dia, como de noche; pero el que tengo por mejor, y me valgo de él cuando se me ofrece hacer algun reloj de sol, es del modo siguiente.

Sobre la superficie de una tabla ó baldosa,

bien lisa y llana, hágase un círculo V Q H P de un palmo ó menos de diámetro; y en el centro V fíjese una aguja de coser, ó cosa semejante á ella, que se pondrá perpendicular al plano del círculo por uno de dos modos: ó tómese un cartabon, y asentando un lado de él sobre el plano del círculo, fijando su ángulo recto en el centro V, se verá por al rededor de la aguja si está igual por todas partes, ajustándose al lado del cartabon, que estuviere levantado hácia el cielo; y si por diferentes partes se ajustare la aguja con el cartabon, estará el instrumento como se desea. Puede hacerse la misma operacion de otro modo, sin el cartabon, ni escuadra, ni ser del caso que la punta de la aguja se clave en el mismo centro, sino cerca de él en cualquiera parte. Clavada la aguja, se tomará una paja de centeno, ó cosa semejante, y se hará la medida en esta forma: Supóngase que la punta de la aguja, que está levantada, sea el punto V: tómese la medida, que hubiere desde cualquiera punto P de la circunferencia, hasta la cabeza V, y sea la paja P V: pásese á otro cualquiera punto Q, y ajústese la paja de Q á V, llevando ó trayendo la cabeza V hasta que V Q, V P, sean iguales, y que suceda lo mismo de otro cualquiera punto H, que estando V levantada sobre el plano, y en igual distancia los tres puntos V P, V Q, V H, estarán tambien de cualesquiera otros, que se midieren, de la cabeza V á la circunferencia. Dispuesto el instrumento en esta forma, póngase á nivel en el suelo, cuya práctica es bien sabida de cualquiera principiante, y no es menester gastar tiempo en explicarla. Obsérvese antes de Mediodia, cuando llegue la sombra de la cabeza de la aguja V á tocar en la circunferencia del círculo; y supongamos tocó en Q, señálese con prontitud un punto sútil en Q (porque la sombra camina ligera), y dejese quieto el instrumento: vuélvase á la tarde antes que la sombra haya llegado á tocar en otra parte de la circunferencia; y observando cuando llegue á P, se hará otro punto sútil en P; y tirando una recta de P á Q, se tienen señalados los dos puntos, que corresponden á Oriente y Poniente; y tomando el medio del arco Q H P en H, se tirará de H una recta H V que pase por el centro del círculo, con cuyas operaciones se tiene conocidos los cuatro puntos del hemisferio. P, es el Oriente: H, Mediodia: Q, el Poniente; y V, el Septentrion, con los cuales ya se vé en la figura que se le han puesto los mojones, á qué partes del mundo corresponden sus lados y ángulos.

Nota, que cuando se toma el Mediodia, la sombra de la mañana, que hace el clavo del centro, viene de fuera del círculo á meterse dentro de él hácia su centro, y la sombra de la tarde sale del círculo, hasta fuera de él; y si se hace la operacion muy de mañana, no es tan exacta, como si se hace dos horas poco mas ó menos del medio dia, y lo mismo á la tarde. Por la mañana, si es muy temprano, se observa, que la cabeza del clavo forma la sombra desvanecida, y camina con mas velocidad, que cerca de medio dia, lo que no sucede en este tiempo; pues va la sombra con mas perfeccion y lentitud, dando lugar á que se obren á gusto todas las operaciones. Si estas se hicieren para hacer relojes, se requiere mucha exactitud en las operaciones, haciendo en lugar de un círculo tres ó cuatro, por si de alguno se pasare el tiempo, pueda servir el otro, ó si con todos ellos se quisieren hacer á un tiempo las operaciones; las que si se obran bien, se hallará, que todas las líneas, que de cada círculo se tirasen del punto del Poniente, que es el que corta á la mañana, al del Oriente, que corta á la tarde, serán paralelas unas á otras; y sino lo fueren, será por estar mal hechas las operaciones.

CAPITULO IX.

De la fábrica y uso de la pantómetra ó compás de proporcion.

En el árbol de las ciencias matemáticas ponen los autores y maestros, que las enseñan en las Academias, en primer lugar la aritmética, que la subdividen en varias partes, á distintos efectos.

La Geometría acomodan en segundo lugar, dividiéndola en tres partes, que son elemental, práctica, y ultra-elemental: de la primera, ni tercera, no toca esta obra, solo sí de la segunda, que es la práctica; á esta la subdividen en dos partes, que son delineal, é instrumental. Delineal es la que hasta aquí se ha tratado, y en el bida de cualquiera principiante, y no es menester gastar tiempo en explicarla. Obsérvese antes de Mediodia, cuando llegue la sombra de la cabeza de la aguja V á tocar en la circunferencia del círculo; y supongamos tocó en Q, señálese con prontitud un punto sútil en Q (porque la sombra camina ligera), y dejese quieto el instrumento: vuélvase á la tarde antes que la sombra haya llegado á tocar en otra parte de la circunferencia; y observando cuando llegue á P, se hará otro punto sútil en P; y tirando una recta de P á Q, se tienen señalados los dos puntos, que corresponden á Oriente y Poniente; y tomando el medio del arco Q H P en H, se tirará de H una recta H V que pase por el centro del círculo, con cuyas operaciones se tiene conocidos los cuatro puntos del hemisferio. P, es el Oriente: H, Mediodia: Q, el Poniente; y V, el Septentrion, con los cuales ya se vé en la figura que se le han puesto los mojones, á qué partes del mundo corresponden sus lados y ángulos.

Nota, que cuando se toma el Mediodia, la sombra de la mañana, que hace el clavo del centro, viene de fuera del círculo á meterse dentro de él hácia su centro, y la sombra de la tarde sale del círculo, hasta fuera de él; y si se hace la operacion muy de mañana, no es tan exacta, como si se hace dos horas poco mas ó menos del medio dia, y lo mismo á la tarde. Por la mañana, si es muy temprano, se observa, que la cabeza del clavo forma la sombra desvanecida, y camina con mas velocidad, que cerca de medio dia, lo que no sucede en este tiempo; pues va la sombra con mas perfeccion y lentitud, dando lugar á que se obren á gusto todas las operaciones. Si estas se hicieren para hacer relojes, se requiere mucha exactitud en las operaciones, haciendo en lugar de un círculo tres ó cuatro, por si de alguno se pasare el tiempo, pueda servir el otro, ó si con todos ellos se quisieren hacer á un tiempo las operaciones; las que si se obran bien, se hallará, que todas las líneas, que de cada círculo se tirasen del punto del Poniente, que es el que corta á la mañana, al del Oriente, que corta á la tarde, serán paralelas unas á otras; y sino lo fueren, será por estar mal hechas las operaciones.

CAPITULO IX.

De la fábrica y uso de la pantómetra ó compás de proporcion.

En el árbol de las ciencias matemáticas ponen los autores y maestros, que las enseñan en las Academias, en primer lugar la aritmética, que la subdividen en varias partes, á distintos efectos.

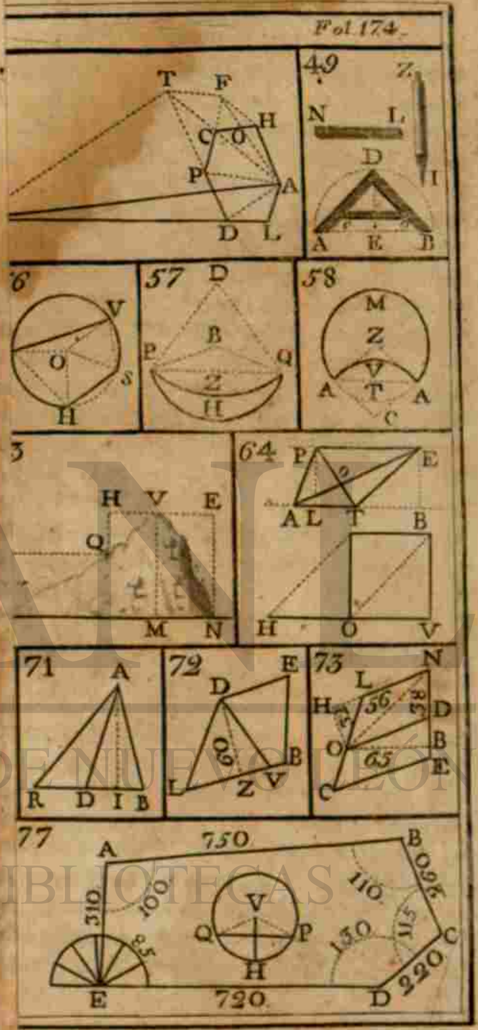
La Geometría acomodan en segundo lugar, dividiéndola en tres partes, que son elemental, práctica, y ultra-elemental: de la primera, ni tercera, no toca esta obra, solo sí de la segunda, que es la práctica; á esta la subdividen en dos partes, que son delineal, é instrumental. Delineal es la que hasta aquí se ha tratado, y en el siguiente libro hay que tratar, la cual se obra por medio del compás y regla simple. Geometría instrumental es la que enseña á usar de instrumentos, que son mas que el compás y regla simple, de que se tratará en el lib. III; y en este capítulo, de la fábrica y uso de la pantómetra; cuyas operaciones son de tanto alivio para obrar las prácticas en papel, que sin trabajo se dividen cualesquiera líneas; y todo lo que hasta aquí se ha tratado, ó la mayor parte, se obra con toda seguridad, y mucha mas brevedad. Es este instrumento muy conveniente á los agrimensores, de mucha utilidad á los arquitectos civiles, y muy preciso á los militares. Si se hubiesen de explicar todas las operaciones que con la pantómetra se pueden obrar, era menester un volumen aparte. Me contentaré con poner en este capítulo las proposiciones mas precisas, las cuales abren el camino para otras muchas que se han inventado y se pueden inventar.

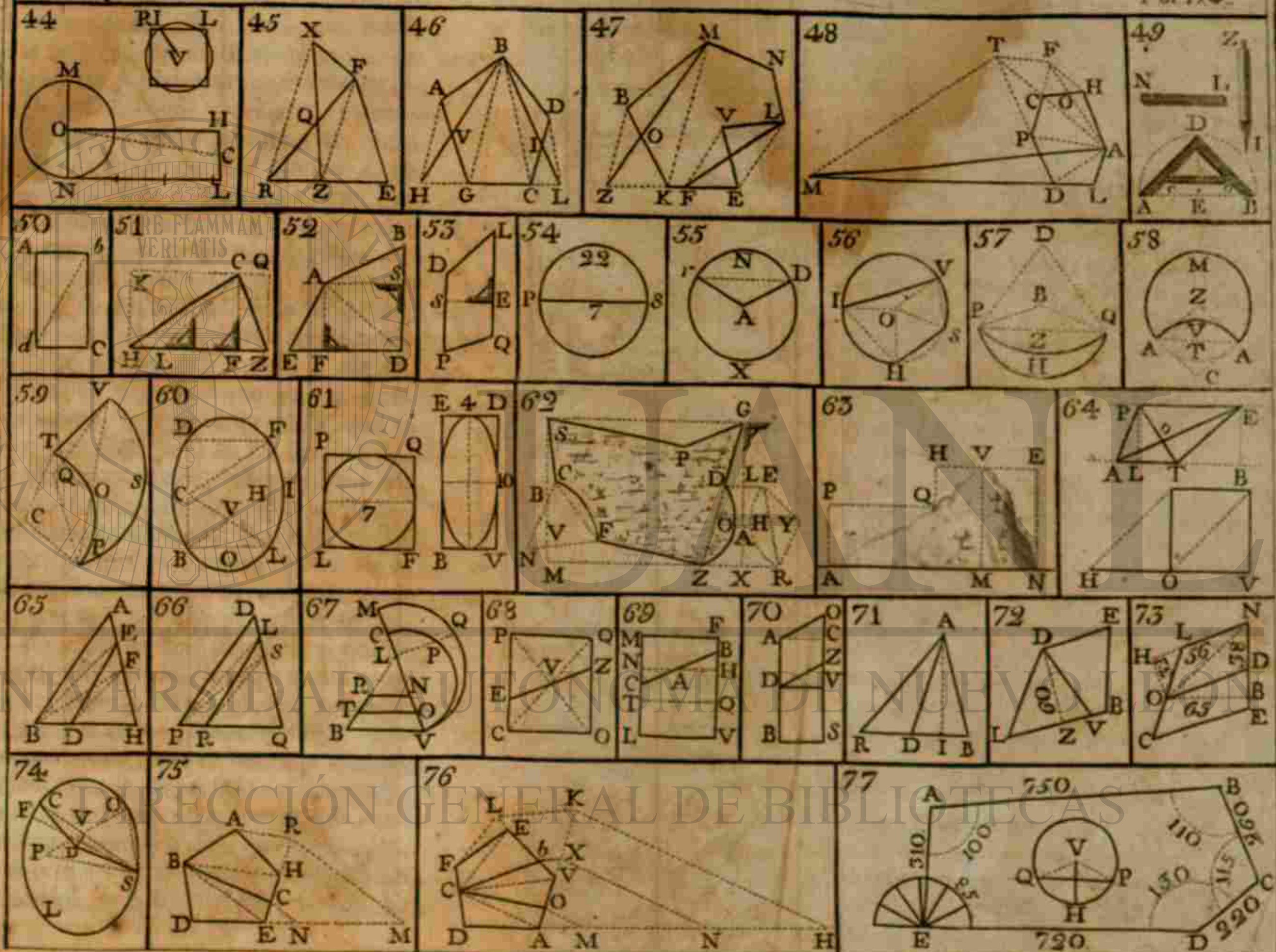
PROPOSICION LXXIV.

De la fábrica de la pantómetra (Figs. 78 y 79).

(Estampa IV.)

Háganse de cobre ú laton dos reglas, como AF, BD (Fig. 78.), cuya longitud puede ser medio pie, uno, ó lo largo que se quisiere; y cuanto mas, será mejor: el ancho de cada regla podrá ser de un dedo ó pulgada, poco mas ó




44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
22
7
55
56
57
58
59
60
61
4
10
7
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
60
73
56
65
74
75
76
77
750
310
100
85
110
095
115
130
220
720

X. Mª S.

menos; y el grueso de su canto, como una sexta ú octava parte de una pulgada. Dispuestas las dos reglas, bien labradas y perfectas, se unirán en A, de modo, que puedan abrirse y cerrarse, como si fuera compás, con el juego semejante á él; pero no ha de exceder la superficie del círculo A en mas ni menos altura á la de las reglas, sino que por ambos lados de la pantómetra han de estar las superficies tan llanas y derechas, como por sus juntas y cantos. Dispuesta así, y aseguradas las dos reglas con su eje bien firme en A, de modo, que tenga resistencia para que la pantómetra no se mueva, sin obligarla por fuerza á abrirse y cerrarse, y que en la postura que se deje quede firme y existente, se cerrará de modo, que se unan las dos reglas en la línea A E, que las dos juntas parezcan una sola regla. Dispuesta que sea en esta forma, se delinearán en ella las líneas, que el artífice necesitare para su ejercicio; y aunque son muchas las que se pueden colocar en la Pantómetra, regularmente no se le ponen mas que seis, que son tres por cada superficie de ella, como son en el un lado la línea aritmética, que se le nota con el título de partes iguales: á esta se sigue en el mismo lado la línea geométrica, que se titula con el nombre de los planos; y luego se le pone la línea poligónica, que se nota con el nombre de polígonos. Por la superficie del otro lado de la pantómetra se ponen otras tres líneas, cuyos nombres son, cordométrica, estereométrica, y metálica: la primera se nombra las cuerdas, la segunda los sólidos, y la tercera los metales. La fábrica de estas líneas, modo de colocarlas en la pantómetra, y uso de ellas, se declara en las proposiciones siguientes, con tanta claridad, que cualquiera mediano profesor las puede comprender con menos trabajo, que al Padre Tosca y otros, que sobre estas prácticas han escrito.

PROPOSICION LXXV.

Fábrica de la línea de las partes iguales, y modo de ponerla en la pantómetra.

Tírense del centro A (Fig. 78) las rectas A B (estando las dos reglas bien ajustadas en la oculta A E; y para mas seguridad, se meten las espigas P, unidas en la una regla, y entran ajustadas en unos agujeros, que se abren en la otra regla. Las líneas A B se pueden tirar del centro A á los ángulos B, por cada regla la suya, para que no embarazen á las que se han de tirar despues: cortadas estas líneas, en igual distancia del centro A, en los puntos 120, se ha de procurar, que estos puntos, extremos de las líneas, disten igualmente de la línea del medio A E; aunque importa poco que haya en esto alguna diferencia, mientras ellas sean iguales, y formen cualquiera ángulo en A). Esto entendido, se pegará con cola en una tabla bien lisa y llana, y de madera bien sólida, un papel: sobre este, despues de haberse secado, se tirará una línea recta, lo mas sutil que sea posible, y se cortará de ella una parte igual á cualquiera de

las dos de la pantómetra A B; y por la regla de la fig. 18, estampa I, se dividirá en mil partes iguales, ó las que se quisiere (En la presente figura está dividida en 120 partes iguales, señaladas por la unidad, hasta las 40; y de estas, hasta las 120, continúan de 5 en 5 partes; pero deben ponerse todas conforme hasta las 40. Hecha esta division en aquella línea de la tabla, se irán pasando las mismas partes por su órden á las dos líneas A B de la pantómetra, que se irán notando de 10 en 10, comenzando del centro A, hasta finalizar en B con el número 120. Con estas líneas se obrarán las prácticas de las proposiciones siguientes.

PROPOSICION LXXVI.

Dividir cualquiera línea recta en las partes iguales que se quisiere, y tomar de ella cualquiera número de partes determinadas (Fig. 80).

La recta P Q se ha de dividir en 22 partes iguales.

Operacion.

Búsquese en la pantómetra cualquiera número que tenga las partes que se piden; y aunque puede servir el mismo 22, que se encuentra entre las partes iguales, 22 y 22 en ambas líneas, se puede valer de cualquiera otro, por causar el mismo efecto: sean, pues, en esta línea de las partes iguales los números 110 y 110, que tiene 22 partes de á 5 cada una: tómese en el compás la línea P Q (Fig. 80) y ajústese transversalmente á los números 110 y 110 de las partes iguales en la pantómetra (Fig. 78), y dejándola quieta, tómese en el compás la distancia transversal de 105 á 105, y con esta se pasará á la línea P Q (Fig. 80); y desde P y Q se cortarán los puntos I por ambos lados; y P I será una de las 22 partes, y Q I será otra de las mismas, y cada una de ellas será 5 partes de las 110 de la PQ. Para continuar con la division de la P Q, tómese en las mismas líneas de la pantómetra otra parte, que sea otras 5 partes menos que la antecedente, y será entre los puntos 100 y 100: pásese esta distancia de P á E, y de Q á E en la línea P Q (Fig. 80) y se tendrán hechas cuatro partes de la division, que se pide, que serán en el un extremo de la dada P Q las dos partes P I, I E, y en el otro Q I, I E; y continuando en esta forma, se acabará la particion, tomando cada vez en el compás cinco partes menos en las líneas de las partes iguales, bajando hácia el centro A de la pantómetra, y estas distancias se cortarán siempre desde los extremos de la PQ, y así saldrán las partes iguales, con mas precision, que si despues de contar una de ellas, se tomase en el compás, y con esta abertura se fueren señalando, en lo que es fácil cometer error; porque una parte pequeña, tomada en el compás, tiene muchas contigencias, por los muchos puntos y borneos que hace el com-

pás cuando el un pie de él se levanta para dar vuelta sobre el otro. Si de la recta PQ, se pidiese que se tome el onceavo de ella, tómese su largura en el compás (Fig. 80): elíjanse en las líneas de las partes iguales de la pantómetra los números que tuvieren 11 partes justas, y se hallará que el 110 las tiene, porque son 11 partes iguales de otras 10 menores cada una: ajústese la línea PQ, tomada en el compás á los puntos 110 y 110, y bajando á la primera decena, que comienza del centro de la pantómetra, sin que esta se haya movido, se tomará en el compás la distancia de 10 á 10, y esta se cortará en la PQ (Fig. 80), y será P E por el un extremo, ó Q E por el otro, y cualquiera de estas dos partes será el onceavo que se pide; y el resto desde E, hasta el otro extremo de la línea dada, será los 10 onceavos.

Nota, que lo mismo sería haber ajustado la línea P Q de 110 á 110, y tomando de ella la distancia de 105 á 105, cortar desde Q ó P las 10 partes, cortarian como en la operacion antecedente, y la porcion menor que quedare de resta en la línea P Q sería el onceavo; y lo mismo es ir descontando de los extremos de las líneas de las partes iguales, que tomarlas por la parte del centro A; advirtiendo, que si las partes, que se hubieren de tomar, cayesen dentro del círculo, que juega el eje del centro de la pantómetra, no se puede hacer; porque abierta la pantómetra, queda aquella parte de la una línea dentro del centro del círculo A en distinta direccion, que lo restante de fuera, hasta su extremo; y por eso en partes muy menudas se hace esta operacion por los extremos: como si por egemplo se hubiere de dividir la P Q (Fig. 80), en las 120 partes iguales que tienen las líneas A B (Fig. 78), se tomaria en el compás la P Q; y ajustada á los puntos 120, y 120 de la pantómetra, se dejaria ésta quieta, y luego se tomaria la distancia de 119 á 119, y de los extremos P Q se cortarian de cada uno 119 partes, y quedaria cortada en la resta de cada extremo una de ellas; y así se continuaria tomando la distancia de 118 á 118, desde los mismos extremos, y se cortaria otra parte en cada uno de los opuestos, continuando por este órden hasta concluir la línea; pero siempre asentando en los extremos P y Q la una pierna del compás, y con la otra cortar el punto por la otra parte opuesta.

PROPOSICION LXXVII.

Usar de la pantómetra, como de pitipie universal, para medir cualquiera plano (Fig. 80).

Sea el rectilíneo P G *b* Q la planta de una casa, castillo, &c. que importa medirla, y no tiene pitipie; pero consta, y se sabe, que el lado Q *b* tiene 50 varas: tómese en el compás el lado conocido *b* Q, y ajústese en las líneas de las partes iguales de la pantómetra á los puntos 50 y 50 (Fig. 78); y dejando quieto el instrumento, se sabrán los demás lados de la figura en esta forma: Tómese el lado *b* G, y

véase á qué números se ajusta en las líneas sobredichas, y se hallará, que es de 45 á 45; y así se sabrá que el lado *b* G es de 45 varas; y haciendo lo mismo con los otros dos lados, se hallará, que G P se ajusta de 70 á 70, y P Q de 110 á 110: con que así diremos, que el lado P Q tiene 110 varas, P G 70 varas, G *b* 45, y el conocido *b* Q 50 varas.

Nota, que si haciendo estas medidas, alguno de los lados no se ajustare á partes justas, se sabrá el quebrado que cortare, en esta forma: Supóngase, que el lado P G no se pudo ajustar á los puntos 70 y 70, porque era mayor la línea; pero tampoco podia alcanzar de 71 á 71; solo sí, que puesto un pie del compás en la una línea de las partes iguales en el número 70, se ajustaba el otro en la otra línea al 71; pues tómese la mitad de la diferencia (que de uno es medio), y añadido á los 70, serán 70 y medio el valor de la línea de aquel lado: si como llegó de 70 del un lado á 71 del otro, no hubiese llegado mas que al medio de entre 70 y 71, sería la diferencia medio: luego la mitad de este medio sería un cuarto, con que la tal línea de aquel lado sería 70 y un cuarto. Entendidos estos quebrados, se pueden comprender cuantos ocurran, tomando siempre la mitad de la diferencia, y aumentaria al número menor de las dos líneas.

PROPOSICION LXXVIII.

Dada la planta de un recinto, ó sitio de un edificio, formar otra semejante sobre una línea dada (Fig. 80).

Dada la planta P G *b* Q, se pide otra semejante, y menor que ella, sobre la recta K H, y que esta sea correspondiente al mayor lado P Q, cuya operacion se obrará en esta forma: Tómese en el compás la mayor línea, que será P Q de la planta propuesta: véase qué puntos corta en las líneas de las partes iguales de la pantómetra, tomando la medida desde el centro A, y alcanzará desde A en los puntos $32\frac{1}{2}$ y $32\frac{1}{2}$: tómese ahora en el compás la línea dada K H, y ajústese á los puntos $32\frac{1}{2}$ de las dos líneas de las partes iguales transversalmente, y quedará figurado el ángulo de las dichas dos líneas de la pantómetra en la fig. 80, como representa X Z X. Estando así firme la pantómetra, se irán hallando los lados de la figura de la planta del modo siguiente. Para hallar el lado K V la correspondiente á P G, tómese P G en el compás, y póngase desde Z adonde alcanzare en las dichas líneas de la pantómetra, que será en los puntos $21\frac{1}{4}$ y $21\frac{1}{2}$: tómese la distancia transversal entre estos puntos, y esta será el lado K V: para sentarlo en la línea dada, se llevará tomado en el compás; y en el extremo K se hará centro, y desde este se hará el arco M V á discrecion: del ángulo P, su correspondiente en la planta dada con la misma abertura de compás, hágase desde P el arco C V, que cortará los lados P Q, P G en los puntos C, V: córtese el arco M V igual al arco V C: y tirando la K V, se tiene el ángulo K igual al de la planta dada, su correspondiente P, y el lado K V correspondiente al P G. Para hallar el lado H D correspondiente á Q *b*, tómese la línea *b* Q, y póngase de Z adonde alcanzare, que será á los números 1 y 15 de las partes iguales: tómese así la distancia de 15 á 15 en el compás, y con esta háganse los arcos O N desde el ángulo Q, y M D desde H á discrecion; y cortando M D igual al arco O N de la planta dada, tirando la recta D H, se ha construido el lado H D sobre la recta dada, correspondiente á la Q *b*, y el ángulo H igual al ángulo Q: tírese sin mas operaciones la recta D V, y queda formada la planta que se pide, semejante á la propuesta P G *b* Q: si se hubiere obrado con exactitud, se hallará, que tomando el lado G *b*, que faltaba, y ajustándolo en las líneas de las partes iguales, desde el centro de la pantómetra, alcanzará de Z á los números $13\frac{1}{2}$ y $13\frac{1}{2}$; y la distancia transversal de entre estos números será el lado V D, que es preciso venga justo á cerrar la figura. Si hubiere mas lados en ella, se repetirán las mismas operaciones.

Si dada la planta menor K H D V se pidiere otra semejante sobre la recta P Q, se invertirá la sobredicha operacion en esta forma: Por ser mayor la recta dada P Q que su correspondiente K H, tómese la P Q, y pásese á las líneas de las partes iguales, y alcanzará desde el centro Z á los números $32\frac{1}{2}$: tómese la K H de la planta, y ajústese transversalmente entre $32\frac{1}{2}$ y $32\frac{1}{2}$, y déjese quieta la pantómetra hasta hallar todos los lados de la figura, que se ha de delinear de este modo: Quiérese hallar el lado P G correspondiente á K V, tómese la K V, y véase á qué puntos transversales de la pantómetra se puede ajustar, sea de $21\frac{1}{2}$ á $21\frac{1}{2}$; pues la distancia de $21\frac{1}{2}$, que es hasta Z, será el lado P G; y obrando lo mismo con los demás lados, se hallará, que H D se ajusta de 15 á 15, y la línea Z 15 será igual al lado Q *b*: la D V se ajustará de $13\frac{1}{4}$ á $13\frac{1}{4}$, y lo que hay de Z hasta $13\frac{1}{4}$, será el lado igual á G *b*; y colocando estos lados de modo, que sus ángulos sean iguales cada uno á su correspondiente, se habrá concluido con la operacion; y así se obrará con todas las semejantes, siendo mas fácil de obrarse con figuras regulares, como triángulos, equiláteros, cuadrados ó paralelógramos, rectángulos, ó cualesquiera polígonos; y si fueren círculos, se hará la operacion con sus diámetros.

PROPOSICION LXXIX.

A dos rectas dadas, hallar una tercera proporcional (Fig. 81).

Pídese que á las dos rectas *b d* se les busque otra línea tercera proporcional: tómese en el compás la primera *b* (y sean las líneas de las partes iguales las V M, y el centro de la pantómetra sea V): póngase la *b* del centro V adonde alcanzare, que será en los puntos M: tómese la segunda *d*, y ajústese transversalmente de M á M; y estando así firme la pantómetra, vuélvase á poner la segunda *d* desde V hasta donde alcanzare, que será en los puntos O: tómese la distancia de O á O, y esta será la tercera proporcional que se busca, de modo, que la proporcion que tiene de menos la segunda *d*, con la primera *b*, tiene recíprocamente la tercera hallada O O con la segunda *d*. Si como se ha buscado la proporcional en diminucion, hubiere de ser en aumento, se pondria la primera *d* del centro de la pantómetra, á los puntos O, y ajustando en estos transversalmente la mayor *b*, se tendria quieta la pantómetra; y poniendo la misma *b* de V á M, la transversal de M á M sería la tercera que se pedia, mayor que la misma *b*.

PROPOSICION LXXX.

Dadas tres líneas rectas, hallar una cuarta proporcional (Fig. 82).

Esta proposicion es la regla de tres por via de línea, así como por aritmética se busca un cuarto número, que corresponda á la especie del segundo, como corresponde el tercero con el primero. Sean las tres líneas dadas L, Z, H: búscase la cuarta proporcional: Tómese en el compás la primera L: póngase desde R hasta P en la línea de las partes iguales: tómese la segunda Z, y ajústese á los puntos transversales de P á P; y sin mover la pantómetra, tómese la tercera H, y póngase del centro R hasta donde alcanzare, que será en los puntos S, S, y la distancia de entre estos puntos será la cuarta proporcional que se busca (consta de la prop. 2.ª del lib. VI de Euclides): es R P á P P, como R S á S S.

Otras muchas operaciones se pueden resolver por las líneas de las partes iguales, como es hallar un número que sea medio proporcional entre dos números dados, y dividir una recta en las partes semejantes, que lo estuviere otra, ya dividida; pero estas operaciones se obran con menos embarazo, mas brevedad y seguridad por las prácticas de las figuras 16 y 19 de la estampa I; por lo que se omiten en este uso de la pantómetra.

PROPOSICION LXXXI.

De la fábrica de la línea de las cuerdas y de los polígonos, y asiento de ellas en la pantómetra (Fig. 79).

Las divisiones de esta línea contienen las cuerdas de los grados, que á cada una corresponden en la circunferencia que corta de cualquiera semicírculo, y no puede haber cuerda mayor que el diámetro del círculo, la cual tampoco puede cortar mas que 180 grados, que es la mitad de 360, en que se divide toda su circunferencia; y

valiéndonos del semicírculo graduado de la figura 22, estampa I. Para ejemplo de colocar la línea de sus cuerdas en la pantómetra, se obrará como se sigue.

Vuélvase la pantómetra por la otra superficie, opuesta á la línea de las partes iguales, que es V G H N, y ajústense los lados interiores V N en la oculta del medio V M: hecho esto, se tirarán las rectas del centro V á los ángulos H, para que haya lugar de acomodar debajo de estas las que faltan que poner en la superficie de este lado; y pegando con cola una cuartilla ó medio pliego de papel á una tabla bien labrada, se tirará una línea sobre este papel, que sea igual á cualquiera de las dos V H: sobre esta línea se hará la division con todo cuidado, del mismo modo que se representa en la fig. 22 (Estampa I); y aunque en las pantómetras que llegan á un pie, ó poco menos, se les ponen las cuerdas de todos los grados del semicírculo, en las que son menores, como la de la figura presente, les basta con las cuerdas, que llegan hasta 60 grados; pues siendo la cuerda de 60 grados igual al semidiámetro del círculo, como tambien á una sexta parte de su circunferencia, se pueden hacer con estas todas las operaciones, como si fuera con el diámetro, que es cuerda de 180 grados.

Dése por supuesto, que la V H de esta fig. 79 sea igual á la cuerda del arco de 60 grados de la fig. 22, que es la distancia que hay en aquella figura por línea recta, desde el extremo H, hasta el número 60; tómese en el compás la distancia H 60 (Fig. 22.), y póngase en la V H de esta fig. 79, y alcanzará en cada una de estas líneas, desde V, hasta los números 60, en las líneas de ambas reglas: tómese otra vez en el compás la distancia H 59 (Fig. 22.), y póngase desde V en las V H (Fig. 79.), y cortará los puntos inmediatos á los 60, bajando hácia el centro V, y por este órden se irán tomando en la fig. 22 todas las cuerdas hasta la última, que será la próxima de un grado en el extremo H, pasándolas todas á la V H (Fig. 79.); y hecha toda la division hasta el centro V, se comenzará á numerar de 10 en 10 grados, comenzando de dicho centro por ambos lados, como parece por los números 10, 20, 30, 40, 50 y 60, y con esta division se harán las operaciones mas seguras, que si sobre las mismas líneas V H se hubieren metido 180 grados, con cuya espesura de partes sería una confusion.

Las líneas de los polígonos son mas fáciles de colocar: su division se obrará en esta forma: Tírense del centro A (Fig. 78.) las rectas A 4: tómese en el compás cualquiera abertura, que sea algo mas que la mitad de una de las líneas A 4, y sea en estas mismas los puntos 6 y 6 distantes igualmente del centro A. Con la distancia A 6, como radio, tomada en el compás, se hará un círculo perfecto, y en su circunferencia se dividirán todos los polígonos que se hubieren de poner en la pantómetra, y sean desde el cuadrado hasta el de doce lados, que se puede hacer por las reglas de la fig. 30, estampa II, ó mecánicamente; pero sea con toda exactitud; y tomando

las cuerdas del polígono, se pasarán á las líneas de la fig. 78 en esta forma: La cuerda del polígono de 12 lados se pondrá desde el centro A, hasta el número 12, que está en la oculta A E, señalando un punto en cada línea de las dos A 4: lo mismo se hará pasando la cuerda del polígono de 11, de 10, de 9, de 8, de 7 (el de 6 ya está de antes), el de 5 y el de 4; y si hubiere lugar, el de 3, y queda hecha la division de esta línea: las operaciones de esta y la de las cuerdas, se expresan en las proposiciones siguientes.

PROPOSICION LXXXII.

Cortar de cualquiera círculo un arco de los grados que se quisiere, y hallar el valor de los grados que vale cualquiera ángulo dado (Fig. 83).

Pídese que de un círculo, cuya parte es el sector F P S, se corten en su circunferencia 70 grados: tómese en el compás su radio F S, y ajústese transversalmente en las líneas de las cuerdas de la pantómetra (Fig. 79) á los números 60 y 60 (que es la cuerda de 60 grados, valor del radio); y dejando quieta la pantómetra, búsquese transversalmente en las líneas de las cuerdas los números 70; y porque en esta pantómetra no los hay, se obrará como se sigue: Tírese aparte una recta á discrecion, como S P: tómese el radio del círculo, que es cuerda de 60 grados del mismo, y póngase de S á C: tómese en la pantómetra la cuerda de 10 grados, que será transversalmente la distancia entre los números 10 y 10: póngase esta distancia en la misma S P de C á P, y la línea S P es la cuerda de 70 grados: tómese esta cuerda en el compás, y asentando un pie de él sobre cualquiera punto S de la circunferencia, alcanzará el otro en ella misma en el punto P, y el arco P S será de los 70 grados que se piden.

Si se pidiere los grados que vale cualquiera ángulo, como por caso el ángulo P F S, ábrase el compás en cualquiera distancia: sea F P; y desde el ángulo F, como centro, hágase con ella el arco P S, que corta los lados F S, F P en los puntos P S, y tírese la cuerda P S: hecho esto, ajústese la abertura del compás, con que se describió el arco P S, á la línea de las cuerdas en la pantómetra, á los números 60 y 60 transversalmente; y dejándola firme, se tomará la cuerda P S en el compás; y ajustándola en los puntos transversales que se pudiere, en las líneas de las cuerdas, se sabrá los grados que vale el ángulo; y porque en este instrumento no hay cuerda tan larga como la P S, se tomará cualquiera otra de las de la pantómetra: tómese, pues, la mayor que se encuentra, que es la de 60 grados; y tomando en el compás la distancia transversal entre 60 y 60, pásese esta á la cuerda P S, y se pondrá de S á C: tómese en el compás la distancia que falta C P, y véase á qué puntos de las líneas de las cuerdas se ajusta en la pantómetra, que será de 10 á 10: con que añadiendo 10 de C P á 60 de

S C, la suma 70 serán los grados que vale el ángulo P F S; y por esta práctica y la antecedente se obrará en todos los casos semejantes.

PROPOSICION LXXXIII.

Conocer los grados que vale un arco dado; y dados los grados que vale un arco, hallarle el radio (Fig. 83).

Pídese los grados que vale el arco P S, suponiendo que no hay mas líneas que la curva P S: hállese el centro F, y tírese cualquiera radio F P (Prop. 6, fig. 9, estampa I.): tómese F P en el compás, y ajústese en las líneas de las cuerdas á los números 60 y 60: tírese la cuerda P S, y el mismo radio póngase de S á C: tómese la porcion que falta C P de la misma cuerda, y véase á qué números se ajusta en las de la pantómetra, que será de 10 á 10: júntense las 10 de C P con las 60 de S C, y la suma 70 serán los grados que vale el propuesto arco P S; y así se obrará con los demás.

Dado el arco P S, y su valor 70 grados, se pide el radio.

Operacion.

Tómese en el compás la cuerda P S y ajústese en la pantómetra en las líneas de las cuerdas entre los puntos 70 y 70; y dejando quieta la pantómetra, tómese en el compás la distancia transversal entre los puntos 60 y 60: y haciendo centros en los extremos P S, con la distancia que se ha tomado en el compás, se harán los arcos que se cruzan en F; y el punto F será el centro del círculo, cuya parte es el arco P S; y cualquiera línea, que de él se tire hasta la circunferencia, como F P, será el radio que se pide, y porque en esta pantómetra no hay cuerda que llegue á los 70 grados, se tomará en el compás la de 60; y con esta distancia se cortará del arco P S la parte S L: de estos puntos S, L, como centros, con la misma cuerda de 60 grados, háganse los arcos, que se cruzan en F, y este será el centro del arco; y tirando de él á la circunferencia cualquiera recta F S, ó F P, será el radio que se pide.

Nota, que por esta línea de las cuerdas se puede inscribir cualquiera polígono regular dentro del círculo; como si se pidiere el pentágono, se partirán los 360 grados que vale la circunferencia, á 5, que son los lados que ha de tener este polígono, y vendrán á la particion 72 grados; y tomando en las líneas de las cuerdas la de 72 grados, con esta se dividirá la circunferencia de todo el círculo en 5 partes iguales; y tirando rectas de unos puntos á otros de la division, se perfeccionará el pentágono; y por esta misma regla se formará cualquiera otro, partiendo los 360 grados del círculo á los lados, que hubiere de tener el polígono, y en algunos vendrán quebrados, los que se evitan para estas prácticas por las operaciones de las líneas de los polígonos.

PROPOSICION LXXXIV.

Inscribir dentro del círculo cualquiera polígono regular, ó hacerlo sobre una línea dada, y hallar el centro y radio de cualquiera polígono por las líneas de los polígonos (Fig. 84).

Pídese que en el círculo de la figura 84 se forme un pentágono. Hállese el centro V (por la prop. 6.), y tómese la distancia de V hasta cualquiera punto A de la circunferencia: con esta distancia, tomada en el compás, váyase á la pantómetra (Fig. 78), y se ajustará á los puntos 6 y 6 transversalmente en las líneas de los polígonos (abriendo la pantómetra lo que fuere necesario, y dejándola quieta): tómese en el compás la distancia transversal entre los puntos 5 y 5 de las mismas líneas: con esta distancia se fijará el compás en cualquiera punto R del círculo dado; y dando la vuelta por la circunferencia, se cortarán los otros puntos D A C L; y tirando rectas de unos á otros quedará formado el propuesto pentágono, como parece en la figura.

Si se pidiere que el polígono de 5 lados se describa sobre una línea propuesta L R, tómese esta línea en el compás: ajústese entre los números 5 y 5 de las líneas de los polígonos (Fig. 78); y dejando quieta la pantómetra, tómese la distancia entre los números 6 y 6; y con esta, tomada en el compás, desde los estremos de la recta dada L R (Fig. 84) como centros, se harán los arcos, que cortan el punto V, y éste será el centro, desde el cual con la distancia VL, ó VR, se hará el círculo, en cuya circunferencia se acomodará 5 veces la línea dada LR; y cualquiera recta, que salga de V hasta cualquiera ángulo L, será el radio del círculo.

Por el mismo órden se formará cualquiera otro de los polígonos que señala la pantómetra, hasta el de 12 lados; como si la LR hubiere de ser uno de ellos, se tomaria esta línea en el compás; y ajustándola en la pantómetra en la línea de los polígonos de 12 á 12, y dejando quieto el instrumento, tomar la distancia de 6 á 6: con esta se hallaria el centro del círculo, que la LR fuere uno de sus 12 lados, obrando del mismo modo que se ha hecho para hallar el centro V del pentágono; y así se obrará con los demás.

Nota, que la práctica antecedente fué formar un pentágono dentro del círculo, para cuya operacion se ajustó el radio á los números 9 y 6 de la línea de los polígonos; y dejando la pantómetra quieta en aquella disposicion, se tomó la distancia de entre los números 5 y 5 para el pentágono: si se tomare el 7, el 8, ó cualquiera otro hasta los 12, sin que se mueva el instrumento de otros tantos lados, se hará el polígono sobre el círculo.

PROPOSICION LXXXV.

De la division de las líneas geométricas, ó líneas de los planos, y su asiento en la pantómetra (Fig. 85).

La línea geométrica, ó de los planos, sirve para aumentar ó disminuir en cualquiera proporcion las figuras planas. Algunos la llaman línea planométrica, otros cuadrática; pero en buen castellano se llama línea de los planos: el modo de dividirla y asentarla en la pantómetra es el siguiente.

Cerrada la pantómetra en la oculta del medio AE (Fig. 78), se tirarán del centro A las rectas AC por ambas reglas de la pantómetra: desde el centro A con cualquiera abertura de compás que sea, como el tercio ó mitad de las AC, como, por egemplo, AL, hágase desde A un arco LL, que cortará las AC en los puntos L: hágase (Fig. 85) VB igual á AL de la fig. 78, y divídase la VB en 4 partes iguales, que se notan en ella con los números 1, 2, 3, 4 (Fig. 85): sobre la parte estrema V1 hágase el cuadrado 1HMV; tírese la diagonal M1; y tomándola en el compás, pásese á la VB de V á D; y la diagonal MD pásese tambien de V á E; y si la operacion estuviere bien hecha, la diagonal ME vendrá justa de V á 2; y por este órden se irán pasando todas las diagonales, que vayan resultando á la VB, poniéndolas siempre desde V; y si fuere menester, se alargará la VB todo lo que se quisiere; y habiendo obrado las operaciones con prolijidad, se hallará, que la M E se ajusta de V á 2: y el cuadrado hecho sobre 2 V, será igual á cuatro cuadrados de 1 V, como se puede probar, tirando por el punto 2 una paralela á 1 H, que sea igual á 2 V, y haciendo la V M tambien igual á la 2 V, se tiraria otra por sus estremos paralela á 2 V, y se formaria un cuadrado como cuatro de 1 H M V. Del mismo modo sucederá con la diagonal M F, que se ajustará de V á 3; y el cuadrado hecho sobre la recta 3 V, será como 9 veces 1 V: tambien la M B se ajustará de V á 4, y el cuadrado hecho sobre 4 V, será como 16 cuadrados de 1 V, como se probará multiplicando cada línea en sí. De esta práctica resulta el modo de ir aumentando cualesquiera planos, como se puede inferir de la misma operacion, que siendo la diagonal M 1 lado de un cuadrado doblado de V M, cuya diagonal es igual á V D, la M E será como tres cuadrados; la M 2 como cuatro; y continuando así, se van aumentando de cuadrado en cuadrado cuantos se quisieren poner en la recta V B, haciéndola mas larga. Hecha esta division, se irán pasando los mismos puntos á las líneas de la pantómetra A C (Fig. 78), poniéndolos por su órden en esta forma:

Tómese la 1 V, y póngase en las líneas de la pantómetra A C desde A, y cortarán el arco II: tómese la V D, y cortará un punto mas adelante del arco I en cada línea A C: pásese V E, y cortará en las mismas líneas dos puntos adelante de

I; la V 2 cortará tres puntos; y tomando desde V la distancia que hay hasta el punto primero adelante del 2, se pondrá desde A, y alcanzará en el número 5; y haciendo aquel arco desde el centro A, será su cuerda como 5 cuadrados de la cuerda II; y así se irán pasando los demás puntos desde el centro A hasta concluir en C: que hecho el arco C C desde el centro A, será el cuadrado hecho sobre la cuerda C C, como 60 cuadrados hechos sobre la cuerda II.

Nota. En estas líneas se hallan señalados hasta L 16 cuadrados en progresion aritmética, que se van excediendo de uno en uno, como 1, 2, 3, 4, &c. hasta L, que son 16; y desde el 15, antes de L, se exceden de 5 en 5, hasta llegar á C, que son 60; pero todos deben asentarse de uno en uno, como están desde A hasta L.

PROPOSICION LXXXVI.

Aumentar ó disminuir cualquiera figura plana en cualquiera proporcion dada por las líneas de los planos (Fig. 86).

Pídese que se haga un triángulo semejante á B A C, que sea su mitad. Mídase cualquiera de sus lados que hubiere de servir de basa; y porque en este egemplo es triángulo equilátero, no tiene mas medir un lado que otro, pues son iguales: tenga por caso 60 pies: tómese en el compás cualquiera lado B C, y ajústese en las líneas de los planos á los puntos 60 y 60; y porque se pide otro de la mitad (estando firme la pantómetra), tómese la distancia entre 30 y 30, que es la mitad de 60; y cortando la B E igual á los 30, se tirará de E la E D, haciendo el ángulo E igual al ángulo C; y si la figura se formare aparte, se hará lo mismo en el estremo B, tirando de este la B D, formando el ángulo B igual al mismo B, y las dos líneas de los estremos se juntarán siempre en D.

Si se pidiere que dado el triángulo B DE de 30 pies por lado, se haga otro semejante, que sea doblado, tómese en el compás su lado B E, y ajústese á los puntos 30 y 30; y dejando quieta la pantómetra, tómese la distancia de 60 á 60 en las mismas líneas de los planos; y haciendo la B C de 60 pies, se tirarán las B A CA, haciendo iguales los ángulos C y B á sus correspondientes B y E, y se habrá concluido la operacion.

De esta práctica se infiere poder hacer cualquiera otra figura semejante; como si dado el triángulo mayor A BC, se pidiere otro, que fuere su sexta parte, se tomaria la B C en el compás; y ajustada en las líneas de dos planos á los números 60 y 60 (que tiene su lado), dejando quieta la pantómetra, se tomará la distancia de 10 á 10, que es sexta parte de 60, cuya línea sería B G, sobre la cual se construirá el triángulo B G F, semejante al B C A; y si dado el B G F, se pidiere otro triplo á él, se ajustará su lado 10 á los puntos 10 y 10 de las líneas de los planos, y estando así la pantómetra, se podrá hacer el triplo, tomando el número de 30 á 30; y sobre este se formará el triángulo B E D, que será como tres veces B G F; ó si se toma el número de 60 á 60, sobre este se formará el triángulo B C A, que será como seis; y por estas reglas se puede inferir de hacerse lo mismo con cualesquiera planos, en los que, si fueren de muchos lados, se repetirán las operaciones por cada lado de la figura, si la dada fuere irregular, haciendo los ángulos iguales cada uno á su correspondiente; y si fueren círculos, se obrará lo mismo con sus diámetros. La demostracion de todo esto se expresa en la figura siguiente.

PROPOSICION LXXXVII.

Hallar la razon que tienen entre sí cualesquiera figuras semejantes (Fig. 87).

Sean tres rectángulos, cuadrados ó paralelógramos, P B N, A B V, D B L: pídese qué partes son unos de otros.

Operacion.

Tómese con el compás el lado P B, y ajústese transversalmente á las líneas de los planos (Fig. 78), entre cualesquiera puntos iguales; sea de 60 á 60: déjese quieta la pantómetra, y tómese el lado AB (Fig. 87), y véase á qué puntos se acomoda en las mismas líneas de la pantómetra: sea de 45 á 45: véase qué partes es 45 de 60, y se halla, que son tres partes de las cuatro en que se divide el número 60, que son 15 partes cada una de las cuatro; de que resulta, que el rectilíneo ABV es tres cuartos de todo el PBN, y el trapecio PANV es un cuarto de la figura.

Para saber qué proporcion tiene el otro rectilíneo DBL, tómese DB en el compás, y véase á qué puntos se ajusta en la pantómetra (sin que esta se haya movido de como se dejó), y se halla, que es entre los números 15 y 15 de las mismas líneas de los planos; con que siendo 15 la cuarta parte de PB, que es 60, será el rectilíneo BDL, cuarta parte de todo el PBN; de que se infiere, que DBL y PANV son de igual superficie, y los dos juntos son iguales al trapecio ADVL, que queda en el centro.

Para probar que DBL es cuarta parte de PBN, perfecciónese el cuadrado DBML, y se halla, que sobre la diagonal DL se han formado tres rectilíneos DPM, DML, y LMN, todos tres iguales á BDL con que está probado, que el BDL es cuarta parte. Si estos fueren círculos, se obrará lo mismo con sus diámetros.

PROPOSICION LXXXVIII.

Dadas muchas figuras semejantes y desiguales, hacer otra semejante, cuya superficie sea igual á la de todas juntas; y dadas dos figuras semejantes y desiguales, hacer otra semejante que sea igual á la diferencia de las dos (Fig. 87).

1 Pídese que de dos rectilíneos semejantes, cuyos lados son del menor la recta DB, y del mayor la AB, se haga otro semejante á ellos, que sea su area igual á la de los dos juntos.

Operacion.

Tómese en el compás la línea de cualquiera de los dos rectilíneos: sea DB del menor: ajústese á cualesquiera puntos transversales de las líneas de los planos en la pantómetra (Fig. 78): sea de 15 á 15: déjese quieto el instrumento, y tómese en el compás la línea AB, y véase á qué otros puntos transversales se ajusta en las mismas líneas de los planos, y sea de 45 á 45: súmense estos con los 15, y serán 60: tómese en el compás la distancia de 60 á 60 en dichas líneas, cuya longitud será PB (Fig. 87), y el rectilíneo PBN será igual á los dos juntos ABV, DBL, cuya prueba se puede hacer midiendo las tres figuras por las líneas de las partes iguales.

2 Si se pidiere que dados los rectilíneos se-

mejantes y desiguales, se haga otra semejante, que sea igual á la diferencia de los dos, se obrará como se sigue.

Sea el mayor P N B, y el menor D L B; tómese en el compás de cualquiera de ellos uno de sus lados: sea del mayor P B: ajústese transversalmente á cualesquiera puntos de las líneas de los planos, como de 60 á 60; y sin moverse la pantómetra, tómese el lado DB del rectilíneo menor que es el correspondiente al lado del mayor; y véase á qué otros puntos transversales se ajusta en las mismas líneas de los planos: sea de 15 á 15: réstense estos 15 de los 60, y quedan 45: córtese la recta AB de 45 pies (ó las partes que fueren las demás medidas); y haciendo el rectilíneo A B V semejante á los dados P B N, D B L, será el que se pide, cuya superficie será igual á la diferencia, que lleva P B N mayor á D B L menor.

La prueba de esto consta de la proposicion antecedente; porque el triángulo D B L es igual al trapecio P A V N: luego quitando el dicho triángulo, y en lugar de él formar el trapecio, será el triángulo A B V la diferencia de las dos figuras planas que se propusieron.

Si los rectilíneos fueren de muchos lados y ángulos desiguales, se repetirá la misma operacion con cada uno de sus lados correspondientes; y hallados estos se formará el rectilíneo, haciendo tambien sus ángulos iguales, segun correspondiere á los semejantes de la figura dada.

Si las figuras fueren círculos, se hará la operacion con sus diámetros, como aquí se ha obrado con los lados.

PROPOSICION LXXXIX.

De las líneas de los sólidos, y modo de colocarlas en la pantómetra.

Para dividir las líneas estereométricas ó de los sólidos, han formado los inventores de este instrumento varias tablas de cubos y sus raices, y por ellas se hace la division de las líneas de los planos; y porque raro ó ninguno de los que han de seguir la práctica de esta obra, creo se meterá en el trabajo de hacer estas líneas, omito el poner las tablas que para este fin se hallan trabajadas; pero por si alguno tuviere el gusto de entretenerse en esta diversion, lo podrá hacer sin valerse de tabla ninguna, obrando del modo siguiente.

Dispuesta la pantómetra (Fig. 79), tírense del centro V, por cada regla de las dos, que componen la pantómetra, las rectas V S; y porque estas líneas son para las medidas de sólidos ó cubos, tome á su arbitrio las raices cúbicas, como son la raíz cúbica de uno, es el mismo 1; porque multiplicado por tres dimensiones, uno de ancho, otro de largo, y otro de alto, ó profundo, nunca será mas que uno su producto: el cubo de 2 ya llega á 8; porque multiplicando dos de ancho por dos de largo, son 4; y estos por otros dos de alto, ó profundo, hacen 8, cuya raíz fué el 2. El 3 llega á 27, multiplicándolo, como se ha hecho con el 2; y siendo 27 el cubo, su raíz de donde procede es el 3: el 4 compone un cubo de 64; porque 4 veces 4 son 16, y 4 veces 16 son 64; con que la raíz de 64 es 4. Por este órden se van haciendo cubos con el 5, el 6, el 7, &c. Esto entendido, elíjanse los cubos que se quisieren poner en la pantómetra, y en otras tantas partes iguales se han de dividir las líneas V S. Sea, pues, en cuatro partes iguales: la primera será de V á 1 en ambas líneas, que es la raíz del primer cubo 1: la segunda raíz, que es 2, cortará ocho puntos desde los 1, 1, que serán tres puntos mas adelante de los números 5, 5; y la tercera raíz cortará en 27, que se halla tres puntos antes de llegar á los números 30; y la cuarta raíz cortará en 64, que será en S, S, á cuatro puntos mas adelante de los números 60 y 60. Señalados estos cuatro cubos en las dos líneas V S (que son los de las cuatro raices que se tomaron, cuyas notas son 1, 8, 27 y 64) se irán colocando cuantas raices se quisiere, obrando como se sigue.

Tírense aparte dos líneas rectas iguales, la una á V 1, y la otra á V 8, que es la segunda division que se cortó de los números 1, 1; y para mejor entenderlo, hágase una recta igual á V 1, y otra que sea doblada que ella: entre estas dos hállense otras dos medias proporcionales á ellas, que se hará por la regla dada en la proposicion 17, y por este medio se irán sacando otras muchas, tomando siempre las dos inmediatas, y todas se irán pasando á la pantómetra, asentándolas desde el centro V, hasta donde alcanzaren: hecha esta primera operacion, están comprendidas todas, y no hay que observar otra cosa, que coger siempre las dos líneas mas juntas que se hallen divididas, y entre ellas sacar sus otras dos medias proporcionales, y estas caerán siempre dentro del espacio que tenian aquellas, y así se continuará hasta llenar de cubos las V S; y nunca puede llegar el caso de bajar de los números 1 hácia V, ni salir de los 64 de S, por cuanto no hay fuera de estos líneas conocidas, que se les puedan sacar medias proporcionales: esta es la práctica mas segura de cuantas se hayan podido inventar. Y habiendo entendido estas líneas, se obrarán con ellas las operaciones de las proposiciones que se siguen.

PROPOSICION XC.

Hallar dos líneas que sean medias proporcionales entre otras dos líneas dadas, por las de los sólidos de la pantómetra (Figura 88).

Pídese que entre las dos líneas D y A se hallen dos medias proporcionales entre ellas (que sean B y C): tenga la A 108 pies por caso, y la D 32; porque en esta pantómetra no hay número que alcance á 108, se tomará su mitad A L, que es 54: ajústese en la pantómetra de 54 á 54; y dejando quieto el instrumento, tómese en las mismas líneas de él la distancia de 16 á 16 (mitad de

32 de la D), y esta distancia será la mayor media proporcional B L: tómese en el compás esta B L, y ajústese á los mismos 54 y 54, y tomando segunda vez la distancia de 16 á 16, esta será la media proporcional C L (que es la menor); y porque la operacion se ha hecho con la mitad de la A, se tendrán que alargar hasta que sean dobles las B L y C L, que será en los números 72 y 48. Si todas las cuatro líneas se dividen por medio en L, y la L A se ajusta en las líneas de las partes iguales entre los números 54 y 54, se hallará, que B L se ajusta de 36 á 36, y C L de 24 á 24, y D L de 16 á 16, que dobladas son A 108, B 72, C 48, y D 32, y todas se exceden en una continua proporcion geométrica. Por esta regla se puede hacer la division de las medias proporcionales de la proposicion antecedente, valiéndose de otra pantómetra.

Algunos ó los mas, que han escrito de este instrumento, expresan el modo de sacar la raíz cúbica por estas líneas: yo lo omito, porque es muy trabajoso y poco seguro, y se obra mejor por la práctica, que se puso al fin de la proposicion 17 de la fig. 21, estampa I.

PROPOSICION XCI.

Aumentar ó disminuir cualquiera sólido en una proporcion dada por las líneas de los sólidos (Fig. 89).

Supóngase hecho el globo A *b*: pídese otro

que sea doblado: elíjanse en las líneas de la pantómetra cualesquiera dos números, que el mayor sea doblado del menor, como por ejemplo 20 y 10: tómese en el compás el diámetro del globo A *b*, y ajústese en las líneas de los sólidos de 10 á 10; y dejando quieta la pantómetra, tómese en las mismas líneas la distancia de 20 á 20: con esta hágase la C *d*, sobre la que se hará el globo *d* C, cuya solidez será doblada del que está hecho sobre A *b*. Del mismo modo se haria otro globo que fuese la mitad del dado: pues ajustando el diámetro C *d* á los números 20 y 20, y tomando la distancia de 10 á 10, sería esta el diámetro A *b*, cuyo sólido sería la mitad de C *d*. Si como se ha hecho duplo, se pidiere triplo, se tomaria en la pantómetra la distancia entre 30 y 30, que es triplo de 10, y sobre aquel diámetro de 30 á 30 se haria el globo, como tres veces el dado; y para hacerlo del tercio, se obraria al contrario; y así se podrán hacer los globos en cualquiera otra proporcion dada; y si fueren otros sólidos, se obrará con sus lados lo que en los círculos con sus diámetros; y si los lados del sólido fueren desiguales, se repetirá la operacion con cada lado al de su correspondiente.

PROPOSICION XCII.

Dados diferentes sólidos semejantes, hacer otro que sea igual á todos juntos (Figura 89).

Dados dos globos A *b*, C *d*, se pide otro que sea tanto como los dos juntos; sea el diámetro A *b* 10, y C *d* 20: tómese en el compás cualquiera de los dos diámetros: sea A *b*, que tiene 10: ajústese en las líneas de los sólidos de 10 á 10, y dejando quieta la pantómetra, tómese la distancia entre 30 y 30, que es la suma de los diámetros de los dos sólidos dados; y el globo E F, hecho sobre el diámetro E F de 30, será igual á los otros A *b* y C *d*: si fueren otros sólidos semejantes, que no fueren círculos, se obra con sus lados, lo que aquí con los diámetros; y si fueren muchos mas los sólidos, se obrará lo mismo con la suma de todos sus lados.

Nota, que si los diámetros de los círculos, ó lados de los sólidos, no se pudieren tomar, por no hallarse número tan grande en la pantómetra, se hará la operacion con la mitad de sus lados ó diámetros, ó con el tercio ó cuarto de ellos, doblando despues las líneas, como se ha hecho en la fig. 88.

De la práctica de esta proposicion se colige poder restar un sólido de otro, como si se pidiese, que del globo E F se reste el globo A *b*: tómese en compás el diámetro de cualquiera de ellos; sea E F: véase á qué punto se acomoda en la pantómetra; sea de 30 á 30, ó su mitad, que es el radio de 15 á 15; y permaneciendo así la pantómetra, tómese el otro diámetro A *b*, y véase á qué puntos se ajusta: sea de 10 á 10, ó su radio de 5 á 5: réstese 5 de 15, y quedan 10, radio del globo C *d*, que es igual á la diferencia de los dos propuestos.

PROPOSICION XCIII.

De la línea metálica, ó línea de los metales, y su asiento en la pantómetra.

Para asentar esta línea en la pantómetra, se ha de tener experiencia del peso de todos los metales, que se han de colocar en ella, haciendo un globo perfecto, ó caja cuadrada; que el uno ó la otra servirán de molde, para que dentro de este mismo se forme un sólido de cada metal; de modo, que todos sean de un mismo diámetro (si fuere globo), ó de iguales lados (siendo cuadrado), y que todos queden bien perfectos; ó bien tomando un número igual de peso, hacer de cada metal una figura sólida, pero que todas sean semejantes, y por cualquiera de los dos modos se verá la diferencia de los metales, y la proporcion que tienen los unos con los otros, ó por las partes del peso, ó por las partes de los diámetros ó lados. El Padre Merseno y otros tienen hechas estas experiencias, y con ellas dispusieron las tablas siguientes.

TABLA PRIMERA.

De la proporcion de los metales, hechos de iguales diámetros, lo que se exceden en el peso unos á otros en partes iguales.

Oro. . . .	100	Laton.	45
Azogue. . .	71 y med.	Hierro.	42
Plomo. . .	60 y med.	Estaño comun.	39
Plata. . . .	54 y med.	Piedra comun.	14
Cobre. . .	47 y 1 ter.	Pólvora comun. . . .	$5\frac{1}{4}$

TABLA SEGUNDA.

De los metales formados de igual peso, y qué partes iguales se exceden unos diámetros á otros.

Oro.	500	Laton.	652
Azogue.	559	Hierro.	668
Plomo.	592	Estaño comun. . . .	684
Plata.	615	Piedra comun. . . .	963
Cobre.	643		

Por cualquiera de estas dos tablas se puede hacer la division de las líneas metálicas, ó bien por la tabla primera, valiéndose de las líneas de los sólidos, que ya se suponen asentadas en la pantómetra; ó por la tabla segunda, valiéndose de las líneas de las partes iguales.

Modo 1. Por la tabla primera, y línea de los sólidos, tírense del centro de la pantómetra (Fig. 79) las rectas V *b* Z (por cada regla la suya): córtese en ellas desde el centro V la parte que pareciere, como V *b*: nótese en estos puntos *b b* la señal del oro, que se pinta con el sol. Hecho esto, se señalarán los demás diámetros de los metales, tomando las partes iguales de peso, en esta forma: Porque en la tabla primera el peso del oro al del azogue es como 100 á $71\frac{1}{2}$, tómese en el compás el diámetro, que ahora hemos señalado para el oro; pero ha de ser desde V hasta *b*. Con esta distancia que hay desde el centro V de la pantómetra, hasta los puntos *b*, diámetro señalado para un globo de oro, que es 100 partes (segun la tabla primera), se pasará á la línea de los sólidos, ajustándola transversalmente á los números $71\frac{1}{2}$ y $71\frac{1}{2}$, y dejando quieto el instrumento, tómese en las mismas líneas de los sólidos transversalmente la distancia de 100 á 100: pásese esta distancia á las líneas metálicas, y desde el centro V se harán los puntos del azogue. Estos no se ponen en esta pantómetra, por ser materia que rara ó ninguna vez puede ofrecerse; y si se ofreciere, se puede obrar, teniendo presentes las tablas, como tambien los demás metales que se expresa en ellas; advirtiendo, que si en las líneas de los sólidos no se hallaren las 100 partes, como sucede en esta pantómetra, se obrará lo mismo con la mitad, que es 50; y tirando una línea aparte, en esta se pondrá dos veces la abertura del compás; y tomando en él toda la línea doblada, se pasará esta desde el centro V á cortar los puntos que se buscan en las V Z, y del mismo modo se obrará con la mitad de los números, cuyos diámetros se buscan.

Para poner el diámetro del plomo, se obrará del mismo modo, valiéndonos de las mitades de las líneas, por no haber números 100 en esta pantómetra; y porque en la sobredicha tabla el diámetro del oro es 100, y el del plomo $60\frac{1}{2}$, tómese la mitad de V *b*, distancia del centro V, hasta el diámetro del oro, que son los puntos *b*, cuyo diámetro es 100: tomada su mitad son 50: ajústese esta en las líneas de los sólidos de $30\frac{1}{4}$ á $30\frac{1}{4}$, que es la mitad de los $60\frac{1}{2}$ que tiene el diámetro del plomo; y sin que se haya movido la pantómetra, tómese en las mismas líneas de los sólidos la distancia entre 50 y 50 (mitad del oro): tírese aparte una recta, y póngase en ella dos veces la distancia 50; y tomando en el compás toda esta línea de 100, córtese en las líneas metálicas (Fig. 79), desde el centro V, los puntos donde alcanzare entre *b* y Z, que será el diámetro del plomo, inmediato al del oro, el que se nota con los caractéres de Saturno.

Por este mismo órden se obrará con todos los demás metales, tomando siempre la distancia V *b* del oro; y esta se ajustará á los números, que señalare la tabla para cada metal en las líneas de los sólidos; y tomando de estas mismas líneas el número 100 del oro, se irá pasando á las líneas metálicas, como se ha obrado con el plomo: á este se sigue la plata, que se nota con el carácter de la luna; síguese el del cobre que se le figura con el planeta Venus. A este se sigue

el hierro, cuyo carácter es Marte; y se concluye en esta pantómetra con el diámetro del estaño, cuyo carácter es el planeta Júpiter. Por este órden se pueden poner todos los de la tabla, y otros muchos que se quisiere, haciendo primero las experiencias sobre lo que se fundan las dos tablas antecedentes; advirtiendo, que el mas falible puede ser el de la piedra, porque de esta hay muchas calidades; y segun ellas, son grandes sus excesos.

Modo 2. Por las líneas de las partes iguales (Fig. 78), tómese para el diámetro del oro 500 partes (que son las que le corresponden á su diámetro, segun el peso igual con los otros metales, conforme á la tabla segunda): estas se pasarán con el compás á las líneas metálicas, ajustándolas desde el centro V de la pantómetra, adonde alcanzaren en las V Z; y la distancia transversal de los puntos, que en esta se cortare, será el diámetro del oro. Para el plomo se cortarán otros puntos, tambien desde el centro de la pantómetra, en las líneas metálicas, tomando en el compás 559 partes, que señala la tabla, tomando estas siempre de las líneas de las partes iguales; y así se irán tomando con los demás metales, que señala la tabla segunda; y si por ser los números tan grandes, no se pueden poner en la pantómetra, por ser cortas las líneas de las partes iguales, se obrará la operacion, haciendo aparte con un mismo pitipie todas las líneas que señala la tabla, dando á cada una las partes que se le señalan; y hechas así las líneas, se tomará la mitad, tercio ó cuarto (ó menos) de cada una de por sí, y con estas partes se hará la division de las líneas metálicas, acomodándolas siempre desde el centro V, hasta donde alcanzaren, en la V Z.

PROPOSICION XCIV.

Dado el diámetro de un globo, ó el lado de un sólido de cualquiera metal, hallar el diámetro del globo, ó lado del sólido de otro metal de igual peso con el primero.

Dado el diámetro de un globo ó lado de un cubo de plomo, se pide el diámetro de otro globo, ó lado de un cubo de oro de igual peso: tómese en el compás el diámetro dado del plomo, y ajústese en las líneas metálicas transversalmente á las señales del plomo; y dejando quieta la pantómetra, tómese la distancia de entre los puntos del oro, y esta será el diámetro que se pide, y todos los demás metales tendrán formados sus diámetros en la misma abertura de la pantómetra; y si de cada metal se hiciere un globo de aquel diámetro, ó un sólido de aquel lado, siendo todos de una misma figura, serán de igual peso, aunque desiguales en tamaño. Baste este egemplo para todas las operaciones semejantes.

PROPOSICION XCV.

Hallar la proporcion que hay de unos metales á otros, en cuanto al peso (Fig. 90).

Pídese (por egemplo) qué proporcion guardan entre sí el oro y la plata. Tómese en la línea metálica la distancia que hay desde el centro de la pantómetra, hasta las señales de la plata (que se notan con la figura de luna): ajústese esta distancia en la línea de los sólidos á cualesquiera números correspondientes, como de 100 á 100; y sin que se mueva la pantómetra, tómese la distancia que hay desde el centro de ella á las señales del oro, y véase á qué puntos se ajusta esta distancia en las líneas de los sólidos: sea por caso de $54\frac{1}{2}$ á $54\frac{1}{2}$; de que resulta, que la plata con el oro, tomados en iguales diámetros, de globos, ó lados de cubos, guardan la proporcion de $54\frac{1}{2}$ á 100: esto es, que si se hicieren dos globos, uno de plata y otro de oro, cuyos diámetros fueren iguales, cada uno de un pie, si el de oro pesaba 100 libras, el de plata pesaria $54\frac{1}{2}$.

De lo dicho se colige el modo de resolver cualquiera cuestion, semejante á la del egemplo siguiente. Hay una coluna, pirámide, ó estátua de piedra, y se quiere fabricar otra semejante del mismo tamaño; pero la que se ha de hacer ha de ser de plata: pídese cuántas libras de plata entrarán en su construccion: Pésese la pieza de piedra, sea su peso 20 libras: tómese la distancia que hay del centro de la pantómetra á las señales de la plata, y ajústese esta distancia á los puntos 20 y 20 de las líneas de los sólidos; y sin que se mueva la pantómetra, tómese la distancia á la señal de la piedra (siempre desde el centro), véase á qué puntos se ajusta esta distancia en las mismas líneas de los sólidos: sea por egemplo de 96 á 96. Dígase, pues, que se necesitan para la fábrica de esta pieza 96 libras de plata; y por esta regla se obrará lo mismo con cualquiera otro metal; pero es menester, que la piedra sea conforme con el diámetro y proporcion que se señala en la tabla, ó hacer experiencia de ella con el diámetro de cualquiera metal conocido.

PROPOSICION XCVI.

Dados los lados de dos sólidos semejantes, pero desiguales, y de distinto metal cada uno, hallar la razon que tienen entre sí en cuanto á las partes de su peso (Fig. 90).

Sea la línea A diámetro de una bola de plomo, ó lado de un cubo; y la línea B sea de otro cuerpo, ó sólido semejante, hecho de hierro: pídese la razon de sus pesos: tómese en el compás la línea A, y ajústese transversalmente á las señales del plomo en las líneas metálicas; y sin mover la pantómetra, tómese en estas mismas líneas la distancia entre las señales del hierro:

sea esta la línea X, cuyo peso será igual á la bola de plomo A; y porque se pide la razon de la bola, ó sólido, hecho sobre la línea B, que es tambien de hierro, como X, tendrá el sólido de B la misma razon con el sólido de X, que con el sólido de A, porque A y X son de igual peso, aunque de distinto metal y distintos diámetros. Esta cuestion y sus semejantes se resuelven por las líneas de los sólidos, del modo siguiente.

Tómese en el compás la línea X, diámetro ó lado del sólido de hierro, de igual peso al sólido de plomo A: véase á qué puntos se ajusta el diámetro X, abriendo ó cerrando la pantómetra: sea de 60 á 60 en las líneas de los sólidos; y dejando quieto el instrumento, tómese en el compás la línea B, y véase á qué otros puntos transversales se ajusta: sea de 20 á 20: con que diremos, que la línea X con la línea B (cuyos sólidos son de hierro) tiene la proporcion de 60 á 20: luego si el peso del sólido, hecho sobre X, es 60 libras, el que fuere hecho sobre B, será 20 libras: luego lo mismo será la proporcion del sólido de A con el de B por las razones expresadas, cuya práctica es universal para todas las operaciones semejantes. Estas mismas se pueden obrar, si se diere el peso de los sólidos, y se quisieren hallar los diámetros, haciendo las operaciones con las líneas de las partes iguales, cuya práctica es fácil de comprender, habiendo entendido las que hasta aquí se han expresado.

PROPOSICION XCVII.

Dado el diámetro y peso de una bola, hallar la grandeza de otra bola de diferente metal, y de un número de peso determinado (Fig 90).

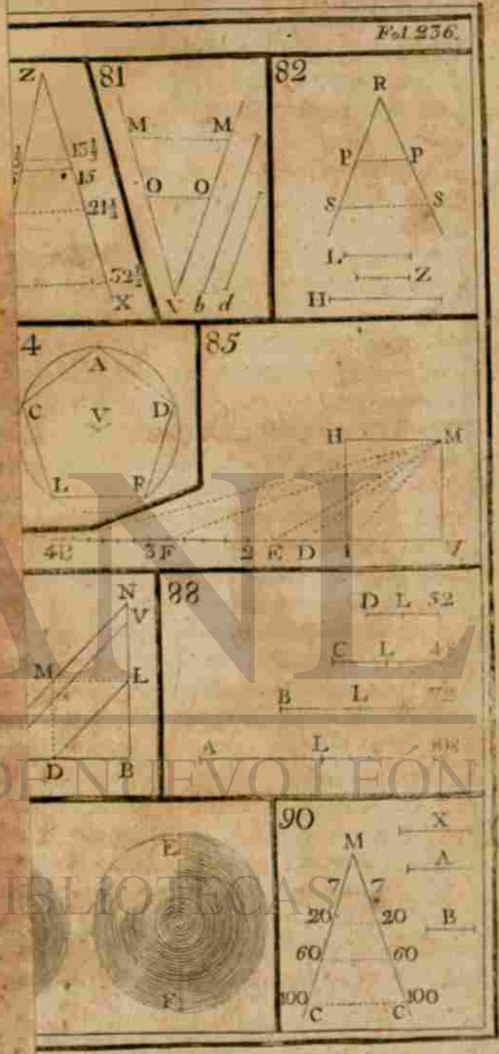
Sea por egemplo la línea X diámetro de una bola de estaño, cuyo peso sea de 7 libras. Pídese el diámetro de otra bola de plomo que pese 20 libras: tómese en el compás el diámetro X, y ajústese en las líneas metálicas entre las señales del estaño; y dejando quieta la pantómetra, tómese en las mismas líneas la distancia transversal entre las señales del plomo, y esta será el diámetro de una bola de plomo de 7 libras, peso igual al de la bola de estaño, cuyo diámetro fué la línea X: y porque se pide, que la bola de plomo ha de pesar 20 libras, ajústese el diámetro de las 7 (que ha salido) á los números 7 y 7 de las líneas de los sólidos; y tomando en estas mismas la distancia entre 20 y 20, esta será el diámetro que se pide; y la bola de plomo, que sobre él se hiciere, pesará 20 libras. Esta es regla general para fabricar cualesquiera balas de distintos metales.

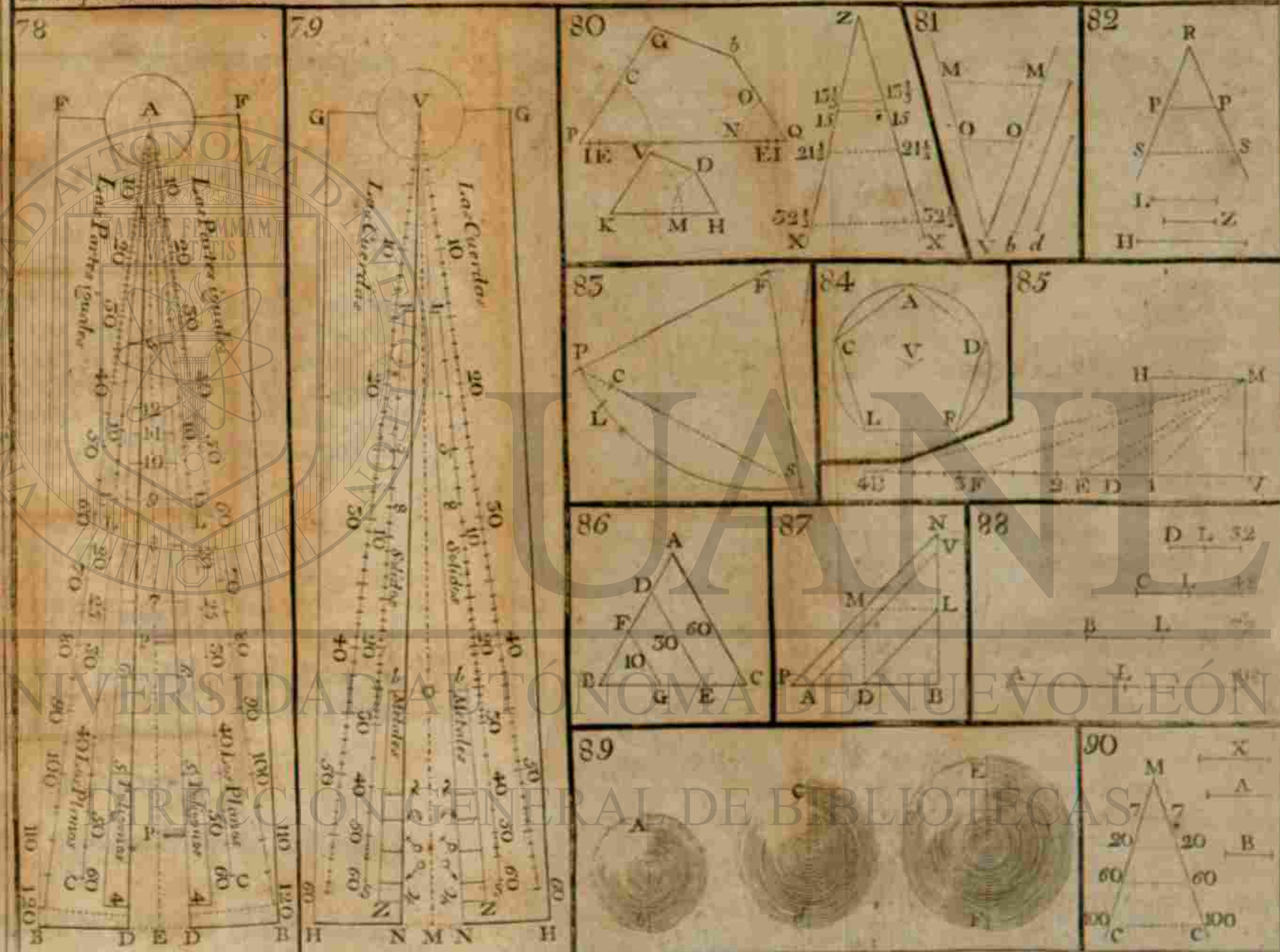
PROPOSICION XCVIII.

Usar de estas líneas de la pantómetra como de calibre universal para las balas de artillería.

En los lados exteriores de las pantómetras hay en las mas de ellas dos líneas una por cada superficie, paralelas á los mismos lados exteriores: en la una de ellas están señalados los diámetros de los huecos ó bocas de los cañones, y en la otra los diámetros de las balas desde la del peso de un cuarto de libra, ó de una libra, hasta la de 36 libras, y pueden ponerse hasta 100, por las reglas que hasta aquí se han dado, aunque se cuenta en el tiempo presente de pocos cañones de mayores balas, por lo difícil que son de manejar por su mucho peso, y en el dia las mayores piezas no pasan del calibre de 24 libras de bala de hierro, y pesan regularmente estas piezas á 70 quintales castellanos. Teniendo los artilleros señalados en la pantómetra los diámetros de las bocas de las piezas y sus balas, con arreglo á las que se gastan en su país, pueden llegar á otro donde los pesos sean mayores ó menores. Este inconveniente evitará sirviéndose en cualquiera país de su misma pantómetra, obrando en cada provincia como en el egemplo siguiente.

Supongamos que un artillero se halla en Portugal sin el calibre del peso de las balas, ajustado á las libras de aquel reino, y se le ofrece examinar, para cargar uno de aquellos cañones, qué libras de las que allí se usan necesita tener la bala, que ha de meter en aquella pieza, sea de hierro, plomo ó piedra. Tómese en el compás el diámetro de una bala de cualquiera de las dichas materias, y de un peso conocido (del de aquel país): supóngase que se tomó el diámetro de una bala de hierro que pesó 10 libras: tómese en el compás el diámetro de esta bala, y ajústese transversalmente á los puntos 10 y 10 de su pantómetra en las líneas de los sólidos; y dejando quieto el instrumento, se tiene hallado el diámetro de la bala que se desea; porque tomando el diámetro de la boca de la pieza, se verá á qué puntos transversales se ajusta en las líneas de los sólidos; y si fuere de 20 á 20, de este mismo peso se hará la bala de hierro, que será de 20 libras de aquellas; y así se sabrán las demás de distintos metales. Otras muchas líneas se pueden colocar en la pantómetra; pero basta con estas para la práctica de esta obra, con que á este libro primero se da fin.




78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
Las Partes iguales
Las Cuerdas
Solidos
Metales
Los Planos

LIBRO SEGUNDO.

TRATA DE LAS PRINCIPALES MEDIDAS QUE SE OFRECEN EN LOS EDIFICIOS DE ARQUITECTURA, PARA DARLES SU JUSTO VALOR: MODO DE TORNEAR LAS COLUNAS Y CORTAR LAS CIMBRAS PARA TODO GÉNERO DE ARCOS Y BÓVEDAS, CON ALGUNAS PRÁCTICAS DE LA CONSTRUCCION DE ELLAS.

CAPITULO I.

(Estampa V.)

En este capítulo se trata de las medidas cúbicas de los cuerpos rectilíneos, como son pilares, paredes, cilindros y pirámides.

PROPOSICION I.

Medir un pilar ó prisma cuadrado, sea recto ó inclinado (Fig. 1).

1 Pídese que se midan los pies cúbicos que

tiene el pilar cuadrado recto P F L D: sean sus dos basas iguales; la inferior I L D, y la superior V P F E; mídase cualquiera de los lados de ellas V E ó L D, pues son iguales: tenga el dicho lado por caso 4 pies: multiplíquese por sí mismo y montarán 16 pies, y esta será la superficie de cualquiera de las dos basas L D, ó V E: mídase su altura L P, y sea por caso 8 pies y un cuarto: multiplíquese esta altura por los 16 de la basa, y saldrán á la multiplicacion 132, y estos serán los pies cúbicos que tendrá el dicho pilar, y cada pie de estos constará de tres dimensiones, que serán un pie de ancho, otro de largo y otro de alto, componiendo un sólido de 6 superficies semejante á un dado.

Puédese hacer esta misma medida, multiplicando la altura D F, que es 8 pies y un cuarto, por el ancho P F, que es cuatro, que hacen 33, y esta será la superficie de un lado, que vuelta á multiplicar por el grueso, que es otros cuatro, producirá 132 pies, que son los mismos que salieron por la otra regla.

2 Si el prisma fuere inclinado, como A V, y tuviere las mismas basas que el recto, y estas estuvieren entre unas mismas paralelas P F, A D, los dos prismas, recto é inclinado, serán de una misma altura, que es la perpendicular I E ó F D, y por consiguiente serán los dos iguales en solidez (como consta de las Proposiciones 29, 30 y 31 del lib. XI de Euclides): luego multiplicando la superficie de una de sus basas por la perpendicular D F, ó I E, está hecho lo que se pide.

Y caso que se quisiere medir el prisma inclinado, se obrará de este modo. Las basas son cuadradas abajo y arriba; pero con la inclinacion de los lados se han aumentado estos en lo largo, y el prisma ha degenerado de cuadrado en paralelógramo en sus basas; pues en el recto son los cuatro lados iguales, y en el inclinado se halla que los lados opuestos V P, y E F, son iguales á los del recto; pero los otros dos se han disminuido, de modo que el lado P F, y su opuesto V E, no tienen mas anchura que lo que es la perpendicular O C; mídase esta, y tenga tres pies (que pierde uno por la inclinacion del prisma): multipliquense otros 3 por 4, que es uno de los otros dos lados que no se han disminuido nada, y montarán 12: mídase la línea V Q, ó cualquiera otra de los lados inclinados, y se halla que tiene 11 pies: multipliquense estos por los 12, y vendrán á la multiplicacion 132, que son los mismos que salieron en el prisma recto; y esta es regla general para cualesquiera otros prismas ó cilindros, midiéndolas por el modo antecedente.

PROPOSICION II.

Medir los pies cúbicos que tienen las paredes de un edificio (Fig. 2).

Estas operaciones se hacen midiendo de por sí cada lienzo de pared: comiencese por el P O C F: tenga F C (por caso) de largo 12 pies, y los mismos O P: sea su altura F P 9 pies; y el grueso de la pared B P 3 pies: multipliquense estas tres dimensiones unas por otras, que 12 veces 9 hacen 108; y estos por 3 montan 324, que son los pies cúbicos que tiene la pared P C con su grueso hasta B N M: mídase ahora cualquiera de las otras dos paredes, pues son iguales, que será X M (pero con cuidado no se vuelvan á medir N O ni M C, porque ya están medidas antes; ó bien medir por la parte interior de N á D); tenga D N 10 pies y medio, y R X 9, X D 3: multipliquense estos tres números unos por otros: que los 10 y medio por 9 serán 94 y medio; estos por tres montan 283 y medio; y porque la otra pared A E B se supone igual á la que ahora se ha medido, se anotarán otros 283 y medio: súmense estas dos partidas con la que salió de la pared P C, que fueron 324, y la suma de las tres montará 891 pies que tiene este edificio; del que se restarán los pies cúbicos, que ocupa el hueco de la puerta, que hay entre M y R, haciendo la medida de ella segun se han hecho las antecedentes.

PROPOSICION III.

Medir paredes de gruesos desiguales (Fig. 3).

Estas medidas son comunes á los ingenieros, por ser de esta disposicion las murallas de las fortalezas de las plazas, como son cortinas, flancos, baluartes, &c. Pídese, pues, que se mida la porcion de muralla H M: sea su corte vertical

A H R *q*: mídanse las líneas de sus dimensiones y sean por ejemplo H R la basa de 20 pies, la A *q* 12, la altura H A 25, y la línea R N 40. Tomadas todas estas medidas, se hará la cuenta de este modo. Júntense las líneas de las dos basas, inferior H R 20 pies, y superior A *q* 12 pies, que juntas son 32: tómese su mitad 16, que será una media proporcional Z T: multiplíquese Z T, que es 16, por H A, que es 25; y el producto 400 será la superficie del plano vertical A *q* R H: vuélvase á multiplicar los 400 por los 40 de la longitud R N, y vendrán á la multiplicacion 16000 pies, y estos serán los que tiene la propuesta figura.

Sino se pudiere descubrir el plano vertical A *q* R H por estar la obra cerrada en un recinto, se hará la operacion por las partes exteriores, en esta forma: Tómese una regla ó vara larga y derecha *q* D: átese en su extremo D un cordel, con una plomada pendiente en R, de modo, que no llegue á tocar en tierra; y asentando parte de la regla en la superficie A *q*, se sacará ó entrará la regla hasta que se ajuste la plomada en R; y estando así, hágase una señal en la regla en *q*, y mídase lo poco que falta para llegar el plomo al suelo R, cuya parte se aumentará al cordel que cuelga de D: con esto se han hecho dos operaciones; la una saber que A D es igual á la basa oculta H R, y la otra saber que la cuerda D R es igual á la perpendicular oculta *q* I, ó al lado A H. Júntese la distancia A D con la A *q*, y la mitad de las dos será igual á la Z T; y midiendo la *q* M, saldrán las mismas dimensiones que antes; y haciendo con ellas las mismas cuentas saldrán los mismos 16000 pies cúbicos que tiene la muralla.

PROPOSICION IV.

Medir la solidez de las pirámides huecas (Fig. 4).

Esta clase de edificios se halla en muchas partes fabricada de los antiguos, á las que llaman agujas. Sus plantas pueden ser rectilíneas, circulares y elípticas; pero de cualquiera modo siempre vienen á rematar en una punta muy aguda, subiendo toda la superficie exterior en línea recta, inclinada desde su planta hasta su cúspide, que se cierra con una pieza de su figura. Son algo difíciles de medir por ser sus gruesos distintos en la planta de lo que son al remate; pero todo se hará fácilmente, obrando como se sigue.

Sea la aguja M N V, y su planta sea el cuadrado A F R H: mídase cualquiera de sus cuatro lados R H: tenga por caso 20 pies, que multiplicados por otros 20 de otro de sus lados, hacen 400, cuya superficie es el cuadrado de la planta: mídase ahora la perpendicular T V, que se hace por fuera, subiendo á V, y cruzando una regla V S con un cordel atado en S, y será la perpendicular S N: mídase este cordel y tenga 35 pies: multiplíquense por los 400, que tuvo la basa, y serán 14000 pies cúbicos (Si este edificio fuere macizo, y rematase arriba con igual grueso que el de su

planta, no habia que hacer mas medida); y porque toda pirámide acuta es la tercera parte del prisma, formado sobre su planta, y de una misma altura, como consta de la proposicion 7 del lib. XII de Euclides, se tomará la tercera parte de los 14000, que son 4666 y dos tercios, y estos serán los pies cúbicos de toda la pirámide M N V, incluso su hueco C O I, que se restará como se sigue.

Mídase la planta interior del hueco P Q B D: tenga por caso 10 pies por cada lado, que multiplicados en sí, hacen 100, y estos tendrá el hueco cuadrado de C á O: mídase la perpendicular T I, que es la altura inferior: tenga 33 pies, por cuya altura se pueden multiplicar los 100 pies del hueco O C, y producirán 3300, cuyo tercio 1100 se restarán de los 4666 y dos tercios que tuvieron macizo y hueco juntos, y quedarán 3566 y dos tercios, y estos serán los pies cúbicos que tienen las cuatro paredes de la tal aguja. La misma cuenta saldria multiplicando la basa A F R H por el tercio de la perpendicular T V, ó toda la T V por el tercio de la superficie de la basa, y lo mismo se haria con las dimensiones del hueco. Si como en esta aguja es la planta cuadrada, fuere triángulo, pentágono, ó cualquiera otra figura rectilínea, ó círculo, ó elipse, se medirá su area por las reglas del capítulo VII del antecedente libro.

Si esta ó cualquiera otra aguja, ó pirámide acuta, se hubiere de medir para vestirla de lata ú otra cosa por lo exterior de ella, se medirá cada triángulo exterior de por sí por las reglas dadas en dicho capítulo 7; y juntando en una suma los lados exteriores, se sabrá el material que se necesita para formarlos.

PROPOSICION V.

Medir la superficie y solidez de las pirámides curtas ó descabezadas, sobre plantas rectilíneas (Fig. 5).

Estas medidas se pueden hacer de distintos modos: aquí se pondrá la práctica en dos maneras: la primera será por la doctrina de Nicolás Tartaglia, á quien siguieron Moya y otros autores: la segunda será una práctica sencilla y muy segura, y tan clara, que cualquiera mediano práctico la pueda entender.

Modo 1. Segun Tartaglia, sea la pirámide curta ó descabezada, ABO (Fig. 5.), cuya planta sea la basa cuadrada A B C D, y el remate ó basa superior sea tambien cuadrada en O (para obrar conforme el egemplo de Moya, le hemos de dar las mismas dimensiones que él le da en el cap. 14, lib. 4, de Geometría Práctica, fol. 217, que son las siguientes). Los lados del cuadrado de la basa inferior AB tengan á 8 pies cada uno, y los lados del cuadrado superior O tengan á 4: cuádrense los lados y serán 64 y 16: y cada superficie de estas dos se le ha de sacar su raíz cuadrada, y será, de 64 su raíz 8, y de 16 su raiz 4: multiplíquese una raíz por otra y serán 32,

cuya cantidad es la de otra basa, media proporcional entre la 64 y la de 16: súmense estas tres basas 16, 32 y 64, y montarán 112, que se multiplicarán por el tercio de la perpendicular LZ, y lo que saliere, serán los pies cúbicos que tendrá la pirámide. Lo mismo saldrá si se multiplica toda la perpendicular LZ, por el tercio de los 112, y lo mismo multiplicando todos los 112 por toda la LZ; y de lo que saliere, tomar la tercera parte, y así cada uno usará de cualquiera de los tres modos, el que mas le gustare, que por cualquiera de ellos sale la misma cuenta.

Para esta operacion, la antecedente, y las que se siguen, es preciso saber cómo se saca la perpendicular LZ, lo que se hará del modo siguiente. Tírese de cualquiera ángulo de la basa menor O una recta perpendicular al lado A B, la cual corta á este en I: mídase I A, y tenga 2 pies: hágase el cuadrado sobre ella, que multiplicando 2 por 2 serán 4: guárdese este 4: mídase ahora cualquiera de los lados inclinados, no por los ángulos, que estos son mas largos, sino por medio de sus lados, como de los puntos S ó L: tenga por caso el lado 12 pies y 8 veinticinco avos de otro pie, que multiplicados por sí mismo, hacen un cuadrado de 148 pies: réstese de este cuadrado el que salió de I A, que fué 4, y quedarán 144: sáquese la raiz cuadrada de 144, y vendrán 12, y estos son los pies que debe tener la perpendicular V O, ó L Z, como consta de la proposicion 4 del libro antecedente; y si se quisiere sacar la raíz cuadrada por via de línea, se harán sin confusion de quebrados por la proposicion 14 del citado libro. Esto entendido, sigamos la medida de Tartaglia: quedamos en que las tres basas eran 16, 32 y 64, que sumadas, hacen 112, y multiplicadas por el tercio de la perpendicular V O (que de 12 es 4) salen á la multiplicacion 448, y estos son los pies cúbicos, que dicen tiene la propuesta pirámide; la que si, como es cuadrada, fuere redonda, se tomarian los 11 catorce avos, que se haria multiplicando los 448 por 11, y el producto partirlo á 14, y lo que viniere sería la solidez de la pirámide redonda. El por qué se multiplica por 11, y se parte á 14, se halla en la proposicion 51 del libro antecedente sobre medir los círculos. Esta práctica es universal á todo género de pirámides: porque medidas sus basas, sean de la figura que quisieren, siempre se obra lo mismo con la perpendicular.

Modo 2, con mas brevedad, por cualquiera de dos prácticas. Primera: Sea la misma pirámide con las mismas dimensiones (Fig. 5); cuádrese la basa AB, cuyo lado es 8, y serán 64: cuádrese la basa O, que es 4, y serán 16: súmense las 16 con 64, y serán 80: tómese su mitad 40, y multiplíquese por la perpendicular 12, y saldrán á la multiplicacion 480: esta medida es 32 pies mas que la antecedente, y la tengo por mas segura, como se demostrará en la proposicion siguiente.

Segunda. Cuádrese la basa menor O, que siendo sus lados cada uno de 4 pies, serán 16: multiplíquense estos 16 por la perpendicular 12, y montarán 192: estos 192 son los pies cúbicos

que tiene un prisma, ó pilar, cuyas basas son iguales, como la de V con la oculta O, imaginada en el centro de la pirámide, como se demuestra con las líneas de puntos en el centro O V; y porque ya hemos medido el prisma interior, que es V O, que si fuera hueco como en la figura antecedente, se habia de restar de la solidez de la pirámide, falta que medir ahora los macizos, que cargan entre los lados del cuadrado interior V, hasta S y L, y demás correspondientes, cuya altura es la misma perpendicular VO, ú LZ, rematando en el cuadrado O, sin ninguna superficie: para saber esta solidez, cuádrese la basa SL, cuyo cuadrado será el mismo de antes 64: réstese de este cuadrado V, que es 16, y quedarán 48: tómese la mitad, que es 24, y multiplíquese por la perpendicular 12, y saldrán á la multiplicacion 480, como por la práctica antecedente. La razon de multiplicar la mitad de la superficie de la basa A B C D (menos la del cuadrado V igual á O) se comprenderá mejor en la proposicion siguiente, en que se probará ser cierta esta medida.

PROPOSICION VI.

Medir la solidez de las paredes de un pozo redondo, ú otro edificio semejante (Fig. 6).

Sea un pozo AHMN, cuyo hueco sea PQBD, y todas sus líneas paralelas entre sí. Mídase cualquiera de sus dos diámetros mayores; sea el superior AH; tenga por caso 8 pies: mídase la superficie de su círculo por la proposicion 51 del lib. I, que es cuadrar el diámetro 8, y el producto 64 multiplíquese por 11, y saldrán 704: pártanse estos á 14, y vendrán á la particion 50 y 4 catorce avos; mídase su altura PB, y sea 7 pies: multiplíquense estos por los 50 y 4 catorce avos, que traidos estos á menor denominacion, hacen 2 séptimos, y saldrán 350; y añadiéndoles los 2 séptimos de 7, que son 2 enteros, montará la suma 352, y estos serán los pies cúbicos que tendrá todo el cilindro del pozo (hueco con macizo); y porque solo se ha de medir el macizo, réstese el hueco, que será en esta forma: Mídase el diámetro de su círculo, cuya línea es P Q: tenga 4 pies: cuádrense estos, y serán 16: multiplíquense por 11, y el producto pártase á 14, y vendrán á la particion 12 y 4 séptimos: multiplíquense por los 7 (altura del pozo), y montarán 88, y estos serán los pies cúbicos que tiene el cilindro vacío P Q B D, que restados de la partida antecedente, quedan 264 en las paredes.

Si las paredes no fueren paralelas, como sucede en una pirámide descabezada, se obrará de este modo: Sean las paredes en la planta el grueso de M B, y arriba rematen en ángulo agudo en P, con la inclinacion de las rectas de puntos M P: tengan de altura 7 pies, y la basa M N 8 pies de diámetro, incluso el hueco B D, y la de éste tenga 4 pies; y porque ya están medidas de antes, no hay que repetir la operacion; la superficie de M N tuvo 50 pies, y dos séptimos: la B D, ó P Q, su igual, tuvo 12 pies y 4 séptimos: restense estos de los 50 y 2 séptimos, y quedan 37

y $\frac{5}{7}$, y estos son los pies superficiales que tiene el anillo comprendido entre los dos círculos M N, y B D: multiplíquense los 37 y $\frac{5}{7}$ por toda la altura B P (que tiene 7), y montarán 264 pies, que son los mismos que salieron antes en las paredes paralelas A P, M B; y porque las que ahora hemos medido son la mitad de aquellas, tómese la mitad de 264, y serán 132, y estos serán los pies cúbicos que tendrán las paredes del propuesto pozo.

El que sean estas mitad de las antecedentes, se demuestra claro en la figura en cualquiera de los planos, cortados verticalmente; porque al plano A P, M B, que es un paralelepípedo, le corta la diagonal M P en dos partes iguales; y al otro, su opuesto, le corta la diagonal N Q: luego cualquiera de los dos triángulos verticales M P A y M P B son iguales, y cada uno de ellos es mitad de la superficie vertical A P M B. Si esta medida se quisiere verificar mas, se obrará multiplicando la superficie vertical del triángulo M B P por la mitad de lo que tuvieren las circunferencias de los dos círculos mayor y menor, cuya práctica es la siguiente.

Si 7 de diámetro me dan 22 de circunferencia, 8, que tiene el diámetro M N, qué me darán? Multiplíquese el segundo número 22 por el tercero 8, y el producto 176 pártase al primero 7, y vendrán al cociente 25 pies y un séptimo; y esta será la circunferencia del círculo hecho sobre el diámetro M N: hágase la misma cuenta con el diámetro menor B D, que es 4 pies; si 7 dan 22, 4 qué darán? y siguiendo la regla antecedente, saldrán de circunferencia 12 pies, y 4 séptimos, que juntos con los 25 y un séptimo, montarán 37 y $\frac{5}{7}$ (valor de las dos circunferencias): tómese la mitad, y serán 18 y seis séptimos: multiplíquense estos por los 7 de la altura BP, y vendrán al producto 132 pies cúbicos, que son los mismos que por la medida antecedente. Esta práctica es lo mismo que la de la Fig. 5 antecedente á esta: porque aquella es una pirámide descabezada, y tiene un prisma cuadrado dentro de ella, como representa V O; y esta que ahora hemos medido es otra pirámide descabezada, cuya basa inferior es M N, y la superior PQ, y en su centro hay otro prisma cilíndrico PQBD, y solo se diferencian las dos en que la una es cuadrada, y la otra es redonda; pero las reglas de medir unas y otras son de un mismo modo, segun se ha practicado sobre estas dos figuras: luego es claro, que midiéndolas por estas últimas reglas no habrá error, y se obrará con mas facilidad que por las medidas de Nicolás Tartaglia, escusando el sacar raices cuadradas, como tambien, sino se quisiere usar de quebrados, medir por pulgadas ó líneas; advirtiendo, que cada pulgada tiene 12 líneas de largo, 12 de ancho, y otras 12 de alto: luego multiplicando las tres dimensiones unas por otras, constará la pulgada de 2728 líneas cúbicas, y el pie de otras 2728 pulgadas: con que haciendo así las medidas, saldrán tan ajustadas, que aunque sean las pirámides, ú obras que se midan, de

los metales de mas valor, no se le perjudicará, ni al dueño, ni al artífice que hizo la obra.

PROPOSICION VII.

Medir las superficies de cualquiera edificio redondo, para revocos, estucados, ú otros forros con que se quieran revestir (Fig. 6).

Si se ofreciere haber de medir las dos superficiales (exterior é interior) de un edificio redondo por saber los pies, que se hicieron, ó hay que hacer de revoco, ó estucado, ó cualquiera otro material, se hallarán los pies de circunfecia, que tienen los dos círculos; y juntándolas en una suma se multiplicarán por la altura (si fuere igual en todo el edificio), y lo que saliere serán los pies cuadrados de aquellas superficies; y habiendo de medir cada una de por sí, se obrará del modo siguiente: Sea la superficie, que se ha medir, la del cilíndro PQBD por la parte interior: mídase su diámetro PQ: tenga por egemplo 4 pies: multiplíquense estos por 3 y un séptimo, y montarán 12 y 4 séptimos: multiplíquense 12 $\frac{4}{7}$ por 7 de la altura BP, y montarán 88, y tantos serán los pies superficiales, que tendrá el propuesto cilindro: si se hubiere de medir la superficie exterior, se obrará del mismo modo, multiplicando su diámetro A H (que se supone ser 8 pies) por 3 y un séptimo, y saldrán 25 pies y un séptimo, y esta será la circunferencia que le rodea, que multiplicada por los 7 (altura de M A) montarán 176, y esta será la superficie exterior, y así se medirán todos los cilindros. La razon por qué se halla la circunferencia de cualquiera círculo multiplicando su diámetro por 3 y un séptimo, consta de la proposicion 37 del lib. 1.

PROPOSICION VIII.

Medir la solidez de cualquiera cilindro, ó coluna, sea recta ó inclinada (Fig. 7).

Sea un cilindro ó coluna recta A B C D: mídase la area de cualquiera de sus dos basas, que se obrará por cualquiera de las reglas antecedentes, ó multiplicando el diámetro en sí y lo que saliere por 11, y este último producto partirlo á 14: ó bien multiplicando la mitad del diámetro por la mitad de la circunferencia, y lo que saliere por cualquiera de las dos reglas, será la superficie de la basa, que se multiplicará por la altura D A; y el producto de todo serán los pies cúbicos de la propuesta coluna ó cilindro.

Ejemplo.

Sea el diámetro de cualquiera de las dos basas A B: multiplíquese por sí mismo; y suponiendo que tenga 4 pies, harán 16: vuélvanse á multiplicar los 16 por 11, y montan 176: pártanse estos á 14, y vendrán al cociente 12 y $\frac{4}{7}$ y esta será la superficie de la basa: mídase la per-

pendicular A D; tenga por caso 11 pies: multiplíquense estos por los 12 y $\frac{4}{7}$ de la basa, y saldrán á la multiplicacion 138 y 2 séptimos; y estos serán los pies cúbicos que tendrá la solidez de la coluna.

Si el cilindro fuere oblicuo, y asentare sobre la misma basa del recto D C, y su largura fuere D E, ó C F, por mucha que fuere esta, no saliendo de entre las paralelas D M, A F, sería de igual altura que el recto D B; y por consiguiente sería de igual solidez (como consta de la proposicion I de este libro): luego echándole la perpendicular F M, se multiplicará esta por la superficie de una de las dos basas del recto, y lo que saliere será la solidez del inclinado. Si el cilindro inclinado se hubiere de medir siendo sus basas D C, y E F círculos, el cuerpo del cilindro degenera en óvalo, cuyos diámetros son el mayor el mismo D C, y el menor la perpendicular E S: por lo que será preciso delinear una elipse de los dos diámetros, por cualquiera regla de las figuras 31, 32, 33, &c. de la estampa II del libro antecedente, y se medirá por las reglas de la fig. 60, estampa III de dicho libro; y la superficie que saliere, se multiplica ó por lo largo de D á E, ó de C á F; pero si los lados inclinados fueren el uno mayor que el otro, como el uno D E, y el otro C S, se juntarán los dos en una suma, y tomando la mitad de esta, se multiplicará por la misma basa de la elipse que se ha delineado; y así se obrará con todos los sólidos semejantes.

PROPOSICION IX.

Medir la superficie de las pirámides cónicas y sus solidezes, sean acutas ó descabezadas (Fig. 8).

Pirámide cónica es la que su basa es un círculo ó elipse (aunque en este segundo caso será como elíptico): sus lados son líneas rectas, y suben de su circunferencia á rematar en un punto, formando un ángulo agudo: pueden ser rectas ó inclinadas: rectas son las que su cúspide dista igualmente por todas partes de la circunferencia de su basa: inclinadas son las que se aparta su cúspide, cayendo fuera del centro de la basa. Esto entendido, se pide los pies superficiales de la pirámide cónica A B D, que se sabrá obrando del modo siguiente: Hállese la circunferencia del círculo de la basa, cuyo diámetro sea la recta B D, que se hallará multiplicando el dicho diámetro por 3 y un séptimo, y los pies que salieren de circunferencia en esta basa, vuélvanse á multiplicar por los que tuviere el lado inclinado A B, ó A D, y lo que montare será la superficie exterior, que rodea toda la pirámide, sin entrar en ella lo que tiene la basa, que siendo necesario se medirá aparte.

Si la superficie se hubiere de medir en la pirámide inclinada, se juntarán los dos lados V D, V L en una suma (por ser desiguales), y tomando la mitad de esta suma se multiplicará por la

circunferencia, y saldrán los pies superficiales, sin los que tiene la basa.

Para saber los pies cúbicos de la pirámide recta A B D, multiplíquese la area de la basa por el tercio de la perpendicular D H, y lo que saliere será su solidez, cuya práctica es la misma que se obró sobre la fig. 4, y no es necesario repetirla.

Si la solidez, que se hubiere de medir, fuere la pirámide inclinada V D L, hállese la perpendicular V F, que corta á la basa alargada en F: multiplíquese la superficie de esta basa por toda la perpendicular; y el tercio de lo que saliere, será la solidez de la propuesta pirámide inclinada. Sobre esto se advierte, que las pirámides acutas, rectas, ó inclinadas, son tercia parte del sólido formado sobre su basa, sea prisma, ó cilindro, como consta de la propos. 7, del 12 de Euclides. Tambien las pirámides inclinadas, como las rectas siendo de iguales basas, y estando entre unas mismas paralelas, se guardan recíproca igualdad, que los prismas, y cilindros, como se representa en las figuras 1 y 7. Luego entendiendo aquellas, se halla conocido el mismo efecto en estas de la fig. 8.

Si las propuestas dos pirámides fueren descabezadas, de iguales basas y alturas, cortadas con la recta *y* E, paralela á la B F de la basa, midiendo la una, está medida la otra, cuya regla es la misma que la que se ha practicado con la fig. 5, y se ha demostrado en la fig. 6.

PROPOSICION X.

Tender en plano la superficie exterior de cualquiera pirámide cónica (Fig. 8).

Sea la superficie, que se ha de tender en plano, de la pirámide acuta A B D: hágase aparte la recta M N, larga á discrecion: tómese el diámetro B D, y póngase tres veces este diámetro, y la séptima parte de una mas de M á N: tómese cualquiera de los lados inclinados A B, y levántese igual á este lado la recta M Z, perpendicular á M N (como se levanta del extremo M, se podia levantar de cualquiera otro punto de la M N) del extremo Z á los extremos M y N: tírense las rectas Z M, Z N, y se habrá formado el triángulo M N Z, cuya superficie es igual á la exterior de la pirámide A B D (sin contar su basa), como se puede probar, midiendo una y otra por cualquiera de las reglas dadas para medir planos en el libro antecedente.

Si la superficie, que se hubiere de tender en plano, fuere de la pirámide inclinada V D L, habiendo tendido la M N igual á 3 diámetros, y un séptimo de su basa, se juntarán en una suma el lado mayor V D con el menor V L; y tomando la mitad, se hará la perpendicular M Z igual á dicha mitad; y tirando las rectas Z M, Z N, será el triángulo Z M N de igual superficie que la que rodea la pirámide V D L, sin contar la de su basa.

Si cualquiera de las dos pirámides, que se han tendido en plano, fueren descabezadas, se tirarán las dos paralelas M N igual á la circunferencia de la basa mayor, y K G igual á la de la basa menor, de modo, que disten una paralela de otra lo que es de largo el lado inclinado de la pirámide recta, que será la línea *y* B, ó D O; y siendo la pirámide inclinada, distarán las dichas paralelas lo que fuere la mitad de la suma de los dos lados inclinados mayor D R, y menor L C, cuya distancia será la línea M K: tírense las rectas K M, G N, y el trapecio M N G K será la superficie que se busca, igual á la de la parte exterior de la pirámide, sin la de sus basas, que siendo necesario se medirán aparte, y se juntarán con la demás superficie.

CAPITULO II.

En este capítulo se trata del modo de medir cornisas y todo género de colunas, así la superficie de ellas, como el sólido: modo de delinearlas, disminuirlas, tender en plano sus superficies, y tornear las salomónicas, &c.

PROPOSICION XI.

Medir la superficie y solidez de las cornisas (Fig. 9).

Sea la cornisa, que se ha de medir, A M,

PROPOSICION X.

Tender en plano la superficie exterior de cualquiera pirámide cónica (Fig. 8).

Sea la superficie, que se ha de tender en plano, de la pirámide acuta A B D: hágase aparte la recta M N, larga á discrecion: tómese el diámetro B D, y póngase tres veces este diámetro, y la séptima parte de una mas de M á N: tómese cualquiera de los lados inclinados A B, y levántese igual á este lado la recta M Z, perpendicular á M N (como se levanta del extremo M, se podia levantar de cualquiera otro punto de la M N) del extremo Z á los extremos M y N: tírense las rectas Z M, Z N, y se habrá formado el triángulo M N Z, cuya superficie es igual á la exterior de la pirámide A B D (sin contar su basa), como se puede probar, midiendo una y otra por cualquiera de las reglas dadas para medir planos en el libro antecedente.

Si la superficie, que se hubiere de tender en plano, fuere de la pirámide inclinada V D L, habiendo tendido la M N igual á 3 diámetros, y un séptimo de su basa, se juntarán en una suma el lado mayor V D con el menor V L; y tomando la mitad, se hará la perpendicular M Z igual á dicha mitad; y tirando las rectas Z M, Z N, será el triángulo Z M N de igual superficie que la que rodea la pirámide V D L, sin contar la de su basa.

Si cualquiera de las dos pirámides, que se han tendido en plano, fueren descabezadas, se tirarán las dos paralelas M N igual á la circunferencia de la basa mayor, y K G igual á la de la basa menor, de modo, que disten una paralela de otra lo que es de largo el lado inclinado de la pirámide recta, que será la línea *y* B, ó D O; y siendo la pirámide inclinada, distarán las dichas paralelas lo que fuere la mitad de la suma de los dos lados inclinados mayor D R, y menor L C, cuya distancia será la línea M K: tírense las rectas K M, G N, y el trapecio M N G K será la superficie que se busca, igual á la de la parte exterior de la pirámide, sin la de sus basas, que siendo necesario se medirán aparte, y se juntarán con la demás superficie.

CAPITULO II.

En este capítulo se trata del modo de medir cornisas y todo género de colunas, así la superficie de ellas, como el sólido: modo de delinearlas, disminuirlas, tender en plano sus superficies, y tornear las salomónicas, &c.

PROPOSICION XI.

Medir la superficie y solidez de las cornisas (Fig. 9).

Sea la cornisa, que se ha de medir, A M,

&c., pídese la superficie de sus miembros contenidos en su frente A F M V.

Operacion.

Tómese una cinta de hilo de cualquiera color, y se bañará en cera derretida con un poco de aceite; y habiéndose secado, se irá ajustando desde el vivo A, hasta el ángulo que forma el filete inferior con la pared sobre que carga la cornisa, que será en el punto F, y sea de modo, que la cinta baje siempre desde A, tocando la superficie de cada moldura; y segun baje, irá cayendo de la misma cinta lo que fuere soltando el medidor, que deberá irlo obrando con porciones cortas; y habiendo llegado á F, se medirá lo largo de la cinta que hubiere tocado de A á F: mídase lo largo de la cornisa por A V, ó por F M, y multiplicando este largo por el que tuvo la cinta, saldrá la propuesta superficie á la multiplicacion, como si la cinta tuvo 4 pies, y la línea A V 10, serán 40 pies de superficie: si fuere necesario, se medirá la superficie de arriba A H V C, que es un paralelógramo plano, y no tiene dificultad su medida.

Notas: 1. Si esta cornisa estuviere en algun ángulo saliente ó esquina, como F, se subirá un perpendículo de F, y será F H, ó se bajará de A, y será A E, y debe medirse lo largo desde E á M, ó bien medir por arriba la porcion A H, y por abajo la F M; y estas dos porciones juntas serán iguales á E M, que se multiplicará por lo largo que tuvo la cinta: esta se ha de ajustar por una perpendicular H F, y no por el ángulo A F, porque este es mayor vuelo, que por H, por ser diagonal de la planta de la cornisa.

Segunda: Si la cornisa rodeare algun cuerpo de ángulos salientes, como sucede por las partes exteriores de una torre, ó en los aleros de un templo ó casa, se ha de medir su largura por la moldura superior, como A V.

Pero si fueren los ángulos entrantes, como en los rincones de una sala, se ha de medir por la moldura inferior, como de E á M: porque si se mide por V, se le perjudicará al artífice en cada rincon dos porciones, como de V á N. La altura siempre se tomará por la frente de las molduras, como se ha dicho, con la cinta encerada: esto se debe hacer para que no haya perjuicio en las medidas; porque estando encerada la cinta, no se da ni se encoge, y se ajusta mejor siendo cinta que siendo cuerda redonda.

Estas superficies se miden así para saber el oro, ó los pies superficiales de estucado ó pintura que se han puesto, ó necesitan ponerse en cualquiera cornisa ú otros miembros de un retablo.

Para medir la solidez de cualquiera cornisa se obra de este modo: Sea una cornisa de yesería que se quiere saber cuánto material ha entrado en ella, ó cuánto se necesita para su construccion: para esto se ha de tener hecha experiencia de los ladrillos que entran en cada pie cúbico; y con una medida del país saber tambien cuánto yeso amasado entra en cada pie, ó qué pulgadas cúbicas se hacen con un cuartillo ó medio celemin de yeso cernido, que es cosa que se puede experimentar con poco trabajo; y hablando de yeso, se entiende de cal ó cualquiera otra materia. Esto sabido, se medirá la superficie del corte vertical de la cornisa, lo que es fácil midiendo la tarraja con que se hizo, ó se ha de hacer; y siendo esta V N M, se medirá cada moldura de por sí, multiplicando el vuelo mayor: si fuere cuarto vocel, por su altura: los filetes, fajas, coronas y plintos del mismo modo, y las escocias, talones y medias cañas: se juntará su vuelo mayor con el menor, y tomando la mitad del largo de los dos juntos, se multiplicará por la altura, y saldrá la superficie del canto de cada moldura, y la suma de todas juntas será el plano vertical M N V, que se multiplicará por lo largo de toda la cornisa, y saldrá á la multiplicacion el sólido de pies ó pulgadas cúbicas, que tuviere ó hubiere de tener de materiales.

Nota, que esta medida es algo ventajosa, por medir los voceles como si fueran paralelógramos; pero como siempre se desperdicia material en la construccion de estas obras, viene á quedar el sólido pagado, dando en los voceles estas ventajas. Si esta medida se hubiere de hacer rigurosamente, para hacer una cornisa de algun metal, se medirá el plano vertical de moldura en moldura, formando trapecios, sectores y segmentos (como en la fig. 62, estampa III del libro antecedente).

Cuando las cornisas son de piedra sillar, se

mide la superficie de ellas del mismo modo que se ha hecho en esta; pero si se han de medir por su sólido, se multiplica el vuelo H A por la altura H F, y sale la superficie vertical de un paralelógramo ó cuadrado, como A E F H, y esta superficie se multiplica por lo largo de la cornisa, y salen los pies cúbicos de ella, incluso el vacío A E F. Este vacío, aunque no lo tiene la cornisa, lo tuvieron los sillares antes de labrarlos, y ha costado su trabajo al artífice el desbastarlo.

En cuanto á medir los sillares separadamente, hay variedad en algunos paises, porque unos miden el sólido del sillar segun la figura de él, sin darle mas ni menos solidez que la que tiene (esta medida es la mejor): otros miden el sillar por los vuelos mayores de él, de modo, que si el sillar tiene 4 pies por el frente, y 3 pies de tizon por el un lado, aunque por el otro no tenga tizon (que es la figura de un medio paralelógramo cortado por el diagonal), multiplican el frente de 4 pies por el tizon de 3 pies, y salen 12 de superficie, no pudiendo ser mas de 6 pies: cuya práctica es perjudicial para el señor de obra, y nada favorable á la estimacion del que hace la medida, por esta razon: Despues de concluida una obra, es corriente hacer una medida general de ella: se llega á medir un pilar cuadrado de sillería: tiene por ejemplo 4 pies por cada frente, y 15 de alto: se multiplica la superficie de su planta, que 4 por 4 son 16, y estos por 15 montan 240 pies: se da la razon al señor de obra; y si repara, halla que la cuenta que pagó antes por la otra medida, es partida doblada, de que pueda resultar una cuestion ó pleito. El prudente puede considerar los malos efectos de este modo de medir, y la malicia que en esto puede haber; pues aunque sea costumbre, y segun ella se arreglen los precios, haciendo las cuentas los constructores de que no hay agravio, nunca el señor de obra dejará de formar mal juicio del medidor. En otros paises no se miden las obras hasta que se hallan concluidas; y se hacen las medidas superficiales de modo que aunque un sillar tenga 4 pies de tizon, nunca se le cuenta mas que un pie, y los restantes se pagan por mampostería; y así, en midiendo un lienzo de pared, si tuviere 200 pies de superficie por la parte exterior, los mismos se cuentan cúbicos de sillería; y el resto de los tizones, que entran en el macizo de la pared, se cuentan por mampostería: lo que se hace midiendo primero todo el sólido de la tal pared, como si todo fuera mampostería (segun la medida de la fig. 1.), y luego se mide lo que es de sillería en la misma pared; y restando los pies de esta de los que salieron de todo el sólido, quedan los que hay de mampostería: esto es lo que se debe practicar en todas partes (estando en cuanto á medir la sillería al uso y costumbre del país).

PROPOSICION XII.

De la disminucion de las colunas (Fig. 10).

Muchos son los autores que tratan de la disminucion de las colunas, y de varios modos: aquí solo se trata de uno de ellos, por ser de los mas ordinarios para la práctica de comprender las medidas; pues mal podrá medirlas el que no sepa delinearlas. Las colunas ordinariamente se disminuyen en la parte superior, subiendo desde su planta hasta el tercio de su altura, sin disminuirse: otras se disminuyen arriba y abajo, siendo mas gruesas en el primer tercio de su altura. La práctica de disminuirlas es la siguiente.

Sea la altura de la coluna que se ha de trazar disminuida, la línea T D, por cuyos extremos se tiran á discrecion las rectas A S en la planta, y V C, donde remata su altura. Tírese por la tercera parte de T D la M N, paralela á la A S ó á V C: termínese su diámetro A S, que siendo para el órden Toscano, segun Bignola, será la sexta parte de T D; y si fuere para el órden Dórico, sería la séptima parte: para el Jónico, se dividirá la T D en 8 partes iguales, y un sexto de otra de ellas, y una de las 8 será el diámetro A S. Para los dos órdenes siguientes se dividirá la altura T D en 8 partes y un tercio, y una de las 8 será el diámetro: luego se toma la mitad de A S que será A T; y á esta parte, que es el semidiámetro de la basa de cualquiera coluna de los cinco órdenes, le llaman módulo, el cual se dividirá en 12 partes iguales, siendo para los dos órdenes primeros Toscano y Dórico; y en 18 partes si fuere para los tres restantes, Jónico, Corintio y Compuesto (cuyo método se expresa en la prop. 12 sobre la fig. 17, estampa I, del lib. 1).

El diámetro A S siempre se hace de dos módulos en cualquiera de los cinco órdenes, pero el superior V C se hace menor; y segun Bignola, en el órden Toscano se le da un módulo, y 7 partes de las doce en que este se divide. En el órden Dórico se le dan un módulo, y dos tercios de otro, que son ocho partes de las 12 de su division. En el Jónico se le dan 30 partes de módulo, que es un módulo y 12 partes, ó dos tercios de las 18 en que se divide este módulo; y lo mismo se da á los dos órdenes restantes Corintio y Compuesto. Pero sin embargo de estas proporciones, en cuanto al diámetro, que ha de quedar en la parte superior de la coluna, puede haber variedad segun el gusto del artífice.

Sea, pues, el diámetro de cualquiera coluna A S: levántese de su medio T la perpendicular T D, cuya altura se determina en D: tírese por D la V C paralela á A S: levántense de S las rectas A V, S C, paralelas á T D, y se forma un paralelepípedo A V C S: divídase T D en tres partes iguales; y por la primera T L tírese la M N igual á la A S (en esta figura es mayor M N que A S, por servir para la coluna barriguda): hágase sobre M E el semicírculo M B N (aunque es bastante la cuarta de círculo M B):

del punto V bájese la recta V I paralela á T D, y corta el cuadrante en su circunferencia en el punto I: tírese de este punto una recta al cateto D T, paralela á M N: divídase la L D en las partes iguales que se quisiere, y cuantas mas fueren, será mejor. Sea en 4 partes que se notan con los números 1, 2, 3: tírense por ellos las rectas X K, Z Q, R P, todas paralelas á M N ó á V C: divídase el arco 1 M en otras cuatro partes iguales, como la L D; y por cada punto de la division de M I, sáquese una recta hasta el cateto de la coluna ó línea T D, todas paralelas á M N: luego se irán pasando por su órden á las de arriba, en esta forma: Tómese en el compás la inmediata á M L, y pásese del punto 1 á X, y á K: tómese la segunda sobre M L, y póngase desde el número 2 en Z y Q; y tomando la que se sigue entre 1 M, pásese desde el número 3 á R y P: condúzcase por los puntos V R Z X una curva, que toque en todos ellos (que se hará con una regla flexible, ó por la práctica de coger tres puntos con un arco, segun la regla de la fig. 9, estampa I, lib. I), y se habrá formado el lado de la coluna desde V hasta M, que es los dos tercios de su altura; y bajando de M una paralela á la L T, sería M A; y obrando lo mismo por la otra parte S C, se habrá concluido con la delineacion de la coluna disminuida del tercio M N hácia arriba, y sin disminuirse de A á M.

Si esta coluna hubiere de ser barriguda, que es mas gruesa del tercio M N, determínese el grueso M N (este puede ser á arbitrio del artífice, aunque por regla general le dan los autores por cada lado de su diámetro una parte y un tercio de otra parte de las que se divide el módulo de la coluna que fuere): sea el diámetro de la planta A S: hágase sobre M N el semicírculo M 6 N, ó sola su mitad N 6: del extremo S del diámetro A S levántese la recta S 5, que corta al arco N 5 en el punto 5: divídase este arco 5 N en las partes iguales que se quisiere: sea en 2: tírese por el punto de la division la recta O, paralela á L N: divídase tambien T L en otras dos partes iguales como el arco 5 N, y será en el punto 4: tírese á discrecion por este punto la recta F E, paralela á M N; y tomando en el compás la línea O, se cortarán desde 4 los puntos F E; y conduciendo las curvas N E S, M F A, queda aumentado el grueso de la coluna en el diámetro M N del tercio de su altura, desde donde se hará la delineacion antecedente hasta V C (habiendo determinade la cantidad del diámetro V C); y por esta práctica se pueden disminuir cualquiera de las colunas de los cinco órdenes.

PROPOSICION XIII.

Medir la solidez de cualquiera coluna disminuida (Fig. 10).

Estas medidas se hacen regularmente dividiendo la coluna en diferentes partes iguales con líneas paralelas á los diámetros de las basas, como A S, F E, M N, &c. Luego se mide la superficie del círculo A S y la de F E; y juntando estas dos superficies en una suma, se toma la mitad de ellas, y unos las multiplican por la perpendicular T 4, y otros por el lado inclinado A F, segun su curvatura; y de lo que sale al producto toman la mitad, y esta es el sólido de aquella porcion de coluna A F E S: los primeros sacan de menos, y los segundos de mas, y en obras vastas es mejor medir como los segundos, por ser materia de poca entidad; pero siempre será mejor tomar un medio entre las dos medidas, cuando estas obras se hubieren de hacer de algun metal, ó material de mucho valor, y fuere preciso haber de ajustar la medida cabal por saber las libras de metal que ha de entrar en su fábrica, para lo que es preciso tener conocido el peso que tiene un cubo del mismo material, haciendo la experiencia con un sólido de una pulgada en cuadro; y sabido el peso de este sólido, se sabrá las libras de material que entrarán en aquella obra, haciendo la medida con la exactitud que se expresa en esta forma siguiente.

Si la coluna fuere disminuida del primer tercio hácia arriba, se medirá el tercio de abajo, que será un cilindro recto (como A B C D, fig. 7), y no habrá que hacer mas diligencia que multiplicar la superficie de su basa A S ó M N (Fig. 10) por la altura de la perpendicular T L; y lo que saliere á la multiplicacion será el sólido de aquel tercio. Para los dos tercios de arriba que son disminuidos, tírese la recta oculta V M, y entre esta y la curva R Z X quedará formado un segmento, como parece en la figura, cuya diligencia se puede practicar á la otra parte opuesta C N, aunque no es preciso: con esto queda formada una pirámide cónica descabezada, imaginada en el centro, cuyas basas serán, en la parte inferior, el círculo hecho sobre el diámetro M M; y en la superior, el que fuere hecho sobre V C: medidas las superficies de las dos basas, se tomrá la mitad de ellas juntas, y se multiplicará por la perpendicular L D, y los pies ó pulgadas que salieren á la multiplicacion, será la solidez de aquel cuerpo interior: resta ahora que medir el segmento sólido, que rodea la coluna, cuya superficie vertical es la comprendida entre la recta V M, y la curva R Z X: mídase esta superficie, ó por la prop. 54 del libro antecedente, ó tirando diferentes líneas rectas perpendiculares á la recta V M, entre la cual, y la curva R Z X, se formarán algunos trapecios que se medirán cada uno de por sí, y se multiplicarán por el órden siguiente: Tómese en el compás la distancia que hay de 3 á R, y hágase con ella, como radio, un círculo: vuélvase á tomar en el compás la distancia que hay de 3 á G, que será el punto en que se cruza la recta V M con la 3 R, y hágase otro círculo con el radio 3 G: mídase la circunferencia de estos dos círculos; y tomando la mitad de ellas, será esta una circunferencia media proporcional entre las dos: júntese esta circunferencia, que es mitad de las de los dos círculos que se han hecho, con la del círculo de V C; y la mitad de estas dos juntas se multiplicará por la superficie de R V G, y el producto será el sólido que rodea la coluna en la altura 3 D, cuya operacion se irá haciendo en todos los segmentos que faltan desde R G hasta M; y juntándolos todos á la suma de la pirámide cónica interior y truncada, habrá salido la solidez justa de toda la coluna: si esta fuere barriguda, se podrá tirar la S 5 C, y se formará una pirámide cónica descabezada, cuyas basas serán la mayor A S, y la menor V C, que se medirá como la antecedente M N, V C, y del mismo modo el segmento S 5 C por sus partes C P, P Q; y así los demás.

PROPOSICION XIV.

Tender en plano la superficie exterior de las colunas (Fig. 11).

Para tender en plano la superficie exterior de la coluna disminuida antecedente, ó cualquiera otra, tírense aparte (Figura 11) las rectas A T, T D, que se crucen en ángulo recto en T, y sean largas á discrecion; y teniendo la coluna (Fig. 10) delineada en papel, se dividirá su altura en las partes iguales que se quisiere, y por cada una de ellas se tirará una paralela á la basa A S, como se demuestra con las rectas F E, M N, X K, Z Q, R P, que dividen el cateto T D en los puntos 4, L, 1, 2, 3. Hecho esto se pasarán las mismas divisiones á la fig. 11 poniendo las cifras de la T D de la fig. 10 en la T D de la fig. 11, y tomando en el compás la T S, mitad del diámetro A S de la fig. 10 se hará A T, fig. 11, de tres semidiámetros, y el séptimo de otro; y haciendo esta misma diligencia con los demás semidiámetros de la fig. 10 en la 11 se hallarán en esta las líneas F 4 M L, X 1, Z 2, R 3, y V D, y cada una de estas será igual á tres semidiámetros y un séptimo de los de la coluna, fig. 10, y por consiguiente cada línea será igual á la mitad de la circunferencia, correspondiente á su diámetro, notado con las mismas letras en ambas figuras, como se representa en ellas; y así se halla, que conduciendo la curva por los puntos V R Z X M F A, se ha formado una superficie, fig. 11, igual á la mitad de la superficie exterior de la coluna, fig. 10, y doblando esta será igual á toda la otra. Esto se ha hecho con la mitad de los diámetros; y si se hiciere con cada uno de ellos entero, saldria en la fig. 11 la superficie de toda la coluna, tendida en plano. Esta superficie no hay dificultad en medirla, para lo que se han dado reglas bastantes en las proposiciones antecedentes, y no hay necesidad de repetir los mismos ejemplos: solo entender, que esta figura es compuesta de trapecios y segmentos de círculos planos, de que se han hecho bastantes medidas en las figuras 55 y 56, y otras de la estampa III, lib. I.

PROPOSICION XV.

Delinear en papel las colunas Salomónicas, ó Mosaicas (Fig. 12).

Las colunas Salomónicas, ó Mosaicas, segun asientan varios autores, fueron inventadas por los Judíos: es edificio agradable á la vista, pero no es obra segura para sostener mucho peso sobre ellas; regularmente no se ponen en otros parajes, que en retablos, adornos de portadas, y otros edificios semejantes: hay varios modos de delinearlas en papel, como se puede ver en Poza; pero el mas ordinario, y que está mas puesto en práctica, es el siguiente.

Tírese la recta T 3, prolongada á discrecion, y esta línea será el eje ó cateto: Sea L L igual al diámetro del imoscapo, que es el filete de la basa, sobre que ha de cargar la coluna: divídase L L en 6 partes iguales; y tomando en el compás una de ellas por radio, se formará el semicírculo pequeño 5, 1 debajo de L L; pero el centro sea siempre en la línea del cateto: divídase la circunferencia del dicho semicírculo en 4 partes iguales; y por los puntos de la division de aquella circunferencia, tírense las cuatro rectas de los números 1, 2, 4, 5, paralelas al cateto 3 T: descríbase aparte sobre su misma basa horizontal, continuada la mitad de una coluna barriguda (ó disminuida sin barriga): sea X Z de iguales dimensiones en anchura y altura, como la Salomónica. Divídase toda su altura X Z en 48 partes iguales (por lo pequeño de la figura se divide en 24): tírense por los puntos de la division las rectas *cc*, *dd*, &c. continuando hasta Z, y que todas sean paralelas á la basa *ee*, y que pasen todas á discrecion por la 3 T: tómese en el compás la distancia *ee*, que es la primera línea de la coluna lisa: pásese esta línea á la misma que le corresponde en la Salomónica, y sentando una punta del compás en el cateto, que es la línea 3 T, córtense á una y otra parte los puntos LL: tómese otra vez en el compás la línea *cc* en la coluna lisa; y sentando la una punta del compás en la línea 2 correspondiente á *cc*, se señalarán á uno y otro lado los puntos O O: tómese la *dd* de la lisa, y pásese á la Salomónica, cortando los puntos V V á una y otra parte de la línea 1: tómese la *tt*; y desde la línea 2 se cortarán los puntos *yy*: tómese la *rr*, y desde el eje ó línea 3 se cortarán los puntos *bb*. De este modo se proseguirá por el otro lado con las líneas 4, 5 y 3, y continuando por este órden hasta arriba, se hará la delineacion perfecta, cerrando con una curva por ambos lados la superficie vertical de la coluna Salomónica, de modo que dicha línea se vaya ajustando á los mismos puntos.

OBSERVACIONES

QUE SE HAN DE TENER PRESENTES SOBRE ESTAS COLUNAS.

1 En estas colunas sobresalen las vueltas mas que los lados de las lisas, la sexta parte de su diámetro; de que se infiere, que para hacerlas de madera ó piedra, se ha de labrar una coluna lisa, que tenga de diámetro un tercio mas que si se hubiere de hacer como la de la fig. 10; y si fuere de yeso ó estuco, se cargará y torneará de este material la coluna lisa el tercio mas que su diámetro; y si se quisiere que las vueltas no sobresalgan tanto, se hará el semicírculo 5, 1 mas chico, y la coluna será mas fuerte; pero queriendo que sobresalgan mas, se hará el dicho semicírculo mas grande; pero la coluna será mas flaca para sostener peso sobre ella.

2 Estas colunas se ha de cuidar que tengan por lo menos 6 vueltas, y cada vuelta necesita de 8 partes de las que se divide su altura; si hubiere de tener 7 vueltas, se dividiria su altura en 56 partes, que son 7 veces 8; y en 64 si hubiere de tener 8 vueltas; y así se irian aumentando 8 partes por cada vuelta: si se hacen de menos que 6 vueltas, son falsas; aunque para edificios que han de mantener mucho peso, de ningun modo convienen estas colunas, pues su propio lugar es, como se ha dicho, para retablos, tabernáculos, portadas ú obras semejantes.

3 Las vueltas de ellas en cualquiera edificio, se han de echar la una á la derecha, y la otra á la izquierda; porque de echarlas á una mano, causaria grande fealdad; y si hubiere dos columnas en cada lado, las dos de uno pueden dar las vueltas á una mano, y las del otro á la otra mano.

Estas columnas se pueden acomodar á cualquiera de los cinco órdenes; pero regularmente se usa de ellas solo en el Corintio y Compuesto; y así, los pedestales, basas, capitales y demás miembros, se echan los mismos de aquel órden á que ellas se hayan de acomodar.

PROPOSICION XVI.

Medir la superficie y solidez de las columnas Salomónicas (Fig. 12).

Si fuere necesario medir la superficie exterior de alguna coluna Salomónica, para saber los panes de oro que entrarán en dorarla, ó forrarla de algun otro material, se obrará de este modo: Divídase toda su altura en tres partes iguales, como cuando se ha de delinear una coluna lisa, y en cada parte de la division átesele un hilo ó cuerda delgada, que rodee toda la coluna, y quede la cuerda por todas partes paralela á su basa; y sean las dos cuerdas que la dividen P P y PP. Hecho esto, levántese por cualquiera parte de la superficie exterior un hilo, que divida la coluna en dos partes iguales de alto á bajo, segun el cateto 3 T; y al aire de este se señalarán en la dicha superficie unos puntos, tanto en

las porciones que avanzan afuera, como en los vacíos que entran hácia el eje ó cateto: tómese una cinta encerada, segun se obró con la fig. 9, y váyase ciñendo esta por los puntos que se han señalado en la línea vertical de tercio en tercio de la altura; y comenzando desde L, se ajustará la cinta en los puntos O, V, *y*, *b*, hasta llegar al primer tercio P, y la altura de la superficie L P será igual á la largura de la cinta, tirada en línea recta: mídase esta, y tenga por caso 7 pies, que se guardarán para obrar luego con ellos: mídase ahora la circunferencia de la planta L L, y la del primer tercio P P; pero no ha de ser segun está la horizontal L L, sino segun otro diámetro menor, que es el inclinado L V, cuya operacion se hará poniendo un clavo en L, y rodeándole un cordel, que pase ceñido á la coluna por debajo del clavo: se tirarán los dos cabos por la parte opuesta V; y por aquella parte que menos cordel rodeare la coluna, como por L V, será la circunferencia. Lo mismo se hará con la del primer tercio de P á Q; y juntando estas dos circunferencias en una suma, que supongamos tuvo la L V 6 pies y 5 séptimos, y la P Q 7 y 2 séptimos, que juntas hacen 14 pies, cuya mitad es 7, se multiplicarán estos por los 7 de altura, que hay desde L á P, y montarán 49, y estos será la superficie exterior del primer tercio. Del mismo modo se hará la medida con los otros dos tercios, juntando en el del medio las dos circunferencias de P Q; y multiplicando la mitad de ellas por la altura P P, segun la cinta ceñida en la línea flexuosa verticalmente, y obrando con el último tercio en la misma forma, se juntarán las circunferencias **P Q** y **A Q**, cuya mitad se multiplicará por **P S** ó **P A**; y juntando las superficies de los tres tercios en una suma, esta será la superficie exterior de toda la coluna Salomónica.

La superficie de las colunas Salomónicas es mucho mayor que la de las lisas, cuando unas y otras son de igual altura y grueso, siendo este costado con planos paralelos á la basa; pero las lisas, tendrán mas solidez, la cual, si se hubiera de medir, aunque se puede de varios modos, se hará con menos trabajo por el siguiente: Hágase con un exacto pitipie una coluna Salomónica de yeso, pasado por tamiz, que podrá ser de un pie de altura, ó poco mas ó menos; pero esta ha de guardar en todo las mismas proporciones que la que se mide, que se obrará con facilidad, haciéndola primero lisa, y despues se tornearán sus vueltas por la proposicion siguiente de la fig. 13. Hecha la coluna de yeso, se le podrá dar un baño lijero de aceite, mezclado con un poco de pez ó cera, de modo, que no la haga crecer el baño; y luego que se haya secado, se meterá en una caja, hecha de madera, ó vaciada en un estuque de cal, arena y yeso: en esta caja se medirán las líneas ó pulgadas cúbicas, que tiene su hueco; y metido en ella el modelo ó coluna de yeso, se llenará de agua; y habiendo estado algun tiempo en esta disposicion, se relenará la caja con mas agua (si es que se hubiere mermado); y estando llena, se sacará la coluna de la caja, de modo, que no se salga nada de agua al tiempo de sacarla, para lo cual se mete la coluna con dos hilos sutiles de alambre unidos á ella, y con ellos se dejará pendiente sobre la caja hasta que se haya escurrido el agua dentro de ella: luego se medirán las pulgadas ó líneas cúbicas (ó las partes del pitipie, con que se hubiere fabricado), que hay en el vacío de la caja desde la superficie de su agua hasta la altura, que esta tenia con el modelo dentro; y tantas como faltaren, serán las que tiene la coluna.

Este es el modo mas seguro para hacer exacta la medida de cualquiera sólido irregular, aunque sea una obra de talla, escultura, ó pieza vaciada de cualquiera metal, cuya práctica encontró Arquímedes por casualidad; y fué esta, que entrándose á bañar un dia observó, que habiéndose metido en el baño, creció el agua á proporcion de lo que ocupaba su cuerpo, siendo á tiempo, que andaba buscando modo de justificar la mezcla ó liga que habia en una corona de oro muy fino, que mandó fabricar el rey Hieron Siracusano, para presentar á sus ídolos, lo que verificó haciendo dos pastas de igual peso á la corona, una de oro y otra de plata; y metiéndolas en una caja, primero la una, y despues la otra, halló la malicia, y se castigó al artífice.

Si esta coluna Salomónica se quisiere tender en plano para saber cuánto tiene la superficie exterior de ella, se hará la misma operacion que en la fig. 11; pero con esta diferencia, que habiendo dividido los tres tercios con los diámetros P P se medirá la línea flexuosa, como se ha hecho antes; y en cada punto que correspondiere á la cinta en A P, P L, se hará una señal; y tendiendo en un plano la cinta, tirada con unos clavos de los extremos A L, se hará una recta igual á la flexuosa; y de cada señal, comenzando de la de cualquiera cabo L, se sacará una perpendicular á la cinta, que sea tres diámetros de L Y, y un séptimo mas del mismo diámetro; y en el extremo de esta línea se clavará un clavo; y haciendo la misma diligencia de las señales P P, y A, se pondrá en cada extremo de sus circunferencias otro clavo en cada una; pero estas siempre se han de contar de los diámetros P Q y A Q; y tirando una cuerda, que rodee todos los clavos, se hará con ella una superficie, que el un lado mayor será línea recta: su opuesto se formará con tres rectas y dos ángulos en P P; y las circunferencias de L L y A S quedarán paralelas, tendidas en línea recta: con que se habrá formado una superficie de iguales medidas, que la que se ha obrado primero.

PROPOSICION XVII.

Práctica de tornear ó cavar las colunas Salomónicas (Fig. 13).

Para delinear en papel las colunas Salomónicas, se halla la práctica en muchos autores; pero no para construirlas de bulto: por lo que parece

ser conveniente poner la práctica de ejecutarlas en obra, para que los que saben delínearlas en papel, sepan ponerlas por modelo, ó construirlas de yeso, piedra ó madera, cuyo ejemplo se pone para tornear solo una vuelta; pues entendida esta, se comprenden todas las demás.

Sea la coluna que se ha de tornear, el cono cilíndrico A B N M, cuyas basas son los círculos formados en los diámetros M N en la basa inferior del imoscapo, y A B en la superior del somoscapo: divídase la superior en 8 partes iguales, cuyos puntos se notarán en la circunferencia con los mismos números, como se representa en la figura: por cada punto de ellos bájese una línea recta por la superficie exterior de la coluna, que todas sean verticales, segun el eje ó cateto de ella; esto es, que cada línea con la opuesta del otro lado, corte la coluna en dos partes iguales, como demuestran los diámetros de las basas; y tiradas todas, se hallará que la línea 1 corta en la basa de N M el otro 1, la del 2 el otro 2, y así las demás cortan los mismo números correspondientes en la parte inferior. Hecho esto, para cada vuelta de la coluna se ha de dividir la altura de ella en 8 partes iguales, como se dijo en la observacion 2, prop. 15; y porque aquí solo se ha de tornear una vuelta, se divide en ocho partes toda la altura A N, ó B M; y teniendo en una regla las 8 partes de la division de la altura, se arrimará á la línea del 1; y poniéndola paralela con el eje, se señalará el punto L, que baja una de las 8 partes, desde la A B hasta L en la línea del número 1: póngase otra vez desde el canto de la basa A B en la línea del número 2 dos partes de las 8, que cortarán el punto C, y continuando así, se irán poniendo las demás en la misma forma, cortando el punto I de 3 partes, el K de 4, el D de 5, el O de 6, el S de 7, y se viene á rematar la vuelta en N, donde corresponde la línea del 8. Señalados estos puntos, se tomará una varilla flexible como de ballena, ó mimbre, y se ajustará de tres en tres puntos, de modo, que por todos ellos se pueda señalar una línea, que se tirará por ellos con la varilla ó regla que se hubiere ceñido al rededor; y será la línea desde A hasta K lo que corresponde al frente, que se vé por un lado, que es mitad de la una vuelta, y la de puntos K N es la otra media vuelta de la parte opuesta. Por este mismo órden se ha de tirar otra línea que rodee la coluna, comenzando la del número opuesto á la línea del 1, que será la del 5, y vendrá á rematar abajo en el punto M, correspondiente al 4, y opuesto al 8: con esto se tienen las dos líneas que se necesitan, que la una ha de ser para ahondar, y la otra para quedarse por superficie de las partes de las vueltas que forman el teso: las medidas de lo que se ha de cavar y dejar, se han de ir tomando de la coluna delineada en plano, segun sus líneas, como en la fig. 12.

Nota, que en la misma práctica que se ha hecho en el cilindro, se ha de obrar en cualquiera coluna disminuida; pero se ha de hacer primero lisa, con toda perfeccion, arreglándola en un todo segun lo advertido en la proposicion

15, donde se previene lo que puede ocurrir sobre estas obras.

PROPOSICION XVIII.

De las colunas que se forman sobre planos inclinados, su construccion y medidas (Fig. 14).

Estos edificios son regularmente para subidas de escaleras, ó rampas de alguna basílica ó palacio, que está situado en alguna eminencia: su delineacion es en esta forma.

Sea un plano inclinado la recta N I, donde se quiere poner alguna órden ó serie de colunas, cuya altura ha de ser N M: tírense las rectas N T, M A á discrecion, y que sean perpendiculares á la vertical N M: levántese en cualquiera parte la perpendicular T A, sobre la cual se delineará la coluna recta, del órden que hubieren de ser las del plano inclinado N I, cuya altura será P B, terminada entre las paralelas N I, M Q, igual á la M N, ó A T: delineada la coluna A T, se correrán de todas sus partes de la basa, capitel ó cornisamento, líneas paralelas á la basa T N, hasta que corten la perpendicular M N, y de los puntos en que esta se cortare, se continuarán otras paralelas á la basa N I, alargándolas hasta cortar los ejes ó catetos de todas las colunas del plano inclinado. Hecho esto, se tomarán en el compás las distancias que hay desde el cateto T de la coluna recta, hasta el vuelo ó proyectura de cada miembro de la basa; y pasando al cateto

P de la inclinada, se cortarán igualmente á una y otra parte de él, cada moldura en su correspondiente, segun guian las líneas paralelas á la basa; y en la última, que es el imoscapo, se tomará la T D, y de esta medida se cortarán las P I, P C, á una y otra parte de P, y del mismo modo se obrará en la parte superior, concluyendo en hacer B Q igual á A V, y si las columnas fueren disminuidas, se pasarán los diámetros de la disminucion (como los de la fig. 10), conduciendo las curvas de los lados por los extremos de los diámetros. Si este edificio fuere de pilastras cuadriláteras y paralelos sus lados, poco tiene que entender su construccion, y menos cuando son unidas á una pared, como regularmente suelen serlo de un lado; mas cuando han de ser sueltas y redondas requiere mas inteligencia, lo cual se obra teniendo presente la fig. 33, estampa II del libro antecedente, cuyo diámetro de la coluna recta se supone ser (en aquella figura) la línea A B, y el diámetro de la inclinada será A M; y el ángulo que forma el plano inclinado con el horizontal será A; de que se infiere, que los planos inferiores y superiores de las colunas inclinadas son elípticos, por ser cortados oblicuamente, y las colunas deben ser redondas, segun esta regla de delinearlas: de que se colige, que no pueden ser tan gruesas como las rectas, como se deja entender en la figura; pues aunque son iguales los catetos T A y P B, no es la altura de P B mas que la línea M P, que es la perpendicular entre M Q y N I; de que se deja entender el

modo de medir la solidez de estas colunas inclinadas, que será por uno de los dos modos siguientes.

1 Mídase la planta del plinto de la basa, no segun el corte oblicuo, que es elíptico, sino por el diámetro horizontal S Z, que es círculo; y la superficie de ella se multiplicará segun la altura que le tocare por la línea vertical del cateto P B; y así se irán midiendo los planos de todas las molduras, multiplicando siempre la area de sus círculos por la parte de línea que le tocare á cada una segun corta dicho cateto; y lo mismo se obrará con la caña de la coluna, multiplicando las areas de los círculos de sus basas, segun la horizontal S Z, que será el diámetro de sus círculos, y de este modo saldrán los pies de solidez de la coluna inclinada, que no serán tantos como los que tiene la recta.

Si se hubiere de medir sola la superficie exterior, se medirá la circunferencia de los dichos círculos, la que se multiplicará por la altura de dicho cateto, segun correspondiere á cada una de las partes que se midiere, como son basa, caña, &c.

2 La misma cuenta saldrá si se miden las plantas, segun su corte oblicuo, que será elipse, las que se medirán segun la práctica de la fig. 60, estampa III, lib. I, sea para la solidez, ó para la superficie exterior; pero esta se ha de multiplicar segun la línea P M.

CAPITULO III.

De la cuadratura de la esfera y elipse: sus sectores y segmentos, segun Arquímedes.

Las proposiciones de este capítulo son el fundamento de las mas medidas del capítulo antecedente, y de donde resultan las prácticas de medir todo género de bóvedas, como se verá despues; por lo que conviene que el principiante tenga estas proposiciones bien entendidas, para que sepa en qué consiste el acierto de medir los edificios, que se siguen á continuacion.

PROPOSICION XIX.

TEOREMA.

La superficie de la esfera es igual á la de un paralelógramo rectángulo, formado de toda la circunferencia y todo su diámetro.

DEMOSTRACION.

Imagínese que el rectángulo M Z N (Fig. 8) es formado de la circunferencia de un círculo mayor de una esfera, cuya línea, tendida en plano, será M N de 22 pies por ejemplo; y su diámetro M Z de 7 pies, cuyas dos líneas forman el ángulo recto en M. Digo, que tirada la diagonal

Z N, queda formado el rectángulo M Z N, cuya area será igual á la mitad de la superficie exterior de un globo, y que esta será como dos veces la superficie plana del círculo mayor de la esfera, como se prueba en esta forma: Teniendo el círculo 7 de diámetro, tendrá 22 de circunferencia; y multiplicados la mitad de 7 por la mitad de 22, saldrán 38 y medio, que serán los pies superficiales de aquel círculo plano. Mídase asímismo la mitad de M Z, que de 7 es 3 y medio, por los 22 de la M N, ó la mitad de los 22, que es 11, por los 7; y de cualquiera modo vendrán á la multiplicacion 77, cuya mitad es 38 y medio, con lo que queda demostrado, que el triángulo M Z N es mitad de la superficie exterior de la esfera: luego formando un paralelógramo, cuyos lados mayores sean iguales á la mayor circunferencia, y los dos números iguales á su diámetro, será la superficie de este igual á la de toda la esfera, y por consiguiente como cuatro superficies juntas de su mayor círculo plano.

PROPOSICION XX.

TEOREMA.

La superficie del cilindro circunscrito á la esfera, sin contar la de sus basas, es igual á la superficie exterior de toda la esfera (Fig. 15).

Consta de la proposicion antecedente, que si-se cortare una tela igual al paralelógramo formado de la circunferencia y diámetro del círculo, se ajustaria al rededor de la esfera C *m* O Z, como se representa en la figura metido el globo dentro del cilindro P Q B D, cuya altura es igual á la del diámetro Z *m*, y la tela rodearia toda la circunferencia del cilindro P *n*, Q *m*, menos la de sus basas.

PROPOSICION XXI.

TEOREMA.

La solidez de la esfera es igual á una pirámide cónica, cuya basa sea igual á la superficie exterior de toda la esfera, y su altura igual al tercio del radio (Fig. 15).

Imagínese que el diámetro B Z D es de un círculo, cuya area sea igual á la superficie de la esfera Z C *m* O (por toda su exterioridad), y su altura Z A es tercio del radio de la misma esfera: digo que la solidez de la esfera es igual á la pirámide cónica A B D, como consta de las Electas de Euclides, por cuya doctrina se entrará en la práctica de las proposiciones siguientes.

PROPOSICION XXII.

Medir la superficie de la esfera de sus sectores y segmentos (Fig. 16).

1 Para medir la esfera, hállese la superficie del círculo de su mayor diámetro (por la proposicion 51 del libro antecedente), y cuatrodoblándola (que será multiplicarla por 4): lo que saliere será la superficie exterior de ella, ó multiplicando el diámetro por la circunferencia.

2 La media esfera no se hace mas que doblar la area de su mayor círculo plano, y la suma será la superficie exterior sin la de su basa; y lo mismo saldrá multiplicando la circunferencia del círculo plano H E X F por la sagita ó perpendicular T H, cuya superficie será igual á la mitad de la esfera sin su basa, ó á la superficie del cilindro E D F B, que es igual á la semiesfera por su redondez exterior.

3 Para medir la superficie de un segmento de esfera correspondiente á su convexidad *c* X *o*, mídase la circunferencia de su basa, cuyo diámetro del círculo de ella es *c* Z *o*; y multiplicándola por la sagita ó altura Z X, saldrá al producto la superficie exterior, sin contar la del círculo de su basa.

4 Si el segmento fuere entre dos cuerdas de un círculo, como entre EF y Q P, mídase la circunferencia de su mayor círculo, cuyo diámetro será E F: multiplíquese por la altura de en-

tre las dos cuerdas, que es TZ, y lo que saliere será la superficie que rodea el segmento, segun la curvatura de E c, ó de o F, y esta superficie será igual á la del cilindro EQPF, levantado sobre su mayor círculo EF, y de la misma altura TZ.

5 Si este segmento fuere cortado con dos cuerdas, cuyos planos no fueren paralelos, se obra la medida de la misma forma, multiplicando la circunferencia del círculo mayor por la altura TZ. Sobre esto solo hay que advertir, que la TZ podia variar en altura, como si el estremo *c* bajare hácia E, ó al contrario, y en este caso sería QE mas corta, y FP mas larga: luego en este caso se puede obrar sin hacer cuenta con la TZ, solo juntar las dos alturas QE menor y FP mayor; y tomando por TZ la mitad de la suma de las dos alturas, se multiplicará esta por la dicha circunferencia del círculo mayor EF, y saldrá la medida que se desea.

6 Para medir la superficie de un sector de esfera como T *c* X *o*, se multiplicará primero la circunferencia de su mayor círculo (cuyo diámetro es *oc*) por la altura de su sagita ZX: y lo que saliere al producto, será la superficie de *c* X *o* Z igual á un cilindro de su altura, como lo es *cmno*, y guardando esta superficie, se medirá la de la pirámide cónica, que es *c* T *o* por la proposicion 9 de este libro; y juntándola con la que se guarda del segmento *c* X *o* Z, la suma de las dos partidas será la superficie de todo el sector.

PROPOSICION XXIII.

Medir la solidez de la esfera, y la de sus sectores y segmentos (Fig. 16).

1 La solidez de la esfera se mide con brevedad en esta forma: Multiplíquese la circunferencia de su mayor círculo por todo su diámetro, y el producto será la superficie exterior de toda la esfera: multiplíquese esta superficie por la sesta parte del diámetro ó tercio del radio, y lo que saliere á la multiplicacion será la solidez de la esfera: si fuere media esfera, se medirá por entero, y se tomará su mitad: demuéstrase esto por la proposicion 21 de este libro.

2 La solidez del sector esférico T *c* X *o* se hallará multiplicando la snperficie exterior del segmento *c* X *o* (ó la del cilindro *c m n o* su igual) por el tercio del radio TX, y lo que saliere á la multiplicacion será la solidez que se busca.

3 Si se hubiere de medir la solidez del sector mayor T *c* H *o*, mídase la superficie esférica *c* H *o*, y multiplíquese por el tercio del radio TH, y el producto será la solidez.

4 Para medir la solidez del segmento *c* X *o* Z, mídase el sector T *c* X *o*; y restando la pirámide cónica *c* Z *o* T, quedará la solidez del segmento *c* X *o* Z, de cuya práctica se colige el poder medir cualquier anillo ó zona de un círculo sólido cuyo cuerpo fuere rodeado con el plano vertical *c* X *o* Z, ó solo su mitad, su tercio ó cuarto, &c.

5 Si se hubiere de medir el segmento mayor Q P H, se puede obrar por uno de dos modos.

Primero, mídase el sector T *c o* H, multiplicando la superficie del cilindro D Q B P (que es igual á la superficie esférica Q H P) por el tercio del radio T H (núm. 3 de esta proposicion), y será la solidez del sector: mídase tambien la pirámide cónica *co*T (por las reglas de la fig. 8); y juntando la solidez de esta con la del sector, serán las dos juntas el sólido del segmento Q P B D.

Segundo, mídase la esfera por entero; y restándole el segmento menor *c* X *o* Z, quedará en la resta la solidez del mayor Q P B D.

6 Para medir la solidez de entre dos segmentos de esfera, cuya parte fuere E *c o* F, mídase la solidez de toda la esfera; y restándole la de los dos segmentos *c* Z *o* X y E T F H, quedará en la resta la solidez que se pide; y así se obrará con sus semejantes.

PROPOSICION XXIV.

Medir la superficie de la elipse (Fig. 17).

Habiendo entendido las medidas de la esfera, con facilidad se comprenderán las de la elipse ú óvalo, cuyos cuerpos, siendo regulares, pueden ser en dos formas, que son longos ó latos. Elipse longa es la que se forma al rededor de su diámetro mayor, sirviendo este de eje ó cateto inmóvil, por cuyo rededor se anda ó tornea el semidiámetro menor, y se forma un sólido semejante á la hechura de un huevo, que será de iguales estremos y medio. Elipse lata ó ancha es la que se forma con el semidiámetro mayor al rededor del diámetro menor: y sale la elipse en forma de una esfera algo escachada; y para obrar las medidas de estas dos elipses, se hará por las reglas siguientes.

1 Para medir la superficie exterior de la elipse longa (cuyo nombre, por ser sólido, se le da de esferoide, así como al círculo de esfera), tomados en el compás sus dos diámetros mayor y menor, se delineará en papel su mayor plano, que es el que se corta de alto á bajo por el eje del diámetro menor, cuya figura se supone ya delineada, como A B I R N (Fig. 17): hállense los arcos de que se puede componer la elipse plana; y sirviéndonos de la mitad de ella, dividida por el diámetro menor B N, se halla, que el arco I R es formado del centro X, formando un sector X I R; tírese la recta I R; y por el extremo del diámetro mayor opuesto á A, tírese la V S paralela á la cuerda I R; y levantando las I V, R S perpendiculares á I R, se ha formado un cilindro I V S R, cuya superficie será igual á la del segmento esférico del arco que corta la cuerda I R, como lo fué en la fig. 16 antecedente á esta, el cilindro *cmno*, con la superficie del segmento *c*X*o*Z. Teniendo conocida la superficie esférica del segmento I V S R, se doblará por la que corresponde á otro segmento en el estremo A igual á este, y guárdese la suma de la superficie de estos dos segmentos. Ahora falta que me-

dir la superficie del sólido I D P R N Q, que es figura de una cuba, la cual se obrará ajustando por cualquiera de sus lados una cinta ó correa como de P á D, y á I; y midiendo la circunferencia de un círculo, cuyo diámetro fuere una recta, tirada del medio del arco D I al medio de otro su opuesto N R, se multiplicará la circunferencia de este círculo por lo largo de la correa; y lo que saliere á la multiplicacion, será la superficie exterior de la figura de la cuba, la cual se juntará con la que se guarda de los dos segmentos, y todo junto será la superficie exterior de la elipse longa.

2 Si la elipse fuere lata ó escachada, su mayor diámetro será círculo; y cortadas verticalmente por el eje ó diámetro menor, quedará formada en plano la elipse mayor de la esferoide en la misma forma antecedente, cuya superficie se mide como se ha espresado arriba, á excepcion, de que en lugar del sector X I R se ha de formar el D Q N R; porque la recta Q C R corta un círculo plano, lo que antes cortaba la I R: luego formando los cilindros Q L R M, y O P I K, son las superficies de ellos, sin contar las de sus basas, iguales cada una á la de su segmento esférico: luego juntando estas dos superficies, se guardarán; y midiendo con la correa el arco P A Q, se tirará una recta por medio de P A, ó A Q, al otro arco correspondiente á la parte opuesta; y midiendo el círculo que sobre esta recta se imaginare, se multiplicará su circunferencia por lo largo de la correa, y saldrá la superficie exterior

del sólido del centro, á quien juntándole las superficies de los dos segmentos esféricos, que se han medido, será la suma de toda la superficie que se pide de la esferoide lata ó ancha, sin entrar ninguna de sus basas.

PROPOSICION XXV.

Medir la solidez de la elipse (Fig. 17).

Para medir la solidez de la elipse se medirán los segmentos opuestos, que fueren sus basas círculos (por la proposicion 23 de la fig. 16); y midiendo la superficie vertical de uno de los otros dos lados, que no son círculos, se multiplicará por la circunferencia que rodeare el sólido del centro, que será un cilindro sólido; y midiendo este, se juntarán todas las solideces en una suma: y lo que todas juntas sumaren, será la solidez de la pieza, sea longa ó lata.

Nota, que para multiplicar el sólido, que corresponde en el segmento vertical Q C N R, ni ha de ser por la circunferencia del diámetro B C, ni por la del D N; porque esta será medida larga, y aquella será corta. Lo que se hace para obrar con seguridad estas medidas, es partir el plano vertical en dos superficies iguales, con una línea paralela á la basa Q R, para lo cual se han dado bastantes reglas en el cap. 8, lib. 1, y tomando la medida desde el punto que cortare la línea de la particion entre C y N, hasta el eje de la elipse, con esta distancia se ha de hacer un círculo, cuya circunferencia se multiplicará por el plano vertical QNCR, y lo que produjere será el sólido, que rodea el segmento todo el cilindro interior RQPI.

1 De otro modo, que segun doctrina de Arquímedes de Esferoide, mide el Padre Tosca en su lib. XI, proposicion 26, Geometría práctica, y es como se sigue: Pídese la solidez de la esferoide longa, cuyo diámetro inmóvil fué el mayor que sale de A, pasando por el centro X, hasta el estremo opuesto, que sirvió de eje para tornear la esferoide longa, cuya longitud sea 20; y el menor DN, que se movió, sea 15, cuya basa es círculo: mídase su area superficial, y será $176\frac{11}{14}$: multiplíquese esta superficie de la basa mayor, que es DN, por los dos tercios del diámetro mayor, que de 20 son 13 y $\frac{1}{3}$, y montarán 2357 y un séptimo (que son en esta cuenta 2 y $\frac{1}{7}$, mas que lo que dicho Tosca saca en las mismas partidas); y esta será la superficie de la esferoide. La razon es, porque segun la regla de Arquímedes, tiene el círculo del mayor diámetro, con el círculo del menor, razon duplicada. Esto supuesto, sea FAE el hemisferio sobre el diámetro mayor, que se supone FE, igual al de A: sea FGHE el cilindro, cuya basa es la misma del hemisferio, y su altura sea dos tercios del semidiámetro mayor de la esferoide, ó radio del hemisferio: sea DOLN otro cilindro de la misma altura; pero su basa sea el círculo del menor diámetro de la esferoide.

Por tener estos dos cilindros una misma al-

tura, son como sus basas. Estas basas son entre sí como la semiesferoide al hemisferio, segun Arquímedes: luego dichos cilindros son como la semiesferoide al hemisferio. Siendo, pues, el cilindro FGHE igual al hemisferio, por tener este dos tercios del cilindro circunscrito á dicho hemisferio, el que tambien es dos tercios del mismo cilindro, por tener con él razon subsesquialtera: luego tambien el cilindro DOLN es igual á la semiesferoide longa, y su duplo igual á toda ella. Multiplicándose, pues, la superficie del círculo de su basa BC por los dos tercios del diámetro, tambien se medirá del mismo modo la esferoide.

2 Pídese ahora se mida la solidez de la esferoide lata, cuyo diámetro, que se movió, fué el mayor, que es 20, y el menor, que estuvo inmovil, es 15: hállese el area del círculo, que es 20, y será 314 y dos séptimos: multiplíquense por 10, que son los dos tercios de 15, y montarán 3142 y $\frac{6}{7}$. El Padre Tosca saca 2 y los 6 séptimos en su cuenta de menos, que pudo ser por equivocacion suya.

A estas medidas se siguen otras de conoide, parábola y hipérbola, que son los cortes de un cono; pero no son esenciales para la práctica que aquí se necesita; y caso de serlo, se obrará cualquiera medida de ellas por la propos. 16 de este libro, segun la última medida de ella.

CAPITULO IV.

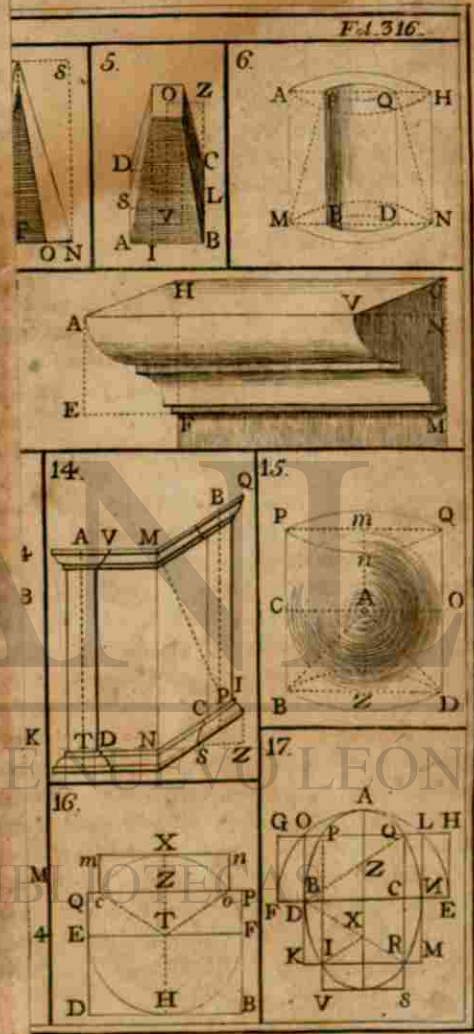
En este capítulo se expresa la práctica de construir y medir toda suerte de arcos.

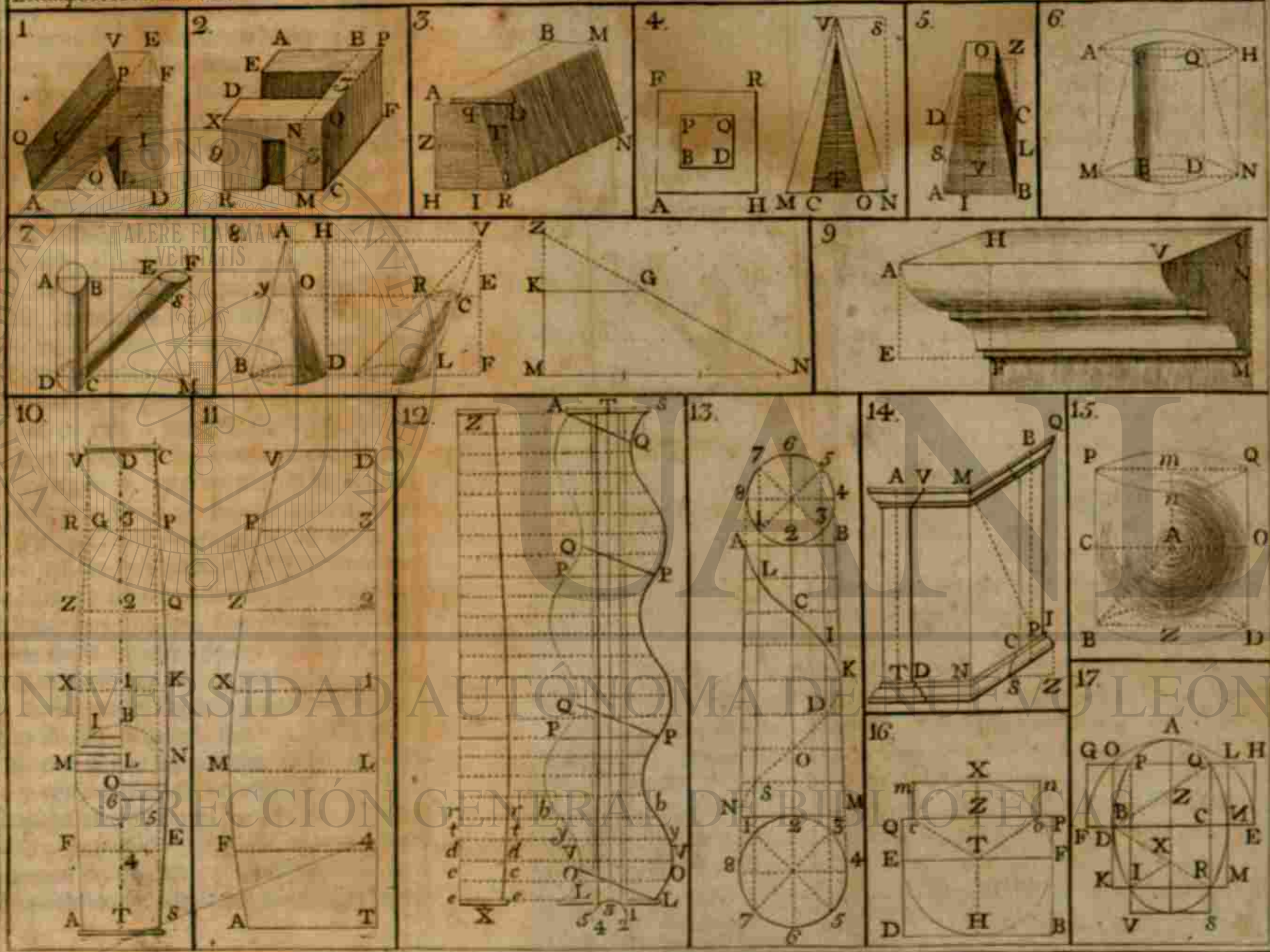
PROPOSICION XXVI.

De la construccion de los arcos esféricos (Fig. 18).

ESTAMPA VI.

Sea la mitad de un arco esférico el cuadrante **B I N**, sobre cuya forma se ha de cargar el arco **B E I V** (sea de ladrillo ó sillería), para cuyo efecto se ocupa primero el hueco **N B I**, y otro tanto, que falta para su cumplimiento á la otra parte, con unas cimbras de tablones, ajustadas á la superficie cóncava, segun la curva **B S I**, que se perfeccionará clavando un clavo en el centro **N**, al que se mete el cabo de un cordel con un anillo en su extremo; y tirando el cordel hasta **B**, se le pone una señal fija en este punto; y en cualquiera parte que pare el cordel, tocará la señal en la curva del arco, como hace en S; y este cordel tirado, corta la junta S C. Si para armar estas cimbras no se quisiere valer de tablones, por escusar gasto, ó por ser los arcos de poco diámetro, se ponen unos maderos desde los arrancamientos de ellos, hasta que se ajusten, formando un ángulo en I; y el hueco de entre estos





P. M.e f.

maderos, y la curva B S I, se llenará de ladrillo en seco, y sobre él se perfeccionará con cal ó yeso su forma, cuya práctica es bien sabida de cualquiera mediano inteligente; y no es necesario mas advertencia, que el que se perfeccione la superficie sobre que ha de cargar el arco. Hecha la forma de él, se repartirán las dovelas en número impar, y se comenzará á levantar de los dos lados á un tiempo, sin cargar mas hiladas á uno que á otro; y tirando el cordel por cada punto de los que dividen las hiladas en la línea B S I, se van ajustando los ladrillos ó dovelas al aire del dicho cordel, procurando que á la última hilada, que ha de acuñar en la clave I, le quede lugar para dos juntas de cal, ó yeso, como haya de ser arco de ladrillo; pero si el arco se hubiere de hacer de sillería, como se representa en la figura, se dividirá su forma B S I en hiladas nones, como en 5, 7, 9, &c. (por lo pequeño de la figura se divide en 5). Esta delineacion, con sus mismas medidas, se hace en un plano horizontal; y señalando en él todas sus hiladas, con el cordel tirado por los puntos de la division de las dovelas, se señalan las juntas de la frente, ó paramento exterior, como parece en la figura; y para las juntas y circunferencia del arco se hace la plantilla ó baibél L D S, con la que se señalan en las piedras las juntas, y con cavidad de su montea, haciendo las piedras iguales de largo, segun la division que se hubiere repartido; y labradas que sean aparte, se ponen en el arco, y quedará este perfectamente concluido; y estando las juntas bien casadas unas con otras, no se necesita entre ellas ningun otro material. De las estribaciones se tratará adelante.

PROPOSICION XXVII.

Medir la superficie y solidez de los arcos y bóvedas esféricas (Fig. 18).

Para medir cualquiera arco ó bóveda de cañon seguido, mídanse sus radios mayor y menor. Sea el menor N B: tenga 8 pies: multiplíquense por 3 y un séptimo, y serán 25 y un séptimo: sea el radio mayor N Z de 10 pies, que multiplicados por 3 y séptimo, hacen 31 y 3 séptimos, y juntos con los otros, hacen 56 y cuatro séptimos, y estos son los pies de línea, que corresponden á las dos circunferencias B I, Z O (pero estos serán en todo el semicírculo): tómese la mitad de estas, que de 56 y 4 séptimos, son 28 y dos séptimos, y esta será una circunferencia media proporcional entre las dos, que cortaria por medio de Z B, O I; y porque la frente del arco es Z B de 2 pies, multiplíquense por estos los 28 y 2 séptimos, y montarán 56 y 4 séptimos, y tanta será la superficie del frente del arco en todo su semicírculo: esta se multiplicará por el fondo de la bóveda, y tenga por caso 14 pies, que multiplicados por los 56 y 4 séptimos, son 792, y estos serán los pies cúbicos de su solidez.

Si solo se hubiere de medir la superficie cóncava, se multiplicarán los 14 del fondo por los de

la circunferencia B S I de todo el semicírculo, y el producto será lo que se pide.

PROPOSICION XXVIII.

De la fábrica de los arcos apuntados, ó en punta (Fig. 19).

Sea el diámetro de un arco apuntado la recta N M, su altura H V, y su grueso M C: para hallar sus centros, tírese del extremo N al extremo V la recta N V: tómese su medio en I, y tírese la I C, perpendicular á N V, que corta la horizontal del diámetro, alargada en C, y este punto será el centro de donde se ha de formar el arco N V; y de otro punto semejante á la otra parte se formará el arco M V, dando desde los mismos centros los arcos exteriores, que forman los paramentos D A, D C: divídase en cualquiera lado cualquier arco interior ó exterior en las dovelas que pareciere, como sean nones en todo él: sea en el lado M U el arco exterior en tres hiladas y media (la media escasa, para que la clave no sea muy pesada, ni tan grande como las otras, por no ser conveniente en esta clase de arcos). Hecha la division en los puntos D R F C divídase la línea horizontal de centro á centro en tantas partes iguales, como dovelas ó hiladas tuviere el arco, y sea de C hasta H, medio del diámetro en tres partes y media, que son las que corresponden á la una mitad; y haciendo lo mismo á la otra parte, se notarán las divisiones, siendo N la primera, 2 la segunda, y 3 la tercera, quedando entre 3 y H la media para la clave: tírese de la primera N al punto F la recta N F, y del 2 la 2 R, y del 3 la 3 D: con esto quedan delineadas las juntas de aquel lado M V; y obrando lo mismo en N V, quedará la delineacion hecha con toda hermosura y seguridad, cortando en la misma forma las piedras para las dovelas por medio del baibél A I; pero este baibél debe ser con juego en el ángulo I, para que se pueda cerrar en los ángulos de las juntas superiores, por ser menores estas, cuanto mas dovelas se fueren levantando; y por el mismo órden se asentará el arco sobre las cimbras, que se harán ajustadas al hueco N V M.

Nota. Estos arcos son mejores para sostener peso sobre sus claves, que para resistir empujes contra sus tercios; porque estos con facilidad hacen saltar para arriba á las claves; y así son propios para cubrir torres, ó formar medias naranjas realzadas, y mas si estas han de llevar linternas, para cuyos edificios es mejor que las juntas concurran siempre á los primeros centros, como á C, y así fabricados pueden mantenerse con poca ó ninguna estribacion.

Si su fábrica fuere de ladrillo, en cada punto de la division de la basa, de donde se cortan las juntas, se clavará un clavo; y conforme se fueren levantando las hiladas, se irá mudando el cordel, que servirá de cintrel para las juntas y montea.

PROPOSICION XXIX.

Medir los arcos y bóvedas apuntados, ó en punta (Fig. 19).

Para medir los arcos y bóvedas apuntados, es la mayor dificultad el hallar la circunferencia de ellos, la cual, si los arcos son regulares, forman las cuerdas con el diámetro un triángulo equilátero, y cada arco toma un tercio del semicírculo, cuyo radio fuere su diámetro, ó cuerda de cada arco, y en este caso es fácil hallar las circunferencias; pues sabida la del círculo, cuya parte es el arco, con tomar la sexta parte de todo él, ó la tercera del semicírculo para cada porcion N V y V M, se tiene conocido todo; pero porque sucede, que por necesidad suelen hacerse mayores ó menores, es preciso valerse de otras operaciones, que serán las mas breves una de las dos siguientes.

1 Para salir de una vez con la operacion, tómese cualquiera punto, entre medio de la superficie ó paramento de las dos circunferencias A y N, que son la cóncava y convexa; y del centro C hágase el arco de puntos N V, y esta circunferencia es media proporcional aritmética entre las dos, cóncava y convexa; y por la prop. 20 del libro antecedente hállense los grados que vale el arco de puntos N V: sean 55; y midiendo el radio, supongamos que es C N, y que tenga 14 pies: multiplíquense 14 por 3 y un séptimo, y

montarán 44, que serán los pies de circunferencia que tendria el semicírculo de este radio; y porque el semicírculo tiene 180 grados, y el arco de puntos N V solo tiene 55 grados, hágase una regla de tres en esta forma: Si 180 grados del semicírculo, cuya parte es el arco N V de puntos, da en su circunferencia 44 pies, el arco N V, que vale 55 grados, qué pies tendrá? Multiplíquese el segundo número 44 por el tercero 55, y el producto 2420 pártase al primero 180, y vendrán á la particion 13 y cuatro novenos, y estos serán los pies de la circunferencia N V; y doblándola por otra tanta del otro lado V C, serán 26 pies y 8 novenos, que se multiplicarán por dos del ancho M C, y montarán 53 pies y 7 novenos, y esta será la superficie exterior del paramento, que se multiplicará por el fondo del arco ó boveda, y lo que saliere á este último producto serán los pies cúbicos del propuesto arco.

2 Si se quisiere medir con mayor brevedad, ajústese una regla flexible, dividida en pies, por la parte cóncava, bien ceñida al arco, y hágase lo mismo con la parte convexa; y juntando las dos en una suma, la mitad de ella serán los mismos pies que salieron en la circunferencia N V de puntos; y en los demás se obrará como antes.

PROPOSICION XXX.

De la construccion de los arcos ó bóvedas elípticas en cañones seguidos (Fig. 20).

Sobre las fig. 34 y 36 de la estampa II, lib. I, se ha tratado bastante sobre las construcciones de vueltas elípticas, que se han de aplicar á esta proposicion, cuya práctica considero de las mas útiles, que hasta ahora se han dado á luz, la cual me precisó á inventar la necesidad (que esta es quien hace discurrir á los artífices, cuando hay escasez de materiales).

Pídese que sobre el diámetro A M A y de la altura M L se haga el arco A L A, formado por vuelta de cordel; pero con tal arte, que sirva el cordel para llevar las juntas de las dovelas y sus monteas con tanta perfeccion, como en un arco esférico.

Operacion.

Fórmese (por la práctica de la fig. 34, estampa II del lib. I) el arco A L A, que será su concavidad: inscríbasele debajo arbitrariamente el otro arco de puntos D Z D, que se formará hallando los focus V V, y el punto Z, con lo que se habrá conseguido que el arco D Z D sea paralelo, ó equidistante al arco A L A: átese el cordel en los clavos V, formando con el ángulo V Z V (habiéndole metido primero un anillo ó sortija de cobre

17

ó hierro, de las que se usan para correr las cortinas, como se representa en K ó en Z): al anillo Z átese otro cabo de cordel, como Z L, ó K *r*; y este cabo de cordel será el que describa las monteas, y señale las justas de las dovelas en el paramento del arco, como todo se manifiesta en la figura con demostracion evidente, pues tirando el cabo del cordel sobre L, habiendo puesto una señal en él, ajustado á la circunferencia, tocará en el punto L, y señalará la junta del paramento, y su centro concurre á M; y llevando el cabo L al punto *r*, correrá por el cordel V Z V el anillo Z, hasta K, donde forma otro ángulo V K V, señalando en el arco el punto de su circunferencia *r*, como tambien su junta, que concurre al centro E, dividiendo la oculta *r* E en dos partes iguales al ángulo V K V; sucediendo lo mismo en cualquiera otro lugar, que se fije el punto K, ó Z, el cual dejará descrita en cualquiera plano la circunferencia elíptica, como parece en la figura; de que se infiere, que la elipse descrita por vuelta de cordel es de infinitos centros.

Nota. Del mismo modo que se ha delineado esta vuelta elíptica, rebajada, se hará remontada con solo poner los puntos V Z V en el eje vertical, así como aquí se han puesto en el horizontal.

Con este artificio he construido bóvedas vaídas elípticas sobre plantas cuadrilongas, como A B F A de la presente figura, formando con el mismo cintrel sus pechinas y cascaron. Del mismo modo se puede obrar en medias naranjas, no

dudando, que por esta práctica adelantará mucho cualquiera artifice, sin tanto dispendio ni trabajo como el que se gasta regularmente.

PROPOSICION XXXI.

De las medidas de arcos y bóvedas elípticas en cañon seguido (Fig. 20).

Para medir con brevedad la cara, ó paramento de un arco elíptico, se ha de imaginar un paralelógramo formado de su diámetro y altura.

Ejemplo.

Sea el paralelógramo A B F A, cuyo diámetro del arco sea igual á B F, y su altura hasta la parte convexa cualquiera de sus lados menores A B: tenga A A ó B F 24 pies, abrazando en estos toda la planta de los gruesos de dovelas, y de altura, hasta la parte superior del arco, como de M á L: tenga 9 pies: multiplíquense estos 9 de alto por los 24 de ancho, y el producto 216 serán los pies que tiene la superficie vertical A B F A, incluso en ella el hueco A Z A M y frente ó paramento del arco A *r* L A, como tambien el de las dos pechinas ó enjutas B F: vuélvanse á multiplicar los 216 por 11, y montan 2376, que partidos á 14, vienen al cociente 169 y 5 catorce avos, y estos son los pies, que quedan al paramento del arco, y su hueco, que restados estos de los 216, quedan 46 y 9 catorce avos, que son los que tienen las dos superficies de los triángulos mixtilíneos B y F: réstese ahora la superficie elíptica del hueco: sea su diámetro A 20, y su altura M Z sea 7, que multiplicados unos por otros hacen 140, y estos por 11 importan 1540, que partidos á 14 vienen al cociente 110, y estos son los pies superficiales que debe tener el hueco A Z A M, los que se restarán de los 169 y 5 catoce avos, y la resta 59 y 5 catorce avos serán los pies superficiales que tenga el frente ó paramento del arco, los cuales, si se multiplican por el grueso ó fondo de la bóveda, saldrá su solidez; y esto mismo sucederá con las pechinas, pues con las operaciones que se han hecho, se han separado las superficies verticales de pechinas ó enjutas, paramento del arco, y hueco de este.

Por esta práctica se obran las medidas con brevedad, y sin diferencia notable, las que si se quisieren hacer mas ajustadas, se pueden obrar por la práctica de la fig. 30 de esta estampa.

PROPOSICION XXXII.

De la fábrica de los arcos alintelados, ó en regla de los escarzanos, y algunas dificultades que sobre ellos acontecen; y qué estribacion debe darse á toda clase de arcos (Fig. 21).

Arco alintelado ó en regla es el que no tiene montea alguna, ni para su cimbra se gasta mas que un trozo de madera recto; y si el arco fuere de mucho fondo, se cuaja su hueco de tablones, cargándolos sobre dos maderos, que cada uno se sienta en un extremo, poniéndolos paralelos uno á otro, y bien nivelados.

Arco escarzano es cualquiera, cuya circunferencia sale de un centro de círculo, y no llega á ser mitad de su circunferencia, y regularmente es el tercio del semicírculo: su diámetro es lado de un triángulo equilátero, y su centro el ángulo opuesto: la fábrica de este arco, y la del alintelado, son de una misma forma, que es como se sigue.

Sea el arco que se ha de construir escarzano C H *r*: sobre el diámetro C *r* con la distancia suya, desde sus dos extremos, como centros, háganse dos arcos, que corten el centro M; y puesto un clavo en M, se le mete el cabo de un cordel, poniendo en este una señal á la distancia M C, ó M *r*, se tornea la forma C V *r*, y sea de ladrillo ó sillería, se asientan sus hiladas ó dovelas, segun la tirantez del cordel fijado en M, como se representa en la figura. Siendo el arco alintelado, será su forma línea recta, como la de puntos C *r* por la parte cóncava; pero por la convexa se hacen de varias formas, unos son rectos, como C *r*, otros circulares, como F H G, y otros van aumentando hácia la clave sus dovelas á modo de escalones; pero siempre se obra todo con un mismo cintrel, y no tiene su fábrica dificultad especial, sino es cuando alguno de estos arcos se ha de obrar en paraje que no se puede fijar el cintrel en M, por ser ocupado con agua ú otro embarazo, hasta la altura de Q P. Esta dificultad se vence del modo siguiente.

Tómese la medida del diámetro C r, y en cualquiera plano llano fórmese el triángulo equilátero C r M: mídase la distancia que hay de C á Q, ó de r á P, donde está fuera de estorbo: preséntese una regla ó tabla Q P, paralela al diámetro C r, y formando el arco escarzano en el plano aparte, divídanse en él sus hiladas ó dovelas; y tirando rectas del centro M á los puntos de la division del arco curvo C V r, ó del alintelado recto C r, se harán las señales correspondientes á cada hilada en la tabla Q P: con este artificio se acomodará la tabla en su lugar correspondiente, para construir el arco; y clavando un clavo en cada señal de las de la tabla, se harán los puntos de la division antecedente; y poniendo el cordel en el clavo, que corresponde en la tabla para cada hilada, se hará la obra con la misma perfeccion que si se tirasen todas del centro M, como se demuestra todo claro con las mismas líneas de la figura.

PROPOSICION XXXIII.

Medir la solidez de los arcos alintelados y escarzanos (Fig. 21).

1 Si se hubiere de medir el arco alintelado recto por abajo, como la cuerda C r, y por arriba circular, como F H G, hállese su centro, que será el punto M; mídase la superficie del sector

M F H G por la proposicion 53, lib. I, y de esta réstese la del triángulo equilátero M C r, que este se medirá por la proposicion 46 de dicho libro, y la resta que quedare, será la superficie que hay entre la recta C r, la curva F H G, y las rectas de los lados C F, r G, que es la superficie vertical ó cara exterior, la cual se multiplicará por lo que tuviere de fondo, y lo que viniere á esta última multiplicacion serán los pies cúbicos del tal arco ó bóveda.

2 Si el arco fuere escarzano, mídase el sector mayor M F H G, y de este se restará el menor, que es M C V r, y la resta será la superficie vertical C V r G H F, y esta se multiplicará por el fondo, y lo que saliere será la solidez del arco ó bóveda.

PROPOSICION XXXIV.

De la estribacion de los arcos (Fig. 21).

Los mas autores antiguos, y con ellos los modernos, conforman en que para todos los arcos se les dé de grueso á las paredes ó bastiones de sus lados la parte que les tocare, segun la regla siguiente.

Sea el arco C r (Fig. 21); divídase su circunferencia en tres partes iguales, y sea una de ellas r I, y tirando del punto I por el estremo r la recta I r E, larga á discrecion, se cortará en ella la porcion r E, igual á la cuerda I r; y levantando la E L, perpendicular al diámetro horizontal Cr, quedará formada la estribacion; y perfeccionando el corte vertical r L S Z, será el bastion del un lado, á quien en la misma forma se le delineará su correspondiente á la otra parte opuesta, que será N Q F, los cuales reciben el arco C V r en las juntas r G y C F.

Nota, que para todo género de arcos les dan la estribacion por esta regla, á excepcion del arco alintelado, que es línea recta, como la de puntos Cr, que á este se le da la mitad de su diámetro, y esto es lo que tiene de grueso r L; pues aunque se ha prevenido en la práctica de esta proposicion ser r E igual á r I, solo ha sido suposicion. Sobre el arco de puntos b L, y la diagonal r P O, se tratará en la proposicion de la fig. 38, estampa VIII, donde se expresará con mas estension sobre las estribaciones de toda clase de arcos, segun sus materiales, que aquí solo ha sido una anotacion de lo que comunmente siguen los profesores de Arquitectura.

PROPOSICION XXXV.

De la fábrica y medida de arcos de pies desiguales (Fig. 22).

Esta clase de arcos es edificio propio para planos inclinados entre columnas, como tambien para los arcos que se forman á los extremos de algun puente sobre un rio, ó para vueltas de escaleras: su fábrica es como se sigue.

Supóngase que se ha de fabricar un puente

de tres ojos en un rio, y que el arco del medio mueve sobre un macho de la altura Z K, y el radio ó semidiámetro es como K G, y se han de hacer los arcos de los dos estremos de una quinta parte menos de altura que la del radio, y los asientos de ellos sean en I, que es donde asienta el arco del medio, y en la otra parte sea en M: tírese la M Z á discrecion, segun el nivel de M: tómense 4 partes de las 5 de K G, por pedirse los arcos estremos de un quinto menos de altura: alárguese K I, que es el asiento del arco del medio hasta F, de modo que I F sea 4 partes de las 5 de K G: tírese de F la F A, perpendicular á F I, y que sea igual á ella: siéntese una punta del compás en A, y tiéndase la otra hasta M: córtese la A Z igual á la A M: tómese el medio de M Z en L; y desde L, como centro, hágase el arco M A, que es una cuarta de círculo; y desde F, con la distancia F A ó F I, hágase el arco A I, que es otra cuarta de círculo; y de tal modo se unen los dos arcos en A, que parecen formados de un mismo centro: termínese el grueso de sus dovelas I K, y desde L se señalarán las juntas que cupieren desde M hasta A, y desde F las de I hasta A; y en lo demás se obrará como en las antecedentes.

Si este arco fuere preciso rebajarlo ó remontarlo, se obrará por la práctica de la figura 33, estampa II, lib. I, y para mayor brevedad del modo siguiente.

Supongamos que el arrancamiento M se quiere sea de H, cuyo plano inclinado M I será de mas inclinacion tomado desde H: tómese la distancia LH, y del centro L con la misma hágase el cuadrante ó arco HR: divídase su concéntrico MA (que sino estuviere hecho, se hará para fundamental) en las partes iguales ó desiguales que se quisiere; sea en tres en los puntos PS: tírense de estos puntos al centro L las rectas PL, SL, que cortan el arco HR en los puntos O, V: tírense de los puntos P y S, las rectas P*d*, SC á discrecion, y paralelas á la horizontal ML: de los puntos O, V, tírese tambien á discrecion las O*d*, VC, paralelas á LA, que se encuentran con las de antes en los puntos *d*, C: condúzcase por estos puntos la curva H*d*CA (por la segunda práctica de la proposicion 6, lib. I), y se tiene delineado el arco HAI, levantado del punto.

Si hubiere de ser rebajado, se obrará la misma operacion tomando por fundamento el arco menor: como si el punto H correspondiese en A, y la R en H, y la L en su mismo lugar, y la A mas afuera de M, se formaria el cuadrante AM; y dividido el arco RH en tres ó mas partes, como en V, O, se tirarian las LV, LO, que alargadas, cortarian los puntos PS en el cuadrante mayor; y tirando las NV, HO, paralelas á LR (que ahora se considera en lugar de horizontal, como antes LH) largas á discrecion; y asímismo las P*d*, SC, cortarán los puntos *d*, C, por los que se conducirá la AC*d*H; y encontrándose con H, en cuyo lugar se considera el punto A, queda hecha la operacion rebajada.

Para medir la solidez de estos arcos se obra

como en los antecedentes, midiendo cada arco por el centro de su diámetro.

PROPOSICION XXXVI.

De la fábrica de los arcos sobre plantas oblicuas y otros que se forman en las esquinas (Fig. 23).

Sea la planta de un arco el trapecio ADGF, inclusos sus gruesos de paredes, por ser el diámetro AF perpendicular á las paredes de los arrancamientos AD, y FG; hágase sobre AF el semicírculo ATF, y su interior QEKNM, entre cuyas circunferencias se termina el grueso AQ: divídase la circunferencia interior en las dovelas que hubiere de llevar el arco, y siendo en 5 se dividen en las mismas partes iguales en los puntos EKNM, á las que se tiran del centro O líneas rectas, que señalan las juntas en el frente del arco, como parece en la figura: del centro O levántese la perpendicular OT, y de los puntos de la division EKNM bájense líneas rectas al diámetro AF, paralelas á TO, que se alargarán hasta el diámetro oblicuo H*r*, al cual corta la perpendicular TO en S, la K le corta en V, y la E le corta en *b*; y así á la otra parte en sus correspondientes; sobre el diámetro oblicuo H*r* levántese la SS igual á la OT del diámetro AF, y perpendicular á H*r*: del punto V levántese la VV igual á su correspondiente 5K, y paralela á SS: de *b* levántese la *bb* igual á su correspondiente 3 E, y paralela á S S; y haciendo las de otra parte desde S hasta *r*, condúzcase por los estremos de ellas la curva H *b* V *r*, y se halla formada la cimbra rebajada H S *r*, que levantada perpendicularmente sobre el diámetro H *r*, y la otra cimbra Q T F en la misma forma levantada sobre su diámetro Q F, se tienen armadas las dos cimbras, para sobre ellas volver el arco correspondiente á la figura del trapecio, el cual por el lado A F será esférico, y por B G será elíptico; de que se colige, que toda elipse resulta del corte oblicuo de un cilindro; y mientras mas oblicuidad tuviere el corte, mas larga y menos ancha saldrá la elipse. Para señalar sobre el diámetro H S *r* los paramentos de las dovelas correspondientes á las de A T F, se tirarán de los puntos de donde en estas se cortan, en la parte superior, otras rectas, paralelas á las antecedentes; y para mas distincion, sea de puntos que cortan el diámetro A F en los puntos 2, 4, &c.; y continuadas, cortan en otros semejantes al diámetro oblicuo H *r*, sobre el cual se pueden levantar como las antecedentes, haciéndolas de igual altura á la que tuvieren desde A F hácia T; y conduciendo por sus estremos otra curva semejante á la H S *r* quedaria entre las dos curvas formada la superficie vertical del paramento del arco oblicuo; y en la planta del trapecio queda tambien señalada la planta ó ichnografía de las juntas del arco, las inferiores con líneas llenas, y las superiores con líneas de puntos, segun corresponde el plano de cada una.

Para cortar las plantillas de los paramentos, habiendo de ser de cantería, no son dificultosas en el arco de medio punto; pero en el oblicuo es muy diferente, las que se cortarán de este modo.

Para el primer lecho ya está la planta con los dos ángulos D obtuso, y H agudo; y para cortar el frente alabiado que corresponde á la dovela primera A E, tómese su cuerda, que es la distancia recta 1 E: pásese esta de 1 á 4, y tírese la recta 4, 7, paralela á la perpendicular T S: tomada esta cuerda de la primera dovela de 1 á E, y pasada al diámetro de 1 á 4, y tirada la recta de 4 á 7, como queda dicho, tírese del punto 1 la recta de puntos 1 X, paralela á la A C: tómese la altura P 3 desde la línea de puntos al diámetro A F, y póngase en la línea 4, 7, de 4 á 6: tómese la distancia del ancho A D, y póngase de 6 á 7, y tirando las rectas Q 6, H 7, se va formando un romboide 7 H Q 6, que levantado el lado 6, 7 sobre QH, quedará formada la primera hilada, cuya superficie ó paramento vertical será el correspondiente á la superficie A E, y su planta superior el romboide A Q P D H, demostradas en ella todas las juntas de la piedra A E, vistas sobre el plano superior (como dicen) á vista de pájaro.

Para la segunda hilada pasará la cuerda E K al mismo diámetro A F, del punto 3 al punto 8; y tirando la 8 Z paralela á la T S, se cortará la 8 L igual á 5, 9 entre la línea de puntos 1 X, y el diámetro A F; y cortando L P igual á A D, se tirarán las rectas L P, Z *b*, que será la segunda piedra, con las mismas circunstancias que la antecedente; y obrando lo mismo al otro lado del arco, quedará solo que poner la clave, cuyas frentes se hallarán trazadas con los sobrelechos de sus hiladas próximas. Las juntas y monteas se trazarán de sus centros, como en las antecedentes; y sean trabajadas ó realzadas, se obra del mismo modo; pues segun fuere la vuelta del arco A T F, ella dará las partes correspondientes á los demás.

Los arcos que se forman en las esquinas, que á veces es por gala, y á veces por necesidad, se fabrican del mismo modo que estos; advirtiendo, que para cada mitad de ellos se hace la misma operacion que la que se ha hecho para la mitad de este; y la otra parte ó mitad, se obra de la misma forma, con la diferencia de que se toman las operaciones encontradas.

Las medidas de estos arcos no tienen dificultad, habiendo entendido las que hasta aquí se han declarado; por lo que no se repiten las prácticas.

NOTAS SOBRE ESTOS ARCOS.

1 Si el arco enviajado hubiere de ser vuelto desde la pared Q H á la *rr*, se sacará de cualquiera extremo C una línea recta perpendicular á la frente ó paramento *rr*; y no cortando en la H Q un tercio ó mitad de su frente, será falsa la obra por ir á estribar en vano, y en esta figura 23 no puede construírse el arco enviajado, como no sea haciendo las dovelas á escuadra, que será

alargando por el un lado la A C, hasta que tirando la C G sea perpendicular á la G D; y alargando por la otra parte la G D otro tanto, se obrará con seguridad; y será lo mismo este arco, como si fuera entre dos estribos de línea recta.

Si se hubiere de construir en esquina, se ha de observar, que el ángulo de ella no sea menor que recto: cuanto mas obtuso será mas firme; y no se ha de hacer de tanto diámetro, que sus estribos vayan fuera de macizo, como el antecedente; y suponiendo que la esquina sea *rr*, podrá ser su semidiámetro de *r* á I, alargando el otro semidiámetro por C lo que fuere necesario; y cortandolas piedras con un ángulo en I, la porcion de línea I S, asegura mucho la trabacion del edificio; y estos arcos, para mas firmeza suya, se hacen muy realzados de la parte exterior: los tengo vistos en edificio muy antiguo, sobre los que carga una torre cuadrada de mucho peso, siendo mayor el que carga sobre los arcos de sus ángulos, los que hoy se mantienen sin lesion. Habiendo de ser el arco conforme demuestra la planta A D G F, no incurre en ninguna de estas notas.

CAPITULO V.

De la construccion y medidas de las pechinas.

En este capítulo se trata del modo que se deben construir las pechinas, para cargar sobre ellas las medias naranjas, y hacer sus medidas superficiales y sólidas por la delineacion de ellas en papel.

piedra, con las mismas circunstancias que la antecedente; y obrando lo mismo al otro lado del arco, quedará solo que poner la clave, cuyas frentes se hallarán trazadas con los sobrelechos de sus hiladas próximas. Las juntas y monteas se trazarán de sus centros, como en las antecedentes; y sean trabajadas ó realzadas, se obra del mismo modo; pues segun fuere la vuelta del arco A T F, ella dará las partes correspondientes á los demás.

Los arcos que se forman en las esquinas, que á veces es por gala, y á veces por necesidad, se fabrican del mismo modo que estos; advirtiendo, que para cada mitad de ellos se hace la misma operacion que la que se ha hecho para la mitad de este; y la otra parte ó mitad, se obra de la misma forma, con la diferencia de que se toman las operaciones encontradas.

Las medidas de estos arcos no tienen dificultad, habiendo entendido las que hasta aquí se han declarado; por lo que no se repiten las prácticas.

NOTAS SOBRE ESTOS ARCOS.

1 Si el arco enviajado hubiere de ser vuelto desde la pared Q H á la *rr*, se sacará de cualquiera extremo C una línea recta perpendicular á la frente ó paramento *rr*; y no cortando en la H Q un tercio ó mitad de su frente, será falsa la obra por ir á estribar en vano, y en esta figura 23 no puede construirse el arco enviajado, como no sea haciendo las dovelas á escuadra, que será

alargando por el un lado la A C, hasta que tirando la C G sea perpendicular á la G D; y alargando por la otra parte la G D otro tanto, se obrará con seguridad; y será lo mismo este arco, como si fuera entre dos estribos de línea recta.

Si se hubiere de construir en esquina, se ha de observar, que el ángulo de ella no sea menor que recto: cuanto mas obtuso será mas firme; y no se ha de hacer de tanto diámetro, que sus estribos vayan fuera de macizo, como el antecedente; y suponiendo que la esquina sea *rr*, podrá ser su semidiámetro de *r* á I, alargando el otro semidiámetro por C lo que fuere necesario; y cortando las piedras con un ángulo en I, la porcion de línea I S, asegura mucho la trabacion del edificio; y estos arcos, para mas firmeza suya, se hacen muy realzados de la parte exterior: los tengo vistos en edificio muy antiguo, sobre los que carga una torre cuadrada de mucho peso, siendo mayor el que carga sobre los arcos de sus ángulos, los que hoy se mantienen sin lesion. Habiendo de ser el arco conforme demuestra la planta A D G F, no incurre en ninguna de estas notas.

CAPITULO V.

De la construccion y medidas de las pechinas.

En este capítulo se trata del modo que se deben construir las pechinas, para cargar sobre ellas las medias naranjas, y hacer sus medidas superficiales y sólidas por la delineacion de ellas en papel.

PROPOSICION XXXVII.

Delinear en papel el plano y alzado de una pechina, para tenderla en superficie plana, y obrar todas sus medidas (Fig. 24).

Para delinear el plano y cortes verticales de cualquiera pechina, basta que se delinee la cuarta parte de la planta de la media naranja.

Sea, pues, A B H G, cuyos lados sean mitad de los de la planta cuadrada de una media naranja, que teniendo esta 40 pies de diámetro, se hará la division de 20 pies en cualquiera de sus lados, como G H; y cualquiera de estos lados será igual al radio de la media naranja; y cualquiera diagonal H A será el radio de la concavidad de las pechinas. En esta inteligencia, elíjase para centro cualquiera ángulo H, con la distancia de cualquiera de sus lados H G, como radio, desde el centro H: hágase la cuarta de círculo G X B; y este será tambien cuarta parte de la circunferencia de la media naranja, cuyo hueco será H G X B; y el mixtilíneo A G X B será la superficie plana de la pechina, por la parte superior, la que avanzándose desde A hasta X por la diagonal A H, reduce el plano cuadrado á circulo, perdiendo la superficie A G X B (En esta operacion se hacen dos demostraciones, una haber delineado la planta de una pechina, y cuarta parte de una media naranja; y otra, haber delineado el corte vertical

de la mitad de uno de sus cuatro arcos de las formas, como H G X B, que se imagina levantado verticalmente sobre el semidiámetro G H, y el plano vertical de la pechina, arrimado á la forma del arco, cuya superficie vertical G X B A, queda cubierta con la union de la enjuta, ó hijada del arco en el triángulo mistilíneo A B X G). Hecho esto con la diagonal H A, desde el centro H hágase el A *f* I, hasta que corte el lado H G, continuado en I; y este arco será la octava parte del círculo formado con el radio HA (téngase presente esta advertencia para cuando se haya de tender en línea recta este arco, para formar la superficie de la pechina): levántese la A Y recta, y perpendicular á la diagonal H A, y que sea igual á cualquiera lado A G, ó al radio H X, que todo es uno (esto se hace, porque siendo la pechina esférica, debe ser su altura perpendicular igual á la H B, que es la de sus arcos inmediatos): del extremo Y de la recta A Y, al extremo I del arco A *f* I, tírese la Y I, y se ha formado un triángulo mistilíneo Y A I, cuya superficie es el corte vertical de la pechina, sobre la diagonal de A á X, como si se imaginare levantado en el aire el dicho triángulo, hasta que cayere perpendicularmente Y sobre A, y I sobre X. Si la operacion se obra bien, el ángulo Y, extremo de la recta A Y, será recto. Divídase la A Y en las partes iguales ó desiguales que se quisiere; y cuantas mas fueren estas, será mejor: mas por lo pequeño de la figura, solo se divide la dicha recta A Y en 5 partes, sin atencion á igualdad de ellas, como se demuestra con los puntos E F D N: de estos puntos tírense líneas rectas, paralelas á Y I, hasta que corten el arco A *f* I, que será en los puntos que se notan con letras menores semejantes *e f d n*: de cada punto de estos tírese una recta, hasta que corte el radio ó diagonal H A, de modo, que todas sean paralelas á la recta A Y; y la I X siempre cortará precisamente en X; la *n* corta en *q*; la *d* corta en *p*; la *f* en *t*; y la *e* en *c*. Siéntese un pie del compás en el centro H, y con la distancia H *q* hágase el arco *q m*, hasta que corte los lados A B en *m*, y A G en otro tal punto; y obrando lo mismo con los radios H *p*, H *t* y H *c*, se han formado cuatro arcos entre X A, que dividen la superficie del plano horizontal superior de la pechina en cinco superficies, y cada una de estas es proporcional á su correspondiente en el triángulo Y A I.

Del mismo modo se puede hacer la operacion, comenzando por los arcos, desde el centro H, haciendo arbitrariamente cuantos se quisieren entre A X; y de los puntos que se cortan con la X A, levantar perpendiculares á H A; y la primera X cortará el arco A I en I, la segunda *q* en *n*, la tercera *p* en *d*, y así las demás; y haciendo la A Y como antes, igual á uno de sus lados, y perpendicular á A H, se tirarán de los puntos de la division del arco A I paralelas á la basa X A, y dividirán el triángulo Y A I en la misma forma que antes, como se demuestra en la figura. Con esta delineacion tenemos disposicion para tender en plano la superficie de la pechina, me-

dir esta y su solidez, como se expresa en las proposiciones siguientes.

PROPOSICION XXXVIII.

Tender en plano la superficie cóncava de cualquiera pechina (Fig. 25).

Teniendo hecha la delineacion de la figura antecedente, se tenderá en plano con mucha facilidad la superficie cóncava de cualquiera pechina, obrando en esta forma: Tírense aparte (Fig. 25) dos rectas á discrecion, como B X, X A, que formen ángulo recto en X: córtese la X B igual á los pies que tuviere la circunferencia del arco X B (Fig. 24), que es la octava parte de la que tiene todo el círculo de la media naranja, cuyo diámetro es 40 pies; y segun esta noticia, se sabrá la circunferencia de todo el círculo, multiplicando los 40 de su diámetro por 3 y un séptimo, cuyo producto 125 y 5 séptimos son los pies de circunferencia que tiene todo su círculo plano, cuya octava parte son 15 pies y 5 séptimos, que tomados del pitipie G H (Fig. 24), se hará de esta medida X B (Fig. 25). La altura de la pechina por línea recta perpendicular al plano de su planta es A Y (Fig. 24); pero la pechina, segun avanza de A á X, es el arco A I, cuyo semidiámetro es su radio H A; y los pies que debe tener este diámetro del círculo, cuya parte es el arco A I, se hallan, sacando la raíz cuadrada de los dos cuadrados de sus dos lados que concurren á la diagonal; y siendo cada lado de toda la planta 40 pies, cada cuadrado de estos serán 1600 pies, y los dos juntos serán 3200, cuya raíz cuadrada es 56 y 4 séptimos, y estos son los pies que debe tener el diámetro del círculo, cuya octava parte es el arco A I, y su radio H A es la mitad del diámetro. Multiplíquese, pues, todo su diámetro 56 y 4 séptimos por 3 y un séptimo, y vendrán á la multiplicacion 177 pies, y 44 de 49 avos de otro pie, cuya octava parte serán 22, y 11 de cuarenta y nueve avos, y estos serán los pies que debe tener la curva A I, que tomados del pitipie, se hará de esta medida la X A (Fig. 25); y si se quisiere huir de estos quebrados, se hará obrando en estas medidas por pulgadas ó líneas, como se ha dicho otras veces.

Teniendo dispuestas las dos líneas X A, X B en la fig. 25, se pondrán en la A X los puntos de las divisiones del arco A I de la fig. 24, cuya operacion se obrará pronto por la propos. XI del libro antecedente, valiéndose de la recta A Y, con la cual se juntará la A X, formando con el extremo de cada una cualquiera ángulo, como se expresa en dicha proposicion; y así se cortarán los puntos *c*, *t*, *p*, *q*, en los A X (Fig. 25), sobre los cuales se sacarán las rectas *c* V, *t* L, *p r*, *q m*, que sean de iguales pies que sus correspondientes en los medios arcos, formados entre A X de la fig. 24, cuyas circunferencias de ellos se hallarán pronto por el uso de la pantómetra; y para que quede bien enterado de ella el principiante, repetiré aquí su práctica, que es como se sigue.

Hallar los pies que valen los arcos por el uso de la pantómetra (Fig. 24).

El arco G X B no hay necesidad de tomarlo, por ser conocido, cuya cantidad es cuarta parte del círculo, y por consiguiente su cuerda de 90 grados. Para conocer el arco Q, tómese en el compás su radio, y ajústese transversalmente á los puntos 60 y 60 de las líneas de las cuerdas; y dejando quieta la pantómetra, tómese con el compás la cuerda del arco Q desde *m* hasta *m*, y véase á qué puntos se ajusta en las mismas líneas, y se halla que es en el un lado á 33, y en el otro á 34, ó en los dos lados entre medio de 33 y 34: luego esta cuerda del arco Q es de 33 grados y medio: mídase el radio H Q en el pitipie G H, ó tomando en el compás la G H, y ajustándola en la pantómetra entre los puntos 20 y 20 de las líneas de las partes iguales; y habiendo obrado esto último, se hallará, que tomado en el compás el radio H G, se ajusta en las mismas líneas (sin que se haya movido la pantómetra) entre los puntos 23 y 23, con que el radio H Q es 23 pies del pitipie G H: dóblense, por ser el diámetro doblado del radio H Q, y serán 46: multiplíquense estos por 3 y un séptimo, y montarán 144 y 4 séptimos, y estos será la circunferencia del círculo, cuya parte es el arco *q*; y porque toda su circunferencia es 360 grados, y la del arco Q solo es 33 grados y medio, hágase la regla de tres en esta forma: Si 360 grados me dan 144 pies y 4 séptimos, qué me darán 33 grados y medio? Multiplíquense los 144 pies y 4 séptimos por los 33 grados y medio, y el producto 4843 y un séptimo pártanse á los 360, y vendrán á la particion 13 y 571 de 1260 avos, que viene á componer este quebrado 7 doce avos de otro pie; y haciendo la línea *q m* (Fig. 25) igual á la mitad de los 13 pies y 7 doce avos, que vendrá á ser de 6 pies y 19 veinte y cuatro avos, cuyo quebrado es tres cuartos bien cumplidos, se obrarán las mismas operaciones con los demás arcos *p t c*, cuyas mitades se pasarán á las que citan sus mismas letras de la fig. 24 á la fig. 25, y por la regla de la proposicion 6 del lib. I se conducirá la curva B *m r* L V A, quedando con esta formado el triángulo mixtilíneo B *r* A X (Fig. 25), cuya superficie es igual á la mitad de la que tiene toda la pechina.

PROPOSICION XXXIX.

Medir la superficie de las pechinas (Fig. 25).

Habiendo tendido en plano la superficie de la mitad de la pechina por la proposicion antecedente, hállense los centros que describieron la curva B *m r* V A, y serán los puntos D, N, Z, de los cuales se forman los sectores D B *r*, N *r* V, Z V A: continúese la línea B D, lado del sector D B *r*, hasta que corte el punto O en el lado Z A

del sector Z V A, y se ha formado el cuadrilátero O A X B, y los dos triángulos fuera de él, que son N D K, Z K O: mídanse estos dos triángulos por la regla de la fig. 51 del lib. I, estampa II, y guárdese la suma de sus dos superficies. Hecho esto, divídase el cuadrilátero O A X B en dos triángulos, que serán A B O, A B X, divididos con la recta A B, y esta línea será la basa comun para los dos triángulos, que multiplicada la mitad de ella por la suma de las dos perpendiculares O 4, X 5, dará la superficie de todo el cuadrilátero O A X B; y juntando esta superficie con la que salió de los dos triángulos exteriores, se sacará de la suma de todo la parte correspondiente á la media pechina, que es la superficie comprendida entre la curva B *m* L A, y las dos rectas X B, X A, lo cual no tiene dificultad, pues no hay mas que hacer que medir los tres sectores por la práctica de la fig. 55 del libro antecedente, y la superficie de ellos restarla de la que ha salido del cuadrilátero, y los dos triángulos de afuera y la resta será la superficie de la media pechina; y sabido que esta es media, se tiene conocida la entera y las demás.

Nota, que la superficie contenida entre el arco de esta media pechina, y el otro de puntos, cuyos extremos son A, B, es lo que dan de mas Fray Lorenzo de San Nicolás y Juan de Torija, sin debérselo dar.

PROPOSICION XL.

Medir la solidez de las pechinas (Figs. 24 y 25).

1 La solidez de toda una pechina se medirá con brevedad (segun la disposicion de la figura 24) en esta forma: Hecha la division del plano de la pechina A G X B con los arcos *q*, *p*, *t*, *c*, y la altura que á cada una de ellos corresponde en el plano vertical Y A I, se medirá todo el cuadrado A B H G, y de la superficie de él se restará la del sector H G X B, y quedará en la resta la que corresponde al plano mayor de la pechina, que es G X B A: guárdese esta superficie, y formando otro sector con el arco *q*, y el radio H *q*, se compone un trapecio A *m*, H *m*: mídase este trapecio, y de la superficie de él réstese la de su sector, y quedará en la resta la superficie comprendida entre el arco *m q m*, y el ángulo A; y esta superficie es la que corresponde en la altura y línea N *n*, y la que se guarda de arriba es la correspondiente á la línea Y I: júntense en una suma estas dos superficies, que la primera fué toda la que hay entre el arco X y el ángulo A, y esta última fué la comprendida entre el arco *q*, y dicho ángulo A; y tomando la mitad de la suma de los dos, se multiplicará por la línea Y N; y el producto serán los pies cúbicos del trapecio N I, cuyas basas N *n*, Y I son los dos planos mayores de toda la pechina: por el mismo órden se medirán los demás planos, juntando la superficie de entre el arco *p* y el ángulo A con la de entre *q* y A, y la mitad de la suma de las dos se multiplicará por la altura N D, y los pies que salieren se juntarán con los que salieron por N I; y volviendo á juntar el plano de *t* A con el de *p* A, multiplicar la mitad de la superficie de los dos juntos por la altura D F, que se juntará tambien con la de los antecedentes, y se hará lo mismo con los correspondientes entre E F; y porque ya no hay mas plano que el de *c* A V, se multiplicará la mitad de la superficie de este por la altura A E, y la suma de todos juntos será la solidez de toda la pechina.

2 Puédese medir tambien con mas brevedad, sentando una punta del compás en el ángulo recto Y, y ver en qué punto mas cercano alcanza la otra punta en el arco A F I; y multiplicando el tercio de esta distancia por la superficie de la pechina entera, cuya mitad es la de la fig. 25, lo que saliere será la solidez, que es medirla como pirámide acuta.

CAPITULO VI.

De la fábrica y medida de las medias naranjas.

PROPOSICION XLI.

Práctica de cortar las cimbras, y tornear las medias naranjas esféricas (Fig. 26).

Sea la planta de una media naranja esférica el cuadrado $m\,n$ L V, inclusos sus cuatro arcos y pechinas, y el hueco de la media naranja sea el diámetro A B, á quien se describirá desde el centro el círculo exterior, que señala el grueso de la bóveda entre la superficie de O S, cuyo perfil, levantado sobre el diámetro A B, es el de arriba m D n: póngase en el diámetro A B una viga travesada m Q n, como se demuestra en el perfil, y que no suba la superficie de ella de la del plano de la media naranja: delineese en un plano aparte una cuarta de círculo igual á otra del hueco interior de la bóveda, como lo es Q I P, sobre la cual se ajustará una cimbra de tablas, como I $c\,c$ P, y en sus juntas cc se doblará con otras tablas, clavadas á la cimbra, como parece en la figura. Para que la cimbra de tablas esté firme, sujétese por sus extremos con una riostra I P; y de esta á la cimbra, para mas firmeza, se clavarán las $c\,e$: elíjase un pie derecho Q D, y á él se unirá la cimbra, asegurándola con la barra I Q en Q, y con la I P en P.

Este artificio se asentará verticalmente, y perpendicular al plano de la media naranja sobre el centro de ella, de modo, que sobre este centro pueda dar vuelta todo al rededor de la media naranja, para lo cual se fijará arriba un tablon travesado como la viga $m\,n$; pero si puede ser traviésese encontrado, formando cruz con el de abajo, como demuestra su testa en D; y haciéndole unas espigas redondas al pie derecho en sus extremos D Q, , y unos agujeros ajustados á ellas en los tablones de arriba y abajo, ó clavándole

unas palomillas, dará vueltas la cimbra Q I P al rededor de la media naranja, á cuyo aire se irán asentando los ladrillos, de modo, que no lleguen con un dedo á tocar en la cimbra, para que siempre pueda dar las vueltas libres; y despues se jarrará la bóveda al torno de dicha cimbra, la cual, estando bien armada, dejará con toda perfeccion el jarrado interior; y no se ha de quitar esta cimbra hasta concluir el jarrado, pues el hueco que ocupa en la clave el palo del torno, se cierra despues, y este es el mejor modo de volver las medias naranjas sobre plantas de círculos, aunque sean rebajadas ó realzadas, como elipses longas ó latas, haciendo la cimbra de la vuelta que ellas hubieren de ser.

PROPOSICION XLII.

Medir la superficie y solidez de las medias naranjas (Fig. 26).

Para medir con brevedad cualquiera media naranja esférica, si hubiere de ser sola la superficie de ella, se multiplicará su diámetro en sí, el cuadrado que ha salido por 11, y el producto pártase á 14, y lo que viniere será la superficie del círculo de la planta en su hueco: dóblese la superficie de este, y sumando estas dos partidas será la suma la superficie cóncava; si se hubiere de medir la convexa ó exterior, se obrará con su diámetro y planta lo mismo que antes (Consta de la proposicion XXII de este libro).

Para medir la solidez de la bóveda júntense en una suma las dos superficies cóncava y convexa; y la mitad de esta suma multiplíquese por lo que tuviere de grueso la bóveda O S, y lo que saliere al producto será la solidez.

De otro modo: multiplíquese la superficie exterior de la bóveda, segun su esfera, por el tercio del radio ó semidiámetro, y guárdese este producto. Multiplíquese la superficie cóncava de la bóveda por el tercio tambien de su radio, y el producto réstese del antecedente, y la resta será la solidez que se busca (Consta de la proposicion III de este libro).

PROPOSICION XLIII.

Armar las cimbras para construir las bóvedas sobre plantas elípticas (Fig. 27).

Sea la planta elíptica C X O K, cuya caja es el paralelógramo G L Z T: elíjase un eje igual al diámetro mayor de la planta de la elipse; sea O C: tenga unos puntos en sus extremos, ó de hierro ó redondeados en el eje, los que se aseguran con palomillas ó argollas: sobre este eje fórmese la cimbra de tablas C K O, igual á la media elipse de la planta; y puesta horizontalmente sobre el plano que ha de mover la bóveda, se irán asentando los ladrillos al aire de la cimbra por toda su circunferencia, levantándola de K á X, y de X á K, siguiendo con ella el asiento de los ladrillos hasta cerrarla, sin que lleguen á to-

car en ella con un dedo, cuyo claro se cargará de yeso despues de haber cerrado la bóveda, y con la misma cimbra quedará el jarrado perfecto; porque subiéndola y bajándola, quitará el yeso ó cal que estuviere de sobra.

Si como esta bóveda es rebajada, hubiere de ser realzada, servirá el eje del diámetro menor, y la cimbra será K O X, la que se levantará de O á C, y de C á O, obrando en lo demás como se ha hecho antes.

Nota, que esta clase de bóvedas son mas seguras remontadas, que rebajadas; porque aquellas se mantienen con menos estribacion que estas: pueden tornearse sin cimbras por la práctica de la fig. 20, y tambien por el instrumento de la cruz que se halla en esta misma figura; pero este es mas trabajoso, y es mejor para tornear las cornisas de los anillos de estas bóvedas, cuya práctica se espresa en la proposicion siguiente.

PROPOSICION XLIV.

Tornear las cornisas de las bóvedas elípticas y las impostas de los arcos elípticos por el instrumento de la cruz, ó de otro modo (Fig. 27).

El instrumento de la cruz es una armadura de tablones que se cruzan en los planos elípticos, en la misma forma que sus diámetros, y deben ser iguales á ellos, ó poco menos, como Q P, M S: estando bien labradas las superficies de estos tablones por la parte superior de ellos, se forma una canal, que se comunica de unos extremos á otros, como tambien en su centro, que todo se representa en el plano de ellos, y se demuestra mejor en la figura aparte, que es el corte de las testas de un tablon, dispuesto en mayor figura, que se espresa en esta forma: *ee* es la testa de los tablones: VV son unas riostras que se clavan á ellos, y forman el hueco de la canal como I: se hacen tambien dos pígnulas ó tarugos de madera, como F, á cola de milano; pero redondas, de modo, que puedan correr sin vaguear por el hueco de las canales, que se forman en la misma figura, como se demuestra mejor en I, y no pueden salir ni entrar en las canales, sino es por los extremos de ellas.

Dispuesto, y entendido todo lo dicho, se toma una regla gruesa y bien labrada, como B*r*, y en el extremo B se le pone la tarraja, que esta es el molde que ha de formar la cornisa; y porque regularmente ninguno llegará á esta práctica, que no esté enterado de ella, es ocioso explicar su manejo. Solo resta prevenir que se tome el semidiámetro menor de la elipse, ó lo que hubiere del punto donde se ajusta la tarraja con la cornisa, hasta el centro de la cruz en el reglon B*r* que será en el punto *n*, donde se hace un barreno, y en él se meterá ajustada una pígnula, que entre toda su espiga F en el renglon, quedando fuera de él solo la parte que hace la cola de milano; y haciendo lo mismo con otro barreno, y pígnula igual en el punto *r* del mismo renglon, distante de B lo que fuere el semidiámetro mayor,

se meterán en la canal las dos pígnulas fijadas al renglon B *r* por cualquiera extremo de los brazos de la cruz; y siendo por S ó P, entrará primero la pígnula *r*, á quien seguirá la *n*; y si hubiere de ser por Q ó M, entrará primero la pígnula *n*, y detrás de esta la *r*, para lo cual es preciso que se haya quitado la tarraja de B; y habiendo entrado el renglon, como se ha dicho, se volverá á poner la tarraja como estaba con toda la firmeza posible: las canales, bastará que sean largas cuanto alcance B á tocar los extremos de los diámetros en la elipse, y cuanto no salga la pígnula de la canal de aquel brazo, y se podrá cortar lo que sobrare, ó hacer la cuenta antes de formar la cruz; pero los tablones conviene lleguen á asegurarse en los macizos de la planta de la elipse, para travesar de uno á otro en las cuatro partes unas reglas, como Q S, sobre las cuales frotará el reglon de la tarraja, y así esta, como las reglas, se remoja á menudo, y lava con paños. Dispuesto el instrumento como parece figurado, se irá formando la cornisa, sin mas diligencia que irla cargando de yeso; y haciendo dar vuelta al reglon B *r*, quedará moldada en todo el anillo.

De otro modo se puede tornear la cornisa, si la elipse fuere formada por alguna de las reglas que se dieron en el libro antecedente, estampa II, fig. 31, 32 y 36, que á cualquiera de ellas se le puede hacer cornisa, armando la cruz Q S M P con reglones, y poniendo por los cuatro lados las reglas como Q S; y estando todas en un mismo nivel, se hallarán en ellas los centros que corresponde á cada sector de la elipse; y siendo uno de ellos el punto A, se hará en este un barreno, y otro en la parte que le correspondiere al reglon AD, quien tendrá la tarraja en D, y con este se torneará el arco correspondiente al centro A, en el que se sujetará el reglon A D con un clavo redondo, metido en los barrenos, que servirá de eje. Si los centros de los sectores salieren fuera de la elipse, no sirve este instrumento, y se pueden hacer unas reglas cerchas, ajustadas á la vuelta de la elipse; y fijando una de ellas en la parte inferior de la cornisa, y otra en la parte superior llevando la tarraja ajustada y perpendicular con ellos, se forma la cornisa, como en una pared recta, haciéndole á la tarraja en la parte inferior una caja perpendicular á su altura, de modo, que haga la misma forma de las reglas cerchas inferiores; y en la parte superior, bastará con que á la tarraja se le haga un diente sajado, superior á la última moldura, cuanto pase tocando por la regla cercha de la parte superior. Con este artificio se hicieron las cornisas de la media naranja elíptica que cubre la santa capilla de nuestra Señora del Pilar de Zaragoza.

Si se hubieren de correr impostas en arcos elípticos, se obra por los mismos instrumentos: solo hay la diferencia, de que para los arcos se arman verticalmente, y se puede escusar el brazo de la cruz *n s*.

PROPOSICION XLV.

Hacer la delineacion de cualquiera media naranja sobre planta elíptica, para tender en plano la superficie de ella (Fig. 28).

Sea la planta de una media naranja elíptica A H B M: hállese la línea de su mayor altura (que puede ser arbitraria): sea, pues, esta la altura el semidiámetro menor V H (porque la bóveda es rebajada sobre el diámetro mayor, y esférica sobre el menor: aunque sobre uno y otro puede ser rebajada ó realzada): desde el centro V hágase el arco H Z, que es el que corresponde levantado sobre H V: divídase este arco en las partes iguales que se quisiere, el cual es fundamento para todas las operaciones que se siguen; y segun fuere su vuelta, se debe repartir con las mismas partes, sea vuelta rebajada ó realzada: por lo chico de la figura se hace la division solo en tres partes, que son en los puntos S y *r*: tírese por estos puntos las rectas S Q, *r* P, paralelas al diámetro mayor A B, y cortan al semidiámetro menor V H, en los puntos Q P. Por estos puntos pasarán las circunferencias de las elipses Q L X I, y P 2 T O, que se delinearán concéntricas á la de la planta como parece en la figura: de los puntos L, O, que es el encuentro de las elipses concéntricas con el diámetro mayor A B, levántense á discrecion las rectas L C, O D, paralelas al semidiámetro V H, que tambien se alargará por H hácia E: tírese la N K, paralela al diámetro mayor A B, y que sea igual á él, lo que se hace tomando la mitad del dicho diámetro, y del punto H, pasarlo á K y á N; y haciendo la H E igual á la altura, que ha de tener la bóveda, desde el centro de su planta hasta su clave que será V Z, altura del arco H Z, se describirá la media elipse N E K, y esta será el perfil de la bóveda, levantado sobre el diámetro A B: de los puntos que corta el perfil en las rectas L C, O D, tírense las C G, D F, paralelas á su diámetro N K, y la C G será el diámetro mayor de la elipse L X I Q, y la D F lo será de la O T 2 P; y tirando la M 4 igual, y paralela al semidiámetro mayor V B, y con la B 4 obrar lo mismo, segun el diámetro menor, queda formada la planta superior de una de las cuatro pechinas de la bóveda; y haciendo las mismas diligencias en el perfil de arriba, queda delineado el perfil vertical de la media pechina, correspondiente á la superficie de entre el hueco de un arco toral, y el rincon de su planta: esto es para demostrar, que esta pechina se ha de medir del mismo modo que se midió la de la fig. 24, pues solo hay la diferencia de que en esta se han de medir los arcos por los sectores que cada uno tuviere, y en todo lo demás se obra como en aquella; pero si fuere formada de vuelta de cordel, se hallará por las reglas que se dan sobre la fig. 30, poniendo proposicion separada solo para este fin. Hecha la delineacion de la figura 28, y entendidas las líneas de su planta y perfil, se tenderá en plano cualquiera superficie de ella por la proposicion siguiente.

PROPOSICION XLVI.

Tender en plano la superficie de la bóveda antecedente (Fig. 29).

Para tender en plano la superficie de la bóveda de la figura antecedente, se obrará en esta forma: Hállese la circunferencia de la mitad de la elipse, que es el arco A H B (Fig. 28), lo que se conseguirá por las prácticas de los sectores, de que se ha tratado bastante antecedentemente, ó por las de la (Fig. 30); y hallada la circunferencia (Fig. 28), tiéndase en línea recta, que será A B (Fig. 29): tómese el medio de esta recta A B en H, y levántese la H Z perpendicular á la A B, é igual á la circunferencia del arco H Z (Fig. 28): divídase su altura (Fig. 29) en las mismas partes que estuviere dividido dicho arco, y será en los puntos S*r*, por los que se tirarán las rectas LS, I, O*r*2, largas á discrecion, y paralelas á la A H B: hállese la circunferencia de las otras dos medias elipses L Q I, O P 2 (Fig. 28), y la mitad de la mayor se pondrá á cada lado de la H Z en la recta L S I (Fig. 29), y la I S será igual al arco de la media elipse de L Q I (Fig. 28); y haciendo la misma operacion con la circunferencia del arco O P 2, será la recta O*r*2 (Fig. 29) igual á dicha circunferencia; y por la regla de la fig. 9, estampa I, lib. I, se tiran las curvas

A L O Z, Z E 2 I B, cuyos centros para la mitad Z B serán D, F, y de otros tales se hará la otra mitad A Z, con cuya delineacion queda formada la figura A Z B H, cuya superficie es igual á la mitad del cascaron ó bóveda elíptica, que debe cubrir la mitad de la planta de la fig. 28, cuyo plano es comprendido entre el diámetro A V B, y el arco A H B de dicha figura.

PROPOSICION XLVII.

Medir la superficie y solidez de las medias naranjas elípticas (Fig. 29).

Tendida en plano la superficie de la mitad de la bóveda, fácil es medirla (habiendo entendido las operaciones del cap. VII, lib. I), pues sabiendo medir cualquiera rectilíneo, un sector y un segmento de círculo, no se necesita de mas, por ser esta superficie compuesta de partes semejantes; y porque medida la mitad de esta figura, se sabrá el todo de ella, se medirá la mitad H Z B en esta forma: para tenderla en plano, y conducir la curva Z2B, se han formado los sectores F Z 2, D 2 B: mídanse estos por sus reglas; y tirando á cada uno sus cuerdas, que son del uno la recta de puntos Z V 2 y del otro la 2 C B, mídase el triángulo F Z V 2, y la superficie de éste réstese de la que salió de su sector, y lo que en la resta quedare será la superficie del segmento Z V 2 E; y guárdese el número de esta resta.

Mídase el otro sector D 2 B; y tirada su cuerda 2 C B se medirá el triángulo D 2 C B; y restado de su sector, quedará en la resta el segmento 2 C B I, que se juntará con la del antecedente; y midiendo el rectilíneo H Z 2 B por la regla de la fig. 52, lib. I, se hallará su superficie, que junta con la de los dos segmentos, que se guardan, será la suma de todo la superficie de la mitad de esta Figura 29, con que sabida ésta, se sabe la de toda la bóveda, multiplicándola por 4; pues siendo mitad de A Z B H, y esta mitad de la bóveda, lo que salió en la medida es cuarta parte de toda la bóveda: luego multiplicándola por los 4, la partida de la multiplicacion ó producto será el total de ella.

Para medir la solidez de estas bóvedas, se tenderán en plano sus dos superficies cóncava y convexa; y medidas las dos se juntarán en una suma; y multiplicando la mitad de esta suma por lo que tuviere de grueso la rosca de la bóveda, lo que saliere al producto será su solidez.

La solidez de estas bóvedas se puede medir de otros modos; pero fuera de ser confusos y enfadosos, están mas expuestos á error, por lo que omito su método.

PROPOSICION XLVIII.

Hallar la circunferencia de cualquiera elipse, ó parte suya (Fig. 30).

Mucho he visto trabajar sobre esta materia á diferentes algebristas; pero siempre están con muchas disputas: he observado, que nunca conforman unos con otros; y lo mismo sucede con las reglas de varios autores: los mas de estos conforman en que de cualquiera elipse se saque la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de sus dos diámetros mayor y menor, y esta raíz que saliere será el diámetro de un círculo igual á la elipse; y porque para esto es menester mucho estudio, pues tantas serán las elipses, tantas sus diferencias entre elipse y círculo; y por huir de dificultades, y dar reglas para hacer las medidas de las bóvedas que se siguen, y aun de algunas de las antecedentes, para los que solo necesitan de la práctica, y que todos gustan el poco trabajo, á lo menos de cabeza, como sucede en la álgebra: digo, que de cualquiera línea elíptica que se hubiere de sacar circunferencia, es preciso hacer delineacion de ella en papel, por medio de un exacto pitipie: cortándola ó pasándola á un carton, pergamino ó tabla delgada, se cortará una plantilla de ella; y dándole vuelta sobre una línea recta, dejará en ella señalada su circunferencia.

Ejemplo.

Sea la plantilla de una elipse *cb*, cortada de carton, ó alguno de los sobredichos materiales: sea una línea recta *bd*: en el extremo de su diámetro *b*, donde se comience á rodear, hágase un punto en la recta *bd*: digo, que con media vuelta dejará descrita la línea *bo*, y esta será igual á la semielipse, y dándole la vuelta entera, llegará á *d*, cuya práctica no me ha negado ningun algebrista por falsa, como la operacion sea bien hecha; que para que así lo sea, solo consiste en que la plantilla sea bien formada, y no salga de la recta al tiempo de la operacion; de la cual se infiere, que puede hacerse un círculo ó elipse, como *do*, cuya circunferencia tenga uno ó dos pies: este puede servir como de vara de faltriquera; y poniéndole un cabo A con su ege, como carrillo en el centro, con él se medirán las líneas de superficies cóncavas, como se deja conocer en la figura: así he probado con un círculo de bronce, que la línea que describe su circunferencia es 3 diámetros y un séptimo: con que la regla de Arquimedes es exacta en esta parte, y puede ser que la cuadratura del círculo que se busca, no se encuentre, por degenerar en elipse.

CAPITULO VII.

De las medidas de bóvedas vaidas y lunetos, con los cortes de sus cimbrias, y algunas prácticas de lunetos, esféricos y elípticos, en sus plantas y alzados, que son las que al presente se construyen en obras de gusto.

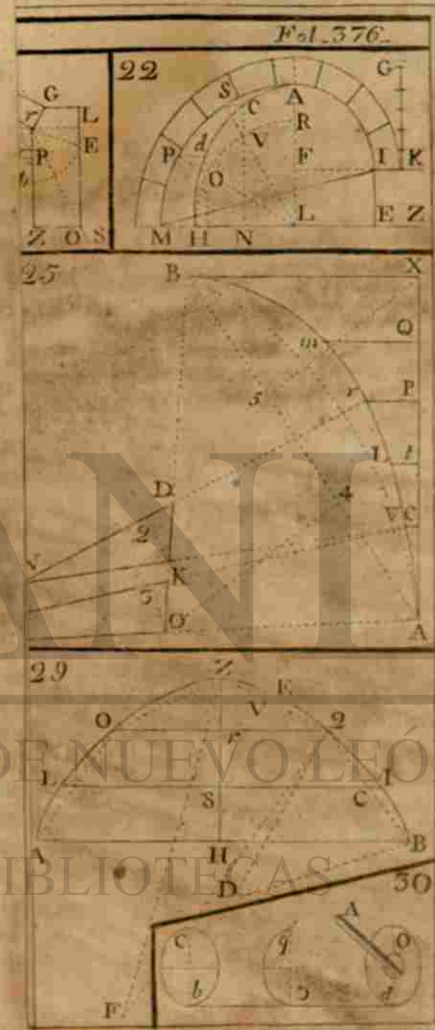
PROPOSICION XLIX.

Medir la superficie y solidez de las bóvedas vaidas (Fig. 31).

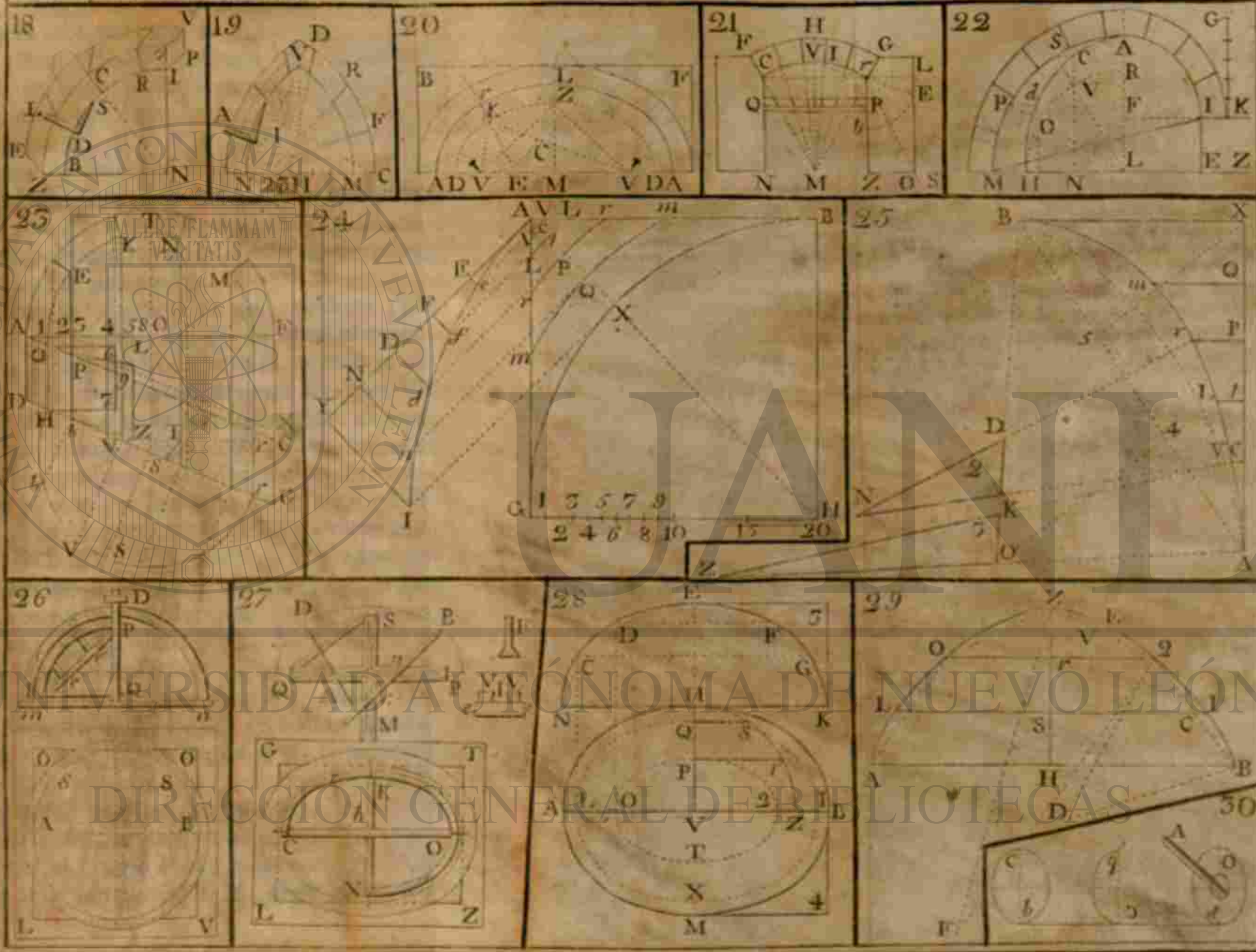
ESTAMPA VII.

Bóveda vaida es la que mueven sus arrancamientos de los ángulos de una planta cuadrada ó paralelograma, y párte de ella son las cuatro pechinas, que suben hasta igualar con la altura de los cuatro arcos torales, ó de las formas: esta bóveda no es otra cosa que una media naranja, cortada con los planos verticales de sus formas, en cuyos ángulos se forman las pechinas, que siendo la planta cuadrada y la bóveda esférica, se tornean las pechinas y bóveda con un mismo radio, y este es la mitad de una de sus líneas diagonales.

Sea, pues, una de las cuatro formas de sus lados el perfil **FPFP**, y el hueco de su arco **FAF**, y los triángulos **PFA** sean los planos verticales, donde se unen las pechinas con las



Estampa 6. 2ª del Libro 2. Fol. 376.



JMf.

formas, y la fábrica levantada desde F á P, queda en la línea PAP, formando el semicírculo FAF, que es la mitad de la planta imaginada en la altura de las pechinas, cuya circunferencia se describió con el radio NP desde el centro N, sobre el cual corresponde la porcion de bóveda esférica PHP, cuya rosca ó altura de sus dovelas es PQ, su clave es HM, que corresponde sobre el centro N; en cuya inteligencia se puede medir en uno de dos modos.

1 Mídase la superficie de una pechina (por la prop. 39 de este lib., fig. 25 de la estampa antecedente) y cuatrodoblada será la superficie de las cuatro pechinas: mídase despues la superficie cóncava PHP, que es la correspondiente á lo que ha de cubrir el hueco del círculo, cnya mitad es FAF, lo cual se hace multiplicando la circunferencia del círculo por la altura de la sagita AH, y lo que saliere al producto será la superficie cóncava que se busca (como consta de la proposicion XXII, práctica 6 de este libro): júntese en una suma esta superficie con la de las cuatro pechinas, y esta será la de toda la bóveda. Para medir la solidez del grueso de la bóveda multiplíquese la circunferencia del círculo formado sobre QQ (que es diámetro de la porcion de esfera convexa ó exterior QMQ) por la sagita AM; y juntando esta superficie con la de la esfera cóncava PHP, y de la superficie de las dos juntas, sin contar la de las pechinas, se tomará la mitad, que multiplicada por el grueso HM, saldrá al producto la solidez de la bóveda QPHM, midiendo aparte

las pechinas (por la proposicion XL de este libro).

2 Puédese medir tambien la superficie y solidez en esta forma: imagínese que con el radio N P, que es el que ha torneado la bóveda, se ha cumplido, como si fuera una media naranja esférica, cuya rosca baja hasta la planta de las pechinas en sus ángulos F, saliendo hasta E D, como demuestran los arcos de puntos Q E; hállese la circunferencia del círculo formado sobre el diámetro E N E, que en la planta sería el mismo, cuya mitad es el perfil E P H, y su circunferencia es el producto del diámetro E E, multiplicado por 3 y un séptimo (como se ha dicho otras veces): hallada esta se multiplicará por la altura N H, y el producto será la superficie de toda la concavidad esférica E P H; y porque á esta le sobran los cuatro luquetes, que ocupan los cuatro arcos de las formas, iguales todos al contorno del perfil F A N, y estas cuatro partes son en la planta cada una de ellas igual á la porcion del arco P H P, y la altura de todas son cualquiera de los dos arcos de puntos E P, cuya perpendicular es F P, se tenderá en plano la superficie de un medio luquete, como lo es el segmento E P F, que se obrará en esta forma: Sea la parte de superficie, que se quisiere tender en plano, la que ha de cubrir el hueco de P H A, que es mitad de uno de los cuatro luquetes: divídase el arco de su planta P H en 3 partes iguales, y la extrema hácia P en dos, y así queda el arco H P dividido en 4 partes, siendo las dos extremas iguales á

una de las otras dos; lo que se hace así porque salga con mas perfeccion la superficie, que se ha de tender en plano; porque las partes del diámetro, que arriman á los arrancamientos de los arcos, por chicas que sean, toman mas circunferencia entre sus perpendiculares, que las que tocan por medio ó tercios del diámetro. Esto entendido, por los puntos de la division del arco P H, que son 1, 2, 3, tirense las rectas 1, 6: 2, 5: 3, 4: todas paralelas á la H A, que cortan en ella en los puntos 6, 5, 4. Resta entender ahora, que P A es lado de una de las cuatro formas de la planta hasta la mitad de ella, y que las rectas tiradas entre esta y la curva P H son plantas ó basas de los arcos, que deben cerrar la superficie de la dicha parte del medio luquete, y que todos estos arcos son parte del arco de la bóveda, formada del radio N P, lo cual se debe entender en esta forma: El arco H P, levantado sobre H A, es igual á cualquiera de los dos E P; y su perpendicular A P es igual á N A, y por el mismo órden toca sobre la basa 3, 4 el arco 3 P, que levantado caerá P sobre el punto 4, y el arco 2 P sobre 5, 2, y 1 P sobre el 6, 1. Hállese la circunferencia del arco P H (por las reglas de la fig. 24, estampa antecedente), y tiéndase en plano aparte, que será la recta C X; y porque H P es tambien el arco, que corresponde levantado sobre H A, hágase la recta X K igual á X C, juntando sus extremos en ángulo recto en X: divídase la X C en las mismas partes que lo está H P, y serán los puntos Z y O: tírese la Z S paralela á la XK, igual á la circunferencia del arco 3P, y por el mismo órden se tirarán las *y*L igual á la circunferencia del arco 2P y OV á la de 1P: tírese la CK, que pase por todos los puntos VLS, y se ha formado un triángulo CXK, cuya superficie es igual á la que corresponde á cada medio luquete; y porque los luquetes son 4, multiplíquese la superficie de este triángulo por 8, y restando el producto del que salió de toda la esfera cóncava EHE, la resta que quedare será la superficie de la bóveda y sus pechinas.

De esta práctica se infiere el poder medir las pechinas, sin llegar á ellas con ninguna línea; pues midiendo la superficie de la porcion de esfera EP, que es el producto que resulta de la circunferencia de todo el círculo formado sobre el diámetro EE, multiplicada por la altura FP, y de esta que saliere restar la superficie de ocho triángulos iguales á CXK, la resta que quedare será la superficie que corresponde á las cuatro pechinas; y sabida esta, se sabrá lo que toca á cada una, haciendo la particion á 4, que es el número de ellas.

Medir con brevedad la solidez de la bóveda vaida y sus pechinas.

Para medir la solidez de esta bóveda con brevedad sin las pechinas, al diámetro PP añádasele el grueso de un lado, cuya cantidad es DE: y juntando en una suma las dos sagitas AH, AM, se tomará la mitad, que multiplicándola por la cir-

cunferencia del círculo hecho sobre PP, y mas juntarle el grueso MH, será la solidez lo que saliere al producto.

Ejemplo.

Sea el diámetro PP con el aumento del grueso HM 21 pies: multiplíquense estos por 3 y un séptimo y montan 66, que es la circunferencia del círculo de su planta: mídase la sagita mayor AM, y tenga por caso 6 pies, y la menor AH tenga 4, que juntos con la otra, son 10 pies: tómese su mitad 5, que multiplicados por los 66 de la circunferencia importan 330: estos se multiplicarán por el grueso de la bóveda, que segun la diferencia de las sagitas, es 2 pies, y serán todos 660 pies cúbicos, los mismos que saldrian por las reglas antecedentes para la bóveda QP, MH, PQ.

La solidez de las cuatro pechinas se hallará así: Mídase el diámetro de la planta cuadrada: tenga 19 pies igualmente por cualquiera de sus 4 lados, que multiplicados en sí, hacen 261, y esta será la superficie de dicha planta: multiplíquense por 9 y medio, altura de FP, y el producto 3429 y medio será la solidez de las pechinas, y hueco entre ellas, y su altura: hállese el area del círculo, cuya mitad es FAF, que se hallará multiplicando su cuadrado 361 por 11, y el producto 3971 pártase á 14, y el cociente 283 y 9 catorce avos será la superficie del círculo, que forma el hueco entre las 4 pechinas por la parte superior de su altura, que son los vuelos mas avanzados de ellas hácia el centro: júntese la superficie de este círculo con la que salió del cuadrado de su planta, y la suma de las dos partidas será 644 y 9 catorce avos: tómese su mitad 322 y 9 veinte y ocho avos, y multiplicados por la misma altura, que es 9 y medio, importan 3062, y estos son los pies cúbicos de la concavidad entre las pechinas y lados de las cuatro formas: réstense estos de los que salieron antes en todo el sólido, que fueron 3429 y medio, y quedan 367 pies y medio cúbicos para la solidez de las cuatro pechinas, que si fueren elípticas, se han dado reglas para ellas, como consta de las proposiciones de las figuras 24 y 25 de la estampa antecedente.

PROPOSICION L.

De la fábrica y medidas de las bóvedas esquilfadas (Fig. 32).

ADVERTENCIA.

En la delineacion de esta figura, número 1, se hallan tres géneros de bóvedas, que son, esquilfada, arista y rincon de cláustro; y tratando de la primera, se obrará como se sigue.

Bóveda esquilfada es la que se forma para cubrir un plano cuadrado paralelógramo, ó cualquiera otro rectilíneo de mas ó menos lados. En esta clase de fábrica se levantan las paredes de

sus líneas hasta la altura que ha de tener la estribacion de la bóveda, por ser los empujes de ella contra las dichas paredes, que sirven tambien de planta.

Sea la planta para construir una bóveda esquilfada el cuadrilátero B R M N (número 1): tírense las diagonales B M, R N, que se cruzan en el centro A: sobre cualquiera lado N M hágase el semicírculo N Q M: divídase su circunferencia en las partes iguales que se quisiere, que cuantas mas fueren, será mejor; pero por lo chico de la figura se divide solo en seis, como se demuestra en ella: divídase el arco N Q M en dos partes iguales en el punto Q: tírese por este punto y el centro L del arco la recta Q L, que continuada, corta el punto A, centro de la bóveda; y tirando por los puntos de la division del arco N Q M líneas paralelas á la Q L A, cortarán estas al diámetro N L M en los puntos de los números 1 y 2 á una y otra parte de la L Q; y á las diagonales N R, M B las corta en los puntos 3, 4, 5, *e* 6 P. Entre las medias diagonales A B, A R tírense las rectas 5 *e*, 6 P, y con estas operaciones se halla delineada la mitad de la planta de la bóveda esquilfada entre la diagonal B M y el ángulo R, de donde se cortarán las cimbrias para las líneas diagonales en la forma siguiente.

Modo de cortar las cimbrias para construir la bóveda esquilfada (Fig. 32).

Tómese la altura que ha de tener la bóveda en su clave, que segun la forma de su vuelta es el arco N Q M (núm. 1), y su mayor altura es L Q, que se pasará esta á la diagonal A M, poniéndola desde A hasta S: de los puntos *e*, 6 levántense las líneas 6, *e* paralelas á la diagonal A M; y cortándolas iguales cada una á su correspondiente de la forma N L M Q, será la línea *e* igual á la 2, y la línea 6 igual á la 1: y conduciendo por los extremos de ellas la curva S R, se tiene formado el cuadrante elíptico A S R; y su arco R S será la cimbria, que corresponde levantada sobre la media diagonal R A: de modo, que fijando el extremo R en el ángulo R, quedará levantado el extremo S sobre el centro A en la misma altura que ha de tener la bóveda, que será la distancia A S igual á la L Q de la forma N Q M; y sirviendo de horma ó plantilla la cimbria R S, con ella se cortarán otras tres mas, y las cuatro se ajustarán sobre las diagonales, concurriendo todas sobre el centro A, obrando del mismo modo que se ha obrado con la R S.

Habiendo ajustado las cimbrias sobre las diagonales A M, A B, &c. se cuajarán sus huecos de tablones, los cuales se acomodan de manera, que los extremos de ellos observen el corte de las cimbrias, cargando sobre ellas, y quedando paralelos á los lados M R, R B, como demuestran las líneas de puntos P 6, *e* 5, &c. y sobre ellos se construirá la bóveda. Todo lo demás que falta que explicar para esta obra es fácil de comprender, lo cual se deja al discurso del artífice.

Nota, que la planta de esta bóveda es un

cuadrado, y su forma es esférica en sus cuatro lados, como el arco N Q M, y los triángulos, que forman las diagonales N R, M B, son iguales; pero si la planta fuere paralelógramo, sucederia lo contrario, y se harian los arcos de una misma altura, obrando las operaciones por las reglas de la fig. 33, estampa II del lib. I. Advirtiendo tambien, que en esta clase de bóvedas forman las diagonales sus ángulos entrantes por la parte cóncava, y salientes por la convexa.

Tender en plano la superficie de la bóveda esquilfada, y hacer sus medidas (Fig. 32, números 1 y 2).

Para tender en plano la superficie de esta bóveda esquilfada, basta que se haga la operacion con la cuarta parte de su planta, que es uno de los cuatro triángulos que se forman de las diagonales y lados de ella (núm. 1); y porque cualquiera de los lados es igual al diámetro de la bóveda, y la montea de esta es el arco N Q M, tírese aparte (núm. 2) la recta B R, igual al diámetro N M (del núm. 1): del punto T, medio de la B R (núm. 2), levántese la T S, perpendicular á la B R, y que sea igual á la circunferencia del arco N Q, que es mitad de N Q M (núm. 1); y porque esta se halla dividida en 3 partes iguales, divídase en las mismas la T S (núm. 2); y tirando por los puntos de la division las rectas P 6, V 5, paralelas á la B R, y de modo que la P 6 sea igual á la P 6 (del núm. 1), y la V 5 igual á la

5 *e*, quedando los medios de estas asentados sobre la T S, se hallarán los centros A, D, desde los cuales se conducirá la curva S V 6 R, y se hallan formados los sectores A S V, D V R; y obrando lo mismo á la otra parte B S, se habrá formado el triángulo mistilíneo B S R, cuya superficie será igual á la que debe cubrir á uno de los cuatro triángulos de la planta (núm. 1).

Para medir la superficie B S R (núm. 2), se medirán los sectores A V S, D R V; y restando de la superficie de estos la que tuvieren sus triángulos, quedará la de los segmentos, que se forman entre las cuerdas, y los arcos S V, V 6 R; y añadiendo á estos la superficie del rectilíneo interior, la suma de todo será la superficie que se desea, que multiplicada por los cuatro triángulos de la planta (núm 1), se tiene la de toda la bóveda por su parte cóncava. El método de obrar estas medidas es el mismo que el de las proposiciones de las figuras 24 y 25 de la estampa antecedente; por lo que se omite repetirlas en esta.

Si se hubiere de medir la solidez de esta bóveda, se obrará por la práctica de la proposicion antecedente.

PROPOSICION LI.

De la fábrica y medidas de las bóvedas por arista (Fig. 32).

El armamento de estas bóvedas es el mismo que el de la antecedente; solo se diferencian es-

tas de aquella, en que en esta pueden ser las formas todas abiertas, y es necesario en los huecos de ellas formar los arcos como N Q M, haciendo las cimbrias para ellos como se representa en L N Q M, D B X N (núm. 1), y desde estas cimbrias á las diagonales, levantadas sobre N R, M B, se ajustan los tablones, cargando los unos extremos de ellos sobre las cimbrias de N M, N B, y los otros sobre las correspondientes á los medios de las diagonales M A, N A, B A, segun representan las rectas 1, 3, 2, 4, L A; y en esta misma forma se asienta el ladrillo ó la sillería, haciendo su empuje contra los ángulos de la planta.

Para tender en plano la superficie de esta bóveda, hágase aparte (n. 3) la recta M *n* igual á la circunferencia de una de sus formas, que es el arco N Q M (núm. 1): divídase la M *n* (núm. 2) en las mismas 6 partes iguales que lo está la circunferencia de dicho arco, y por todos los puntos de la division tírense líneas rectas á discrecion, perpendiculares á la M *n*: hágase la Q L (núm. 3) igual á la L A (núm. 1), y sus inmediatas 8 *t* iguales á las 2, 4; y las extremas 4 E, 5 C iguales á las 1, 3 del (num. 1), y tirando por los extremos de todas las curvas *n* L, L M, se halla formado el triángulo mistilíneo *n* L M, cuya superficie será igual á la que debe cubrir un triángulo de los de la planta (núm. 1).

Para medir la superficie del mistilíneo (núm. 3) fórmese el sector del arco, que coge los tres puntos E, *t*, L, con el cual se forma un rectilíneo 4 E G L Q: mídase este por las reglas de la fig. 52, estampa III del lib. I; y de la superficie de este rectilíneo réstese la del sector G E L, y la resta será la superficie que debe tener el mistilíneo, que componen las rectas E 4, 4 Q, Q L, y la curva E *t* L. Para medir el triángulo mistilíneo del un extremo *n*, hágase á la otra parte M (pues son iguales los dos triángulos *n* 4 E, M 5 C) el sector F M C; y restando la superficie de este sector de la que tuviere el rectilíneo F M 5 C, quedará la que debe tener el triángulo M 5 C; y juntándola con la que se ha medido antes, será la suma de las dos igual á la mitad del plano de la figura, la cual doblada será el todo de ella; y multiplicada por 4, será el total de la superficie de toda la bóveda. La bóveda de rincon de claustro es compuesta de esta y la antecedente, como se representa en la figura.

PROPOSICION LII.

De las bóvedas que se labran con lunetos (Fig. 33).

En las bóvedas de cañon seguido, como en los templos y otras obras semejantes, se labran lunetos, los que sirven para dar luz al templo, ó á la pieza donde se construyeren: estos son aquella parte de bóveda, que quitada del cañon, se cubre con otra porcion distinta, ocupando las formas que se elijen para las ventanas; y las bóvedas, que llevan lunetos, son estribadas con ellos

mismos, por eso no necesitan las paredes de entre los pilares, en que cargan los arcos torales, de tanto grueso como los estribos de ellos; y por este fin se tira á que los lunetos avancen hasta el tercio de la circunferencia de las bóvedas, con lo que se les obliga á estribar contra los asientos de los arcos torales; y porque un luneto no es otra cosa que un cuarto de bóveda de arista, será fácil de entender su fábrica y medidas; pues no hay en estos otra diferencia, que el tomar las líneas de sus avanzamientos en su alzado, del mismo modo que se tomaron en la planta para la bóveda antecedente, y pueden construirse lunetos en toda clase de bóvedas, á excepcion de las que son por arista, porque estas por sí son lunetas, que se componen de tantos lunetos como lados tuviere su planta.

Delinear las bóvedas lunetas (Fig. 33, núm. 1).

Sea la mitad de la planta de una bóveda de cañon seguido el paralelógramo A B G F, y su alzado el arco rebajado A 5 K, que tambien es mitad de la circunferencia de la bóveda, cuya clave es K (Se hace rebajada por salir en esta proposicion con cuantas dificultades se puedan ofrecer; porque si fuere la vuelta de medio punto, es mas fácil de construir, tenderse en plano, y hacer sus medidas y demás maniobras). Elíjase arbitrariamente el ancho que se quisiere dar á la forma del luneto, para formar en esta su ventana correspondiente. Sea la distancia S L: tómese su medio en V, y tirese la VM perpendicular á SL, y sobre VM corresponde levantado el arco ó cimbria A 5 K. Para saber qué parte toca cortar en la V M, que corresponda á plomo del tercio de la bóveda, divídase el arco A 5 K en 3 partes iguales, y dos de estas se pondrán de A á 5; y tirando la recta 5 T paralela al lado A F, corta á la V M en T, y T V es la planta sobre quien corresponde levantado el arco A 5 (Si la bóveda fuere de medio punto, con solo dividir la V M por medio, el punto de esta division sería justamente el tercio de la bóveda, y cuarta parte de su diámetro): levántese ahora la forma del luneto que se quisiere sobre el diámetro S L (habiendo formado primero la planta de él con las rectas S T, L T): sea elíptica realzada, que se terminará su altura en el punto que se quisiere, como en H, cortado en la perpendicular T V, alargada á discrecion; y para trazar el arco S H L, tómese en el compás cualquiera abertura menor, que la perpendicular V H; y sentando un pie de él en cualquiera punto de la perpendicular, como en el que se cruzan las dos rectas S 9, L 1, estiéndase el otro pie hasta H; y con esta distancia, desde el punto del crucero, hágase á discrecion el arco 1 H 9; y tirando de los extremos S, L las rectas S 9, L 1, que pasen por el dicho crucero, cortarán el arco en los puntos 1, 9: háganse centros los extremos S, L, y con la distancia S L, desde S, se hará el arco L 9, y desde L el arco S 1, y queda formada la vuelta elíptica realzada S 1 H 9 L: divídase cualquiera mitad del arco elíptico en cualesquiera partes iguales, y sea S H en tres en los puntos 1 y 2: tírense por ellos las rectas 1 C, 2 P, hasta que corten la diagonal S T, que será en los puntos C, Y, y al diámetro S L en C y en P: de los puntos C, Y de la diagonal S T, tírense líneas rectas á discrecion, que pasen á uno y á otro lado, paralelas á la S L, y la que sale de C corta á la V T en el punto Z, á la L T en el punto 8; y por la otra parte corta á la A B en el punto 3, y el arco A 5 en *n*: la que sale de Y corta á este arco en *r*: á la A B, en 4: á la V T, en 7; y á la L T, en *e*. Con estas divisiones se harán las prácticas siguientes.

Cortar las cimbrias para la bóveda y lunetos (Fig. 33.).

Para cortar las cimbrias correspondientes á las líneas S T, L T, sáquese de T la T Q, perpendicular á la L T, y igual á la E 5 (que es la altura, que corresponde levantada sobre el punto T de la planta), y de *e* sáquese la *e* 6, paralela á la T Q, y igual á la 4 *r*; y sacando la 8 *t* en la misma forma, que sea igual á su correspondiente 3 *n*, se conducirá (por las reglas de otras veces) la curva L *t* 6 Q, y esta será la cimbria que corresponde levantada sobre la recta L T, que se hará otra igual para S T, las que se unirán en T con la porcion de cimbria, cortada por el arco 5 K, que es la correspondiente sobre T M, como se infiere, segun caen las perpendiculares 5 E T, K B M; y esta cimbria, con las dos antecedentes, juntas en T, estarán levantadas lo que es la altura de E á 5, y de B á K, formando todas el arco A 5 K, cuyas plantas serán S T, L T, y T M; síguese ahora trazar el alzado del luneto, que se obra como se sigue.

Para trazar el corte vertical del luneto, se ha de suponer levantada la forma del arco S H L sobre la línea de su planta S V L (núm. 1), cuyo perfil sea cortado por la V T, y visto por el lado G F, cuyo corte será el que forma el triángulo mistilíneo A 5 R. Esto entendido, alárguese la S A á discrecion por R, y las perpendiculares de la mitad de la forma del luneto, que este es V H S, se irá pasando por su órden de esta suerte: tómese la primera 1 C entre el arco S H y el diámetro S V L, y póngase de A á N: tómese la segunda 2 P, y póngase de A á R; y haciendo lo mismo con la V H, que es la mayor, se pondrá de A á R: tírense de estos puntos á los del arco A 5 las rectas R 5, R *r*, N*n*, y estas líneas serán los avanzamientos, que corren desde la pared de la forma del luneto, hasta el encuentro de la bóveda; y acontece aquí, que R *r* y N *n* salen inclinadas hácia abajo, lo cual causa el ser la bóveda rebajada, y la forma del luneto realzada, lo que no sucederia si esta fuere tambien rebajada, ó la otra realzada, ó ambas esféricas; porque en cualquiera de estos casos, las dos líneas R *r*, N *n*, avanzarian mucho mas arriba, tomando cada una mayor porcion del arco A 5, como se verá en las que se siguen despues.

Hecha ya toda la delineacion, se sigue tender en plano la superficie que se quita de la bóveda, y la que ocupa la que cubre el luneto, sin lo cual no se pueden hacer estas medidas con fundamento.

Tender en plano las superficies cóncavas de las partes de un luneto (Fig. 33).

Para saber la superficie que se quita de la bóveda principal, tírese aparte (núm. 2) la recta LL igual á la S L del (núm. 1) y tómese su medio en V (núm. 2): levántese la V A perpendicular á LL, y igual á la circunferencia del arco A 5 del (núm. 1) que se hallará por la proposicion 54 del lib. I, hallando el valor de los arcos formados de los dos radios DO, EO, ó por la proposicion 48 de este libro, ó por las reglas de la figura 37 de la estampa siguiente: córtese la V Z (núm. 2) por las reglas dichas, igual á la porcion de arco A *n* del (núm. 1) y la Z 7 igual á *n r* de dicho arco, y la 7 A igual al arco *r* 5, y se tiene toda la recta V A (núm. 2) igual á la circunferencia de la porcion de arco A 5 del (núm. 1): tómese la Z 8, y la 7 *e*, y las mismas se pondran en el núm. 2 como se notan con las mismas letras y números, haciendo todas las líneas paralelas á la LL, y conduciendo por los extremos de todas las curvas A *e* L (por la práctica de la fig. 9, estampa I del libro antecedente), y se halla formado el triángulo mistilíneo L A L, cuya superficie es igual á la que ocuparia el hueco de la bóveda, levantado sobre la planta S T L del núm. 1, cuya medida se obrará despues.

Para tender en plano la superficie de bóveda, que debe cubrir la planta del luneto, demostrada en el triángulo TSL del núm. 1, cuya forma levantada sobre S V L es el arco elíptico S H L, se medirá la circunferencia de este arco, y de su medida justa se tirará una línea recta aparte, y sea esta la horizontal 1 A 1 núm. 3: divídase esta horizontal con los puntos S *b* á una y otra parte de A en las partes correspondientes á la division del arco elíptico S H del núm. 1, en el cual son las divisiones los puntos 1 y 2 (para cuya operacion se han dado antes bastantes reglas): de los puntos de la division en la horizontal 1 A 1 levántense las ocultas A R, *b* 2 S *n*, largas á discrecion, y perpendiculares á la dicha horizontal, que se cortarán como se sigue: Tómese la distancia del mayor avanzamiento del luneto, que es la línea R 5 sobre el arco A 5 K del núm. 1, y de su medida se cortará la A R en el núm. 3: córtense tambien en este número las *b* 2 iguales á la R *r*; y las S *n* iguales á la N *n* del núm. 1, y conduciendo por los extremos de todas las líneas de esta figura, núm. 3, las curvas 1 *n*, 2 R, queda formado el triángulo mistilíneo 1 R 1.

Para medir el plano de este triángulo, se formarán los sectores 1 G 2, 2 Q R, y se harán sus medidas, como se hicieron en el núm. 3, de la figura antecedente, que se obrarán unas y otras por las prácticas de la fig. 59, estampa III, lib. I, y midiendo la bóveda principal, núm. 1, de esta fig. 33, como si no tuviere lunetos, que se hará esta medida en la misma forma, que la de la fig.

20 de la estampa antecedente, como en cañon seguido, se juntará la superficie de esta con la de su núm. 3, y todo se guardará en una suma, de la cual se ha de restar la que saliere de la del núm. 2 (por ser esta una parte que se quita de bóveda principal, para formar el luneto), y lo que saliere á la resta será la superficie de la bóveda principal, y la que cubre su luneto, y obrando lo mismo con los demás lunetos, se tendrán hechas todas las medidas que se desean.

El triángulo mistilíneo, núm. 2, se mide por la misma práctica que el de la figura antecedente, núm. 2, formándole los sectores, que resultaren de las partes de sus arcos, así como se forma el sector O L 8 *e*, y no es necesario repetir las operaciones, por ser todas de una misma especie.

PROPOSICION LIII.

De otras bóvedas que se labran con lunetos de plantas esféricas ó elípticas (Fig. 34).

En los edificios que hoy se construyen se hacen por gala y mas hermosura las aristas de los lunetos, esféricas ó elípticas, sin que formen ángulo en el encuentro de la bóveda con su avanzamiento; y todos los cortes de las aristas de estos lunetos resultan de la forma que se eligiere en su planta, que puede ser á gusto del artífice: y supuesto que en el dia es ya comun la moda de estos lunetos, es preciso demostrar la práctica de armar las cimbrias, y tender en plano la superficie que toman de la bóveda, como la que debe cubrirlos á ellos cuya práctica se obrará por el método siguiente.

Método de trazar y cortar las cimbrias para esta bóveda y sus lunetos (Fig. 34, núm. 1).

Operacion.

Sea la mitad de la planta de una bóveda el paralelógramo A B C D, y la mitad de su arco levantado A H K: sea uno y otro en todas sus partes igual á la planta y vuelta de la figura antecedente: elíjase para planta del luneto el semicírculo 5 P 5, y su forma, donde ha de estar la ventana, sea el otro semicírculo igual á este, suponiendo, que el segundo 5 *n* 5 es levantado perpendicular al de la planta, sobre el diámetro comun de los dos, que es la recta 5 L 5 (parte del lado de la bóveda A B). Esto entendido, divídase la circunferencia del arco 5 *n* 5 en 6 partes iguales; y como se ha dicho otras veces, cuantas mas fueren, será mejor; pero por lo chico de la figura, y no confundirla con tantas líneas, se divide solo en las dichas 6 partes, que son los puntos 1 y 2: del punto *n* al punto L (que son los medios del arco y diámetro) tírese á discrecion la recta *n* L, alargándola por uno y otro lado arbitrariamente, y se cruzará en ángulos rectos con la A B en el centro L: sáquense en la misma forma de los puntos 1 y 2 de las divisiones del arco 5 *n* 5 las otras rectas, paralelas á la *n* L, y

cortarán al semicírculo 5 P 5 en sus puntos correspondientes en los otros números 1 y 2, por los que se tirarán á discrecion las rectas 1, 1: 2, 2, que sean paralelas al lado A B, cortando al arco A K en sus puntos 1 y 2: sáquese tambien del punto P (que es el mayor avanzamiento de la planta) la recta P 3, alargándola á discrecion por ambos extremos, que esta corta al arco A K en el punto 3, y la porcion de arco A 3 es la que le toca levantada sobre L P, á quien añadiéndole la porcion de cimbria H K 3, será una media cimbria de toda la bóveda, que se levantará sobre el semidiámetro L X, haciendo su concavidad igual á la que se demuestra entre la recta A C, y el arco A H K. Para asegurar la armadura del luneto se tirarán las rectas Y *q*, que pasen tangentes por la circunferencia del semicírculo 5 P 5, sobre las cuales se levantará en cada una su cimbria, como la Y R, la que se trazará de esta forma: Del punto *q* levántese la recta *q* H, perpendicular á la L *q*, ó paralela á la A B, y cortará al arco A K en el punto H, y á su diámetro A C en Q, y Q H será la mayor altura, que ha de tener la cimbria Y R, que será su igual *q* R, levantada esta del punto *q* á R, y perpendicular á *q* Y: de los puntos 3, 1, *o*, levántense tambien las rectas *oo*, 11 y 33 paralelas á *q* R, y iguales á sus correspondientes de entre el arco A H, y su basa A Q, las cuales cortan continuadas los punto *o*, 1, 3 en la basa de la cimbria, cuya recta es Y *q*, correspondiente al lado B D: formadas dichas líneas, condúzcase por los extremos de toda la curva Y *o* 13R, y esta es la cimbria que se busca; y haciendo otra igual á ella, se unirán las dos á la principal, que es la que carga de L á X, cuya vuelta es A H K, y todas levantadas, la Y R sobre Y *q*, y otra igual á la otra línea Y *q*, y la A K, levantada sobre L X, se vendrán á juntar los extremos R de las cimbrias menores en el punto H, el cual vendrá á caer á plomo sobre la planta en el punto *q*.

Modo de armar las cimbrias de estas bóvedas y lunetos, para construir la fábrica sobre ellas (Fig. 34, núm. 1).

Levantadas todas las cimbrias, segun demuestran las líneas de la planta, una sobre B D, otra sobre L X, y otra sobre A C, todas tres iguales al arco A K, y ajustadas á la del medio L X, las dos de las diagonales Y *q*, se ha de armar la bóveda, como sino hubiere de llevar lunetos, entablándola toda como una media cuba, y sobre la superficie del tablado se trazará el semicírculo, presentando sobre la dicha superficie una plantilla ó cimbria igual á la mitad de él, de modo que puesto el un extremo de la plantilla en el punto que correspondiere sobre la línea L P, y levantado el otro á nivel, se irán dejando caer perpendículos sobre la forma del tablado, y por ellos se tirará una curva con una regla flexible, asentada de canto sobre el dicho tablado, y puntos del perpendículo; y hecha la operacion por ambos lados de la recta L P, se halla delineada en la paranza de la bóveda la circunferencia elíptica, que

hubieren causado los perpendículos de la plantilla esférica, sobre la cual se irán ajustando los extremos de las tablas, que hubieren de armar la superficie, que ha de cubrir el luneto, cuyas tablas cargarán los unos extremos sobre la armadura de la boveda principal, y los otros sobre la forma ó cimbria 5 *n* 5, sobre cuyo artificio se construirá la bóveda del material que se quisiere, observando lo que se ha dicho de las antecedentes. Ahora resta tender en plano la superficie que pierde la bóveda con la ocupaçion de los lunetos, y la que á cada uno de ellos debe cubrir, lo que se consigue por la práctica siguiente.

Método para delinear en plano las superficies que se han de quitar y aumentar á la bóveda principal, correspondiente á los lunetos (Fig. 34, núms. 1, 2 y 3).

Para tender en plano la superficie que se ha de restar de la bóveda, hállese la circunferencia que corresponde levantada desde L á P, que es el mayor avanzamiento de la planta del luneto, cuya vuelta segun corta la línea P Z, es en el arco A K, la porcion A 3 (núm. 1), que dividido este arco en tres partes iguales, son los puntos *o*, 1, 3, y las líneas tiradas de ellos son las que cortan al semicírculo de la planta con las rectas *t* 4, *e* 1, que son paralelas al diámetro 5 L 5: hallada la circunferencia de la porcion de arco 3 A por las prácticas prevenidas en la proposicion antecedente, se tirará aparte (núm. 2) la recta A 3 igual á la circunferencia A 3 del núm. 1, la que se dividirá en las mismas partes que las que dividen al arco A 3, cuyos puntos serán *t*, *e*, &c. (núm. 2), tírense por estos, y el extremo A, las rectas 55, 44, 11 y 22, largas á discrecion, y perpendiculares á la A 3. Hecho esto, tómense las distancias L 5, *t* 4, *e* 1, &c. de la planta del luneto (núm. 1), y pásense las mismas por su órden al (núm. 2), poniendo la L 5 á una y otra parte de A, como son A 5, y en la misma forma se acomodarán las *t* 4, *e* 1, y 22, por cuyos extremos de todas las rectas se conducirá la curva 3, 2, 1, &c. y queda formada la figura del (núm. 2), la cual será igual á la superficie que se corta de la bóveda, para meter el luneto en su concavidad.

Habiendo de tender en plano la superficie de la bóveda que ha de cubrir la concavidad del luneto, se ha de trazar primero el perfil cortado sobre la línea de la planta L P, cuyo alzado por la parte de la ventana será su mayor altura la L *n*: su delineacion es en esta forma: Alárguese la recta A B á discrecion por S; y tomando en el compás la altura de la línea 1 entre el arco 5 *n*, y su diámetro 5 L 5, se pondrá de A á G, y la línea 2 se pondrá de A á F, y la mayor L *n* de A á S: tírense por estos puntos á los correspondientes, que suben de la planta (cortados por las líneas de las divisiones de los mismos puntos del arco 1, 2, *n*, que cortan en la planta en 1, 2, P; y en el arco A 3 cortan en 1, 2 y 3), las rectas G 1, F 2, S 3, y estas líneas serán los

avanzamientos del luneto, con los cuales, y la circunferencia del arco de la forma del luneto, se ha de trazar el plano de la cubierta de él, obrando de este modo: tírese aparte (núm. 3) la recta 5*n*5 igual á la circunferencia 5*n*5 del número 1. Divídase la dicha recta en las mismas seis partes iguales que se dividió el sobredicho arco, que será en los puntos G F, á una y otra parte de *n*: tírense por ellos á discrecion las rectas G1, F2, parelas á *n*3 (que es la primera que se supone tirada en medio de la 55): tómese en el compás el mayor avanzamiento del perfil, que es la recta S3 (núm. 1), y hágase igual á ella la *n*3 (núm. 3): tómese el otro avanzamiento F2 (núm. 1), y pásese á F2 del número 3, y en la misma forma se pondrá el avanzamiento G1 del número 1 en las G1 del número 3; y formando el arco 5, 1, 2, &c., se compone la superficie del número 3 igual á la que debe cubrir el luneto, segun la planta esférica 5P5L, la cual montará sobre el semicírculo de la forma 5*n*5, y parte avanzada por lo interior, formando la semielipse 5*m*5, cuyo exceso de *n* á *m* lo da la diferencia de la altura, que tiene de mas la Z3, que la A G del perfil A C K. Para saber la superficie de las figuras de los números 2 y 3 no hay mas dificultad que en las medidas antecedentes; y siendo el cap. VII del lib. I de prácticas de medir toda suerte de planos, en sus proposiciones se hallarán reglas para estos. La solidez se medirá, si fuere necesario, como se han medido las antecedentes, pues basta una ó dos operaciones para la inteligencia de infinitas.

PROPOSICION LIV.

Trazar una media naranja con lunetos esféricos ó elípticos, y tender en plano la superficie que de ella toman y dejan (Figura 35).

Para menos confusion de los principiantes, se expresa esta proposicion por partes, como son las siguientes.

PRIMERA PARTE.

Trazar la planta de la media naranja y la de sus lunetos.

Sea el diámetro del círculo de la media naranja la recta I E (núm. 1): tómese su medio en A, y desde él, como centro, con cualquiera semidiámetro A E hágase el círculo Y I Y E. Para que los lunetos tomen cada uno el tercio de la circunferencia de la bóveda (siendo esférica, como en este ejemplo), divídase cada semidiámetro en dos partes iguales, que será en los puntos K y B: termínese el ancho que han de tener los lunetos en la circunferencia de la caja de la media naranja; y asentando un pie del compás en el punto I, extremo del diámetro, se puede abrir el otro hasta S, ó mas ó menos, segun se le quisiere dar al luneto; y habiendo cortado en

la circunferencia el arco I S, se cortará otro igual á la otra parte, que será I *h*: pásese al otro estremo del diámetro, que es el punto E, y córtese tambien el ancho del luneto en la misma forma que el antecedente, y de los puntos en que se ha cortado este, tírese de uno á otro la recta Q, y esta será la cuerda de la porcion del arco E, cuyos extremos de este son los mismos de la cuerda: por el punto E, que es el contacto del círculo de la planta, tírese la tangente E D *f*, larga á discrecion por ambas partes, y paralela á la cuerda Q: hágase la E D igual á la media cuerda, y óbrese lo mismo por el otro lado hácia *f*, y se habrá hecho la recta E igual á la cuerda Q, que ambas se juntarán por sus estremos con líneas rectas, formando un paralelógramo, cuyos lados mayores son las mismas rectas Q E, y los menores la perpendicular ó sagita Q E: con el radio E D hágase desde E el semicírculo D8, y este será la forma de la pared del luneto, á quien se le dará de altura, como banco, lo que es la sagita Q E; y para trazar la planta del luneto elíptico Q B, se hará la delineacion, como se ha obrado otras veces, ó por la proposicion siguiente de la Fig. 36, pues siendo determinado el semidiámetro Q D, y el semidiámetro Q B, es fácil su inteligencia: del mismo modo se delinearán las plantas de todos los demás lunetos que hubiere de llevar la bóveda, poniéndole á cada uno el alzado de su forma, como se ha puesto la E 8, las que, si pareciere, pueden hacerse tambien elípticas, como la de la Fig. 33, y si la necesidad lo pidiere, pueden hacerse las formas de los lunetos unas anchas y otras estrechas, pero en su altura todos los lunetos deben tomar igual parte en la circunferencia de la media naranja.

Nota. Si por algun inconveniente no se pudiere tomar el tercio de la bóveda, por avanzar poco hácia el centro de ella las líneas I K, E B, se terminará la línea de la planta en la forma siguiente.

Sea el alzado de la bóveda el semicírculo S 3 *n* D, cuyo diámetro es S X D: córtese en este la DM igual á E B: levántese la M *m*, perperpendicular á D S, que corta al arco de la bóveda en *m*, y la porcion de circunferencia D*m* es la que corresponde levantada sobre la recta de la basa D M; y siendo esta igual á la E B, toma el tercio del semicírculo S 3 *n* D, cuya parte es el arco D *m*: si el vuelo del luneto fuere en la planta la recta D N, levántese la perpendicular N *n*, y el arco D *n* será la proporcion levantada sobre D N; y si la planta fuere la recta D L, su arco correspondiente sería D V, y por este órden se hallarán todas las cimbrias, que tocan levantadas sobre cualquiera línea recta, tirada en los diámetros de la planta, sean vueltas, rebajadas ó realzadas, mientras que las plantas no fueren elípticas, de cuya práctica se trata en la proposicion siguiente.

Si como la vuelta de esta bóveda es esférica sobre el diámetro I A E, fuere rebajada sobre el mismo diámetro, como lo es la vuelta I G E, y

los cortes M *m*, N *n*, &c., se han sacado del diámetro S X D, se hubieren hecho del diámetro I A E, la perpendicular M *m* se hubiera hallado en el arco S Y D en el punto donde este se cruza con M *m*, y la M *m* sería la misma altura que hay de B hasta dicho arco, que sería el de puntos; y siendo el arco rebajado, sacada la B G perpendicular al diámetro ó línea Q B, sería B G la altura levantada sobre B, y el arco G E sería la vuelta ó cimbria levantada sobre la recta E B; y así entre el arco G E y la recta E B de la planta se cortarian todas las líneas que se hallan cortadas arriba entre la recta M D y el arco D*m*.

De lo dicho se infiere el cortar las mismas partes en cualquiera bóveda realzada ó apuntada, pues en este último caso todos los arcos serian de mas altura.

PARTE SEGUNDA DE ESTA PROPOSICION 54.

Cortar las cimbrias ajustadas á las líneas elípticas de la planta de los lunetos (Fig. 35).

Para que se corte la cimbria correspondiente á la planta del luneto I K, de modo, que se acomode por la línea curva S O K, que será la mitad de este luneto, se hará lo siguiente.

OPERACION.

Por el punto S, que es el ángulo curvilíneo, que forma la planta del luneto, con el círculo de la planta de la bóveda, tírese al punto D, su correspondiente al otro luneto opuesto, la recta S D, sobrada á discrecion por sus dos extremos; y del centro X fórmese el perfil que hubiere de levantar la mayor vuelta de la bóveda, que será el arco S 3 *n* D igual al semicírculo del diámetro I A E (sobre este se podia obrar lo mismo; pero se hace en aquel lugar por la confusion de líneas que resultan dentro de la planta del luneto). Divídase la curva S O K en las partes iguales ó desiguales que se quisiere (por lo chico de la figura se divide solo en dos; porque entendida la práctica de estas, se obra lo mismo con todas las que hubiere en la division); sea en dos partes desiguales, la mayor S O, y la menor O K (adviértase aquí, que donde haya mas curvatura, deben ser las partes mas menudas, de modo, que las rectas que se han de tirar luego, vayan cogiendo la circunferencia del luneto en cuanto fuere posible): tírese la recta O K y la O S, que serán las cuerdas de sus arcos correspondientes: levántese de O la O Y, perpendicular á la cuerda O S, alargándola á discrecion por Y hácia el arco de puntos: continúese la cuerda S O por A, hasta que corte la circunferencia del círculo de la planta de la bóveda á la otra parte opuesta á S; y esta línea será diámetro del arco, sobre quien se ha de formar la cimbria para la línea S O: hállese su centro, que será en A, y con la distancia del semidiámetro A S, descríbase desde el arco S Y, que corta á la perpendicular, levantada de O en el punto Y, y este arco S Y, que se halla debajo del arco de puntos, será la cimbria correspondiente sobre la recta S O.

Para hallar la cimbria, que toca sobre O K, levántense de los extremos de la recta K O, perpendiculares á ella, las O P, K X, largas á discrecion; y continuando la recta O K hasta que los dos extremos toquen la circunferencia del círculo Y I Y E, será esta el diámetro del arco, que ha de cortar la cimbria para O K. Hágase, pues, con la mitad de este diámetro, como radio, desde su medio, que es el centro, la porcion de arco entre las dos paralelas O P, K X, y este arco será la cimbria correspondiente sobre la pequeña línea O K, y por esta práctica se cortarán muchas mas cimbrias, que arrimarán á la curvatura de la S O K, de modo que no quede superficie entre el arco y cuerdas, lo que se consigue haciendo muchas mas cuerdas, hasta que ocupen la curva de la planta; y cortando porciones de cimbrias, como el arco P, ó mucho menores, y poniendo las testas de unas ajustadas con las de las otras, se aseguran todas, trabando sus juntas con tablones ó porciones de riostra de madera clavadas, que observen la figura de la línea de la planta, de modo que los dos extremos de la vuelta no han de salir ni entrar de la longitud de la recta S K, como todo se deja entender en la figura. Hecha la cimbria para la mitad de la planta por S O K, se hará la otra mitad para K T *h* de las mismas medidas que la antecedente; previniendo, que los cortes y vuelta de la segunda, sean contrarios á la primera. Esto es, que si la S O K, estando fija en S, se volvió su extremo sobre la mano izquierda, la que ha de estar fija en *h* se ha de volver torciendo á la derecha; y habiendo hecho otra cimbria igual para el otro luneto opuesto E B, se cortará otra cimbria, que se ajuste sobre la K B, uniendo esta con las de los dos lunetos en sus mayores vuelos, que son los mismos puntos K B, cuya cimbria levantada es la parte de arco 3 *m*, que unido con los de las curvas de los lunetos, no deben salir ni entrar de todo el arco S *q* V D. Si como esta vuelta es esférica, hubiere de ser rebajada como el arco I G E, se harian las mismas operaciones que se han hecho con el esférico, pues no hay mas diferencia, que el hacer sobre las rectas, que han servido de diámetros para cortar las cimbrias de las cuerdas S O, O K, en lugar de sus arcos esféricos, otros que sean correspondientes á la vuelta rebajada, ó si fuere realzada; lo que se consigue, formando sobre cada diámetro de dichas cuerdas la parte de semielipse, que le correspondiere, semejante ó inscripta á la fundamental de la bóveda, lo cual se acabará de comprender por la práctica de la figura 36.

De estas prácticas se infiere el poder cortar la cimbria correspondiente á cualquiera porcion de línea dada en planta de una bóveda, que es

cosa bien esencial y precisa á los prácticos, para cuando se les ofrezca hacer algun reparo, como sucede muchas veces en bóvedas que amenazan ruina por alguna de sus partes. Adviértase sobre esto, que las cimbrias que se cortaren, segun estas reglas dadas, si se levantan sobre sus mismos diámetros, como las de los diámetros de las cuerdas S O, O K, de modo, que estén á plano sobre ellos mismos; vendrán ajustadas á la vuelta de la bóveda en cualquiera línea que fueren cortadas, como puede probarse con la experiencia.

PARTE TERCERA DE LA PROPOSICION 54.

Tender en plano la superficie que toman los lunetos, perteneciente á la bóveda de la media naranja.

Para tender en plano la superficie que pierde en su bóveda la media naranja, se obra de esta suerte: Sea la que se ha de tender en plano la que corresponde al luneto I K: del punto K levántese la K 3, perpendicular á la I K; y la distancia que hay desde K hasta el punto donde se cruza la K 3 con el arco de puntos S I, será igual á la recta que baja de 3 hasta el punto O de la línea S X D, y la porcion de arco entre el dicho punto, cortado en la circunferencia Y S, con la recta 3 K, y el extremo S, será el arco ó cimbria levantada, correspondiente á la línea de la planta I K; y porque hemos dicho antes que este servia de embarazo, se sube mas arriba sobre el diámetro S D, igual al I E, y en este se corta el punto 3, y 3 S será el mismo arco correspondiente á dicha línea de la planta I K: divídase este arco S 3 en 3 partes iguales, que se notan con los números 1, 2, 3, y la extrema 2, 3 se dividirá en dos partes iguales en el punto *q* (conviene así esta division, para que salga con mas precision la superficie que se busca; y cuantas mas fueren las partes del arco, tanto serán mas perfectas las operaciones, como se ha dicho otras veces). Por los puntos 1, 2, *q*, tírense líneas rectas, paralelas á la 3 K, que cortan á la K I en los puntos H, R, *t*, y al diámetro S D le cortan en C F, &c. (Si fuere necesario poner cimbria sobre la planta I K, y la vuelta de la bóveda de la media naranja fuere elíptica, rebajada ó realzada sobre los puntos H, R, *t*, se levantarian unas perpendiculares, y la que cayere sobre K se haria igual á la O3: la de *t*, á su correspondiente F *q*: la de R, á C2, y la de H, á la recta S 1; y por los extremos de todas se formaria una curva cuya vuelta sería la correspondiente á la cimbria que hubiere de levantar sobre I H): asiéntese un pie del compás sobre el punto A, que es el centro del diámetro I E; y desde él, con las distancias A H, A R, A *t*, como radios, háganse los arcos H *h*, R *r*, *t* T, que todos serán concéntricos al círculo I Y Y E. Con este artificio, y las divisiones del arco S *q* 3, se tenderá en plano la superficie que pierde la media naranja para ocupar el luneto, que se obrará como se sigue.

Hágase aparte (núm. 2) la recta S3 igual á

la circunferencia del arco S 3 del número 1, y divídase en las mismas tres partes iguales la recta S 3 del número 2, que las divididas en el dicho arco, y la estrema R 3 se dividirá por medio en T, como está dividido el arco (núm. 1) en *q*: tómense las circunferencias H *h*, R *r*, T *t* en el luneto I K, y háganse en el número 2 las rectas I S, H *h*, R *r*, T *t*, iguales cada una á la que le corresponde á la circunferencia del luneto, y que sean perpendiculares á la S 3 (núm. 2): condúzcase por los extremos de ellas la curva 3 *t r h* I, y se halla formado entre la recta 3 S y dicha curva el plano de la mitad de la superficie que pierde la media naranja para cada luneto; y obrando lo mismo á la otra parte de la recta S 3, será toda la figura del número 2 igual á la superficie que se ha de restar de la bóveda para cada luneto de ella, suponiendo sean todos iguales.

PARTE CUARTA DE LA PROPOSICION 54.

Trazar el perfil que forma el corte del luneto por la línea E B, *visto de lado y visto de frente.*

Divídase la mitad del arco de la forma, que es la curva D 8 (núm. 1), en tres partes iguales, y por cada punto de la division tírese una recta larga á discrecion por ambos extremos, y que todas sean paralelas á la perpendicular E 8, las cuales cortan á la curva B *e* D, que es la mitad de la planta del luneto, en los puntos Z*e*: levántese de B la B*m*, perpendicular á EB; y esta corta al arco de la montea de la bóveda en *m*, y á su diámetro SD le corta en M: levántense de los puntos Z*e* las rectas Z*n*, *e*V, paralelas á B*m*, y aquellas cortan al diámetro SD en N y en L, y al arco superior en *n* y en V: de los puntos en que cortan las rectas Z*e* al arco YEY, subiendo hácia la forma del arco D8, tírense las rectas 4, 5 y 6, paralelas á BM*m*: tómese en el compás la distancia que hay entre la recta Q (cuerda del arco E), y entre el arco de la forma D8 en las líneas que suben de BZ*e*: la menor se pondrá desde el diámetro SD hasta donde alcanzare en la línea 6, que es la primera que corta en el arco mayor de la planta con la línea que sube de *e*, cuya altura será D1: tómese la siguiente, que corresponde á Z, y en la línea 5 cortará el punto 2, y la mayor, que es Q8, cortará desde D el punto 3 en la línea 4; y porque la altura D3 corresponde al mayor avanzamiento del luneto, que es el punto *m*, cortado en el arco de la montea por la perpendicular B*m*, tírese la recta 3*m*, la cual es el avanzamiento mayor, correspondiente á lo interior de la bóveda; y tirando la 2*n*, y la 1V, quedan delineados los tres avanzamientos, correspondientes á las tres divisiones del medio arco de la forma, cuya parte es D8, de cuyas divisiones se han cortado los puntos correspondientes á cada una de ellas en la montea de la bóveda interior, como guian las rectas Z*e* por ambas partes, con cuyas ope-

raciones se halla demostrado el perfil interior de dicha bóveda con las partes que toman de ella los avanzamientos del luneto.

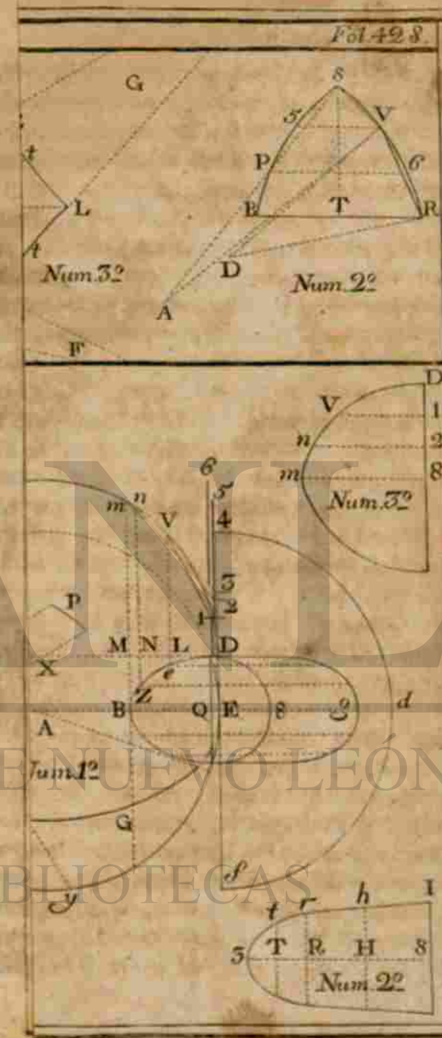
Para formar el perfil que hace el luneto y media naranja, visto de frente por lo interior de la bóveda, tómese la altura M*m*, y póngase de Q á *g*: la N*n* se pondrá en las inmediatas á Q*y*, desde la misma basa de Q, cada una en su lugar correspondiente; y poniendo en la misma forma la LV en las menores del perfil del luneto, se guiará por los extremos de ellas la curva D*g* &c., y haciendo el diámetro 4*f* igual al diámetro SD, se formará sobre él el semicírculo 4*df*, que será el perfil de toda la montea de la bóveda: la superficie de entre 8*g*D, &c. será la parte, que se descubra, vista de frente correspondiente en el fondo de la bóveda, que cubre el luneto, y QD8, &c., será la forma recta de la pared que ha de estar la ventana, que se ceñirá por la curvatura del círculo de la planta. Y para dar fin á estas delineaciones, falta tender en plano la porcion que ha de cubrir al luneto, que se hará por la práctica siguiente.

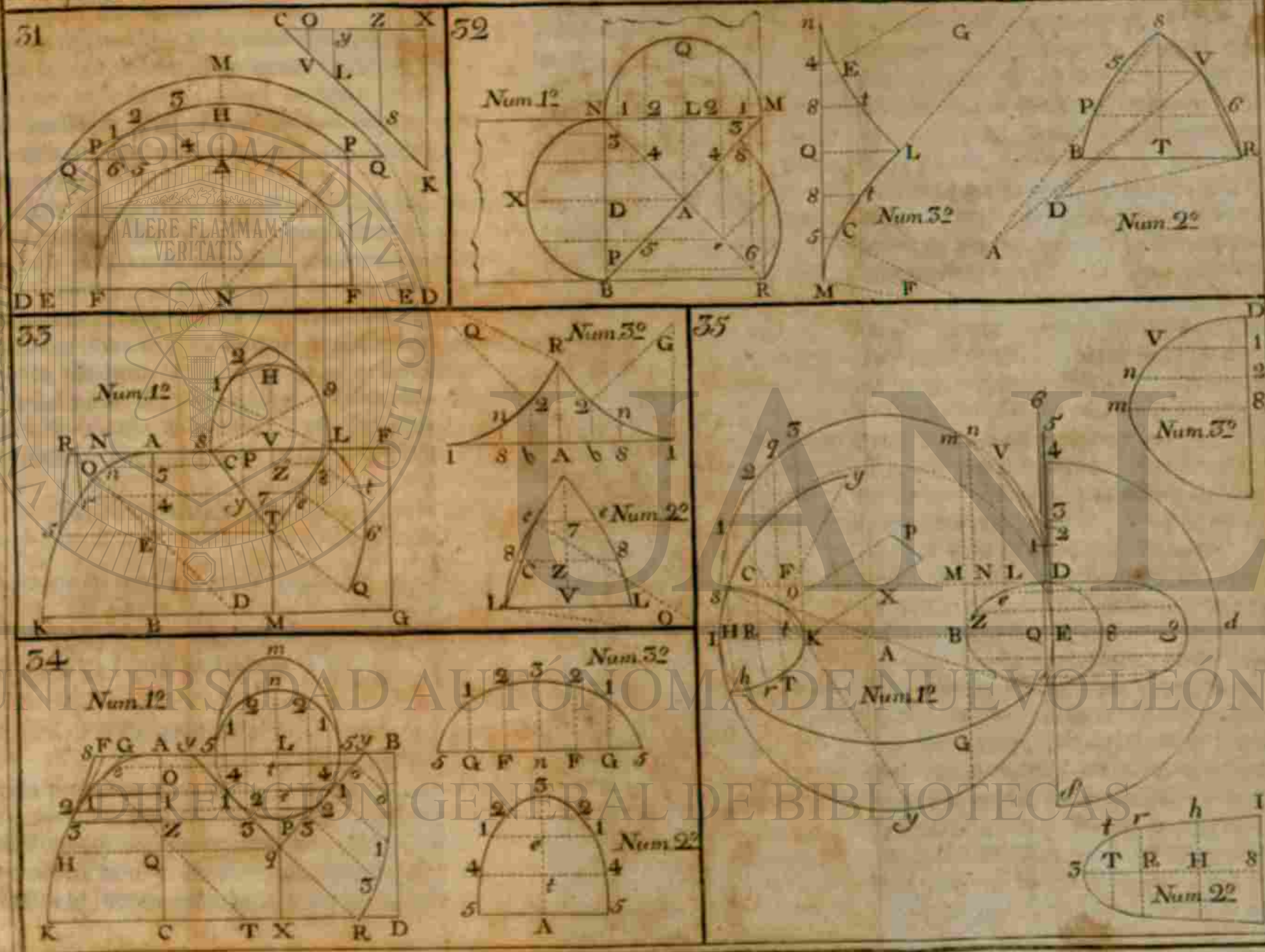
Nota. Primero, que en toda clase de lunetos debe demostrarse la altura, que se descubre entre la bóveda principal y la forma del luneto; y en cuantas delineaciones he visto en papel, todas están formadas á bulto; y por la regla que aquí se ha dado, pueden delinearse con toda exactitud, pues es general para todo género de bóvedas con lunetos.

PARTE QUINTA, ULTIMA DE LA PROPOSICION 54.

Tender en plano la bóveda que cubre cualquiera de los lunetos de la (Fig. 35).

Hállese la circunferencia del semicírculo de la forma E 8, ó solo su mitad D 8, y sea esta para este ejemplo, que se hallará multiplicando la recta E D, que es mitad de su diámetro, por 3 y un séptimo, tomando de los pies que vinieren al producto la mitad de ellos, y una altura de Q E mas: hágase de su longitud la recta 8 D (núm. 3), y será igual á la circunferencia del arco 8 D del núm. 1, cuyo arco es mitad de la forma, ó cuarta parte de todo su círculo, y de las mismas circunstancias es la 8 D en el núm. 3: divídase esta en tres partes iguales, como lo está el dicho arco, cuyos puntos de la division son los números 1, 2: tírese la recta 8 *m* perpendicular á la 8 D, y de igual largueza que la 3 *m* del núm. 1 que es el mayor avanzamiento del luneto: tírese del punto 2 (núm. 3), la recta 2 *n*, paralela á la 8 *m*, y que sea igual á la 2 *n* del núm. 1, que es el avanzamiento segundo; y haciendo lo mismo con el otro avanzamiento 1 V, se pondrá, como los demás, en 1 V (núm. 3); y conduciendo por los extremos la curva D V *n m*, se hará la misma diligencia á la otra parte de la recta 8 *m*, y quedará la figura del núm. 3 delineada segun la forma de la superficie, que cubriria todo el luneto, si fuere materia flexible: con lo que se han con-




31
32
Num. 1.º
Num. 3.º
Num. 2.º
33
Num. 1.º
Num. 3.º
Num. 2.º
34
Num. 1.º
Num. 3.º
Num. 2.º
35
Num. 3.º
Num. 1.º
Num. 2.º

J. M. G.

cluido todas las operaciones de la delineacion de esta bóveda, á la cual se le pueden poner cuatro lunetos ó los que se quisiere; pues aunque sean mayores ó menores que los que se han demostrado, la regla de construirlos es toda una, como queda dicho arriba.

Para medir la superficie y solidez de esta bóveda, no se necesita mas ejemplo, que obrar las medidas, como en las antecedentes; pues medida la bóveda por entero, se le restará á la superficie de ella tantas partes iguales á la figura (núm. 2) como lunetos hubiere, y á lo que quedare en la resta se le añadirán otras tantas superficies iguales á la del núm. 3, y el total será la superficie cóncava de bóveda y lunetos, como se infiere de las prácticas antecedentes.

PROPOSICION LV.

Trazar una media naranja sobre planta y vuelta elíptica, con lunetos triangulares entre sus diámetros, sacar sus cimbrias, y tender la superficie de los lunetos en plano (Fig. 36).

(ESTAMPA VIII.)

En esta proposicion se acabará de perfeccionar el principiante, que viniere algo enterado de las antecedentes; y comprendida esta, no le será difícil la construccion y medidas de cuantas bóvedas difíciles le fueren encargadas para construir y medir. Declárase su práctica por partes, como la de la proposicion antecedente.

PARTE PRIMERA.

(FIGURA 36.)

Trazar la planta elíptica de cualquiera media naranja (núm. 1).

Sean los dos diámetros de una media naranja las rectas N O, diámetro menor, y D 3, diámetro mayor: crúcense los dos diámetros en sus medios, formando los cuatro ángulos rectos en su centro M, y alárguese á discrecion uno de sus semidiámetros menores, como M N por G: con el semidiámetro mayor, que es la distancia M3, hágase desde M la cuarta de círculo 3G; y desde el mismo centro con la distancia M N hágase la otra cuarta de círculo 3 N: divídase cualquiera de estas dos cuartas de círculo en cuantas partes iguales se quisiere; y para no cansar con muchas líneas, sea en tres partes, como se nota con sus mismos números, cuya division se hace en tres partes sin abrir ni cerrar el compás, con solo llevar el radio del mismo cuadrante desde el un estremo hasta donde alcanzare en la circunferencia, como por ejemplo, el radio del cuadrante 3G es la distancia M3; tómese esta en el compás, y asentando un pie de él en el estremo 3, alcanzará el otro en el punto 1 de su circunferencia; y asentándole en G, alcanzará por

otra parte en el punto 2; y lo mismo sucederia con el cuadrante menor, que tambien cortaria los puntos 1 y 2 desde N, y 3 por su arco. Hecha esta division en cualquiera de los cuadrantes, tírense rectas por cada uno de los puntos de su division al centro M, y serán las 11, 22, que cortan en los mismos puntos al otro cuadrante que no se hubiere dividido, y cortarian infinitos que hubiere, siendo formados del centro M: de los puntos del mayor 3 G, tírense á disposicion las rectas 1 H, 2 Z, paralelas al diámetro menor N M O, ó perpendiculares al mayor 3 M D, que cortan al semidiámetro mayor en los puntos Z H; y por los otros puntos del cuadrante menor tírense á discrecion las rectas 2 S 5, 1 L 4, paralelas al diámetro M 3, las que cortan á las 1 L H, 2 S Z en los puntos L, S. Estos puntos son los que deben estar en la circunferencia de la elipse, sobre los cuales, y los dos extremos de los diámetros 3 N, se describirá la elipse (por la práctica de la fig. 9, estampa I, del lib. I); y para delinear toda la elipse de una vez, se alargarán las rectas á los otros cuadrantes, y cada una se cortará igual á su correspondiente en esta cuarta de elipse M 3 L N, y se cogerán todos los puntos por la regla dicha, con lo cual queda perfeccionada la planta O 3 N D, que tambien se podrá formar á vuelta de cordel (por las reglas de la fig. 34, estampa II, del libro antecedente, ó segun la práctica de la fig. 20 de este libro).

Nota, que en esta figura resulta la práctica de poderse delinear con facilidad la figura de un huevo, cuya mitad se compone con la cuarta de elipse DFN, y la cuarta de círculo N123, y sería una planta hermosa, para formarle una bóveda elíptica con lunetos ó sin ellos, que es cosa que por necesidad se puede ofrecer en alguna parte.

PARTE SEGUNDA.

(FIGURA 36.)

Elegir la planta de los lunetos y cortar las cimbrias para ellos y la bóveda (Fig. 36, número 1).

Delineada la planta de la elipse, se pide la de unos lunetos, que hayan de ser formados en los tercios ó medios de los cuadrantes, y que tomen el tercio de la concavidad de la bóveda, á cuya montea de ella se termina su altura por la del semidiámetro menor, de modo, que todo el perfil levantado sobre el diámetro mayor 3D, sea el arco elíptico 3LNFD.

Elíjase el ancho que ha de llevar el luneto en la vuelta de la planta de la media naranja, y se determina que sea su anchura XK, y su vuelo hácia el centro de la bóveda sea una línea precisa que tome el tercio de la circunferencia.

Tómese, pues, el medio de la porcion de arco XK en el punto F: por este punto y el centro M tírese á discrecion la recta FM, que corta á la otra parte del cuadrante elíptico en otro

punto F en la misma circunferencia de la planta de la bóveda, y la recta FF será el diámetro sobre quien se ha de delinear otra semielipse, que levantada sobre él, se ajuste á la concavidad de toda la bóveda, cuya práctica será en esta forma.

La altura de la bóveda es la misma que uno de los lados del cuadrante esférico MN3, que son los semidiámetros menores de la planta: sáquese, pues, del punto M la MB, igual á la altura MN ó MO, y perpendicular á la FF; y porque las rectas, que caen de los puntos 1 y 2 (division de las tres partes iguales en el cuadrante menor) cortan al semidiámetro MN en los puntos 4 y 5, tírese de F á N la recta FN, y se halla formado un triángulo MNF: de los puntos 4 y 5 de la base NM tírense las rectas 44, 55, paralelas á la NF, y cortan á la recta FF en los otros puntos 4 y 5: tírense de estos puntos las rectas 46, 57, paralelas á la MB, ó perpendiculares á la FF, de modo, que la recta 46 se ha de cortar igual á la que le corresponde en el cuadrante, que es la 14, y la 57 sea igual á su correspondiente 25, y se tienen sobre la recta FF las tres líneas 46, 57, MB, iguales en altura á todas sus correspondientes del cuadrante M3N, por cuyos extremos se conducirá la curva F6QB, que levantada sobre la FM, será la cimbria que se ajuste contra la bóveda desde su arrancamiento F, hasta la altura de su clave sobre el centro M. Adviértase, que para delinear las cimbrias con toda perfeccion, y mas cuando los arcos de donde vienen sus tranquiles son de pocas divisiones, es necesario en los extremos aumentar otro punto, lo cual se hace continuando la recta 64 por la otra parte hácia X, de modo, que 4K sea igual á 46; y cogiendo con un arco los tres puntos 6, F, X, sale el arco F 6 con la vuelta que le corresponde. De no obrarse en esta forma, saldrá de poca ó mucha montea; y caso de que salga con la suya propia, será por casualidad (esta prevencion se ha de tener presente en todos los extremos de formas elípticas).

Para que la planta del luneto tome el tercio de la bóveda, divídase el cuadrante elíptico FQB en tres partes iguales, y dos de ellas se cortarán de F á Q, quedando una de Q á B, y el arco FQ es el tercio de la bóveda correspondiente sobre la recta FMF: del punto Q, tercio de toda la cimbria del arco hecho sobre el diámetro F F, tírese la recta QA, paralela á la MB, y corta á la FM en el punto A, y la parte A54F será la línea que corresponde en la planta para tomar el tercio de la montea de la bóveda; y levantando el arco FQ de modo, que la misma altura AQ esté perpendicular ó á plomo de A, y el extremo F, sin mudar de lugar, será la cimbria F67Q la que toca sobre FA, y el arco QB será la cimbria correspondiente sobre la línea AM; y unidas estas con las que vengan de la otra parte FR, sus iguales, se tiene formada una cimbria maestra, que cruzará por toda la montea de la bóveda sobre la línea FMF. Resta ahora cortar otras cimbrias para sobre las líneas AK, AX, que terminan la planta del luneto, segun su vue-

lo cortado en el punto A; y aunque estas líneas son desiguales, es preciso que la altura de las cimbrias sea la misma de AQ, y que estas cimbrias se ajusten tambien á la montea de la bóveda, para lo que nos valdremos de las otras sus iguales en el luneto opuesto RCV, cuyas operaciones se obrarán como se sigue.

Para cortar las dos cimbrias una para RV, y otra para RC, se pueden hacer á un tiempo las dos operaciones: para esto se dividirá el arco FQ, que es el fundamento para todas las cimbrias de su altura, en tres partes iguales en los puntos 8 y 9: tírense de estos á la basa FA las rectas 88, 99, y déjese así esta division para hacer con ella las que se siguen.

Sobre la recta RV del luneto opuesto, hágase desde R con la distancia RV el arco esférico VT; y desde el mismo centro R, con la distancia RC, el otro arco CE, y los dos á discrecion: levántense de R las rectas RT, RE, perpendiculares cada una á su basa correspondiente, como son los lados de la planta del luneto RV, basa de la perpendicular RT y RC de la otra perpendicular RE, las cuales cortan sus arcos en T y en E, quedando cada arco en una cuarta de su círculo: divídase, pues, cada arco por su circunferencia en tres partes iguales, como lo está su fundamental FQ, y será tambien en estos la division de cada uno en los mismos puntos 8 y 9: tírense por ellos las rectas 88, 99, alargándolas por las partes de las circunferencias á discrecion, y que lleguen á los diámetros de sus basas R C, RV; y tomando en el arco F Q la altura de su mayor línea, se harán iguales á ella las rectas R Y, R E, y en la misma forma se trasladarán las rectas 88, 99, de modo, que en todos los arcos sean iguales: luego se conducirán por los extremos las curvas, que cogen todos los puntos, y se hallan formados los dos arcos V 8 9 Y, C 8 9 E; el primero es la cimbria que toca levantada sobre el lado del luneto, cuya planta es la recta R V; y el segundo C 8 9 E será la cimbria sobre la recta C R, y con estas dos cimbrias se cortarán todas las demás que fueren necesarias para sus iguales lunetos. El modo de levantar las cimbrias y poner los demás armamentos, es mas fácil; por lo que omito la explicacion, pues cualquiera lo puede entender, habiendo llegado hasta este lugar con algunas de las prácticas antecedentes.

PARTE TERCERA.

(FIGURA 36.)

Delinear los perfiles de uno de los sobredichos lunetos (Fig. 36, núm. 2).

Aunque sobre la misma planta se pueden delinear los perfiles de uno ó mas lunetos, se pone aparte marcada la elipse con el núm. 2 delineadas las cimbrias, que se han formado en la misma fig. 36 (núm. 1), donde sin estorbo ni confusion de tantas líneas se harán las delineaciones siguientes.

Sea en el núm. 2 la planta del mismo luneto A X K: tírese la recta *oo*, que será la cuerda del arco *o* F *o*: tírese por el punto F la recta X K, tangente al arco, y paralela á la *oo*, y larga á discrecion por ambos extremos: de los puntos X K sáquense las rectas X B, K B, perpendiculares á X K, y iguales á F A: sobre el diámetro X K hágase desde F, como centro, el semicírculo X S K: divídase su circunferencia en seis partes iguales, como señalan los puntos H *g* S: tírense por ellos las rectas H *n*, *g m*, S F, todas perpendiculares al diámetro X F K, hasta que corten la cuerda *oo*, y asímismo el arco *o* F *o*: de los puntos en que las dichas perpendiculares cortan al arco *o* F *o*, tírense las rectas *o e*, *m* P, paralelas á la capital F A, y estas cortan á los lados de la planta del luneto en los puntos *e* P: del extremo ó cúspide A tírense las rectas A B á uno y otro lado, y de los puntos B las B T, perpendiculares á sus basas B X, B K: háganse las B T iguales á la A Q del núm. 1, y los arcos X T, K T, sean tambien iguales al arco F Q del núm. 1; y estos dos arcos X T, K T del núm. 2 serán las cimbrias ó vueltas levantadas sobre sus basas K B, X B, y cualquiera de ellas se ajustará tambien sobre la F A, por ser sus basas iguales á F A, y sus arcos tambien iguales al F Q (núm. 1), cuyas vueltas se acomodarian á la montea de la bóveda sobre la F A, sino estuviere vacía con el luneto.

Tírense á una y otra parte las rectas *e* V, P Q, paralelas á las que cerraron los triángulos

A K B, A X B, que son las A B en ambos triángulos, y las dichas paralelas cortan los lados X B, K B en los puntos V Q: levántense de estos puntos las rectas V C, Q R, y se halla hecha una division en los dos arcos X T, K T, que son los tres puntos C, R, T, los cuales son los vuelos de los avanzamientos adonde concurran las rectas de las alturas, que resultan de la forma X S K, las que se hallarán por la siguiente práctica; pero antes se ha de advertir que para la perfeccion de estos lunetos, siempre será mejor hacer el semicírculo de la forma X S K sobre el diámetro exterior X K, que hacerlo sobre el interior *o o*, porque en este caso sería el arco de la forma rebajado de pie derecho, tanto como es la distancia perpendicular de entre las dos rectas; y en esta forma ocurren algunas líneas, que sirven de confusion, fuera de que haciéndolo sobre la línea exterior, sirve de mas luz y hermosura, por ser levantado de pie derecho, tanto como es lo largo de la sagita, ó perpendicular de entre las dos rectas *o o*, X K, cuya altura sirve de banco, como en la figura antecedente, y será mejor, si el banco *o*X *o*K se levanta á mayor altura.

Para cortar las alturas en los perfiles, que sean iguales á las rectas de la forma del arco del luneto, alárguese por los dos extremos el diámetro de la forma X K por los puntos de los números 3, 3; y de los puntos donde se encuentran la H *n*, *g m*, que bajan del arco X S K con la parte de curva *o* F *o*, tírense á discrecion por uno y otro lado las rectas 22, 11, paralelas á la cuerda

o o, que se cortarán de las medidas siguientes: tómese en el compás la altura del arco de la forma, por su medio, que es la línea F S; pero ha de ser desde S hasta el extremo, que se corta con la cuerda *o o*, y esta se pasará de X á 3, y de K á 3; y tomando las inmediatas *g* hasta la cuerda *oo*, se pasarán sobre las basas X B, K B á sus lugares correspondientes, que serán á las rectas 2, 2; y obrando lo mismo con las H *n*, se pasarán á las rectas 11.

A los puntos cortados en los arcos del perfil, que son los avanzamientos C R T en los dos lados, tírense sus rectas correspondientes 1 C, 2 R, 3 T, y con esto quedan formados los perfiles, cortados por la capital F A, con los cuales se tenderán en plano las superficies cóncavas de los lunetos en la forma siguiente.

PARTE CUARTA.

(FIGURA 36, NUM. 3.)

Para tender en plano la superficie de la bóveda, que ha de cubrir el luneto, tírese aparte (núm. 3) la recta E K igual á la circunferencia del arco X S K, dándole de aumento las dos alturas de los lados X O, K O, que es la porcion que levanta la forma del luneto mas que el radio del arco F S; y tomando su medio en S, hágase igual el ángulo X S T (núm. 3) al X F A (núm. 2), y para mejor inteligencia, se hace la operacion en esta forma: Por estar mas desembarazado de líneas el otro luneto Q Y S, tírese en él la cuerda Q S, que corta á la capital en el punto L: siéntese sobre este punto, como centro, un pie del compás, y con cualquiera abertura descríbase el semicírculo 4 *r* 5, y con la misma abertura váyase al núm. 3, y desde el punto S, medio de la recta X K, hágase el semicírculo 5 *r* 4, que será igual al antecedente: vuélvase á aquel; y tomando la distancia que hay desde el punto 5 hasta el punto de la capital, cortando con el semicírculo en *r*, córtese de esta misma distancia el arco 5 *r* en el núm. 3, y tirando la recta S *r* á discrecion por T, se halla la línea S T con la X K, formando los mismos ángulos que la F A con la X K del núm. 2. Luego el ángulo X S T del núm 3, es igual á su correspondiente X F A del núm. 2, y lo mismo sucede con los otros ángulos T S K (núm. 3), y A F K (núm. 2), que tambien son iguales. Esto entendido, y tiradas las líneas X K igual á la circunferencia del arco X S K, y á mas la altura de sus dos lados en el núm. 2, y tirada á discrecion en la dicha forma la recta S T (núm. 3), se concluirá la delineacion, como se sigue.

Divídase cada mitad de la línea X K (núm. 3) en tres partes iguales, como lo están las mitades del arco (núm. 2), no haciendo caso de que en esta division se incluyan los aumentos de los lados extremos que se han aumentado, por ser materia que importa poco ó nada, y cada línea queda dividida en los puntos 1 y 2, entre los extremos X, K, y el medio S: tírense por estos puntos las

rectas 1 C, 2 R, iguales á las mismas 1 C, 2 R del núm. 2, pero de modo, que las del lado X correspondan al lado X, y las de K al lado K en el núm. 3, porque si se hicieren todas iguales, era falsa la operacion, pues las del lado K son mayores que las del lado X en el núm. 2, y por esto se han de hacer correspondientes á sus mismos lados en el núm. 3; hágase últimamente la S T igual á la 3 T del núm. 2, y esta será igual á cualquiera de las de los dos lados, porque es la comun, que corresponde sobre la capital. Condúzcanse por todos los extremos de las líneas del núm. 3 las curvas T R C K, T R C X, y queda delineada la superficie que se pide igual á la bóveda del luneto.

PARTE QUINTA.

(FIGURA 36.)

Tender en plano la superficie que pierde la bóveda para cada luneto.

Para hacer esta delineacion, fórmese de los puntos *e* P (cortados por los perpendiculares H *n*, *g m* en los lados de la planta del luneto, núm. 2) los arcos *e* Z, P D, que sean paralelos, ó equidistantes, y concéntricos al arco *o* F *o*: tírese aparte (núm. 4) la recta X K igual á la circunferencia del arco *o* F *o* del núm. 2: hágase el semicírculo 4 *r* 5 (núm. 4), igual á su correspondiente en el núm. 2, y cortando sus ángulos iguales, como se ha obrado antes, y se demuestra en la figura, se hallará el punto *r*; y tomando el medio de K X en L, tírese la L *r* igual á la circunferencia de uno de los dos arcos X T, ó K T, del núm. 2: divídase la L T (núm. 4), por el lado K en las partes que se halla dividido el arco K T, que es su correspondiente en el núm 2, y serán los puntos D, Z (núm. 4): tírense por ellos las rectas D P, Z *e* paralelas á la K L, y cada una igual á la circunferencia de su arco *e* Z, P D, correspondiente en el triángulo A K F de la planta del luneto (núm. 2), y conduciendo la curva K P *e* T por todos los extremos (núm. 4), queda formado el triángulo mistilíneo K L T, cuya figura es la superficie que pierde la bóveda de la media naranja en el triángulo mistilíneo A F O del núm. 2.

Divídase en la misma forma el otro lado L T por X (núm. 4), y hágase la misma division en los puntos D, Z, segun lo está la circunferencia X T del núm. 2, y tírense las D P, Z *e* paralelas á la L X (núm. 4), y cortándolas iguales á las circunferencias de sus arcos correspondientes en el triángulo A X F (núm. 2), se conducirá la curva X P *e* T, y queda formado otro triángulo mistilíneo (núm. 4), como es X L T, cuya figura es la superficie igual, que pierde la bóveda de la media naranja sobre el otro triángulo de la planta del luneto, cuya parte se compone de la capital A F, el arco F *o*, y el lado menor *o* A, y toda la figura junta del núm. 4, es la superficie, que toma cada luneto de la bóveda principal de la

media naranja; de modo, que si el punto L se arrima hasta el punto 6, X hasta S, y K hasta Q al núm. 2, y se fuere doblando la L T con la misma vuelta del arco F Q del núm 1, quedaria la cúspide T suspensa en el aire, perpendicular sobre la cúspide Y de la planta del luneto Q Y S (núm. 2), y la altura de Y á T sería igual á la misma que hay de A á Q en el núm. 1.

Si se hubiere de medir esta bóveda, se obrará como en las antecedentes; y no hay dificultad en sus medidas, por ser superficies planas, las que se encontrarán en el cap. VII del lib. antecedente; y solo hay que advertir lo de la proposicion pasada, que es restar de la bóveda la fig. 4, y añadirle la fig. 3, y por cada luneto que tuviere la bóveda obrar lo mismo.

PROPOSICION LVI.

Hallar la circunferencia de cualquiera segmento de círculo por una regla de tres aritmética, y otra formada por via de línea, para que con facilidad se hallen las circunferencias elípticas.

REGLA PRIMERA POR ARITMETICA.

La circunferencia de cualquiera segmento de círculo se halla por aritmética midiendo la cuerda y sagita del segmento, y aumentándole á la cuerda dos veces lo que tuviere la sagita: con la suma de todo se hace una regla de tres, como por ejemplo: Sea el segmento un semicírculo, cuya cuerda es conocida, por ser esta su diámetro, y la sagita tambien es conocida por ser su semidiámetro. Tenga, pues, el diámetro 7, y con esto sabemos que el círculo ha de tener 22, cuya mitad 11 se sabe que ha de tener la circunferencia del semicírculo (suponiendo que no sepamos que la tiene): hágase la regla de tres en esta forma: Súmense los cuatro diámetros del círculo, que serán 28, los mismos que tendria un cuadrado circunscripto al círculo; y porque á este círculo le tocan 22 de circunferencia, y los cuatro diámetros ó lados del cuadrado sumados hacen los dichos 28, súmese el diámetro del semicírculo, que es 7, con las dos sagitas, que teniendo 3 y medio cada una, hacen otros 7, y todo junto 14. Dígase, pues: si 28, que son los lados de un cuadrado puestos en una suma, me dan 22 de circunferencia, 14 de los lados de este segmento, qué me darán? Multiplíquense los 14 por los 22, y montarán 308: pártanse á 28, y vendrán á la particion 11, y esta es la circunferencia del segmento, cuya parte es el semicírculo. Lo mismo se ha de obrar con todos los segmentos, por chicos que fueren; y para hacer las mismas operaciones sin necesidad de aritmética, se obrará por la práctica siguiente.

REGLA SEGUNDA POR VIA DE LÍNEA.

Sea un segmento de círculo P Q O V (Fig. 37), cuya cuerda P V O no se sabe los pies que tiene, ni su sagita V Q, y se quiere saber la circunferencia de su arco.

Operacion.

Tírense dos rectas aparte, como M Y, y M K, que formen cualquiera ángulo en M, y alárguense por los otros extremos á discrecion. Tómese la cuerda del segmento, que es la recta P O, y póngase de M á T en la recta M K: tómese la sagita V Q doblada, que será igual á la Q H, y póngase de T á R en la M K, y se hallan sumadas en la recta M R la cuerda P O, y dos veces la sagita V Q, sin haber gastado número ninguno: tómense del pitipie de arriba (en la fig. 38) 14 partes y córtese la M N igual á ellas: vuélvanse á tomar del mismo pitipie 11 partes, y pónganse de N á Y: del punto N, cortado en la recta M Y al punto R, cortado en la M K, tírese la recta N R, y del punto Y la recta Y K, paralela á la N R, y corta el punto K en la M R, continuada. Digo, que la R K es la recta que se busca, cuya longitud es igual á la circunferencia del arco del segmento P Q O; y así se obrará con todos los demás. Con esta diligencia se hallarán las circunferencias de los arcos y bóvedas elípticas, haciendo sus divisiones por segmentos menudos.

Notas. Primera. En esta operacion se ha formado una regla de tres, sin gastar mas números que las partes que se han tomado del pitipie, y las mismas líneas se dividirian con cualquiera otro pitipie mayor ó menor en los mismos puntos que con el presente, y la misma cuenta saldria, si como la M N se ha hecho de 14 partes, se hiciere de 28, y la M Y, en lugar de 11 que tiene, tuviere 22; ó tomando cualesquiera otros números de partes de su misma proporcion, como 7 con 5 y medio, ó 56 con 44, &c.

2. La regla que aquí se ha hecho es lo mismo que la regla de tres por números: supuesta en esta forma: si M N me da la línea N Y, la M R qué línea me dará? y porque el primer número es M N, es el segundo N Y, y el tercero la recta M R: tirando la N R, es la multiplicacion del segundo número por el tercero, y tirando la Y K, hace la particion en K: con que si la recta M N da á la recta N Y, la recta M R dará á la R K. Esta proposicion es la misma que la de la fig. 16 del libro antecedente: se puede acomodar á varias prácticas, y es de las que mas estimacion debe tener en la geometría, como consta de las proposiciones 9, 10, 11 y 12 del 6.º de Euclides.

3. Los autores del siglo pasado, como Fray Laurencio de S. Nicolás y Juan de Torija, quieren que se midan las elipses en la misma forma que acabamos de medir el segmento, sin haber reparado, que hay mucha diferencia de una vuelta elíptica á otra esférica; y tan prolongada puede ser la elipse, que llegue á quedar cuasi sin superficie, y su circunferencia muy próxima á quedar (con poca diferencia) en dos líneas rectas, unidas con un poco de arco por sus extremos; y porque muchos profesores siguen aquellas reglas,

cometiendo algunos errores, pienso disuadirlos de la tal práctica con la siguiente.

4. Torija en su Tratado de bóvedas, sobre algunos errores, comete el de esta medida: supóngase, que el cuadrado A B C D tiene inscripto el círculo E P Q L, cuyo diámetro E O tenga 7 pies, y los mismos cada uno de sus cuatro lados, que sumados estos, componen 28 pies, y la circunferencia del círculo tendrá 22: los 28 con los 22, es regla bien fundada para círculos y porciones esféricas, pero no para elípticas. Vamos á la prueba: los lados, sabemos que son de 7 pies cada uno en el cuadrado A B C D: mídase el paralelógramo F S L *r*, cuyos lados mayores se halla por la pantómetra, que tienen á 6 pies y un diez avo cada uno, que juntos hacen 12 pies y un quinto, y los lados menores tienen á 3 pies y medio, que juntos, son 7; y sumados con los otros dos lados mayores hacen 19 pies y un quinto: fórmese la regla de tres: si 28 dan 22, 19 y un quinto qué darán? multiplíquense los 19 y un quinto por los 22, y el producto 423 y 2 quintos pártase á 28, y vendrán á la particion 15 y 17 de 140 avos. Digo que esta es la circunferencia de dos arcos iguales á P Q O, que serán dos porciones de esfera, los cuales se juntarán, formando ángulos curvilíneos en los dos extremos O, P; mas no serán arcos elípticos, como P H O, porque en este caso las circunferencias de la elipse son mayores que las de las de la esfera, como se demuestra en el arco de puntos P H O, cuya vuelta es esférica: luego si fue-

23

ra igual á la elíptica, las dos estarian cruzadas por alguna parte, de modo, que la superficie que tomare el un arco encima, ó debajo del otro, le dejaria, ó tomaria por los tercios en dos porciones de igual superficie que la de sus claves; y así concluyo diciendo, que la circunferencia del arco elíptico P H O, y las superficies de la mitad del paralelógramo, que corresponden á este arco, son distintas que las del otro medio esférico, cortado entre la recta P V O y el arco P Q O.

5. Otros para medir con brevedad la vuelta de un arco elíptico sobre su diámetro P O, añaden la O G igual á la sagita V Q, y la recta P G dicen es igual á la circunferencia de la elipse. Sobre esto tengo experimentado, que si la elipse es próxima á círculo, viene tal cual; pero en prolongarse la elipse, es mucho mayor la P G, que la circunferencia de la elipse; y en la medida que se hace por esta regla en bóvedas ó arcos elípticos, paga el dueño de la obra lo que no debe.

Para hallar la circunferencia de cualquiera vuelta elíptica con seguridad, hágase la delineacion sobre una tabla ó carton; y cortándola como plantilla, se rodará sobre una recta, y en esta se hallará su longitud (véase la fig. 30, estampa VI, segunda de este libro).

PROPOSICION LVII.

De las estribaciones correspondientes á todo género de arcos (Fig. 38).

Para dar las estribaciones correspondientes á los arcos, se ha dado alguna luz en la fig. 21 de este libro; pero habiendo de tratar de esta materia, digo, que en cuantos autores he visto que tratan sobre esto, siendo uno de los mas modernos y del siglo presente el Padre Tosca, siguiendo á sus antecesores en su Tratado de montea y cantería, tomo V, hace la delineacion sobre un arco esférico, previniendo sea regla general para toda suerte de vueltas, segun la práctica siguiente.

OPERACION.

Sea un arco esférico M V N, formado sobre el diámetro M N del centro H: tómese el tercio de su circunferencia en O: tírese la O N Z, y córtese la N Z igual á N O: por el punto Z tírese la 2 Z G paralela al lado N R B, ó perpendicular al diámetro M N, y la distancia de entre las dos paralelas R N y G Z 2 será la estribacion del arco M V N, cuya altura del estribo se levanta hasta el mismo tercio del arco, como señala la horizontal O 2 (esta misma estribacion saldrá tirando una perpendicular de O al diámetro, y la parte que en él cortare hasta N, sacarla en derechura de

H N, y cortaria un punto en la misma G Z 2: fúndase la razon de esto, en que los ángulos formados en N son iguales el interior como el exterior).

Siendo, pues, esta regla general para toda clase de vueltas, trázense sobre el mismo diámetro el arco apuntado M X N, y el rebajado ó escarzano M A N; y tomando sus tercios en O, y tiradas las rectas O N Z en la misma forma que antes, se tiran las rectas F Z 1, S Z 3, y la estribacion para el arco apuntado será el intervalo de entre las paralelas N R y F Z 1: la altura del estribo será hasta la horizontal O 1: para el arco escarzano será su estribo entre las rectas R N y S Z 3, y su altura es hasta la horizontal O 3. Este es el órden con que algunos ó los mas arreglan las estribaciones de los arcos.

Otros, siguiendo las reglas de los autores y edificios antiguos, les dan la mitad del diámetro del arco á los estribos; y otros les dan el tercio, con los aditamentos, de que siendo el arco de sillería, se les dé á las paredes la sexta parte del diámetro, y los estribos se cumplan hasta su tercio; y siendo la bóveda y arcos de ladrillo de rosca, se dé á las paredes la séptima parte del diámetro, y los estribos hasta el tercio sin exceder de aquí; pero en bóvedas y arcos de piedra, se les dé lo dicho arriba á las paredes, dejando libertad á exceder en los estribos, dándoles mas que el tercio y menos que la mitad. En bóvedas que han de ser tabicadas de ladrillo, dicen que se les dé á los estribos la cuarta parte de su diámetro, y á las paredes la octava (véase Fray Laurencio de S. Nicolás en su primera parte de Arte y uso de arquitectura, cap. XX, folio 52 y 53, donde supone sea la vuelta de medio punto). Digo, pues, que segun las unas opiniones y las otras, no se halla conformidad entre ellas, ni altura determinada para los pies derechos, sobre quien han de cargar los arcos; porque puede ser tanta la elevacion de los estribos y asientos de los arcos, que aunque se les dé de grueso la mitad de su diámetro, los puede abrir de arriba una simple bóveda de ladrillo, por la fuerza que hace hácia abajo, sirviendo como de cuña contra los estribos de sus lados; y todo esto se remediará obrándolo todo por la práctica siguiente.

De las estribaciones de los arcos por reglas experimentadas.

Sean los mismos arcos antecedentes, cuyas claves son A del escarzano ó rebajado, V del esférico y X del apuntado, y el diámetro de todos la misma recta M N, cuyo centro es H: sea la altura de las paredes L M ó R N, igual al diámetro M N, que es la que regularmente se da en los templos, hasta los arrancamientos de los arcos torales, siendo el templo de una nave. Tómese la mitad del diámetro, que es la distancia M H, y desde M, como centro, hágase el cuadrante de círculo D K, y sobre este se cortarán las estribaciones de todos los arcos formados sobre el diámetro M H, tirando del medio de cada arco una recta que pase por el ángulo M, hasta que corte la cuarta de círculo DK en algun punto, y habiendo tirado las sobredichas rectas se halla, que el arco rebajado A corta el punto C, el esférico V corta en P, y el apuntado X corta en Q: tírese por el punto Q, la recta FQ6, paralela al lado ML, y la distancia de entre estas dos paralelas, es el grueso que deben llevar los estribos del arco apuntado X, cuya altura será suficiente si se levanta al punto 6 que tenga á la mitad de la perpendicular HX, y macizando el estribo, segun la recta 6X, cuya inclinacion se encamina al punto X, altura de la parte cóncava del arco, quedará con toda firmeza su estribacion, sin tener necesidad de levantar hasta O, como se ha hecho por el lado opuesto: hágase la misma diligencia con el arco esférico, tirando por su punto P la recta GP7, paralela al lado ML, y la distancia de entre estas dos paralelas será el grueso de sus estribos, levantando tambien su altura hasta la mitad del arco, segun su perpendicular HV, á cuyo nivel corresponde el punto 7, que se macizará tambien, segun la inclinacion 7V. Tírese últimamente la recta SC8, con las mismas circunstancias que las antecedentes; y entre esta y la ML, se halla el grueso del estribo para el arco rebajado en A, y la altura 8 corresponderá, segun las antecedentes, á nivel de la mitad de la altura que hay de H á A, y se macizará el estribo por la recta inclinada 8A, con cuyas estribaciones resultan por cada lado las partes siguientes.

Supónese, que el ancho de la nave LR tenga 60 pies, y la altura de R á N tenga otros 60 (que se hallarán midiéndolo todo con el pitipie formado de 40 pies, como parece en la figura). Para saber las estribaciones del lado R, véase qué grueso corresponde á cada uno de los tres arcos por el pitipie, y se halla que el arco apuntado X, tiene su estribo de R á F, cuyo grueso es 13 pies y medio; pero su diámetro es 60. La RG es el estribo del arco esférico V, y tiene de grueso 15 pies cabales, y estos mismos son la cuarta parte de su diámetro; luego esta estribacion solo podrá servir para bóvedas de ladrillo, y no para las de piedra, y esto ha de ser no siendo su altura mas que el cuadrado MLNR, que si hubiere de bajar hasta B, necesita de mas estribacion, como se dirá despues. Y últimamente, habiendo de ser el arco rebajado en A, le toca de estribo lo ancho de R á S, el cual se halla tener 19 pies, que para ser el tercio del diámetro aun le falta un pie; de que puede inferir cualquiera inteligente, que ninguna de las tres estribaciones son suficientes para tales arcos, y que escasamente podrán sufrir las bóvedas tabicadas, aunque sus arcos torales sean de ladrillo de rosca, pero sin darles demasiada, y aun será mejor, que terminada cualquiera rosca del grueso que se le hubiere de dar, que se proporcionará segun la calidad de los materiales de que se hubiere de construir, se dé la mitad de ella á cada estribo, aumentándole este grueso por la parte exterior, y no le dañará, aunque á los estribos se les dé de mas grueso todo el que tuviere la rosca, con lo cual no habrá que temer la falta de empujes, evitando con esto las muchas ruinas que por falta de ellos han acontecido.

Para las bóvedas ó arcos de piedra, será suficiente la estribacion del lado L M, pues al arco apuntado, cuya estribacion es F L, se le hallan por el mismo pitipie 15 pies, que son la cuarta parte del diámetro, y al estribo del esférico V, se le hallan 20 pies y dos tercios, ó tres cuartos de otro pie, que es poco mas que el tercio, y al rebajado A le vienen 28 pies y medio, como se hallarán todas las medidas por el pitipie; luego á este último arco le viene cerca de la mitad, que siendo esta 30, y la estribacion de él desde L á S, 28 y medio, solo le falta uno y medio para su mitad, cuyas partes son suficientes, y tengo experiencia para poderlo asegurar, pues en los arcos que he construido por esta regla, se hallan en el dia tan firmes, como acabados de construir.

Si la altura excediere, como de L á E, se sacará el punto 4 de la clave del arco esférico V, por el nivel de la altura cóncava del arco; la cual corta al lado L M, alargado en 4: por este punto, y el punto G, asiento del estribo sobre la L R, tírese á discrecion la recta 4 G, y corta á la B E continuada en *g*, y la distancia E*g* será el grueso del estribo para el arco esférico V, cuya altura hubiere de ser hasta sus arrancamientos, como la de E á M, y si hubiere de ser mas, se alargará mas abajo la G*g*, y

si hubiere de ser menos, la cortará su pavimento con una línea paralela entre L y E. Con el arco apuntado se obrará lo mismo con la línea 5 F, y cortará su planta en T. Para el arco A, tírese de su asiento S, la recta S S, paralela á la G*g*, del arco esférico, y la S E será la planta de su estribo, cuyas líneas se levantarán de escarpa desde E á L, con lo cual queda el edificio con toda firmeza para obras de sillería. Para las de ladrillos, segun se ha dicho antes, se obrará lo mismo á la parte opuesta, y será la escarpa del arco apuntado (segun baja la recta 5 F) la inclinada F T. Para el esférico V (segun la línea 4 G) será su escarpa G T, y para el rebajado A, será la escarpa S S, paralela á la del esférico V (que es la G T), y en ambos lados son las basas de las escarpas del arco apuntado las porciones Y T, y á esta correspondencia son las demás basas de los restantes arcos, sucediendo lo mismo con cuantos se quisieren formar sobre el diámetro M N. Nota, que las estribaciones de que se ha tratado, son para arcos y bóvedas de los edificios de templos y obras que se pueden construir en terrenos secos, ó libres de inundaciones; pero en obras de agua, como son los puentes sobre rios caudalosos, no alcanzan aquellas estribaciones (por muchas circunstancias que serian largas de explicarse); por lo que es preciso dar regla para la seguridad de tales obras, pues hasta ahora, cuantas he visto son variables, porque unos dan al macho de cada arco la mitad de su diámetro; y esto aunque es seguro, impide mucho al curso del agua por mucho grueso: otros varían á su gusto dando lo que se les antoja; y así, para dar á estas obras una estribacion competente, se obrará de esta forma.

Sea el arco esférico de un puente MVN: hágase su cuarta de círculo DK en la misma forma que antes, y en la parte opuesta tómese el tercio del arco en O, y tírese la OM que corta el cuadrante en el punto 9: levántese la recta 9, 9, paralela á la perpendicular HV, y entre ésta y el lado ML, se halla el estribo que se desea; cuyo grueso es 26 pies de los 60 del diámetro del arco, de que resulta ser mas que el tercio, y menos que la mitad; y tirando horizontal O9, se halla lo que se ha de macizar en sus enjutas; con lo que á este libro segundo se da fin.

Fig. 36.

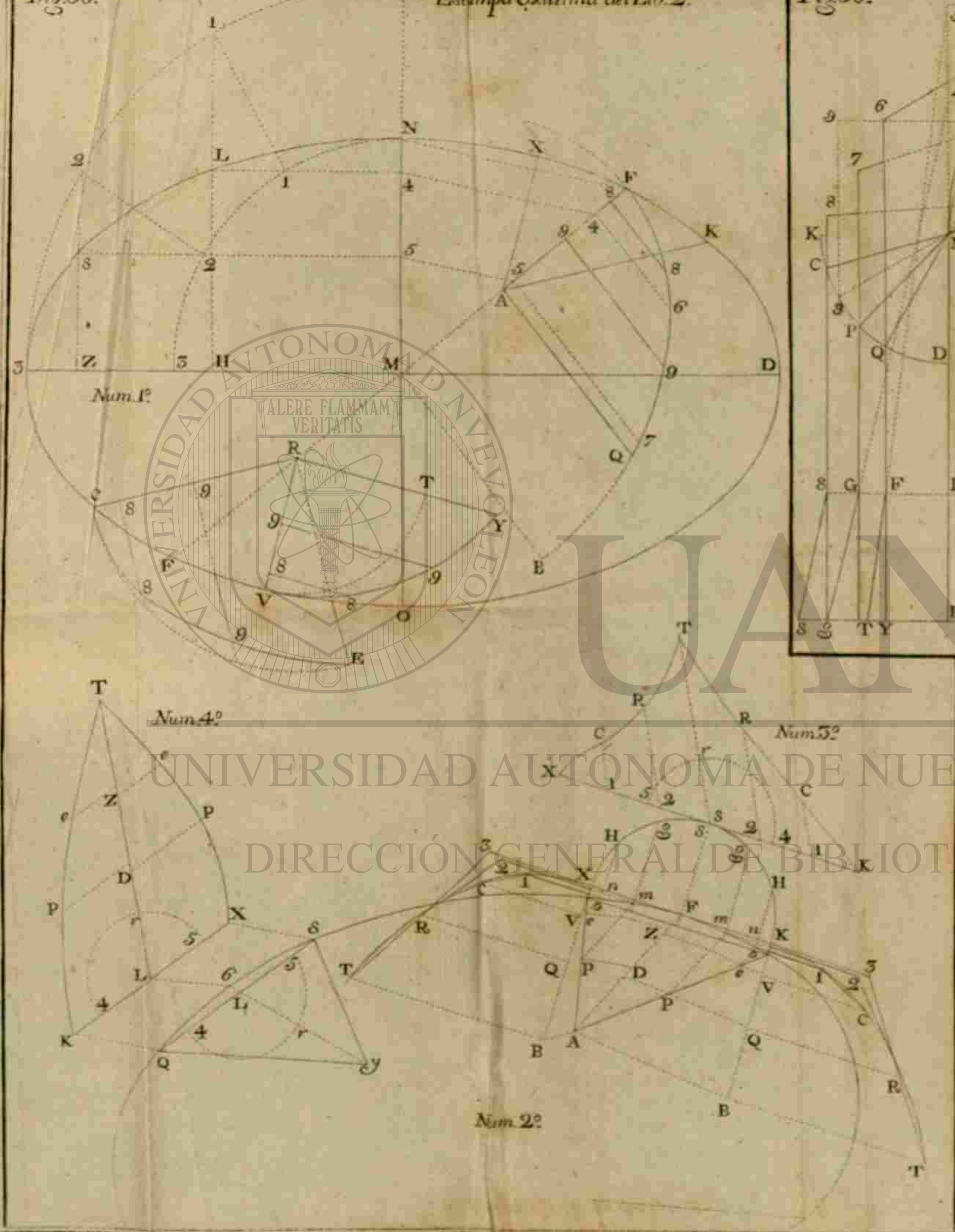


Fig. 38.

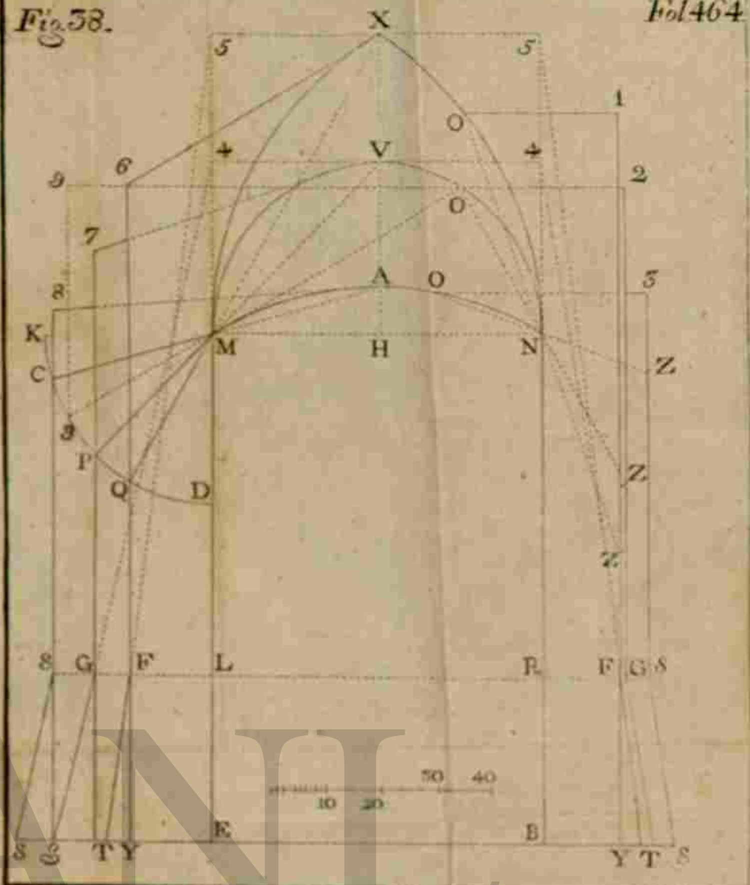
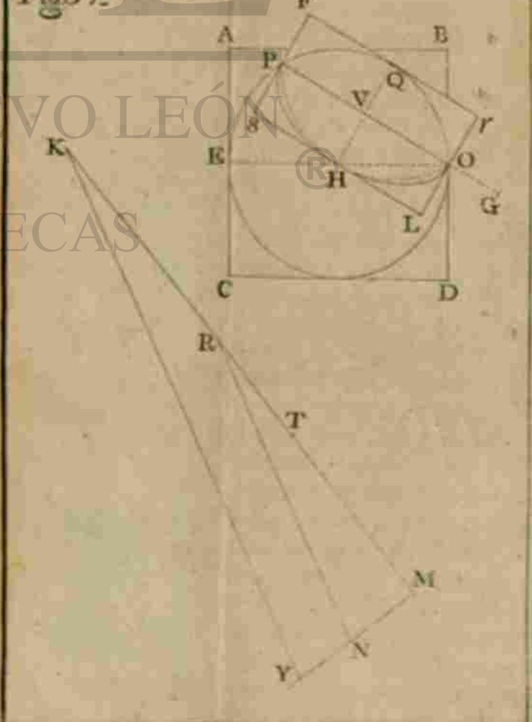
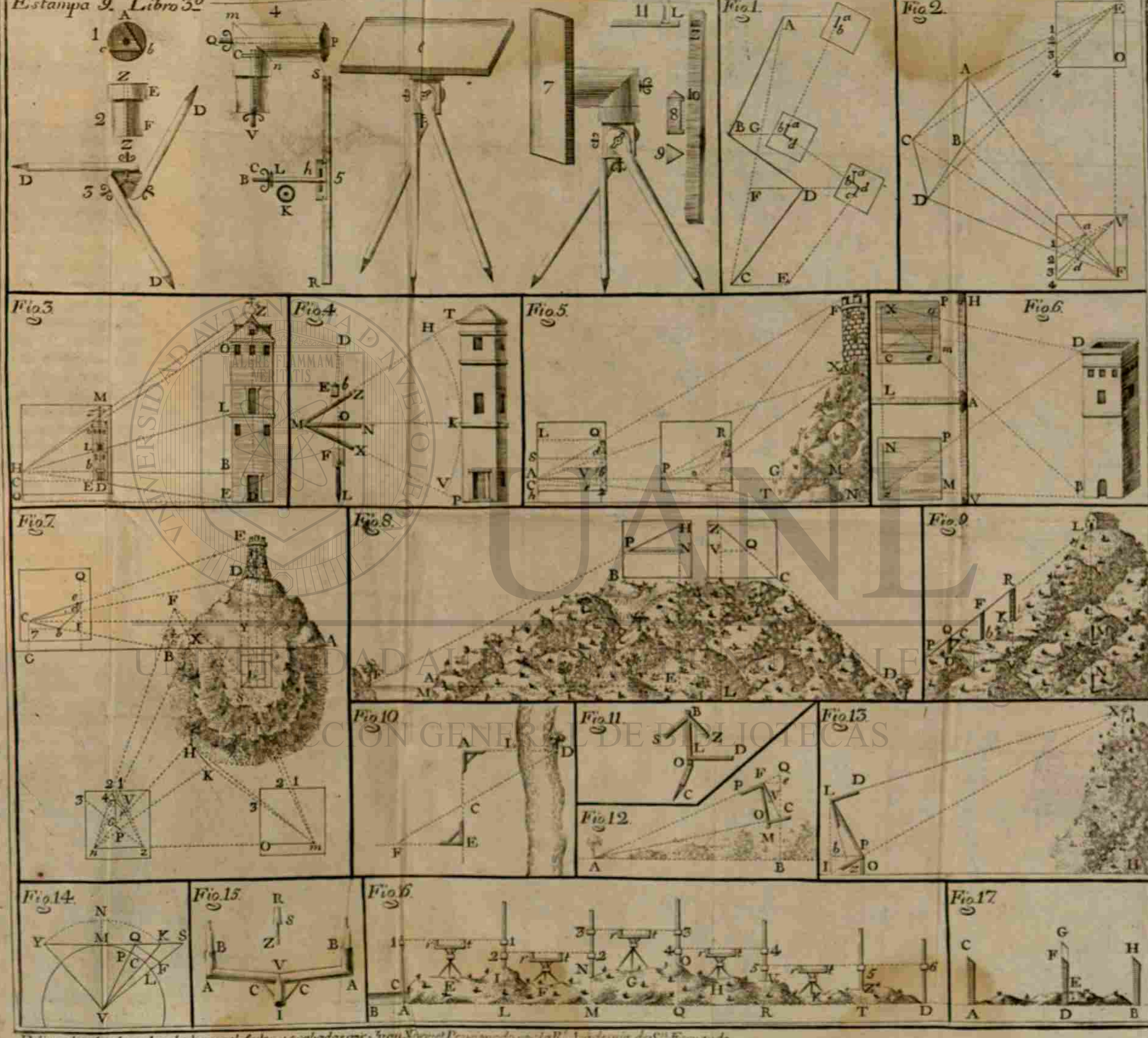


Fig. 37.



Estampa 9. Libro 3º



Delineada esta y las antecedentes por el Autor, y grabadas por Juan [illegible] Premiado por la R.l Academia de S.n Fernando.

LIBRO TERCERO.

TRATA DE MEDIR DISTANCIAS, PROFUNDIDADES Y ALTURAS ACCESIBLES É INACCESIBLES, POR EL USO DE LA PLANCHETA Y POR OTROS INSTRUMENTOS SIMPLES: DANDO FIN Á ESTA OBRA CON LA PRÁCTICA DE NIVELAR PARA CONDUCIR LAS AGUAS Á FERTILIZAR LOS CAMPOS.

Es tan esencial la parte de este libro para las prácticas de los ingenieros, que sin ella no se pudieran tener por tales; y aunque son muchos y varios los instrumentos que se han inventado para sus operaciones, no se ha descubierto otro mas útil que el de la plancheta, por cuanto en su práctica no se necesita de mucha aritmética ni estudio, como para otros instrumentos, pues con solo entender algo de geometría práctica, tendrá bastante cualquiera operante á poco discurso que le acompañe, como se verá por las proposiciones, del capítulo siguiente.

CAPITULO I.

En este capítulo se expresan las prácticas mas principales de medir con la plancheta todas las distancias, profundidades y alturas de los edificios y montañas que se presentaren á la vista; estas medidas se obran por el aire, para cuyo efecto será bien que antes de entrar en las operaciones, se declare la fábrica de este instrumento, que es como se sigue.

Explicacion de la plancheta y su fábrica.

La plancheta se arma de varios modos; y para medir con sola una basa (sea horizontal ó vertical) todas las distancias, profundidades y alturas que se descubrieren de los dos extremos de ella, se armará con las piezas siguientes.

(Núm. 1.) Este es las plantas ó superficies de un zoquete de madera firme y sólida, cuyo diámetro sea de cuatro dedos, poco mas ó menos, y su largo ó altura de ocho á doce, que se labra perfectamente redondo, y sus dos testas muy llanas, y á escuadra con sus lados, quedando las dos superficies paralelas entre sí, y por el centro se pase un barreno perpendicular á las dos superficies, como se demuestra en el centro de esta figura: En la una de dichas superficies se traza el triángulo equilátero A*bc*, á cuyas líneas ó lados se les da un corte de sierra hasta los dos tercios, ó tres cuartos de lo largo del cilindro, por cuyas

partes se cortan los tres segmentos de entre las rectas A*b*, &c., y la parte de circunferencia que á cada una corresponde: de modo, que los cortes de las líneas del triángulo sean paralelos á los lados del cilindro, ó perpendiculares á las frentes ó testas llanas, y los cortes para echar fuera los dichos segmentos sean paralelos á las testas.

(Núm. 2.) Demuestra la altura del zoquete; la parte superior E será círculo, y la F será triángulo equilátero; y de Z á Z pasa un barreno ZZ, como se demuestra con líneas de puntos. Este zoquete se debe labrar por todas sus partes con mucha perfeccion, al cual le dan el nombre de maceta.

(Núm. 3.) Demuestra los tres pies que se fijan á las tres frentes del triángulo equilátero de la maceta, cuyo largo de cada uno debe ser de cinco pies, poco mas ó menos, y su grueso de dos dedos, haciendo algo mas disminuidos los extremos D, donde se fijan unas puntas de hierro para clavar en la tierra. Estos tres pies han de ser redondos, ó de esquinas rebatidas, menos la parte que asienta en la maceta, que esta se debe ajustar en las frentes del triángulo equilátero, como se demuestra en las figuras 6 y 7, y todos los tres pies deben tener juego movible, para lo cual se aseguran con los tornillos y tuercas, como se manifiesta en la figura de este número 3. El modo de poner los tornillos en la maceta puede ser de varias formas; una de ellas es entrando á rosca, pero de ningun modo se ha de embarazar el barreno del centro, como todo se vé claro en dicha figura; con este artificio se tiene el pie de tres pies iguales para asentar sobre ellos la plancheta y nivel de agua, para las operaciones horizontales, mas como tambien ha de servir para las verticales, es preciso unirle la pieza siguiente.

(Núm. 4.) Esta figura es otro zoquete de madera igual á la maceta antecedente; su grueso debe ser igual al diámetro del círculo de la maceta, cuya union con ella es en la línea C *n*, y todas sus partes exteriores serán cilíndricas, menos los asientos C *n* y S P, porque esta pieza ha de poder dar vueltas horizontales sobre la maceta *n* V, que ha de estar firme, y solo moverá la pieza P C, con el macho y tuerca C V, que es la que atraviesa el centro de la maceta: la parte que le corresponde en la pieza C P, se sujeta con una hita de hierro, que cruza en el ojo del macho C V, como se demuestra en C; lo largo de esta pieza puede ser arbitrario, de modo, que cuando se arme la plancheta vertical, como en el número 7, no toque en ninguno de los tres pies; á esta se le fija la plancheta por la testa P, sujetándola cuando fuere necesario con la tuerca Q, como todo se demuestra en las propuestas figuras.

(Núm. 5.) En esta figura se manifiesta la plancheta vista de canto, que no es otra cosa que un tablero ó mesa de dos pies de largo, y los mismos de ancho, aunque puede ser mayor ó menor á gusto del artífice, y cuanto mas grande

fuere, tanto mejor se harán con ellas todas las operaciones; su largo en esta es como R S: por su centro se le cruza de parte á parte una barra de madera como *h*, la cual sirve para meterle en su centro el macho de hierro B *h*, y para que se una con la plancheta se le pone la hita *h*, como se ha hecho en la figura antecedente con la C; á la barra *h* se le puede rebajar toda la madera que sobrare del asiento de la maceta para afuera; bien que esto solo puede servir para aligerar el tablero, mas no para seguridad de la mesa. Para que las tuercas no coman la madera de las piezas cuando se aprietan unas con otras, se pone por B, antes que la tuerca C, la chapa de hierro L, cuyo plano es K, y de estas chapas se deben poner delante de todas las tuercas del instrumento.

(Núm. 6.) Demuestra la plancheta armada para medir todo género de distancias; en esta no es necesaria la pieza del núm. 4.

(Núm. 7.) Demuestra la plancheta armada para medir alturas y profundidades: esta necesita de todas las piezas que se han declarado arriba, por tener que dar vueltas horizontales y verticales; la antecedente solo necesita de darlas horizontales: á mas de la plancheta se necesitan de las piezas siguientes separadamente.

(Núm. 8.) Este es un triángulo equilátero de madera, con las esquinas bien derechas y vivas, y sus basas llanas y á escuadra con los lados; y si pareciere se le puede sajar una de las esquinas, dejando en los extremos alguna pequeña parte de vivo, por el cual se atará una hebra de seda negra, ó cordon de cerda de cola de caballo, como se demuestra en la línea de puntos, aunque esto no es preciso, por poder hacer lo mismo con el vivo del ángulo sin sajarse. Luego se hará una regla, como se demuestra en el número 10, y en cualquiera extremo Z, se le meterá bien firme otra reglita que observe los cantos de la regla sin inclinarse mas á uno que á otro, de modo que haga esquina viva en ambos lados, como se representa en el plano Z; y levantada se demuestra en L número 11, sobre la dicha regla vista de canto. El número 9 demuestra el plano del triángulo del número 8, cuya altura puede ser de 4 á 6 dedos, y no importará que en lugar de triángulo sea de cualquiera otra figura, mientras tenga una esquina viva perpendicular á la basa de su asiento. Este triángulo se asienta en el punto necesario del papel, ajustando su ángulo sobre el dicho punto; y teniéndole firme, se le arrima la regla del número 10, la que se va moviendo contra el dicho triángulo, hasta que el vivo del ángulo, que toca la regla con el lado de la pieza L puesto en Z, cuya planta es el triángulo 9, corte con una visual el objeto que se midiere, al cual se tira una recta á discrecion por el canto de la regla del número 10, cuya operacion se repite á todas las distancias que se hubieren de medir desde el mismo punto, sin que la plancheta se mueva de aquel lugar, como se declara y prueba mejor por las operaciones de las proposiciones siguientes.

Nota. Es tan simple de comprender el uso de

la plancheta (que al fin no es mas que una mesa) y tan fácil su manejo, que ha parecido necesario, para que lo pueda conseguir el principiante, añadir las seis proposiciones siguientes con sus figuras. Por no haberlo explicado nuestros mayores se ha ignorado lo útil y necesario que es para tomar un terreno con exactitud y á poco trabajo; tanto que bien manejado dicho instrumento, se pueden saber todas las líneas y demarcaciones sin necesidad de ir á medirlas; cosa casi increible y digna de admiracion como se verá.

PROPOSICION I.

Medir sobre el terreno un ángulo inaccesible (suplemento de la estampa IX, fig. 1).

Sea propuesto el ángulo A B C; tírese una línea de direccion sobre el terreno, y sea HL, y puesto el instrumento plancheta sobre el punto HE, se mirarán por las pínulas los puntos A B C, y señalando estas visuales en el papel incluido en el instrumento; hecha esta operacion, se pasará el instrumento al punto L, en donde tambien caiga perpendicularmente sobre la D, en donde se hará la misma operacion mirando los puntos A B C por las pínulas del dicho instrumento, mirando desde el punto D, como se hizo antes mirando desde la E á los dichos puntos A B C, y cortarán estos las visuales antecedentes en los puntos 1, 2, 3, y con un semicírculo graduado se sabrá la cantidad que comprende el ángulo

ABC; y si se tomase una distancia conocida de la línea HL, se sabrá la distancia BC, quedando formado dicho triángulo, que figuran los puntos 1, 2 y 3.

PROPOSICION II.

Dividir en dos partes iguales una línea inaccesible (suplemento de la estampa IX, fig. 2).

Para dividir en dos partes iguales la línea AB sobre el terreno, se tomará á voluntad dos puntos, y sean DE, los que se deberán poner lo mas posible que se pueda igualmente distantes de la línea AB, cuya distancia de uno á otro sea 200 pies; póngase el instrumento sobre el punto D, como en la figura antecedente; y tírese la DA, DE, y mudando el instrumento sobre el punto dado E, se tirarán las visuales EB, EA, y de los puntos donde se encuentren las antecedentes, se tirará la recta AB sobre el papel, la que con un compás se dividirá en dos partes iguales por el punto O, por el cual, y el punto E, se tirará la recta E, O, C, la que dividirá la línea AB en el punto C en partes iguales; con este mismo método se dividirá en otro cualquier número propuesto.

PROPOSICION III.

Tirar por un punto dado fuera de una línea inaccesible una perpendicular (suplemento de la estampa IX, fig. 3).

Sea la línea dada AB, y del punto C, siéntese el instrumento como en las antecedentes en la línea de direccion HE sobre el punto E mirando por las pínulas los extremos de la línea AB, y á esta se llegará una perpendicular, y se verá qué partes de la recta de direccion corta, y poniendo el punto de la aliada en este punto, y el correspondiente de la línea HE, y guiada esta línea EA, cortará á la AB en ángulo recto, y quedará en el papel del instrumento señalada la ABD, como arriba.

PROPOSICION IV.

Medir una línea accesible sobre el terreno en sus dos extremos: la línea AB *se supone accesible* (suplemento de la estampa IX, fig. 4).

En la línea AB tómese sobre el terreno un punto C, y mídase con la vara las distancias CA, CB, las que se suponen de 100 cada una y la AB de 120.

Póngase el instrumento sobre el punto C, del cual se dirigirán las rectas CA, CB, y tomando con un compás de las partes del pitipie del instrumento 10 partes, se cortarán las rectas visuales A C, B C de los 100 pies, y se tirará la recta HD, cuya distancia se sabrá por la misma línea de partes iguales, y será la H D la que se busca.

PROPOSICION V.

Medir una línea dada sobre el terreno solo accesible por un extremo (suplemento de la estampa IX, fig 5).

Sea dada la línea A B á la que solo puede llegarse al punto A.

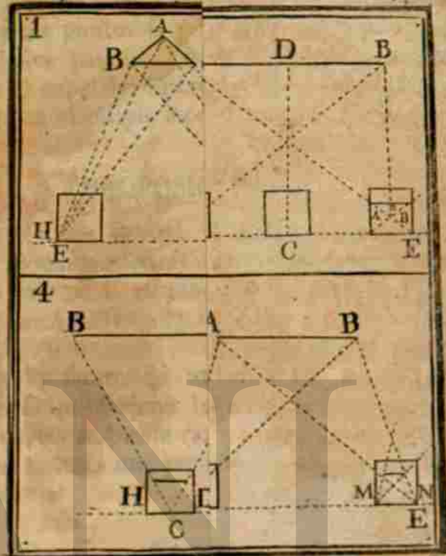
Colóquese el instrumento de suerte que la regla movible se ajuste á la línea A B, tirando por el centro de dicha regla movible una visual A D, y en ella se señalará el punto H, sobre el cual perpendicularmente se colocará el instrumento, y en esta situacion sobre él se tirará la recta B H, la que cortará á la antecedente tomando el punto C; y midiendo la recta A D, se sabrá por el pitipie la distancia de la recta N, R.

PROPOSICION VI.

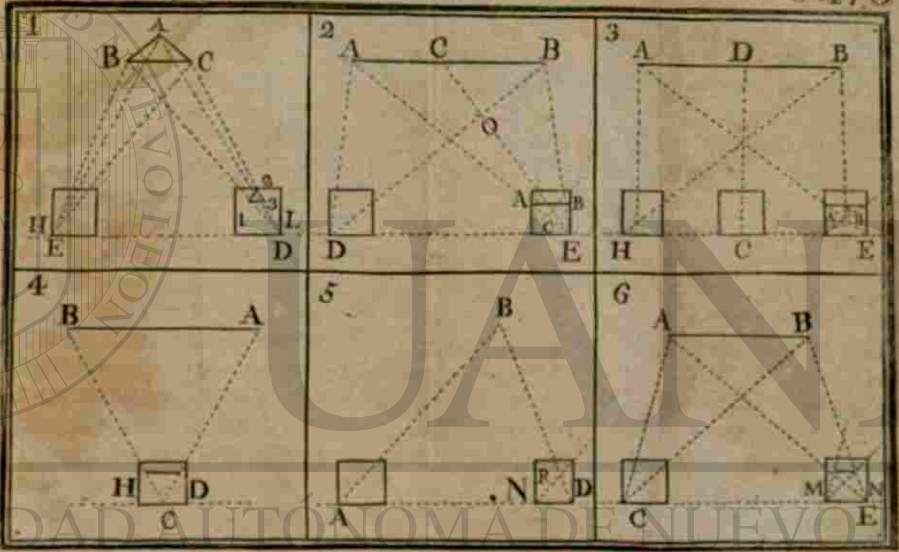
Medir sobre un terreno una línea inaccesible (suplemento de la estampa IX, fig. 6).

Sea la línea dada A B, y se escogerán dos puntos C E, y la distancia C E sea la escogida co-

Supl. de la E. F°478



ra que hay desde el plano del terreno hasta el de la plancheta, y sea lo mismo en los demás ángulos y extremos de todas las líneas de la figura, como D *d*, B *b*, A *a* (la *a b d* E es la misma figura propuesta, que se pone aparte para menos confusion del principiante). Tírese en el papel á discrecion desde el puunto *a* (que debe es-


1
A
B C
2
3
1 L
H
E D
2
A C B
Q
A B
C
D E
3
A D B
C B
H C E
4
B A
H D
C
5
B
N
F D
A
6
A B
M N
C E

PROPOSICION VI.

Medir sobre un terreno una línea inaccesible (suplemento de la estampa IX, fig. 6).

Sea la línea dada A B, y se escogerán dos puntos C E, y la distancia C E sea la escogida co-

nocida de 200 pies: colóquese el instrumento sobre los dos puntos C y E, como se hizo en las operaciones pasadas, hasta encontrar la recta A B en el papel del instrumento que será M N, y tendrá por el pitipie su distancia.

PROPOSICION VII.

Hacer la delineacion de cualquiera camino, zanja ó barranco, siendo accesible por el uso de la plancheta (Fig. 1).

Sea la figura de un camino, rio, barranco &c., la que forman las rectas A B C D, por cuyas partes se puede caminar libremente, y se pide que se haga una puntual delineacion de aquel terreno.

Operacion.

Póngase sobre la plancheta horizontal un pliego de papel pegado con obleas, cola ú otra cosa; imagínese que la recta de puntos C E es la altura que hay desde el plano del terreno hasta el de la plancheta, y sea lo mismo en los demás ángulos y extremos de todas las líneas de la figura, como D d, B b, A a (la $a\,b\,d$ E es la misma figura propuesta, que se pone aparte para menos confusion del principiante). Tírese en el papel á discrecion desde el puunto a (que debe estar sobre el extremo A del terreno), al ángulo B la recta *ab*, y córtese esta recta en el papel de tantas partes del pitipie, que se proporcionare para el papel, como pies, varas ó toesas tuviere la A B sobre el terreno, y llevando la plancheta al ángulo B, ajústese la recta *b a* del papel, sobre la B A del terreno, cuya operacion es fácil poniendo los tres pies de la plancheta de modo que el punto *b* del papel caiga verticalmente sobre el ángulo B del terreno, y haciendo dar la vuelta necesaria á la plancheta sobre los tres pies (que ya se suponen fijos sobre el terreno) se apretarán todas las tuercas, y quedará la plancheta y pies firmes; asiéntese el triángulo 8 sobre la plancheta, de modo que uno de sus ángulos caiga sobre el punto B, segun la planta del número 9, y arrimándole á este la regla del número 10, se moverá por *z*, sin que se aparte del punto que toca el ángulo del triángulo 9, hasta que la regla corte por el vivo *z*, la cual tirada sobre el papel por el canto de la regla (que se hará con un crayon ó lápiz), se cortará esta en el papel, que será la *bd*, de tantas partes iguales de su pitipie, como pies, varas ó toesas tuviere la B D sobre el terreno. Pásese la plancheta al ángulo D, y segun se ha hecho la operacion antecedente, se ajustará la *d b* del papel sobre la D B del terreno, y se tirará la *d c* en el papel, proporcionada como las antecedentes, con la D C del terreno, y se habrá concluido con esta delineacion del papel.

Sobre estas operaciones se han de notar las

siguientes que se pueden practicar por los mismos términos.

1. Si dado el vestigio ó plano marcado sobre el papel para una fortificacion real, ó figura del terreno que incluye el estado de un señor, ó cualquiera otro edificio que antes se tuvo marcado sobre el terreno, y por haber pasado mucho tiempo se perdieron las marcas de los ángulos, habiendo quedado solo las dos de los extremos A C, y el que hizo la marcacion en el terreno y papel no entendia de valor de ángulos; pero advirtió, que por si llegaba este caso era preciso tirar en el terreno las rectas ocultas A C, F D, B G, y estas mismas describió en el papel, notando sus medidas; pues adviértase que con esto tiene lo que necesita para volver á marcar su plano como lo tuvo antes, porque asentando la plancheta sobre el punto A, que caiga sobre este su correspondiente *a* del papel, ajustará la oculta *ac* del papel sobre la A C del terreno, y en esta encontrará los puntos ocultos que debió dejar marcados con algunas estacas metidas en la tierra en los ángulos G y F, y con solo uno de estos que encuentre con el del extremo A, ó si este faltare, cualquiera otro que sea parte de la oculta A C, señalará la recta A C en el terreno, segun la tiene con sus medidas en el papel, y desde A alargará á discrecion la A B, segun le guie la *a b* de la plancheta (despues que la tenga ajustada con la oculta A C) y cortando A B con un piquete en B, de los pies que le diere la razon del plano del papel, muda-

rá la plancheta á B, y obrará las mismas operaciones que antes se practicaron, con las cuales habrá hecho su delineacion puntual, habiéndola trasladado del papel al terreno, y siendo un recinto, como se ha dicho, continuará por todas las líneas de su contorno, hasta que haya cerrado toda la figura.

2. Si el recinto se hubiere de tomar en el papel, y no se pudiere caminar por estar levantadas las líneas que forman la figura con algunas paredes, se tirarán á 3 ó 4 pies de ellas las paralelas E*d*, *db*, *ba*, y sobre estas líneas y ángulos se hará la delineacion en el papel, y en el plano que en este saliere se reducirá con las medidas del pitipie á las del terreno, inscribiendo fuera los 3 ó 4 pies mas adentro, si se hubieren hecho las operaciones por la figura, ó al contrario, si se hubieren hecho por la parte de adentro, y así se hará en todas las operaciones semejantes.

PROPOSICION VIII.

Tomar en papel el plano del recinto de cualquiera figura, siendo inaccesible, y en terreno llano (Fig. 2).

Medidas inaccesibles son aquellas que por algun embarazo, ó estar ocupadas de enemigos, no se pueden llegar á ellas, á lo menos en la distancia que alcanza la bala de un cañon de artillería; esto supuesto, se pide, que desde los dos

puntos E, F se midan las líneas de la figura A B D C, y se tome el plano de ella en papel con toda exactitud.

Operacion.

Asiéntese la plancheta horizontal sobre el punto E, con su pliego de papel pegado en el plano de ella; siéntese sobre dicho punto el triángulo del núm. 8, y por él tírese con la regla del núm. 10, al punto F, la recta E O (que se marcará sobre el terreno con algunos piquetes, como se demuestra con la recta de puntos); mídase sobre el terreno dicha recta de E á F, y tenga por caso mil varas; hágase la E O en el papel de mil partes iguales por medio de un exacto pitipie, y en esta disposicion se apretarán todas las tuercas, dejando firme la plancheta, y la línea E O encaminada al punto F. Del punto E á todos los ángulos de la figura tírense las visuales E A, E C, E B, E D, y quedarán señaladas en el papel de la plancheta en los números 1, 2, 3, 4: múdese la plancheta al otro extremo de la basa que es el punto F, sobre el cual corresponde ahora el punto O (que es la basa del papel, y V corresponde ser el otro extremo E); ajústese la F V de modo que corte el punto que se dejó en E, como se demuestra en la figura, y sentando el triángulo del número 8 sobre F, se tiran con la regla del núm. 10, á los mismos puntos de antes las visuales F A, F C, F D, y en los puntos donde estas se encuentran, con sus correspondientes de antes, que son en las de los números 1, 2, 3, 4, se cortan en ellos los ángulos de la figura, la cual se delineará en el papel de la plancheta, como parece en ella; y como la basa del papel es dividida en mil partes, como la del terreno en mil varas, con ella se medirán todos los lados de la figura, y demás distancias de las líneas del papel, con cuya diligencia se sabrá las varas de cada una de ellas, y por esta práctica se obrarán cuantas se ofrecieren en medidas horizontales.

Nota, que por lo regular nunca se pueden describir todos los ángulos de la figura que se mide, y para conseguir el que se vean todos, se cortan otros puntos desde los E, F, uno á la parte de A, y otro á la parte de D, y poniendo en estos la plancheta, ajustadas sus líneas á las que se cortaron dichos puntos, se van midiendo otros que se descubren nuevamente, y así se puede levantar el plano de cualquiera reino ó provincia, con solo medir la primera basa, como por ejemplo: Desde E y F se cortaron los puntos A y D; llévese la plancheta al lugar D, y la recta del papel *d* F; ajústese á la visual D F sobre el terreno, y habiendo obrado bien las primeras operaciones, se hallará, que la *d a* del papel se ajusta con la D A de la figura del terreno; y la *d* V con la D E, y así las demás: luego tirando del punto D líneas visuales á todos los lugares que se descubrieren, y marcándolos en el papel, se mudará la plancheta al lugar A, desde el cual, obrando las operaciones como se ha hecho antes, se medirán las nuevas distancias que se desea, y

desde ellas se continuarán midiendo otras infinitas; y pintando en el papel las figuras que se fueren descubriendo, se formará un plano á toda perfeccion de cualquiera terreno de la campaña.

Nota mas; que estas operaciones solo sirven para planos horizontales mas no para demostrar en ellos las alturas ni profundidades, como las ponen regularmente todos los que obran estas prácticas, porque hay mucha diferencia de medir líneas horizontales, á medirlas inclinadas, como se verá en la práctica de la figura 7.

PROPOSICION IX.

Medir alturas y profundidades por el uso de la plancheta, cuando por alguna parte pueden ser accesibles (Fig. 3).

Pídese que del punto H se midan las alturas de la torre grande E Z.

Operacion.

Póngase la plancheta vertical, como se representa en el número 7, de modo, que el plano de ella quede perpendicular al horizonte, y que por él se corte visualmente toda la altura de la torre, desde su planta E, hasta la bola Z: tírese del punto dado H, la horizontal H B, que cortará en la torre el punto B: tírense tambien á las demás partes de la torre las visuales H E, H L, H O, H Z, y dejando quieta la plancheta, elíjase en el plano de ella cualquiera punto M, del cual se tirará á plomo la vertical M D, y el punto donde se cruza esta con la visual H Z, será el que corresponde al centro de la bola de la torre, que se nota en el papel tambien con z; mídase en la torre la distancia que hay desde E hasta el medio de ella, que será el punto D (medio de la puerta) y haciendo un pitipie proporcionado para el papel de las partes iguales, que correspondieren á los pies, que hubiere de E á D en la torre grande, se cortará de esta medida, por el dicho pitipie, en el papel la distancia D E paralela á b H. Del punto E levántese en el papel la recta b L o paralela á la D z, y esta corta todas las partes de la torre, como parece en la figura, y tirando la E C paralela á la horizontal H B, será la línea correspondiente á la planta que carga la torre, la cual se puede delinear en el papel por los puntos que en ella se han cortado, con las mismas proporciones y medidas que lo está la torre que se ha medido, hallando tambien las alturas y ancho de las ventanas, como se ha hecho con las demás partes; y con la línea E D, que es el pitipie del papel, se medirán todas las líneas de él, y se sabrá todas las alturas y profundidades de la torre, como tambien las distancias que hay por el aire de unas partes á otras, por ser todas las líneas del papel proporcionales con las que se imaginan ir por el aire, pues la H C es proporcional con la H Q, como la C E con la Q E que llega hasta el pie de la torre, y lo mismo sucede con todas las demás líneas, como tambien con los triángulos, porque el triángulo E C H del papel es proporcional, y semejante al E Q H su correspondiente, como H E o del papel á H E O, formado por el aire, y así de los demás; luego midiendo las líneas del papel por su pitipie, se sabrán los pies de las líneas que van por el aire, por tener conocidos los pies que hay en la planta de la torre de E á D, y ser el diseño del papel la E D proporcional á la dicha de la torre.

Nota, que siempre que las mayores líneas estuvieren sobre el punto del papel, como lo está la oblicua H O sobre la horizontal H b, serán alturas, como lo es bo sobre el punto H, y si aquellas cayeren debajo, como H E, serán profundidades, como de b á E, ó su igual H C, siendo esta proporcional, como lo es con H Q, igual á B E, en la torre grande.

PROPOSICION X.

De la práctica que se debe usar para no cometer errores en las mismas medidas que se obran por el aire, cuando los objetos están en distintas alturas (Fig. 4).

Habiendo observado que todos los operantes cuando miden las distancias ponen su plancheta horinzontal, y sin reparo de cometer error miden cuantos objetos se les presentan á la vista, poniendo en papel los edificios, montes y valles, sin reparar á la diferencia que hay de unos lugares á otros; y porque de cualquiera basa, sea horizontal, ó sea vertical, se pueden medir todas las distancias, profundidades y alturas que se descubrieren de los dos extremos de la basa, se deben observar y tener presentes las operaciones que (segun los lances) hayan de servir para obrar con acierto, que serán como se sigue.

Si del punto M (Fig. 4) se hubieren de medir las distancias M P, M K, M T (que todas se suponen estar muy lejos del punto M; pero los puntos P, K, T, se hallan todos sobre una misma línea vertical P T), no se harán bien las medidas si para cada distancia no se encamina el plano de la plancheta á su lugar correspondiente; y para inteligencia de esto supóngase que la plancheta vista de canto es M O N, que se halla puesta horizontalmente, y en esta disposicion se tirará la visual M N K; para el punto P se bajará el extremo N á X (sin que se mueva de M), y siendo la direccion del plano de la plancheta, segun la inclinacion M X, se halla encaminado al objeto P, y para cortar el punto T se encaminará el plano de la plancheta por M Z, que forma la línea visual M Z H, la cual concurre en T. Con esto saldrán con toda precision las medidas que se obraren, pues de hacerlas como es costumbre, se padecen los errores que se manifiestan en la misma figura; porque si de la plancheta horizontal, como M N, se tira una visual á la torre P T, y se corta la distancia de los dos puntos de la basa en K, dicen, que la distancia que hay desde M hasta la torre, es la línea M K, porque esta regularmente, como está lejos, corta con la visual la torre de alto á bajo en T y en P, y luego la dibujan en el papel de la plancheta á bulto, obrando lo mismo con las montañas eminentes y valles profundos. Digo, que en esto se cometen bastantes equivocaciones en las medidas; pues la línea M K es igual á la M V y á la M H: luego en la M P hay la diferencia de V á P, y en la M T la diferencia de T á H: juzgue el inteligente si se cometen errores en estas medidas, y si se cometerán obrando como se ha expresado arriba, lo cual se verificará mas con la práctica de la figura 7, donde se demostrarán todas las operaciones con exactitud.

Adviértase, que siempre que se sentare la plancheta sobre alguna basa horizontal, y medidas las distancias de aquella postura, se hubieren de medir otras mas altas ó bajas, variando la plancheta, segun la inclinacion M X, ó M Z, es natural que á estos movimientos se descomponga la plancheta de la línea de la basa del terreno, por tener que levantar ó bajar alguno de los tres pies, sobre que ella carga, para lo cual, antes de continuar con las demás operaciones, es preciso acomodarla otra vez sobre su misma basa, lo que se conseguirá con brevedad obrando de este modo: Supóngase, que la plancheta, segun la postura M N, tenia el punto del extremo de su basa en O, y que habiéndola levantado á Z, sin moverse de M se subió O á *b*, y que el otro extremo de la basa del terreno es D. Téngase dispuesta una cajita, como F, de medio ó tres cuartos de pie de alto, y tres ó cuatro dedos de ancho, cuyas tapas ó superficies mayores sean de cristal, y su cerco de madera arbitrario, y dentro de ella se tendrá un perpendículo con un hilo, y su plomo pendiente, como se manifiesta en la figura: esta cajita se podrá llevar en el bolsillo, y haciendo un baston F L de 5 pies de largo, con su punta de hierro L para clavarle en tierra, y que en el cabo superior tenga una muesca, ó cosa semejante, donde se fije la caja de los cristales y perpendículo, se clavará este instrumento en cualquiera punto L, cerca de la plancheta, y que poco mas ó menos se aproxime á estar en derechura de la basa *b* D; asiéntese el triángulo E en el punto *b* del papel, y se pondrá el vivo *b* de dicho triángulo perpendicular al suelo, entreguardándolo con el perpendículo F, y asegurándolo, se irá volviendo la plancheta hasta que se acomode la línea de la basa del papel con la del terreno, cuya operacion, á poca inteligencia, se hará tambien con solo el perpendículo, sin necesidad del triángulo; y vuelta la plancheta á su lugar, se irán continuando las operaciones hasta concluir con todas ellas.

PROPOSICION XI.

Medir distancias, profundidades y alturas del todo inaccesibles, por una basa horizontal (Fig. 5).

Pídese que de una basa horizontal A V P *o*, cuyos extremos de ella son los puntos *o* y A, se

midan las alturas de una torre X F, y las de una montaña T G X, y al mismo tiempo todas las líneas que de los puntos *o*, A van por el aire á los objetos F, X, N, M, T, G.

Operacion.

Fíjese la plancheta vertical en A primer extremo de la basa, de modo, que el canto de ella ó lado A L quede perpendicular al centro de la tierra, que se logrará con el perpendículo F, de la figura antecedente; encamínese el plano de la plancheta al punto F, y tírese á discrecion en el papel la recta A Q, que continuada por el aire concurra en F: tírese tambien en la misma forma la A *d*, que por el aire corta en X; tírese asímismo la A *e*, que por el aire corta en T; tírese la AV al punto *o* (que ha de ser el otro extremo de la basa) y no tiene mas tirar esta antes que despues de las antecedentes; solo se advierte que si los puntos estuvieren en distintos lugares, se irá revolviendo la plancheta vertical por vueltas horizontales al rededor de sus tres pies, hasta que el plano de ella se ajuste con el objeto donde se hubiere de tirar la visual, poniendo en todas las operaciones el lado A L á plomo con el perpendículo arriba expresado. Tiradas todas las rectas desde el punto A, múdese la plancheta al extremo *o*, y poniendo á plomo el lado P, se cortará en el papel la P *o* (proporcionada á la delineacion que se hubiere de hacer, para que en el pliego del papel de la plancheta cojan todas las líneas que se hubieren de medir); divídase la P*o* del papel en tantas partes iguales como varas hubiere en la basa AO del terreno, y tirando en *o* líneas visuales á los mismos puntos F, X, T, se cortarán en el papel con las líneas que se tiraron de A en R*iz*, y se halla que la figura PR*izo* del papel es todo semejante y proporcional á la que se forma por el aire con AFXTO &c.: luego del mismo modo que la basa A*o* del terreno puede medir todas las líneas inaccesibles, se medirán con la P*o* del papel las que en él se han cortado, y por estas medidas se delineará la torre *i*R, y el monte *iz* teniendo las mismas proporciones que la figura inaccesible; y para entender mejor sus medidas, supóngase que sea la misma figura puesta otra vez en el extremo A, para que no se confundan con las líneas por ser muchas, si todas se tirasen de O, y para saber las alturas tírese la AV perpendicular á la AL: del punto Q caiga la vertical Q 2: del punto *e* sáquese la *e*C paralela á la VA, que corta á la A*h* en el punto C: del punto Q tírese la QL, y del punto *d* la *d*S, todas paralelas á la VA, con esto se tienen medidas todas las líneas inaccesibles que van por el aire, lo cual se sabrá en esta forma: mídase la profundidad AC en el pitipie P*o*, y tantas partes como de este tomare de las que antes se dividieron, tantas varas habrá de A á *h* ó de M á N su igual, que se imagina en el centro del monte TX.

Mídase la altura AS por el mismo pitipie P*o*, y las partes que de él tomare serán las va-

ras de altura que hay de M á X; mídase en la misma forma la altura SL, y las partes del dicho pitipie que esta tuviere, serán las varas que hay en la altura de la torre de X á F.

Del mismo modo se sabrán las distancias, porque si con el dicho pitipie P*o* se mide la AQ, se sabrán las varas que hay de A á F, y lo mismo sucederá con las A*d*, que dará las varas de AX, la AV dará las de AG, la V*b* las de G á M, la A*e* dará las varas de A á T, y la *e*2 dará las varas que habrá de T á N, y lo mismo sucedería con todas las demás líneas que se imaginaren en tales medidas.

La prueba de estas operaciones es la misma que la de la figura 3; porque el triángulo A*bd* es proporcional al que se forma por el aire AMX, y así de todos los demás de la figura.

Nota, que del mismo modo se sabrian las medidas del otro extremo *o*, midiendo en aquel paraje las líneas que salieren del punto *o* hasta los encuentros de las que salen de P.

PROPOSICION XII.

Medir las distancias inaccesibles desde dentro de una casa por la basa horizontal (Fig. 6).

Estas medidas pueden ser útiles en tiempo de lluvia, para que el operante pueda trabajar con toda conveniencia, y por ellas se puede medir cualquiera figura de la campaña, como se descubran sus ángulos desde los extremos de la basa.

Sea, pues, el plano de una sala ó dos cuartos de una casa, la figura $XHzV$, y las dos ventanas VA, AH, y siendo atajada la pieza con la pared AL, supóngase abierta una puerta en L; tírese en el suelo la recta zX, y mídanse los pies que tuviere de largo: sobre el punto z se ha de poner la plancheta, inclinando su plano á los lugares que se han de medir, que en este ejemplo serán los puntos D y B, suponiéndolos ahora asentados en el suelo de la campaña: tírese sobre el papel de la plancheta la recta zN, encaminándola al otro extremo de la basa X; divídase la zN en el papel en tantas partes iguales como pies hubo de z á X, y estando firme la plancheta, tírense de z por el papel las rectas zM, zP, que alargadas por el aire concurren la primera en B, y la segunda en D.

Múdese la plancheta al extremo X, en cuyo punto corresponda N, y el extremo Z corresponde en C (sobre la misma basa ZX). Desde el punto X tírense á los antecedentes las rectas Xe, Xo, que concurran po: el aire á los puntos B y D, las cuales se cruzan con las antecedentes en los puntos e y o, con cuyas operaciones se han medido todas las distancias que se desean, porque la figura $Xceo$, formada en el papel, es semejante y proporcional á la $XzBD$ formada por el aire: luego lo mismo será medir las líneas de la figura del papel por el pitipie Xc, que si se midieren las XD, XB, BD, por los pies de la basa Xz.

PROPOSICION XIII.

Medir las alturas de un edificio desde dentro de una casa, y algunas distancias por sola una basa vertical (Fig. 6).

Sean las alturas de dos cuartos de una casa zL, LX, con sus ventanas VA, AH, pídese que desde dentro de ella se mida la altura del edificio BD.

Operacion.

Hágase un barreno en el suelo L, cuanto por él pueda pasar un cordel delgado, y asegurando el un cabo en X, se le atará algun peso en z, de modo que lo mantenga tirante. Póngase la plancheta vertical en z, y por el cordel Xz segun cae su perpendículo, córtese en el papel de la plancheta la recta zN que se dividirá en tantas partes iguales como pies tuviere el cordel Xz: tírense del punto Z al pie de la torre B, y á su altura D las visuales zB, zD, señalándolas en el papel como zM, zP; múdese la plancheta al cuarto superior, y ajústese el punto N al punto X, en el mismo perpendículo del cordel, y el punto Z de la basa vertical del papel quedará ahora en c y las demás líneas en m y P: tírense de X las visuales XB, XD, y se cruzan con las antecedentes en los puntos e, o: tírese la recta eo, y esta será la altura de la torre de B á D que midiéndola con la Xc, se sabrá la altura que se desea. Del mismo modo se medirán las distancias Xe, Xo, ce, co, que todas darán por las partes del pitipie cX los pies que tienen las que se imaginan ir por el aire hasta la torre.

Si se quisieren saber las alturas y diferencias, se obraria por las reglas de la figura antecedente, que se omite en este lugar por no repetir muchas veces una medida, y porque en la proposicion siguiente se expresan todas las prácticas que pueden ocurrir.

PROPOSICION XIV.

Medir por el aire todas las distancias, profundidades y alturas que se presentaren á la vista con solo una basa horizontal (Fig. 7).

Habiendo entendido las operaciones que hasta aquí van declaradas, se comprenderán con facilidad las de esta proposicion; pero antes será bien que el operante se entere de como se ha de componer con las basas de cuyos extremos haya de obrar sus medidas, porque le sucederá muchas veces que no hallará basa proporcionada en terreno llano para poder obrar con acierto sus operaciones, á causa de hallarse esta en la profundidad de un valle; y porque de los extremos de aquella basa no podrá descubrir sino algunos picos de la eminencia, y subiendo á ellos nó se halla terreno con igualdad que pueda servir de basa por los muchos riscos y quebrado del terreno, se

habrá de componer como mejor pudiere, para lo cual registrará las mayores alturas de las cúspides de aquellas montañas, de donde mejor pueda descubrir todos aquellos lugares que hubiere de medir, como tambien algun terreno llano, donde pueda medir una basa por chica que sea, la cual antes de comenzar sus operaciones la medirá con toda exactitud, y clavando un piquete en cada extremo de ella se irá á los puntos mas altos de las eminencias de donde hubiere de obrar sus medidas, y desde ellos medirá la basa en la misma forma que las demás líneas, pues lo mismo es comenzar las medidas de los extremos de la basa, que de cualesquiera otros puntos que de ella se hubieren de medir, como se comprenderá mejor por la práctica del ejemplo siguiente.

Práctica de medir cualquiera basa desde otros puntos distantes de ella (Fig. 7).

Supóngase que para esta figura 7 sean las cúspides de dos eminencias los puntos *m* y *n*, y que en la profundidad de un valle se halla un terreno llano, donde solo se puede tirar la línea H K de 50 varas. Digo, pues, que será lo mismo medir esta desde los puntos *m*, *n*, que desde ella medir los dichos puntos; póngase, pues, la plancheta horizontal (segun parece armada con sus tres pies en el número 6) sobre el punto *m*, y tírese al punto *n* la visual *mo*, cortada en cualquiera punto del papel como de *m* á *o*, y tirando desde *m* á los puntos H K las visuales *m*3 (señaladas en el papel á discrecion), múdese la plancheta al lugar *n*, cuya basa *nz* es la misma *om*, que el estremo *n* es el correspondiente á O, y el Z á *m*: encamínese la *nz* al punto que se dejó en *m*, y dejando firme la plancheta en esta postura, tírense del extremo *n* á los mismos puntos de antes las visuales *n*H, *n*K, y estas con las antecedentes se cortan en los puntos 6, P; de modo, que el punto P del papel corresponde al punto K de la basa del terreno, y el punto 6 corresponde al punto H: luego la recta 6P es proporcional en el papel á la HK, basa del terreno; luego si aquella tiene 50 varas se dividirá la 6P en 50 partes iguales, y servirá de pitipie para medir todas las líneas que se cortaren sobre la plancheta, con cuya práctica se continuarán con facilidad las que se siguen.

Práctica de medir por el aire las distancias de los planos inclinados (Fig. 7).

Sea lo que se ha de medir por el aire las distancias inaccesibles de la montaña B, D, A, y el castillo que está sobre ella, al cual no se puede llegar por estar ocupado de enemigos.

Operacion.

Elíjase para basa la línea *mn*, cuyos extremos y toda ella se supone fuera del alcance del cañon del castillo. Supóngase dicha basa medida con toda exactitud de un extremo á otro, cuyas me-

didas se aseguran tendiendo dos varas largas en el suelo, llevándolas por la misma línea del terreno, asentándolas siempre en la tierra bien ajustadas las testas de una con otra, las cuales se van mudando adelante, levantando la una y dejando quieta la otra, hasta concluir la medida de la línea; y para que las varas no salgan de ella se va tirando un cordel de ciento ó mas varas que se ata á unas estacas, que se van clavando en la misma línea, cuya práctica es bien sabida de los prácticos. Esto supuesto, siéntese la plancheta horizontal en el extremo *m*, y tírese en el papel la *mo*, encaminada al otro extremo *n*; divídase la *mo* en tantas partes iguales como toesas ó varas hay de *m* á *n*, y será la *mo* un pitipie de toesas. Ténganse ahora presentes las prácticas de la figura 4, para encaminar el plano de la plancheta á los objetos que se hubieren de tirar las visuales, sin perder la basa del papel *mo*, de la del terreno *mn*, porque será preciso subir ó bajar la plancheta de algun lado para buscar las alturas y profundidades, haciéndola quedar siempre perseverando la *mo* sobre la *mn*: tírense las rectas visuales del extremo *m* á los puntos L, S, H, que es el plano de la montaña y castillo descubierto á vista de pájaro (esto es, que un pájaro suspenso en mucha mayor altura, sobre el castillo, descubriria todas las partes de la montaña y castillo, como se representa en el plano BHASL); tiradas, pues, las visuales *m*L, *m*S, *m*H, y otras muchas que fueren menester, se marcarán en las rectas del papel de la plancheta, como parece con los números 1, 2, 3: múdese la plancheta al otro extremo *n*, fijando el extremo *o* de la basa del papel, sobre el extremo *n* de la basa del terreno, y encaminando la *n z* (que se halla ahora en lugar de *m*) al punto que quedó en *m*, tírense las visuales *n*L, *n*S, *n*H; y aunque en esta práctica resulta que solo una recta coge todos estos puntos, puede suceder en una casualidad, siendo mas regular que á cada punto se tire su recta separada: siendo, pues, la recta *n*L, la que corta todos los puntos, se halla por la operacion que su encuentro con *z*1 es en V, luego el triángulo *n z* V es semejante al que se forma por el aire con los puntos *n*, *m*, L; con que midiendo en el papel las rectas *n* V, *z*V, con las partes de la basa *n z*, saldrá la misma medida y proporcion que si fuere posible medir por el aire las visuales *n* L, *m*L, por las toesas de *n m*. La recta *n* S se encuentra con la *z*2 en el punto *r*, formando el triángulo *n z r*, semejante al que se forma con las visuales en los ángulos *n*, *m*, S, el cual se medirá como el antecedente. La *n*H se encuentra con la *z* 3 en el punto 6, y se forma el triángulo *n z*6 proporcional y semejante al triángulo inaccesible *n m* H, el cual se puede medir como los antecedentes.

Nota, que esta delineacion da todas las distancias que se han medido, y es como si todo el terreno de la campaña fuera un plano horizontal; y para demostrar las diferencias que hay de medir con la plancheta horizontal, á inclinarla á las alturas y profundidades, se prueba del modo siguiente.

Prueba para medir con exactitud las distancias donde quiera que se hallaren los objetos (Fig. 7).

La visual *n* L se supone en la medida que se ha hecho horizontal; esto es, que el punto *n* y el punto L, se hallan en un mismo nivel, y lo mismo los puntos S y H; y como el nivel del plano de la plancheta es preciso se halle en terreno mas profundo que la eminencia D y el castillo DE, así las líneas *n*H, *n*S, *n*L, deben ser mas largas que lo que demuestran en el plano, cuyas longitudes se hallarán como se sigue. Sea el nivel del plano sobre quien carga el perfil de la montaña la horizontal G A, sobre la cual se suponen caer de los puntos D y E de la eminencia, las perpendiculares DS, EL, las cuales forman en el plano de la montaña la planta de la escarpa, que se forma con la altura D E del castillo, entre L y S; y así todas las demás partes de él, como se demuestra con las líneas de puntos que bajan perpendiculares á la G A. Tómese la altura que hay desde la horizontal G A, hasta los puntos D y E, en cada una por su línea de puntos, y levantando las perpendiculares LF, igual á la altura E y SX, igual á la altura D, tírense las rectas *n* F, *n* X, y estas son las que deben formarse por el aire en lugar de las *n* L y *n* S: luego aquí se prueban los errores que se cometen de poner la plancheta horizontal, á ponerla inclinada, encaminando su plano al objeto que se midiere, como se ha prevenido en las prácticas de la figura 4: luego las verdaderas distancias son las oblicuas nF, nX, mayores que las nL, nS; estas saldrán por la plancheta horizontal, y su medida será corta, y aquellas saldrán por la plancheta inclinada, cuya medida es cierta; tírense tambien las ocultas FX, XH; y se hallará que la HX es igual á la BD, que forma la falda de la montaña, y la XF es igual á la DE, que forma la escarpa y altura del castillo: luego con las dos rectas HX, XF, se ha formado otro perfil semejante é igual al BDE, que levantando este sobre la horizontal nHSL, quedan demostradas todas sus alturas y distancias, como si fuera la misma eminencia BDE. Supóngase tambien que el punto H baja mas que el nivel de la plancheta la profundidad que hay de H á K: bájese, pues, la HK perpendicular á la nH, y tírese la nK, y esta será la verdadera distancia que hay por la visual, inclinada desde el punto n, hasta la profundidad K: luego por ser oblicua la nK será mas larga que la nH.

Para cortar en el papel de la plancheta todas las dichas líneas de las medidas justas que deben tener arregladas á su pitipie nZ, levántese del punto V, que es el correspondiente á L, la V4 perpendicular á nV, que corta á la nF en el punto 4, y la n4 será en el papel la correspondiente á nF, y la V4 será la correspondiente á LF, ó á la altura desde la horizontal GA hasta E, por su perpendicular LE; del punto r levántese la r5, perpendicular á la nS, y cortará á

la nX en el punto 5, y será la n5 correspondiente á nS, como la r5 á la altura SX; bájese ahora la 6P perpendicular á la nH, y cortará á la nK en el punto P, con que la distancia nP será correspondiente á la distancia nK como la profundidad 6P á la profundidad HK.

Con estas operaciones se halla formado en el papel de la plancheta otro perfil, en todo semejante, y proporcional al formado con las rectas HX, XF, HK, porque la distancia que hay de 4 á 5, es como la que hay de F á X: la que hay de 5 á 6, es como la de X á H; y la que hay de 6 á P, es como la profundidad que hay de H á K: luego midiendo todas estas líneas por la $n z$, saldrá la misma medida que si se midieren las que van por el aire con la basa nm. Resta ahora, para concluir todas estas medidas, poner la plancheta vertical sobre el mismo lugar n, y desde él se medirán con toda exactitud las alturas y profundidades de todas las distancias, que se han medido por las prácticas que quedan declaradas, que será como se sigue.

Práctica de medir las alturas y profundidades desde cualquiera de los puntos que se hubieren medido las distancias (Fig. 7).

Habiendo medido todas las distancias á las alturas y profundidades, y cortado sus líneas en el papel de la plancheta, se pondrá esta, sin tocar el papel, verticalmente, como se representa en el núm. 7, armándola, como parece, sobre sus tres pies; y para mas clara inteligencia, supóngase que el punto *n* se halla para estas operaciones en el lugar C, y que la horizontal *n* L es la C Y, y la profundidad H K, debajo del punto *n* de la plancheta, es C G. Póngase, pues, la plancheta vertical en C, cuyo punto sea el mismo de *n*; y porque la recta C *e* del papel, es la misma que *n* 4, cuya distancia corresponde á la mayor altura del castillo, que es el punto E, váyase dando vuelta vertical á la plancheta, hasta que la C *e* concurra en el punto E, altura del castillo, y dejando quieta la plancheta en esta disposicion, tírese á plomo la línea Q I, que corte por el punto *e* del papel, la cual se tirará con el instrumento F L, de la figura 4, ó con cualquiera perpendículo, y una regla, que se asentará sobre el plano del papel, y punto *e*, pesándola con dicho instrumento, y la altura I *e* del papel, será proporcional á la altura Y E de la montaña y castillo; y haciendo las mismas operaciones con las distancias C *d*, C *b* del papel, volviendo el plano de la plancheta, si fuere necesario, para descubrir el objeto que corresponde á la distancia medida, y buscando su direccion por el movimiento vertical que tiene la plancheta, se hallarán delineadas en el papel todas las distancias, profundidades y alturas como parece figurado en la plancheta vertical C, que se demuestra en esta forma siguiente.

El triángulo C 7 *b* del papel, es semejante y proporcional al triángulo C G B del terreno: luego la profundidad C 7 es tambien proporcional á la

C G, como la horizontal 7 *b* á la horizontal G B; y asímismo, la distancia C *b*, por el plano inclinado, es proporcional á la distancia C B por el mismo plano; lo mismo sucede con el triángulo C *d b* del papel, que todas sus líneas y ángulos son proporcionales y semejantes al triángulo C D B, formado por el aire; y así está en la misma proporcion el triángulo C *e d* en el papel, con el C E D que se forma inaccesible: luego la línea *e d* será en el papel la altura E D del castillo, como la D B de la falda de la montaña inaccesible á la del papel *d b*, que se medirá por el pitipie *n z*, y así todas las demás líneas, con cuyas operaciones parece haber demostrado bastantemente el modo de medir por el aire con seguridad; y aunque sobre estas medidas se pudieran poner varias prácticas que pueden ofrecerse, se dejan al discurso del operante; pues tambien debe adelantar alguna cosa de su parte, que por la misma práctica vendrá en conocimiento.

Nota, que desde los puntos D, E del castillo se puede medir tambien cualquiera distancia de la campaña, sin mas inteligencia que suponer la basa E D del castillo ajustada á la *e d* del papel, y ajustando los extremos de la una con los de la otra, desde ellos se tirarán las visuales adonde fuere necesario, y se cortarán las distancias, profundidades y alturas, como se puede inferir de las prácticas que se han obrado.

PROPOSICION XV.

Medir desde una eminencia la distancia y profundidades de algunos valles y arroyos (Fig. 8).

Sea una montaña A B C D, cuya eminencia es B C, y por el pie de ella M A pase un rio ó arroyo F A, cuya altura de agua sea M A; supóngase á la otra parte de la montaña un valle D, y conviene medir desde la eminencia las profundidades F y D, para ver si del rio F A se puede llevar agua corriente al lugar D.

Operacion.

Supónganse medidas por las prácticas antecedentes las distancias oblicuas F H, D Z, y cortadas en el plano del papel de H á P, y de Z á Q, las cuales se hallan ya medidas por su pitipie, como se ha dicho en las prácticas de la proposicion antecedente. Ajústese la H P de modo que concurra la visual al pie del árbol F, que se supone en la orilla del rio y superficie del agua; y dejando quieta la plancheta vertical, como parece en la figura, échese con el perpendículo la línea vertical H N, larga á discrecion por el papel de la plancheta, y que corte el punto H: sáquese del punto P la recta P N, perpendicular á la vertical H N, que cortará en el punto N, y la N H será en el papel de la plancheta la altura que se busca, la cual se medirá por las partes de la línea P H, y tantas como de ellas tuviere la H N, tantas toesas habrá de H á E, por la profundidad que se imagina bajar desde H ocultamente hasta E. La demostracion es la misma que en las proposiciones antecedentes, porque el triángulo H P N es en todas sus partes semejante y proporcional al que se imagina formado con las rectas H F, F E, E H: luego midiendo las líneas del papel H N, N P, con la conocida H P, será la misma medida, que si se midieren las H E, E F, con la H F.

Supónese tambien en Z, medida la distancia Z D, como la antecedente H F, y cortada en el papel de Z á Q, encamínese esta al pie del árbol D; tírese la vertical Z V á discrecion, sáquese de Q la Q V, perpendicular á la Z V, y cortará el punto V, y la distancia Z V será la profundidad cortada en el papel correspondiente á la Z L, y se hallará por la medida de su pitipie la profundidad que hay de Z á V, cuyas partes serán las toesas de Z L, y se hallará tambien, que desde A, hasta D, podrá correr el agua con velocidad, por mina ó faldamento de la montaña, abriendo una zanja á nivel hasta el punto D, con la declinacion correspondiente, cuya práctica se tratará en el capítulo tercero. Las demás medidas de esta última operacion se obran del mismo modo que las antecedentes, siendo tambien las mismas demostraciones, por lo que no es necesario repetirlas.

De las prácticas de esta proposicion se infiere poder tentar con la plancheta cualquiera nivelacion, y poder hallar el modo de sangrar cualquiera foso de una plaza que se quisiere asaltar.

CAPITULO II.

En el capítulo antecedente se ha tratado de las principales medidas por el uso de la plancheta, para cuyas operaciones no necesita de ser aritmético el operante; pero para practicar las de este capítulo, necesita saber á lo menos la regla de tres directa, por cuyo medio conseguirá las mismas medidas que por la plancheta, por instrumentos mas simples, y aunque son muchos los que sirven para medir, solo se dará la práctica de cualesquiera piquetes, escuadra simple y compuesta, como se espresa en las proposiciones siguientes.

PROPOSICION XVI.

Medir las distancias, profundidades y alturas con cualesquiera palos ó cañas que se encontraren en el campo (Fig. 9).

Para medir la distancia que hay de la profundidad P á la casa de la eminencia L, fíjese con un clavo ó estaquilla de madera, en el punto P, el cabo de un cordel, el cual se irá levantando bien tirante por alguna distancia, hasta que la línea de cordel echando la vista desde el punto P (como si el cordel fuera una regla) se corte con él en el centro de la puerta, ó cualquiera

otra parte que se quisiere de la casa, en la eminencia el punto L; clavense debajo del cordel, á plomo, los piquetes que pareciere, como O Q, *b* F, K R, á cuyas cabezas se ajustará el cordel, formando la línea visual P Q F R, encaminada al punto L, como parece en la figura, y déjese quieto este artificio. Hállese otro lugar, de donde encaminando otra visual, se descubra el punto L, y será en el lugar N: clávese el piquete N, y mirando por su extremidad al punto L, se mandará poner en la direccion de aquella línea, en cualquiera parte de ella, otro piquete M, de modo, que N M L formen una línea recta: tírese tambien la visual Q N, marcándola con algunos piquetes ó cuerda sobre la tierra, ó por encima de las cabezas de los piquetes Q, N, de cualquiera punto R: tírese por el terreno la recta R V, que corta á la Q N en el punto V, con cuyas operaciones se han formado dos triángulos semejantes y proporcionales, el uno accesible, y el otro inaccesible (accesible, es el menor Q V R; é inaccesible, es el mayor Q N L): para saber ahora las varas que hay de Q á L, mídanse las líneas V Q, Q R, y N Q; tenga V Q 80 varas, Q R 99, y N Q 178, con cuya noticia se hará la regla de tres siguiente: Si 80 varas de V Q me dan 99 de Q á R; 178 varas que hay de N á Q, qué varas de distancia me darán de Q á L? Multiplíquese el segundo núm 99 por el tercero 178, y el producto 17622 pártase al primero 80, y vendrán á la particion 220 varas y 11 cuarenta avos de otra vara, y esta será la lacion, y poder hallar el modo de sangrar cualquiera foso de una plaza que se quisiere asaltar.

CAPITULO II.

En el capítulo antecedente se ha tratado de las principales medidas por el uso de la plancheta, para cuyas operaciones no necesita de ser aritmético el operante; pero para practicar las de este capítulo, necesita saber á lo menos la regla de tres directa, por cuyo medio conseguirá las mismas medidas que por la plancheta, por instrumentos mas simples, y aunque son muchos los que sirven para medir, solo se dará la práctica de cualesquiera piquetes, escuadra simple y compuesta, como se espresa en las proposiciones siguientes.

PROPOSICION XVI.

Medir las distancias, profundidades y alturas con cualesquiera palos ó cañas que se encontraren en el campo (Fig. 9).

Para medir la distancia que hay de la profundidad P á la casa de la eminencia L, fíjese con un clavo ó estaquilla de madera, en el punto P, el cabo de un cordel, el cual se irá levantando bien tirante por alguna distancia, hasta que la línea de cordel echando la vista desde el punto P (como si el cordel fuera una regla) se corte con él en el centro de la puerta, ó cualquiera

otra parte que se quisiere de la casa, en la eminencia el punto L; clavense debajo del cordel, á plomo, los piquetes que pareciere, como O Q, *b* F, K R, á cuyas cabezas se ajustará el cordel, formando la línea visual P Q F R, encaminada al punto L, como parece en la figura, y déjese quieto este artificio. Hállese otro lugar, de donde encaminando otra visual, se descubra el punto L, y será en el lugar N: clávese el piquete N, y mirando por su extremidad al punto L, se mandará poner en la direccion de aquella línea, en cualquiera parte de ella, otro piquete M, de modo, que N M L formen una línea recta: tírese tambien la visual Q N, marcándola con algunos piquetes ó cuerda sobre la tierra, ó por encima de las cabezas de los piquetes Q, N, de cualquiera punto R: tírese por el terreno la recta R V, que corta á la Q N en el punto V, con cuyas operaciones se han formado dos triángulos semejantes y proporcionales, el uno accesible, y el otro inaccesible (accesible, es el menor Q V R; é inaccesible, es el mayor Q N L): para saber ahora las varas que hay de Q á L, mídanse las líneas V Q, Q R, y N Q; tenga V Q 80 varas, Q R 99, y N Q 178, con cuya noticia se hará la regla de tres siguiente: Si 80 varas de V Q me dan 99 de Q á R; 178 varas que hay de N á Q, qué varas de distancia me darán de Q á L? Multiplíquese el segundo núm 99 por el tercero 178, y el producto 17622 pártase al primero 80, y vendrán á la particion 220 varas y 11 cuarenta avos de otra vara, y esta será la

:

distancia que hay de Q á L, á la cual se le añadirá, si fuere menester, la de Q á P, y la suma de dos será lo que hay de P á L, y así se medirán las demás distancias de esta figura, y otras semejantes.

Para medir las varas que está mas alto el punto L, que el punto Q, se ha de tirar á nivel por la cabeza del piquete Q la recta ó visual Q *b*, y como aquí suponemos que no ha de haber mas instrumentos que piquetes, nos habremos de valer de ellos y el cordel para todas las operaciones; átese pues al cabo del cordel un canto de un peso de 2, 3, ó 4 onzas, y dejando colgar el cordel á distancia de dos ó tres pies del canto, teniendole con la mano, y el canto quede libre, formando su peso sin que llegue á la tierra, se tirará por el cordel una visual, y al aire de ella se ajustará el lado mas derecho que tuviere el piquete O Q; y caso que todo él fuere torcido, se señalarán en él dos puntos sutiles al aire del perpendículo, el uno en lo mas alto, y el otro mas abajo, donde mejor pareciere. Divídase la distancia de entre los dichos dos puntos en 4 partes iguales, córtese otro palo de lo largo de 3 de ellas, y señalando 5 de las mismas en el cordel, se ajustará el palo de 3 partes por uno de sus extremos al punto superior Q del piquete, y poniendo el cabo del cordel de 5 partes en el extremo C del palo de 3, se ajustará la otra señal del cordel al punto de 4 del piquete, y se habrá formado el triángulo O Q C, con ángulo recto en Q. Tírese la recta Q C *b*, hasta que toque en

tierra en algun punto *b*: levántese la perpendicular *b* F, y se tiene lo necesario para medir la altura que se desea, la cual se hallará de esta forma: La distancia Q L ya es conocida, porque en la medida antecedente se halló tener 220 varas y 11 cuarenta avos: mídase ahora en ella la porcion Q F, y la altura *b* F: tenga Q F por caso 50 varas, y la altura *b* F 30 varas; hágase la regla de 3 en esta forma: Si Q F 50 varas de distancia, me dan *b* F 30 de altura, Q L, que tiene 220 varas y 11 cuarenta avos de distancia, qué altura me darán? Multiplíquense los 30 por los 220 $\frac{11}{40}$, y el producto $6608\frac{1}{4}$ pártase á 50, y vendrán al cociente 132 varas y 33 doscientos avos de otra vara, y esto será lo que está mas alto el punto L que el punto Q, cuya altura se imagina bajar por el centro del monte, como se demuestra con la oculta L M, cortándose el punto M con la oculta que se imagina correr de Q á M, en cuya figura se prueba lo mismo que en las antecedentes, porque el triángulo Q *b* F es semejante y proporcional al triángulo Q M L, y así todas las demás partes de la figura.

Por el mismo órden se medirán las profundidades, pues no hay mas diferencia, que hacer las operaciones por arriba, como se han hecho en esta figura por las partes de abajo.

PROPOSICION XVII.

Medir cualesquiera distancias inaccesibles con solo el ángulo recto de una escuadra (Fig. 10).

Pídese que se mida la anchura del rio L D, y sea con el ángulo recto de cualquiera escuadra simple.

Operacion.

Fíjese la escuadra en tierra en el punto A, en derechura del punto L, cogiendo en línea recta al punto D; y tirada la visual A L D, se tirará tambien por la otra pierna la A C E, larga á discrecion, y marcándola en el terreno con algunos piquetes, múdese la escuadra á otro cualquiera punto E de la línea A E, y ajustando en esta la una pierna de la escuadra, tírese por la otra la visual E F, marcándola tambien con algunos piquetes: tómese ahora un piquete ó baston, y asientese perpendicularmente en cualquiera punto F de la recta E F, y tírese la visual F D, que cortará á la A E en el punto C; márquese este punto, y se tiene hecha la delineacion para obrar con seguridad todas las medidas, que serán como se sigue.

Mídanse las líneas C E, E F, A E, tengan por ejemplo C E 50 pies, E F 86, A E 120, hágase la regla de tres: Si 50 dan 86, 120 qué darán? y multiplicando el segundo número por el

tercero, produce 10320, que partidos al primero, que es 50, vienen al cociente 206 pies y dos quintos de otro pie, y esta será la distancia de A á D, de la que se restará lo que hay de A á L, y lo que quedare en la resta será la distancia de L á D.

PROPOSICION XVIII.

Disponer una escuadra compuesta, para medir con ella desde cualquiera punto las distancias, profundidades y alturas sin buscar mas basa (Fig. 11).

Hágase una escuadra B L D, que la regla ó pierna B L tenga tres pies de largo, y la L D puede ser de uno y medio á dos pies, y que el ángulo recto L quede bien firme, y baje alguna pequeña parte fuera de la regla L D, por la B L hácia O, donde se le pondrá otra pieza O C, que tenga juego como el de un compás en O, y una punta de hierro en C, la cual se clave segura en la tierra perpendicular ó inclinada; póngase otra escuadra en B, en cuyo punto tenga juego para poder moverla á una y otra parte, ajustada á la superficie de la otra escuadra por su frente B L, y esta segunda escuadra puede tener sus piernas de pie y medio á dos pies de largo cada una, y se dividirá la altura de L á B, centros de los ángulos de las escuadras, en mil ó mas partes iguales, y de estas mismas se pondrán las que cupieren de L á D, con cuyo artificio se obrarán las medidas de las proposiciones siguientes.

PROPOSICION XIX.

Desde una eminencia medir las distancias y profundidades (Fig. 12).

Desde el punto M se ha de medir la distancia y profundidad del punto A.

Operacion.

Clávese el pie de la escuadra compuesta en el punto M, encamínese la pierna O C de la escuadra firme, hasta ajustar la visual en el árbol A, como lo hace la recta C O A, y déjese firme el instrumento en esta postura: muévase la escuadra movible de la cabeza del instrumento, hasta que por la pierna superior F P se corte el mismo punto A con la visual F P A, y sin tocar el instrumento véase por la regla F V, qué punto corta en la regla O C de la escuadra firme: sea en C: mídase la distancia que hay de C hasta el ángulo de la línea, que baja dividida en partes desde el ángulo F, hasta el encuentro de O C, y sea por caso medio pie: mídase tambien la altura que hay por línea perpendicular desde O, hasta el ángulo F; sea seis pies; hágase esta regla de tres: Si medio pie me dan seis pies de altura, los mismos seis pies de altura qué distancia me darán? Multiplíquense 6 por 6, y el producto 36 pártase á medio, y el cociente 18 serán los pies que hay de O á A.

La razon de esto es porque la línea OC, con la OF, guarda la misma proporcion que la OF, con la OA, por ser comun el ángulo recto O á las OC, OF, OA. Tambien los triángulos OCF, OFA, son entre sí iguales y proporcionales, y así como el lado menor OC mide la línea OF, del mismo modo la OF medirá en las mismas partes á la OA, y lo mismo sucederá con las demás líneas que se forman en la figura, con cuya operacion queda medida la línea OA y demostrada la razon.

Para medir la profundidad de A supóngase medidas por la dicha práctica las líneas AO, AF, alárguese AF hasta cualquiera punto Q, y échese el perpendículo QC: sáquese del ángulo F la horizontal F *e* (estas líneas se debian tirar de F á O y á P, lo que se hace en QC, F *e*, por no confundir la figura con líneas), mídase la FQ y la Q*e*, y hágase la regla de tres como antes: si FQ me da la profundidad Q*e*, la AQ me dará la profundidad QB: réstese de ella la altura MQ, y en la resta quedará la profundidad MB: del mismo modo se hallaria la horizontal AB haciendo la regla de tres, en esta forma: si FQ me da F*e*, luego AQ me dará AB; por esta regla se medirán todas las líneas inaccesibles, por largas que sean.

PROPOSICION XX.

Medir distancias y alturas desde cualquiera punto de profundidad (Fig. 13).

Pídese que se mida la distancia y altura que hay desde el punto Z al castillo X.

Operacion.

Fíjese la escuadra compuesta en el punto Z, y clavando su pie firme en la tierra, váyase ajustando el instrumento por el juego P, hasta que la pierna ZP concurra con el punto X, por la visual PX, y dejando firme el instrumento, encamínese la pierna LD de la escuadra movible, hasta que se corte el punto X por la visual LDX, y por la otra pierna se corte en la regla PZ el punto Z; mídase la distancia ZP y PL, y hágase la regla de tres, como en las proposiciones antecedentes: si ZP me da la línea PL, luego la PL me dará la PX: para hallar la distancia IX, mídase la LZ, y con cualquiera de las dos que se han medido ZP ó PL, y sea PL, hágase la regla de tres como antes: si PL me da la línea LZ, esta misma LZ, qué me dará? Y vendrá la distancia ZX, á quien se le añadirá lo que hay de Z á I, y así se tendrán medidas todas las distancias.

La altura X se hallará de este modo: del punto L caiga la vertical LI; del punto P sáquese la horizontal P*b*, y se han formado dos triángulos LP*b*, PI*b*, rectángulos en *b*, y semejantes al IXH: luego por cualquiera de los dos se hallará la altura de HX; mídanse las líneas *b*P, *b*L, y por ellas se halla la altura HX: multiplíquense los pies, que tiene la oblicua LP, por los que tiene su semejante XI; pártase el producto á los pies que tuviere la *b*P, que es la semejante á la altura HX, y lo que viniere á la particion serán los pies que habrá de H á X. Del mismo modo se hallaria la distancia horizontal IH, haciendo las reglas por su línea correspondiente en el triángulo L*b*P, cuya horizontal de él es la L*b*, correspondiente á su semejante IH.

La demostracion es la misma que las antecedentes; porque si el triángulo I*b*P se forma igual en IOP, se halla que este es proporcional y semejante al IHX, y así todas sus líneas.

CAPITULO III.

De las nivelaciones de las aguas para conducirlas por cauces ó acequias á molinos, y regar tierras, á cuya parte de matemática llaman hidrogogia.

Sobre esta materia habia mucho que demostrar; me contentaré por ahora con expresar el modo de nivelar los cauces ó acequias para conducir por ellas las aguas que se pudieren sacar de rios ó arroyos caudalosos, dejando lo demás que falta para otra obra, que (siendo Dios servi-

PROPOSICION XX.

Medir distancias y alturas desde cualquiera punto de profundidad (Fig. 13).

Pídese que se mida la distancia y altura que hay desde el punto Z al castillo X.

Operacion.

Fíjese la escuadra compuesta en el punto Z, y clavando su pie firme en la tierra, váyase ajustando el instrumento por el juego P, hasta que la pierna ZP concurra con el punto X, por la visual PX, y dejando firme el instrumento, encamínese la pierna LD de la escuadra movible, hasta que se corte el punto X por la visual LDX, y por la otra pierna se corte en la regla PZ el punto Z; mídase la distancia ZP y PL, y hágase la regla de tres, como en las proposiciones antecedentes: si ZP me da la línea PL, luego la PL me dará la PX: para hallar la distancia IX, mídase la LZ, y con cualquiera de las dos que se han medido ZP ó PL, y sea PL, hágase la regla de tres como antes: si PL me da la línea LZ, esta misma LZ, qué me dará? Y vendrá la distancia ZX, á quien se le añadirá lo que hay de Z á I, y así se tendrán medidas todas las distancias.

La altura X se hallará de este modo: del punto L caiga la vertical LI; del punto P sáquese la

horizontal P*b*, y se han formado dos triángulos LP*b*, PI*b*, rectángulos en *b*, y semejantes al IXH: luego por cualquiera de los dos se hallará la altura de HX; mídanse las líneas *b*P, *b*L, y por ellas se halla la altura HX: multiplíquense los pies, que tiene la oblicua LP, por los que tiene su semejante XI; pártase el producto á los pies que tuviere la *b*P, que es la semejante á la altura HX, y lo que viniere á la particion serán los pies que habrá de H á X. Del mismo modo se hallaria la distancia horizontal IH, haciendo las reglas por su línea correspondiente en el triángulo L*b*P, cuya horizontal de él es la L*b*, correspondiente á su semejante IH.

La demostracion es la misma que las antecedentes; porque si el triángulo I*b*P se forma igual en IOP, se halla que este es proporcional y semejante al IHX, y así todas sus líneas.

CAPITULO III.

De las nivelaciones de las aguas para conducirlas por cauces ó acequias á molinos, y regar tierras, á cuya parte de matemática llaman hidrogogia.

Sobre esta materia habia mucho que demostrar; me contentaré por ahora con expresar el modo de nivelar los cauces ó acequias para conducir por ellas las aguas que se pudieren sacar de rios ó arroyos caudalosos, dejando lo demás que falta para otra obra, que (siendo Dios servido) pienso sacar á luz, donde se declaren otras prácticas concernientes á las de este volúmen.

Para las prácticas de este ejercicio se ha de asentar por principio fundamental, que el agua no puede subir á mayor altura que la de su nacimiento, como no sea por máquinas, de las que se tratará en la obra que ofrezco arriba. Para que el agua de un rio, fuente ó arroyo se conduzca de un lugar á otro, se ha de examinar si el nacimiento de ella se halla en mayor altura, que el lugar adonde se haya de conducir, lo que se consigue por la práctica del nivel, la cual no es otra cosa, que reconocer si dos lugares distan igualmente del centro de la tierra, cuyas diferencias ó igualdades se facilitan por la práctica del nivel, de cuya fábrica se tratará despues.

PROPOSICION XXI.

De los fundamentos para la práctica de nivelar (Fig. 14).

1. Si la distancia fuere muy larga, no se ha de hacer la nivelacion de un golpe, sino en muchas veces. La razon es, porque en cualquiera lugar que se halle el nivel, es un punto del contacto del mayor círculo de la circunferencia de la tierra, y cuanto mas se alargue la recta visual, que de él se tire, por las superficies de las aguas del nivel, tanto mas se apartará el extremo de ellas del dicho centro.

Ejemplo.

Sea el centro de la tierra el punto V, y su circunferencia ML. Digo, que si el nivel se pone en el contacto M, y se tira la visual ó nivelada MQ, estará Q mas distante del centro V que lo está M, y se habrá levantado la línea del nivel la porcion PQ mas alta que M, porque el radio VM es igual al radio VP: luego la diferencia de VM, á la VQ, es la PQ. Si la misma nivelada se continuase hasta S, se habria levantado del centro V la distancia LS, mas que el radio VL, y su igual VM; de que se infiere, que el agua no puede ir de M á S, porque sería subir muy violenta; pero de S á M bajaria con mucha velocidad, porque todas las cosas graves se inclinan, y hacen fuerza para bajarse al centro de la tierra.

2. Si se hicieren dos niveladas, como de M á Q la una, y de Q á F la otra, no sería tanta la distancia LS, por quedarse en F; de que se infiere, que echando cortas las niveladas, será insensible el apartamiento de la visual, cuya línea es tangente con la circunferencia de la tierra; mas no por esto se ha de suponer falsa la operacion del nivel, como se haga bajo los límites que despues veremos.

3. Si puesto el nivel en M se echare la nivelada MK, y por la otra parte se alargare la misma visual, igualmente hasta I, toda la recta IK estaria á nivel, y sus dos extremos I, K

distarian igualmente del centro V; pero no podrá correr el agua de I á K, ni de K á I, porque en llegando á M (que lo hará con velocidad) se irá deteniendo y levantando hasta llegar al punto N, formando el arco YMK, en cuya disposicion queda la superficie del agua por todas partes igualmente distante del centro de la tierra, como se suponen estar las aguas de los mares; y si en la tierra corren los rios y fuentes de una parte á otra, es por las desigualdades de los montes y valles; lo que dispuso así la Divina Providencia, para beneficio de todas las criaturas.

Este es el fundamento de todos los autores, para creer que la agua hace superficie esférica, como se experimenta cuando sobre una mesa cae alguna gota de agua, la cual se verá siempre levantada mas que la superficie de la tabla; mas dejando estas materias, pasaremos á tratar de lo que mas importa para la práctica.

PROPOSICION XXII.

Trata de la fábrica del nivel de agua (Fig. 15).

Muchos y varios son los instrumentos que pueden servir para nivelar; pero en tiempo revuelto de aires, es mejor el nivel de agua, cuya fábrica se hace del modo siguiente.

Operacion.

Hágase un cañon de cobre ú hoja de lata, como AVA, y aunque puede ser recto, será mas firme haciéndole curvatura ó ángulo en su medio V, levantando los extremos A, á los que se les unen los cañones A, B, de modo que tengan comunicacion de uno á otro, y se dejan sus bocas B algo atrompetadas, para que entren en ellas unos frascos de vidrio, como se representa en la figura, los cuales se juntan en las bocas B (despues de haberlas quitado sus suelos), y con pez y resina se cierran las juntas de entre los frascos y cañones, para que el agua que se pone dentro del nivel suba por los frascos, pasando del uno al otro, sin que fluya por otra parte que por las bocas de los cuellos de los frascos: en su medio V se fija el cañon I V abierto, y atrompetado por I, sin que tenga comunicacion con el cañon AVA; y para mas seguridad se pongan las tornapuntas I, C, y se halla fabricado el nivel de agua, el cual se asienta sobre el trespies de la plancheta, para cuyo efecto se hace de madera firme el tarugo ZSR; de modo, que lo grueso SR venga dentro del cañon IV, y lo delgado ZS entrará en el barreno de la maceta del trespies, en el mismo lugar que el macho de hierro, que sujeta la tabla de la plancheta; y así se tiene lo necesario para armar el nivel sobre cualquiera terreno horizontal ó inclinado: la longitud de AA puede ser de 3 á 5 pies, su hueco de un calibre de fusil, ó poco mas, y las demás disminuciones arbitrarias; y se ha de advertir, que para llenar de agua el nivel, se hace por la boca del un frasco, dejando salir el aire que hubiere dentro del nivel por la boca del otro, sin echar mas agua que la que puede subir, hasta que tome parte de los dos frascos, sin que estos se lleguen á llenar, y asentando el nivel sobre los tres pies, se revolverá con vueltas horizontales, como la plancheta, sin mover nunca el trespies de aquel lugar, hasta que se hayan hecho las nivelaciones; y aunque el un frasco esté mas vacío que el otro, no por eso el agua de los dos dejará de estar á nivel, pues la desigualdad de lo mas vacío ó lleno de uno á otro, lo causará el aproximarse ó levantarse del suelo el un brazo, ó el otro del nivel, lo que importa poco para hacer las operaciones, siempre que por los dos frascos se vea poca ó mucha agua.

PROPOSICION XXIII.

TEOREMA.

De la delineacion que se debe dar en las nivelaciones para que corra el agua de un lugar á otro.

Si el cauce ó canal por donde ha de correr el agua fuere muy largo, no puede ser línea recta.

Demostracion.

Supóngase que del punto K (fig. 14) sale una

fuente, y se quiere conducir al lugar Y, suponiendo tambien que el canal sea la recta K Y, cuya distancia es muy larga. Digo, que este canal no puede ser de provecho siendo línea recta, porque Y está mucho mas alto que M, cuanta es la altura M N; luego en llegando el agua de K á M, se irá entibiando ó levantando por la M N, y hasta que llegue á N, no podrá pasar á Y, que será por el arco N Y, cuyas partes distan igualmente del centro V; luego el agua de la fuente K, sino tuviere parte inferior adonde bajar, se iria acomodando por el arco K N Y, cuya circunferencia sería la superficie del agua de la fuente K, la cual distará por todas partes igualmente del centro de la tierra V.

Todo lo que se ha expresado se debe entender en distancias muy largas; que en las cortas, aunque sean líneas rectas, con que estas tengan algo de pendiente, no habrá riesgo de que el agua retroceda.

Tambien se colige de lo dicho, que los alveos de los rios caudalosos son líneas circulares, que se van acomodando á la superficie de la tierra, y donde ellos tienen algunas corrientes despeñadas, las causan las desigualdades ó imperfecciones del terreno, de cuyos parajes se sacan las aguas por el arte del nivel.

De todo lo expresado resulta, que el agua puede ir de un lugar á otro, aunque no tenga pendiente, como en todas las partes del canal esté en igual distancia del centro de la tierra, acomodándose perfectamente por su superficie esférica; y es la razon, que si en la boca de una acequia ó cauce se derrama agua, como esta no se puede mantener amontonada, correrá por todo el plano de la acequia, hasta salir por la otra parte, ó no teniendo salida, se mantendrá igualmente todo el canal lleno en igual altura de la de su entrada; pero la superficie será línea esférica, como queda dicho arriba.

El P. Dechales, por sus muchas prácticas y especulaciones, midiendo el vasto globo de la tierra, halló que la línea tangente, tirada como una visual del nivel, siendo solo hácia una parte, se levantaba en 500 pies de distancia una línea, que es el doce avo de una pulgada (de las que cada pie tiene doce): en 1000 pies se levantaba dos líneas y media: en 1500 5 líneas; y en 2000 pies 13 líneas, que son una pulgada y una línea: en 2500 21 línea, que son una pulgada y 9 líneas, hasta que en 5000 pies halló estar mas alto el extremo de la visual, que el punto del contacto (que es el que sale de la visual del nivel), 6 pulgadas y 2 líneas, que hacen medio pie y un sesto de pulgada.

De lo dicho se infiere, que en trechos cortos, como de 20 ó 30 pies, no hay que hacer mencion de la sobredicha diferencia, por ser insensible.

Supuesto, pues, que en 500 pies solo se eleva el extremo de la visual una sola línea, si esta se echa en dos niveladas, ó mas, ya no habrá error notable, y aunque se nivele un canal de 5000 pies en diez veces, con diez líneas de 500 pies

cada una, al fin se habrá levantado el extremo diez líneas, que para ser una pulgada aun faltan dos líneas, y para que el agua pueda correr sin detencion de un lugar á otro, es preciso darle su pendiente moderada.

Pedro Cataneo, al fin de su libro II de Geometría (segun cita el Padre Tosca en la proposicion VII, libro II, tratado XIII), dice, se le dé un tercio de pie de pendiente por cada mil pasos geométricos de distancia, que son 5000 pies, porque cada paso le cuentan de 5 pies; luego á 15000 pies le corresponde un pie de pendiente: á este sentir se arrima el Padre Schoto en la parte III de la Magia universal, lib. VI, cap. VIII.

El Padre Tosca, con el Padre Milliet, son de sentir, que á cada 1000 pasos se les dé un pie de pendiente. Véase la citada proposicion, libro y tratado XIII de Tosca.

Yo tengo vistas hacer algunas nivelaciones, y he dispuesto por mí algunos canales en distancias de leguas; y últimamente uno para el Excelentísimo Señor Duque de Granada de Ega, en los términos de sus villas de Valde-Torres y Sillillos: he tomado el agua del rio Jarama, sin hacer presa, y habiéndole dado al cauce por cada cien varas de línea una pulgada de pendiente, corre el agua con suficiente velocidad. Esta medida he dado en otros canales, y por todos permanece el agua. El dar mucho vertiente es arriesgar las obras á que se destruyan los cajeros, pues la rapidez de las aguas los socava por abajo, y desplomándose un terron ciega el canal, y obliga á que llenándose de agua se llegue á rebosar, causando muchos perjuicios á las tierras vecinas; el no dar vertiente tambien es dañoso, porque las aguas turbias se van dejando el aposo, ciegan con este el canal, é impiden que pase por él el agua necesaria, y así la experiencia me ha enseñado á dar la medida sobredicha, con la cual quedan las pendientes en buena proporcion; lo que conviene en tales obras es, que los señores de ellas las hagan limpiar todos los años si quieren tenerlas existentes.

PROPOSICION XXIV.

Práctica de hacer las nivelaciones de los cauces ó acequias (Fig. 16).

A mas del nivel se hace una regla de 8 á 10 pies, señalándolos en ella con toda exactitud, y cada pie dividido en pulgadas, todas señaladas en la regla; de modo que se distingan las señales de pies á pulgadas, y aparte se llevará una reglita de 4 ó 6 dedos, dividida en pulgadas, y una de estas en el extremo de la reglita dividida en líneas; á la regla se le asienta una tabla de una cuarta en cuadro, poco mas ó menos; de modo que los lados horizontales queden á escuadra con los lados de la regla, por la cual subirá y bajará la tablilla libremente, sin separarse de la regla, la que se sujeta con dos palomillas, por cuyos agujeros entrará la regla por cualquiera de sus dos cabos, y para cuando fuere necesario fijar la tabla con la

regla, se lleva una cuña sutíl de madera, la que se aprieta en cualquiera de las juntas por donde corre la tablilla, por la regla, que será en los agujeros de las palomillas, y dando de negro á la superficie de la tablilla, se dejará la regla en su color natural de la madera, y no sería peor el darle de blanco, con cuyo artificio se comenzará la nivelacion como se sigue.

Dispuesto el nivel y regla con su tablilla, se hará la nivelacion por estaciones: de modo que el nivel se ha de parar siempre en medio de cada estacion; esto es, que se ponga entremidiendo de los lugares donde se asienta la regla, la cual se pondrá de cien á cien varas, y el nivel á las cincuenta de cada punto, y con esto no habrá error de levantarse la visual de una parte mas que de otra, porque estando el nivel en medio, los dos puntos ó extremos de la visual distarán igualmente del centro de la tierra. Esto entendido, se dará principio á la nivelacion: Suponiendo que la seccion vertical de un rio sea C B A, cuya altura del agua es A C, y se ha de abrir una acequia ó cauce para conducir el agua hasta D, pasándola por el monte E I F &c., mídanse cien varas, ó poco mas ó menos, de C á I (suponiendo que sean varas de á tres pies cada una), y poniendo el pie del nivel, con sus tres piernas en E, se llenará el nivel de agua hasta que suba por los frascos, como se ha dicho antes, y así se asentará sobre los tres pies, y por si tuviere dentro algo de aire entre las aguas, se darán al cañon con las puntas de los dedos y las uñas unos golpecitos laterales en uno de los extremos del mayor cañon del nivel, y se verá, que si hubiere quedado aire dentro, sale por el agua del cañon, haciéndola dar algunos borbotones dentro de los vidrios: dispuesto el nivel sobre sus tres pies, se pasará con la regla á la orilla del rio, y se meterá hasta su profundidad A, cuidando que de los pies que estuvieren marcados en la regla, asiente el que se notó con el número 1, sobre el suelo A, y quedando un peon teniendo la regla derecha, y que este levante ó baje la tablilla 1, por la regla A C, cuando se le mandare, pasará el artífice al nivel, al cual hará dar vuelta sobre el tres pies, hasta que por la superficie de cualquiera de los lados del nivel coja en línea recta los dos vidrios, y la regla A 1; y dejando quieto el nivel se aparta 4 ó 6 pasos atrás, y mirando por los lados de los vidrios las superficies de las aguas *t*, *r*, mandará al que estuviere en la regla A 1, que levante ó baje la tablilla, hasta que las aguas *t*, *r* estén con ella en línea recta como *t r* 1; y con la cuña que se ha dicho, sujetará la tablilla contra la regla el que estuviere en ella.

Si el que se halla en la tablilla y regla estuviere tan lejos, que no entienda las voces para subirla ó bajarla, se le mandará con la seña de un pañuelo ó sombrero: si anduviere mucho aire y moviendo las aguas del nivel, se taparán las bocas de los frascos con unas papeletas hechas de papel ó con tarugos de corcho; pero cada uno tenga un pequeño agujero hecho con una aguja de alambre rusiente, para que por él salga el aire del

nivel, y no entre el de fuera; esto se hace, porque si el agua del nivel estuviere en el un frasco mas baja que en el otro, si se diese la vuelta al nivel sin tener respiradero las tapaderas de los frascos, quedaria el agua de ellos desnivelada, por el aire que cogèria dentro.

Habiendo echado la primera nivelada, mirando por *t* á *r*, vendrá el de la regla con su tablilla asegurada en ella, y el artífice contará los pies, pulgadas y líneas que tuvo la altura A 1, y todo lo asentará, formando una cuenta segun vaya obrando las operaciones, que será como se expresa en las cuentas de la tabla siguiente.

La altura de la regla, desde A hasta 1, supongamos tuvo 15 pies, 4 pulgadas y 3 líneas, las cuales se pondrán como parece en la tabla, asentando primero la A, y seguidamente en colunas todos los números enteros y quebrados, como se notan sobre cada cabeza de la coluna de la tabla, que se han de entender en esta forma: la primera coluna, que comienza de la mano izquierda con el número primero, y remata abajo en el 5, son las estaciones ó lugares donde se sienta el nivel.

La segunda coluna, que comienza con A, y remata con Z, son los puntos donde se asienta la regla sobre la superficie de la tierra; y donde hay dos letras de una clase, es porque en aquel paraje se asienta dos veces la regla, tomando distintas alturas en ella.

La tercera coluna señala los pies; la cuarta, las pulgadas: la quinta, las líneas, que señalan las alturas de la regla en cada lugar que se pone.

Las otras tres colunas del medio señalan las diferencias de las alturas; y las tres últimas, lo que hay que profundizar en cada lugar de los puntos donde se asienta la regla para abajo.

Nota, que á mas de la regla sobredicha, se lleva de prevencion otra regla ó vara mayor, para que cuando no llega la primera á la altura del nivel, se junten las dos, y levantando la de la tablilla arrimada á la otra, se obre lo que se necesite con las dos juntas.

Habiendo puesto en órden como se ha dicho, y representa en la tabla de la cuenta la A, 15, o4, o3, pásese la regla al lugar I, y asentándola en aquel punto, sin mover el pie del nivel de su lugar E, se le dará la vuelta sobre su pie, hasta que los frascos y brazos estén en línea recta con la regla levantada sobre I, y mirando por la parte *r* á *t*, se acomodará la tablilla en la visual de la superficie de las aguas de los vidrios *rt*1, como se representa en la figura, y habiendo asegurado la tablilla con la regla, se mudará el nivel al lugar F, armándolo como antes sobre sus tres pies, como parece figurado.

Tómese la razon de la altura I1, sea 6 pies, 3 pulgadas y 2 líneas; asiéntese en la cuenta la marca I debajo de la A; los 6 pies debajo de los 15; las 3 pulgadas debajo de las 4; y hágase la resta de AI en esta forma: de las 3 líneas de arriba réstense las 2 de abajo, y la resta 1 póngase en el órden de las tres colunas del medio de la

tabla, en su lugar correspondiente, y correlativo á la línea de números que sigue á la derecha de I: de las 4 pulgadas réstense las 3 de abajo, y la resta 1 pásese á su respectivo lugar en el órden del medio, viniendo de la antecedente hácia I: réstense los 6 pies de abajo de los 15 de arriba, y la resta 9 asiéntese en su lugar, como parece en la figura, en la segunda línea, que es bajando de A, con cuyas operaciones sabemos, que habiendo restado la altura de la regla I1 de la altura A1, quedan 9 pies, una pulgada y una línea; y esto es lo que hay que profundizar de I á L, para que L y A estén á nivel, como representa la horizontal AL.

Vuélvase á asentar la misma regla en el punto I, bajando el terreno una pulgada del asiento que tuvo antes la regla, suponiendo que de A á I hubo cien varas, que si fueren mas ó menos se profundizará el punto I las líneas que correspondieren á su distancia AI, ó á cualquiera otra, arreglándose á que á las cien varas corra la horizontal una pulgada.

Puesto el nivel en F, hágase la nivelada *tr*2, y sea la altura I2 de 3 pies, 2 pulgadas y 5 líneas, que se asentarán en órden debajo de los antecedentes, en la segunda estacion, tercera línea, bajando de A, cuyas partidas son I, 03, 02, 05; múdese la regla al lugar N, y tírese la nivelada *rt*2; cuéntese la altura N2, tenga 5 pies, 4 pulgadas y 2 líneas, que se asientan en la segunda estacion, cuarta línea, contada desde A, con estas cifras N, 05, 04 y 02;

réstese la menor partida I, que se halla encima de la mayor N, que está debajo, comenzando de las líneas, que es el número de los menores quebrados, para restar las 5 líneas de I, de la partida N: segunda estacion, tómese una pulgada del 4, y serán 12 líneas que juntas con las 2 que corresponden debajo del 5, hacen 14 líneas, de las que restadas las 5 de arriba, quedan en 9, que se asentará en la segunda órden del medio, y en la misma línea N de la segunda estacion continúese la resta, y porque del 4 se quitó el 1, quedó el 4 en 3; réstese de este el 2, que tiene encima, y la resta 1 póngase en la segunda coluna, próximo á las 9 líneas antecedentes, viniendo hácia N; réstense últimamente los tres pies de I de los 5 de N, y la resta 2 asiéntese en su lugar correspondiente en la segunda órden de colunas, y en la misma línea N, y así se halla, que el punto N baja mas que I 2 pies, una pulgada y 9 líneas; estas partidas se restarán de la altura L I, que se halla encima en la estacion antecedente, que son 9 pies, una pulgada y una línea; y porque no se pueden restar 9 líneas de una, hágase líneas una pulgada de las que corresponden en la partida de arriba, donde se halla una sola pulgada, la que juntando sus 12 líneas con la 1, que le corresponde, hacen 13 líneas, de las que quitadas las 9 de abajo, quedan 4, que se notan en la última órden de colunas, como se demuestra en el último número de las partidas que corren de N (estacion 2): continúese la resta, y porque abajo hay una pulgada, y arriba nada por haberla gastado en líneas, se tomará un pie de los 9 de arriba; el cual tiene 12 pulgadas, de las que restada la 1 de abajo, quedan en 11, que se llevarán á su lugar, al lado del 4 antecedente, viniendo hácia N; conclúyase con la resta, quitando los 2 pies de los 8 en que ha quedado el 9 de arriba, y la resta 6 llévese á su lugar, correspondiente en la tercera órden de colunas, y será la primera partida 6 pies: segunda, 11 pulgadas: tercera, 4 líneas, como todo parece figurado; y así sabremos, que para llegar el agua de A á N, se necesitan profundizar los pies, pulgadas y líneas que acabamos de asentar, cuya profundidad habrá desde N hasta M.

Nota, que cuando las partidas de las estaciones que se notan en las alturas de la regla, son menores las de arriba que las que se asientan debajo, como en esta segunda estacion, que la N es mayor que la I, la resta será bajar el terreno; y si fuere mayor la partida de encima, como en la primera estacion, que la A es mayor que I, la resta será subir, como consta de la cuenta, que el punto I subió de A 9 pies, una pulgada y una línea, así como ha bajado N de I (estacion 2) 2 pies, 1 pulgada y 9 líneas.

Para la tercera estacion cuéntense otras cien varas de N á O; póngase el nivel en medio, sobre poco mas ó menos, como en G; échese la visual como antes á la regla, puesta en los dos lugares N, O (habiéndole bajado su pulgada en N, lo que se hará en el segundo punto de todas las estaciones): mídanse las alturas de la dicha visual (que es la línea $3\,r\,t$) desde los puntos N, O; sea la primera N 3 12 pies cabales, que se nota en la tabla con estas cifras N, 12, 00, 00: mídase la segunda O 3, y tenga 7 pies, 8 pulgadas, 11 líneas, que se notan en la tabla en esta forma: O, 07, 08, 11; y porque en la partida mayor, que es la de encima N (estacion 3), no hay pulgadas ni líneas, para restar las de abajo tómese un pie de los 12, y este número quedará supuesto en 11 pies; á la partida de las pulgadas dense 11 de ellas, y la que sobra se fingirá de 12 líneas en los dos últimos ceros: réstense las 11 de abajo de las 12 líneas supuestas arriba, y la resta 1 asiéntese en su lugar correspondiente á las partidas seguidas de O: de las 11 pulgadas supuestas arriba réstense las 8 de abajo, y la resta 3 póngase en su lugar, á la izquierda de la 1, viniendo hácia O: réstense de los 11 pies, en que ha quedado el 12 de N, los 7 de O, y asiéntese en su lugar correspondiente la resta 4, como parece en la figura; y así sabremos, que el punto O está mas alto que N 4 pies, 3 pulgadas, y una línea: súmense estas con la primera línea del tercer órden, que son 6 pies, 11 pulgadas, 4 líneas, que sumadas con los 4 pies, 3 pulgadas y una línea hacen 11 pies, 2 pulgadas y 5 líneas, como parece en la segunda línea de números, tercera órden de colunas, y esta será la altura de Q O.

Por el mismo órden se continuarán las demás niveladas, y poniendo el nivel en el lugar H, se hará la estacion O V, que será la cuarta, como se demuestra en la figura y se nota en la tabla de la cuenta. Tenga, pues, la primera altura O 4, 2 pies, 10 pulgadas, 7 líneas; y la segunda V 4, 9 pies, 11 pulgadas, 4 líneas: asiéntese la primera en la estacion 4 de la tabla de la cuenta, como parece en O, y la segunda como se demuestra en V; y porque la partida de abajo es mayor que la de arriba, la resta será bajar: réstense, pues, los 2 pies, 10 pulgadas y 7 líneas de los 9 pies, 11 pulgadas y 4 líneas, y la resta 7 pies y 9 líneas se asentará correlativamente en su lugar (como parece en la estacion 4) la cual se restará de la altura del tercer órden, que se asentó antecedente, como es 11 pies, 2 pulgadas y 5 líneas, de las que rebajados los 7 pies y 9 líneas, quedan 4 pies, 1 pulgada y 8 líneas, que se asientan correlativas en la línea de las partidas de V, con estas cifras 04, 01, 08, y esta es la altura que se ha de profundizar hasta R en R V.

Para la quinta estacion póngase el nivel en K, y la regla en los puntos V, Z, y tirada la nivelacion 5, 5, mídanse las alturas V 5 y Z 5: sea la V 5 de 5 pies y 8 líneas, la Z 5 sea 6 pies, 2 pulgadas y 2 líneas, y asentadas en la tabla de la cuenta, se halla que la partida Z de abajo, es mayor que la partida V de arriba, por lo que la resta tambien será bajar: réstese, pues, la una de la otra, y quedará en la resta un pie, una pulgada y 6 líneas, como parece á continuacion de Z; réstense estas partidas de las alturas antecedentes, que son 4 pies, una pulgada y 8 líneas, y lo que quedare serán 3 pies y 2 líneas, que se notan en la última partida de la tabla de la cuenta, y esta será la altura de T Z.

Sin mover el nivel del lugar K, se levantará la tablilla del punto Z los 3 pies y 2 líneas que faltan que profundizar; y asegurando la tablilla en la regla, se llevará esta á otro lugar mas hondo, como en D, donde se ajuste con la visual del nivel, y en aquel paraje no habrá que profundizar nada para que pueda correr á él el agua del rio A B; pues siendo (como es) igual la altura T 5 con la altura D 6, estará el punto D en la horizontal A B, y toda la altura del agua A C podrá llegar igualmente por toda la horizontal B D, y mucho mejor habiendo dado una pulgada de pendiente á cada cien varas de línea, como se advirtió al principio.

Nota, que como se ha dicho antes, se señala en la tabla de la cuenta la primera y última letra solas, por razon de que los puntos donde ellas señalan, estará la regla sobre ellos solo una vez, y en donde están las letras duplicadas, se ha de asentar dos veces en un mismo punto y lugar, dando las vertientes segun las distancias como se ha prevenido, las cuales se pueden dar á la misma tablilla ó como mejor pareciere al artífice.

Tabla *de las cuentas que deben llevarse en las nivelaciones.*

Estaciones.	Puntos de la regla. Pies. Pulgadas. Líneas.	Pies. Pulgadas. Líneas.	Pies. Pulgadas. Líneas.	
1	A 15.04.03. I 06.03.02.	09.01.01.	. . .	alt.
2	I 03.02.05. N 05.04.02.	02.01.09.	06.11.04.	alt.
3	N 12.00.00. O 07.08.11.	04.03.01.	11.02.05.	alt.
4	O 02.10.07. V 09.11.04.	07.00.09.	04.01.08.	alt.
5	V 05.00.08. Z 06.02.02.	01.01.06.	03.00.02.	alt.

PROPOSICION XXV.

Trata de algunas advertencias sobre que pueden ocurrir algunas dificultades en las nivelaciones (Fig. 16).

Todas las dificultades que pueden ocurrir tencualquiera nivelacion, se pueden colegir de las operaciones que se han declarado, y por ellas facilitar su práctica, para cuya inteligencia son las observaciones siguientes.

En esta nivelacion no ha llegado el caso de bajar ningun terreno á mayor profundidad que la del agua del rio, como sucede en muchas ocasiones en las nivelaciones largas; y se ha de advertir, que si llegare el caso de que habiendo llegado con la nivelacion hasta el punto D, se hubiere de seguir, bajando á mayor profundidad, en lugar de poner en las últimas cifras de la tabla de la cuenta, altura, que es lo mismo que subir, se pondrá bajar con esta cifra, baj.: y así en cada lugar se sabrá los pies que se halla la nivelacion mas alta ó baja que el punto de donde se comenzó á nivelar, y esta cifra alt. señala estar mas altos que el punto ó nivel de donde ha de salir el agua, y esta baj., señalará lo que se hubiere bajado. Y por la cuenta de la tabla, que se forma del mismo modo en todas la nivelaciones, se sabe lo que en cada estacion hay que profundizar el cauce ó acequia: para esto se dejan envueltos los puntos de las alturas con algunos montones de tierra, los que se hallan despues, aunque pasen muchos dias, llevando la cuenta del papel, para hacer por ella las excavaciones y demás obras.

2 Todas las acequias que se obren para conducir agua por ellas, deben formarse, en cuanto fuere posible, en líneas rectas, y cuanto menos fueren estas, será menor la longitud de la acequia ó canal; pero por razon de la desigualdad

de terrenos, y conveniencias de las límpias, se termina una altura igual, dando á la zanja ó foso del canal de 4 á 6 pies de profundidad, para que un peon pueda arrojar fuera la tierra que de la acequia se sacare; esto se logra faldeando por los montes un terreno igual, cuya superficie se halla con la nivelacion, tentando por el terreno (con la regla, tablilla y nivel) los puestos mas cómodos, hasta encontrar la altura que se quisiere.

3 Si se llegare con la nivelacion á un monte, que no se pudiere faldear, se pasará por una mina; y si se llegare á un barranco ó arroyo, se puede pasar con un puente, ó por debajo de él con una alcantarilla cubierta, lo que dispondrá el artífice segun le permitiere el terreno.

4 La prueba de una nivelacion es hacerla esta por distintos caminos, y si en los mismos puntos de los extremos se encontraren ajustadas las nivelaciones, no hay que dudar en la exactitud

5 Se debe huir de hacer presas en todos los rios caudalosos, porque estas las llevan con facilidad las avenidas, y son uuos gastos intolerables. Para esto se elige la mayor profundidad de la parte arriba de un vado, ó despeñadero, y este sirve de presa; y es mejor que la acequia sea una legua de largo sin presa, que un cuarto de legua con ella, pues con mas facilidad se limpia la acequia, que reparar ó hacer la presa; y caso que esta se haya de hacer, se elegirá un vado, y levantarlo lo menos que se pueda para su mayor permanencia. Otras muchas cosas pueden ocurrir,

que se dejan á la inteligencia y discurso del artífice.

PROPOSICION XXVI.

De la perfeccion de los canales (Fig. 17).

Sea la oculta A D B el suelo que ha de quedar en una acequia, por el cual ha de correr el agua, y si se halla que por mal trabajo de los peones hay que quitar los desmontes como en E D, se obrará en esta forma: Háganse tres reglas iguales de 5 pies cada una, y en los puntos A y B se levantará en cada uno una de ellas perpendicularmente; y clavadas con una punta de hierro en la tierra, suponiendo que los puntos A B estén ya nivelados, se llevará otra regla suelta por el suelo defectuoso, y esta se pondrá perpendicular, y en línea recta con las otras, como en E; échese por las fijas A C, B H la visual C H, y cortará la regla E G en el punto F, y se hallará que lo que hay que profundizar en E, es la altura F G: profundícese esta en E, hasta que llegue á D, y entonces se hallarán las cabezas superiores de las tres reglas en la visual C F H. Esta operacion se repetirá en los intermedios de los puntos A, B, por cuyas marcas se harán los desmontes de entre ellas con toda perfeccion, y haciendo lo mismo en las demás partes del canal, se habrá concluido con aquella obra, y á esta se da fin: deseando el autor sea todo lo que se contiene en ella en beneficio de todo el público, de nuestra Nacion Española y utilidades del Real servicio.

INDICE

DE LOS LIBROS Y CAPÍTULOS QUE CONTIENE ESTA OBRA.

LIBRO PRIMERO.

Págs.

ORDENANZAS

DE MADRID,

Y OTRAS DIFERENTES QUE SE PRACTICAN EN LAS CIUDADES DE TOLEDO Y SEVILLA, CON ALGUNAS ADVERTENCIAS Á LOS ALARIFES Y PARTICULARES.

Por D. Teodoro Ardemans,

arquitecto y tracista mayor de las obras reales, y maestro mayor de las de Madrid.

LIBRERÍA DE DON JOSÉ CUESTA, CALLE MAYOR.

LIBRO SEGUNDO.

LIBRO TERCERO.

ORDENANZAS

DE MADRID,

Y OTRAS DIFERENTES QUE SE PRACTICAN EN LAS CIUDADES DE TOLEDO Y SEVILLA, CON ALGUNAS ADVERTENCIAS Á LOS ALARIFES Y PARTICULARES.

Por D. Teodoro Ardemans,
arquitecto y tracista mayor de las obras reales, y maestro mayor de las de Madrid.

LIBRERÍA DE DON JOSÉ CUESTA, CALLE MAYOR.

MADRID: 1844.

IMPRENTA DE D. ALEJANDRO GOMEZ FUENTENEBRO,

calle de las Urosas, núm. 10.

GOBIERNO POLITICO DE LAS FABRICAS.

CAPITULO PRIMERO.

De lo que se ha de hacer antes de empezar una fábrica en Madrid.

Cualquiera vecino que quisiere fabricar una casa de nuevo, debe cuidar se haga una planta y demostracion de la fachada que ha de tener el edificio, la cual, junto con el memorial para Madrid, se entregará al secretario mas antiguo de su ayuntamiento para que dé cuenta.

El maestro mayor tendrá gran cuidado en que aten y jueguen las tiranteces de las fachadas, todas debajo de una línea; y si por accidente el sitio se halla fuera de tirantez, y perdiendo el dueño algo de él, queda la fábrica á línea, debe el maestro mayor advertirselo al caballero comisario para que informe á Madrid, y se le pague al dueño del sitio aquella porcion que se le quita para el ornato público; y al contrario, si para su regularidad necesita Madrid dársele, lo pagará el de la fábrica por lo que tasare el maestro mayor.

CAPITULO II.

De las aguas que se vierten de un tejado á otro; ó verterlas, oponiéndose á la pared medianera.

Fué permitido en lo antiguo á muchas casas, por la facilidad de hacer las armaduras, ó por ahorrar el gasto, no haber hecho reparo en que viertan las aguas llovedizas sobre el tejado del vecino; y aunque se ha remediado en algunos, no obstante subsiste en algunas casas antiguas el verter las canales de las unas en el tejado de las otras, siendo de diferentes dueños; lo cual no se puede permitir, menos que no conste por instrumento el haberse convenido el uno y otro vecino en consentirlo, que de ser así, se debe estar al trato, sobre el cual no hay disputa. Y aunque algunos quieren alegar derecho, diciendo, que habiéndolo consentido diez años, debe subsistir siempre, es punto de derecho, cuya declaracion pertenece al juez que conociere de la instancia; aunque lo cierto es, que nadie está obligado (no siendo su profesion) á conocer el daño, no dándose á entender el mismo inconve-

niente; y así se suele conocer, si el vecino inferior quisiere labrar en su posesion, y se halla con el reparo de que las aguas de la casa vecina ó medianera embisten con la pared de la fábrica que levanta, y experimentando esto se suelen poner pleito; en cuyo caso debe mirar el alarife si estas dos casas fueron en lo antiguo de un mismo dueño, y si habiéndose separado para venderlas fué con alguna condicion que tocase á este punto (que de haberla, se habrá de tener presente), y de no haber en la venta cosa alguna que conduzca á este punto, debe el alarife hacer su declaracion de lo que se le ofreciere. Y en caso de haber sido de un dueño, y no haber habido reparo cuando se hizo la venta, debe el vecino que labra mas superior levantarle las armaduras, y volvérselas á hacer de nuevo, de calidad que viertan las aguas á la calle; y debe ser tambien del aprovechamiento de quien lo costeare los despojos de madera y teja que tenia el dicho tejado. Y tambien es de la obligacion del que labra, demás de sacar á su costa las aguas á la calle, todos los daños que por esta razon resultaren, dejárselo todo aderezado y rematado en forma.

Y aunque en tales casos la ordenanza de Madrid, hecha en el año de 1664, dice se haga una pared de dos pies de grueso para recoger las aguas en un canal de plomo de media vara de ancho, y darles surtidero, y demás quedar obligado á la eviccion y saneamiento de todos los reparos que de ello puedan resultar; tengo esto por un motivo muy grande para tener continuos pleitos, como de ellos se deja considerar, y se queda en pie mayor inconveniente y contrario enemigo á la fábrica, por cuya razon debe el alarife buscar el medio mas suave para composicion de las partes.

Tambien sucede haber dos posesiones de diferentes dueños, que las vertientes de las aguas de los tejados están sujetas á una línea, y esto nace de haber sido ó labrádolas un dueño, y despues haberlas vendido y separado. Y en caso de labrar ó levantar mas el que está inferior, y sucederle el embestir las aguas del otro contra la pared que levanta, debe tambien ejecutar lo sobredicho, levantándole al vecino las armaduras, y echarle las aguas á la calle; y todo lo que por esta razon se revolviere, se le ha de dejar reparado al vecino.

Y puede suceder estar el tejado de un vecino superior á otro alguna distancia de altura, y verter las aguas en el del otro que está inferior; en tal caso puede este obligar al superior mude el vertiente de las aguas, ó dentro de su posesion ó á la calle. Y habiendo inconvenientes en ejecutarlo, como suele acontecer, debe el superior poner un canalon de plomo de bastante cabida para que quepan las aguas del tejado, y le ponga con su desnivel á la calle, ó á la parte que dichas aguas puedan salir sin perjudicar al vecino.

Si el alarife fuere llamado de algun vecino que quisiese labrar colgadizo ó armadura, que por no

gastar mucho dinero, ó porque le tiene comodidad el hacerlo, quisiere que las aguas de él se encaminen haciendo oposicion á alguna pared medianera, aunque el tal quiera hacer una contraarmadura de tres ó cuatro pies, y que esta cause una lima dentro de su mismo tejado, no se lo debe aconsejar el alarife, antes bien disuadirle, poniéndole el inconveniente de que la lima hoya es un continuo enemigo, y que con ella tiene un censo perpetuo la casa contra sí; y si sin embargo de esto quiere hacerlo, cumple el alarife con haberle aconsejado lo que es razon; y solo le debe prevenir sea la lima hoya de una plancha de plomo, y las lunetas ó bocatejas que vierten en ella, que queden muy bien recibidas con yeso y un poco de cal, advirtiendo que la plancha que se registre no tenga picaduras, y de tenerlas se batirá con un mazo de madera sobre una losa lisa de mármol, y con esto no se pasará gota de agua, porque de esta suerte se le cerrarán y taparán los poros á dicha plancha.

Tambien se advierte, que si necesita cerrar la distancia que sube de dicha contraarmadura con pared ó con tabique, lo debe hacer á su costa. Y si en algun tiempo el vecino levantare, y le sirve de arrimo ó cargare, debe pagarle la mitad del coste de la pared ó tabique al que lo fabricó primero.

Si la casualidad permite que un patio sea comun de cuatro vecinos, y que unos se hallen vertiendo las aguas de sus tejados en él, y los otros labraren y las quieren verter en dicho patio, no se lo puede ninguno de los otros embarazar; pues siendo comun de cuatro, el mismo derecho tiene el uno que los demás. Y no solo deben tener el derecho igual, sino es tambien en cuanto á ventanas y puertas; y si acaso alguno de los cuatro quisiere levantar mas por la parte que pertenece á su fábrica no puede hacerlo; porque con lo que levantare serán mas escasas las luces á los demás, sino es que preceda convenio de todos. Y si por la manutencion, seguridad y conveniencia, fuere preciso recoger las aguas de los tejados por un canalon, será razon que todos cuatro concurran en hacer el que tocare á su pertenencia, por ser conveniencia de cada uno para el resguardo de sus paredes y comun de todos. Y si este patio estuviese tan posterior, que no surtan las aguas á la calle, y estas se recojan en un sumidero, siempre que fuese necesario limpiarle, concurran á este gasto sueldo á libra los dichos vecinos. Y si determinasen entre ellos se haga alguna mina para que estas aguas salgan por debajo de tierra á la calle, será mucho mejor que no que se queden en el centro de las casas, por ser un enemigo muy perjudicial, así para la salud como para las fábricas; en cuyo supuesto deben concurrir todos los interesados al gasto que causare, pues es conveniencia de todos. Por lo que será conveniente que todo el que labrase casa ó la tuviere, que las aguas se recojan dentro de ella á sus patios, ó procure disponer que todas surtan á la calle, y evite sumidero dentro de ella.

CAPITULO III.

De las fábricas de tapias de medianería.

Suele acontecer el estar caida la tapia medianera que divide dos casas de distintos dueños; y para tener cada uno dividida la suya, es necesario levantarla, y así se debe hacer á lo menos de tres tapias en alto de tierra negra, con su piedra aguja, y por arriba echarle su albardilla de teja ó barda, cuyo gasto deben pagar por mitad entre los dos vecinos; y de escusarse alguno de los dos en la paga de la parte que le toca, acudirá el que está llano al juez, para que nombre alarife que lo reconozca y declare lo conveniente, y le harán por justicia que contribuya con los maravedises que le tocaren.

Y si en dicha division de dos casas contiguas, la pared que las divide estuviese desplomada hácia alguna de las dos casas, y el vecino adonde cayere el desplomo la tuviere apuntalada, de calidad que pueda servir y haga su oficio de dividir las dos casas, y el otro quisiese obligarle á que dicha tapia ó pared se derribe y se vuelva á hacer, no puede hacerlo, porque el otro además de tener divididas las dos casas, si viene algun riesgo es en la suya, por cuya razon no se le puede obligar á hacerla hasta que ella se caiga; y si de conformidad lo quisieren ejecutar, será muy bueno.

Suele de ordinario, cuando uno de los dos vecinos que están contiguos quiere labrar, y necesita cargar sobre la pared medianera, y anda en pretension con el vecino, que la pared se derribe, porque además de estar desplomada, es hecha de mala materia, y que se podia hacer de nuevo con pilares y verdugos de ladrillo, y tapias de tierra aceradas con muy buenos cimientos. La proposicion es muy buena si se convienen, y de conformidad se ejecuta; pero si el un vecino que no necesita labrar, lo contradijere y no fuere de su conveniencia, no se le puede obligar á mas de que pague la mitad del coste que tuviere dicha pared, si se hiciera de piedra aguja, tapias de tierra, con su albardilla ó barda; y esto se entiende en caso de estar muy desplomada é incapaz de poder servir.

Sucede tambien muchas veces estar una pared medianera plantada de calidad, que el terreno de la una casa está mas inferior que el de la otra, y suele la pared ó por esta causa ó por otras amenazar ruina; por cuya razon se nombra alarife que lo reconozca, y así debe reconocer si el terreno que está superior es firme ó falso; si es firme el que está inferior, lo vació por su conveniencia por dejar llana su casa; y así este parece debe pagar por sí solo el cimiento que se hiciere hasta el nivel del terreno de la otra casa, y desde allí arriba se debe pagar todo el coste por mitad, no teniendo ni habiendo ocasionado uno mas que otro la ruina de dicha pared. Y si el terreno que está mas superior fuere falso, que el dueño de la casa lo echó por nivelar la suya, debe eje-

cutarlo y hacerlo á su costa en la forma misma que el del terreno mas bajo.

Tambien sucede á plomo de una pared medianera haber por la una casa un sótano, y este se abrió por la conveniencia del dueño contiguo á la pared medianera; y si con el transcurso del tiempo se necesita hacer algun reparo en la dicha pared medianera por causa del referido sótano, debe el tal hacer á su costa un cimiento de buena materia, á lo menos dos pies mas profundo que el piso de dicho sótano; y este ha de subir hasta el nivel del terreno de la casa medianera con relej: y desde allí arriba en la forma referida en los demás capítulos, que de ser la causa la misma, producirá el mismo efecto.

Y caso que el otro vecino que no tiene por su pertenencia sótano, con el tiempo le quiere hacer, en tal caso debe pagar la mitad de lo que tuvo dicha pared de costa. Y si cualquiera de los dos vecinos quisiere excusarse á pagar la parte que le toca, así de la obra principal como de cualquier reparo que se puede ofrecer, se le puede apremiar por todo rigor de derecho á que acuda con la parte de gasto que le tocó de dicha obra ó reparo.

Si sobre una pared medianera que está costeada por ambos vecinos hasta la primer altura, el uno cargase en ella solo, cualquier reparo ó ruina que sobrevenga la debe pagar, como únicamente se declare por el alarife proviene el daño por causa de lo que carga.

Y si cargaren sobre dicha pared igualmente, será el gasto igual; y si el uno cargare dos partes, y el otro una, deberá pagar cada uno respective.

Por la conveniencia de los vecinos se suele querer reducir el grueso de una pared medianera á cerramiento ó cítara de un pie de grueso entramada; en tal caso se debe plantar dicho cerramiento de medio á medio de lo que ocupaba el grueso de dicha pared medianera, y á cada vecino le queda igual ensanche en su casa; y la costa que esta tuviere la deberán pagar por iguales partes, cargando igualmente entrambos, y si alguno excediese, deberá pagar sueldo á libra.

Y si la division de dichas dos casas, como habia de ser pared se halla ser cerramiento, y ambos vecinos necesitan sea pared gruesa para poder cargar sobre ella, que á lo menos necesita dos pies y cuarto; pero si el uno lo hubiese menester y el otro no, y no quiere por convenio tener ese gasto ni ocupacion de sitio, debe ó puede el que lo necesita derribar el dicho cerramiento, aunque esté con toda fortificacion, tomando de su sitio todo lo que le toca solamente, para darle á la pared el grueso necesario, y poder cargar; cuyo gasto así de la obra como si tuviere desocupada el vecino la casa, lo deberá pagar solo, por ser de su conveniencia; y en tal caso debe cargar los cerramientos altos que quisiere sobre dicha pared, dejando mayor parte de relej á la casa del vecino, ó toda la porcion que de justicia le toca. Y si en algun tiempo quisiere el vecino que no quiso convenio valerse de arrimar á la

distancia que antes ocupaba, puede hacerlo, pagando la medianería al que lo costeó primero.

Cualquiera de los dos vecinos, que sobre la pared medianera se aprovechare del relej que le toca á su vecino, puede el dicho obligarle á que demuela lo que así hubiere labrado, por haberse introducido en sitio que no es suyo.

En cuanto á los cerramientos sigue las mismas reglas y razones; solo se advierte, que cualquiera que labrare una casa, y se valiese de los tabiques medianeros, debe contribuir á los dueños de dichas casas medianeras con la mitad del valor que tienen dichos tabiques, en solo la porcion que estuviere sujeta á sus armaduras, dando el valor segun el grueso del tabique.

Suele en unas casas medianeras á otras haber corrales, donde se crian gallinas, conejos y ganado de cerda, todo muy perjudicial á las paredes: en tal caso debe el dueño de tal corral tener siempre el cimiento de dicha pared reparado y recalzado, estando dichos animales en él, porque de arruinarse dicha pared de medianería por causa de lo que escarban y menoscaban los cimientos, la deberá volver á levantar á su costa, sin que el otro vecino tenga obligacion de ayudar con cosa alguna.

Tambien muchas veces hay caballerizas en las piezas contiguas á paredes medianeras, y estas son perjudiciales á dichas paredes por el orin y el estiércol de las cabalgaduras, porque pudren y pasan los cimientos; por cuya razon debe el dueño de la casa estar siempre á los reparos de dichos cimientos: y si por su descuido se originare alguna ruina en dicha pared medianera, costeará su fábrica ó reparo solo.

Sucede entre dos vecinos que el uno está inferior al otro, ajustarse de modo que el superior le haga donacion de no pedirle nada por el tabique medianero en caso que el otro levante su casa; hay en esto dos modos. Si el permiso es solo que no pague la medianería por arrimar á ella, ejecutándolo así, no le puede pedir nada en ningun tiempo; pero si carga suelos y armaduras sobre dicho tabique sin embargo de lo tratado, y no pagarle al principio nada, estará á derecho para que cada y cuando que sucediere ruina, ó en su parte, ó en el todo, pagar la mitad de lo que se gastare en la obra.

Muchas veces por no reparar suele un vecino dejar cargar broza arrimada á la pared, que divide dos patios, y la humedad que percibe dicha broza cuando llueve la comunica á la pared: en tal caso debe el vecino que causa este daño pagarle.

Tambien suele haber descuido en cuidar un vecino de la albardilla por su parte, y el otro por la suya no cuidar de ella, y por esta razon ocasionarse reparo en dicha pared; siendo esto así, debe el que tuvo el descuido reparar dicha pared, y ponerla su albardilla para que se mantenga, y no sirva de perjuicio al vecino.

Si una medianería padece por haberse arruinado la casa medianera, ó alguna porcion de ella, debe el dueño de dicha casa aderezar á su costa

lo que le perjudicó la ruina al vecino, y sino hubiere dueño (que suelen estar concursadas) ó ser de mayorazgo, se debe acudir á la justicia para que mande que de los materiales que hubiere producido la ruina ó lo que se demoliere, se le pague el aderezo á la dicha casa contigua que recibió el daño.

Si algun vecino labrare, y por la conveniencia de ensanchar una pieza ó subida de escalera, roza la pared medianera, la porcion que hubiese menester este estará obligado, si por esta razon sucediere alguna ruina con el transcurso del tiempo en dicha pared medianera, á componerla á su costa y asegurarle dicha pared; y si sin embargo de haberla fortificado subsiste el relej, y en otra ocasion sucede otro reparo, estará obligado á hacerle como el primero.

Ningun vecino que labrare ó hiciere nueva pared medianera, puede subirla mas que de dos pies y cuarto de grueso hasta la primer altura, plantando dicha pared en el sitio de entrambos vecinos; y si estando así plantada la sube con todo el grueso mas de la primer altura para su mayor resguardo, le perjudica al vecino, porque le quita una cuarta parte de sitio en su cuarto principal, y cada y cuando que le quieran labrar, estará expuesto á pagarle al otro todo lo que él quisiere, porque está obligado á demoler dicha pared desde la primer altura si el vecino por algun medio no se contenta; y así, el que lo hubiere de hacer, porque le tenga conveniencia, acuda antes de dar principio al vecino medianero, y tratar de ajustarlo y hacer su contrata para excusarse de pleitos en adelante.

CAPITULO IV.

A lo que está obligado el que labra entre dos vecinos ó casas medianeras.

Siempre que se haya de labrar algun edificio entre dos casas vecinas ó medianeras, es necesario si hay que demoler fábrica vieja, avisar á los vecinos para que desocupen ó quiten las alhajas que estuvieren puestas en las paredes medianeras, porque no se les echen á perder al tiempo del derribo, pues siempre entran las carreras en las medianerías; y tambien suelen estar atadas unas paredes y armaduras con otras, y pidiendo licencia no le perjudicará en cosa alguna; y de no hacerlo, tendrá el vecino justa queja, y aunque lo haga es bueno para la buena correspondencia; pero esto no excusa al que demuele estar obligado á los daños que recibe el dicho vecino. Y lo mismo es necesario hacer cuando se fabrica de nuevo, que es usar de cortesía, mayormente si se introducen las carreras de los suelos dentro de las medianerías, y agujerearlas. Tambien se descomponen los tejados que arriman, ó albardillas de las medianerías, y así como va arriba dicho, debe el dueño de la obra dejarle al medianero su casa compuesta, y reparada de todo aquello que se ocasionó por razon de su fábrica, y de no ha-

cerlo, se le puede apremiar á que egecute ó pague su coste.

Y si con la ocasion de la obra, ó con la de querer levantar mas la fábrica que la medianera, carga sobre los tabiques del vecino, y resulta de esto alguna ruina, en semejante accidente debe el que ha cargado repararlo, y dejar la pared muy fortificada y segura. Y si por razon de la demasiada carga resultare en adelante alguna ruina ó reparo, estará siempre á derecho en la seguridad de dicha pared; pero si el que la tiene medianera la tuviese cargada, y es equivalente á la del que fabrica, debe este pagar dos tercias partes del coste de dicho reparo, porque ya con la carga que antes tenia estaba la pared cansada. Y así, cualquiera que en una pared medianera ó cerramiento cargare mas que el vecino, el buen juicio del alarife dirá la proporcion que hay en eso para la puja; y se debe tener presente, que el que quiere labrar sobre la pared ó cerramiento medianero, no ejecute nada sin tomar parecer del alarife, para que este le desengañe si puede hacerlo ó no con la seguridad que se requiere.

Si arrimado á la casa de un vecino hubiese un sitio erial, y que este tenga dueño, y en él se echase estiércol ó para secarse ó podrirse, debe el dueño del erial salir luego á la demanda, y hacer que lo quiten; pero si lo consiente, y pasare año y dia, manteniéndose en el mismo lugar, lo debe consentir hasta que labre ó lo cerque.

CAPITULO V.

En cuanto á labrar casa con superioridad á otros vecinos.

Sucede muy de ordinario fabricar un vecino una casa, la cual contiene dos ó tres altos, y las casas medianeras se componen solo de cuarto bajo, y todo contenido debajo de la primer altura; y la casa alta que se labra tiene su patio que da vista á la casa baja vecina, y al rededor de él es preciso hacer un corredor, ó ventanas y puertas, para el uso y servidumbre de las viviendas; y este, de necesidad como superior, ha de registrar al inferior; es muy difícil en este caso evitar este registro en el todo, porque atendiendo á lo que es razon, solo se remedia en que las ventanas ó corredor que hubiese no se apropincue á la pared medianera en distancia de ocho á nueve pies, para evitar que no puedan subir ni bajar de una casa á otra, y que no se registre tan plenamente. Y si solo son dos ventanas próximas á la pared medianera, que haciendo al lado de ellas un tabique sobre dicha pared de nueve pies de alto, y el ancho que bastare á evitar el registro, debe hacerlo á su costa el que labra superior; pero si esto no bastare á conseguirlo, debe el que está inferior levantar la pared medianera á su costa, sino quiere ser registrado.

Y si el vecino que está inferior quisiere levantar la pared medianera para evitar el regis-

tro, deberá segun su altura proporcionar su grueso, y de tener necesidad de acrecentarle, ha de tomarlo de su sitio y costear la obra solo.

Y si con el transcurso del tiempo el vecino superior quisiere arrimar á dicha medianería, deberá pagar la mitad de su coste, como es uso y costumbre, y si quisiere excusar disensiones entre la vecindad, habiendo algunas ventanas que solo sirven para la luz, y el vecino dice le registran, se debe poner una antipara ó nariz de tabla con tal arte, que entre la luz y no se registre. Y si las ventanas fueren demasiado grandes, se le debe apremiar á que las minore y ponga segun ordenanza.

CAPITULO VI.

Cómo se han de convenir dos vecinos en labrar, siendo uno dueño de lo bajo y el otro de lo alto.

Todas las veces que dos vecinos, uno sea dueño de lo bajo, y el otro de lo alto, se deben convenir en la forma de la planta que se hubiere de ejecutar para la fábrica; y si el convenio es de forma que se compre uno á otro su derecho, sería mucho mejor para que despues no haya pleitos. Y convenidos que sean de una suerte ú de otra, debe el dueño de lo bajo labrar toda la obra hasta sentar nudillos y soleras, dejándolo todo enrasado á nivel, inclusas las dichas carreras ó soleras; y desde allí arriba empezará á fabricar el dueño de lo alto, sentando el primer suelo de bovedillas, y desde él arriba, primero y segundo cuarto con desvanes gateros. Y en caso de cargar mas, deberá contribuir respective al dueño de lo bajo, porque no se le puede permitir que cargue mas; y así en la obra principal, como en los reparos que se pueden ofrecer, cada uno cuidará, así el de lo bajo para lo bajo, como el de lo alto para lo alto; pues si por cargar mas se arruinan las paredes de lo bajo, deberá á su costa el de lo alto pagar su reedificacion. Y si algun vecino se valiere de arrimar ó cargar en las medianerías bajas, deberá pagar la mitad del valor de dicha medianería al dueño de lo bajo; y si se valiere de las altas, lo deberá pagar al dueño de lo alto.

Debe tambien en dicha posesion ser comun de entrambos la puerta de la calle, el zaguan y la escalera para la servidumbre de los cuartos, como no tengan por otra parte en posesion suya por donde usar de dichas viviendas, pero no el uso del pozo, ni el de la cueva, sino es que conste en las ventas; porque como el que compra lo bajo es dueño del centro, y el de lo alto del aire ó cielo, debe cada uno guardar su pertenencia, sino es que graciosamente ó vendida permita el uso de dicho pozo y cueva; lo que tambien puede hacer el dueño de lo alto en darle algunos desvanes ó piezas altas al dueño de lo bajo.

Hay tambien en las ciudades ó lugares algunas casas en las plazas, que sus portales son pú-

blicos, y aunque el dueño de la posesion arriende el portal, debe no quitar el uso del público, y si acaso le arrienda, no le debe ocupar ni estorbar con bancos, mesas, perchas, bodegon portátil, porque el paso ha de estar libre para el comercio público: aunque parece que se contradice en que se arriende y no se estorbe, se debe entender que solo se arrienda el sitio que ocupa el grueso de la pilastra, y el vuelo del balcon de encima, como si dijésemos: cordoneros, roperos, cabestreros, hojalateros, guarnicioneros, pretineros y buhoneros. Y si la dicha posesion es de dos dueños, que el uno lo es de lo bajo y el otro de lo alto, este ha de alquilar el portal en la forma arriba dicha, con tal que ha de dar paso al de lo bajo, no teniendo otra parte por donde mandarse. Y en cuanto á las pilastras que sustentan la fachada de dichas casas, toca pagarlas por entero, así ellas como sus cepas, al dueño de lo alto; y si dichas pilastras cayeren en medio de la division de dos posesiones, las deberán pagar entre los dos, por servirse ambos de ellas, y en caso que el uno no quiera convenirse á pagar la parte que le tocare, deberá el vecino poner toda la pilastra con su cimiento en su posesion, y el otro que ponga otra en la suya por sí solo en la misma forma.

CAPITULO VII.

Cómo se deben fabricar los hornos sin perjuicio del vecino, y de las chimeneas.

Están muy introducidos los hornos dentro de Madrid, así de pan como de otras cosas, y algunos en el centro de las posesiones, con suelos de bovedillas encima y cuartos donde habita gente: todo muy perjudicial á la república, porque sus resultas suelen ser lo que muchas veces se ha experimentado, por cuya razon deben estar todo género de hornos en los extramuros ó arrabales, donde con la ocasion de mas anchura de terreno, tengan la de fabricar donde no sea tan perjudicial, ni las casas y vecindades esten contiguas. Y ya que por lo lejos ó por otros accidentes no se pueda excusar el que esten dentro de la villa, se advierte que el que labrare horno, sea de la especie que fuere, debe labrarle en parte que no esté sujeto á suelo de bovedillas ni arrime con tres pies de distancia á ningun cerramiento tramado, ni á ninguna pared de medianería en distancia de dos pies; y el colgadizo que le cubriere se ha de hacer con diez pies de altura, desde la clave del dicho horno por la parte exterior; y la campana de la chimenea ha de ser muy capaz para que reciba bien el humo y sorba la llama que sale por la boca; y al cañon se le ha de dar todo el diámetro que se pudiere, para que dicho humo no sea perjudicial introduciéndose en las

casas medianeras; y formándolos y previniéndolos de esta suerte, no se recalientan las paredes contiguas, ni se ahuman las casas, y se evitan muchos incendios; y despues de todo esto debe el dueño del horno estar dispuesto á todos los daños que sobrevinieren á las casas medianeras, procedidos ó que procedieren por su defecto.

No excuso el acuerdo de las chimeneas, que son tan usadas como precisas en las casas, sean de la especie que fueren; y aunque las quisieramos olvidar, los daños que de ellas han resultado ocasiona tenerlas en la memoria, y así todas las veces que se labraren contra pared maestra serán mas seguras; pero lo mas ordinario es estar la mayor parte de ellas contracerramientos tramados de madera, y esto no se puede excusar mayormente en Madrid, que en una casa hay diferentes vecindades y cada una la ha menester: en tal caso se debe prevenir que demás del grueso del cerramiento, el lugar que ocupa la dicha chimenea contra él se ha de doblar de ladrillo y yeso, á lo menos dos dobles, y excusar en los cañones codillos ni resaltos, porque estos recogen el hollin de que proceden muchos incendios. Y debe cualquiera que tuviere casa advertir á sus criados si la viven, ó á sus inquilinos si la arrienda, que deshollinen cada mes los cañones de las chimeneas, diligencia poco costosa y muy provechosa, no solo para sí, sino es tambien para la causa pública.

No se puede en la pared medianera rozar cosa alguna para el cañon de la chimenea, porque de hacerlo, todo cuanto por este daño sucediere irá por cuenta del que le ocasiona, y todas las veces que se pudieren ejecutar exentos, rodeándolos el aire, será muy bueno y excusará muchas quejas de vecinos.

Suelen hacer los hogares de las chimeneas bajos muy próximos al suelo de bovedillas, por lo cual es necesario prevenir dicho hogar, sentando sobre el suelo sus caños naranjeros ó mayores; y sobre esto sacar á pison una cuarta ó un pie de alto de tierra, ó lo que fuere menester, haciendo su caja de ladrillo ó piedra, y sobre ella solarlo de piedra ó de baldosa, y de esta suerte se evita el que se recalienten las maderas de los suelos. Y siendo los cañones de chimeneas de altura excesiva, es necesario los limpien á menudo si queman leña en abundancia, porque esta es la que ocasiona los incendios tan continuados que suceden.

Se han dado en usar mucho en Madrid las chimeneas francesas, de modo que no hay casa que no procuren á lo menos una; y esta sin el reparo justo de considerar los inconvenientes de preservar los daños que pueden resultar de hacerla en paraje donde no conviene: en este caso deberá el maestro á quien le encargan su egecucion, hacer una declaracion por escrito de los inconvenientes que se le ofrecen, para que el dueño los vea y se satisfaga por sí, ó tomando parecer de otro; y en caso de repugnar sobre los perjuicios, y querer se haga, el artífice no se detendrá en el gasto, sí en ejecutarla con toda seguri-

dad, desterrando de su lugar y circunferencia todas las maderas que hubiere, así debajo del fogon como en todas las demás, siendo contra cerramiento ó pared tramada, volando el cañon si es medianería hácia su sitio, porque no se puede hacer volando hácia el del vecino; y si fuere pared maestra que pueda sufrir la roza para el cañon, debe el dueño de dicha chimenea darle cuenta al vecino medianero para que se lo permita, y se contente de aquel menoscabo que recibe la pared; y de no contentarse no debe hacerla sino en sitio suyo propio donde no arrime á medianería. No excuso volver á encargar se huya de toda madera: así en carreras, suelos, pies derechos, puentes, estribos y pares de las armaduras por donde pasan los cañones, supla el hierro lo que habia de suplir la madera.

Cualquiera que hiciere chimenea, que el humo que saliere por el cañon sea perjudicial al vecino, debe quitarle y ponerle de forma que no perjudique á nadie, pues aunque hay quien diga que si estuviese hecha antes que la casa á quien perjudica la debe tolerar, no hallo razon para apoyar esta opinion, porque si está el surtimiento del humo sin tener fábrica que le arrime, no puede perjudicar á nadie sino es á sí mismo: si está arrimado á la pared ó cerramiento medianero le puede obligar el vecino inferior á que suba el cañon fuera del tejado para que no le perjudique; y no solo esto, que si el de la chimenea la tiene volada á la casa del vecino, está quitada por naturaleza si labra, si bien aunque no labre puede hacer la quite para que no exhale el humo por su posesion.

CAPITULO VIII.

Sobre las ventanas de medianería.

Todas las veces que las piezas ocultas de las casas carecieren de luz de su mismo aire ó cielo, es preciso discurrir en dársele por el ageno; y esto ha de ser de calidad que el vecino no sea perjudicado, y así solo puede abrir en cada pieza dos ventanas de tercia de alto y cuarta de ancho junto á las soleras, con sus cruces de hierro y redes para evitar que se vierta por ellas agua, ni otras cosas que perjudiquen al vecino. Y en caso que este quisiese levantar su casa, y necesitare cerrar ó tapar las dichas ventanas de medianería, lo debe ó puede hacer sin que el otro se lo pueda embarazar, por ser centro y cielo suyo; y no porque sea en beneficio de su casa ha de ser en daño de la otra, excepto si pareciere escritura de contrato de haber cedido en algun tiempo el derecho un vecino á otro; pues en este caso el juez dará la justicia á quien le tocare.

Tambien suelen convenirse dos vecinos á suplirse voluntariamente lo que la ordenanza no permite, y esto suele correr mucho tiempo verbalmente, y falleciendo el que padece, va el otro adquiriendo años de posesion, y luego pretende y quiere fundar derecho, y esto es en grave perjuicio del otro interesado; y así no puedo dejar de

decir, que siempre que estas gracias se hagan sean limitadas, y que conste el por qué se hacen.

Puede suceder querer dar luz á un entresuelo que no tiene mas de siete pies de alto, y este aunque tenga pegada la ventana á la solera, pueden por ella registrar la casa del vecino; y así para que reciba luz y no haga daño á la casa medianera es necesario hacer á dicha ventana una nariz enganchada, para que por ella reciba luz y no pueda registrar.

Tambien sucede el estar unas casas labradas, que hacen á la calle una acera ó fachada, y vuelven haciendo esquina á una plazuela, y tener sus ventanas grandes, y con el transcurso del tiempo vender la villa un pedazo de plazuela, y quien compra labra, y las dichas ventanas servirle de demasiado registro, lo uno por mas superior, y lo otro por lo grande, y por estar asomados á ellas continuamente; en tal caso es menester considerar que el que compró fué despues que el otro labrase, y compró con aquel gravámen, y no se le puede estorbar que tenga dichas ventanas (se entiende no siendo fábricas sagradas), y solo puede el dueño de la casa inferior levantar su pared toda la altura que necesitare para no ser registrado.

Y si el dueño de dicha casa grande adonde caen dichas ventanas, fuese sitio suyo y le enagenase á otro dueño, el que compra mire primero cómo se conviene en este punto, pues si compra sin hacer el reparo al principio, lo habrá de consentir siempre menos si labrare, que entonces por la general de venderle centro y cielo, no le puede quitar que labre todo lo que quisiere. Y si le vende con la circunstancia de que ha de mantener sus ventanas en la forma que las tenia, aunque quiera labrar arrimado no puede, sino es dejando un callejon en medio de las dos posesiones, para que el uno reciba luz y el otro no pueda ser registrado, haciendo para ello las prevenciones necesarias.

Está muy consentido y sin rienda, que los vecinos hagan ventanas de diferentes grandezas en las medianerías, sin atender á que hay vecino inmediato que se lo pueda estorbar, y no solo en esto coopera el dueño de la casa, sino tambien el maestro que lo egecuta, pues el que tiene obligacion á saberlo lo debiera advertir, y si no, bastará no egecutarlo, y de esta suerte se remediará alguna parte, ya que no en el todo; y así ninguno sin el consentimiento del dueño de la casa medianera puede hacerlo ni egecutarlo, excediendo de mas grandeza la ventana, que como dejo dicho, de tercia y cuarta de luz.

CAPITULO IX.

Dónde se deben fabricar mas convenientes las cuevas.

Es lo comun fabricar las cuevas cada uno en su sitio, porque es dueño de hacerlo en él y no en el ageno; y así se deben hacer las cuevas de-

bajo de las viviendas, con tal que se aparten de las perpendiculares de las paredes á lo menos dos pies, para su mayor seguridad y fortificacion. Débese tambien profundizar la distancia conveniente, de calidad que siempre le quede á lo menos diez pies de capa; y si por la conveniencia suya quiere introducirse con dicha cueva dentro de la posesion de otro, no lo puede hacer; y en caso de hacerlo, ó por descuido ó maliciosamente, debe cerrar dicha cueva á los plomos de su pertenencia con una pared de mampostería ó albañilería de tres pies de grueso. Y si la caña fuese mas larga que de seis pies, es necesario vestirla con paredes y bóveda de ladrillo para la seguridad del terreno y casa del vecino, y esta costa ha de ser toda por cuenta del causante; y cuando buenamente no lo haga, podrá el vecino ponerle demanda, para que apremiado lo egecute.

No puede ningun vecino salir con ninguna caña de cueva á la calle pública; lo uno por lo perjudicial, y lo otro por no estar obligado á tantos daños como de ello resultan, pues del vuelo de las canales á fuera no se puede salir, y con tal precepto, mas vale aun no llegar con dos pies al plomo de las paredes que hacen fachada á la calle, pues de salirse se le puede obligar á que lo macice de fábrica, ó por lo menos vista toda la dicha caña ó cañas introducidas, todo de buena albañilería de rosca, con paredes de dos pies de grueso; y demás de esto quedar obligado á todos los daños que pueden sobrevenir por aquella parconsentir siempre menos si labrare, que entonces por la general de venderle centro y cielo, no le puede quitar que labre todo lo que quisiere. Y si le vende con la circunstancia de que ha de mantener sus ventanas en la forma que las tenia, aunque quiera labrar arrimado no puede, sino es dejando un callejon en medio de las dos posesiones, para que el uno reciba luz y el otro no pueda ser registrado, haciendo para ello las prevenciones necesarias.

Está muy consentido y sin rienda, que los vecinos hagan ventanas de diferentes grandezas en las medianerías, sin atender á que hay vecino inmediato que se lo pueda estorbar, y no solo en esto coopera el dueño de la casa, sino tambien el maestro que lo egecuta, pues el que tiene obligacion á saberlo lo debiera advertir, y si no, bastará no egecutarlo, y de esta suerte se remediará alguna parte, ya que no en el todo; y así ninguno sin el consentimiento del dueño de la casa medianera puede hacerlo ni egecutarlo, excediendo de mas grandeza la ventana, que como dejo dicho, de tercia y cuarta de luz.

CAPITULO IX.

Dónde se deben fabricar mas convenientes las cuevas.

Es lo comun fabricar las cuevas cada uno en su sitio, porque es dueño de hacerlo en él y no en el ageno; y así se deben hacer las cuevas de-

bajo de las viviendas, con tal que se aparten de las perpendiculares de las paredes á lo menos dos pies, para su mayor seguridad y fortificacion. Débese tambien profundizar la distancia conveniente, de calidad que siempre le quede á lo menos diez pies de capa; y si por la conveniencia suya quiere introducirse con dicha cueva dentro de la posesion de otro, no lo puede hacer; y en caso de hacerlo, ó por descuido ó maliciosamente, debe cerrar dicha cueva á los plomos de su pertenencia con una pared de mampostería ó albañilería de tres pies de grueso. Y si la caña fuese mas larga que de seis pies, es necesario vestirla con paredes y bóveda de ladrillo para la seguridad del terreno y casa del vecino, y esta costa ha de ser toda por cuenta del causante; y cuando buenamente no lo haga, podrá el vecino ponerle demanda, para que apremiado lo egecute.

No puede ningun vecino salir con ninguna caña de cueva á la calle pública; lo uno por lo perjudicial, y lo otro por no estar obligado á tantos daños como de ello resultan, pues del vuelo de las canales á fuera no se puede salir, y con tal precepto, mas vale aun no llegar con dos pies al plomo de las paredes que hacen fachada á la calle, pues de salirse se le puede obligar á que lo macice de fábrica, ó por lo menos vista toda la dicha caña ó cañas introducidas, todo de buena albañilería de rosca, con paredes de dos pies de grueso; y demás de esto quedar obligado á todos los daños que pueden sobrevenir por aquella parte; y este es el único medio y mas piadoso que se puede tomar.

Si siendo una posesion sola se dividiese con el transcurso del tiempo en dos, y el uno quisiese la cueva para sí diciendo es suya, solo lo será si toda la dicha cueva estuviere inclusa dentro de su sitio; pero si alguna porcion estuviese dentro del sitio del otro deberá ser suya, cerrando á plomo de la pared que divide las dos posesiones, que será de mampostería ó albañilería de tres pies de grueso, y le dará por su casa el uso (aunque antes le tuviese por el otro), y en este caso no se tiene que alegar antigüedad, porque cuando se compra una posesion enteramente, ya se sabe que es centro y cielo, y así solo es suyo lo que está incluso en las líneas de su recinto, excepto si hay convenio de parte á parte, que en tal caso lo expresará la contrata, para que se esté á ella en todo tiempo.

Ofrécense hacer lumbreras á dichas cuevas, para su desahogo y ventilacion, las cuales ordinariamente están en las fachadas de las calles, y estas se incluyen en los gruesos de los cimientos de dichas fachadas, y de esta suerte se deben ejecutar, porque aunque muchas veces se hacen tendidas en el suelo, es muy mal permitido por las muchas desgracias que suceden. Y se advierte al alarife, que en todas las fábricas nuevas que se ofrezcan hacer, no las permita sino en los portales de comercio, y á las que hubiere ya hechas se les ha de poner una reja de hierro, emplomada en sus adoquines de piedra barroqueña, y que

de varilla á varilla no haya de hueco mas que una pulgada, y que las dichas varillas sean gruesas, para resistir el peso de una cabalgadura, que de esta suerte se obvian muchas desgracias de pies y manos de criaturas y personas grandes.

Tambien se ponen algunas lumbreras tendidas en el suelo de piedra barroqueña, las cuales se consienten; pero se les debe advertir no tengan estrías, sino agujeros circulares que no tengan mas de dos pulgadas de diámetro, y de este tamaño sin exceder, no es capaz de caber pie de persona ni de caballería, y el grueso de dicha losa ha de ser á lo menos medio pie. Otras losas se ponen en las lumbreras que están arrimadas á las paredes, y en estas se hacen estrías pasadas para respiracion, como en las que se hacen los agujeros; y así estas estrías no han de tener mas diámetro que tres dedos, y de alto lo que les pareciere segun el de la losa; y el que lo ejecutare que no sea de esta calidad, se deberá hacer que las quite y ponga otras, para excusar muchos inconvenientes que de no observarlo pueden sobrevenir.

CAPITULO X.

De los poyos, empedrados, recantones, rejas y balcones que se suelen hacer en las calles públicas.

No puede poner ningun vecino ni hacer poyo delante de su casa, ni grada que salga á la calle pública, que exceda de medio pie de vuelo, ni tampoco subir ni bajar el empedrado, ni moverle de como está acordelado por la ciudad ó villa, porque de levantarle es un continuo tropiezo para el comercio, y ocasiona muchas caidas, y tambien porque se recoge toda la inmundicia en la parte mas baja, y es de grande perjuicio.

No debe poner ningun vecino recanton á su puerta, por el grande embarazo y tropiezo que causa á los comerciantes, sino es que S. M. haya entrado en la tal casa; pues solo estas y las casas reales los pueden tener.

Débese tambien observar, que ninguna reja baja vuele mas de cuatro dedos, siendo en calle de diez y seis pies de ancho; y en la que tuviere veinticuatro, y de hay en adelante, hasta medio pie y no mas. Y en cuanto á los balcones, ninguno se puede sentar que no esté á lo menos catorce pies de alto, de calidad que pueda pasar por debajo á caballo un hombre de estatura proporcionada: en cuanto á su vuelo, que no exceda de tres pies en la mas ancha, que en la angosta no es razon pase de dos, porque además de asombrar, registra demasiado á las casas ó puertas.

Debe el vecino hacer de tiempo en tiempo se registren los balcones, por si se han podrido las plantas bajas de ellos ó las basas y espigas de los balaustres, para tenerlos continuamente reparados; y esto así en plaza mayor, como en plazuelas y calles, que con eso pueden ir descuidados los que pasan por debajo, y se evitan las con-

tingencias que de no hacerlo pueden resultar.

Tambien se advierte no se pongan sobre dichos balcones tiestos, ni cajones llenos de tierra, porque divertidos en sus plantas y flores, no se acuerdan de los daños que pueden sobrevenir. Ni tampoco se deben consentir balcones volados de madera, ni que se hagan de hoy mas, ni subsistan los que hay, porque además de ser una cosa indecente en una corte, es lo mas contingente á arruinarse; y esto puede suceder en muy poco tiempo, porque su materia es yerba y se pudre luego, y de esto no recibirá ningun beneficio el público.

Y volviendo al caso dè los empedrados, se debe advertir de hoy en adelante á los dueños ó vecinos que labrasen casas, que toda la línea de su fachada la cubran de losas de piedra berroqueña; y que estas tengan de salida hácia el conducto á lo menos cuatro pies, y de grueso medio, ó una cuarta; y siempre que se gasten está obligado á ponerlas, para que el público logre de esta conveniencia. Y fuera una cosa acertadísima si se tomara providencia de mandarlas poner en toda la villa, como se ha ejecutado delante de las casas de Ayuntamiento y Platería.

Esto se mandó observar por el rey D. Cárlos III á los principios de su reinado, y se guarda inviolablemente.

CAPITULO XI.

De la fábrica de los pozos y en qué parte se deben obrar; y prevenciones sobre las norias, estanques y otras cosas.

Cualquier vecino puede hacer pozo dentro de su casa y arrimarle á la pared medianera, como no sea cerramiento, que en tal caso se debe apartar á lo menos un pie; y si el sitio de las dos casas fuese tan estrecho, como de ordinario suele suceder, y se conforman los dos en que el dicho pozo se incluya en el grueso de la pared medianera, y que ambos se sirvan de él, no tienen ningun inconveniente el hacerlo, y así todos los gastos que tuviere deben pagarlos por mitad, así su principal, como si se ofrecieren reparos.

Se advierte que ningun vecino puede labrar pozo cerca del del otro vecino, porque el que estuviere mas profundo se le sorberá al otro el agua, y le dejará en seco; por cuya razon se debe fabricar donde esté desviado á lo menos veinticuatro pies, porque todo lo que fuere mas cerca se comunicarán las aguas, y se queda el mismo inconveniente que si estuviera arrimado.

Tambien se advierte que no se puede abrir ningun sumidero que no esté apartado del pozo los mismos veinticuatro pies, por evitar la comunicacion de las aguas inmundas por las venas de la tierra, sirviendo tanto en las casas para todo la de los dichos pozos.

Todas las veces que se pueda excusar hacer sumidero dentro de las casas, aunque sea á costa de mucho caudal, se debe hacer, por la conveniencia tan grande que de ello resulta; pero en caso de ser necesario, hágase de dos pies de diámetro, y como fuere profundizando se irá ensanchando á forma de campana hasta llegar á la arena suelta, y en ella se harán sus embestiduras de minas para el surtimiento de las aguas; y en caso que no se halle será necesario alargarlas para que se diviertan mejor, inclinándolas hácia abajo hasta ver si se halla; pero huyendo siempre de los parajes donde están los pozos, y lo mejor es dirigirlos hácia la calle, y serán menos perjudiciales á las cuevas. Y se debe tener gran cuidado no viertan en los patios aguas inmundas, que apestarán las casas, porque sin hacerlo, solo de su putrefaccion cria mosquitos, tábanos y otras sabandijas; y además de este se debe tener el de limpiarle á temporadas, por la misma conveniencia de los habitadores, aunque algunos por no gastar en limpiarlos los dejan cegar, y viéndose precisados por las aguas llovedizas que le anegan, entonces por socorrer la mayor necesidad abren la pared medianera, si cae á algun corral, y no siendo por entonces cosa de entidad, no se hace caso y se deja olvidado, y con el tiempo le hacen consentimiento y costumbre, y se origina un pleito que no se ve nunca concluido; y así no hay que descuidarse en consentir cosa alguna al vecino, sino cuidar de su pertenencia cada uno, y no dar lugar á que por hacer bien le salga á los ojos.

:

Del mismo modo se deben apartar las secretas de las casas medianeras que los sumideros, pues aun son mas perjudiciales; y así cualquiera gasto que por ellas resultare á algun vecino, lo debe pagar el causante; y en este caso la misma preferencia tienen las comunidades que los demás vecinos, porque la ley es igual, y por este inconveniente deberá tener cuidado cualquier monasterio de hacerlas donde no sean dañosas, ni sus vapores perjudiquen á los religiosos ó religiosas, y de tiempo en tiempo acudir á limpiarlas, no teniendo el surtidero acomodado, para que las aguas lo arrastren al rio ó al campo, porque estas cosas no solo hacen mala vecindad á uno ó dos, sino á toda una barriada.

Tambien se previene que cualquiera puede hacer noria dentro de su casa, como elija paraje que no sea perjudicial, como es en huerta ó corral, y esto con el cuidado de apartarse de las medianerías á lo menos doce pies; y si se hiciere debajo de techado, como las que ordinariamente se hacen para jardines, es menester no estén entre habitaciones de comercio, por lo fastidioso del ruido y perjudicial á las viviendas; y así de quererlo hacer algun vecino sin atender á lo referido, deberá estar á derecho á todos los daños que por dicha noria sobrevinieren, anteponiendo á esto que debe estar apartada veinticuatro pies de la vecindad.

Tambien se previene que cualquiera que hiciere estanque, sea en huerta ó jardin, no le debe arrimar á las medianerías, sí apartarlo de

ellas seis pies, porque la mala vecindad de las humedades nunca es buena, ni para las fábricas ni para la salud. Y sin embargo de lo referido, si hiciere el dicho estanque algun perjuicio al vecino, debe el dueño de él estar á los daños, pues lo perjudicial de estas cosas permiten tales cargas.

Asimismo se debe tener gran cuidado en las pozas y regueras que se hacen en los jardines y huertas, en no arrimarlas á medianerías en distancia de diez pies, y aun con toda esta prevencion debe el dueño estar á los daños del vecino, si le recibe por dichas pozas y regueras.

CAPITULO XII.

De los conductos ó albañales.

Ningun vecino puede echarle al otro aguas por conducto; lo uno porque no es razon le introduzca en su casa enemigo tan perjudicial, y lo otro por el daño tan conocido de la propia fábrica; y aunque sea á costa de su poca conveniencia del gasto del caudal, debe cada uno conducirlas á la calle por su misma posesion.

Quieren algunos decir y alegar, que en habiendo diez años que se han consentido, que la costumbre hace ley; y por este camino pretenden el derecho, para que el vecino consienta el paso á dichas aguas por su posesion. No me quisiera meter á abogado no siendo de mi profesion; pero en mi corto juicio, me parece mas materia de hecho que de derecho, pues son tantos los accidentes que pueden suceder para que pasen muchos años mas, cuanto ello se deja discurrir; así como la flojedad de los administradores (porque esta comunmente es mucha, pues solo tienen el cuidado con la moneda), como los concursos y mayorazgos, la contingencia de estar un sitio erial, por los pocos medios de los dueños y otras muchas cosas; y así no habiendo instrumento de convenio entre las partes para el consentimiento, parece no se le puede obligar á este á que reciba las vertientes de la casa del otro.

Suele la poca fortuna del un vecino ponerle en paraje que pierda el derecho propio, y que le hagan por fuerza reciba las aguas de la casa medianera; en tal caso protestar la fuerza, y tener siempre su derecho á salvo para poder pedir; y para librarse de ellas puede incluir en el grueso de la pared un sumidero, y que por él expelan ó surtan; y se advierte solo sean las llovedizas, porque cualesquiera otras son de muy grande perjuicio á ambas vecindades, así por su mal olor, como por las sabandijas que de ello resultan. Y de no querer por buen modo dejar de echarlas, debe dar cuenta al juez, para que le obligue á ejecutar lo que fuere razon y comodidad de uno y otro.

Tambien sucede tener un vecino en su casa un patio, por el cual sin haber hecho reparo, ni perjudicarle el paso del agua de la casa vecina, y con el tiempo querer labrar dicho patio, serle de perjuicio dichas aguas, para lo cual mira sus títulos,

y no halla en ellos consentimiento alguno de sus antecesores, y procura reconvenir al dueño de la otra para que las recoja, y el tal se quiere defender, diciendo han pasado siempre por su posesion, sin constar de mas instrumento que decirlo él; á que no puedo dejar de prevenir que se hagan diferentes inquisiciones en tomar noticias de personas ancianas, si en lo antiguo iban las aguas de dichas casas por otra parte, ó si habian conocido algun sumidero que al presente esté cegado; y de hallar cualquiera de estas noticias, se acudirá al juez con ellas, para que en su vista y con la declaracion del alarife, mande las vuelva á recibir en su pertenencia, y deje libre la del vecino; estímulo para venir en conocimiento de la instancia, que hay muchos pleitos que se pierden por la omision de no solicitar noticias para su pleno conocimiento.

Si algun vecino recibe aguas llovedizas de otro, y este de quien las recibe compra arrimado á su casa otro pedazo de sitio para incluirle en ella, y que las aguas que de él provienen se introduzcan con las otras, para que el dicho vecino se las reciba todas, no debe hacerlo; pues ni el uno las puede incluir, ni el otro las querrá recibir, porque este no está obligado á mas que á las de aquella porcion de casa, y no la de dos, excepto si tuviere tambien obligacion de recibirlas del sitio que el otro compró; y si esto no es así, está obligado á recogerlas y conducirlas por otra parte todas las veces que él no se contente á recibirlas, y de no convenirse dará el paciente cuenta al juez, mande justificarlo por un alarife, que él con vista de todo informará al juez para que dé la justicia á quien le tocare.

CAPITULO XIII.

De las fraguas y diferentes oficios, y dónde convendrán fabricarse sin que sirvan de perjuicio al vecino.

Son las fraguas de los herreros, cerrageros, caldereros y fundidores, y otras de otros egercicios muy perjudiciales á la vecindad, ya por el continuo susto, por los muchos ejemplares de pegarse fuego, como por lo molesto del ruido, por cuya razon debieran todos vivir en un barrio destinado para ello, que la pasion de ser su mismo egercicio les hace sufrir con gusto lo que en otros es molestia; y ya que el uso tiene contraido el que vivan sumamente divididos, debe ser en los arrabales, donde no haya casas altas ni estrechas, y estén menos sujetas á incendios; y por este cuidado, no se debe arrimar ni consentir ninguna fragua en las calles de comercio, ni arrimada á casas sagradas ni edificios públicos; á oficios de escribanos, contadurías, mercaderes, joyeros, ni puestos de carbon, corrales de madera, ni otras de otros egercicios, que una chispa sea causa de destruir una calle. Y ya que por algun motivo se les consienta vivir dentro (que será mal hecho) no han de arrimar la fragua á medianería ninguna, y en caso de arrimarla, puede el vecino ponerle demanda para que la quite y arrime á su propia pared en el centro de su casa, y esta que no esté contigua á cosa de madera, por evitar la ocasion de pegarse fuego.

El oficio de herrador, aunque molesto al oido, machaca sin ocasionar susto, y aunque deben estar á las entradas del lugar, esto solo sirve á los trajineros; pero conviene vivan repartidos, si no en lo interior del comercio, no lejos de él, no perjudicando á ninguna persona de las privilegiadas en dicho comercio, por la casualidad de desherrarse un caballo ú otra cabalgadura, y siempre es bueno estén á la mano para las necesidades, que en fin lo molesto de sus golpes al principio disuenan, pero luego acompañan.

Traen consigo las repúblicas muchos oficios, que ó por el poco reparo, ó por la conveniencia de tenerlos, ó estar cerca del comercio (si están en pacífica posesion de su habitacion), debiendo ser muy mirada esta materia por las grandes contingencias que tienen; y así todos los oficios, como son: alfares, jabonerías, yeserías, caldererías, herrerías, tintes, sombrererías, esparterías, polvoristas, panaderías, velerías de sebo, y en fin todos los oficios que tuvieren fragua, hornos y calderas, donde se emprenda fuego, deben vivir en los arrabales, sin que arrimen á templos, monasterios, ni casa de demasiada vecindad, por obviar los daños, y que los mismos egercicios vivan con seguridad y sin zozobra; advirtiendo, que los tintoreros, aunque haya tienda dentro de la villa, no es tan perjudicial; pero la oficina donde están las calderas para tinturar, ha de estar al extremo del lugar, y no en las calles principales de la entrada, sino en los barrios intermedios entre las entradas principales vecinas á las paredes del recinto de la villa; y estos, el *caput mortuum* que queda con las aguas perdidas de los tintes las deben llevar medio cuarto de legua á verterlas, por lo perjudiciales que son á la salud de los vecinos los vapores que arrojan.

Tampoco se debe consentir que los cosecheros de viñas viertan en las calles las madres de las cubas, ni lo que resulta de las tinajas donde aclaran el vino; porque estos vapores, junto con el excremento de las calles, hacen una composicion pestilencial para la salud de los vecinos, y aun las bodegas donde se cuece el vino no son nada favorables sus exhalaciones á los habitadores cercanos á las ventanas de ellas, porque en semejantes cercanías perjudican notablemente á las cabezas, y por estos motivos no debieran estas oficinas estar internadas en el lugar.

Y se encarga muy mucho á los dueños de las casas, miren lo que hacen cuando las arriendan para ejercicios donde hay hornos y calderas, no permitan los pongan debajo de suelos de bovedillas, ni que haya vecindad á plomo, sino en parte donde solo haya un colgadizo para resguardo del agua y la nieve; y este, que á lo menos esté diez ó doce pies de alto de la caperuza del horno, ó del borde de la caldera.

CAPITULO XIV.

De las lumbreras de los sótanos y cuevas.

Ninguno puede tener lumbrera tendida en la calle, ni reja de hierro, ni losa agujereada, sí solo arrimada á la pared, y que esta no salga por la parte de abajo mas de medio pie, y por arriba embebida en la pared, que de esta suerte se evitan muchas desgracias, así á los que van á pie, como á los que andan á caballo, que ha sucedido á personas y á animales quebrarse los tobillos por haberse divertido al pasar; y así se debe con rigor observar las que hubiere, y amonestarles las pongan arrimadas á la pared, sino es que sean las que se hacen en los portales de comercio, que estas no pueden estar arrimadas, sino extendidas, como se explica en el capítulo IX.

Hay tambien gran descuido en las bocas de las lumbreras, que por no gastar los dueños de las casas, lo que habia de ser de buena fábrica lo ponen con unos eges viejos, y lo que sucede es, podrirse estos, y al pasar alguna cabalgadura, se unde y recibe perjuicio; y si va gente encima está expuesta á una desgracia, por cuya razon deben prevenir y recibir todas las bocas con arcos de albañilería y machos donde fuere necesario. Y para que en esto se ponga remedio, debe el caballero regidor del cuartel, con el alarife que tuviere, de tiempo en tiempo dar una vista, para evitar los daños referidos y otros mayores que pueden sobrevenir.

CAPITULO XV.

De los molinos entre partes.

Si un molino pára su curso por razon de alguna quiebra, ora sea en la presa, ora en la canal, ó en su propia fábrica, y fuese de dos ó tres dueños, deben todos contribuir para su aderezo, segun y á proporcion de lo que cada uno gozare en él; y si uno de ellos lo quiere componer, y los demás lo dilatan, puede, constando por declaracion de alarife el coste que ha tenido, y lo que toca pagar á cada parte, y no conviniendo los otros interesados á darle satisfaccion al que lo ha gastado, acudirá al juez que le haga justicia, y mandará lo que fuere justo.

Y si dicho molino no tuviese la presa suya solo, sino que esta sea de dos, y acontezca llevarse el rio el todo ó parte de ella, deberán entre entrambos volverla á egecutar, concurriendo á un mismo tiempo, así á la egecucion de las obras, como á la paga de ellas. Y si por defecto de alguno, al otro se le sigue perjuicio en que su molino esté parado sin moler, suponiendo eran necesarios quince dias para la obra, y se pase mas tiempo, deberá satisfacer el culpante rata por cantidad la renta de dicho molino. Y si uno de los dos molinos se quebrare, y necesita para su compostura el que se quite el agua á la ca-

nal, y el otro cesa en su trabajo, no debe detenerse mas que doce dias, mientras el otro hace su reparo; y de durar mas tiempo, debe pagarle la renta que ganare cada dia dicho molino, de los que estuviere parado mas de los doce que se le permiten. Y si alguno de los dos dueños quisiere hacer alguna cortadura ó ladron en el rio, despues de la presa, para regar algunas tierras, no lo puede hacer sin consentimiento del otro, ni tampoco es uno árbitro para limpiar el caz si se valen dos de él, sino es concurriendo entrambos, así con el consentimiento, como con el gasto.

Si algun vecino, dueño de una heredad cercana, quisiere hacer alguna presilla para levantar el agua, y regar en perjuicio del molino ó molinos, si la tal presa fué anterior á ellos, se la deben mantener, porque si se labraron posteriormente, ya consintieron aquel gravámen; pero si fué posterior, no se le debe consentir, porque primero es el beneficio público que el particular; y así no se debe hacer fábrica, ni ningun instrumento ni ingenio posterior que perjudique al molino anterior en aquella distancia que le puede ser perjudicial. Y debo decir, que ni molino ni ingenio alguno puede fabricar ningun dueño de la heredad y del agua que le corresponde sin licencia de la cámara de Castilla.

CAPITULO XVI.

Del agua que nace en una heredad, y pasa por otras agenas.

Cualquier manantial que nace en una heredad es del dueño de ella, y puede venderla á quien fuere su voluntad; y tambien puede arrendarla por dias para regar. Y en cuanto al paso de ella por otras heredades, si ha de ir por tajea ó roza abierta, ó hecha de fábrica, ó si fuere menester presa para levantarla, son cosas condicionales, que el dueño ha de tener vencidas con el vecino ó vecinos por donde ha de pasar, y al tiempo de celebrar la escritura se previene todo lo que se puede ofrecer de dificultad, y de no prevenirse con gran distincion y claridad, nunca se verán libres de pleitos.

Sucede tambien que un heredero tácitamente da permiso para que pase el agua por su heredad, y este fallece y viene á poder de otro, el cual no viene en que pase, diciendo que el otro no pudo consentir cosa en perjuicio suyo, y que él no lo quiere permitir; en tal caso, no teniendo el dueño de dicha agua instrumento ó contrato, no está obligado el nuevo poseedor á darle dicho paso, sin que primero se convengan; y de no ser así, el juez mandará lo que le pareciere justo.

Si un vecino tuviere alguna porcion de agua,

y de ella se valen dos ó tres, ó mas interesados, segun el ajuste y contrato que tienen entre sí hecho; y otro que no esté comprendido en dicho contrato hiciere alguna sangría ó cortadura para valerse del agua, sin que los otros ó el dueño lo sepa, se le debe delatar, y el juez le penará conforme el agravio; y si la tajea ó presa fuese hecha de céspedes, ó solo abierta en la tierra, y el agua se transporare por ella, y sirviere al vecino, no deberá por esta ocasion ser delatado ni multado, porque ¿á quién se le irá el bien á casa, que no le reciba? y así debe el dueño cuya fuere el agua, si él solo está constituido á los aderezos y permanencia del depósito y viaje, á tener hecha su presa de buena fábrica de mampostería ó albañilería, y la tajea del mismo género, para que el agua no se transpore; y esto ha de ser, buscando siempre la planta mas baja, porque puede la tajea ir superior, y el vecino estar muy inferior; y no estando prevenida como está dicho, y se rezumare el agua por lo mas bajo, dirá el dicho vecino es suya, que nace en su heredad; y si estuviere en la misma linde, alegará es de entrambos, materia bastante para empezar un pleito, que no se verá fenecido. Y si despues de prevenida dicha tajea ó presa de la suerte referida, por debajo de ella brotare algun manantial, que se verifique no proviene de quiebra de la presa ó tajea, deberá el dicho vecino usar de dicha agua como suya propia, sin que nadie se lo embarace.

Y si dos que tuvieren heredades, estuviere el uno superior al otro, y las norias estuvieren cerca una de otra, y el que estuviere mas bajo, por tener mas cantidad de agua, hiciere alguna mina que se encamine á la otra noria, no lo puede hacer, y debe ser acusado, y á su costa prevenirlo, por declaracion de alarife, para que el agua no se traspore, y le haga falta al otro vecino.

Puede el dueño del agua encañarla, y llevarla á fuente, ó á la parte que quisiere, como pase por tierra suya, ó tenga consentimiento del vecino; y tambien es dueño de dar el remanente á quien fuere su voluntad.

Y así, las heredades por donde hubiere pasado el agua, que les tiene cuenta á sus dueños por algun motivo, y estos han callado, y despues no la quieren consentir, como conste de su consentimiento, sin darse por entendidos de año y dia, la deberán consentir siempre, como no hagan fábrica en el terreno, que como fabrique, habrán de quitar el paso por fuerza, y encaminarle por otra parte.

CAPITULO XVII.

Arreglamento que han de guardar las personas que dieren materiales para las obras, como son: madera, yeso, cal y ladrillo.

Cada madero de á diez, doble, tiene catorce pies de largo, y por tabla siete dedos, y por canto cinco de vara castellana; estos, siendo de buena ley, valen á seis reales y cuartillo de vellon.

Cada madero de á ocho tiene diez y seis pies de largo, nueve dedos por la tabla, y por el canto siete; vale nueve reales y medio de vellon.

Cada madero de á seis tiene diez y ocho pies de largo, once dedos y medio por tabla, y ocho por canto; vale catorce reales y medio de vellon.

Cada vigueta de á veinte y dos tiene los mismos de largo, una cuarta por tabla, y una sexma por canto; vale veinte y un reales de vellon.

Cada media vigueta de á doce pies de largo, y con el mismo marco, vale doce reales de vellon.

Cada viga de cuarta y sexma, que pasa de veinte y dos pies, hasta llegar á treinta, vale á real y cuartillo el pie, y si excede, vale á real y medio.

Cada pie de tercia ha de tener un pie por tabla, y una cuarta por el canto; esta hasta llegar la viga á treinta pies de largo, vale á dos reales y cuartillo, y si excede á treinta y ocho á dos reales y medio, y excediendo, se crece respective.

Cada viga de pie y cuarto tiene el mismo por tabla, y un pie por el canto; esta, hasta treinta pies, vale á tres reales y medio el pie lineal, y si excede el largo, se crece el pie respective.

Cada viga de media vara tiene la misma por tabla, y por canto un pie; y hasta treinta pies de largo, vale á cuatro reales y medio, creciendo el precio segun el exceso del tamaño.

Cada alfargía de á nueve pies tiene por canto cinco dedos, y por tabla siete, vale á cuatro reales y medio de vellon.

Cada alfargía de á doce pies tiene la misma tabla y canto que la antecedente, vale á siete reales de vellon; y si fueren mas largas, se irá aumentando el precio, al respecto del tamaño.

Cada cuarton de á ocho tiene el mismo largo, canto y tabla, que el madero de á ocho; este es aserrado, y vale cada uno á trece reales de vellon.

Cada cachico de á seis, aserrado, tiene el mismo largo, tabla y canto que el madero de á seis, este vale diez y ocho reales de vellon.

Cada tabla de chilla de á nueve tiene de ancho un pie, y algunas algo escaso, y de grueso dos dedos, vale tres reales y medio de vellon.

Cada tabla de á siete de chilla tiene el mismo ancho y grueso que la de á nueve, vale dos reales y medio de vellon.

Cada tabla de á nueve de gordo tiene un pie y dos dedos de ancho, y dos dedos y medio de grueso, vale cinco reales de vellon.

Cada tabla de á siete de gordo tiene el mismo ancho y grueso que la antecedente, vale tres reales y tres cuartillos de vellon.

Cada tabla de chilla de á catorce tiene el mismo ancho y grueso que las antecedentes, y su valor es seis reales de vellon.

Cada tabla de gordo de á catorce tiene el mismo ancho y grueso que se anuncia arriba en este género, y vale ocho reales de vellon.

Cada tabla portada de doce pies de largo tiene media vara de ancho y dos dedos de grueso, esta vale catorce reales de vellon.

Para los que hacen el yeso.

Deben los que fabrican el yeso elegir la mejor cantera para sacar la piedra, huyendo siempre de lo salitroso, que este no es conveniente para las fábricas.

Que al tiempo de darle el fuego para cocerlo, no le den tantas caldas que lo pasen, porque el yeso pasado es lo mismo que tierra, y esto lo suelen hacer los yeseros de propósito, porque la mayor parte se machaca con los pies, y no con las palancas.

Que la capa que se ha de echar al horno, solo haya de ser de los tasquiles y polvo que de la piedra resulta cuando se parte para armar el horno, y no otra ninguna.

Que todo taller donde se machacare el yeso haya de estar empedrado, para evitar no se revuelva con tierra ó con arena, como se experimenta; y esto es de muy notable perjuicio á las fábricas, y ganancia para ellos.

Que cada caiz de yeso haya de tener doce fanegas cabales, de medida ó de peso; y siendo de peso, ha de pesar cada fanega siete arrobas y ocho libras; y siendo el yeso de calidad, puro, bien sazonado de fuego, bien machacado, y del peso y medida correspondiente, vale cada caiz, en el tiempo presente, á treinta y un reales de vellon, que es un precio muy regular para que los que lo fabrican ganen de comer, y no desacomodado para todos; y se previene, que á no ser de las calidades referidas, se les podrá apremiar á que las cumplan.

En cuanto á la cal hay muy poco que discurrir; porque esta viene de diferentes partes, y se acomodan los fabricantes á hacerla de la piedra que hallan, y su valor siempre difiere, porque segun el tiempo, así se altera ó se minora el porte; y así solo deberá el alarife tener cuidado, si viniere ó hallare alguna vez que sea fabricada de mala piedra, denunciarla y dar cuenta, para que con esto procuren los fabricantes escoger la mejor piedra para hacer la cal; pues es sabido, que de la piedra mas sólida se hará la buena cal, y sacada de la cantera que tenga humor.

Y si algunos de los que la fabrican tienen almacenes en Madrid para venderla por menor, suelen tenerla azogada para darla á precio mas crecido que cuando entra de fuera en terron: este es un engaño manifiesto, pues una fanega de cal azogada arroja dos fanegas y cuartilla de polvo la que menos, con que si la cal viva en terron vale siete reales, llevan á catorce y tres cuartos; esto en grave perjuicio del público, y en grande aumento de sus maravedises vendiéndola en polvo. Y aunque con el tiempo húmedo se suelte la cal de terron en polvo, siempre que esto suceda, en lo que el terron arroja halla el dueño su beneficio en el número de fanegas; con que en este caso, para que ningun vecino vaya perjudicado, se debe, en habiéndose soltado por el tiempo húmedo, acabarla de azogar, y por una fanega de cal viva en terron se le deben dar dos fanegas y cuartilla, medida colmada, y el que la compra debe aumentar el precio un real mas que á los siete referidos, por el gasto que se le añade de azogarla, y algun menoscabo que tiene, entendiéndose la ha de poner el vendedor donde dijese el comprador; y sino tiene con qué portearla, no le debe aumentar el real que se dice por los menoscabos, sino es pagársela á los siete reales como se le paga viva cuando viene del horno.

Para los fabricantes de ladrillo.

Deben los que fabrican el ladrillo tosco que se gasta en las obras elegir siempre la mejor tierra que hubiere en los alrededores donde se ha de fabricar, y que esta sea algo legamosa, sin caliches, estando picada y cortada de un año para otro, ó por lo menos seis meses antes que se haya de gastar.

Que la gradilla para cortar el ladrillo haya de tener diez y siete dedos de largo, trece de ancho, y tres y medio de grueso; y ha de estar guarnecida de chapa de hierro, para que siempre esté de una medida.

Que el ladrillo que ha de salir del tejar para las obras, solo ha de ser de pinta y colorado, y no de otro género alguno.

Que el ladrillo que llaman rosado no se pueda vender por ladrillo, sino es por adobes; y si se le cogiere por algun alarife al que lo fabrica, y averiguare lo da por ladrillo, se le puede denunciar y sacar la multa.

El precio de cada millar de ladrillo, en la forma referida, es á ciento veinte y dos reales de vellon, que es una estimacion muy proporcionada para que se utilice el que lo fabrica, y para el que lo gasta, pues mas vale pagarle algo mas, y que sea bueno, que no salga lo barato caro.

Que á los que trajeren la teja, no siendo bien cocida, y estando venteada y con caliches, se les pueda denunciar por cualquiera alarife.

Que los que trajeren ladrillo y baldosa, no siendo bien cocido, sin venteaduras ni caliches, y que no tenga muy cabal (siendo ladrillo) un pie de largo y una cuarta de ancho, y dos dedos de grueso; y siendo baldosa un pie en cuadro y tres dedos de grueso, se les pueda denunciar por cualquiera alarife.

CAPITULO XVIII.

De las fuentes públicas y particulares, y á lo que están obligados los vecinos.

Agradable divertimiento es el sonoro bullir de las aguas, sino ocasionara continuo cuidado su perenne fatiga, originándose de esta continuacion los crecidos gastos de las ruinas que se experimentan.

Siéganse todas las calles y plazuelas con crecido número de cañerías, así públicas cono particulares; y por lo minado del terreno continuamente hay pleitos, así entre vecinos, como estos con Madrid, ignorándose lo que segun la ocasion se debe observar; y así me ha parecido poner una declaracion á lo que está obligado Madrid, y á lo que lo está el vecino.

Es tan general el tomarse los vecinos licencia de introducirse desde sus posesiones en el area de las calles, ya por vivir al uso, ó por tener mas ensanche, que por maravilla se hallará casa que su sótano ó cueva no esté introducida en la calle pública, siendo así que es cosa sabida, que ninguno que labrare casa pueda salir á la calle mas que con la lumbrera, la cual ha de estar sujeta á la perpendicular de las goteras de sus propios aleros (materia que no se hace caso de ella, y es de suma importancia este cuidado), pues de haber sótanos, cuevas ó minas introducidas en las calles, resultan infinitas ruinas en las fábricas, no van otro, ó por lo menos seis meses antes que se haya de gastar.

Que la gradilla para cortar el ladrillo haya de tener diez y siete dedos de largo, trece de ancho, y tres y medio de grueso; y ha de estar guarnecida de chapa de hierro, para que siempre esté de una medida.

Que el ladrillo que ha de salir del tejar para las obras, solo ha de ser de pinta y colorado, y no de otro género alguno.

Que el ladrillo que llaman rosado no se pueda vender por ladrillo, sino es por adobes; y si se le cogiere por algun alarife al que lo fabrica, y averiguare lo da por ladrillo, se le puede denunciar y sacar la multa.

El precio de cada millar de ladrillo, en la forma referida, es á ciento veinte y dos reales de vellon, que es una estimacion muy proporcionada para que se utilice el que lo fabrica, y para el que lo gasta, pues mas vale pagarle algo mas, y que sea bueno, que no salga lo barato caro.

Que á los que trajeren la teja, no siendo bien cocida, y estando venteada y con caliches, se les pueda denunciar por cualquiera alarife.

Que los que trajeren ladrillo y baldosa, no siendo bien cocido, sin venteaduras ni caliches, y que no tenga muy cabal (siendo ladrillo) un pie de largo y una cuarta de ancho, y dos dedos de grueso; y siendo baldosa un pie en cuadro y tres dedos de grueso, se les pueda denunciar por cualquiera alarife.

CAPITULO XVIII.

De las fuentes públicas y particulares, y á lo que están obligados los vecinos.

Agradable divertimiento es el sonoro bullir de las aguas, sino ocasionara continuo cuidado su perenne fatiga, originándose de esta continuacion los crecidos gastos de las ruinas que se experimentan.

Siéganse todas las calles y plazuelas con crecido número de cañerías, así públicas cono particulares; y por lo minado del terreno continuamente hay pleitos, así entre vecinos, como estos con Madrid, ignorándose lo que segun la ocasion se debe observar; y así me ha parecido poner una declaracion á lo que está obligado Madrid, y á lo que lo está el vecino.

Es tan general el tomarse los vecinos licencia de introducirse desde sus posesiones en el area de las calles, ya por vivir al uso, ó por tener mas ensanche, que por maravilla se hallará casa que su sótano ó cueva no esté introducida en la calle pública, siendo así que es cosa sabida, que ninguno que labrare casa pueda salir á la calle mas que con la lumbrera, la cual ha de estar sujeta á la perpendicular de las goteras de sus propios aleros (materia que no se hace caso de ella, y es de suma importancia este cuidado), pues de haber sótanos, cuevas ó minas introducidas en las calles, resultan infinitas ruinas en las fábricas, no van seguros los que andan á caballo, ni en coches, ni los que comercian, pues con el continuo movimiento de su curso estremecen los terrenos, y de esto se origina hacer el movimiento que llevo referido: y no solo se debe contemplar este daño, sí el de que estando penetrado el terreno, aunque se quiera terraplenar ó vestir de fábrica, no se obvia el inconveniente que el movimiento del comercio haga tremular las fábricas; lo uno, porque habiendo hueco es natural; lo otro, porque aunque se macice á pison (que es como debe ser) siempre es cosa añadida ó materias separadas, que jamás será cuerpo sólido que pueda suplir lo que era antes.

En dos maneras se experimentan ordinariamente los hundimientos en las calles públicas, la una es, por haber el vecino penetrado el terreno; la otra, porque habiendo mina antigua de Madrid, hecha en tiempo que lo ocuparon los moros (que esto nadie ignora) las hay tan dilatadas, que atraviesan las plantas de la villa de parte á parte. Añádense á estas, otras minas por donde se conducen las aguas de sus primeras arcas á otras que están en diferentes parajes para el manual uso de sus repartimientos; estas no son generales, porque solo se usa de ellas cuando los terrenos son elevados, y se necesita que las aguas vayan profundas.

Quéjase amargamente el vecino si por accidente se le pasa algun agua á su sótano ó cueva, diciendo recibe un grave perjuicio, que la casa se le vendrá abajo, de que procede despues de sus

peticiones, que el maestro mayor de las fuentes haga reconocimiento del daño que recibe, y el que está expuesto al riesgo es el público que comercia por las calles (como llevo dicho), que si él no se hubiera introducido en terreno que no es suyo, no recibiera daño, ni el público tampoco; y en este caso, quien padece es el que pide el agravio que le corresponde, pues demás de sacarle una multa, debe pagar el reparo que se necesita para que el terreno quede fortificado, y asegurado el tragino del comercio.

Debe el que tuviere sótano ó cueva introducido en la calle pública, estar obligado á macizarle á pison, precediendo los paredones que fuesen necesarios hacer para su fortificacion, abriéndole por dicha calle, para que no quede enjuta ninguna en su hueco (porque de quedar algun vano no sirve de nada lo que se ha macizado, para evitar no se hunda el terreno) y despues empedrarle, atándole con los demás empedrados, y en caso que esto le sirva de considerable falta, acudirá á Madrid, ofreciéndole algun servicio, pidiendo licencia para vestir dicho sótano ó cueva de albañilería, dejándolo vestido y fortificado á satisfaccion de Madrid y del maestro mayor que es nombrado para ello, cuyos gastos y costas deben ser por cuenta del dueño de las casas.

Tambien está obligado el dueño de las casas, que tuviere cueva ó sótano introducido en la calle pública, á que si pasaren algunas cañerías públicas ó particulares al dueño de la cueva ó sótano, y que estas por esta ocasiou están en el aire, y pueden tener la contingencia de hundirse, recibir de fábrica de albañilería ó mampostería dichas cañerías con un paredon del grueso que bastare para el cómodo paso de ellas, macizando los lados de dicho paredon de tierra á pison, hasta dejarlo coronado de empedrado. Y si fuere mina que vaya abierta con la línea de la calle, y tuviese el hundimiento dos ó tres entradas á ella, y se vieren paredones de haber cerrado la comunicacion que tenian dichas casas á ella, deben todos los dueños concurrir al aderezo sueldo á libra, y todas las costas que estos reparos causasen son por el dueño ó dueños de dichas casas, excepto la porcion de cañería ó cañerías de plomo que se hicieren y pasaren por dicho paredon, que estas toca pagar al dueño ó dueños de las fuentes la diferencia que hubiere de cañería de barro á la de plomo.

Y si dichas cañerías, por encima de una mina de las antiguas de Madrid, y por la rotura de un encañado, se pasare la bóveda de terreno de ella, por lo penetrado de la humedad, y se hundiese, se deberán recibir dichas cañerías, dejándolas con la seguridad necesaria; y estos gastos los debe pagar el causante, si es sola una cañería, y si son mas, entre todos los interesados.

Sucede en muchas casas el haber tenido á sus expensas algunas cuevas ó sótanos, y teniendo noticia del riesgo á que están expuestas, suelen abandonarlas, echando un paredon en la entrada, dejando el hueco como se estaba. Esto es solo

para si va alguna visita de cuevas; pero para lo que toca á hundimientos de cañerías ú de terreno, no basta, porque está obligado á lo que queda el antecedente. Y en caso que se hayan hundido algunas cañerías, ó el terreno, por lo débil de su capa, y que estos hundimientos correspondan á minas antiguas de Madrid, en tal caso debe huir, si puede, de la mina, para hacer su cañería, llevándola por un lado, y sino tiene remedio (el que algo quiere, algo le ha de costar) es preciso lo haga á su costa, qne Madrid no debe pagar nada por el particular.

El que tuviere fuente en su casa debe estar obligado á que el vecino medianero donde estuviere próxima la dicha fuente no reciba perjuicio en las paredes ni suelos, porque todos los daños que por dicha fuente resultaren está obligado á pagarlos, dejándoselo reparado á su satisfaccion.

Debe tambien, si desde dicha fuente salieren las sobras del agua por canales de piedra, por tajea ó cañería á la calle, arrimándose á pared medianera, apartarlas á lo menos tres pies, porque estas son aguas perennes, y guardan otra regla que las llovedizas, porque las unas suceden de tiempo en tiempo, y es breve su estancia, y las otras (como arriba se dice) son continuas, y por cuya razon se deben apartar mas, y todos los gastos que esto ocasionare han de ser por cuenta del dueño de dicha fuente.

Suele la necesidad precisar al que desea fuente en su casa, no poderla conducir por donde la necesita, sin ofrecersele el embarazo de haber de pasar por posesion agena; en tal caso podrá solicitar con el vecino le permita el paso para la cañería, ora sea por amistad, ó por maravedises, ofreciéndole al mismo tiempo, que todos los perjuicios que recibiere su casa por esta razon, se obliga (como por naturaleza está obligado) á la composicion de sus reparos á su costa.

La union entre la vecindad y la dilatada comunicacion produce una fina amistad, y de esta resultan beneficios de parte á parte; y he experimentado, el de haber un vecino con otro de la casa medianera partido medio cuartillo de agua, que la una casa tiene; y así por convenio tienen hecha una arquilla en el grueso de la pared medianera, inmediata á los dos surtideros ó llaves de las dos casas, y allí puesto su marco para que á cada parte vaya la mitad. Y sin embargo del convenio entre los dos vecinos, tambien he visto una gran disension, porque el uno quiere arrastrar toda el agua á su fuente, y que el otro carezca de ella; y este es motivo de grandes disturbios; y así, para evitarlos y que siempre haya paz entre vecinos, se ejecutará y deberá estar á lo siguiente.

Todas las veces que el que tuviere agua en su casa, y la quiera partir con el vecino, ora sea por amistosa donacion ó vendida, hará á la entrada de ella, en el grueso de la pared medianera, una arquilla, desde donde se reparta el agua á los dos, teniendo puesto cada uno su marco; y esta arquilla tendrá su division en el medio, de

suerte que caiga á plomo del diámetro del caño principal que trae el agua, y esté un pie mas bajo que el surtidero. Y en dicha arquilla ha de haber una horquilla con dos ramales, entre estos ha de estar la dicha division, y así el un ramal verterá en una parte de la division á la casa del uno, y por el otro lado verterá su agua á la casa del otro; y que cada uno tenga su puertecilla para registrarlo ó limpiarlo cuando gustare. De estas arcas la encañará por su casa cada uno donde la hubiere menester, y de esta suerte vivirán en paz. Y si sucediere que la cañería que da el agua á entrambos tuviese quiebras desde su arca principal hasta la que se divide en las dos, deben concurrir ambas partes, por mitad, á los gastos que causare su manutencion; y si desde la arquilla del repartimiento sucediere alguna quiebra ú otro gasto, ha de ser por cuenta de cada uno solo, advirtiendo, que no es árbitro el dueño del agua de enagenarla, ni voluntariamente, ni por interés, sin dar cuenta á la junta de fuentes, para que convenga en ello, y mande dar los despachos necesarios.

Que si tres ó cuatro vecinos de un barrio tuviesen fuentes en sus casas, y estos la tomaren de un arca particular todos, y que en esta no se incluye cañería que lleve agua á fuente pública, sino es que dicha arca la reciba de otra principal, en tal caso deben todos los vecinos que reciben el agua, no solo aderezar las cañerías que cada uno tiene para llevar la suya, sino es pagar tambien sueldo á libra los aderezos que se ofreciesen en la que lleva el agua desde el arca principal de fuente pública á la particular de donde los vecinos se sirven, sino es que tengan privilegio de Madrid para que su arca particular se la haya siempre de dar corriente.

Si sucediere tener el vecino la cueva ó sótano de su casa fabricado segun ordenanza, y se le pasare agua á él, y recibiere perjuicio, debe el que padece acudir al juez con peticion, pidiendo mande que el maestro mayor de fuentes reconozca de dónde proviene el daño á su casa, y reconocido que sea, se verá si procede dicho daño de fuente pública ó particular, y si fuere de particular, toca á él mandar aderezar su cañería y pagar todo el gasto, y si es de fuente pública toca pagar á Madrid, ó á su junta de fuentes.

No se previno en lo antiguo el grave inconveniente que hay en que pasen las cañerías principales por los jardines y huertas particulares, experimentándose, que siempre los jardineros y hortelanos tienen sed, y por saciarla en alguna parte, violentan las arcas, rompen las cañerías, de que se originan muchos gastos al cabo del año á Madrid; esto es además de que las raices ciegan los caños, é impiden el paso de las aguas, por cuya razon se necesita con mucha frecuencia abrirlas, y sacar dichas raices de dichas cañerías, para lo cual no debe ninguno de los dueños de huertas y jardines embarazar se entre á abrirlas por la parte que fuere menester, y egecutar en las cañerías todo lo que fuere preciso; pues por esta molestia se les remunera, dándoles á las

huertas ó jardines el agua que es costumbre por esta tolerancia, y al mismo tiempo se les advierte están expuestos á una considerable multa, por la osadía de abrir las arcas que están dentro de las referidas huertas ó jardines.

Ha permitido el deseo de tener agua dentro de casa, estar continuamente discurriendo algunos vecinos desde su cueva alargarla hasta la mitad de la calle, para si encuentran alguna cañería próxima, herirla y surtir su casa, y no solo él, sino es tambien los vecinos del barrio, sin tener presente, que si se sabe por Madrid ó su junta de fuentes, están expuestos á una grave pena, y á gastar su dinero en componerlo todo de fábrica, con la seguridad, que no tenga la contingencia de poderse volver á abrir. Muchos se disculpan, diciendo no fué en su tiempo, que así lo hallaron, por lo cual será muy conveniente se sepa, que el dueño actual es el que debe estar á derecho á pagar la condenacion y demás gastos, advirtiendo, que siempre que reincida en la misma culpa, será muy duplicada y excesiva la pena. Y soy de sentir en este caso, debiera ser castigado con grande exceso en los maravedises, por los grandísimos inconvenientes que ocasionan estos hurtos; lo uno, porque cuando usan de ellos, arrastran toda el agua de aquella cañería, y dejan las fuentes públicas y particulares con poquísima agua; lo otro, porque se engendran unas ventosidades en los caños, que no dan lugar al paso del agua, y suceden muchas quiebras que ocasionan continuos y crecidos gastos.

Son tantas las quejas que hay al cabo del año de los vecinos que en sus casas tienen fuentes, que causan muchas impertinencias á los gefes de este ministerio, y se originan, de que unos quieren que su fuente les corra eternamente, sin gastar blanca; otros, porque en gastando seis reales una vez, les parece tienen hecho el gasto para otros tantos años, sin hacerse cargo, que el movimiento continuo del agua está trabajando contra quien se le opone y pretende sujetar; pues por donde se conduce, son unos caños de barro que entra uno en otro, sin mas sujecion que un poco de betun; y estos con el tiempo se deterioran, y el que sale mejor se revienta á la primera ventosidad que se enjendra, y otros que por mal cocidos, ó por traer algun pelo secreto hacen lo mismo; cuyos accidentes se deben considerar no están en el cuidado del maestro fontanero del cuartel, sino es á la casualidad de suceder. No me aparto de que deje de haber algunos subalternos que usan mal de las órdenes de sus maestros, dejándose llevar del interés de unos, haciendo mala obra á otros, diciendo, cuando se les ofrezca, no tienen que avisar al maestro mayor, ni dar cuenta á ningun caballero comisario, que ellos les abundarán de agua, que primero faltará á todo Madrid que á ellos. Y en este caso la culpa tienen los dueños de las casas, pues si ellos no les enseñaran al soborno pudiera ser acudieran igualmente á todos, que el interés, á unos les hace mas prontamente servidos á la primera llamada, que á los otros, aunque las repitan mu-

chas veces; y en fin, es una dependencia tan dilatada, que es preciso anden muchos en ella, por cuyo motivo es mas el número de los malos que el de los buenos.

Reconozco es dificil en un abuso poner remedio pronto; pero se puede en alguna manera: acuda el interesado de la fuente á Madrid cuando le falte el agua en ella, ó á la junta de fuentes, y experimentará cómo se le hace justicia en que el que tiene cuidado del cuartel cumpla con su obligacion, y entonces justificará si es picardía del subalterno que en su ausencia asiste, ó si es defecto de la cañería, y en tal caso se dará la norma de lo que se ha de egecutar, sin que le cueste mas de aquello que fuere razon; y si esto se hiciera generalmente, todos estuvieran bien servidos y á tiempo, como lo están los que siguen este rumbo.

CAPITULO XIX.

De lo que han de observar los maestros de fontanería que tienen las llaves de los viajes.

Me es preciso, como interesado, prevenir á mis súbditos, que tienen las llaves de los viajes de las aguas que entran en Madrid, lo que deben observar siempre que obtengan esta ocupacion.

Que al oficial de mas confianza jamás le entreguen las llaves de las arcas, porque este es el que admite los sobornos, y se deja llevar de sus apasionados; y todas las picardías que estos cometen lo paga su crédito ; advirtiendo, que los interesados de las fuentes les echan la culpa á ellos, y los tratan sin respeto, juzgando ser los causantes de la falencia de su agua, y que son interesados en los ruines intereses. En este punto me pudiera dilatar; pero lo dejo á la contemplacion del que padece, para que haciéndose cargo de lo que le conviene, tome el temperamento proporcionado á conservar su opinion: menos importa un poco de tardanza (porque no se puede servir á muchos á un tiempo) que no permitir egecuten lo que no es razon.

Que los caños que hubieren de gastar en las cañerías que egecutaren, sean hechos de buen barro, bien cocido, del marco ó diámetro que les corresponde, y que no tengan venteadura, pelo ni caliche.

Que el betun que se gastare sea egecutado de buena cal, aceite comun y estopas muy picadas, y trabajando todo lo posible, pues por mucho que lo esté, nada sobra.

Que no se ande con escasez en gastar el betun en las junturas de los caños, bañándolo muy bien de aceite; pues si se egecuta así, no habrá tantas quiebras en las cañerías (ya veo no habrá tantas ligaduras que hacer) como se experimentan, y creo ser este el principal ó mas cotidiano motivo.

Que el ladrillo que se gastare en el solado, paredes y cobija, sea todo de pinta y colorado, gastándolo con mezcla de cal y arena, hecha de dos espuertas de arena y una de cal.

Que las cañerías que se sentaren en zanjas abiertas ó minas, hayan de cargar sobre tierra firme, y si se encontrare embarazo de haber algun vano ó pedazo de tierra falsa, montear arcos para su seguro paso; y en donde no hubiere esta conveniencia, porque se ha profundizado mucho en una línea muy dilatada, debe prevenir al dueño de obra, diciéndole que el firme estará muy profundo, y la línea es larga, y el gasto será demasiado; y despues de aconsejado lo mejor, si conviene en el menor gasto, se puede sacar una vara de tierra mas de la zanja, y volverla á echar en ella, apisonándola muy bien, y cargar la cañería, la cual si fuere de plomo será mejor, por tener menos piezas que la de barro.

Que tenga el maestro cuidado de visitar, ó por su persona, ó por un subalterno, las fuentes públicas que le corresponden á su viaje, para reconocer si llevan el agua que tienen de situacion; y de necesitar de aderezo, dar cuenta al caballero comisario y maestro mayor, para tomar el órden de lo que ha de egecutar.

Que aunque un particular compre el agua de Madrid, y tenga sus despachos corrientes para empezar la obra, ha de acudir el maestro, antes de empezar las cañerías, á tomar el parecer del maestro mayor, para que elija el camino que ha de llevar, que no se haga perjuicio al vecino; y aunque parece supérflua esta advertencia, en mi entender es de grande importancia, porque he visto tomar agua muchas cañerías de algunas arquillas intermedias y subterráneas, de diferentes interesados, y desde ellas encañar el agua para la nueva fuente que pretenden, y con esta cautela ahorran á los dueños el gasto de la cañería desde el arca intermedia á la principal; pero no le saldrá al dueño de balde, porque le cuesta mas caro, pues solo dura esta cautela hasta que el interesado lo descubre, y entonces se ofrece gastar mucho dinero en deshacer y volver á fabricar toda la línea de cañería nueva por distinto camino; y así no siendo convenio entre partes, y que le conste al maestro que se han convenido, no debe pasar á ejecucion alguna sin que se lo participe al maestro mayor.

Que ningun maestro de los que tienen las tres llaves de los cuatro viajes, que son: Alcubilla, Contreras, Abroñigal bajo, Abroñigal alto y Castellana, se entrometa en el viaje del compañero, sino es que sea necesario juntarse para conferir alguna cosa tocante á su ministerio.

Que siempre que se rompiere alguna cañería, que lleva el agua á fuente pública, y el aderezo fuese mas dilatado que por seis ú ocho horas, atraviese una viga en la mejor forma que pueda, y ponga un caño de plomo y le embuta en ella, de suerte que pase el agua á la fuente, para que el público esté surtido mientras se ejecuta el reparo que necesita.

Que un dia de la semana le gaste el maestro fontanero en registrar los marcos, así de las fuentes públicas, como de las particulares, si están bien puestos ó claros, para que á cada interesado le vaya el agua que le toca; y no permita

jamás á nadie le vaya agua que no sea por su marco, porque de no hacerlo así, unos llevan mucha, y otros no llevan nada; y esta es la causa porque no nos vemos libres de quejas; y así es muy precisa la continua asistencia en acudir cuando llaman los interesados á satisfacerles sus dudas, y á remediarles sus daños.

Que cualquier cala que necesite abrir el maestro de fontanería en las calles públicas, para el aderezo de alguna cañería, saque licencia del corregidor ó caballero comisario del cuartel, para poderla abrir, y poner palenque para el resguardo de que de noche ni de dia nadie caiga dentro, y suceda alguna desgracia: además, que rara cala se abre, que aquella noche no quede cerrada; pero se advierte por si es obra mas larga.

Que siempre que las calas, zanjas ó pozos que se abrieren, conociendo que el terreno es falso, y puede venir riesgo á los que trabajan, se debe prevenir y cautelar de lo que puede suceder, apuntalándolo con buenos codales y tablones, y de esta suerte se podrá obrar sin peligro.

INDICE.

CATALOGO

DE LOS LIBROS DE FONDO QUE SE HALLAN DE VENTA EN MADRID EN LA LIBRERIA DE CUESTA, CALLE MAYOR.

Coleccion de Manuales de ciencias y artes.

Convencido el editor de estos Manuales de su utilidad para el progreso de las ciencias y artes, tiene ya impresos y de venta los siguientes:

Manual de las Señoritas, ó arte para aprender cuantas habilidades constituyen el verdadero mérito de las mujeres, como son: toda clase de costura, corte y hechura de vestidos, ó arte de modista; bordados en hilo, algodon, lana, sedas, oro, lantejuelas, al zurcido, al trapo, al pasado, en felpilla, cañamazo, seda floja y demás labores á punto de aguja; el arte de encajera ó modo de hacer blondas y calados; toda clase de obra de cañamazo, bolsas, ridículos, obras de abalorio, felpilla, pelo, cordones, presillas, muletillas etc., con el arte de componer dichos objetos. Traducido del francés por doña María Ana de Poveda: tercera edicion, añadida con las *reglas de buena educacion y decoro para las Señoritas*, el *arte de lavandera y lavado doméstico*, que tambien se venderá por separado.—Un tomo en 8.° con láminas, á 46 rs. en pasta y 44 en rústica.

Manual del cocinero, cocinera y repostero con el Arte de confitería y botillería, y un método para trinchar y servir toda clase de viandas, y la cortesanía y urbanidad que se debe usar en la mesa.—Un tomo en 8.°, á 40 rs. en rústica y 42 en pasta.

Manual completo de urbanidad, cortesía y buen tono, ó el Hombre fino al gusto del dia, con las reglas, aplicaciones y ejemplo del arte de presentarse y conducirse en toda clase de reunio-

CATALOGO

DE LOS LIBROS DE FONDO QUE SE HALLAN DE VENTA EN MADRID EN LA LIBRERIA DE CUESTA, CALLE MAYOR.

Coleccion de Manuales de ciencias y artes.

Convencido el editor de estos Manuales de su utilidad para el progreso de las ciencias y artes, tiene ya impresos y de venta los siguientes:

Manual de las Señoritas, ó arte para aprender cuantas habilidades constituyen el verdadero mérito de las mujeres, como son: toda clase de costura, corte y hechura de vestidos, ó arte de modista; bordados en hilo, algodon, lana, sedas, oro, lantejuelas, al zurcido, al trapo, al pasado, en felpilla, cañamazo, seda floja y demás labores á punto de aguja; el arte de encajera ó modo de hacer blondas y calados; toda clase de obra de cañamazo, bolsas, ridiculos, obras de abalorio, felpilla, pelo, cordones, presillas, muletillas etc., con el arte de componer dichos objetos. Traducido del francés por doña María Ana de Poveda: tercera edicion, añadida con las *reglas de buena educacion y decoro para las Señoritas*, el *arte de lavandera y lavado doméstico*, que tambien se venderá por separado.—Un tomo en 8.° con láminas, á 46 rs. en pasta y 44 en rústica.

Manual del cocinero, cocinera y repostero con el Arte de confitería y botillería, y un método para trinchar y servir toda clase de viandas, y la cortesanía y urbanidad que se debe usar en la mesa.—Un tomo en 8.°, á 40 rs. en rústica y 42 en pasta.

Manual completo de urbanidad, cortesía y buen tono, ó el Hombre fino al gusto del dia, con las reglas, aplicaciones y ejemplo del arte de presentarse y conducirse en toda clase de reuniones, visitas etc., en el que se enseña la etiqueta y ceremonia que la sensatez y la costumbre han establecido; con la guia del tocador, y un tratado de arte cisoria, traducido del francés; tercera edicion. — Un tomo en 8.°, á 10 rs. en pasta y 8 en rústica.

Manual del tintorero, ó arte de teñir la lana, el algodon, la seda, el hilo etc., seguido del *Arte del quitamanchas*, sacado de las obras mas acreditadas, y puesto al alcance de toda clase de personas que deseen ocuparse con utilidad en estas artes, por Mr. M. J. Riffault, y traducido del francés por Don Lucio Franco de la Selva. — Un tomo en 8.°, á 12 rs. en pasta y 10 en rústica.

Manual teórico y práctico del pintor, dorador y charolista: obra útil á los que ejercen esta profesion, á los fabricantes de colores, y á los que quieran pintar por sí mismos sus habitaciones, por M. J. Riffault, y traducido por Don Lucio Franco de la Selva. — Un tomo en 8.°, á 12 rs. en pasta y 10 en rústica. Segunda edicion aumentada.

Manual del perfecto licorista y perfumista: contiene el método de destilar los aguardientes y el espíritu de vino; de componer los licores finos y superfinos de aromas, frutas y flores; de hacer lo que se llaman ratafias; de conservar las frutas en aguardiente; de preparar las pastas aromáticas, polvos, jabones de tocador, aguas y vinagres aromáticas, estractos, esencias, aceites y agua de Colonia; segunda edicion, con apéndices sobre el modo de obtener el aguardiente de varios frutos y cereales, y el de componer todo género de sorbetes, quesos helados y ponches. — Un tomo en 8.°, á 10 rs. en pasta y 8 en rústica.

Manual completo de juegos de sociedad ó tertulia, y de prendas. Contiene una coleccion de los juegos de campo y de casa, la descripcion de las montañas rusas y otras varias; juegos preparados de prendas, de chasco, de accion, charadas representadas, juegos de memoria, de ingenio, de palabras, y las penitencias concernientes á cada uno de ellos, y modo de sentenciar las prendas con diferentes juegos de niños y de naipes: traducido del francés por Don Mariano Rementeria. — Un tomo en 8.°, á 10 rs. en pasta y 8 en rústica: segunda edicion aumentada.

Manual elemental de la pirotecnia civil y militar; su aplicacion práctica á todos los fuegos de artificio conocidos hasta el dia, y á nuevas combinaciones fulminantes; contiene el *Arte del polvorista*, modo de hacer toda especie de fuegos de artificio á poca costa, y segun los mejores y mas modernos procedimientos, con un tratado de los cohetes á la Congreve, y de los fuegos artificiales que se usan en los teatros; obra escrita en francés por Mr.

Vergnaud, capitan de artillería, y discípulo de la escuela politécnica, y traducido al castellano por Don Lucio Franco de la Selva. — Un tomo en 8.° con una lámina, á 12 rs. en pasta y 10 en rústica. Segunda edicion aumentada.

Manual para pintar al lavado y á la aguada: obra importante á todos los que quieran dedicarse al estudio y pintura de paisajes, planos, flores, vistas etc.; traduccion del francés. — Un tomo en 8.° con una lámina, 12 rs. en pasta y 10 en rústica.

Manual del florista y plumista, ó arte de imitar toda especie de flores naturales con papel, batista, muselina y otras telas de algodon; con gasa, tafetan, raso y terciopelo; de hacer flores de oro, plata, felpilla, plumas, paja, ballena, cera y conchas. Obra útil á los que se dedican á este arte, y muy curiosa y entretenida para las señoritas y casas de educacion; escrita en francés por Madama Celnar, y traducida al castellano. — Un tomo en 8.° con una lámina, á 12 rs. en pasta y 10 en rústica.

Manual del carpintero de muebles y edificios, seguido del *Arte del ebanista*: contiene todos los pormenores relativos á estas artes, segun los últimos adelantamientos hechos en ellas, y una noticia muy curiosa acerca de la naturaleza de toda clase de maderas indígenas y exóticas, el modo de teñirlas y labrarlas, de emplearlas en todo género de obras y de muebles, de pulimentarlas, barnizarlas, ensamblarlas y embutirlas; por M. Nosban, ensamblador y ebanista, y traducido al castellano. Dos tomos en 8.° con cuatro láminas, á 28 rs. en pasta y 24 en rústica.

Manual del fabricante y clarificador de aceites, y fabricante de jabones: contiene el modo de moler la aceituna, de purificar el aceite, con la esplicacion de diferentes prensas inventadas nuevamente para moler la aceituna, el método de fabricar diferentes jabones, tanto para el lavado de la ropa como para otros usos, y particularmente el de hacer los jabones de olor llamados de tocador; escrito en francés con arreglo á los últimos adelantamientos hechos en la materia, por M. J. Fontenell, y traducido al castellano por Don Lucio Franco de la Selva. — Un tomo en 8.° con láminas, á 9 rs. en rústica y 11 en pasta.

Manual de sastres ó tratado completo y simplificado de este arte: contiene el modo de trazar, cortar y hacer toda clase de vestidos. — Un tomo en 8.° con láminas, á 8 rs. en pasta y 6 en rústica.

Manual de varios métodos para hacer toda clase de tintas, así negras para el tintero, como de colores y de oro y plata: contiene un gran número de recetas para hacer tintas segun los métodos mas acreditados y que mejores resultados presentan; el método de hacer tintas indestructibles y simpáticas; modo de hacer desaparecer lo escrito y conocer las letras sustituidas; tintas indelebles y para marcar la ropa; tinta que desaparece. — Un cuaderno en 8.°

La Aviceptologia, ó Manual completo de caza y pesca, dividido en tres tratados. El 1.° contiene los ardides, trampas y estratagemas que se emplean para coger todo género de aves, con otro tratado sobre la crianza de los pájaros de jaula y canto. El 2.° contiene la caza de montería, ó caza mayor. El 3.° de la pesca ó pescador práctico; este tratado es el resultado de los conocimientos adquiridos por una larga y adquirida práctica, etc. Un tomo en 8.° con láminas, á 12 rs. en pasta y 10 en rústica.

Manual del fabricante de velas de cera y del de velas de sebo, escrito en francés segun los últimos adelantos por Mr le Normand, y traducido al castellano por ***. Contiene el 1.° las diferentes clases de cera y modo de conocerlas; blanqueo de la cera y su purificacion; fabricacion de toda clase de bugías, hachas, blandones y cerillas; adornos dorados y de colores de las bugías y hachas, y los diferentes usos que se hace de la cera para figuras, frutas, etc. El 2.° trata de las mantecas ó grasas y modo de conocerlas; de la elaboracion de las velas de sebo así bañadas como moldeadas, y modo de conocer la buena ó mala calidad de las velas y de sus mechas; operaciones para fundir el sebo y hacerlo mas puro y blanco por un nuevo método, etc. Un tomo en 8.° con láminas, á 14 rs. en pasta y 12 en rústica.

Manual de curiosidades artísticas y entretenimientos útiles, compuesto por don R. Munaiz y Millana, con presencia de lo mas moderno y selecto publicado en el estranjero en ciencias y artes. La primera parte contiene los principios generales de toda clase de pintura, los métodos nuevamente conocidos para lograr por el mecanismo del pasado de láminas grabadas, cuadros hermosos en lienzo, en cristales, en cobre, en madera, etc.; del modo de pintar con aceite en el papel, imitando perfectamente los cuadros al óleo de mayor mérito; la pintura transparente en tela; modo de nacarar la hoja de lata; el de dorar cenefas para abanicos, cuadros ú otros objetos; un tratado completo de barnices y charoles; las tintas ó aguadas para escritura é iluminacion, etc.; con un tratadito de curiosidades relativas al tocador de una señora.

La segunda parte comprende un tratado bastante lato é interesante sobre tintes en seda, lana, algodon, hilo, cáñamo, etc.; impresion ó estampado de las telas; litografía; purificacion y desinfeccion de los aceites; fabricacion de los esenciales; alumbrado del gas; renovacion de las tintas en escritos antiguos; preservativos para epidemias; jarabes y ponches, leches y jaletinas para

caminos; método de calcar ó estampar cualquier impreso por el mecanismo litográfico; modo de averiguar la parte espirituosa ó alcohólica en cualquier vino sin destilarlo; el de quitar las manchas de todas clases en paños y telas, deschafado del terciopelo, etc — Dos tomos en 8.°, á 16 rs. en rústica y 20 en pasta.

Manual histórico-topográfico, administrativo y artístico de Madrid, por don Ramon de Mesonero Romanos, nueva edicion adornada con láminas finas y un plano topográfico de Madrid.

Manual teórico-práctico del tornero, contiene el modo de hacer los bancos ó mostradores de torno, muñecas de madera y de metal, y modo de fijarlas, etc.; dispuesto con arreglo á los últimos adelantamientos hechos en este arte. Un tomo en 8.°

Manual del jardinero florista, ó el jardinero de balcones, ventanas y aposentos, para diversion de las señoras. Contiene una descripcion clara y sencilla para criar y conservar toda clase de flores y de arbustos en tiestos, con su fragancia y hermosura. Segunda edicion. Un tomo en 12.°, á 6 rs. en rústica y 8 en pasta.

Manual del arbolista, ó tratado físico de la vegetacion, cultivo y poda de los árboles frutales: estractado de las mejores observaciones hechas sobre la materia. — Un tomo en 16.°

Manual del cajista, comprende la esplicacion de todas las operaciones del arte de la imprenta, y una adicion gramatical relativa al dicho arte; por don José María Palacios, individuo de la misma facultad. Un tomo en 12.°, á 8 rs. en rústica y 10 en pasta.

Nuevo manual de cambios de España por el sistema antiguo y moderno, arreglado al Real decreto de 18 de Febrero de 1847, con las principales plazas de Europa, á saber: Amsterdam, Hamburgo, Génova, Lisboa, Londres, Paris, Nápoles, Roma y San Petersburgo, reducidos á tablas de fracciones decimales ó sean números fijos: contiene ademas la reduccion de canas y palmos de Cataluña á varas y céntimos de Castilla, y la de libras catalanas á reales vellon, y otras muchas reglas indispensables para el comercio, por don Santiago Antonio García. Un tomo en 8.°, á 10 rs. en rústica y 14 en pasta.

Manual de hidropatía, ó sea recopilacion de las ideas mas interesantes sobre el método hidropático, estractado de los trabajos de Priesnitz, Housebroock, Baldon y Constantino James, por D. M. R. Un tomo en 8.°, á 8 rs. en rústica.

Manual de alcaldes ordinarios y pedáneos de los pueblos de España, con las obligaciones y atribuciones de todos los individuos de los Ayuntamientos, y la Real Instruccion de Corregidores y Alcaldes mayores; segunda edicion, aumentada con la instruccion sobre el cobro de las contribuciones por los Ayuntamientos, y el Real decreto sobre eleccion de estos. — Un tomo en 8.º, á 10 rs. en pasta y 8 en rústica.

Don Papis de Bobadilla, ó sea defensa del Cristianismo y critica de la pseudo-filosofía, por D. Rafael José de Crespo. Seis tomos en 8.º, á 90 rs. en rústica.

Espiritual preparacion al sacratísimo parto de María Santísima, ó sea devocion de las Aves Marías. — Un cuaderno á 10 cuartos en rústica.

Tratado elemental de química, por Mr. Deguin, traducido y adicionado por D. Mariano Rementería, profesor agregado á la universidad de Madrid. Un tomo en 8.º con láminas intercaladas en el testo.

Cartilla de agentes y pretendientes, ó Manual de ministerios, tribunales y oficinas: contiene todas las dependencias del gobierno, y reune en un solo volúmen la práctica de los tribunales, ministerios y oficinas segun se observa en el dia: obra indispensable á los agentes, pretendientes, curiales y oficinistas. — Un tomo en 4.º, á 16 rs. en rústica y 20 en pasta.

Coleccion de romances castellanos anteriores al siglo XVIII, recopilados por D. Agustin Durán. — Cuatro tomos en 8.º marquilla: el 1.º contiene los doctrinales, amatorios, satíricos y burlescos: el 2.º las coplas y canciones de arte menor, letras, letrillas, romances cortos y glosas anteriores al siglo XVIII, pertenecientes á los géneros doctrinal, amatorio, jocoso, satírico, etc.: el 3.º y 4.º los romances caballerescos é históricos de la Tabla redonda, Carlomagno, Doce Pares de Francia, Bernardo del Carpio, Cid Campeador, siete Infantes de Lara, Amadís de Gaula, y algunos romances de las crónicas antiguas de España.

Historia de la esclavitud en África, durante 34 años, de Pedro José Dumont. — Un tomo en 8.º, á 6 rs. en rústica y 8 en pasta.

Coleccion de discursos forenses, pronunciados en defensa de algunos inocentes acusados, con un discurso sobre la administracion de la justicia criminal, estractados de las obras de Mr. Servan, célebre abogado francés. — Un tomo en 8.º, á 12 rs. en rústica y 14 en pasta.

Heineccii recitationes in elementa juris civilis secundum ordinem Institutionum: editio prima Hispana. Dos tomos en 8.º, á 20 rs. en pasta.

Máximas sobre recursos de fuerza y proteccion, con el método de introducirlos en los tribunales, por D. José de Covarrubias; nueva edicion, aumentada con las órdenes que han salido

hasta el dia sobre la materia. — Dos tomos en 4.º, á 44 rs. en rústica y 52 en pasta.

El Robinson de 12 años: historia interesante de un grumete francés abandonado en una isla desierta. — Un tomo en 8.º, á 8 rs. en rústica y 10 en pasta.

Gramática latina, compuesta por D. Francisco Sanchez Barbero. — Un tomo en 8.º, á 7 rs. en rústica y 9 en pasta.

Apéndices á los cinco juicios de Febrero, ó tratado de los juicios de rentas y contrabandos, por D. Juan Alvarez Posadilla. — Un tomo en 4.º, á 16 rs. en rústica y 20 en pasta.

Memoria sobre el cólera morbo de la India, y su método curativo, á 4 rs. en rústica.

Ensayo de un compendio de derecho civil general de España, por D. Juan Antonio de la Vega. — Dos tomos en 8.º marquilla.

Discurso sobre el influjo que ha tenido la crítica moderna en la decadencia del teatro antiguo español. — Un tomo en 8.º, á 5 rs. en rústica.

Elementos de Higiene, ó arte de conservar la salud y prolongar la vida, por Tourtelle. — Dos tomos en 8.º, á 30 rs. en pasta.

Lecciones del doctor Broussais sobre las Flegmasias gástricas, llamadas fiebres continuas esenciales de los autores, y sobre las flegmasias cutáneas agudas. — Un tomo en 4.º, á 16 rs. en rústica y 20 en pasta.

Historia natural y descripcion de la langosta y modo de destruirla. — Un tomo en 8.º, á 2 rs. en rústica.

La Gatomaquia. Poema épico burlesco del célebre Lope de Vega. — Un tomo en 12.º, á 6 rs. en rústica y 8 en pasta.

El Murciélago alevoso: graciosa invectiva del maestro Gonzalez, á 6 cuartos.

El nuevo Robinson, adornado con doce láminas finas y una carta ó mapa que señala con puntos los sitios en que á Robinson le sucedieron sus aventuras. — Dos tomos en 8.º, á 26 rs. en pasta.

El Veterano: anécdota suiza. — Un tomo en 8.º, á 2 rs. en rústica.

El Alcalde Juan Zurron, gracioso juguete de representado para celebrar la pascua de Navidad, á real.

El oráculo de los preguntones: juego gracioso y divertido en 24 preguntas y 12 respuestas, cada una en verso. — Un cuaderno en 8.º, á 3 rs.

Las cinco órdenes de Arquitectura de Vignola: por D. Diego de Villanueva. — Un tomo en folio, á 26 rs. en rústica y 30 en pasta holandesa.

Oficio de la Virgen, puesto en castellano por D. Juan Crisóstomo Piquer. — Un tomo en 8.°, á 10 rs. en pasta.

Liga de la teologia moderna, un folleto en 8.°, á 6 rs. en rústica.

Preocupaciones del gobierno representativo, un folleto en 8.°, á 6 rs.

De la Soberanía del pueblo y de la legitimidad del poder, por Fonfrede. — Un tomo en 8.°, á 6 rs. en rústica.

El secretario español, ó nuevo estilo de escribir cartas, y sus respuestas, segun el gusto del dia; precedido de una instruccion sobre el ceremonial epistolar que debe observarse, y advertencias muy importantes puestas al principio de cada clase de cartas, en las que se ha consultado el estado de nuestras costumbres, particularmente las que se hacen á los niños cuando escriben á sus padres ó tutores.

Se han impreso hasta el presente varios estilos de cartas; pero todos son tan anticuados, que aun las personas menos cultas no se atreverian á seguir su correspondencia por su estilo poco usado entre personas bien educadas: el que al presente se anuncia contiene la correspondencia para todos los casos que suelen ocurrir en la sociedad: su estilo es claro, sencillo y noble, y acomodado á los usos y costumbres que en el dia se usan entre las gentes mas cultas. Nueva edicion corregida y adicionada con algunas cartas de Jovellanos, Melendez Valdés, Forner y Moratin. — Un tomo en 8.°, á 8 rs. en rústica y 10 en pasta.

El Adivino, pequeña baraja de números para poder acertar con ella los años que tiene cualquier persona, el dinero que lleva en el bolsillo, á qué hora salió de casa etc., á 2 rs.

Historia de un peso duro, contada por él mismo, publicada en francés por la señorita Alida de Savignac, y traducida al español por don M. R. F. La historia de un peso duro, que parece desde luego un juguete, encierra las mas puras ideas de moral tan útiles á la edad adulta como á la juventud. — Un tomo en 16.°, á 8 rs. en pasta y 6 en rústica.

Las bellezas de la naturaleza, ó descripcion de los árboles, plantas, cataratas, lagos, islas, torrentes, fuentes, volcanes, montes, grutas, minas etc. los mas considerables y estraordinarios del globo, por M. Antoine. No puede menos de instruir y saciar la curiosidad de los lectores la descripcion de lo mas admirable y portentoso que encierran los tres reinos de la naturaleza, y particularmente la descripcion que hace Plinio de la erupcion del Vesubio acaecida el año 79 de J. C., en que quedaron arruinadas las ciudades de Pompeya y Herculano. — Un tomo en 8.°, á 8 rs. en rústica y 10 en pasta.

Piissima erga Dei Genitricem devotio, ad impetrandam gratiam pro articulo mortis per dies hebdomada, disposita ex seraph. doctrina D. Bonaventura deprompta.—Un tomo en 16.°, á 4 rs. en pasta.

Coleccion de seis muestras de letra bastarda de todos tamaños para aprender á escribir: la primera contiene los principios ó reglas de dicho arte en las cuatro siguientes sentencias breves sacadas de la sagrada Escritura, y en la sesta trata del modo de cortar y llevar la pluma: por don Claudio Antonio Páramo.

Arte de la lavandera y del lavado doméstico. — Un tomo en 8.°, á 4 rs. en rústica.

La Compsilogía, ó arte de afeitarse á sí mismo. — Un cuaderno en 8.°, á real.

El Algebra, reemplazada por la aritmética en los problemas de interés compuesto, anualidades, amortizacion, terminado por una aplicacion especial del mismo método á la estincion de la deuda pública. — Un tomo en 4.°, á 6 reales en rústica.

Tratado de los medios de averiguar las falsificaciones de las drogas simples y compuestas, y de conocer y comprobar su grado de pureza; obra escrita en francés por A. Bussi, y A. F. Boutron-Charlad, profesores de química; y traducida al castellano por don José Luis Casaseca.

La importancia del objeto de esta obra, y la reputacion que disfrutan sus autores, la hacen muy recomendable y sumamente útil á los profesores de farmacia, drogueros y demás personas que se dedican al comercio de este ramo; pues no solo da á conocer las numerosas falsificaciones que se hacen diariamente con las drogas, sino tambien indica los medios que pueden practicarse para determinar el grado de pureza de muchos productos que se usan en la medicina, y que su adulteracion compromete al mismo tiempo la existencia de los enfermos y la reputacion de los médicos. — Un tomo en 4.° á 24 rs. en pasta y 20 en rústica.

Conocimiento de los temperamentos. Pintura fiel de los estados sanguíneo, nervioso, bilioso y flemático, como principios de todas las enfermedades. Signos en que cada individuo conocerá fácilmente si la dolencia que padece proviene de la sangre, del humor, ó de los nervios; las disposiciones á la apoplejía, hidropesía y pulmonía; efectos y peligros del estreñimiento; medios de curar estos diferentes estados, toda clase de espasmos é irritaciones, la estenuacion y esceso de gordura. Señales que anuncian una buena constitucion y las probabilidades de una larga vida. Obra escrita en francés por el doctor Delacroix, y traducida al castellano de la duodécima edicion francesa. — Un tomo en 8.°, á 8 rs. en pasta y 6 en rústica.

El propagador de conocimientos útiles, ó coleccion de datos interesantes aplicables á las necesidades y á los goces de todas las clases de la sociedad; esta obra trata de las ciencias naturales, físicas y matemáticas, de la economía doméstica industrial y rural, con aquellas nociones que están al alcance de todo el mundo, simplificando la esplicacion de modo que pueda ser partícipe el bello sexo, pues somos de la opinion que las mujeres tienen el mismo derecho á la instruccion que los hombres. — Consta esta obra de trece cuadernos, á 4 rs. en rústica.

Arancel de derechos que pagan los géneros, frutos y efectos estranjeros á su entrada en el reino; los que satisfacen estos y los nacionales á su estraccion á otras potencias y á nuestras Américas; asimismo el *Arancel de derechos reales y municipales* que se adeudan en la aduana de Madrid; comprende tambien el *Arancel francés* publicado en Paris en el año de 1815. — Un tomo en 4.°, impreso en Madrid en 1816, á 20 rs. en rústica.

Discursos morales, políticos é históricos, inéditos de don Antonio de Herrera, cronista de Felipe II, autor de las décadas de Indias. — Dos cuadernos en 8.° marquilla.

Nueva baraja de 50 preguntas y otras tantas respuestas combinadas, puestas en verso para diversion de las tertulias, 6 rs.

Asistencia de los fieles al templo en el dia de la Ascension y á la hora de nona; contiene una sucinta idea de esta festividad, la nona y misas traducidas, y reflexiones sobre el Evangelio. – Un tomo en 12.° de letra gruesa con una lámina de la Ascension, á 6 rs. en pasta.

Rudimentos de contabilidad comercial, ó Teneduría de libros por partida doble, por D. José Brost. — Un tomo en 4.°, á 24 rs. en rústica y 28 en pasta.

Aritmética mercantil, ó tratado del cálculo comercial, por don José María Brost. Contiene cuantos conocimientos debe poseer un comerciante en el ramo de contabilidad mercantil, dividida en tres partes: 1.ª Aritmética puramente dicha. 2.ª Aplicacion de esta á las operaciones de comercio, seguros, tara, avería, interés, compañía, etc.; y 3.ª, el giro comprensivo de las reducciones de monedas, cambios directos é indirectos, descuento de letras, arbitrajes, remesas y tratas continuas por anualidades, y cuatro apéndices sobre el sistema decimal de pesos y medidas, bancos públicos, compañías de seguros y bolsa.—Un tomo en 4.° 28 rs. en rústica y 32 en pasta.

El arquitecto práctico, civil, militar y agrimensor, dividido en tres libros: el 1.° contiene la delineacion, transformacion, medidas, particiones de planos y uso de la pantómetra. El 2.°, la

práctica de hacer y medir todo género de bóvedas y edificios de arquitectura. El 3.°, el uso de la plancheta y otros instrumentos simples para medir por el aire con facilidad y exactitud, y nivelar regadíos para fertilizar los campos. Obra útil á los arquitectos civiles y militares y á los agrimensores.—Consta de un tomo en 8.° de 368 páginas, adornado con 40 láminas. Su autor D. Antonio Plo y Camin, cuarta impresion, corregida y aumentada con las *Ordenanzas de Madrid*; á 20 rs en pasta.

Juegos de naipes y otros. Báciga 2 rs., Villar 2 rs., Malilla 1 real, Tres sietes 1 real, Mus 1 real, Damas 2 rs, Ecarte 1 real. Ajedrez 2 rs., Revesino 1 real, Piques y cientos 1 y medio, Imperial 1 real, Tresillo Mediator.

Estella, vanidad del mundo.—Un tomo en folio á 36 rs.

Historia del Cardenal Cisneros.—Un tomo en 4.°

Epístolas de Ciceron.—Un tomo en 8.°

Sales, práctica del amor de Dios.—Un tomo en 4.°

Confesiones de S. Agustin.—Dos tomos en 8.°

Curso de operaciones de cirujía, de Cádiz.—Un tomo en 4.°

El Dorado contador.– Un tomo en 4.°

Tesauro, filosofía moral.—Un tomo en 4.°

Tres cartas sobre los vicios de la instruccion pública en España, por Narganes.—Un tomo en 8.° 4 rs.

Prontuario de la táctica de caballería, para que con facilidad y en corto tiempo puedan aprender á maniobrar y usar de sus armas los militares de esta clase, é igualmente los individuos que componen la guardia nacional de caballería, recopilada del reglamento adoptado para la caballería del ejército; segunda edicion.—Un tomo en 8.° á 5 rs. en rústica y 6 en pasta holandesa.

Ensayo histórico crítico sobre la legislacion y principales cuerpos legales de los reinos de Leon y de Castilla, especialmente sobre el código de las Siete Partidas de D. Alonso el Sabio, por el doctor D. Francisco Martinez Marina. Esta obra, fruto de los desvelos de un sabio, cuya alta reputacion se halla bien sentada en España y fuera de ella, es útil á toda clase de personas, y del todo necesaria á los que siguen la carrera de la jurisprudencia, y á los señores senadores y diputados.—Dos tomos en 4.°: segunda edicion, corregida y aumentada por el autor, á 50 rs. en pasta y 42 en rústica.

Arte de Albañilería, ó instrucciones para los jóvenes que se dedican á él, en que se trata de las herramientas necesarias al albañil, formacion de andamios y toda clase de fábricas que se pueden ofrecer, con 40 estampas para su mayor inteligencia, por el celebre arquitecto D. Juan de Villanueva: lo da á luz por lo útil y sencillo para la clase á que se refiere don Pedro Zengotita. Lleva al frente un prólogo del mismo Villanueva.—Un tomo en 4.° á 14 rs. en pasta y 10 en rústica.

Lecciones de literatura española por don Alberto Lista.—Un tomo en 4.°

Coleccion de recetas fáciles y seguras para destruir los chinches, pulgas, moscas, mosquitos, ratas, ratones, polillas y demás animales que tantos estragos hacen en las casas.—Un cuaderno en 16.° á 2 rs.

Continuacion á la Historia de España del P. Mariana: esta obra puede servir para completar las ediciones en folio que hay del P. Mariana.—Un tomo en folio rústica.

Coleccion de las mejores coplas de seguidillas, tiranas y polos que se han compuesto para cantar á la guitarra, por don Preciso. Dos tomos en 12.°, á 16 rs. en pasta y 12 en rústica.

Conferencias gramaticales sobre la lengua castellana, ó elementos esplanados de ella. Obra especialmente destinada para los alumnos del seminario de la escuela normal de instruccion primaria de Madrid, y acomodada para todos los establecimientos de educacion por don Mariano Rementeria, profesor de gramática castellana en dicho seminario. Segunda edicion, corregida y aumentada.—Un tomo en 8.° marquilla á 18 rs. en pasta y 15 en rústica.

Compendio del Derecho Real de España, estractado de la obra del doctor don Juan Sala, que se enseña en las universidades del Reino, y acomodado por preguntas y respuestas á la inteligencia de los litigantes para saber y buscar por él las leyes correspondientes á las sentencias de sus pleitos. Compuesto por don Juan Francisco Siñeriz. Segunda edicion.—Un tomo en 4.°, á 24 rs. en pasta y 20 en rústica.

Memoria militar y política sobre la guerra de Navarra, fusilamientos de Estella y principales acontecimientos que determinaron el fin de la causa de don Cárlos Isidro de Borbon: escrita por don José Manuel de Arizaga, consejero del extinguido supremo de la guerra, y auditor general que fué del ejército vasco-navarro.—Un tomo en 8.° marquilla á 20 rs. en rústica.

Fourier. Sistema societario, ó sea explanacion del sistema societario. Va adornado con una lámina en que además del retrato del autor hay la vista de un falansterio.—Un tomo en 4.°, á 24 reales en rústica.

Voces del pastor en su visita, que dirige á todos sus diocesanos el Ilmo. Sr. D. Fr. José Antonio de San Alberto, arzobispo de la Plata.—Un tomo en 8.°, á 12 rs. en pasta y 10 en rústica.

Nuevo Diccionario portátil español-francés, ó compendio del diccionario grande de Nuñez Taboada, mucho mas aumentado que la edicion hecha en Paris en 1823, redactado por don F. Grimaud de Velaunde, miembro de varias academias.—Dos tomos en 8.°

Curso completo de gramática parda, dividido en quince lecciones, en las que se dan reglas fijas para que cualquiera pueda vivir sin trabajar.—Un tomo en 8.° á 4 rs en rústica.

Escuela de costumbres ó reflexiones morales sobre las máximas de la sabiduria, obra escrita en francés por Mr. Blanchard, traducida por don Ignacio Garcia Malo.—Cuatro tomos en 8.°

Nuevo manojito de flores en tres ramilletes, compuesto de varias flores para todas las personas católicas, eclesiásticas y religiosas, por el P. Fr. Buenaventura Tellado.—Un tomo en 12.° á 8 rs. en pasta.

Páginas de oro de Sir Walter Scott, ó sea retrato imparcial de Napoleon, su enfermedad y muerte.—Un tomo en 8.° con láminas á 16 rs.

Introduccion al estudio del derecho patrio, por don Joaquin María Palacios.—Un tomo en 8.° á 6 rs. en rústica y 8 en pasta.

Epístolas de S. Gerónimo en castellano.—Un tomo en 8.° á 8 rs. en pasta.

Aritmética de Moya.—Un tomo en 4.° á 14 rs. en pasta.

Coleccion de Heroidas, traducidas libremente de los mejores autores franceses.—Dos tomos en 8.° en pasta á 20 rs.

Memoria sobre la necesidad y utilidad de establecer en España el sistema de las asociaciones productivas de la Inglaterra, para la creacion y conservacion de los caminos, puentes, canales y demás obras de utilidad pública; por don Antonio Prat.—Un cuaderno en 8.° á 4 rs. en rústica.

Genio del Cristianismo ó bellezas de la religion cristiana, por el vizconde de Chateaubriand.—Tres tomos con láminas á 40 rs. en pasta.

Los Mártires ó el triunfo de la religion cristiana, poema escrito por el vizconde de Chateaubriand, y traducido nuevamente al español.—Dos tomos en 8.° con láminas á 30 rs.

Matilde ó las cruzadas en el monte Carmelo.—Tres tomos en 8.° con láminas.

Historia natural, por don José Gerber de Robles, para uso de los establecimientos de instruccion pública.—Un tomo en 4.° á 26 reales en rústica.

Historia fabulosa de los dioses, escrita por el P. Pedro Gautruche, de la compañía de Jesús. Obra útil para instruccion de la juventud, adornada con 16 láminas perfectamente grabadas, que explican la historia fabulosa.—Un tomo en 16.°

Tratado de farmacia operatoria ó sea farmacia experimental, por el doctor D. Raymundo Fors Dos tomos en 4.º con grabados, á 180 rs. en rústica y 190 en pasta.

Tratado de farmacia teórica y práctica, por E. Soubeirand; traducido por D José Oriol y Ronquillo, añadido con un vocabulario de las sustancias medicinales, y con algunas preparaciones modernas que no se hallan en ningun tratado de farmacia.— Dos tomos en 4.º con láminas intercaladas en el texto, á 60 rs. en pasta.

Bosquejo del estado del arte de curar y de sus profesores en España, y proyecto de un plan para su general reforma por don José Antonio Piquer.—Un tomo en 4.º á 40 rs. en rústica.

Chim Chuap: pasatiempo Chinesco, muy entretenido: compuesto de siete piezas planas, geométricas, de plomo, con su cajita y dos cuadernos con 126 grabados cada uno, á 6 rs.

La muerte de un buen cristiano, por A.... — Un cuaderno en 32.º, á 4 rs.

El Diablo mundo, poema por Espronceda.—Un tomo en 8.º, á 24 rs. en rustica.

Cuadro del derecho civil: en papel satinado á 8 rs. Un pliego de marca mayor.

Biografía del Sr. D. A. Lista y Aragon; seguida de una coleccion de poesías ineditas unas, y otras no comprendidas en las ediciones que se han hecho. — Un tomo en 8.º con el retrato de dicho Señor, á 6 rs. en rústica y 8 en pasta.

Llave del Cielo ó novísimo ejercicio cotidiano, recopilado de los mejores devocionarios por D. Juan José Moreno: adornado con hermosas láminas, á 8 rs. en pasta.

Novísima Semana Santa, aumentada con las estaciones para visitar los monumentos el Jueves Santo y oraciones para confesar y comulgar. Adornada con láminas finas, á 8 rs en pasta.

Tambien se halla el Ejercicio y Semana Santa juntos, á 14 rs. en pasta.

Prontuario de tablas decimales. Contiene la reduccion de canas y palmos de Cataluña á varas y céntimos de Castilla; la de las monedas provinciales, así efectivas como imaginarias, de Aragon, Valencia, Cataluña y Navarra, á reales y maravedís de vellon; la de napoleones á reales; y por último, la correspondencia de yardas inglesas y metros franceses á varas españolas y vice versa, y una tabla de medidas extranjeras reducidas á varas de España por don Santiago Antonio García.—Un cuaderno en 8.º á 4 rs.

Guia de la juventud, escrita para uso de las escuelas del Reino, por D. Sisto Saenz de la Cámara.—Un tomo en 8.º á 6 rs.

Lectura para niños por D. Enrique Somalo y Collado.—Un tomo en 8.º á 4 rs. en rústica.

Arte de aprender á escribir y leer á un mismo tiempo ortográficamente, dividido en 9 lecciones, ó sea primer libro de los niños, por D. E. Somalo.—Un tomo en octavo á 2 rs. en rústica y 3 en holandesa.

Obligaciones y deberes del niño, ó sea segundo libro de los niños, por D. E. Somalo.—Un tomo en 8.º á 2 rs. en rústica.

Coleccion de novelas nuevas, impresas en 16.º mayor con láminas finas y viñetas, á 10 rs el tomo en pasta y 8 en rústica.

De Jorge Sand.

Andrés, 2 tomos.
Indiana, 2 tomos.
Leon Leoni, 2 tomos.
Valentina, 2 tomos.
Jacobo, 3 tomos.
El Secretario privado, 2 tomos.
Simon, 2 tomos.
Cartas de un viajero, 3 tomos.

De Arlincourt.

La Extranjera, 2 tomos.
El Solitario, 2 tomos.
El Renegado, 3 tomos.
Ida y Natalia, 2 tomos.

De varios autores.

Hijo del Carnaval, 2 tomos (Pigaul Lebrun).
Waberley, 6 tomos (Walter Scott).
Malvina, 3 tomos (M. Cotin).
Amistades peligrosas, 3 tomos.
Pelayo, 2 tomos (Armengaud).
Picciola, 2 tomos (Saintine).

Además hay las siguientes novelas en diferentes tamaños.

La seduccion y la virtud, ó Rodrigo y Paulina, 3 tomos 12.º, 24 rs. en rústica y 30 en pasta.

La Casa Blanca ó Isaura y su perro, escrita en francés por Paul de Kook, y puesta en castellano por D. Felix Enciso Castrillon.— Tres tomos en 16.º á 24 rs. en pasta y 18 en rústica.

Lorenza ó los prometidos esposos, novela histórica sacada de los sucesos de Milán del siglo XVIII; publicada en italiano por el célebre Manzoni, y puesta en castellano por D. Felix Enciso Castrillon.

Esta obra celebrada de todos los literatos, y traducida en casi todos los idiomas de Europa, sin acudir á espectros y lances increibles, excita y mantiene viva la atencion de sus lectores, interesándoles y moviendo su corazon con cuadros bien delineados y con sucesos dignos de conservarse en la memoria.—Tres tomos en 8.° á 34 reales en pasta y 28 en rústica.

El Amor disimulado y el declarado por cifras, novela original, por don A. C. U. E.—Un tomo en 8.° á 6 rs. en rústica.

Mujer, marido y el amante, un tomo 8.° 16 rs. rústica.

El Gitano, un tomo en 16.° 8 rs.

Lavatér de caballeros, un tomo en 16.° 16 rs.

Quintin Durvart, 4 tomos 8.° 24 rs.

Corsario Rojo, 2 tom 8.° 18 rs.

Dos asesinos, 3 tomos 8.° 18 rs.

Un Sultan y un Papa, un tomo 8.° 3 rs.

Cruzados en Venecia, un tomo 16.° 3 rs.

Ana Bolena, un tomo 8.° 4 rs.

Noches de invierno, 8 tomos 8.° con láminas.

Los Estuardos, 3 tomos 16.°

Verdugo de Berna, 4 tomos, 24 rs.

Buen muchacho, novela de Paul de Kook.

El Cornudo, novela de Paul de Kook.

En la misma librería se hallará un gran surtido de *comedias* y *tragedias* antiguas y modernas, *sainetes* y *unipersonales*.

Igualmente libros de devocion de todos tamaños y encuadernaciones, y las novenas siguientes:

De San José, de los Dolores, de San Ramon, de Santa Rita, de las Animas, de nuestra Señora del Cármen y del Santísimo Sacramento; y libros en blanco de todos tamaños.

MADRID: 1850.
IMPRENTA DE D. ALEJANDRO GOMEZ FUENTENEBRO.