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-

ben 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.° 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.° 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 cnalquiera 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-