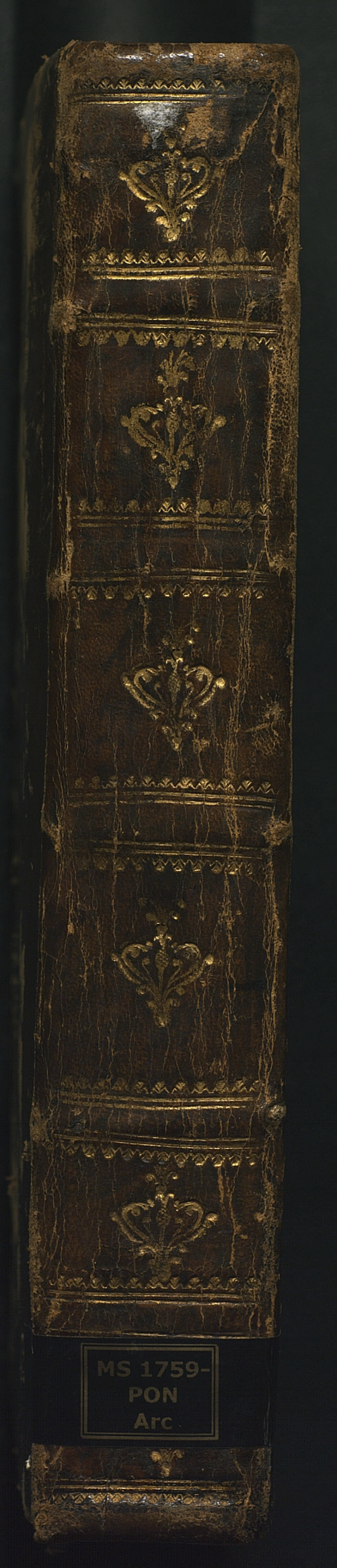

MS 1759-
PON
Arc

XVIII-138

23. FA-32

DE LA LIBRERIA
DE
JOSE MARIA MARAÑON
MADRID

MS 1759- PON Arc

R.32



R.164

ARCHITECTVRA

HYDRAVLICA

En las fabricas de

PUENTES.

Methõ.do de Proyectarlos y Repararlos.

134

INSTRVCCION (18)

Alos Maestros de quanto conviene saber para executar esta calidade de obras

Commenzò este Libro el Pe. Pontones Año de 1759. y le concluyo el Año de 1768.

TRATADO PRIMERO

Discurso Preliminar a las Fabricas de Puentes.

Las fabricas de los Puentes no son otra cosa que vnos caminos sobre las aguas cuia forma y metodo de su execucion pertenece a la Architectura Hydraulica. Hasta ahora conociamos, las dos Architecturas Militar y Civil; pero de aquella, nada se halla escrito en nuestro idioma, y es la que ofrece en la practica, mayores dificultades que la Civil. Es la agua vn terrible elemento para sugetarle, quando se necessita establecer en ella obras de importancia, venciendo las olas del mar, o las rapidas corrientes de los rios caudalosos. Quanta industria y constancia se necesita para lograrlo! En la Architectura Civil hay la seguridad del hecho por la aplicacion de algunas reglas generales que autoriza el buen gusto y el huso

2 y el vso siendo mas facil instruirse en ella, sobre la qual tanto se ha escrito con acierto.

Grandes han sido los progressos, que se han hecho en las artes, perfeccionandose con el auxilio de las Mathematicas; pero como son pocos los inteligentes que conozcan, aque punto de perfeccion puede alcanzar esta Ciencia, se hacen increibles las maravillas que sela atribuien, y parte de lo mas vtil que se ha descubierto en ella, es cabalmente lo que se ignora en nuestro assumpto; pues los que devieran probechosam^te vsar de ella, la dejan abandonada, por lo distantes que estan de penetrar los principios que dirigen, a inquirir, infinitas cosas, dignas de reflexion, para el bien comun: Por otraparte la opinion de que la sola practica, puede formar los hombres, y que la theorica sirve apenas para bosquejarlos, quando aquella puede llebarlos y conducirlos al fin; es otro obice no menos dificultoso de vencer: Es verdad que contribuie mucho la experiencia, adar nuebos conocimientos y que ofrece todos los dias, assumptos de mucha consequencia, alos

eru-

eruditos que jamas se hallarian sin su socorro: empero se requiere, que esté ilustrada la experiencia pues de lo contrario, resultarà, que las ideas formadas de todo lo que se presente, parecerán confusas nada se adelantarà, queriendo que los objetos sean quales nos los hayan dicho, o como la fantasia de nuestra imaginacion, nos los hubiere representado, y asi entre lo falso, dudoso, y verdadero, pasamos toda la vida, sin saber nada justo y preciso, sobre lo que nos parece que entendemos mejor: de aqui nace, que muchas cosas imperfectas, quedan siempre en el mismo estado, pasando de vna posteridad a otra, con los mismos defectos.

Convienen todos, que para dirigir bien las obras de consequencia, se necesita cierta capacidad, que no se adquiere, sino por vna larga experiencia: y con razon se infiere, que solo despues de haver visto operar mucho tiempo, alos Maestros del Arte, se consigue imitarlos, pero quando deseamos

hacernos

hacernos capaces ~~en~~ otros generos de trabajos rara vez sucede que puedan seguirse todos en el mismo asumpto. Esta vno expuesto a ver repetir lo mismo con poca diferencia y pasar vna parte de su vida reducida, aun circulo de noticias bastante limitadas.

Quando se llega a mudar de operacion, hallamos el penoso embarazo, de no saber oy, lo que se ha de hacer mañana, lo que es irremediable, si el ingenio no esta preparado y dispuesto alos sucesos que pide el progreso dela obra; por lo que se puede inferir, que solo a fuerza de años, se logra el operar por si mismo; y por maior desgracia, en vna edad, en que apenas hai vigor, para executar lo adquirido con tanta pausa pues tan infeliz es la condicion de los hombres, que llegan al vltimo periodo, quando comienzan a saber alguna cosa: luego para nada desperdiciar, de vna vida tan corta, se deve estudiar con methodo, lo que se quiere aprehender, valiendose de reglas seguras y demonstradas, que sirviendonos de guia no sea necesario

que

que la experiencia o la casualidad nos las enseñen.

Tratando solo dela Architectura, que corresponde ala fabrica de los Puentes, vnico objeto de esta obra, es lastima, que en tanto tiempo como se la cultiva, este aun mui imperfecta, en ciertos puntos esenciales, que son como su basa: porque excepruando lo que deve saber vn buen oficial, nada en todo lo demas, hai arreglado, que deva observarse: porque esclava la preocupacion, casi siempre las determina el vso, o la casualidad o el capricho. Ninguno sabe los principios, para hallar las fuerzas activas y resistentes, ignorase q̂ grueso devan tenèr las murallas, para reforzar los terraplenos alas entradas y salidas delos Puentes, a las de los muelles y calzadas, alos pies derechos delas bobedas, para que esten en equilibrio por su resistencia, con las pujanzas que estos diferentes trozos de fabrica, deven mantener, sin gastos superfluos: Asumpto sin duda digno de reparo: y mas

quando

quando se trata de ciertas obras que deven sacar toda su firmeza mas delas reglas del Arte que dela abundancia del material, pues si se conociera bien lo que es el mechanismo particular de este asumpto se levantarian edificios mas ayrosos que la mayor parte de aquellos que hacen tanto honor alos siglos pasados y no se percibiria cierta timidez quasi propia delas obras modernas: Parecian en esto mas inteligentes los antiguos Architectos: si les faltavan reglas ciertas y demostradas, obraban con vn juicio que participava de ellas como lo acreditan los bellos monumentos que nos han dexado: son sus Yglesias de vna ligereza admirable, parece que se valian de algunos medios extrahordinarios que se perdieron con ellos; Sin embargo reparese bien y se hallarà que todo lo mejor que han hecho no es otra cosa que el buen enlace delos materiales La situacion y extension delos contrafuertes o estribos de que usaban con tanto acierto, mere-

cen

cen la admiracion delas gentes que no saben a
que atribuirlo por falta de conocer todo el merito
de su efecto. Algunos edificios de nuestros tiem-
pos si causan admiracion, es verlos tan materiales
que parece haver acabado con todas las canteras
del Pais. Es posible que el intermedio de algu-
nos siglos haga los hombres tan opuestos sobre una
misma cosa? jamas se confesara, en todo lo que
se sabe que admite el mas y el menos, haber
un cierto punto fijo, del qual depende la mas per-
fecta execucion, que se puede llegar a conseguir.

Movidos de estas reflexiones mas de treinta
años estamos inquiriendo quanto podia habili-
tarnos para tratar una materia tan importante
sin omitir gastos ni desbelos que acaso hubieran
sido infructuosos si el Real consejo siempre celoso
del bien publico no estimulara con su Confianza
y poder la tibieza de mi cobardia sobre este
particular.

Para comenzar pues a seguir el methodo con el que me parece se ha de tratar la Architectura es a saber la que pertenece al Maestro de Puentes enseñaremos aqui vna theorica juntamente con la practica, para arreglar el grueso delas muras llas de canteria y espero serà bien recivida por la satisfacion de saber operar con toda firmeza alibiando alos inteligentes el trabajo de cautibar el discurso sujetandole a penosas congeturas.

Como ante todas cosas es necesario conocer los centros de gravedad en algunas figuras se enseñarà lo que es preciso saber haciendo antes presentes algunas difiniciones de la Statica en la forma que se sigue.

Difiniciones.

I

Cuerpo grave o pesado es el que segun las leyes dela naturaleza quitados los impedimentos

o estorbos, se mueve por linea recta naturalmente acia bajo o tiene inclinacion al dicho movimiento

Puede tomarse la pesantez de vn cuerpo en lugar dela masa o volumen que compone todas sus partes.

II

Gravedad es aquella virtud por la qual el cuerpo grave se mueve acia bajo o tiene inclinacion a este movimiento

III

Gravedad absoluta es la virtud con la que el cuerpo grave se inclina acia bajo considerandole por si solo sin comparacion a otro qualquiera cuerpo.

IV

Gravedad respectiva es la que se considera en el cuerpo grave comparandole con otro cuerpo por lo qual se dice ser vn cuerpo mas pesado que otro.

V

Momento es la propension que tiene vn cuerpo grave

para

para descender tomada no solo dela gravedad y peso que en si tiene si tambien dela postura o disposicion para el movimiento

VI

Centro de gravedad en vn cuerpo grave es el que esta dentro del mismo cuerpo, a cuio contorno todas sus partes tienen igual momento y por consiguiente si el cuerpo se suspendiese del dicho punto por qualquiera linea opostura se equilibraria, no haviendo razon para que la vna mitad exceda ala otra.

VII

Linea de direccion de vn cuerpo o de vna potencia es aquella linea recta por la qual dirige su movimiento. Esta en los cuerpos graves es la que và del centro dela gravedad del dicho cuerpo al centro dela tierra pero en las potencias animadas las lineas de direccion pueden ser diferentes.

VIII

Potencia motriz es el cuerpo que puede mover a otro:

es

Es en dos maneras, o animada como viviente o. inanimada como piedra aplomo.

IX

Punto dela sustentacion es aquel sobre quien descansa vn cuerpo grave, como tambien Basa de la sustentacion es aquella superficie inferior sobre quien insiste y en quien se sustenta vn cuerpo grave.

X.

Cuerpo solido es aquel cuias partes tienen entre si vnion firme y constante desuerte que para la separacion de ellas sea necesario alguna fuerza como en partir las piedras madera &.

Se ha de suponer en adelante quelas pesanteces de todas las partes dela materia que componen vn cuerpo estan rehunidas en el centro de gravedad del mismo cuerpo; y que se pueden mirar los cuerpos como puntos pesados. ésta suposicion nada tiene que repugne por ser evidente que para embarazar que vn cuerpo se. mueva no hai mas de presentarle vn obstaculo en la

linea

linea de direccion que describe su centro de gravedad.

Se puede siempre poner una potencia en lugar de un peso quando esta potencia tenga la misma direccion que el peso porque la fuerza de una potencia se mide por la pesantez de un cuerpo q̃ tiene o causa el mismo efecto quella.

CAPITVLO. I

Como se halla el centro de gravedad en algunas figuras.

En todos los cuerpos graves esto es en todas las figuras pesadas hai un punto por el qual siendo suspendidas o sostenidas como sobre la punta de un Pyramide todas las partes quedarian en equilibrio o en reposo y este punto se llama centro de gravedad. Como si se dividen en dos partes iguales los lados opuestos AB y CD de un Paralelogrammo Lamina

pri-

primera figura primera tirada la linea E F: el centro degravedad de este Paralelogrammo esta en el medio de esta linea, porque pasando por el medio de todos los elementos q̃ le componen el centro comun de gravedad esta precisamente en vno delos puntos d esta linea E F: asi como en la linea G H que divide los otros dos lados AC y BD que se cruzan en el punto I que es el centro degravedad del Paralelogrammo propuesto.

Seccion. 1.

Aunque las lineas y superficies tomadas en rigor Mathematico sean incapaces de centro de gravedad por no haver en ellas gravedad ni cuerpo, teniendo costumbre de considerar vn plano sin grueso o espesura quando se trata dela superficie de los cuerpos: Sin embargo no impide atribuir vna pesantez alos planos delos quales hacemos asumpto sin que por eso sea culpable suponerles vna espesura

sen

sensible: ademas que como la gravedad de esta pesantez no puede medirse ni examinarse por algun peso, consideraremos el valor dela superficie de los planos como que tiene lugar dela pesantez que entra en la materia desu composicion; y puede imaginarse que dos planos homogeneos estaran en equilibrio a las extremidades o brazos de vna balanza quando las superficies de estos planos esten en la razon recipro-ca delos brazos dela dha balanza.

Tambien se puede considerar la superficie de vn pla-no como expresando la pesantez que sela atribuie: o suponer toda la pesantez del plano rehunida al contorno de vn punto tomado a voluntad en la linea de direccion que pasa por el centro de gravedad: y. asi la altura AC del Paralelogrammo y la vasa CD que producen el valor de la superficie, si se supone rehunido en el peso K que està en vno delos puntos de la linea IL tirada del centro de gravedad I; se podra decir que la gravedad de este peso resulta

de

de las dimensiones del dicho Paralelogrammo.

Seccion. 2.

Como estos planos deven representar diferentes perfiles de fabrica y de terrenos es preciso haya respecto no solamente ala superficie que expresa la pujanza del peso, sino tambien ala naturaleza delos cuerpos que entran en las dichas superficies: Por exemplo. si vn plano de seis pies quadrados que probienen de vn corte o trozo de fabrica de canteria, se suspende en vna balanza de brazos iguales no puede estar en equilibrio con vn otro plano de seis pies quadrados que proviene de vn corte otrozo de tierra. porque vn pie cubico de fabrica de canteria pesa mas que vn pie cubico de tierra, con que el primero plano pesa mas que el segundo. Por lo qual es preciso conocer esta diferencia para lo que adelante se dira. Sepase pues que el peso de vn cierto volumen de fabrica de canteria esta con otro semejante volumen de tierra poco mas omenos como trei a dos;

esto

esto es que la tierra pesa vn tercio menos que las canteria.

Teniendo vna potencia expresada por vn numero de pies quadrados que resultan de vn perfil de tierra el qual sequiere poner en equilibrio con vn peso que proviene de vn perfil de canteria, es necesario tomar los dos tercios de su potencia afin de dar homogenea la canteria: porque como la tierra pesa vn tercio menos que la canteria no se podria jamas con estos dos materiales diferentes tener iguales respetos de peso a peso sino que se aga vna reducion con el mas ligero volumen.

Seccion. 3.

Para hallar el centro de gravedad en vn triangulo del genero que se proponga, dividanse por el medio qualesquiera dos de sus lados (Lamina primera figura segunda) como BC y CA en E y en D tiradas de los Angulos opuestos las rectas BE y AD: el punto F en que se cortan es el centro

de

de gravedad: Este centro de gravedad esta en la recta AD y en la recta BE que dividen los dos lados del triangulo en partes iguales; luego esta en el punto F que es comun alas dos.

.Tambien se halla el centro de gravedad de qualquiera triangulo dividiendo la linea AD, o sino la EB entres partes iguales. y en la tercera DF, ô EF es el centro de gravedad.

. Si fuere triangulo rectangulo como ABC figura tercera, la linea de direccion EG que sale del centro E tercera parte dela linea AD corta por el tercio F ala vasa BC.

Seccion. 4.

En vn Trapecio como ABCD figura quarta Lam. 1. que por el medio delos lados paralelos AD y BC se tira la linea FE, es cierto que el centro de gravedad se hallarà en vno delos puntos de esta linea. Tirense las FC y FB y quedara el Trapecio convertido en tres triangulos FBA, FBC y FCD.

Sus

Sus respectivos centros de gravedad estan en el tercio delas lineas que dividen por el medio sus basas como arriba se dixo en los puntos GHK: tirada la linea GH cortara ala EF en L centro comun de gravedad alos dos triangulos FBA y FCD. El centro que ahora se busca, esta en uno de los puntos dela linea LK. Dividase esta de tal manera en el punto O que la parte KO sea con OL como la basa delos dos triangulos AD està con el lado BC del otro triangulo: que es buscar una quarta proporcional de suerte que la mayor parte como OK venga al mas pequeño lado BC y la mas pequeña como OL coresponda al mas grande AD: mas claro supongase que la superficie delos dos triangulos ABF, FCD valgan como ocho y el triangulo BFC valga como quatro: dividase el espacio LK en doce partes iguales cuentense ocho desde K a O y alli es el centro de gravedad.

Para hallar el centro de gravedad en vn semicirculo hagaſe como la Peripheria del quadrante AB fig 5 Lamina 1.) al ſemidiametro AD aſi el ſemidiametro AD a DE. Tomeſe DF dos tercios de la DE y el punto F ſera el centro dela gravedad. Si el diametro AC fuere de ſiete pies el quadrante AB ſera cinco y medio: Digaſe como AB cinco y medio es a DA tres y medio aſi DE que ſe hallarà de dos pies y cinco veinte y dos abos. Dividaſe el eſpacio DE en tres partes, tomenſe las dos DF y ſera la diſtancia del centro de gravedad del ſemicirculo al centro del circulo. El centro de gravedad del circulo es el miſmo centro de ſu magnitud; y el centro de la magnitud del circulo, es el centro dela gravedad en todos los Poligonos regulares inſcriptos o circunſcriptos.

Quien quſiere hallar la demonſtracion de las ſecciones contenidas en eſte capitulo y otras

muchas

muchas reglas con mas extension para toda diversidad de superficies, vea el quarto tomo de Dr Thomas Vicente Tosca donde trata de la centrobarica delas superficies o planos; pues para el intento bastan las precedentes.

No se han de confundir el centro dela gravedad, el de los graves, y el dela magnitud; porque el dela gravedad, es el que esta dentro del mismo cuerpo grave. Dif. 6. Centro delos graves, es aquel adonde van los cuerpos por su gravedad, tal es el centro dela tierra: Centro dela magnitud es aquel punto que hay dentro de vn cuerpo y le divide en partes de igual grandeza, sean o no iguales en el peso. Si vna bola se compone de dos mitades la vna de hierro la otra de madera, el centro dela magnitud està ala extremidad del semidiametro, q̃ divide igualmente ambos hemisspherios; pues aunq̃ estos en el peso sean desiguales, son iguales en gran-

deza

grandeza: De donde se infiere que muchas veces el centro dela gravedad es distinto del centro dela magnitud. En el exemplo propuesto, el centro dela gravedad deve estar dentro dela mitad dela bola que es de hierro, pues no pesando tanto la de madera, juntando a esta una porcion dela de hierro, se harà una parte dela bola, que tenga igual peso con la otra.

CAPITVLO II

Examinase la situacion delos cuerpos graves respecto a sus lineas de direccion

Quando vn cuerpo CDE. (Fig 6. Lamina 1.) puesto sobre vn plano orinzontal AM, es colocado en tal manera que la linea de direccion FG sacada del centro de gravedad F, pasa por la vasa CE de este cuerpo, quedarà precisamente en su reposo; porque el centro de gravedad, no puede

salir

salir fuera de sus lados siendo mantenido por el plano o Vasa de sustentacion la qual es comprimida con la pesantez absoluta del cuerpo, esto es, con toda la accion, de la que puede ser capaz quando esta en quietud.

Si el cuerpo estuviere situado como HIK.. de forma que la linea de direccion LM sacada del centro de gravedad L caiese fuera de la vasa HK es preciso que del todo se venza y caiga del lado M; porque el centro de gravedad L no siendo mantenido por la vasa de sustentacion, propende a descender al centro comun de los graves. En esto consiste todo el artificio de las famosas torres inclinadas de Pisa, y Bolonia las quales fueron de tal suerte fabricadas q el centro de gravedad esta sostenido dela vasa, por la que pasa la linea de direccion.

Tambien se vencera el cuerpo ECF puesto sobre un plano inclinado AB, /figura 7/ porque si la

linea

linea GH sale fuera dela vasa su centro de gravedad G pudiendo descender respecto al plano inclinado, este cuerpo rodara; porque su centro de gravedad le arrebata o precipita al centro comun. Si la linea NO del cuerpo IKN, en el mismo plano pasare por la vasa IM este cuerpo en lugar de rodarse, alo sumo no hara mas que resbalar porque su centro de gravedad, no puede descender, sino por respecto solamente al orizonte entonces el plano no sera comprimido mas que por vna pesantez respectiva.

CAPITULO III

Tratanse algunos principios de la Mechanica.

Antes de entrar en el asumpto para mas bien comprehender el fin de este discurso sera muy del caso hacer presentes aqui algunos principios

Sa

sacados dela Mechanica. Esta voz entre ignorantes tiene el sentido del mas bajo concepto; pero deven saber que es vna delas partes dela Mathematica y que su derivacion del Griego es lo mismo que invencion ingeniosa.

Vna delos generos o especies de Alzaprimas o Palancas que se distinguen es aquella que tiene vna potencia, o vn peso, en cada vna de sus extremidades; o vn peso en la vna y vna potencia en la otra y el fulcro o punto de apoio entre las dos. Vease la fig. 8 Lam. 1 en donde alas extremidades AB dela Palanca (prescindimos de su materia y oravedad) estan el peso E y la potencia P: el Fulcro o punto de apoio es D. en cuia disposicion para que haya equilibrio, asi como en la romana o balanza de brazos desiguales, es necesaria, la reciproca proporcion, con los brazos dela Alzaprima y los pesos: esto es que el peso E ha de estar con el brazo mas largo CB; como

la

la potencia P con el brazo mas corto AC: en numeros se hace mas perceptible: Dividase la Palanca por exemplo en diez y seis partes iguales, AC, sera quatro, y CB doce, en este caso el peso y la potencia deven tener la misma proporcion que quatro con doce: sea el peso E quarenta y ocho, luego ya es visto que la potencia en B ha de ser como diez y seis, porque en quatro terminos proporcionales sabidos qualesquiera de los tres se infiere el quarto, y asi, diez y seis, està con quarenta y ocho, como quatro con doce: Tambien diez y seis dela potencia està con el brazo mas corto AC que es quatro, como quarenta y ocho con el brazo mas largo que es doce. Asimismo multiplicando el valor del peso y la potencia por sus brazos respectivos son los productos iguales, esto es doce por diez y seis, y quatro por quarenta y ocho.

Si se quiere transportar la potencia desde B en

G brazo mas largo dela Alzaprima, desuerte que tambien quede igualmente en equilibrio es claro que la potencia aplicada en G no tiene necesidad detanta fuerza opeso como exercitaba en B, para hacer el mismo efecto con el peso E; por que su accion deve disminuir amedida quela Alza prima se aumenta; y para quela potencia haga el mismo efecto ala extremidad G que en la extremidad B es preciso multiplicar la fuerza que tenia en B diez y seis, por el brazo dela Alzaprima CB doce dividiendo el producto ciento y nobenta y dos, por toda la longitud C G, que es veinte y quatro, y el cociente ocho es el valor dela potencia aplicada en G.

Las mismas circunstancias que se han examinado en la Alza prima o Palanca Recta, se hallan tambien en la Alzaprima encorbada o recorbada, como se muestra en la figura 9 la qual siendo considerada como vna bara

in

inflexible podia ser tomada como la antecedente. Supuesto que en el estado de equilibrio, la potencia y el peso son tambien en la razon reciproca de los brazos de la misma Alza prima, por lo que esta figurado el mismo razonamiento arriba dicho.

Esta especie de Alza prima se halla con frequencia en las Machinas y la haremos ver en las Manguardias delos Puentes y Pies derechos de sus arcos aunque se oculte ala vista.

Seccion. 1.

La figura decima dela Lamina segunda, muestra vna Pared o Muralla ABCD, executada sobre la Vasa o cimiento firme AD, al pie de vn ribazo o cuesta AR, dispuesta para mantener el terraplen de todo el espacio RAB. Imagineſe el empujo del dicho terraplen rehunido ala potencia P que exercita todo el esfuerzo, del qual es capaz, con vna direccion de P a B, para derribar la Muralla: consideresse ahora la actividad de esta potencia

tiran

tirando segun la misma direccion de C a H, pues es la misma cosa impeler al muro desde P en B que tirar esta misma potencia de C en H. Supongamos que aviendo hallado el centro de gravedad E del Paralelogramno ABCD, este rehunida toda la gravedad del muro al peso G por donde pasa la linea de direccion EG. En este caso o suposicion es manifiesto que las lineas CD y DF, forman el Angulo Recto FDC, como vna Alzaprima recorbada cuio punto de apoio està en el Angulo D. El peso dela Muralla rehunido en G ala extremidad F, del mas corto brazo FD y la potencia o empujo del terreno segun la direccion dela cuerda CH que esta pegada ala extremidad C del mas largo brazo.

Seccion. 2.

En la Mechanica se halla demostrado que puesto el cuerpo grave esphèrico H, figura 11. Lam. 2. sobre vn plano inclinado AC, y una po-

potencia K que sostenga este peso segun la direccion EK paralela al orizonte, la potencia K esta con el peso como la altura BA del plano inclinado, es ala anchura dela vasa BC. Esto es que si la linea AC es la Diagonal de vn quadrado, la potencia en este caso, serà igual al peso, y como es la misma cosa tirar la potencia, de E en K, o que sea aplicada al mismo peso, como està la potencia P. tiene necesidad de vna fuerza igual al peso para sostenerle en equilibrio.

Seccion. 3.

Es constante por la experiencia que las tierras ordinarias quando son nuevamente remobidas o recientemente cabadas, mezcladas y amontonadas las vnas sobre las otras, sin estar maceadas ni entrelazadas con ramos rayzes o haces de fagina; toman ellas mismas vn pendiente o Escarpa, que hace con el orizonte vn Angulo de quarenta y cinco grados: o que sigue la diagonal de vn qua-

quadrado que es lomismo. Esto acontece alas tierras ordinarias, porque no se ignora que si ellas son arenosas, hacen vn angulo mas agudo; y al contrario, si fueran grasas y fuertes, se mantendrian formando vn angulo mas avierto. Para asentar vn punto fijo, se deve suponer vna tierra q̂ tenga vn medio entre estos dos extremos.

Sobre la certeza delo dicho imagineſe que contra vna Muralla A fig 12 se amontonase vna porcion de tierra sostenida por el otro lado por medio de vna superficie o tablero DE asegurado con la potencia Q que le mantiene y que pueda quitarse libremente. Esta tierra encerrada en el espacio BC DE como en vna caxa cuio perfil CD fuese vn quadrado: es cierto que si se quita el Tablero DE para dexar à la tierra en libertad se rodaria vna porcion: y estando la caxa mas alta que el suelo, quedaria solo aquella del Triangulo CBE y por consiguiente la potencia Q

Sost

sostendria toda la pujanza dela tierra contenida en el Triangulo BDE, quiero decir, el effuerzo que ella haria para rodar alo largo del plano inchinado BE. Se sigue pues: que la potencia Q, tendria necesidad de una fuerza exprimida por el Triangulo BDE si efectibamente la tierra se precipitara con la facilidad que un cuerpo espherico descendiendo sobre un plano inclinado mui terso, como se propuso en la seccion antecedente: Mas como la tenacidad dela tierra, hace que sus partes no puedan deshunirse, para rodar, sin encontrar muchos embarazos quelo impiden: es cierto como la experiencia lo hace ver, que las tierras no causan la mitad del effuerzo contra la superficie DE, que causarian si ellas estuvieran reducidas aun cuerpo espherico; por lo que se puede considerar la pujanza Q, como equibalente, aun plano que seria exprimido o representado, por la mitad del Triangulo BDE, para estar en equilibrio con el

empujo delas tierras, lo qual se ajusta bien con la practica, porque jamas deven emplearse. para levantar los terraplenos tras delas Manguardias, sean de Puentes y caminos o para otro qualquiera fin, sino mui maceadas y vatidas, loque aumenta sin duda su tenacidad.

Como sobre este principio se funda, lo que se ha de mostrar, se advertirà que supuestas las lineas BD y DE cada una de dos pies, la superfie del Triangulo, serà de dos pies quadrados. y la potencia Q, no mantendra, mas dela mitad; se puede decir que la fuerza de esta potencia, en el estado de equilibrio, se exprime o deve concevirse como el de vnpie quadrado.

CAPITVLO. IV.

Modo de calcular la pujanza delos terrenos contra las Murallas.

Es constante que desde los primeros tiempos q̄ los hombres arvitraron hacer paredes para mantener

los terraplenos, conocieron la necesidad de darlas algun Talud o Escarpa del lado del paramento, teniendo por objeto, hacerlas capaces de resistir mas al empujo delas tierras: y siendo tan natural conocer que vn muro escarpado es mas valiente que lepantado aplomo no se ha logrado, para los terraplenos en las obras de Puentes la vtilidad que precisam.te resulta porque hemos visto muchas Murallas o Barvacanas levantadas aplomo de vno y otro lado, en las quales vna escarpa hubiera sido aproposito para escusar gran cantidad de materiales superfluos, y capaz de mucha mas fuerza aun con menos canteria. Antes de pasar adelante, sera bien que hagamos aqui tres suposiciones q̂ tienen facil proporcion con el asumpto.

La primera es que deve mirarse vn trozo de fabrica como fundado sobre cimientos

fir

firmes e inalterables; y que si una potencia empujara o tirara de este trozo, su Vasa podria inclinarse sobre los cimientos como sucederia por exemplo aun Paralelepipedo puesto sobre una tabla.

La segunda que se deve considerar una fabrica como compuesta de una sola piedra, esto es cuias partes esten tambien ligadas que ellas sean como indisolubles, desuerte que qualquiera esfuerzo que haga la potencia, esta pudiendo vencer la resistencia la derrive mas no la rompa.

La tercera es que se puede estimar el perfil de una Muralla como representando ala misma Muralla; porque como su longitud es compuesta de infinitos planos paralelos entre si y perpendiculares al orizonte, lo que se diga de uno de estos planos se entendera delos otros y asi prescindiremos de

esta

esta longitud.

La primera suposicion nada tiene de extraho[r]dinaria pues no se quiere ni se busca alguna cosa que no suceda muchas veces en la execucion de los Pilares para las Puentes y otros edificios en agua, que estan fabricados sobre Plantas Artificiales sentados en su Plataforma que les sirve de vasa; asi en este caso no deve el edificio considerarse mas que desde el vltimo Zocalo, Corta, o Retreta sobre la qual haya de seguir el desnudo de toda su altura. Vajo este concepto se caminara adelante no haviendo juzgado al proposito, admitir la fabrica de los cimientos en los calculos que es preciso hacer porque estos fundamentos sin tener profundidades determinadas no podian concordar con la precision que hemos de seguir.

La segunda no deve parecer estraña; las ruinas la acreditan, y en este discurso imaginamos

lo

lomejor, suponiendo que la canteria deve ser fabricada con todas las atenciones posibles: por otra parte la maior o menor ligazon que pueden causar los materiales buenos o malos no pertenece ahora a este asumpto.

No explico la tercera suposicion por que ella en si es vastante natural.

Seccion. 1.

Para calcular el empujo delas tierras, a fin de proporcionar el grueso delos muros q̂ deven sostenerlas en equilibrio, es preciso saber el esfuerzo que hacen contra la Muralla BCDF. La tercera. Tomese la linea AB, igual a BD y se tendra el Triangulo Rectangulo Isosceles ABD. que comprehende todas las tierras q̂ empujan y por lo dicho en la Seccion tercera del Cap. 3. las que estan vajo la linea AD, se mantienen ellas mismas siendo el Angulo ADX de quarenta y cinco grados. Mas como estas tierras

tienen

tienen mas o menos fuerza segun que ellas estan mas o menos distantes dela altura B; es nesario hacer de suerte que toda la puſanza se refiera o acumule en el punto B: para esto se dividirà la altura DB en vn grande numero de partes iguales, por exemplo en otras tantas como fueren los pies de altura; y asi suponiendo que sea la queſtion vna Muralla, que tenga de alto quince pies, se tendran quince partes iguales y si por cada diviſion se tiran ala linea DA, las Paralelas HG, NM, OP, RQ &c. se tendra el pequeño Triangulo HGB: deſpues vna cantidad de Trapecios, que van ſiempre aumentando y que se deven concevir como otras tantas potencias que empuſan ala fabrica.

Para saber la potencia de cada vna comenzaremos por el Triangulo HGB que se puede mirar segun ya diximos en la citada seccion, como vn cuerpo puesto sobre el Plano inclinado LGH que hace

Su

pujanza contra la superficie BH para vencerla: si el effuerzo del Triangulo dicho contra la superficie es como vno, conociendo esta potencia se podra saber la de todos los Trapecios que se siguen immediatamente despues, porque como el Trapecio GN es triplo del Triangulo HGB, su effuerzo contra la superficie HN sera como tres, y la pujanza de todos los otros Trapecios siguientes puede ser entendida por las diferencias delos quadrados que tienen los terminos de vna progresion Arithmetica como la siguiente 1.3.5.7.9.11.13.15.17.19.21.23.25,27.29. Porque suponiendo la accion del Triangulo HGB que en lugar de impeler en todo el espacio dela superficie BH se rehune al punto B, que la accion del Trapecio GN se pone al punto H, y que esta misma accion de todos los otros Trapecios se junten a los puntos N,P,R &c. se podra concevir q̂ la potencia como vno, obra ala extremidad B del brazo de la Palanca DB y que siendo lo mismo para los

otros

otros Trapecios o pujanzas havra otras tantas Alzaprimas o Palancas como de potencias; y estas Palancas estaran en vna progresion Arithmetica de numeros naturales, cuio primer termino serà la Palanca DB y la mas pequeña DK: desuerte que la progresion delas Palancas ira en diminucion y la de las potencias en aumento; y assi ordenadas estas dos progresiones la vna sobre la otra demanera que cada potencia corresponda assu Palanca, vienen aquedar en esta forma.

. 1. 3. 5. 7. 9. 11. 13. 15. 17. 19. 21. 23. 25. 27. 29.

. 15. 14. 13. 12. 11. 10. 9. 8. 7. 6. 5. 4. 3. 2. 1.

Sabese quelos efectos de muchas potencias aplicadas alas Alzaprimas, estan en la razon compuesta de sus fuerzas y dela longitud delas Palancas, y porque afin de tener el effuerzo o empujo del que cada potencia es capaz, se hace preciso multiplicar estas por su respectivos brazos de Palanca y la suma delos productos serà igual al total

effuer-

esfuerzo de todas las potencias aplicadas a los diferentes brazos de sus Palancas; mas como cada potencia puede ser transportada ala extremidad B del brazo maior DB, dividiendo el producto de su fuerza y su Palanca por toda la longitud DB, havra que partir la suma delos productos, q̃ hemos dicho por el divisor comun quince, y se hallara el numero ochenta y dos y dos tercios q̃ se supone ser el esfuerzo de todas las potencias acumuladas en el punto B.

Queriendo saber al presente quanto vale este numero ochenta y dos y dos tercios, en pies quadrados, es preciso volber, aque el numero vno, se imaginó antes igual ala pujanza del Triangulo HGB contra la superficie BH y como los costados GB y BH de este Triangulo son cada vno de vn pie, su superficie sera medio, y la superficie BH no sostendra mas dela mitad por lo dicho en la seccion tercera Cap. 3. a causa dela tenacidad delas tierras; con que

aquel

aquel vno que se propuso no es mas de vn quarto de pie quadrado, y asi multiplicando este quarto de pie por ochenta y dos y dos tercios, sera el producto veinte pies diez dedos y cinco minutos, por el valor delas potencias rehunidas en B.

Serà bien dar alguna razon aqui explicando porque la tenacidad dela tierra disminuie lamitad dela pujanza, que ella aria detras del Muro, si tubiera la misma tendencia, o q̃. obrase como vn cuerpo espherico puesto sobre el Plano inclinado AD, o como vna cuña ABD cuias partes estuviesen perfectamente vnidas.. Deve obserbarse que el Triangulo GBH descansa sobre el Trapecio MGHN. Las tierras de este Trapecio estan mas apretadas que las del dicho Triangulo; del mismo modo las tierras del Trapecio OMNP, son mas comprimidas por las que estan encima: Las tierras del Trapecio QOPR, aun estan mas sobre cargadas que las precedentes; y

asi

assi delos demas Trapecios que seran siempre mas comprimidos segun que ellos se fueren aproximando al plano inclinado AD; y como todos estos Trapecios desde el mas pequeño hasta el mas grande igualmente se exceden: se puede decir que su presion o su tenacidad se aumenta en razon de vna progresion Arithmetica y la tenacidad estendida en todo el Triangulo ABD, no es mas dela mitad que fuera quando cada Trapecio exerciera de porsi el impulso de su pujanza; porque como la pujanza delos Trapecios detras dela fabrica CD deve disminuirse, en la misma razon que su tenacidad se aumenta, es preciso por este respecto tomar solo la mitad del pequeño Triangulo GBH por el valor dela pujanza rehunida en B: con lo qual para buscar la expesura o grueso delas Manguardias o Murallas se halla perfectamente quanto la experiencia puede autorizar.

Seccion. 2.

Como los pies quadrados que hemos dicho no son homogeneos con los que deven formar el cuerpo de vna fabrica pues los vnos provienen del Triangulo de tierra ABD y los otros del cuerpo de la canteria representado en el perfil CD es preciso siguiendo lo dicho en la seccion segunda del capitulo primero hacer vna reducion delos primeros; esto es tomar los dos tercios de veinte pies diez dedos y cinco minutos, porque vn pie cubico de tierra pesa una tercera parte menos que vn pie cubico de canteria, y asi queda la potencia reducida a trece pies doce dedos y quatro minutos.

Presupuesta la inteligencia de todo lo resenido, visto el valor dela potencia que pugna o empuja contra la Manguardia o Muralla se pretende saber que grueso deverà darsele por la parte alta BC y ala vasa DF para que està en equilibrio con la pujanza, advirtiendo q̃ vn edificio semejante deverà tener disminuida en Talud o Escarpa

la

la quinta parte de su altura, serà en este caso de tres pies y seprocedera ala formalidad siguiente.

Doblese la pujanza, esto es trece pies doce dedos y quatro minutos que son veinte y siete pies y nueve dedos: Añadase ahora la tercera parte del quadrado dela linea del Talud que es tres y suma la cantidad de treinta pies. y nueve dedos. Saquese de este numero la Rayz quadrada, que es la mas proxima cinco pies y medio, po el preciso y legimo grueso que deve tener la vasa DF. Por consiguiente restando de esta Vasa el numero tres, que es la porcion disminuida en toda la altura quedan. dos pies y medio para el grueso justo en la altura BC.

Siguiendo esta regla se hallara que una Muralla de veinte pies de alto deve tener sobre el Zocalo de su Planta siete pies y quarto, y por lo mas alto, tres pies y quarto. una otra de treinta pies de altura, deverà tener sobre su Zocalo, diez pies y tres quartos, y en la parte superior quatro pies y tres quartos.

Seccion 3.

Se ha visto que el valor dela pujanza, es un poco mas grande, que naturalmente devia ser porque aviendo supuesto que el esfuerzo del Triangulo HGB, estaba reunido al punto B, se dio algo mas de fuerza a este Triangulo que no podia tener, pues cargando su empujo alo largo en el espacio o altura BH, se diminuie su accion a medida que se acerca al punto H, y asi el brazo dela Palanca no siendo tan grande, esto es, que el triangulo no hace tanta fuerza en el punto I como en el punto B, a causa que el brazo ID es mas corto que BD, y es constante quela fuerza correspondiente al punto I se considero en B con la diferencia que hai del brazo ID al brazo BD. asi fue de todos los otros puntos dela linea BH, y como se executò para los Trapecios que se siguen despues del Triangulo suponiendo su esfuerzo reunido a los

puntos

puntos H, N, P, & se infiere con evidencia que todas las diferencias juntas de los brazos de las Palancas, dan un poco mas de fuerza ala pujanza dela que devia tener: mas esto no es defecto alguno, por que esta pujanza siendo algo mas delo justo sale precisamente maior el grueso de la fabrica del que seria igual haun perfecto equilibrio, lo que absolutamente siempre es necesario, por que si se huviera hallado con la ultima justificacion el verdadero punto del equilibrio era forzoso conceder mas ventaja a la potencia resistente que ala pujante, y asi el calculo precedente es mui bueno para la practica: sin embargo el que quisiere mayor justificacion aproximandose quanto sea posible al verdadero punto del equilibrio lo conseguira, dividiendo la altura en tan grande numero de partes que la diferencia delas palancas sea mui pequeña, formando un Calculo mucho mas largo q̂ el parado

pero

pero esto seria detenerse en menudencias. Asi no se puede hacer mejor que dando siempre alas progresiones delas pujanzas y delas Palancas o Alzaprimas otros tantos terminos como tubiere de pies la altura de las murallas.

Seccion 4.

Parece como necesario satisfacer la delicadeza de aquellos que todo quanto se refiere alas Mathematicas juzgan que ha de ser siempre con la ultima precision haciendo ver que quando se trata dela practica es necesario tal ver apartarse del rigor que exige la mayor Justificacion y puntualidad dela theorica temiendo padecer engaño enlo que de nuevo se proyecta por la diversidad de materiales: y es cierto que en este asumpto seria muy perjudicial hacer las murallas en tal forma que estubieran perfectam.te en equilibrio con la pujanza delos terraplenos. expecialmente quando sirven alas Calzadas y

man-

manguardias alas entradas y salidas delos Puentes antes en este Caso deven no solo reforzar y mantenes los terrenos mas también Sufrir la commoción queles puede Causar el continuado trasino de las Carreterias.

CAPITVLO. V.

Donde se trata otro diferente discurso sobre la pujanza delos terrenos.

Con todo lo hasta aqui referido puede ser que no logre el fin dela mayor claridad que deseo y por si el methodo esplicado pareciere difícil o mui embarazoso dexaremos los numeros y nos baldremos delas lineas como si principiasemos de nuevo el asumpto.

Es cierto por la experiencia que si figuramos un monton de tierra como G I D, lamina 2. figura 13. no siendo puramente de arena, formará

dos

dos pendientes GI y DI como diagonales de un quadrado. Si en uno de estos pendientes o lados IG como en el punto E, se formara el triangulo GEH proporcional al maior GID, pongase la perpendicular EF. la paralela FS a GI, tambien la perpendicular OH y la paralela EA ala basa DG, todas estas lineas formaran los triangulos GEF, ERF, ERO, y tambien el Romboide ROIS.

Es pues manifiesto que no se mantendrian en este estado, sino fuera por el triangulo mas bajo GFE quelos asegura atodos por el pie y quitando la vasa GF la tierra del triangulo EF... la del triangulo EFR que se sigue se correria o rodaria Como también el triangulo mas arriba OER e igualmente la tierra del romboide RSIO: de modo que segun el pendiente delas tierras se reduciria el monton ala paralela FS que esta debaxo:

luego

5º luego bien se infiere que la tierra del triangulo GFE es la que mantiene todo el esfuerzo y pujanza delos otros que estan encima.

Seccion. 1ª

Siguiendo este principio tan natural fundado sobre loque todos los dias podemos examinar, imaginese una altura de tierra movediza que es necesario sostener a qualquiera elevacion dada como las que estan comprehendidas en el cuerpo Cubico AD BC, lamina 2. figura 14. aseguradas por el costado BC y sin amparo en AD, donde es necesario executar una Manguardia, para mantener y reforzar el terraplen BD cuyo empujo haia de resistir la dicha Manguardia. Esto supuesto. Tirese la diagonal AB que demuestra la ordinaria pendiente o escarpa del terreno, dividase en dos igualmente

en el

en el punto E: hagase el quadrado EFDG proporcional al grande CBDA, tirese la diagonal FG hagase lo mismo en O que es el medio para formar el quadrado OMDI, prolongese la diagonal MI hasta cortar la basa GK asi como la diagonal FG cortò ala basa CA en H, y asi se puede continuar hasta el punto D formando siempre nuebos quadrados. Tirada pues la linea DH por los puntos LKH determina todos los triangulos que sirven de apoio para manter las tierras AHG, GIK &c haora sera facil percivir, por lo dicho en la seccion antecedente q̂ el triangulo de apoio AHG, sostiene los tres de encima que le son iguales y semejantes AGE, EGF, y EFB, e igualmente el triangulo de apoio GIK mantiene los otros tres que le son iguales y asi procediendo hasta el punto D que es la altura determinada.

No

No admite duda que el triangulo de apoio AGH si fuera de tierra mantendria alos tres triangulos dichos, y con mayor ventaja los sostendria si se fabricara de adoves el trapecio AGHK que comprehende al triangulo, con el exceso de una mitad, por el triangulo GKH que sele añade: Dela misma suerte como el triangulo GKI, sostiene alos otros tres triangulos executado ō que descansa sobre el antecedente, el Trapecio GKIL, los mantendria con el mismo semejante exceso y asi aproporcion en todos los demas vendria aformarse el triangulo de apoio ADH el qual executado del material que se ha dicho, seria ciertamente mas q lo bastante para resistir el empujo delas tierras tanto mas robusto quanto el material delos adobes es mas compacto.

Seccion 2ª

El triangulo AHD executado con fabrica de

de ladrillo o de cal y canto, no ai duda que sostendria en este caso el empujo delas tierras con mucha mas ventaja quanto excede el peso de un pie cubico de fabrica al peso de un pie cubico de tierra: y para disponerlo de otra forma en la execución siguiendo el arte reduzcase el dicho Triangulo aun Paralelogrammo transportandole en NPQ Lamina 2. figura 15. dividiendo la basa PN en dos partes iguales en R, tirese la perpendicular RS que formara el Paralelogrammo RSQN igual al Triangulo NPQ: Queriendo dar al perfil de este muro o Manguardia de Escarpa o Talud la quinta parte de su altura, se dividirà RS en cinco partes iguales, la mitad de una de estas, pongase de S en T y la otra de R en V, despues tirada la linea TV quedarà la fabrica con la escarpa dela dicha quinta parte y encima el antepecho aplomo

como

Como esta enla figura mostrado.

CAPITVLO. VI.

Conclusion de este tratado y de los discursos antecedentes.

Nada de quanto he dicho y explicado es nuebo, Sigo las huellas ya pisadas para buscar el aciento que otros han conseguido. y los Maestros que superficialmente han considerado las Manguardias delas Puentes y otras cosas tocantes a estos edificios se admiraran de ver la justa analysis que encierran, y quanto importa su estudio para la firmeza de ellos en utilidad publica.

Como pudieran algunos confundirse. vsando delas reglas que se han mostrado pertenecientes alas Manguardias delas Puentes.

y

y otras para reforzar y contener los terraplenos delos caminos y Calzadas por no entender bien las razones sobre las quales son establecidas se me ha ofrecido varias veces que muchos no haran uso delas reglas que he propuesto por lo dilatado delas computaciones abstractas que se deven hacer y que el medio seguro de contentar atodos seria dar calculadas las dimensiones de todos los perfiles que puedan executarse desde cinco pies de altura hasta sesenta, persuadido a que nada en este particular seria mas util ni mas ventajoso alos lectores dexandoles como en compendio resumido este tratado, y como una anticipada universal declaracion que espero sirva de mucha importancia en lo sucesivo: para lo qual es preciso comprehender generalm.te toda Calidad de materiales, y toda especie

de

de terrenos advirtiendo que en la practica no se deve absolutamente considerar una fabrica como indisoluble, especialmente quando está fresca la obra por nuebamente acabada de executar y que no sufre dilacion la prosecucion de cargarla luego con los terra plenos: En atencion a estas circunstancias y otras que pudieran inducir algun error, para afianzarlas todas, se ha Calculado la tabla siguiente suponiendo de parte de las tierras, amas de la fuerza que hemos examinado, una quarta parte de maior resistencia contra las murallas, para obrar con todo acierto sin la menor duda, y quando se ofrezca usar de ella puede con toda seguridad sin aumentar ni disminuir a menos que se quiera ebitar el embarazo de las pequeñas partes como v. g. pueden suprimirse los minutos aunque se notaron

excu-

escrupulosamente como las ha producido el calculo porque quatro o seis minutos mas o menos y aun de tres o quatro dedos quando se trata de grandes manguardias es un objeto mui corto queno merece aprecio, no obstante mas vale dar mas que menos.

Siguese la Tabla.

Tabla para arreglar el grueso que deven tener las Manguardias o Murallas para los terraplenos de Puentes y Calzadas, asi en la parte superior como sobre el Zocalo de sus plantas. Comienza desde cinco pies de altura hasta ochenta, con la quinta parte de Talud o Escarpa.

Altura de las Mangu.s	Grueso en la parte inferior sobre el Zocalo			Grueso en la parte superior.		
Pies	Pies	Ded.s	minu.s	Pies	Ded.s	minu.s
5.	3.	oo	oo	2.	oo	oo
6.	3.	5.	2.	2.	2.	1.
7.	3.	10.	5.	2.	4.	2.
8.	4.	oo	oo	2.	6.	4.
9.	4.	5.	3.	2.	8.	5.
10.	4.	10.	7.	2.	10.	7.
11.	5.	o	1.	2.	13.	o.

Alturas	Grueso sobre el zocalo			Grueso en lo superior		
Pies.	Pies.	Ded.s	min.s	Pies.	Ded.s	min.s
12.	5.	5.	4.	2.	15.	1.
13.	5.	10.	7.	3.	1.	3.
14.	6.	00	2.	3.	3.	4.
15.	6.	5.	6.	3.	5.	6.
16.	6.	11.	0.	3.	7.	7.
17.	7.	00	3.	3.	10.	0
18.	7.	5.	6.	3.	12.	2.
19.	7.	11.	1.	3.	14.	3.
20.	8.	0	5.	4.	0	5.
21.	8.	5.	7.	4.	2.	6.
22.	8.	12.	2.	4.	4.	7.
23.	9.	0	5.	4.	7.	1.
24	9.	6.	0	4.	9.	2.
25.	9.	11.	4.	4.	11.	4.
26.	10.	0	6.	4.	13.	5.

Alturas	Grueso sobre el zocalo			Grueso en lo superior		
Pies.	Pies.	Dedos.	minos.	Pies.	Dedos.	minos.
27.	10.	6.	1.	4.	15.	6.
28.	10.	11.	4.	5.	2.	0
29.	11.	0	7.	5.	4.	1.
30.	11.	6.	3.	5.	6.	3.
31.	11.	12.	1.	5.	9.	0.
32.	12.	2.	1.	5.	11.	6.
33.	12.	8.	0	5.	14.	4.
34.	12.	14.	0	6.	1.	2.
35.	13.	4.	0	6.	4.	0
36.	13.	9.	7.	6.	6.	6.
37.	13.	15.	7.	6.	9.	4.
38.	14.	5.	7.	6.	12.	3.
39.	14.	11.	7.	6.	15.	1.
40.	15.	2.	0	7.	2.	0
41.	15.	7.	7.	7.	4.	6.

Alturas.	Grueso sobre el zocalo.			Grueso en lo superior.		
Pies	Pies.	Dedos.	minutos.	Pies	Dedos	minutos.
42.	15.	13.	7.	7.	7.	4.
43.	16.	3.	6.	7.	10.	2.
44.	16.	9.	6.	7.	13.	0
45.	16.	15.	6.	7.	15.	6.
46.	17.	5.	4.	8.	2.	3.
47.	17.	11.	4.	8.	5.	1.
48.	18.	1.	3.	8.	7.	7.
49.	18.	7.	3.	8.	10.	5.
50.	18.	13.	3.	8.	13.	3.
51.	19.	3.	2.	9.	0	1.
52.	19.	9.	2.	9.	2.	7.
53.	19.	15.	1.	9.	5.	5.
54.	20.	5.	1.	9.	8.	3.
55.	20.	11.	1.	9.	11.	1.
56.	21.	1.	0	9.	13.	7.

Alturas	Grueso sobre el zocalo			Grueso en lo superior		
Pies.	Pies.	Ded.s	min.s	Pies.	Ded.s	min.s
57.	21.	7.	0	10.	0	5.
58.	21.	12.	7.	10.	3.	3.
59.	22.	2.	7.	10.	6.	1.
60.	22.	8.	7.	10.	8.	7.
61.	22.	14.	7.	10.	11.	6.
62.	23.	3.	1.	10.	14.	6.
63.	23.	11.	2.	11.	1.	16.
64.	24.	1.	4.	11.	4.	6.
65.	24.	6.	6.	11.	6.	6.
66.	24.	12.	4.	11.	9.	3.
67.	25.	2.	4.	11.	12.	1.
68.	25.	8.	3.	11.	14.	7.
69.	25.	14.	3.	12.	1.	5.
70.	26.	4.	3.	12.	4.	3.
71.	26.	10.	2.	12.	7.	1.

Alturas	Grueso sobre el zocalo			Grueso en lo superior		
Pies.	Pies.	Ded.s	min.s	Pies	Ded.s	min.s
72	27	0	2	12	9	7
73	27	6	1	12	12	5
74	27	12	1	12	15	3
75	28	2	1	13	2	1
76	28	8	0	13	4	7
77	28	14	0	13	7	5
78	29	3	7	13	10	3
79	29	9	7	13	13	1
80	30	0	0	14	0	0

Fin de la Tabla

La inteligencia dela tabla precedente es facil: consta de solas tres columnas: en la primera estan todas las alturas desde cinco hasta ochenta, y en las dos que a esta se siguen

ai un

ai vn numero de pies dedos y minutos que expresan los respectivos gruesos delas manguardias como en el titulo de cada vna se contiene. Quexiendo pues saver que grueso deverà darsele a vna Manguardia o muralla por exemplo de veinte y cinco pies de alto, busquese este numero en la primera Columna delas alturas y siguiendo la misma linea se hallarà en la segunda columna nueve pies, once dedos y quatro minutos, para el grueso inferior de la fabrica sobre la planta de su zocalo, y en la tercera quatro pies once dedos y quatro minutos, por el grueso correspondiente ala parte superior.

Una otra Manguardia de treinta pies de alto se halla corresponder sobre el zocalo once pies seis dedos y tres minutos y al remate superior cinco pies seis dedos y tres minutos, y ai

de

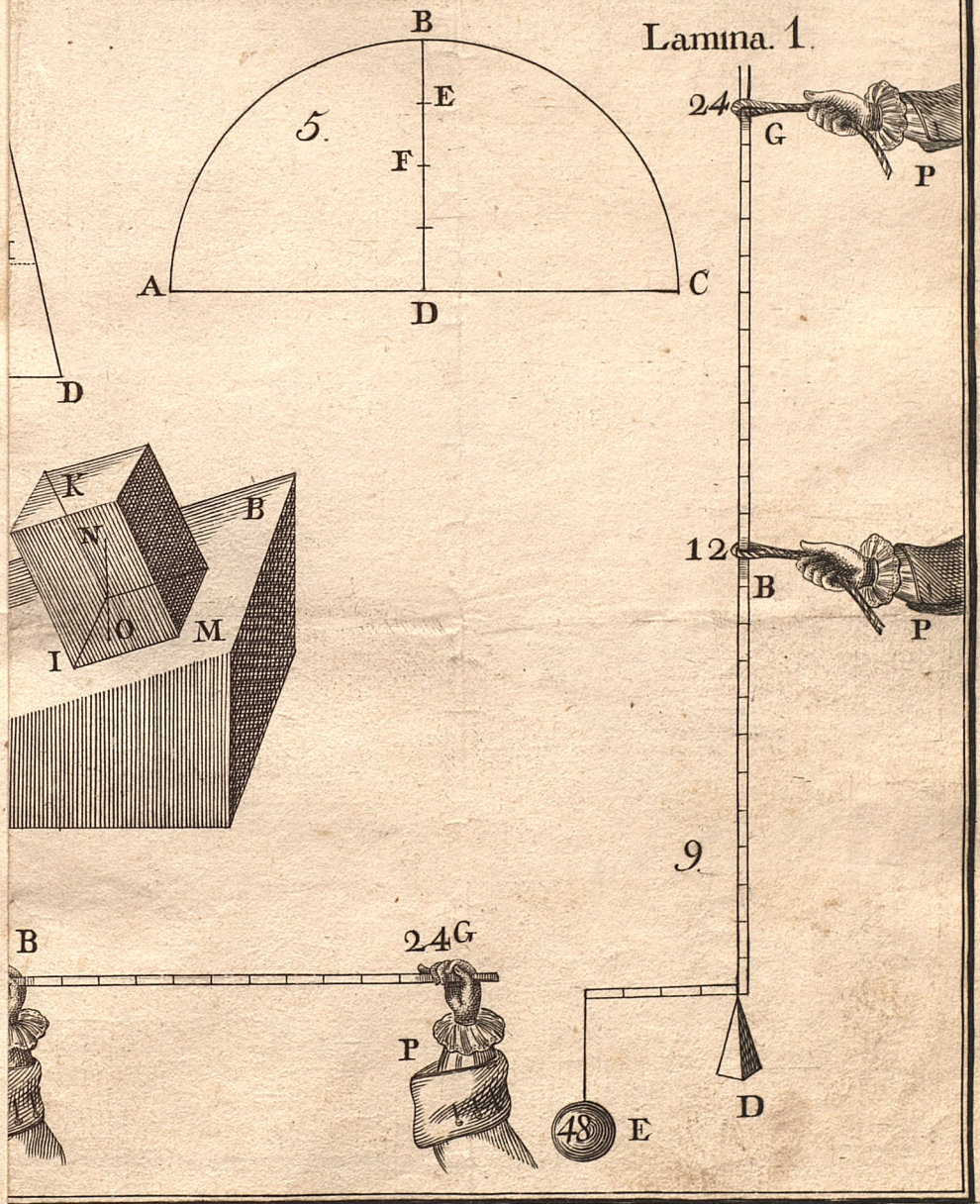
de todas las demas alturas.

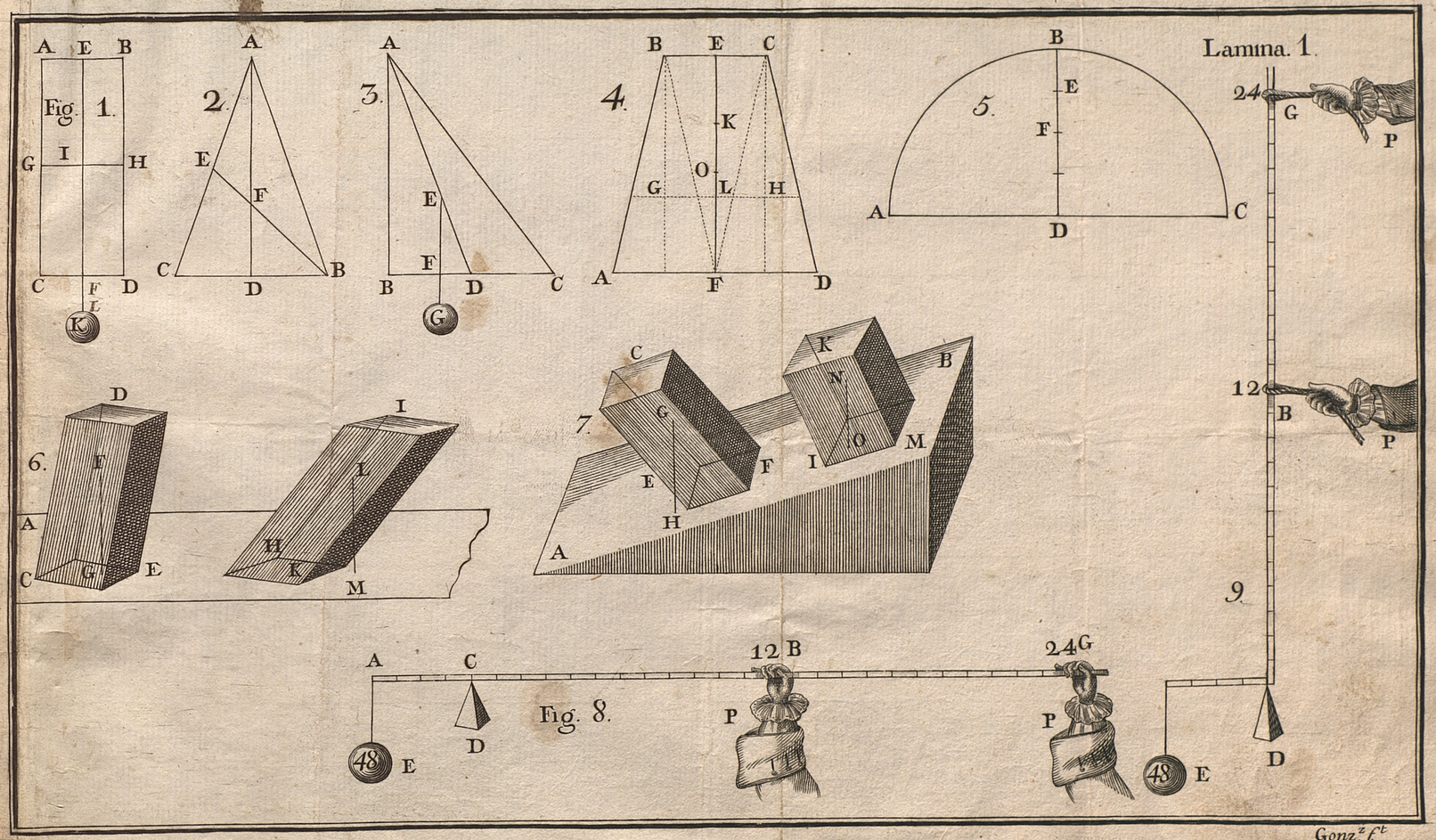
No deve causar novedad, que me balga del pie que es la tercia dela vara castellana, dividido en diez y seis dedos, y el dedo en ocho minutos, con esta division se entendieron, los dos famosos Architectos Juan Bautista de Toledo y Juan de Herrera, para executar la grande fabrica de S.n Lorenzo el R.l del Escorial: hago esta prevencion por quanto se hallan introducidas, entre algunos Maestros, las pulgadas y lineas del pie Frances olbidandose del pie Castellano el qual dividido en la forma dicha, es de tanta o maior exactitud para los Calculos quanto es mas pequeño un minuto q.e una linea.

Quien quisiere mayor extencion sobre este asumpto vea la ciencia de ingenieros que dio aluz M. Belidor año de mil setecientos y veinte y ocho.

Fin de este tratado.

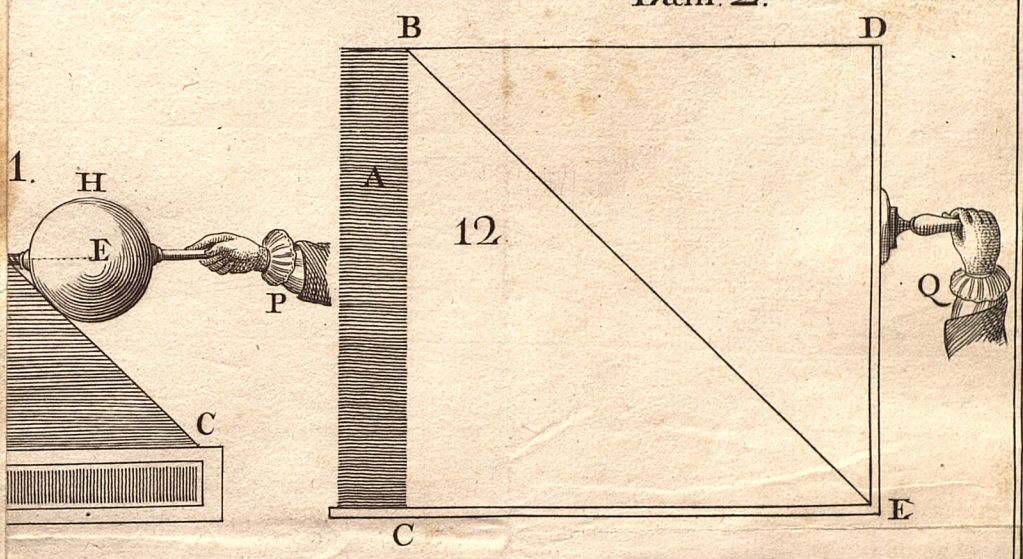
Lamina. 1.

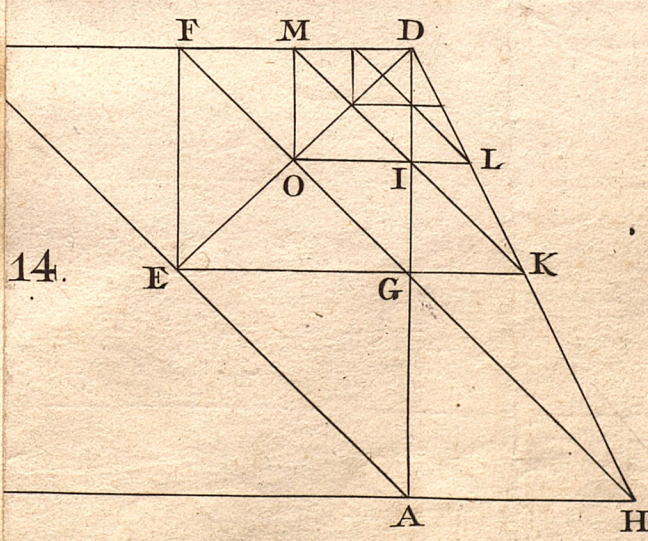


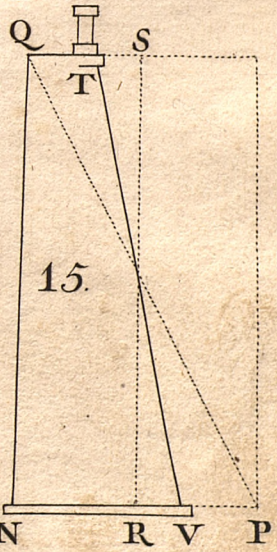

Lamina. 1.
Fig. 1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
9.
Fig. 8.
Gonz.z f.t



Lam. 2.



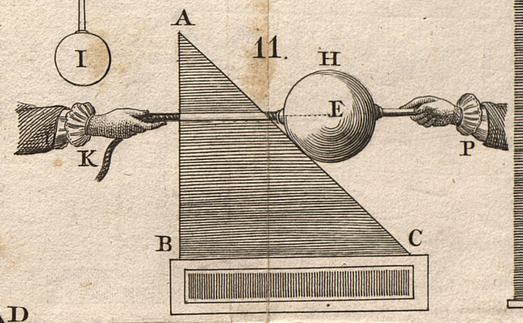




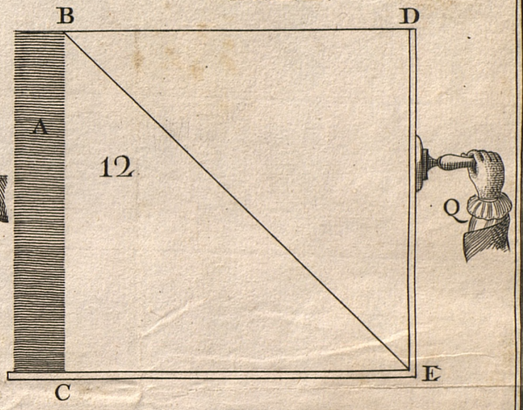
Lam. 2.



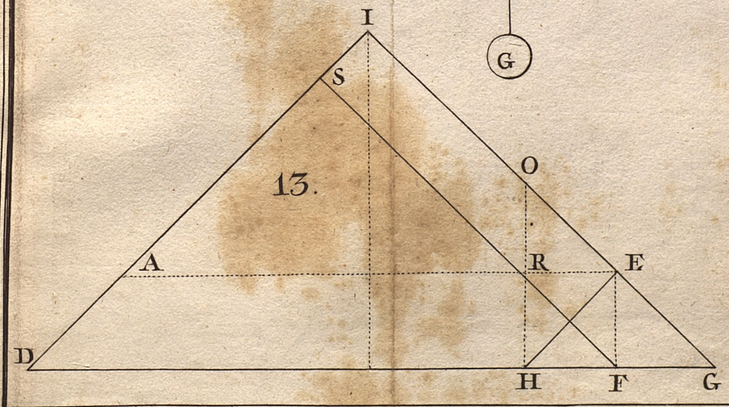
Fig. 1o.



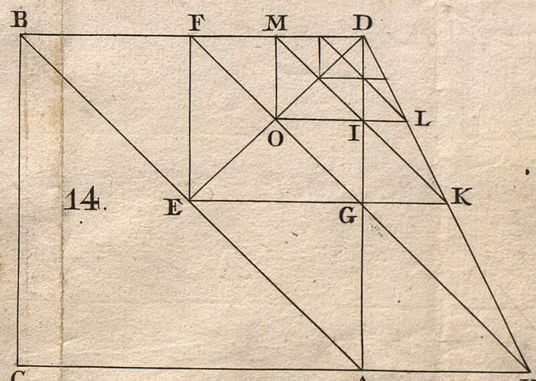
11.



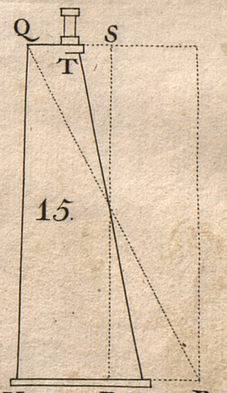
12.



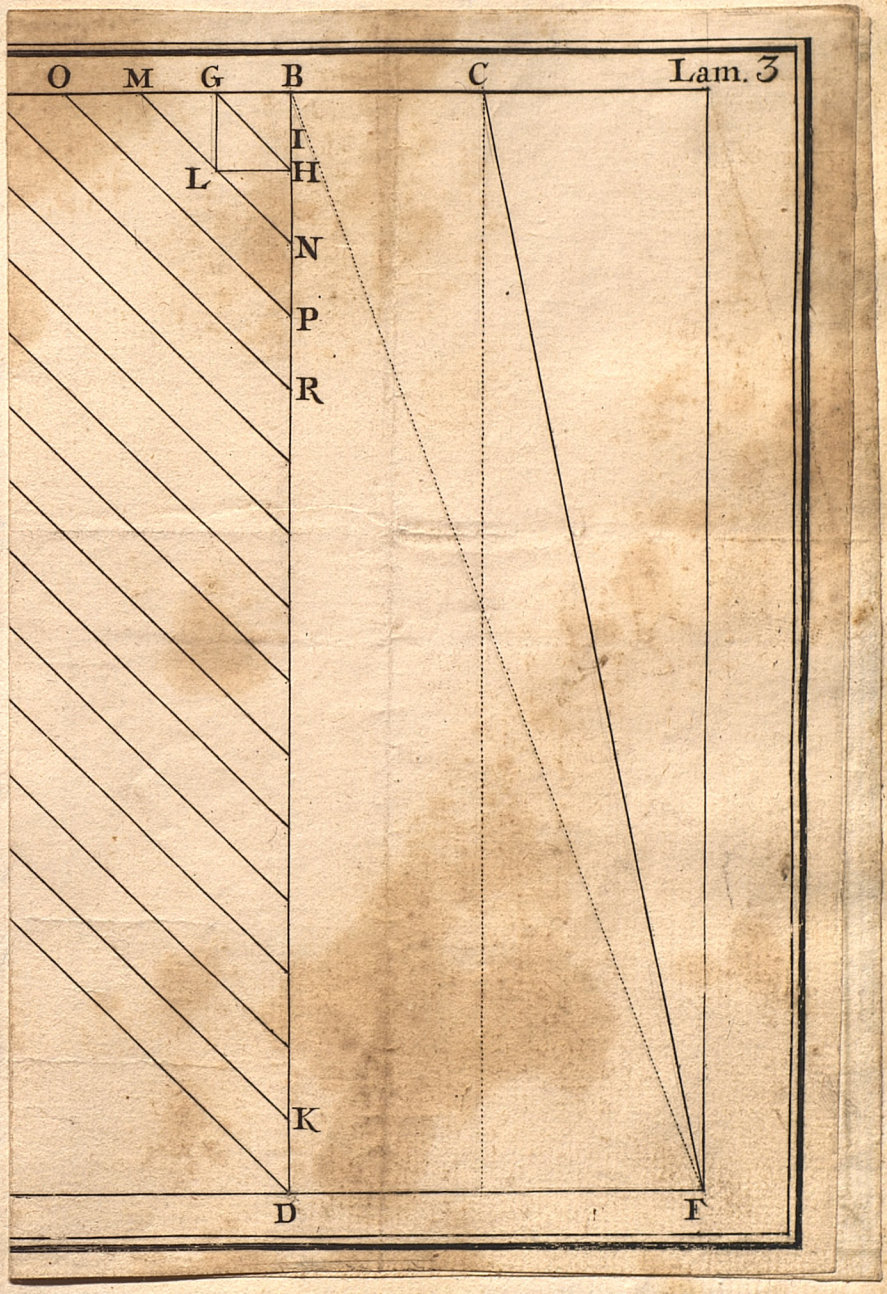
13.



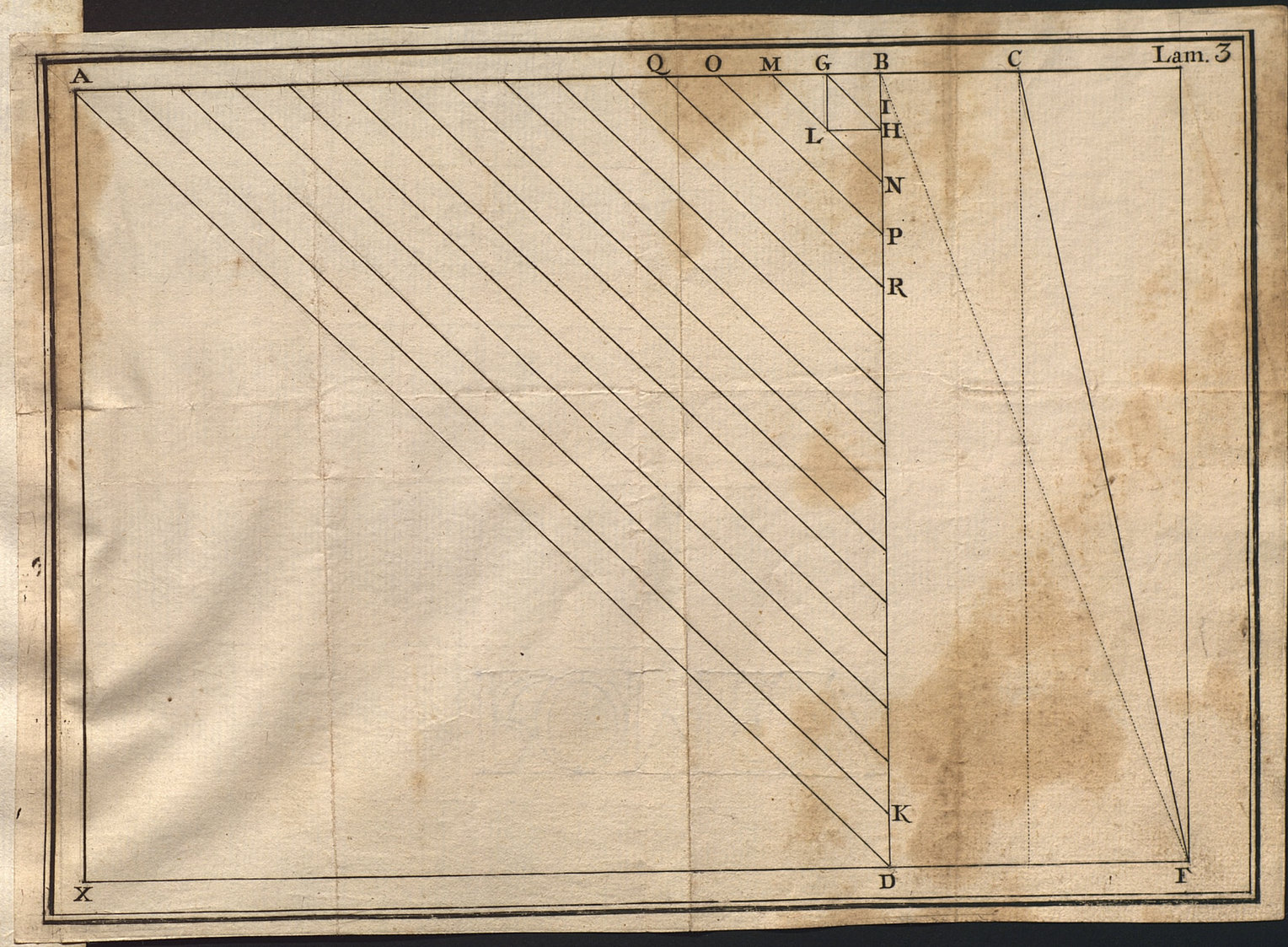
14.



15.


O
M
G
B
C
Lam. 3
I
H
L
N
P
R
K
D
F

Lam. 3





TRATADO. II.

Del empujo delos Arcos.

Enterado bien el Letor del tratado precedente puede sentir quanto perjuicio resulta de seguir sin examen lo que no està autorizado mas que por el uso, y quedarà sin duda combencido, en que ay un cierto methodo para considerar los asumptos que se refieren ala Architectura el qual nos asegura aproceder sin error, si es que nos servimos con acierto delos conocimientos adquiridos por el estudio delas Mathematicas. Son mui fecundos los principios que ellas nos presentan no hai cosa aque no sean aplicables principalmente los dela Mechanica aunque vanamente se quiera persuadir que dirigidos por la practica, esta nos pueda con-

conducir alpunto delo mas perfecto: la experiencia ha hecho ver muchas veces lo contrario en daño particular y publico.

Para dar las medidas alos grueſos delos pies derechos enlos edificios que llevan arcos o bobedas, no se deve contar sobre la experiencia de sugetos sin theorica por mas verſados que esten en la practica, si no tienen el exemplar para la imitación de otro semejante: por esto un viejo practico es siempre un viejo ignorante. Esto no es mas de un conocimiento que resulta de la theorica, porque la practica no puede jamas producirle, ni sacar mas que una razon de comparacion respecto alas obras q̂ han visto executadas, en lo que estan sugetos a engañarse por poca variedad que encuentren. Con muchos años de exercicio no pudieron los artifices escusar las ruinas que experimentaron en sus

fábricas

fabricas antes de concluirlas. Este acontecimien-
to injustamente han hecho sospechar a muchos.
la tolerancia que ay sobre la mala construccion
la negligencia o poco aprecio dela Solidez, y
como quiera que el examen dela qualidad
de los materiales sea justificada; el publico.
y algunos vastante Considerados no saven
que es necesaria la Mathematica para dar
las justas medidas alos pies derechos de los
arcos, padeciendo el falso juicio de atribuirlo
todo alas malas qualidades del terreno:
mas siempre fue visto en muchos casos desgra-
ciados La inexecucion de reglas fundadas so-
bre la Mechanica y que los Maestros directores
de tales fabricas pecaron por un defecto dela
theorica natural y legitima Consequencia del
menosprecio que hacen de ella. Spernit ignarus
quod nequit assequi.

Muchos

Muchos Academicos delas vellas Artes en Europa y los mas versados en la Architectura han tratado esta materia con mucha aplicacion haciendo varios modelos y repetidas experiencias como resultan de sus escritos, afin de examinar las reglas que deven seguirse en la execucion. El primer Mathematico que trabajo mucho para determinar el grueso que los pies derechos deven tener para resistir el esfuerzo dela pujanza, fue M. dela Hire dela Academia R.l. delas ciencias de Paris. al que siguieron otros y ultimamente M. Bellidor y M. Frezier en las obras que han dado a luz: mas como el calculo Algebraico, en que estan hecen la demonstracion es largo y mui compuesto de igualaciones, creo hacer mucho servicio a los Artifices procurandoles soluciones mas simples, y mas propias para la practica de los

menos

estudiosos, recogiendo lo mejor que se halla establecido y proporcionandome ala claridad que deseo dixè lo que sea bastante a dar susceptible quanto conduce al intento, insinuando primero de que manera se hace el empujo delos arcos: manifestando si el concepto que se deve tener puede concordar con las reglas arbitrarias de muchos Maestros que proyectan cada uno diferentemente sobre su palabra la firmeza delos edificios.

CAPITVLO. I.

Examinase el empujo delos arcos.

Pongase ala vista la Lamina quarta que muestra el arco YAZ, formado con ciesto numero de Dobelas (assi se llaman todas las piedras que componen la buelta deun arco)

se

Savese que estas Dobelas en vn arco de medio punto u semicircular han sido cortadas de manera que sus juntas prolongadas vengan a encontrarse al centro del semicirculo, y siendo mas anchas por la parte combexa que por la concaba deven mirarse como vnas cuñas, que se mantienen y sostienen las vnas alas otras resistiendo mutuamente el esfuerzo de su pesantez que las precisa y obliga bajar a su centro.

Para mejor percivir el efecto delas Dobelas suponemos aqui no mediar alguna mezcla de cal o vetun que las impida resbalarse sino como si sus juntas estubieran mui tersas. Supondremos tanvien que los puntos O, A, D, F, & señalen los centros de gravedad delas Dobelas y que comenzando por la clave se tiren por los puntos A y O

una

vna linea A V perpendicular sobre la junta O. Por los puntos A y D se tirarà otra A P sobre la junta B. Por los puntos D F otra D Q sobre la junta E, y se continuarà del mismo modo asin de tener otras tantas lineas como dobelas. Hecho esto considerese la clave sostenida por las dos Bobelas inmediatas como entre dos planos inclinados que hace el mismo efecto que vna Cuña la qual siendo metida en vn cuerpo obliga a partirle en dos, por vn esfuerzo que se hace segun las direcciones A P y A V perpendiculares alos planos inclinados B I y C I porque se puede tomar aqui la pesantez dela Cuña, en lugar dela potencia que pudiera comprimirla. Asi las dos potencias que deven sostener las juntas B I y C I en equilibrio contra la fuerza delà Cuña, obraran siguiendo las lineas de direccion A P y A V.

pexpen

perpendiculares alas mismas juntas, y como estas direcciones vienen a encontrarse en el centro de gravedad A donde se supone que la pesantez dela cuña está reunida, se puede pues decir que estas potencias tienen necesidad de otra tanta mas fuerza quanto los angulos PAI y VAI fuesen mas abiertos olo que viene a ser lomismo quanto las juntas BI y CI fuesen menos indinadas respecto ala vertical AI; porque si fuesa mas corta, esto es, casi perpendicular al orizonte, las direcciones delas potencias V y P se hallarian directamente opuestas y les seria necesaria una extremada fuerza para sostener la pesantez del punto A equivalente ala gravedad dela clave, en lugar q̂ quanto fuesen mas agudos los angulos que ellas formen con la vertical AI tanto menos fuerza necesitan, supuesto que entonces sus

direcciones

direcciones no estando tan opuestas entre si otro tanto excederan en ventaja ala pesantez.

Lo mismo que hemos dicho dela clave puede tanvien decirse delas Dobelas D y O, porque la piedra D por exemplo teniendo tanvien la figura de una cuña, ella obrarà para apartar las dos juntas immediatas, mas no tan poderosamente sobre la superficie dela junta E, como la clave A exercita sobre la superficie dela junta B; a causa que el plano EI es mas inclinado que el plano BI respecto ala vertical AI: El angulo QDK formado por la linea de direccion DK y la linea de direccion DQ dela potencia que estarà en equilibrio con el esfuerzo q̂ hace la Dobela D sobre la superficie dela junta E, es mas agudo que el angulo PAI. Del mismo modo la Dobela F harà tanvien me-

nos

nos esfuerzo contra la superficie dela junta G, que la precedente hacia contra la superficie E; porque el angulo QPKRFL es tanvien mai agudo que el angulo QDK: y como todas las potencias que mantienen las Dobelas desde la clave hasta los pies derechos o pilastras, obran siempre segun las direcciones que hacen los angulos mai agudos con las lineas tiradas del centro de gravedad de las Dobelas; su fuerza irà pues siempre en diminucion, y como estas potencias se suponen equibalentes alos esfuerzos que hacen las Dobelas, se sigue que estas empujan con una fuerza que và siempre a menos desde la clave hasta los pies derechos.

Demas de esto como la Dobela D, obra al mismo tiempo sobre las dos superficies E y B, es visto, que no puede mantenerse

contra

contra la superficie B sin oponerse en parte ala fuerza que hace la clave contra esta misma superficie; y por consiguiente deve suceder una destruccion de fuerzas entre la clave y la Dobela D. D ela misma suerte las dos Dobelas F y D obrando tambien en un sentido opuesto respecto ala superficie E abrà una destruccion de fuerzas assimismo entre estas dos Dobelas, y asi delas otras que se siguen tomadas de dos en dos. Es verdad que como la clave empuja con mayor fuerza contra la superficie B y que la Dobela D, no tiene tanta paxa rechazarla o contenerla, la destruccion de fuerzas, no se seguira enteramente: siempre le quedarà ala clave una cierta ventaja o quantidad, aunque nunca serà tan grande como la que tendria si la Dobela D, no hiciese algun efecto sobre

la superficie B. Del mismo modo como la Dobela D sea mantenida por la otra F., quedarà también aesta primera una cierta cantidad de fuerza; y asi en general, se puede decir que una Dobela que esta encima de otra tiene mas fuerza para empujar que la de abajo tiene para contener.

Como las Dobelas desde la Clave hasta el nacimiento dela bobeda van siempre exerciendo una parte menor de su pessanteur, con las que estan immediatamente debaxo del effuerzo que cada Dobela hace para Contener: lo que es superior, va siempre en diminucion, a medida que los planos EI y GI son menos inclinados al Orizonte; por que entonces, estos planos llevan una mas grande parte del peso; y por consequencia, aquella tendencia q̂ tienen

a

a reſbalarſe, hace menor efecto contra la potencia quela quiere reſiſtir; de tal modo que el eſſuerzo, que todas las Dobelas hacen de abajo, arriva, và ſiempre diſminuiendo, y en viniendo, deſde la clave acia los pies derechos, es en la miſma razon que ſe hace el eſſuerzo, delo alto alo bajo.

Como del eſſuerzo, quelas Dobelas hacen ala derecha y ala ſiniestra dela clave, reſulta, apartar o ſeparar, lo que les puede reſiſtir, como ſon, los pies derechos; por eſta cauſa el eſſuerzo total, de todas eſtas Dobelas que ſe llaman empujos, ſin embargo q̃ no obren tan del todo como hemos inſinuado: ſupueſto que no parece poſible que todas las Dobelas de un Arco o Bobeda ſe puedan ſoſtener ellas miſmas, ſin eſtar mantenidas de alguna merda en ſus juntas, por que

las

las Dobelas superiores teniendo mas fuer-
zas para comprimir alas inferiores, que
no tienen tanta para resistirlas; es constan-
te, que estas que tuvieren menos fuerza
seran constreñidas a lebantarse, y dexan-
do en libertad de caer las que estan
en cima, toda la ordenacion delas Dobelas
se destruiria y por consequencia la misma
Bobeda; y no porque en el caso que todas
las Dobelas tubieran una igual potencia
se mantendrian en equilibrio, sin el so-
corro de alguna materia o mezcla de cal
que las asegurara: mas por eso era pre-
ciso aumentar sus pesanteces, descendiendo
desde la Clave contra los pies derechos
en la forma demostrada Lamina sexta
figura tercera, a fin que cada una piedra
pudiera por su peso resistir otro tanto mas

quanto

quanto el plano sobre el qual estuviere mantenida fuere menos inclinado respecto a quel que esta encima. Y aunque una Bobeda tal como la representada en la figura no pudiera mantenerse sin alguna masa, no es por los esfuerzos efectibos delas Dobelas que es preciso se consideren, mas solamente la tendencia que ellas tienen respecto a su gravedad.

Como deve tener la basa de cada pie derecho o pilastra, un punto donde venga a corresponder el esfuerzo que se hace ala dèrecha y ala siniestra, se observarà que estos puntos corresponden necesariamente enlos angulos S y X, que se deven considerar como puntos de apoio o fulcros que pertenecen alas Alzaprimas; y ala verdad no son mui sensibles ala vista, mas por eso

no

no tienen menos de realidad como ahora se hará ver.

Seccion. 1ª

No estando el empujo de vn Arco dividido en las dos quartas de circulo AY. y AZ, sino que fuera todo reunido a dos puntos como Y, y Z. és constante que se tendria de cáda lado, vna Alzaprima encorbada YSH y ZXM. cuias potencias serian aplicadas alas extremidades Y Z delos brazos SY y ZX, y los pesos que son equibalentes ala resistencia de los pies derechos, en los extremos H y M, de los brazos SH y XM. Mas como hai otras tantas potencias como Dobelas (exceptuando las dos YZ que se consideran sin empujo) es necesario pues que cada potencia tenga su Alzapuma particular,

o que

o que esta Alza prima se refiera o expresse por una linea que pueda ser admitida en su lugar, y como estas lineas no pueden ser otras quelas perpendiculares SP, SQ, SR, & sacadas del punto de apoio S, sobre las direcciones delas potencias que sostendrian alas dobelas; Se ve claram.te alo que deve reducirse todo el Mechanismo que se descubre aqui: desuerte q̂ para proporcionar la espesura o grueso de los pilares o pies derechos, segun la potencia o empujo de una Bobeda, es necesario, Saver hallar el effuerzo que hace una Dobela respecto a su pesanter absoluta y alas perpendiculares SP, SQ, SR, &.

De todo lo dicho se infiere que una Bobeda suponiendola (como se ha hecho aqui) que las Dobelas no esten mante-

nidas

nidas con alguna mezcla de Cal, ô betun, quanto la caveza ô parte superior dela Dobela fuere estrecha, tanto la Bobeda tendrà mas pujanza: porque siendo miradas las Dobelas como unas cuñas, ellas tendran otra tanta mas fuerza quanto sus juntas prolongadas formaren angulo mas agudo: por otra parte las perpendiculares SP, SQ, SR, que corresponden alas potencias que sostienen las primeras Dobelas, vienen mas grandes, a medida que las superficies de las juntas de estas dobelas fueren menos inclinadas ala vertical AI. El largo de las Alzaprimas se hallarà aumentado lo qual darà mas ventaja al empujo delas Dobelas.

Tambien se infiere que quanto fueren

mas

mas lebantados los pies derechos ō pilastras que mantienen vna Bobeda, tanto les es necesaria maior espesura ō grueso para sostener la puganza: por que como no se puede aumentar la altura delos pies derechos sin que las perpendiculares SP, SQ, &. vengan a ser mas largas: se sigue, que los brazos de las Alzaprimas, que corresponden alas potencias, o si se quiere al effuerzo de cada Bobeda, se hallarà aumentadas, y juntas tienen mas fuerza para derribar las pilastras o pies derechos.

Seccion. 2ª.

La necesidad de servirse de la mezcla de cal, en la construccion dela canteria y principalmente en las Bobedas o arcos para ligar las piedras, hace que se pueda dispensar, calcular las potencias de todas

las

las Dobelas en particular; y basta consi-
derar una cierta quantidad dela buelta
como una sola Dobela por evitar lo difuso
de los calculos, que seria preciso hacer si
no hubiera otro modo, por que los asump-
tos que se refieren ala practica deven
ser considerados respectibamente a lo que
sucede en la execucion; y no tan del todo
como la imaginacion nos lo representa; por
exemplo; se tiene observado, que quando
los pies derechos de una Bobeda son de
poco cuerpo para resistir el empujo de ella
se rompe siempre por el medio de sus costa-
dos: esto es entre la impostа y la Clave, q̂
regularmente llaman los tercios dela buel-
ta: y asi una Bobeda o arco BDI figura
primera Lamina quinta: en la que cada
quarta parte de circulo BD y DI, se
divide

divide en dos partes iguales enlos puntos C y H: La experiencia ha hecho ver que siempre sucede desunirse la Bobeda en las partes FC y H&. quando la pujanza excede ala resistencia delos piesderechos. Respecto que lo mas feble de una Bobeda se halla en la parte de sus tercios, es pues natural suponer que allí es donde se hace toda la accion de la potencia, y de considerar las dos partes del medio arco CG y CE como compuesta cada una en particular de una sola piedra quela una EC, esté perfectamente ligada con su pie derecho BP, y la otra CG, obre como una cuña, introducida entre los dos planos FA y GA para separarlos, o bien se podrà tomar toda la parte superior CGH dela Bobeda, segun

la

la tendencia de una cuña para separar los dos planos AF y A&. en cuio caso esta será la que cause toda la pujanza; la mitad CG obrará para apartar el cuerpo PFCS, compuesto del pié derecho PB y del trozo o porcion del arco EC como ya se ha dicho; y entonces bastara para calcular esta potencia de no hacer caso, mas que de la mitad dela Bobeda desde el punto de apoio P, hasta lo alto de la clave DG conciviendo lo mismo por la otra mitad opuesta.

Considerando el trozo superior de arco FD, como sin alguna ligazon con lo restante dela fabrica, es cierto que su pujanza respecto al punto de apoio P. sera la maior que es posible, supuesto que en una Bobeda no acontece jamas que las

Dobelas obren tan pujantes como seria, si sus juntas fuesan mui tessas, sin hallar obstaculo de parte dela mezcla ni de la frotacion que resulta por la aspereza de las superficies; y por consiguiente, queriendo proporcionar la resistencia del piedexecho PB segun esta mayor pujanza, se daxa ala potencia resistente, una fuerza algo mas de aquella que necesitaxia efectibamente, paxa sostenex el esfuerzo de la porcion de arco FD, en el caso que fuexa ligada con lo restante dela fabrica: asi esta suposicion solo contribuie ala firmeza delos pies dexechos, y se sigue que considerando aqui las cosas con el rigor dela theorica, es concedex toda la ventaja que se puede desear en la practica.

Quexex explicar afondo quanto de

propio

propio intento otros han escrito sobre este particular sexia asumpto largo, y olbidar el proposito que sigue mi intento por lo que pasaremos ala practica de algunas reglas que ofreci, como en prueba dela satisfacion que deve merecer el fin de este tratado.

Capitulo 2.°

Enseñase como se halla el grueso de los pies-derechos, para que esten en equilibrio con la pujanza delos arcos que deven resistir.

Para conocer el grueso que es necesario dar alos pies-derechos de una Bobeda o arco (que es lomismo) dela figura semicircular o eliptica, es preciso estar

prevenido

prevenido de quatro circunstancias es-
senciales. La primera, es, la anchura
y altura del Arco que se ha de poner
en obra. La segunda, saber el grueso
de este Arco al tercio de su buelta. La
tercera la figura exterior, y La quarta
la altura delos pies derechos. Despues
se hace indispensable la inteligencia dela
Arithmetica inferior, algo dela Geometria
practica y la raiz quadrada, para
hallar lo que se desea, como se vera
por los exemplos siguientes. Dixe
arriba, que Bobeda y Arco era lo mismo
en el sentido que un arco como el de
las Puentes no se distingue en lo sustancial
de un cañon de Bobeda seguido con
qualquiera curbatura, y no se entiende
aqui por Bobeda otra alguna de los

muchos

muchos generos que ai de ellas.

Primero Exemplo

Sea un Arco demedio punto como la figura segunda Lamina quinta. Supongase que la altura SB delos pies derechos, es de quince pies. El semidiametro AB de doce, y el grueso de la Bobeda o casco dela Bobeda de tres pies; por consiguiente el semidiametro AE ō AF, serà de quince pies. Êsto supuesto, para hallar la espesura PS, de los pies derechos, es necesario proponerse quatro operaciones.

La primera busquese la superficie de los dos circulos que tienen por semidiametros las distancias AB y AE (que son de doze y quince) restarase la superficie del

del circulo menor, del maior, y de la diferencia se tomarà la quarta parte que viene a ser la superficie del medio Arco EB, GD, y se hallarà de sesenta y tres pies superficiales y nueve catorze-avos que se dividiran por la altura delos pies derechos, esto es por quince y el cociente daxa quatro pies tres dedos y siete minutos que llamaremos primero termino.

La segunda. Añadase al semidiametro AC. la mitad del grueso del Arco para tener la linea AL de trece pies y medio, cuio numero se quadrarà multiplicandole por si mismo: se tomara la mitad del producto, que es noventa y un pies y un octavo, del qual se sacarà la raiz quadrada y se hallarà la mas proxima de nueve pies ocho dedos y cinco minutos

cinco

tos

tos, que se añadiran ala altura delos pies derechos, para tener veinte y quatro pies ocho dedos y cinco minutos, que sera el segundo termino.

La tercera. reducese a sumar el primero y segundo termino, esto es quatro pies, tres dedos y siete minutos, con veinte y quatro pies ocho dedos y cinco minutos, para tener veinte y ocho pies doce dedos y quatro minutos, que se multiplicaran por el primero (quatro pies tres dedos y siete minutos) y sera el producto ciento y veinte y dos pies ~~Un~~ dos dedos y ~~quatro~~ dos minutos, por el valor del tercero termino.

La quarta Operacion es finalmente sacar la raiz quadrada del tercero termino, (ciento y veinte y dos, ~~Un~~ dos dedos y ~~quatro~~ dos minutos) que es de once pies y cinco minutos

minutos, la mas proxima, y restado el primero termino (quatro pies tres dedos y siete minutos) la diferencia que resulta es de seis pies doce dedos y seis minutos, por la espesura o grueso que es necesario dar alos pies derechos.

Segundo Exemplo.

Quando la Bobeda o Arco terminase a nivel como EF figura tercera Lamina quinta, para un Puente u otro genero de edificio, vastarà conocer el grueso GD. que deva tener la Bobeda por la parte dela clave: el semidiametro AB, y la altura delos pies derechos, con lo que se hallarà la espesura PS practicando tambien quatro operaciones.

Para la primera es necesario quadrar

la

la linea G A compuesta del semidiametro y el grueso dela Bobeda: de este producto se ha de extraer o sacar la quarta parte de circulo C A Y y dividir la diferencia o el residuo, por la altura delos pies derechos, a fin de tener el primero termino: las otras tres operaciones como son en todo semejantes alas del exemplo antecedente, es inutil repetirlas.

Exemplo tercero.

Propone se en este exemplo hallar el grueso u espesura que se deve dar alos pies derechos delos Arcos elipticos o rebajados; para cuia inteligencia es necesario saver alguno delos varios methodos que hai para trazarlos y sea uno de tantos el siguiente. En la figura quarta de la

Lamina

Lamina quinta CA sexa el semidiametro maior y CD el semidiametro menor: pongase de B en F el semidiametro menor C D: duvidase el espacio FC en dos partes iguales en G: añadase vna de ellas, desde C en I: tomese el medio H y descrivase el semicirculo FKI: descrivase tambien la porcion KL con la abertura IK y paſese la distancia LA de B a S.

Formese ahora sobre la linea LS el triangulo equilatero LSE: continuese el lado ES hasta R y el lado EL hasta O. De los puntos L y S como centros haganse las dos porciones menores dela buelta eliptica AO y BR: del centro E se formara la buelta oporcion superior ODR y quedara hecha la montea que se pide para qualquiera Bobeda o Arco eliptico

Esto

Esto supuesto vease la figura quinta dela Lamina quinta, el la qual conocidos los semudiametros BH y HD se dividirà la quarta parte BD en dos igualmente en el punto L del qual se echaran sobre DH y HB las perpendiculares LK y LV: cuio valor o longitud se hallarà con el socorro de peripie: suponiendo pues que HB, sea de doce pies y HD, de ocho, en este caso la linea LK ō HV su igual parecerà sea de siete pies y medio, y LV de seis pies y vn tercio; con que siendo la altura SB delos pies-derechos de quince pies, es necesario proponerse las cinco operaciones siguientes.

Para la primera: Digase como el quadrado HD, (de sesenta y quatro) es al quadrado BH (ciento y quarenta y quatro) asi la linea

HK,

HK (de seis pies y un tercio) es ala linea KA, que resultarà de catorce pies y quarto, y este numero diremos que es el primero termino.

Segunda operacion: es necesario saber la superficie delas dos elipsis, la menor que tiene los semi-exes BH y HD, de doce pies y de ocho: la maior q̂ los semiexes HE y HG constan de quince y once, suponiendo que tenga tres pies de gruesso la Bobeda. Resteſe la superficie menor de la maior y se tomarà la quarta parte dela diferencia doscientos y diez y seis y cinco septimos, que es de cincuenta y quatro pies y cinco veinte y ocho abos, cuio numero dividido por la altura delos pies-derechos darà el cociente tres pies nueve dedos y seis minutos, que es el segundo termino.

Tercera

Tercera operacion: Añadase la linea LV que es de seis pies y un tercio ala altura delos pies derechos, para tener veinte y un pies y tercio que se multiplicarà por el primero termino (catorce pies y quarto): diuidase el producto (trescientos y quatro pies) por el valor de LK (que es de siete pies y medio) y el cociente darà quarenta pies y ocho quinzabos que es el tercero término.

Quarta operacion: junteſe el segundo termino al tercero que hace la cantidad de quarenta y quatro pies dos dedos y dos minutos: multiplicada por el valor del segundo termino (tres pies nueve dedos y seis minutos) resultarà el producto ciento y cinquenta y nueve pies quatro dedos y un minuto por quarto termino. 59. 4. 1.

La quinta

La quinta operacion: es finalmente sacar la Raiz quadrada del quarto termino, que se hallarà la mas proxima de doce pies nueve dedos y siete minutos: del qual numero, es precíso sacar el segundo termino (xes pies nueve dedos y seis minutos) y quedaran por xesiduo nueve pies y un minuto, para la precisa espesura que deven tenex los pies-derechos.

Exemplo quarto.

Si la curvatura dela Bobeda precedente fuexe terminada por dos planos inclinados, para alguna pieza subtexranea ù otro fin, asi como en la figura primexa Lamina sexta se manifiestan los pendientes TV y TP. Es necesario en lugax de seguir lo que se dixo en la segunda operacion, buscar

car la superficie del quadrilatero AF TR. que esta formado por el angulo FTR y las dos lineas AF y AR tiradas de los puntos L y Z mitades delas quartas partes de toda la figura eliptica DB y DC al punto A que se hallo en la primera operacion. extraigase la figura mixtilinea ALDZ y dividiendo el restante por la altura del pie-derecho se tendra un cociente que devera ser el segundo termino: y en quanto alas demas operaciones son las mismas que hemos referido en el exemplo antecedente.

Exemplo quinto.

Queriendo hacer un Puente con solo un arco de medio punto, como BDI, Lamina sexta figura segunda es preciso

levantar

lebantar del centro A la perpendicular AG y dividir la quarta parte del circulo BD en dos igualmente por el raio AF; despues se echarà la linea MK paralela a BA de suerte que pase por el punto L, medio dela espesura FC del arco: y en este caso quedarà determinada la altura mas precisa q̃ alomenos deve tener la cepa PMSQ. suponiendo el semi-diametro de treinta y seis pies, el grueso del arco seis pies y la altura delos pies-derechos SB de doce, se hallarà el grueso PS dela cepa en practicando las quatro operaciones siguientes.

Primeramente quadrese la linea AL que es de treinta y nueve pies; de la mitad del producto se sacarà la raiz quadrada que es de veinte y siete pies nueve dedos y un minuto. Asi es visto el valor de cada

lado

lado LV ò VA del triangulo rectangulo LVA y al mismo tiempo la parte BV. (de ocho pies seis dedos y siete minutos, que se tendra presente en la tercera operacion) despues se juntaran las lineas SB y VL, altura dela cepa PM que sera treinta y nueve pies, nueve dedos y un minuto, para el primero termino.

Segunda operacion: busquense las superficies delos circulos cuios semidiametros AD y AG son de treinta y seis y de quarenta y dos pies, tomese (restando el menor del maior) la octava parte del residuo, que se hallarà constar de ciento ochenta y tres pies y seis septimos que es necesario dividir por el primero termino (treinta y nueve pies nueve dedos y un minuto) el cociente dara quatro pies diez dedos y dos minutos para el segundo ter-

mino

mino.

Terzera, opexacion. Resese la paxte BV (de ocho pies seis dedos y siete minutos) del primero termino (treinta y nueve, nueve dedos y un minuto) la diferencia treinta y un pies dos dedos y dos minutos se doblarà y se tendran sesenta y dos pies quatro dedos y quatro minutos que es el terzero termino.

Quarta opexacion. Sumese el segundo termino (quatro pies diez dedos y dos minutos) con el terzero (sesenta y dos quatro dedos y quatro minutos) para tener sesenta y seis pies catorze dedos y seis minutos, que se multiplicaran por el segundo termino, y del producto treszientos y diez pies ocho dedos y siete minutos, saquese la xaiz quadrada que se hallarà la mas proxima de diez y siete pies nueve dedos y siete minutos, dela qual se xes-

taxà

taxà el segundo termino (quatro pies diez dedos y dos minutos) la diferencia sexà de doze pies quince dedos y cinco minutos, por el grueso ò expesura de una Cepa correspondiente al axco propuesto de setenta y dos pies de diametro. Esto es Considerado el edificio en si mismo sin respecto alos accidentes que las fabricas en los rios estan expuestas apadecer, por lo que sobre las Cepas y pilares delas Puentes se tratarà mas adelante.

Seccion primera

El methodo que se ha referido en los pocos exemplos antecedentes, acaso abra fastidiado al Lector por la diversidad de operaciones, impertinencia y embarazo, para liquidas las partidas, con la puntualidad que es correspondiente ala quantidad discreta delos

numeros

numeros, por eso M Frecier en el tercero to-
mo del corte delas piedras en seña Con la re-
gla y el compas, lo mismo sin mucha dife-
rencia en algunos casos, pero no es metho do
tan general y tan precio, como el inteligente
puede examinar.

Sea un arco conforme alas mismas dimen-
siones que se propusieron en el primer Exem-
plo Cuia mitad B C D està demostrada en
la figura primera Lamina Septima. La al-
tura delos pies derechos es A B y el grueso del
arco D Y: pretendese pues hallar una linea q̂
determine el grueso A M delos pies derechos
para resistir y contrabalancear la pujanza o el
esfuerzo que mutuamente hacen las dovelas.

Del centro G bagese la perpendicular Y Z pa-
ralela al pie derecho A B. Divídase el arco B D
por medio en C y se bajarà otra segunda per-
pendicular C H y por el punto C pasara la

oriz

Orizontal indefinida SV. que cortara en angulos rectos ala vertical YZ en F. despues por el centro G al punto C tirese la linea GN.

Siguese medir la superficie mixtilinea de la porcion de arco NYCD para sacar la raiz quadrada que se hallarà sin numeros con la regla y el compas del modo siguiente.

Tomese la mitad del grueso del arco en X describase del centro G la linea curba X &. que dividida en partes minimas se convertirà en la recta CD de la figura segunda; pongase el grueso del arco DY en DY, y tomando el medio formese el semicirculo CLY. levantese la perpendicular DL que es media proporcional o la raiz quadrada que se busca; pasese esta linea DL ala figura primera de C en L sobre la orizontal SV. y tambien desde el mismo punto C en I, sobre la vertical CH: por los puntos FI tirese la linea FI y por el

punto

punto L la paralela LK que cortara ala CH en K.

Desde el punto H donde la orizontal AZ. corta ala perpendicular CH tirese la linea HF. y por el punto K la paralela KO que cortara ala SV en O; del punto G se sacara la linea GR. perpendicular ala HF que cortara ala orizontal SV en R. tomese ahora la mitad de CO y se pasara de R en S. llevese la distancia AH y coloquese desde S en T, y la distancia FT, se pasarà al otro lado FV. para tener el punto V.

Del punto C por centro con la abertura CO descrivase el semicirculo OPE que cortarà a la CH en P y ala FS en E.

Vltimamente del punto V por centro y con el intervalo VE se descrivirà el arco EQ. que cortarà ala CH en Q. El espacio que resul-

resulta desde la P ala Q. el que determina el grueso del pie derecho AM.

Esta misma forma y construccion se obserbarà para los arcos elipticos ù rebajados como se muestra en la figura tercera y quarta dela Lamina Siete, notada la correspondencia de las lineas y letras semejantes con minusculas, sin prevenir mas que la g es el centro dela circunferencia superior o mas dilatada y sirve alos mismos efectos que el centro G para los arcos semicirculares.

Las lineas de puntos 1 2 en una yotra montea señala el grueso del pilar q̂ produce el Calculo aritmetico para que se vea la diferencia de una operacion a otra. Notese que por los calculos Algebricos, se determina con mas exacto rigor el grueso delos pilares, por el de los numeros, resulta ser algo maior

el

el grueso que por la Algebra y por las lineas mas que por los numeros: Los exceos de una formalidad a otra son cortos como se ha visto el que ai delos numeros alas lineas; por eso los methodos que hemos explicado para hallar los empujos delos arcos, son mas en fabor dela firmeza y de la practica.

Seccion 2.

Para conseguir lo que en el exemplo segundo por via de numeros se ha de buscar ahora con la regla y el compas. Vease la Lamina octava figura primera en la que se muestra un arco QFZ a nibel por la parte superior YC y tirada la linea AC se forma la superficie mixta quadilatera BCeF compuesta del arco Fe y delas tres lineas BC, Ce y BF. que se reduzira a quadrado en la forma siguiente.

Abiendo

Abiendo dividido la linea BA en dos partes iguales en G se echarà por el punto G la linea GD paralela al costado BC y por el punto C una otra CD paralela a BA que cortara ala precedente en el punto D. El rectangulo BD es igual al triangulo ABC, del qual es necesario sacar el Sector de circulo AFe. Para esto dividase el arco Fe en dos partes iguales en P. rectifiquese el arco eP y pongase en la recta, eK. perpendicular sobre AC tirese la linea KI y el rectangulo AK serà igual al Sector de circulo AFe. Ahora se sacarà este rectangulo AK del rectangulo BD reduciendo el paralelogramo AK al mismo alto u largo que el paralelogrammo BD (por la prop. 44 del pum^o. de Euclides) desta manera. Sobre la YA prolongada se tomarà AH igual a BG y por los puntos He, se tirarà la linea HL que cortarà ala IK prolongada

longada en L: la distancia KL pongase de B en M sobre la linea BC, y echando la MO paralela a BG, El rectangulo CO sera el valor dela superficie quadrilatera mixta BCeF que se busca. Tomase la rayz quadrada de esta superficie llevando el lado MO en MN y dividiendo el espacio CN en dos partes iguales en R del punto R por centro RN o RC por semidiametro, agase el arco de circulo que cortarà la MO en S. La linea SM es la rayz quadrada o media proporcional, la que se empleara siguiendo las operaciò que se mostraron en la seccion primera.

Seccion. 3.

Queriendo hallar sin calculo el gruesso que deven tener los pies derechos para resistir los empujos de un arco a regla / aunque no dimos

el

el exemplo por numeros.) Sea el rectangulo ABEF figura Segunda Lamina octava la capacidad de una puerta cerrada con un arco a regla cuias dovelas tengan el alto BV y el de los pies derechos AB. Es necesario buscar el espacio de una linea AZ que determine el competente grueso delos pies derechos capaces a resistir el empuxo que hace dicho arco.

Por la montea ordinaria en el corte de las piedras se save la inclinacion de los salmeres segun la linea BG que nace del lado BC. un triangulo equilatero formado sobre el ancho BE desuerte que las tres lineas BE, BC y CE son iguales entre si y los cortes GB y EK nacen del punto Comun C. Esto supuesto dividase el espacio DH por medio en Q y echada la linea QO paralela a BD se llevara el largo

QO,

QO en DY y sobre HY por diametro descrivase el semicirculo YSH que cortara la BD en el punto S: Coloquese el espacio DS, desde B en M saquese dela parte inferior del pie derecho la linea AM y a esta la perpendicular MP que cortarà al pie derecho prolongado en P. tomese despues la mitad de BD y se pondra en DI que en este caso acerta a ser el punto H: y sobre CI ô sobre CH. que es lomismo, como diametro descrivase el semicirculo CtH que cortarà la BD en t, Del punto t setirarà la recta tC ala qual se harà SX paralela y cortarala CH en X. Hecho lo sobredicho se llevara el espacio BP en DR, bagese la RX sobre la qual tomando RN igual a DR o BP el espacio o ditancia NX que resta es el largo dela linea que se busca y poniendola desde B en.

L, o de A en Z termina el grueso del pie derecho capaz de sostener el esfuerzo dela mitad del arco arregla del mismo modo que el otro pie derecho EF la otra mitad DX.

Si en lugar del methodo que se ha mostrado para determinar la esperura de los pies derechos nos balieramos dela regla que dio vn autor a quien M. Blondel y otros ha seguido con poco examen, y es la que refiere Tosca en el quinto tomo de su curso mathematico tendriamos por q hacer pero no se lograria lo que necesitamos. Esta regla, se reduce. a dividir la semicircunferencia del arco BD figura 4. Lamina sexta en tres partes iguales por los punto A C y tirando la linea CDE, se hara DE igual a DC, bajase por E la vertical FE, con

la

la qual quedava (al parecer) determinado el empuxo correspondiente sin respeto al grueso y peso del arco, ni ala altura delos pies derechos dos circunstancias capaces de falsificarla, donde claramente resulta el ningun fundamento de esta regla cuia observancia ha ocasionado muchas ruinas con descredito delos Artifices que la practicaron por no hallar ni saver otras.

Hasta aqui delas reglas practicas para dar alos arcos el correspondiente esfuerzo contra sus respectivos empuxos, y sino lograsen la satisfacion delos que se hacen inteligentes, no mas que por dudar de todo y q. para todo quieren demonstracion de bulto vean las en los autores citados y entretanto se actuan y ponen en estado de percivirlas tendran la necesidad de buscarlas a fuerza

de

de trabajo en el fondo del propio ingenio y sino remitirse con sumision a la fe de quien escrive porque detenerme mas en este asumpto seria apartarnos del pñal intento.

CAPITVLO III

Sobre los arcos de Puentes

Habiendo explicado con la brevedad posible las reglas que terminan los empujos de los arcos y Cañones de bobedas, en las fabricas regulares, libres de aquellos accidentes que estan espuestos apadecer los edificios aquaticos cumpliendo con lo arriva prometido, llegò la ocasion de tratar sobre los arcos delos puentes, asumpto que ha empeñado mi desvelo por ser de importancia llebandome el cuidado adonde nos llama el perjuicio.

Es

Es indubitable que las fabricas delos Puentes despues de ser executados con solidez a toda prueva, deven presentar tambien alas aguas una ebacuacion facil y paso libre alas crecientes. Nada es mas peligroso como estrechar su cauxo, porque resultaria una entumescencia ò rechazo ala parte de arriba que no sufriendo margenes inundaria el pais ocasionando la degradacion delas plantas, ò la total ruina, como enseña la experiencia. Sirba de exemplo entre muchos el canal ò la madre del Duero en el R.l Sitio del Abrojo, cuia seccion es puntualmente representada en la Lamina nueve figura primera por las letras A B C D E. sus margenes escarpadas o lados dela ribera son AB y D E. En este Rio las mas bajas aguas por el verano quedan reducidas ala linea

B D

B D y sus extraordinarias o maiores creci-
entes levantan veinte y tres pies hasta la linea
F G. En esta situación se proyectò vn puente
tomando la anchura desde B a D que
se hallò de ciento setenta y dos pies repartidos
en tres arcos con dos pilares y dos Cepas, el
arco del medio de sesenta pies de diametro, los
colaterales de quarenta y los dos pilares L L
de diez y seis pies. Fabricose el puente y se
concluio el año de mil setec.tos y treinta y ocho
con semejante disposicion al dela dicha figura
primera; en cuia forma quedò estrechada la
madre del rio, ò reducida a quarenta y ocho
pies menos de aquel ancho que antes tenia
treinta y dos delos dos pilares, y diez y seis
delas dos cepas F y G. Con que no pudiendo
tener las crecientes al pasar por los tres arcos
aquel regulado curso que llevan sus aguas

por

por mas arriva o mas abajo precisamente
havian de enturmecerse, ò rebalsarse por el
estorvo dela fabrica que se opone a su libre
desembarazado camino, y como esto no puede
suceder sin tomar las aguas maior altura co-
brando por instantes su potencia, nuevos au-
mentos, el natural que arranque las piedras
socavando las plantas por ganar en pro fun-
didad lo que se le hurto de anchura y que
poco apoco por esta causa y otras q̂ se ignoran
ni se hace estudio de ellas sucedan muchas
ruinas como la padecio dicho puente el
año de treinta y nueve que se reparò despues
el de cinquenta y ocho y aunque fuese como
dicen atoda costa, siempre queda la causa
en pie nada se adelanta mas que reiterados
gastos que paga el comun, por ser mui de-
linquente la ignorancia del arte. El pro-
yecto

yecto correspondiente al sitio devio ser como le muestra la figura segunda en dicha lamina, midase el ancho delos trei arcos que son aqui precisamente mas grandes y ese es el que tiene el rio como sino huviera puente quitando las dos porciones del terreno F B y D E por lo que ocupan los dos pilares y por lo que impiden las curvaturas de los arcos al paso que el rio vaya creciendo.

Aunque los arcos sean menos o mas no importa con tal que al rio se le dexe compensada la capacidad que ocupan los cuerpos delos pilares y cepas pues lo mismo es que pasen las aguas por trei que por siete arcos, si es que sus anchuras franquean al rio laque necesitan sus crecientes.

Los mas delos puentes se fundaron sin este acuerdo porque se hallan muchos con mu-

nuevos arcos añadidos alos primeros que se conocen por la diferente contextura desu fabrica acausa que el rio busco ō ganò la anchura que le impedian las cepas y pilares.

Algunos que notan la madre del rio mui ancha donde esta el puente dicen preocupados fue disparate haver hecho alli la fabrica, ignorando que no se ha de contar lo que ocupan sus machones o pilares: midase lo que tengan de diametro sus arcos y la anchura de todos deve ajustarse sobre corta diferencia ala que tuviere el rio arriva o abajo del puente reducida ala naturaleza de su curso. Bastantes son las ruinas que ocasionan las no previstas inchazones o la rapida sobervia delas crecientes y las injurias del tiempo, sinque el arte que deve evitarlos se oponga con estorbos para que sean maiores los perjuicios.

El

El grueso delos machones olos pilares para
levantar un puente, siempre estrechan la madre
o curso del rio amenos espacio, como se ha visto,
porlo que no deven tener dhos pilares mas que
su devido grueso, el qual pende del diametro
delos arcos de la altura delos pies derechos, del
grueso dela boveda y desu peso como se ha
mostrado. En todos los puentes fabricados que
tengo visto se conoce quelos Artifices nada tu-
vieron arreglado para determinar el grueso
delos pilares cada uno executò segun su me-
dida, los mas reflexibos dieron al pilar la
quarta parte del diametro, algunos, la tercera
otros la mitad y la mediona ignorancia llegò
a dar tanta anchura alos pilares como
tenian de diametro los arcos y se pueden
ver en el Puente de Sn Esteban de Gormaz
y otros cuias ideas fueron con toda propiedad

a mucha

a mucha corta disparates de cal y canto.

Bien comunes son las formalidades que tienen este asumpto reducido al mas infeliz estado y por que no se halle como hasta aqui burlado el mal delas prevenciones desu remedio pongo en las siguientes tablas facilitados los principales puntos para quales quiera proyectos, esto es el grueso correspondiente a los pilares, alas cepas y ala rosca o grueso que deven tener los arcos, calculados todos los diametros desde doze pies hasta ciento y veinte tanto para las bueltas semicirculares como elipticas y solo quien sin pasion considere anticipado este trabajo para alivio de muchos hara justicia de su merito.

El metho do para la formación de las dos tablas es el siguiente Quando la altura delos pies derechos opilares no fueren mas que

como

como de cinco hata seis o siete pies contados
des de la ultima corta o retirada donde comi-
enza el desnudo del pilar sobre el zocalo, hasta
el nacimiento delos arcos exclusive, siendo la
buelta de medio punto u semicirculares, ha
mostrado la esperiencia despues de muchas
observaciones en las mejores fabricas, que es
suficiente dar alos pilares la sexta parte del
diametro delos mismos arcos añadiendo dos
pies mas, es a saber quelos pilares delos arcos
que tengan treinta y seis pies de diametro
deven tener ocho pies de gruesso tomados en
cima dela ultima corta, retiro, o desnudo del
pilar y para los arcos de quarenta y dos pies
tendran los pilares nueve pies de gruesso.
Como para los arcos de una grandeza extra-
hordinaria, hade quedar limitado el gruesso
delos pilares a solo la sexta parte del diametro

no

no pasando de xepente ala Supresión total
delos dos pies que se deven añadir como dixi-
mos, sigue este aumento hasta los arcos de qua-
xenta y ocho pies y despues se reducen por grados
los dos pies diminuiendo quatro dedos por
cada seis pies de aumento V. g. un arco de
setenta y dos pies que segun la regla anteceden
te saca los pilares de catorce pies de grueso, re-
bajando quatro dedos por cada seis pies de
aumento desde el quarenta y ocho queda re-
ducido el pilar no mas que a trece pies, y por
consiguiente la misma regla en los arcos de
noventa y seis pies de diametro da diez y seis
pies de grueso alos pilares, porque la diminución
de quatro dedos en cada seis pies de aumento
desde el quarenta y ocho en adelante reduce los
dos pies a nada y como esto no ocurre en los
arcos siguientes los que son de ciento y ocho

pies

pies de diametro tendran diez y ocho pies que es solo la sexta parte y asi de los demas.

En qualquiera puente sea de un solo arco o de muchos nunca ay mas de las dos Cepas de empujo, que son como el origen o termino alos extremos de la fabrica: los demas se llaman pilares o machones. En la practica no han hecho hasta ahora los Artifices esta distincion, comprehenden su diferencia con la explicacion de cepas y medias cepas, en un sentido todo Contrario poniendo alos lados por cepas la mitad del Cuerpo de un pilar, donde està la necesidad delos maiores empujos y para resistirlos mutuamente las dos Cepas es preciso lleven el grueso del pilar que correspondería a su arco y mas una sexta parte.

El grueso dela boveda explicado por las

dove-

dovelas o axitones que forman la rosca de su buelta esta limitado a la vigesima quarta parte del diametro y mas un pie como se halla calculado en las tablas para los arcos semi-semicircvlares. todo lo dicho se manifestarà en los dos exemplos siguientes

Exemplo prim.o

Para saver el grueso dela cepa o pilar q̃ corresponde aun arco de veinte y quatro pies de diametro y juntamente el grueso de su bobeda, busquese el numero veinte y quatro en la Columna delos diametros y en su linea se hallaran seis pies para grueso del pilar, esto es quatro dela Sexta parte ymas dos por regla general hasta quarenta y ocho. Siguese el numero siete grueso dela cepa que contiene el del pilar ymas la Sexta

parte

parte. La dovela ogrueso dela bobeda, se se halla en seguida de dos pies uno dela vigesima quarta parte del diametro y otro que se hañade por regla general.

Exemplo Segdo

Vn arco de sesenta pies de diametro segun la regla dicha llevaria el pilar de doce pies, esto es, diez dela sexta parte y mas dos y porque esta regla se modifica desde el numº. quarenta y ocho en adelante rebajando quatro dedos por cada seis pies de aumento quedan los doze pies del pilar reducidos a once y medio que se hallaran en la segunda columna al lado del numero sesenta en la delos diametros; estos once pies y medio y mas la sexta parte componen trece pies seis dedos y cinco minutos para grueso dela cepa

que

que se sigue en la misma linea. Por dovela o grueso dela bobeda ai tres pies y ocho dedos dos y medio dela vegesima quarta parte y mas vno por regla general.

Si arcos deste diametro y otros con menor dovela existen al presente fabricados en este siglo no es argumento en contrario dela dicha regla porque ai mucha distancia dela miserable escasez a seguir vna regla general tan constante que ninguno puede contradecir sin nota de temerario.

En quanto alos arcos elipticos rebajados hasta la tercera parte del semidiametro queno tuviren mas de asta seis pies desde la vltima corta o del Zocalo, hasta los salmeres exclusive, tomando la quinta parte en lugar dela Sexta se ha calculado la Segunda tabla siguiendo en todo la formalidad referida para los arcos de

medio

punto, como puede examinarse: el grueso en las bobedas de estos arcos es el que corresponde en los de medio punto al diametro dela porcion superior o buelta mas dilatada.

Quando el proyecto excediere del numero expresado en estas tablas (ninguno se admire que en este siglo se executò un arco en Francia de ciento y cinquenta y quatro pies) queda el recurso alas reglas esplicadas en este tratado sobre cuio pie el ingenioso Artifice echarà seguros fundamentos asus fabricas.

Tabla primera que muestra el grueso delos pilares y cepas para los Puentes segun todos los diametros de medio punto u semicirculares, desde doce pies hasta ciento y veinte juntamente el grueso de la bobeda o rosca de su buelta

Diametros Pies.	Pilares. Pies.	Ded.s	min.s	Cepas. Pies.	Ded.s	min.s	Dobela. Pies	Ded.s	min.s
12.	4.	0	0	4.	10.	5	1.	8.	0
13.	4.	2.	5.	4.	13.	5.	1.	8.	5.
14.	4.	5.	2.	5.	0.	6.	1.	9.	2.
15.	4.	8.	0.	5.	4.	0	1.	10.	0
16.	4.	10.	5.	5.	7.	0	1.	10.	5.
17.	4.	13.	2.	5.	10.	1.	1.	11.	2.

Diametros.	Pilares.			Cepas.			Dobela.		
	Pies	Ded'	mín	Pies	Ded	mín	Pies	Ded'	mín.
18.	5.	o	o	5.	13.	2.	1.	12.	o
19.	5.	2.	5.	6.	o	3.	1.	12.	5.
20.	5.	5.	2.	6.	3.	3.	1.	13.	2.
21.	5.	8.	o	6.	6.	5	1.	14.	o
22.	5.	10.	5.	6.	9.	5.	1.	14.	5
23.	5.	13.	2.	6.	12.	6.	1.	15.	2.
24.	6.	o	o	7.	o	o	2.	o	o
25.	6.	2.	5.	7.	3.	o	2	o	5.
26.	6.	5.	2.	7	6.	1.	2.	1.	2.
27.	6.	8.	o.	7.	9.	2.	2.	2.	o
28.	6.	10.	5.	7.	12.	2.	2.	2.	5.
29.	6.	13.	2.	7.	15.	3.	2.	3.	2.
30.	7.	o	o	8.	2.	5.	2.	4.	o
31.	7.	2.	5.	8.	5.	5.	2.	4.	5.
32.	7.	5.	2.	8.	8.	6.	2.	5.	2.

Diams. Pies	Pilares Pies	Ded.s	min.s	Cepas Pies	Ded.s	min.s	Dobela Pies	Ded.s	min.s
33.	7.	8.	0	8.	12.	0.	2.	6.	0
34.	7.	10.	5.	8.	15.	0.	2.	6.	5.
35.	7.	13.	2.	9.	2.	1.	2.	7.	2.
36.	8.	0	0	9.	5.	2.	2.	8.	0
37.	8.	2.	5.	9.	8.	3.	2.	8.	5.
38.	8.	5.	2.	9.	11.	3.	2.	9.	2.
39.	8.	8.	0	9.	14.	5.	2.	10.	0
40.	8.	10.	5.	10.	1.	5.	2.	10.	5.
41.	8.	13.	2.	10.	4.	6.	2.	11.	2.
42.	9.	0	0	10.	8.	0	2.	12.	0.
43.	9.	2.	5.	10.	11.	0.	2.	12.	5.
44.	9.	5.	2.	10.	14.	1.	2.	13.	2.
45.	9.	8.	0	11.	1.	2	2	14	0
46.	9.	10.	5.	11.	4.	3.	2	14	5
47.	9.	13.	2.	11.	7.	3.	2.	15.	2.

Diametros Pies	Pilares Pies	Ded.	min.	Cepas Pies	Ded	min	Dobela Pies	Ded	m.
48.	10.	0	0	11.	10.	5.	3.	0	0
49.	10.	2.	0	11.	13.	0	3.	0	5.
50.	10.	4.	0.	11.	15.	2.	3.	1.	2.
51.	10.	6.	0	12.	1.	5.	3.	2.	0
52.	10.	8.	0	12.	4.	0	3.	2.	5.
53.	10.	10.	0	12.	6.	2.	3.	3.	2.
54.	10.	12.	0	12.	8.	5.	3.	4.	0
55.	10.	14.	0	12.	11.	0	3.	4.	5
56.	11.	0	0	12.	13.	2.	3.	5.	2.
57.	11.	2.	0	12.	15.	5.	3	6	0
58.	11.	4.	0	13.	2.	0	3.	6.	5.
59.	11.	6.	0	13.	4.	2.	3.	7.	2.
60.	11.	8.	0	13.	6.	5.	3.	8.	0
61.	11.	10.	0	13.	9.	0	3.	8.	5
62.	11.	12.	0	13.	11.	2.	3.	9.	2.

Diametros Pies	Pilares Pies	Ded	mi	Cepas. Pies	Ded	m.	Dobela Pies	Ded	m
63.	11.	14.	o	13.	13.	5.	3.	10.	o
64.	12.	o	o	14.	o	o	3.	10.	5.
65.	12.	2.	o	14.	2.	2.	3.	11.	2.
66.	12.	4.	o	14.	4.	5.	3.	12.	o
67.	12.	6.	o	14.	7.	o	3.	12.	5.
68.	12.	8.	o	14.	9.	2.	3.	13.	2.
69.	12.	10.	o	14.	11.	5.	3.	14.	o
70.	12.	12.	o	14.	14.	o	3.	14.	5.
71.	12	14.	o	15.	o	2.	3.	15.	2.
72.	13.	o	o	15.	2.	5.	4.	o	o
73.	13.	2.	o	15.	5.	o	4.	o	5.
74.	13.	4.	o	15.	7.	2.	4.	1.	2.
75.	13.	6.	o	15.	9.	5	4.	2.	o
76.	13.	8.	o	15.	12.	o	4.	2.	5.
77.	13.	10.	o	15.	14.	2.	4.	3.	2.

Diam.	Pilares.			Cepas			Dobela		
Pies	P.s	D.s	m.s	P.s	D.s	m.	P.s	D.s	m.s
78.	13.	12.	0	16.	0	5.	4.	4.	0
79.	13.	14.	0	16.	3.	0	4.	4.	5.
80.	14.	0	0	16.	5.	2.	4.	5.	2.
81.	14.	2.	0	16.	7.	5	4.	6	0
82.	14.	4	0	16.	10.	0	4.	6.	5
83.	14.	6.	0	16.	12.	2	4.	7.	2
84.	14.	8.	0	16.	14.	5.	4.	8.	0
85.	14.	10.	0	17.	1.	0	4.	8.	5.
86.	14.	12.	0	17.	3.	2.	4.	9.	2.
87.	14.	14.	0	17.	5.	5.	4.	10.	0
88.	15.	0	0	17.	8.	0	4.	10.	5
89.	15.	2.	0	17.	10.	2	4.	11.	2.
90	15	4.	0	17.	12.	5.	4.	12.	0
91.	15.	6.	0	17.	15.	0	4.	12.	5.
92.	15.	8.	0	18.	1.	2.	4.	13.	2.

Diam.	Pilares.			Cepas.			Dobela.		
Pies.	Pies.	Ded.	m.	Pies.	Ded.	m.	Pies.	Ded.	m.
93.	15.	10.	0	18.	3.	5.	4.	14.	0
94.	15.	12.	0	18.	6.	0	4.	14.	5.
95.	15.	14.	0	18.	8.	2	4.	15.	2
96.	16.	0.	0	18.	10.	5.	5.	0	0
97.	16.	2.	5.	18.	13.	0	5.	0	5.
98.	16.	5.	2.	19.	0	6	5.	1.	2.
99.	16.	8.	0	19.	4.	0	5.	2.	0
100.	16.	10.	5.	19.	7.	0	5.	2.	5.
101.	16.	13.	2.	19.	10.	1.	5.	3.	2
102.	17.	0	0	19.	13.	2.	5.	4.	0
103.	17.	2.	5.	20.	0.	3.	5.	4.	5
104.	17.	5.	2.	20.	3.	3.	5.	5.	2
105.	17.	8.	0	20.	6.	5.	5.	6.	0
106.	17.	10.	5.	20.	9.	5.	5.	6.	5.
107.	17.	13.	2	20.	12.	6.	5.	7.	2.

Diam.	Pilares.			Cepas.			Dobela.		
Pies.	Pies.	Ded.	m.	Pies.	Ded.	m.	Pies.	Ded.	m.
108.	18.	0	0	21	0	0	5.	8.	0
109.	18.	2.	5.	21.	3.	0	5.	8.	5.
110.	18.	5.	2.	21.	6.	1	5.	9.	2
111.	18.	8.	0	21.	8.	2.	5.	10.	0
112.	18.	10.	5.	21.	10.	0.	5.	10.	5.
113.	18.	13.	2.	21.	15.	3.	5.	11.	2.
114.	19.	0	0	22.	2.	5.	5.	12.	0
115.	19.	2.	5.	22.	5.	5.	5.	12.	5.
116.	19.	5.	2.	22.	8.	6.	5.	13.	2.
117.	19.	8.	0	22.	12	0	5.	14.	0
118.	19.	10.	5.	22.	15.	0	5.	14.	5.
119.	19.	13.	2	23.	2.	1	5.	15.	2
120.	20.	0	0	23.	5.	2.	6.	0.	0.

Tabla segunda que determina el grueso delos Pilares y Cepas para los Puentes segun todos los diametros Elipticos desde doce pies hasta ciento y veinte juntamente el grueso dela bobeda o Vosca de su buelta.

Diametros	Pilares.			Cepas.			Dobela.		
Pies	Pies	Ded.s	min.	Pies	Ded.s	min.	Pies	Ded.s	mi.
12.	4.	6.	3.	5.	2.	o	1.	11.	o
13.	4.	9.	4.	5.	5.	6.	1.	12.	o
14.	4	12	6	5.	9.	4.	1.	13.	o
15	5.	o.	o	5.	13.	2.	1.	14.	o
16.	5.	3.	1.	6.	o	7.	1.	15.	o
17	5.	6.	3.	6.	4.	6.	2.	o	o
18	5.	9.	4	6.	8.	3.	2.	1.	o
19	5.	12.	6.	6.	12.	1.	2.	2.	o

Diamet.s	Pilares.			Cepas.			Dobela		
Pies	Pies	Ded.	m	Pies	Ded.	m.	Pies	Ded.	m
20.	6.	0	0	7.	0	0	2.	3.	0
21.	6.	3.	1.	7.	3.	5.	2.	4.	0
22.	6.	6.	3.	7.	7.	3	2.	5.	0
23.	6.	9.	4.	7.	11.	0	2.	6.	0
24.	6.	12.	6.	7.	14.	7.	2.	7.	0
25.	7.	0	0	8.	2.	5.	2.	8.	0
26.	7.	3.	1.	8.	6.	2.	2	9.	0
27.	7	6.	3.	8.	10.	0	2.	10.	0
28.	7.	9.	4.	8.	13.	6	2	11	0
29.	7.	12.	6.	9.	1.	4.	2.	12.	0
30.	8.	0	0	9.	5.	2,	2.	13.	0
31.	8.	3.	1.	9.	8.	7.	2.	14.	0
32.	8.	6.	3.	9.	12.	6.	2.	15.	0
33.	8.	9.	4	10.	0	3.	3.	0	0
34.	8.	12.	6.	10.	4.	1.	3.	1.	0

Diamet	Pilares			Cepas.			Dobela.		
Pies	Pies	Ded.s	m.	Pies	Ded.s	m.	Pies	Ded.	m.
35.	9.	0	0	10.	8	0	3.	2.	0
36.	9.	3.	1.	10.	11.	5.	3.	3.	0
37.	9.	6.	3.	10.	15.	3	3.	4.	0
38.	9.	9.	4.	11.	3.	0	3.	5.	0
39.	9.	12.	6.	11	6.	7.	3.	6.	0
40.	10.	0.	0.	11.	10.	5.	3.	7.	0
41.	10.	3.	1.	11.	14.	2.	3.	8.	0
42.	10.	6.	3.	12.	2	0	3.	9.	0
43.	10.	9.	4.	12.	5.	6	3.	10.	0
44.	10.	12.	6.	12.	9.	4.	3.	11.	0
45.	11.	0	0	12.	13.	2.	3.	12.	0
46.	11.	3.	1.	13.	0	7.	3.	13.	0
47.	11.	6.	3.	13.	4.	6.	3.	14.	0
48.	11.	9.	4.	13.	8.	3.	3.	15.	0
49.	11.	12.	1.	13.	11.	3.	4.	0	0

Diametros	Pilares.			Cepas.			Dobela.		
Pies	Pies	Ded.s	m	Pies	Ded.s	m.	Pies	Ded.	m.
50.	11.	14.	6.	13.	14.	4	4.	1.	o
51.	12.	1.	1.	14.	1.	2.	4.	2.	6
52.	12.	3.	6.	14.	4.	3	4.	3.	o
53.	12.	6.	2.	14.	7.	2.	4.	4.	o
54.	12.	8.	6.	14.	10.	1.	4.	5.	6
55.	12.	11.	3.	14.	13.	2	4.	6.	o
56.	12.	13.	7.	15.	o	1.	4	7.	o
57.	13.	o	3	15.	3.	o	4.	8.	o
58.	13.	2.	7.	15.	6.	o	4.	9.	o
59.	13.	5.	4.	15.	9.	o	4.	10.	o
60.	13.	8.	o	15.	12.	o	4.	11.	o
61.	13.	10.	4.	15.	14.	7.	4.	12.	o
62.	13.	13.	1.	16.	1.	7.	4.	13.	o
63.	13.	15.	4.	16.	4.	6.	4.	14.	o
64.	14.	2.	1.	16.	7.	6.	4.	15.	o

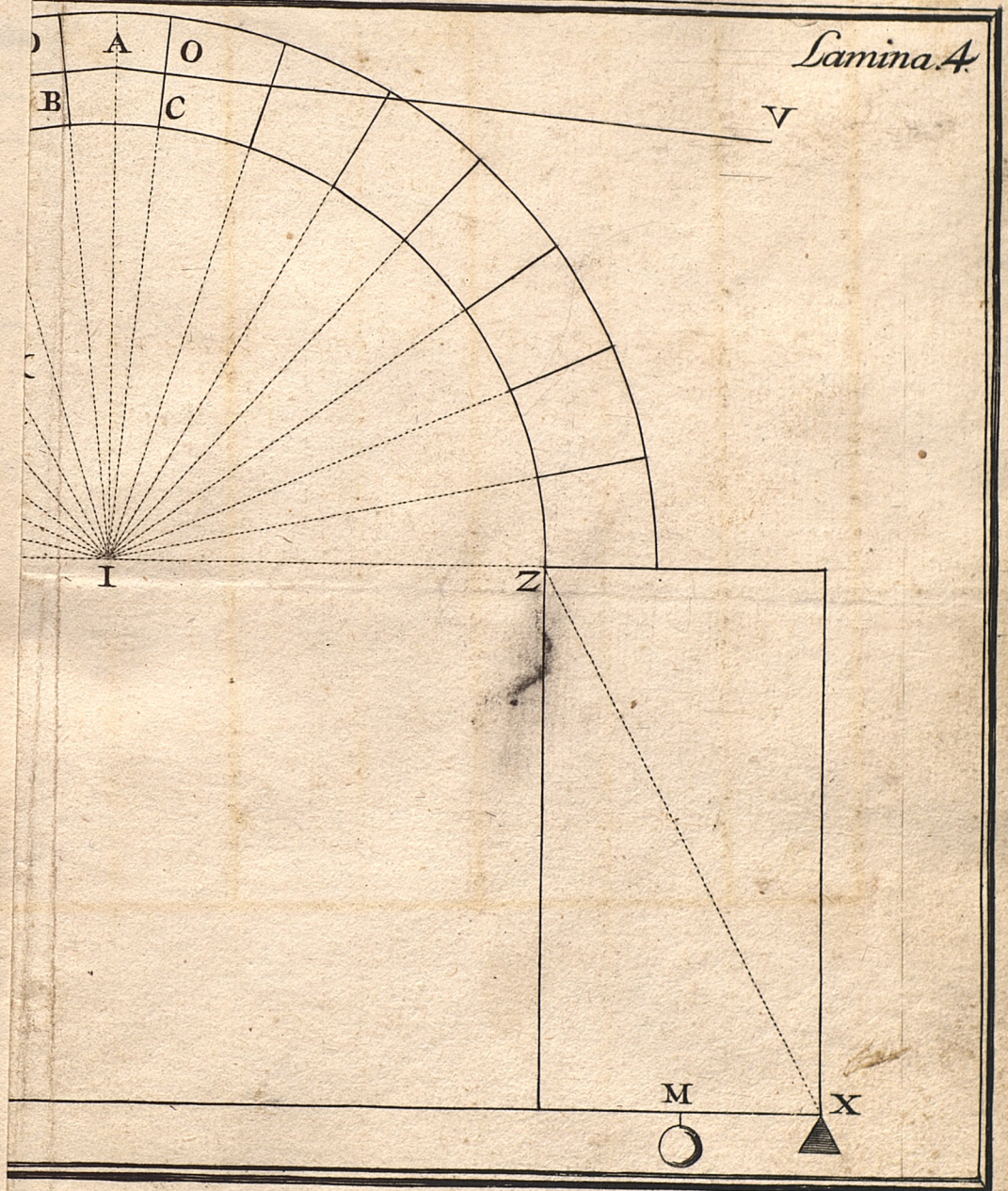
Diamet.	Pilares.			Cepas			Dobela.		
Pies	Pies.	Ded.	m.	Pies	Ded.	m	Pies	Ded.	m.
65.	14.	4.	6.	16.	10.	4.	5.	0	0
66.	14.	7.	1.	16.	13.	5.	5.	1.	0
67.	14.	9.	6	17.	0	5.	5.	2.	0
68.	14.	12.	2.	17.	3.	5.	5.	3.	0
69.	14.	14.	6	17.	6.	4.	5.	4.	0
70.	15.	1.	3.	17.	9.	4.	5.	5.	0.
71.	15.	3.	7.	17.	12.	4	5.	6.	0
72.	15.	6.	3.	17.	15.	3	5.	7.	0
73.	15.	8.	7	18.	1.	1	5.	8.	0
74.	15.	11.	4.	18.	5.	3	5.	9.	0
75.	15.	14.	0	18.	8.	2.	5.	10.	0
76.	16.	0.	4.	18.	11.	2.	5.	11.	0
77.	16.	3.	1.	18.	14.	2.	5.	12.	0
78.	16.	5.	4.	19.	1.	0	5.	13.	0
79.	16.	8.	1.	19.	4.	1.	5.	14	0

Diamét	Pilares.			Cepas.			Dobela		
Pies	Pies.	Ded.	m.	Pies	Ded.	m.	Pies	Ded.	m.
80.	16.	10.	6.	19.	7.	1.	5.	15.	0
81.	16.	13.	1.	19.	9.	7.	6.	0	0
82.	16.	15.	6.	19	13.	0	6.	1.	0
83.	17.	2.	2.	19.	15.	7.	6.	2.	0
84.	17.	4.	6.	20	3.	0	6.	3.	0
85	17.	7.	3.	20.	5.	7.	6.	4.	0
86.	17.	9.	7.	20.	8.	6.	6.	5.	0
87	17.	12.	3.	20.	11.	6	6.	6.	0
88.	17.	14.	7.	20.	14.	5.	6.	7.	0
89.	18.	1.	4.	21.	1.	6.	6.	8.	0
90.	18.	4.	0	21.	4.	5.	6.	9.	0
91.	18.	6.	4.	21.	7.	4.	6.	10.	0
92.	18.	9.	1.	21.	10.	5.	6	11.	0
93.	18.	11.	4.	21.	13.	3.	6	12.	0
94	18.	14.	0	22.	0	2	6.	13.	0

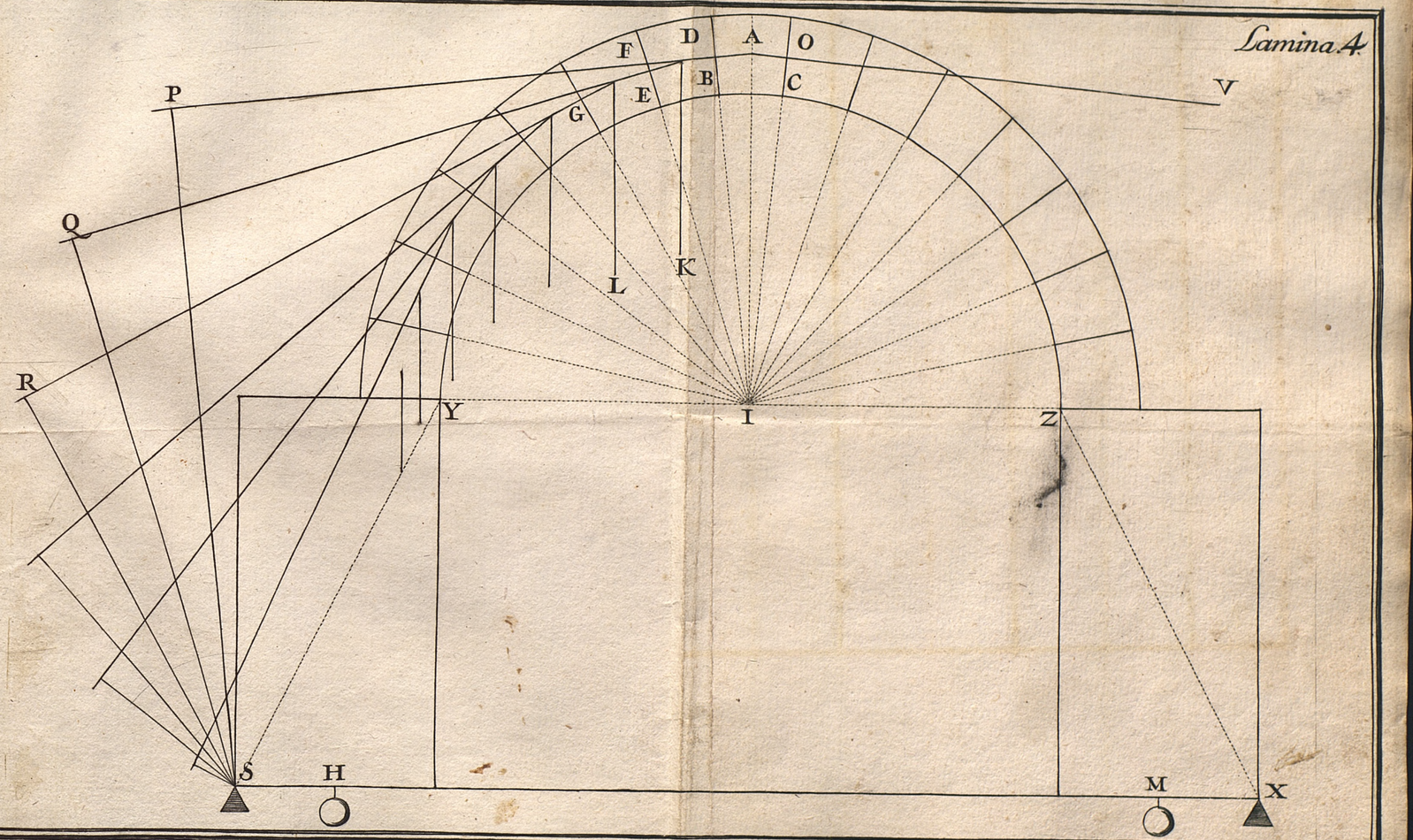
Diamet.	Pilares.			Cepas			Dobela.		
Pies.	Pies.	Ded.	m.	Pies.	Ded.	m.	Pies	Ded.	m.
95	19.	0	4.	22.	3.	2.	6.	14.	0
96	19.	3.	1.	22.	6.	2.	6.	15.	0
97	19.	6.	3.	22.	8.	0	7.	0	0
98	19.	9.	4.	22.	12.	6	7.	1.	0
99	19.	12.	6.	23.	1.	4.	7.	2.	0
100	20.	0	0.	23.	5.	2.	7.	3.	0
101	20.	3.	1.	23.	8.	7	7.	4.	0
102	20.	6.	3.	23.	12.	6.	7.	5.	0
103	20.	9.	4.	24.	0	3.	7.	6.	0
104	20.	12.	6.	24.	4.	1	7.	7.	0
105	21.	0	0	24.	8	0	7.	8.	0
106	21.	3.	1.	24.	11.	5.	7.	9.	0
107	21.	6.	3.	24.	15.	3.	7.	10.	0
108	21.	9.	4.	25.	3.	0	7.	11.	0
109	21.	12.	6	25.	6.	7.	7.	12.	0

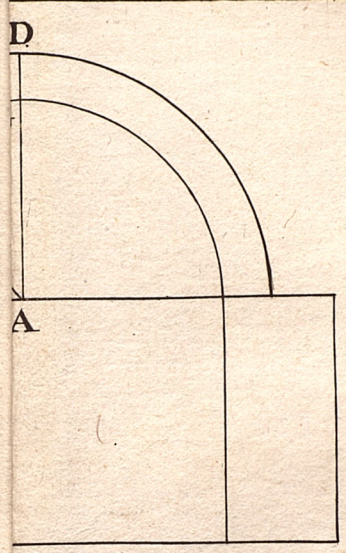
Diametros	Pilares.			Cepas.			Dobela.		
Pies.	Pies	Ded.	m.	Pies	Ded.	m.	Pies	Ded.	m.
110.	22.	0	0	25.	10.	5.	7.	13.	0
111.	22.	3.	1	25.	14.	2	7.	14.	0
112.	22.	6.	3.	26.	2.	0	7.	15.	0
113.	22.	9.	4.	26	5.	6	8.	0	0
114.	22.	12.	6.	26.	9.	4.	8.	1.	0
115.	23.	0	0	26.	13.	2.	8.	2.	0
116.	23.	3.	1.	27.	0	7	8.	3.	0
117.	23.	6.	3.	27	4.	6	8.	4.	0
118.	23.	9.	4.	27.	8.	3	8.	5.	0
119.	23.	12.	6	27.	12.	1	8.	6.	0
120.	24.	0.	0.	28.	0	0	8.	8.	0

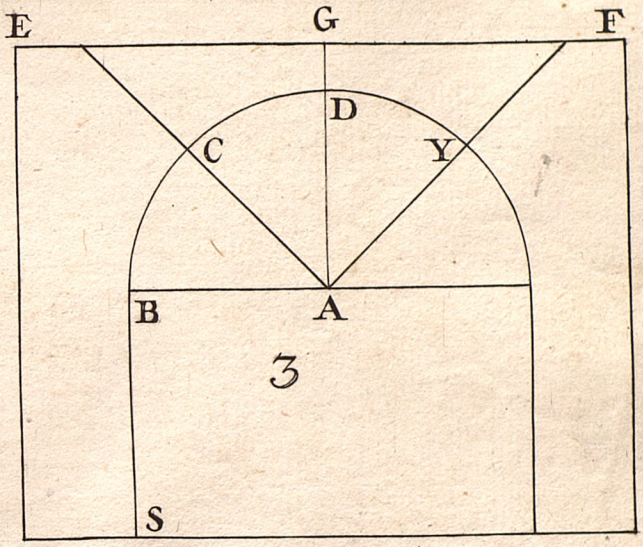
Lamina 4.



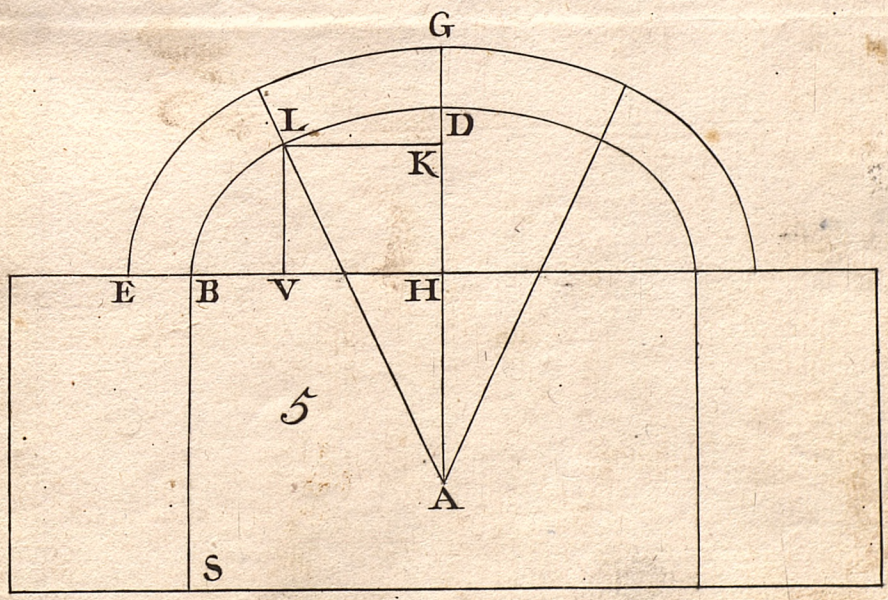
Lamina 4







3



5

Lamina 5.

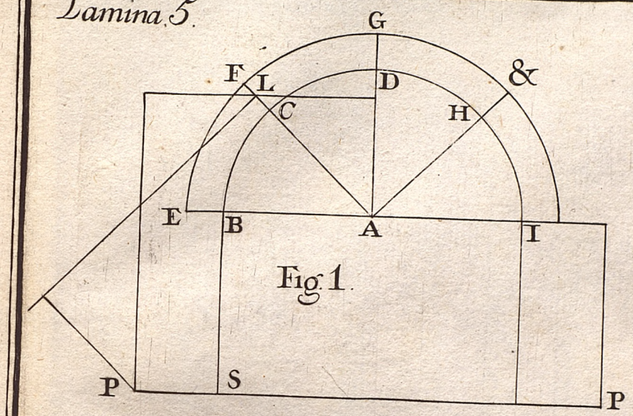
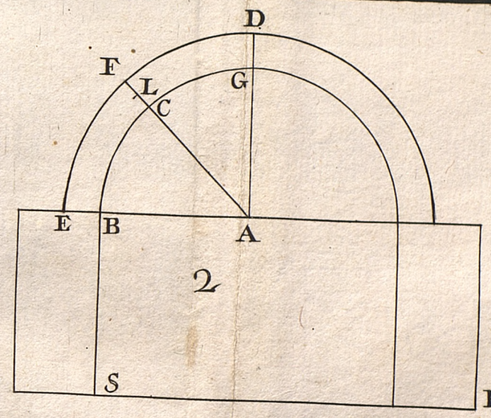
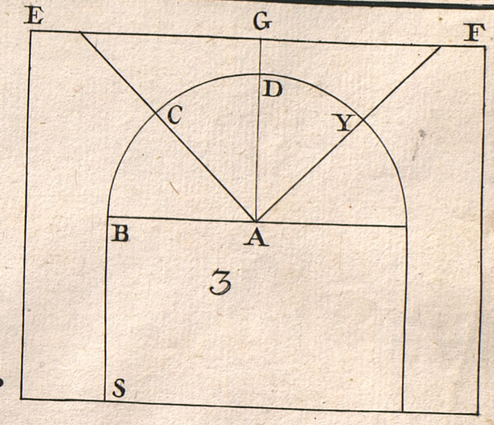


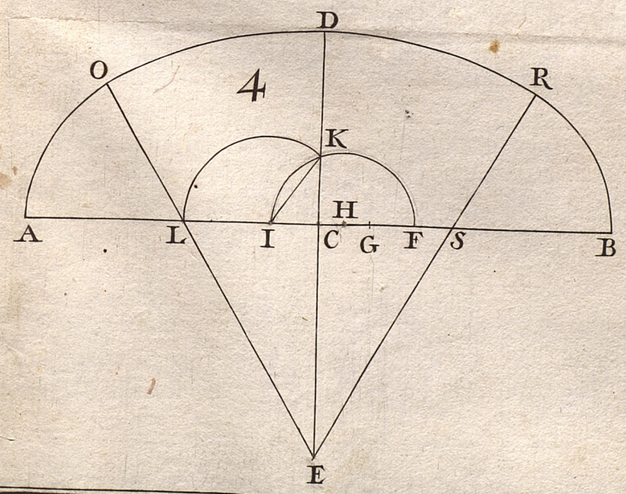
Fig. 1.



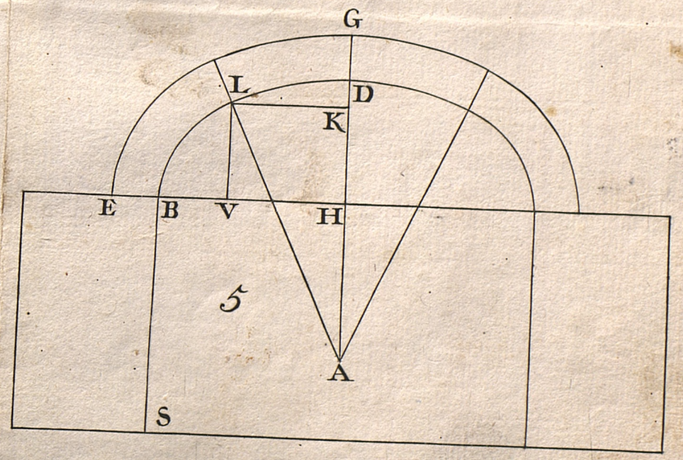
2



3



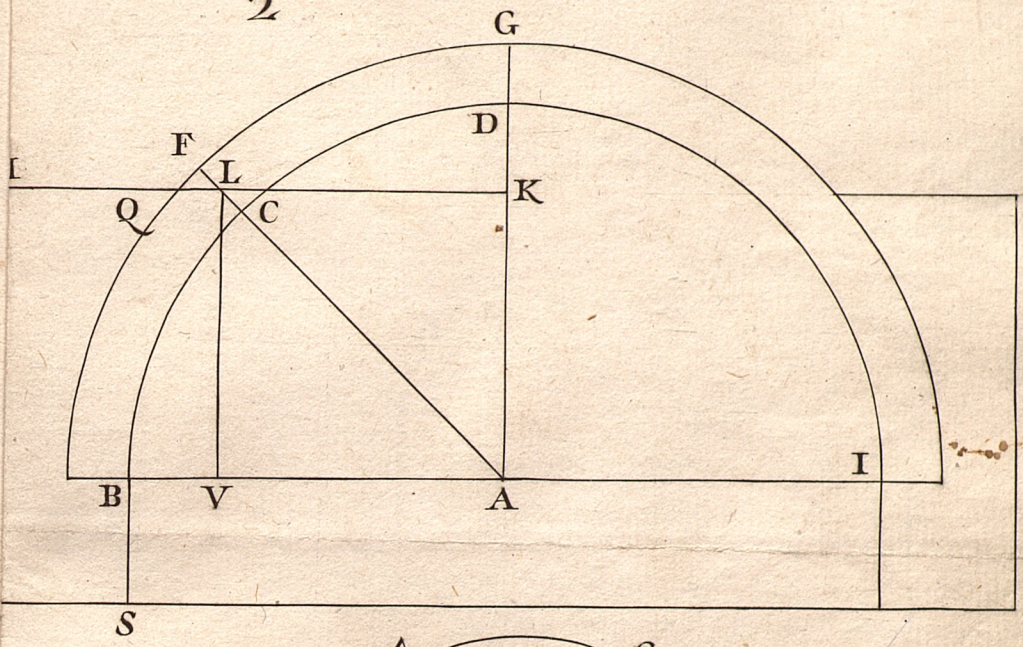
4



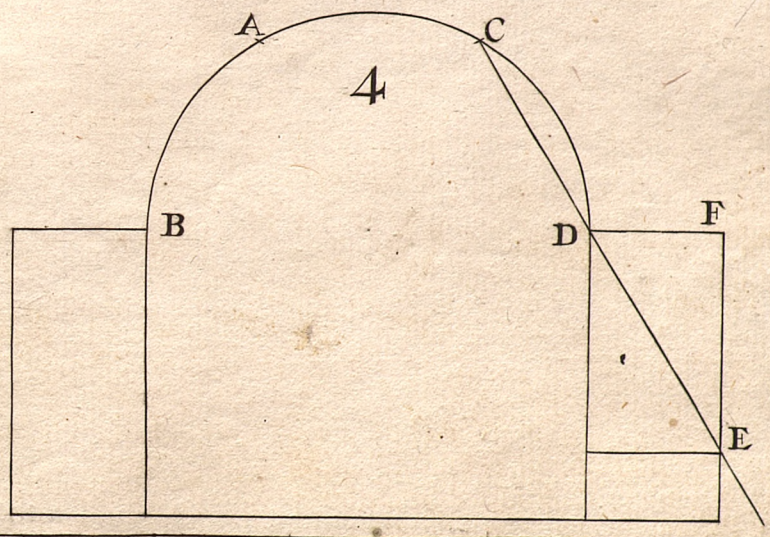
5

Lamina. 6.

2

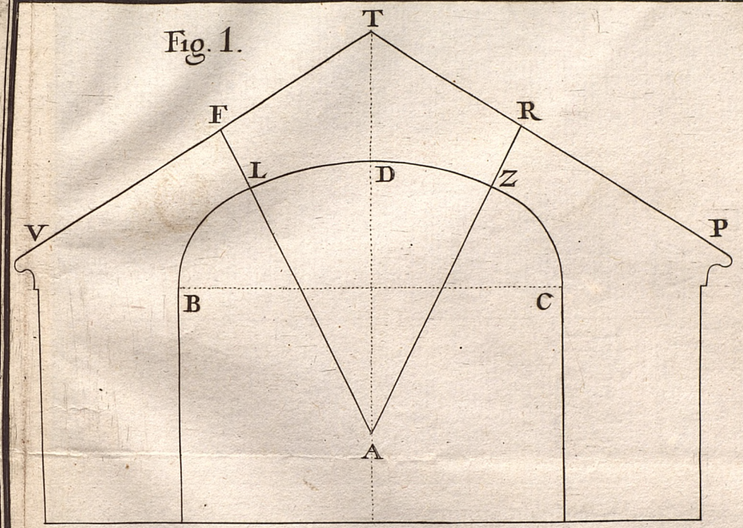


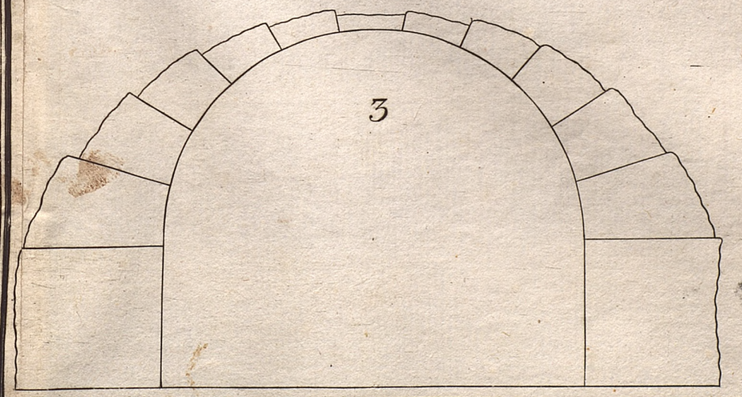
4



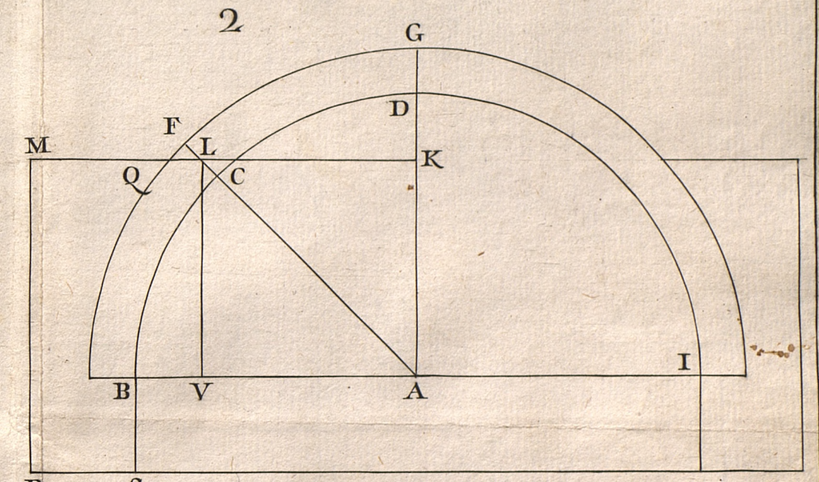
Lamina. 6.

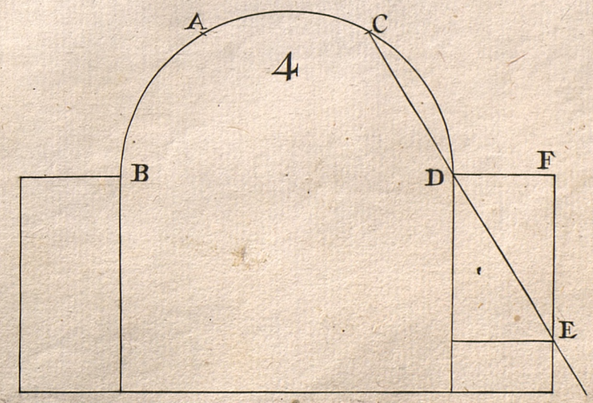
Fig. 1.

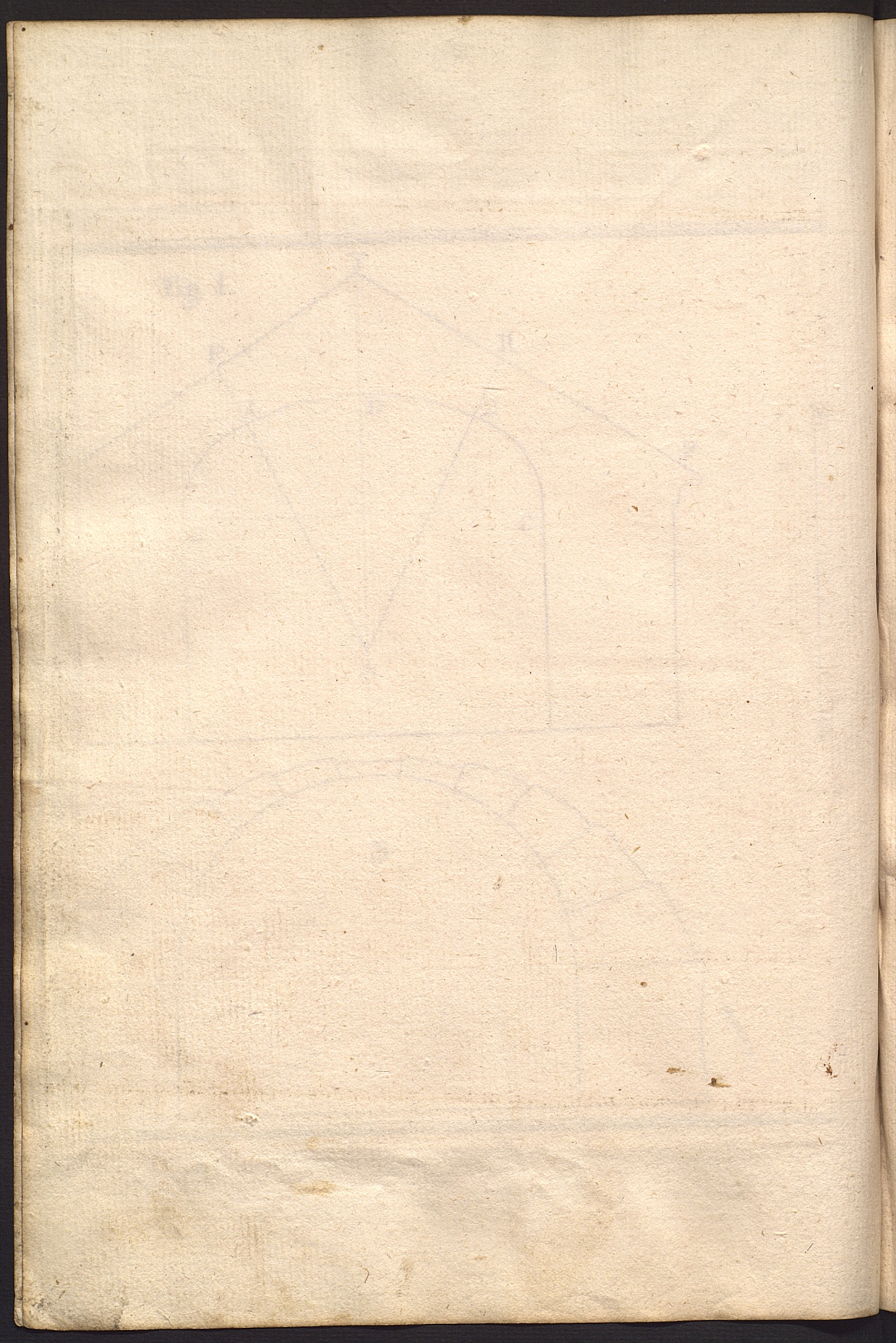




2







Lamina 7.

Fig. 3

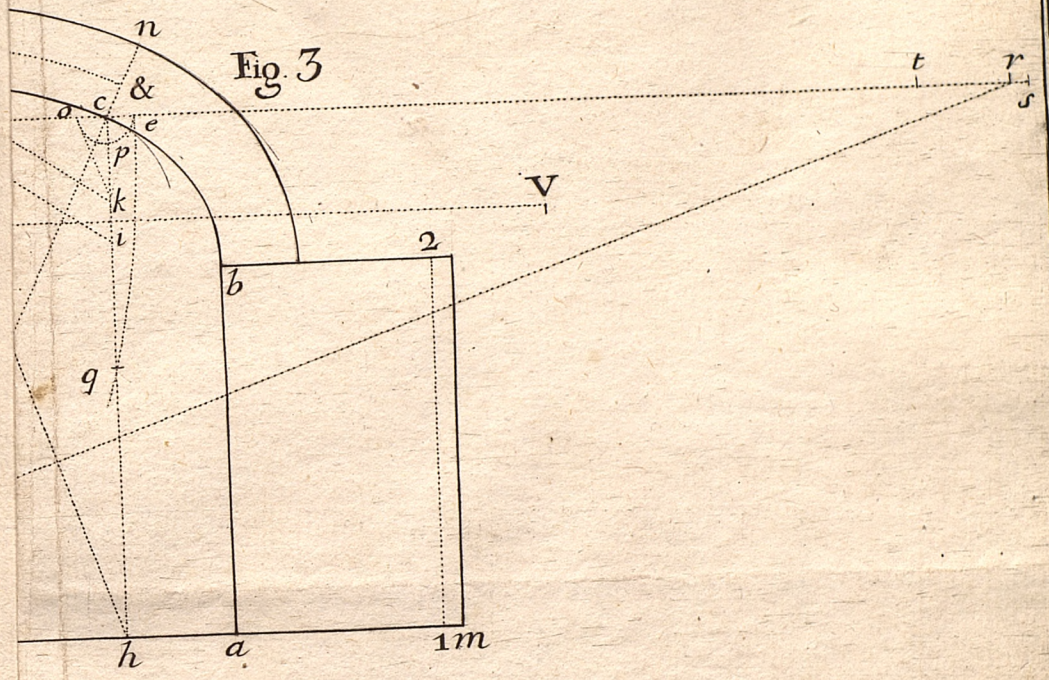


Fig. 2.

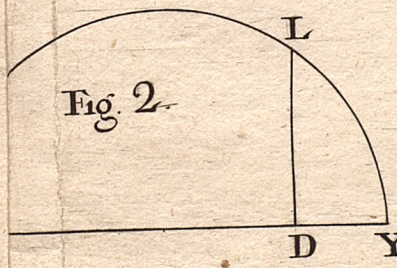
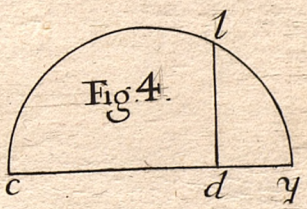


Fig. 4.





Lamina 7.

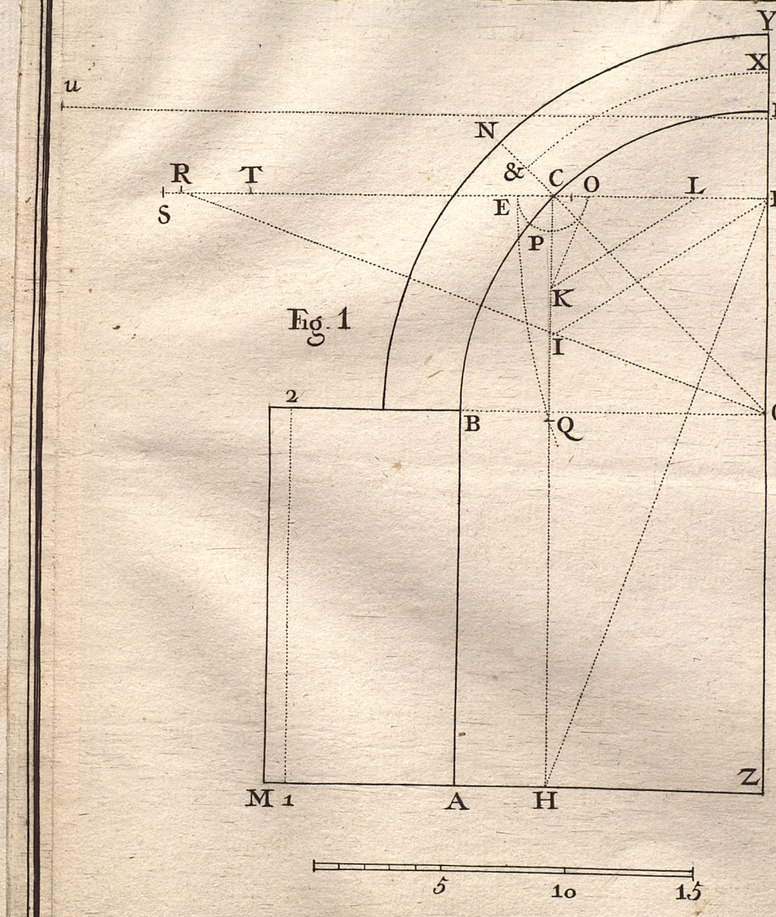


Fig. 1

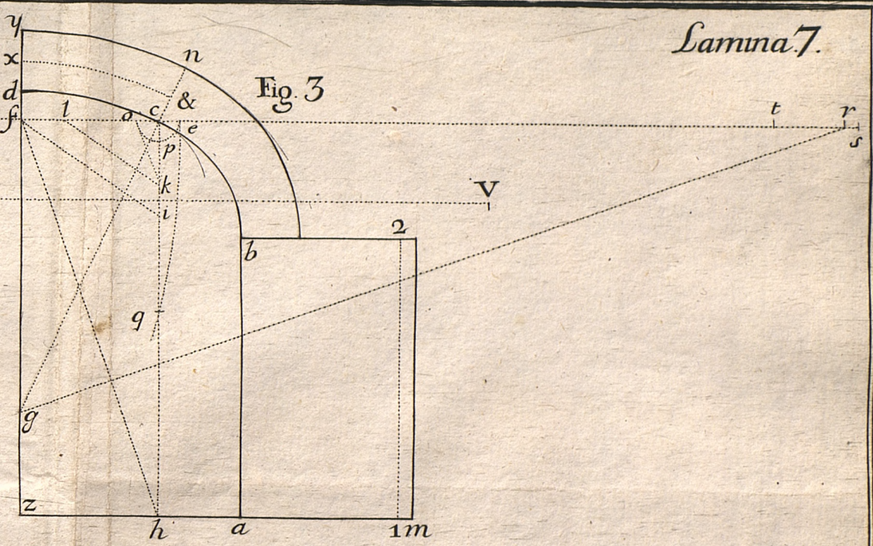


Fig. 3

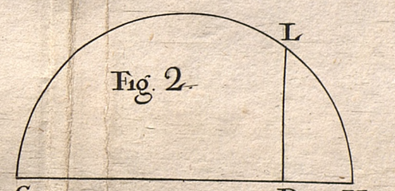


Fig. 2

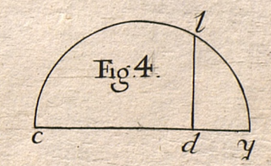
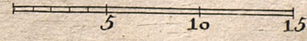
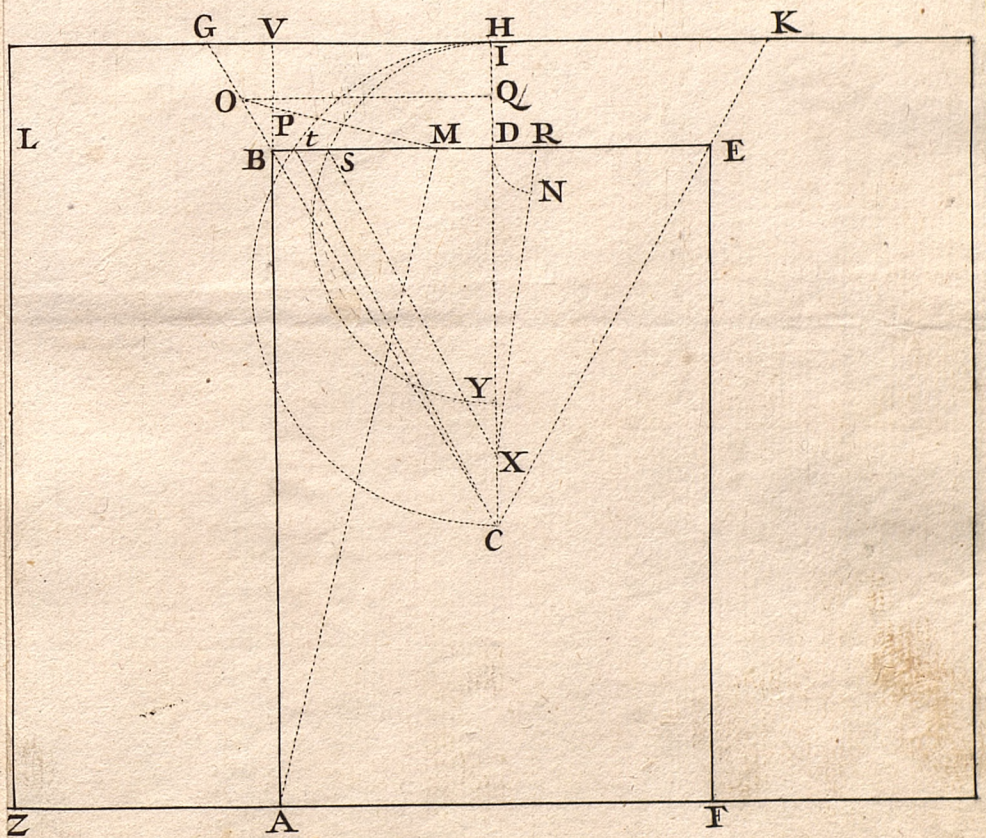


Fig. 4



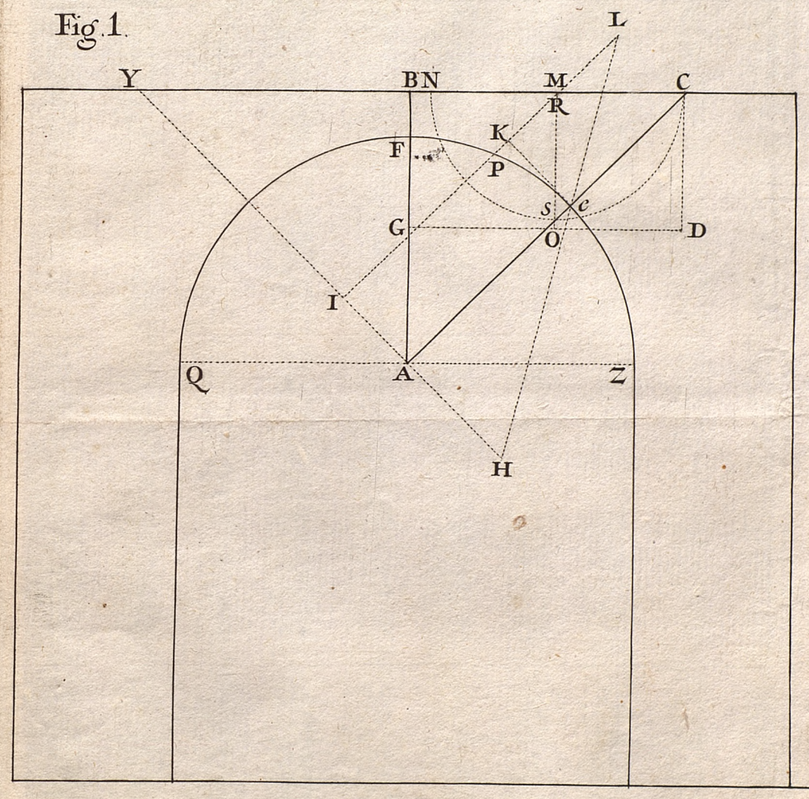
Lamina. 8.

2.

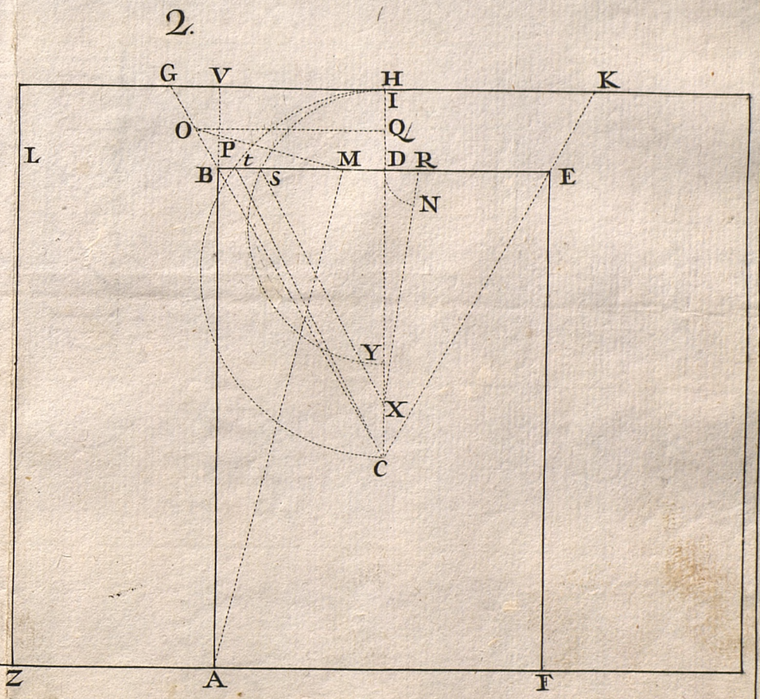


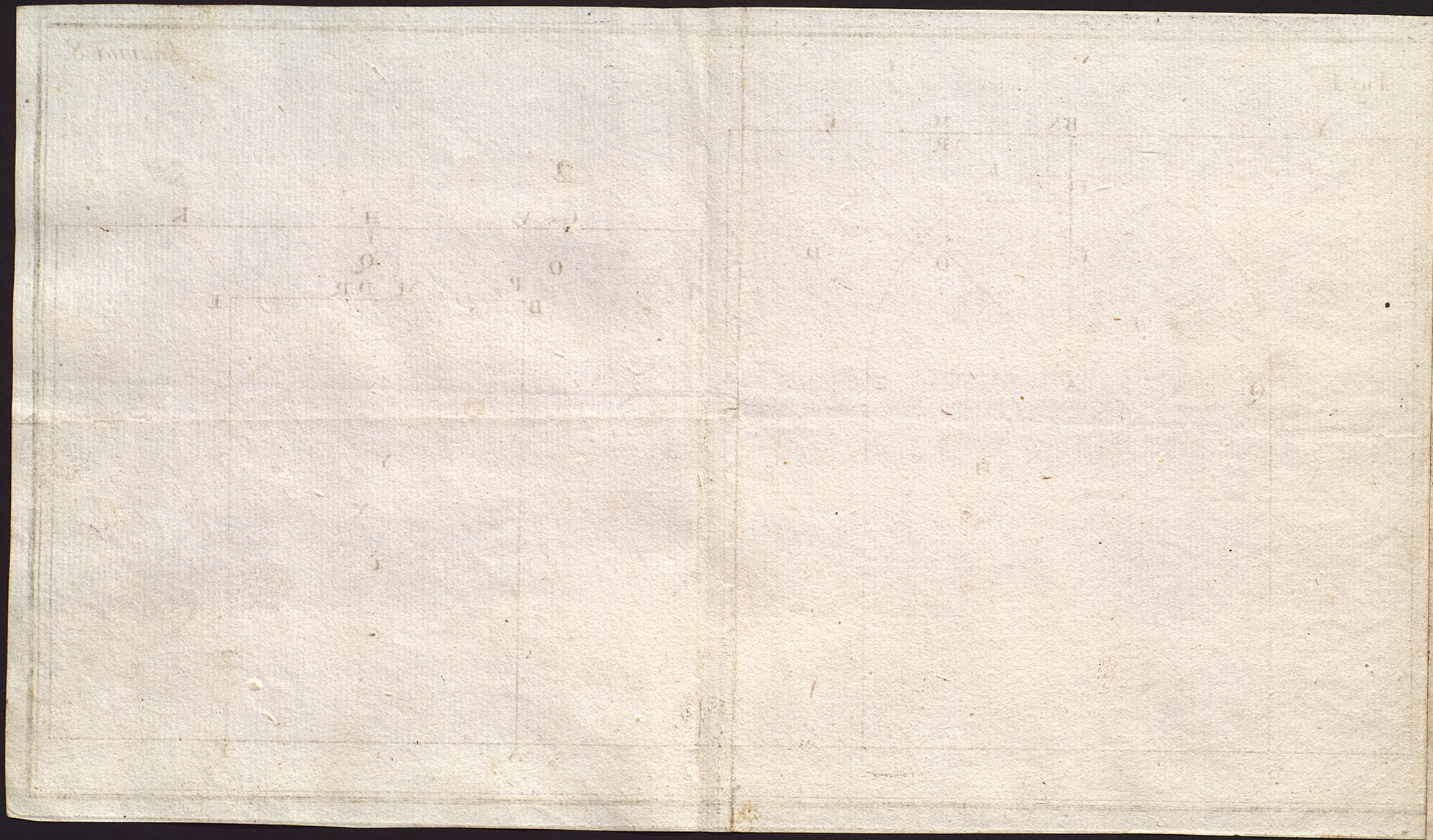
Lamina. 8.

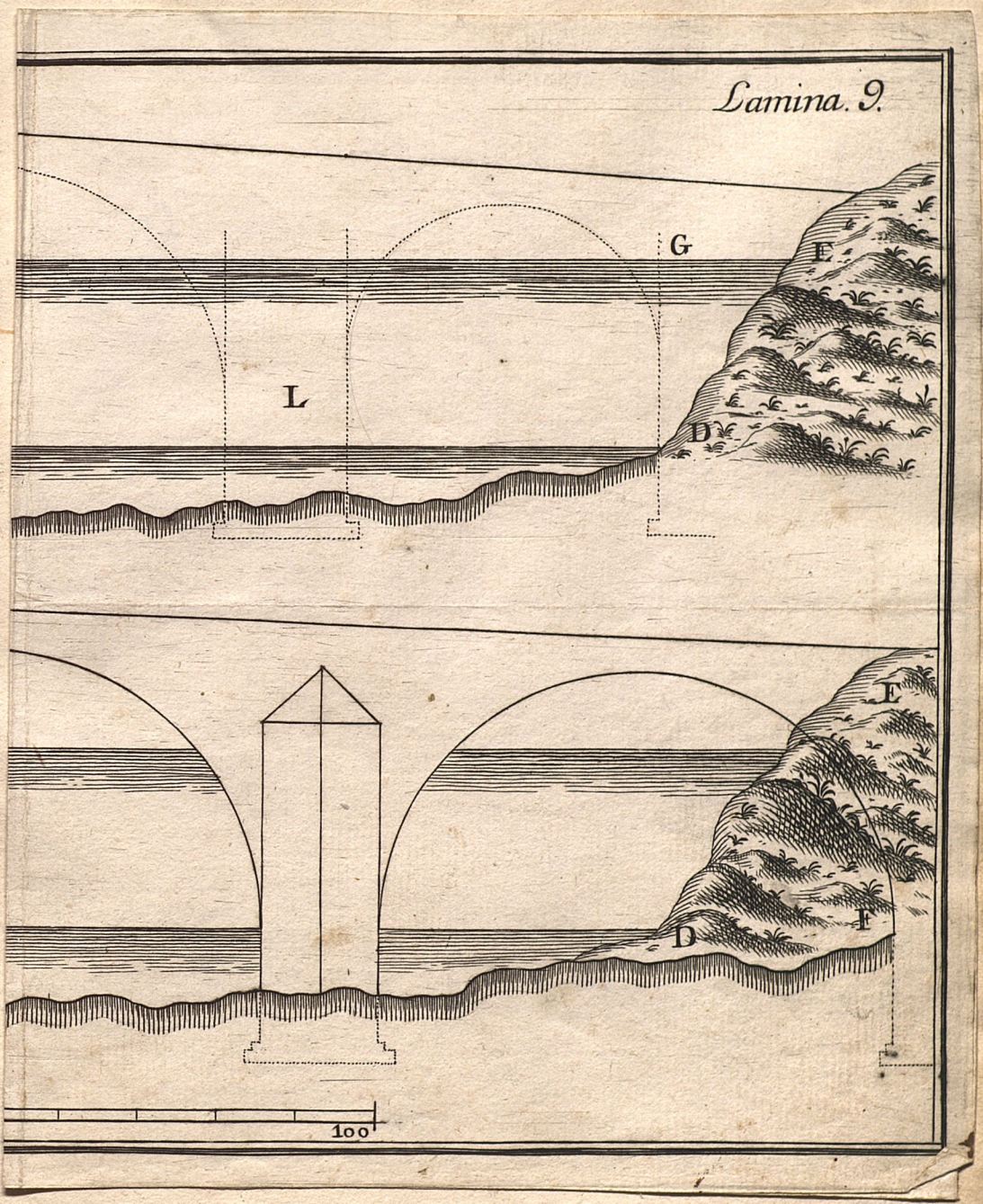
Fig. 1.



2.

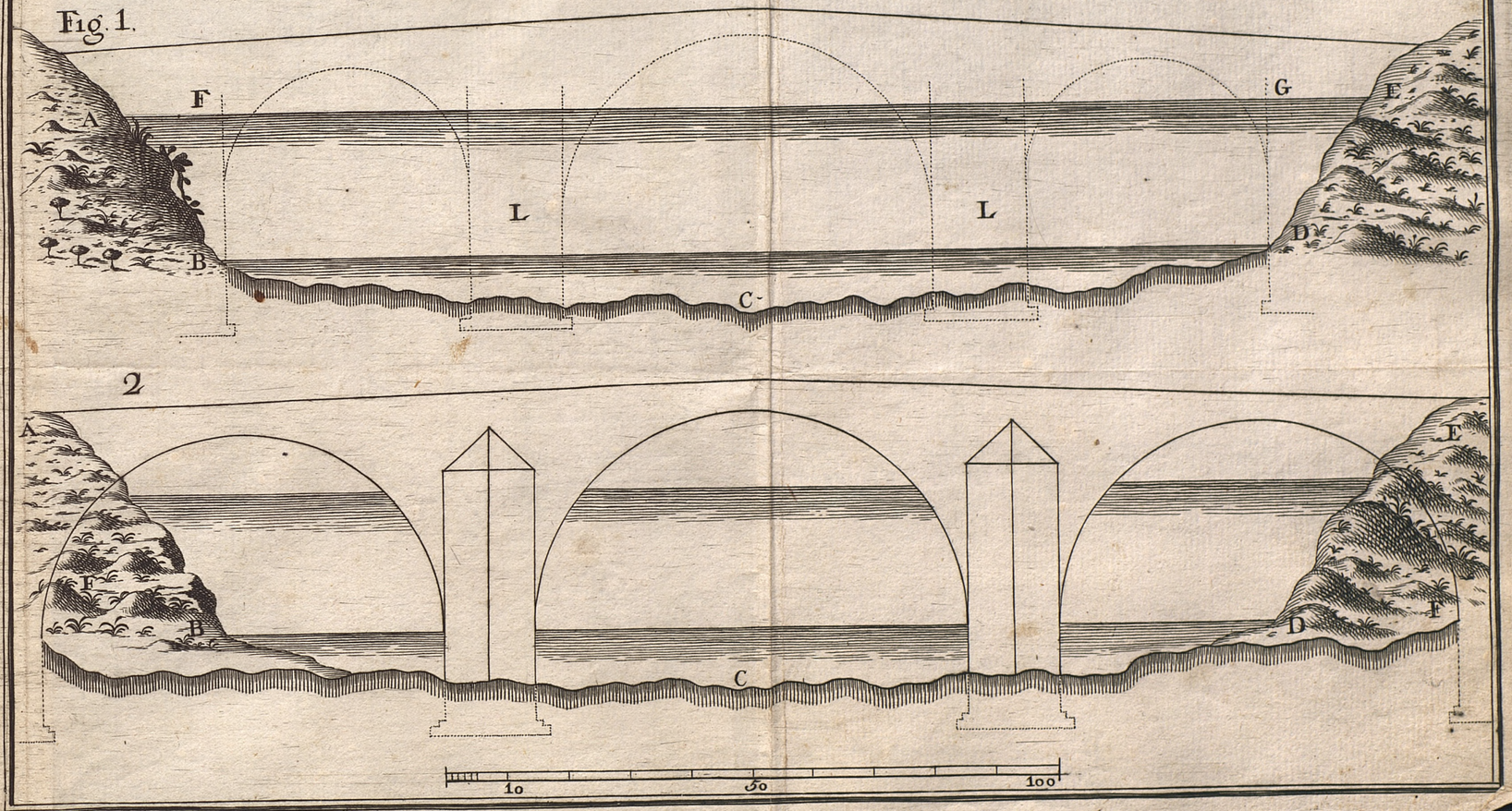





Lamina. 9.
G
E
L
D
E
D
F
100

Lamina. 9.

Fig. 1.





TRATADO III

Comprehende el Conocimiento de los materiales sus propriedades sus circunstancias y el modo de ponerlos en obra.

Todos los que han escrito dela Architectura Civil y Militar Antiguos y modernos, tocan de proposito este asumpto manifestando la calidad delos materiales segun la diversidad de Paises donde residieron y antes de explicar la Construccion delos Puentes (objeto principal de mi asumpto) es mui del intento dar una idea delos que deven entrar en la composicion de sus fabricas distinguiendo sus buenas y malas calidades, en las que ai un enlace de circunstancias que todas concurren y hacen la parte mas principal del Arte

de

defabricar: pareceran acaso groseras ypoco importantes, pero considerando q̂ haviendo de executarse qualquiera obra, semejante ala duracion demuchas antiguas es necesario informarse bien los Artifices segun la variedad delugares, para lograr el conocimiento de una Relacion. mui individuada que explique la calidad del material y seconocerà la utilidad de instruirse en los Capitulos siguientes.

CAP. I

Diferentes Calidades dela Piedra

Entre los materiales necesarios a la fabrica de un Puente tiene la piedra el primer lugar y asi conviene empezar explicando su naturaleza. La piedria q̂ se destina para estos edificios son las mas ordi-

narias

narias y conocidas. Entre ellas las hai duras, llanas, lisas y escabrosas, los granos que las componen y los colores que las adornan, varian no solamente de un Pais a otro, sino tambien de uno a otro banco en una misma cantera. Ai piedra arenosa o berroqueña, la muela o piedra de amolar, la caliza o piedra de cal y el pedernal, cuios generos se diversifican de muchas maneras y pueden reducirse alas dos calidades de dura y blanda. La dura es sin duda mejor, aunque algunas veces la blanda resiste bastante al hielo, pero no es regla general, porque como las partes de la piedra dura tienen sus poros mas condensados que los dela blanda, deven ser capaces de maior resistencia alas

injurias del tiempo y al corriente de las aguas. Para conocer bien la naturaleza dela piedra es importante dar la razon porque la dura es tanvien como la blanda expuesta al hielo, reduzida en menudas chinas, que la parte y disuelve. En la vnion delas partes que componen la piedra ai poros inperceptibles llenos de agua y humedad que llegando a inchar se en tiempo delas heladas hace esfuerzo en estos poros para ocupar maior espacio, que el en que estaban comprimidas, y no pudiendo la piedra resistir a este esfuerzo, se parte y se destruie: asi de quantas mas partes crasas se compone la piedra tanto mas participara dela humedad y por consiguiente estarà mas expuesta al ri-

gor

rigor delas heladas. El medio unico para juzgar y conocer la bondad dela piedra en qualquiera parte que se intente fabricar es el de xeconocer los edificios antiguos mas immediatos para venir en conocimiento dela calidad de piedra que puede ciertamente hallarse en las canteras vecinas; pexo queriendo provar la de una nuevamente descubierta, se sacaran de ella algunos trozos de distintos paxages; pongan se sobre la texra humeda para que sufran las heladas durante el hibierno y si en esta forma aguantan las inclemencias sin altexacion, seguxamente es buena la piedra; pues hai que estando mui texnas oblandas en la cantexa se endurecen al aire

y

y alas injurias del tiempo llegando a ser de tanta permanencia como la mas fuime.

Varias observaciones sepueden hacer para conocer sila piedra es debuen Vso v.g. poca seguridad ai en la queses de de color pagizo obscuro, porque muchas veces este color probiene dequela piedra es humeda y no ha arrojado toda la agua que tenia en la cantera. Tan poco son seguras las de color ceniciento, ni aquellas que tienen vetas pardas o rojas con mucha corteza, ocuias partes no estan bastante condensadas para resistir los golpes: finalmente son malas las que estando tan humedas parecen reducirse a polvo y que saltan facilmente cayendo como por ojas quando se

las

las da con el martillo. Se conocerà q̃
es buena la pieda si fuere solida de v-
niforme consistencia y duxeza, en to das
sus paxtes de color igual y pexfecto, sin
venas o pelos que llaman los ofiziales
si su grano es fino vnido y liso, si paxte
derecho el corte si las xajas salen mui
limpias y dan cierto sonido claxo.
Aunque ai piedras de tal naturaleza
que pueden soportar excesivo peso en los
edificios de qualquiera mo. que se aien-
ten, con todo eso es preciso la regla general
de ponerlas y sentaxlas sobre el Lecho q̃
naturalmente tenian, esto es que quando
se desvasta la piedra deve aparejarse
ideando su figura ental disposicion que
tenga puesta en la obra el mismo asiento
que tenia en la cantera, porque segun

esta

esta situacion es mas capaz de resistir y sufrir el peso, en lugar que puesta de otro modo se paten y rajan por perder mucho de su fuerza. La maior parte de los buenos oficiales conocen a la primera vista el asiento o lecho que deve tener la piedra pero muchas veces sino se les dice con dificultad se sugetan a labrarla y sentarla como se deve.

Tales circunstancias pueden ocurrir q̂ sea preciso valerse de diferentes calidades de piedra, y en este caso se empleara la mas dura en los paramentos expuestos al aire y alas aguas, reservando las de cuia bondad se duda para acomodarlas en los sitios mas defendidos y cubiertos.

En las canteras regularmente la Natura-

turaleza dispuso la piedra en bancos cuio grueso varia infinito, los ai de un pie, pie y medio dos tres y mas pies de alto. Ordinariamente se corta y saca la piedra con barrenos de polvora y cuñas, pero sin detenernos en esto basta decir que quando se edificare en Pais donde no se tiene un conocimiento perfecto de todas estas particularidades es preciso instruirse en ellas para que segun las circunstancias y arreglo al plan intentado se conorca de que cantera se habran de sacar piedras convenientes ala obra que se quiera executar. Las piedras que pueden ser talladas dela figura y magnitud competente se llama piedra de Silleria que es regular darle pie y medio, pie y tres

quar

quarton de alto hasta dos pies.

La piedra que se desbasta y aparexa en tosco para empleasla en llenar los muros grueso y los fundamentos se llama de mamposteria, que resulta muchas veces del despojo dela silleria y otras se saca delas canteras cuyos bancos no tienen bastante altura para ser labrada y empleada al paramento.

Ai cierta piedra en algunas partes para la mamposteria que llaman molazo o asperon mui dura y porosa, compone unª canteria excelente porque el mortero de cal se pega mejor a ella. El guixarro pelado u pedernal que es mas pequeño sirve para los empedrados y el que mas crecido tiene lugar en la mamposteria, aunque talvez no pueda ser tallado

llado por la irregularidad de su figura y la de su dureza no hace buena liga-zon y para suplir este defecto necesita otra mezcla de cal diferente de la ordinaria.

Segun quelas piedras son mas omenos duras es mas omenos costoso trabajarlas y es asi que dela piedra docil un oficial labraba quatro varas al dia y siendo la piedra dura y rustica apenas puede labrar vara y media en el mismo tiempo. Unas piedras gastan mucho acero para labrarse y otras mucho tiempo, la blanca y transparente es mas facil de labrar que la de color bazo: quanto su grano imitare al dela sal tanto sera mas indomita y aspera, la q̃ esta salpicada con granos de arena res-

plan-

plandeciente es mas recia, y si brillaren algunas centellitas doradas sera desobediente al sincel, la que tubiere algunas manchas negras es indomable, la salpicada al modo de gotas angulares es mas constante que no las que las tienen redondas y al paso que estas fueren menores sera la piedra mas firme: la mas solida es de maior dureza y mas pesada, la de sonido mas claro es mas densa quela quele tiene obscuro, la piedra mojada es mas tratable al hierro que quando seca, todas se labran mejor con el viento abrego que con el norte o cierzo pues con este saltan facilmente los vibor o esquinas, por ultimo la piedra que mojada añadiere mas peso delque antes tenia, esta sera absolutamente

te mala

CAP. II.

Calidades del Ladrillo y modo de fabricarle

Hallanse los Puentes en muchos parages donde es de excesiva costa la piedra por lo distante delas canteras para conducirla; en estas circunstancias ay recurso al material de ladrillo, no sin bastantes exemplares en las obras de Puentes que le acreditan por bueno particularmente en todo lo que corresponde fuera de agua. Es el ladrillo vna especie de piedra artificial su vso es mui frecuente. La relacion de quanto conduce a fabricarle de buena Calidad no dexa de ser util aun

qu

que parezca grosera y ordinaria, los Maestros que tienen la direccion de las obras no la deven ignorar ni tener por indiferentes las cosas mas minimas quando contribuien ala perfeccion y economia de su Arte.

Tierra propia para hacer ladrillo es sin duda la mejor y mas aprobada la que gastan los olleros, grasienta y fuerte de color blanquisco o parduisco, sin arena ni piedrecillas. La ai roxa que sirbe para el mismo fin, pero no es de las mejores por que estan los ladrillos expuestos a ogearse y hacerse polvo con la helada, sin escrupulizar mucho sobre el color se conocera que es buena la tierra, como despues de una pequeña llubia se pegare alos zapatos y que se

quita

quita con dificultad, ó si amasandose entre las manos cuesta trabajo dividirla. No siempre se halla tierra delas buenas calidades que se requieren, y por eso los practicos en estas labores junta dos generos rebajando con el uno la demasiada fortaleza del otro. Habiendo escogido un espacio de terreno conveniente despues de cavada la tierra y reconcida igualmente buena, se espera el tiempo de la lluvia para que siendo bien mojada pueda deshacerse y batirse con el azadon luego se dexa reposar algun tiempo, haciendo de nuevo lo mismo en distintas ocasiones quatro u cinco veces. Por lo regular se comienzan apreparar las tierras en el mes de Marzo, pero seria mejor y mas barato prevenirla en el hibierno o en el

oto-

otoño antecedente porquelas heladas son admirables para desmenuzar la tierra. El tiempo de hacer el ladrillo son los meses de Maio y junio porque entonces tiene el preciso para secarse y mas en sazon de meterle en el horno. Procurese que la estacion no este mui adelantada pues los ladrillos no son con mucho tan buenos como los que se cuecen en el verano, y si huviese tal necesidad de hacer ladrillo, con los frios se cubrixan de arena seca, y en el rigor del estio, con paja humeda, porque asi no se hienden ni se tuerzen. No basta insinuar lo q̂ puede contribuir a fabricar buenos ladrillos, deven distinguirse las buenas y malas calidades delos que se hallan almacenados o ia cocidos, por q̂ depende

d

de ellos laduracion delas obras.

Refiere Vitrubio que de su tiempo en la famosa ciudad de Vrica el Magistrado para obiar qualquiera defecto, no permitia que se empleara ladrillo en edificio alguno, sin que le hubiese registrado primero y dado su aprobacion (lastima es no haja en todas las republicas esta prudente costumbre pues para nuestra confusion se ven todos los dias edificios que amenazan ruina y aun antes de acabados, lo que es preciso suceda segun la practica de unas aceleradas promptitudes que inducen alos obreros la necesidad de abastecer la obra con el material que seles pide, y juntandose la codicia con su negligencia resulta que alos ocho dias esta ia

la

la que antes tierra sin beneficio alguno, hecha ladrillo y sentado en la fabrica. El ladrillo que es de un color pagizo y tira un poco a encarnado bajo es bueno, porque regulaxmente se hizo de una tierra grasa legamosa segun la que arriba diximos.

Conocerase tanvien el buen ladrillo al sonido porque aquel quele tuviere mas claro serà mejor que el que le tenga obscuro. Sucede muchas veces que ladrillos echos de buena tierra igualmente preparadas son de difexentes colores y por consiguiente de diversa calidad, lo que se distingue sobre todo quando los unos son mas roxos que los otros, no siendo por eso mejores; al contrario son de malisima calidad

por

porque han estado en el horno en parages donde tubo el fuego poca fuerza para cocerlos, motivo de no resistir ala helada, ni alpeso quebrandose y pulverizandose con la maior facilidad.

La prueva finalmente mas segura para conocer la bondad del ladrillo quando ha de servir en obras de importancia es dexar ala inclemencia del temporal la porcion que se quiere emplear por todo el tiempo de vn año para que aguante las heladas del hibierno y los que no huvieren padecido alteracion considerable podran gastarse con toda satisfacion.

Algunos se persuaden viendo la solidez y firmeza que tienen los ladrillos delas obras antiguas que vsaban algun estraño modo de fabricarlos, pero no ay mas

mis-

misterio que el ladrillo bien cozido es mas pesado y que adquiere con la cal y con el tiempo maior dureza.

Ai muchas diferencias del tamaño para los ladrillos, en algunos luzares tienen determinado el marcal: los Maestros tal vez le dan como le necesitan o como le quieren: el regular es de un pie de largo medio de ancho y dos dedos de grueso, estas dimensiones son mas ordinarias por que hacen los ladrillos acomodados a qualquiera labor. No ai duda que al ladrillo delgado le penetra mejor el fuego, y quando por algun motibo fueren necesarios de tres o quatro dedos de grueso, en este caso es preciso mas fuego y hacer en cada ladrillo cinco ō

seis

seis abugeros para que mejor puedan secarse y cocerse

CAP. III.

Calidades de la cal y el modo de apagarla.

La cal asi como alma dela canteria de tal suerte liga y enlaza las piedras vnas con otras, que aun no son bastantes los barrenos de polbora para separarlas; Importa instruirse de todo quanto la pertenece para conseguir el fin principal que se deve tener en los edificios a tal extremo q̃ siendo bien ligados los materiales parezcan y compongan vna sola piedra como lo acreditan muchos trozos de

de Puentes arruinados.

Es la cal una piedra que se calcina y liquìda con agua y dela mezcla con arena se compone el mortero.

La buena cal se hace de piedras muiduras pesadas y blancas; entre todas no la ai mejor quela de marmol quando se proporcionan Paises donde es comun. La piedra recien sacada de la cantera es mejor y particularmente de terrenos humedos y sombrios que no delos secos. Ciertos guijarros que se encuentran en las montañas o en los rios y torrentes como tambien unas piedras espongiosas y duras que suelen hallarse ~~en los~~ en los campos hacen una cal muy buena para obras blancas y pulidas aun que la demasiada blancura o que

tenga

tenga algun otro color no impide su bondad. El cascajo blanco y tierno que se distingue poco dela greda es la peor calidad que puede tener una piedra para hacer la cal.

El carbon de piedra es mucho mejor quela leña, porque no solo se cuece mas presto sino quela hace mas grasienta y mantecosa.

Las señales dela buena cal son: Si pesare la piedra un tercio menos despues de cocida, si el sonido fuere al modo que una olla de barro golpeada si quando se moja exala el humo mui expeso pegandose ala batidera. Para que la cal conserve toda su fuerza y haga buen mortero es necesario matarla al salir del horno u antes quela humedad

dad la reduzca a polbo, porque asi
pierde casi toda qualidad. El modo
de apagarla merece atención por que
la mucha agua la haoga y devilita y
siendo poca la quema esto es se derhace
y convierte en cenizas, lo mejor es echarla
demuchas veces amenudo en tal forma
quela cal sea igual y promptamente re-
gada para resolberse sin requemarse.
Estando ya bien liquida y remobida
muchas veces con las batidexas, sela
hace colar aun oio dispuesto para
conserbarla, despues se riega por quatro
o cinco dias afin de reunir las ha-
berturas que hace hasta que el calor sea
enteramente disipado. Quando es visto
no abrirse y que hace un solo cuerpo
se cubre de media bara de arena que

la

la conserba largo tiempo sin desecarse.

Queriendo hacer una grande provision el unico medio de apagarla para que no pierda su fuerza ni virtud en largo tiempo, es luego que sale del horno ponerla en suelo bien unido cabado en tierra de dos o tres pies de profundo a modo de un estanco o balsa tan grande como se requiera y cubrirla igualmente por todas partes de media bara de arena. Despues echar encima bastante agua para que la arena bien embevida pueda disolber la cal que esta debajo sin quemarse, lo que sucederia sino se la diese bastante agua, En conociendo que la arena se abre en algunas partes y que transpira el humo a causa de ir creciendo, al instante se acude con mas

agua

agua hasta extinguir enteramente el calor de su fuego. Por medio de esta preparacion bien mojada y liquida se convierte la cal en una masa glutinosa semejante ala manteca, en esta disposicion se puede conserbar aunque sea veinte años, consumirà mas arena y es propia atoda suerte de fabricas.

Es necesario que las piedras dela cal esten apagadas de mucho tiempo afin de si ai algunas menos cocidas quelas otras como es lo mas ordinario pueda resolberse; y porque en la que se gasta al salir del orno y antes de estar enteramente apagada quedan muchas piedrecillas que hacen sobre lo trabajado unas abexturas amanera de postillas, y como bienen a apagarse mas tarde

que

que quelo restante dela cal, echan aper-
der el reboque delas juntas o qualqui-
era enlucido o dado de llana.

Lo que refieren muchos para conocer
sila cal esta bien apagada y embevida, es
meter en ella vn cuchillo limpio, si tropeza-
re con algunas piedras es señal de no es-
tar bien apagada, si al sacarle saliere lim-
pio significa que no tiene bastante agua
pero si la cal se pega al cuchillo, se juz-
gará que esta grasienta glutinosa y bién
remojada. Otro modo de preparar la cal
es tenerla en tinajones cinco o seis meses
cubierta de agua rebolbiendola cada te-
cero dia, pero despues que se precipita la
cal al fondo es necesario alos ocho o quin-
ce dias quitar aquellas aguas y añadir
otras dulces y mucho mejor si fueren

ca

calientes, asi pierde su braveza y mordacidad, tantas veces se pueden repetir estas diligencias que antes del dicho tiempo esta la cal en su punto y enteramente dulcificada, Esta preparacion es la unica para el estuco que se deve hacer y gastar en los Algibes o cisternas cuia primera agua puede beverse con igual satisfacion que la del mejor cantaro como tengo la experiencia, y es preocupacion de muchos las recetas que usan para este fin por ignorar el merito dela cal que prevenida en esta forma se puede servir de ella a falta del hieso en quantas labores y ornamentos de escultura se ofrecieren dentro y fuera delos edificios y asimismo para hacer estatuas y pintar al fresco. En todas las observaciones que se

han

han hecho dela cal se save que quanto mas viba tanto mas abulta y se esponja despues de bien apagada, sufre mas arena y guardada mucho tiempo despues como se dijo hace mejor mortero, por eso los Romanos no querian se empleara la cal para sus edificios sino pasaban dos otros años despues de apagada. Se ha experimentado tanvien q̂ la cal reducida a polbo no es de provecho, por que mudada la naturaleza y virtud de sus sales ya no tiene las calidades requisitas para hacer cuerpo con la canteria, por esso la que se gasta ordinariamente dura muy poco, y era necesario mucho fuego para deshacer el hielo dela ignorancia y pereza que reina sobre este particular.

CAP. IV.

Delos generos y calidades dela Arena.

Ay tantas especies de arena que no es posible descrivir todas sus diversas calidades. La difinicion dela arena se reduce a ser una piedra cada grano. Distinguense principalmente dos generos, una que llaman de mina por que se halla cabando bajo de tierra. otra se llama de rio y de echo se encuentra arrojada asus orillas por las aguas y es mejor quanto fueren estas mas rapidas como la delos torrentes o arroios por mas desnuda y limpia de partes crasas y terreas. Muchas veces la arena de mina se halla sin pro-

fun-

fundar mucho donde casi siempre forma bancos cuia extension y grueso se mudan segun varian los parages que las dan tambien diferentes colores, pero como nada decide el color sobre su buena o mala calidad solo se trata del grano es preciso para elegirla, que ni sea crasa ni mezclada de tierra, antes bien mui limpia, de modo que refregandola entre las manos haga cierto crugido. La blanca es por lo regular menos cargada de tierra y puede ser empleada con seguridad, atendiendo que su grano, tenga cierto tamaño y grueso porque siendo mui fino y casi imperceptible no se une con la cal y el mortero que se hace de ella en poco tiempo se reduce a polbo. Algunos prefieren la arena del rio a

la

la de mina y otros al contrario, esto re-
sulta dela variedad de terrenos,
por que si hacemos comparacion sin
duda ai sitios donde siempre alguna
de ellas excede ala otra, pero la de rio
es menos crasa y mucho mejor para re-
boques. Sucede tal ves que habien-
do los cimientos se halla arena y siendo
buena no se deve desechar, porque estan-
do en la obra se escusan los gastos de con-
ducirla de otra parte, y aunque para
la economia sea poderoso este motibo
no deve prebalecer para emplear en
la mezcla como suele acostumbrarse
una tierra pasiva, no mas de por pare-
cer dura y arenosa. Otra especie de
arena ai llamada cascajo, que pur-
gada y limpia de quanto puede hacerla

defec-

defectuosa es de buen servicio para los cimientos y macizos delas obras gruesas, aunque no sirve para sentar la silleria por razon delas quijas y chinas que tiene Alas orillas del mar y en algunos otros parages se halla una arena mui menuda que la quitan y ponen los vientos y se usa como de arena regular pero no es tan buena. En las lagunas suele haber arena mui especial, que arroja o despide el agua quando la pisan y por eso algunos la llaman arena hirviente o bullente.

Para desengañarse quando es dudosa la arena, echese porcion de ella en un vaso de agua clara, moviendola, si despues con la agitacion se buelve negra o mui turbia, señal que es cenagosa y mezclada

Con

con tierra, al contrario si queda el agua tan clara como antes, o que se altere poco, no ay duda que la arena es pura y limpia. En la Francia Italia y otras partes vsan en lugar de arena del polbo Puzolano dela tierra de Holanda y ceniza de Tornai cuia mezcla con la cal se dice que hace vn mortero admirable que emplean particularmente en las obras de agua, y para su equibalencia en nuestro pais solo tenemos el recurso al polbo artificial que llaman cemento, hacese de ladrillos y tejas recocidas que se desechan en los tejares, asimismo delos cascon de todo genero de basijas que hacen los Alfahareros, de las escorias que salen delas fraguas y herrerias, cuios materiales reducidos a polvo

polvo añadiendo tanvien el de piedra molar o de molino, mezclado con la cal se hace el vnico y mejor mortero que resiste perfectamente al agua en los edificios de Puentes Algibes estanques &c.

Vnas piedras o guijarros que se encuentran en los campos y alas orillas delos rios, junta vna porcion de ellos cocidos en vn horno y sacados despues de bien encendidos dicen se muelen y dan vn polvo de tan buen vso como la tierra de Holanda.

CAP. V.

Dela mezcla dela cal y composicion del mortero.

Muchos han notado la solidez delas fabricas hechas por los antiguos y discurren

que

que tubieron algun secreto particular para hacer la mezcla dela cal que se olvidò con el tiempo, mas Vitruvio enseña que todo el secreto nio consistia sino en lo bien amasado y que en la Grecia se destinaban diez hombres para batir un solo mortero por el tiempo de muchos dias, con este trabajo adquiria tal dureza que los trozos de los enlucidos que se desprendian delas antiguas paredes servian para hacer mesas. Mui lejos nos hallamos de semejante practica al presente, por que es comun emplear corto numero de obreros para batir o sobar la cal y estos con la precision de abastecer alos oficiales, buscan los medios de conseguirlo y como el uso

les

les hace ver que echando bastante agua es mas facil y que se hace prompta mente, reducen la masa aun estado fluido que priva ala cal de su fuerza sin que pueda incorporarse con la arena, de manera que el mortero despues de gastado se resuelbe apolvo dentro de pocos dias. Se puede comparar la disposicion de batir el mortero con la de amasar la harina para hacer el pan, si echasan mucha agua no seria posible reunir bastante la harina para formar una masa ligosa ni seria facil darle aquella consistencia conveniente, esto es lo que sucede con el batido dela cal en semejantes circunstancias.

Queda dicho en el capitulo tercero q despues de haver apagado la cal en

las

Las balsas o estanques cabados en la tierra sea conveniente dejarla reposar algun tiempo antes de mezclarla con la arena, que sin la menor duda es el unico medio; y como es dificultoso hacerlo asi por la impaciencia que ay en executar la obra tan presto como se determina, el modo mas regular que se deve tener para que luego despues de cocida se pueda hacer mortero con ella es el siguiente. Hacese un hoyo pequeño en tierra y otro mas grande y mas bajo junto al primero, ponese en este cierta cantidad de cal sobre la que se echa bastante agua para apagarla y liquidarla, despues por medio de un xallo o regilla de menudos abugeros se cuela al pilon mayor, donde se quaxa y queda como

un

vn requeson, de aqui se saca limpia de toda horrura para mezclarla con la arena, cuia proporcion es dos partes de arena y vna de cal, o de tres de arena y dos de cal segun lo mas o menos que esta abunde, porque si es manteçosa hecha de buenas piedras, se pueden poner tres partes de arena sobre vna de cal, aunque rara vez sucede q̂ tenga bastante sustancia para aguantar tanta arena. Tan defectuoso es echar mucha cal como mucha arena; en la palma dela mano se provarà si estan poco o mucho tenîdos los granos de arena con la cal, si demasiado sueltos o ligados, pero nada mas que bañados en la masa de la cal es lo que conviene. La arena deve sacarse conforme se

se vaya gastando sin hacer prevencion de ella mucho tiempo antes por que enseña la experiencia que el sol la altera secando y quitandola ciento jugo o sustancia que compone toda su buena calidad, por otra parte la llubia disuelve sus sales volatiles y a poco tiempo se conviene en una especie de que mesclada con la cal ya no hace cuerpo ni vnion con la canteria. Mezclase tanvien con la cal para las obras de agua el polvo de texa y ladrillo arriba expresado en mayor o menor cantidad segun la dosis referida para la arena y asi mismo se hace mortero con la mitad de arena y otra del dicho polvo para aquellas partes que no siendo de la mayor conse-

quen-

quencia merecen algun cuidado.
Nunca sera bastante por muchas veces
repetida la circunstancia que quando
el mortero se ha de batir nuevamente
se echarà tan corta cantidad de agua
que si pudiere escusarse sera mejor, por
que a fuerza de brazos se ablanda sin
que sea necesario mojarla de nuevo, es
el gastar mucha agua mas por desidia
de los oficiales que por necesidad, aun
que si ellos hablaran aqui se escusari-
an con la prisa del dueño a quien solo
la brevedad satisface. Ello es cierto
que la mucha agua quita toda la virtud
y disminuye su bondad, por este abuso
decia un buen practico que la agua
para batir la cal havia de ser la del
sudor. Es buena qualquiera genero

de

de agua para apagar y amasar la cal como no sea de lagunas corrompidas y cenagosas, ni las que corren por calles y caminos mezcladas con porquerias. Algunos exceptuan la agua del mar o la usan con recelo porque como es salada se seca con dificultad. Otros la tienen por exsos y aseguran que es buena y aun mejor que la de rio, no tengo hecha la experiencia, pero aseguro no es regla general lo uno ni lo otro porque quando la cal es fuerte y grasienta no ay duda se puede servir del agua del mar, al contrario, si la cal es de mala calidad pierde mucho o toda su fuerza: la razon se funda en un principio dela Chimica y es, que de dos sales diferentes mezclados, siempre

el

el uno prebalece y conviente al otro en su sustancia, asi es verosimil que quando los sales dela cal son abundantes atrahen los que contiene el agua del mar y les disponen a que concurran y entren en la coagulacion: si los sales dela cal son pocos, que la hacen de mala calidad nada grasienta, predominando la sal marina sucede un efecto del todo contrario, deste modo pueden conciliarse los diversos pareceres fundados en distintas experiencias.

Quando està la cal apagada de algun tiempo antes y que sela mezcla con arena, para hacer buen mortero a penas necesita agua, por que estando ella blanda y la arena humeda a fuerza de agitarla con las palas y bati-

deras

dexa: seliquida y toma cuerpo mas bre-
ve que echando mucha agua, no
obstante se hade advertir que gasta-
da con piedras porosas como estas
embeven mucha humedad ha de ser
mas blando el mortero que para las
piedras duras.

Algunos para que la cal haga cuerpo
mas promptamente echan orines y
ollin en el agua y consta por la experien-
cia que disuelto el sal harmoniaco
en agua del rio viando della para
batir la cal hecha de buena piedra
hace con la arena una masa que
aferra tan breve como hieso, lo que
puede ser util donde es caro este ma-
terial. Asimismo si en lugar de arena
se mezclare piedra pulverizada del

mis-

mismo genero dela que se hace la cal resulta un mixto mui bueno.

Es constante quela principal calidad dela cal mezclada con diversas arenas tiene la virtud de ligar mejor las piedras unas con otras, endureciendose algun tiempo despues de gastada en la fabrica haciendo un cuerpo mismo con los demas materiales, y no ay duda ser la cal quien contribuie mucho a este singular efecto. Digno es de admiracion que la piedra haviendo perdido su dureza en el horno, la buelva à cobrar de nuevo por medio del agua y dela arena. Para explicar la causa de esta transformacion no hallo discurso mas conforme ala experiencia que la siguiente hypotesi fundada en

la

la opinion delos chimicos, esta se reduce a que la dureza delos cuerpos, se origina de los sales que están esparcidos en ellos, y sirven a vnir y ligar la solidez de sus partes, de modo que conforme a su Systema la destruccion que resulta con la sucesion del tiempo alos cuerpos mas duros y compactos, es ocasionada por la perdida de sal que evapora insensiblemente la transpiracion, y si por algun medio se restituyen aun Cuerpo los sales que ha perdido cobra la primitiva dureza por la vnion que nuevamente adquiere de sus partes.

Quando se calcinò la piedra a violencias del fuego dexandola porosa, ramosa o rajada, no ay duda que se hizo entonces vna ebacuacion dela tercera

par-

parte de su peso resuelta en sales volatiles y sulfureas que enlazaban su dureza y por consiguiente mantenian parte de su gravedad. Este es el estado de la piedra al salir del horno, veremos ahora como puede bolver a conseguir la dureza que tubo antes de cocida.

La cal despues de bien apagada luego que salio del horno mezclada con arena en la forma que se dixo hace una fermentacion causada por las partes sulphureas que quedaron dentro de la cal y hacen salir de la arena infinitos sales que mezclandose con ella llena sus poros; la arena tiene mucha sal volatil asi como los demas cuerpos que abundan mas en unas arenas que en otras, circunstancia que nos da

la

la diferencia de su buena o mala calidad. De aqui nace que quanto mas se batiere la cal y la arena tanto mejor es el mortero y se endurece mas luego que se gasta, por que la frotacion reyterada extrae dela arena mayor cantidad de sal. Esta es la causa por que el mortero puesto en obra recien echo no es tan bueno como dexandole reposar algunos dias, pues necesita cierto tiempo para que los sales volatiles pasen dela arena ala cal y hagan intima union estos dos materiales.

Es de notar como la experiencia lo acredita que quando se dexa el mortero largo tiempo sin gastarle se seca y no liga aunque sele eche agua, por que evaporados los sales no queda ya

sino

sino vna materia desunida flaca y sin
jugo lo que no sucede quando se pone en
la obra a tiempo, entonces segun toda apa-
riencia, deven salir delas piedras gran
cantidad de sal que pasa alos poros dela
mezcla, entre tanto esta misma se insinua
en los dela piedra y aunque parece que
gastado el mortero no tiene ya calor, la fer-
mentacion mantenida porlas partes sul
phureas dela cal subsiste aun mucho
tiempo despues de fabricada la canteria,
esto se conoce sensible por la dureza que
el mortero adquiere de dia en dia y que
no cesa de aumentarse con el tiempo, sin
duda porlos nuevos sales que pasan de
la piedra al mortero a causa dela transpi-
racion que hace en el, el calor que ya se
dixo. Dado que suceda asi, o en otra for-
ma

ma, lo que se experimenta en los antiguos edificios bien fabricados es la gran dificultad que se halla para separar las piedras y tanta que es menos trabajo romperlas que desunirlas. Tiene se experimentado asimismo que la vnion dela piedra con el mortero es indisoluble, haciendo la cal delas mismas piedras que se intenta fabricar, porque los sales que de ellas saldrian como se hallan de una configuracion mas propia para llenar los poros que quedan dentro dela cal, por la perdida delos suyos en el fuego, por esta razon parece que el mortero y la piedra deven componer un solo cuerpo

CAP. VI.

De la madera y sus calidades.

Es la madera inescusable para la execucion

on delas obras Aquaticas, sin su socorro no sabriamos dar en ellas el primer paso. Sirve como todos saben para hacer estacadas, tomas, andamios, Puentes levadizos cimbrias y plantas Artificiales, clabando fuertes vigas a desmesurados golpes q̂ comprimen y aprietan el terreno fortaleciendo y mejorando el mas inutil vienen a ser muchas veces incorruptibles y a manera de firmes Columnas, se disponen a sufrir y llebar sobre sus espaldas el enorme peso delos mayores edificios con una constancia igual que apenas se halla semejante en la solidez dela misma tierra.

La mejor madera en general para los edificios es la de Roble porque es muy dura resiste mas que otra al peso y se mantiene en buen estado sin pudrirse con

la

la humedad, conserbase dentro del agua
Siglos y adquiere tal dureza en poco tiem-
po que como una piedra se precipita al fondo.
El Alcornoque y la Encina son tanvien
dela misma especie que el Roble, no crecen
tanto ni hacen cuerpo aproposito para sacar
Vigas largas y derechas pero es madera fuer-
te y tiene muchos destinos quela hacen sobre
otra qualquiera muy apreciable.
La madera de Olmo que llaman negrillo
es fortisima poco expuesta a hendersé y deve
preferirse como asimismo el enebro, en par-
ticular para estacas. El Pino es madera
comun en este Pais y otros, ay dos gene-
ros uno Albar y otro Negral, el primero
es mejor por la xesina que le da mayor
duracion y no se pudre en el agua. Todo
genero de Arboles verdes particularmente

los

los Amphibios como son los Alamos Alisos chopos y Sauces puestos bajo del agua son demas duracion que al ayre y alas inclemencias.

De qualquiera especie que sean los Arboles participan dela naturaleza del terreno donde se crian. Los que nacen en sitios aridos pedregosos o arenosos, por lo regular son de madera mas dura, al contrario si nacen en lugares bajos o lagunosos ya no son de tan buena calidad por ser de madera blanda y menos propios a mantener pesos crecidos pero se trabajan mejor para obras de ensambladura porque los otros mas duros y fuertes se resisten alas herramientas. Los dela parte del medio dia son mejores que los del Septentrion porque el Sol contribuye mucho a hacerlos mas

con

condensados y mas gruesos, tienen poca albura que es la parte mas tierna del Arbol inmediatamente despues de la corteza, que se puede considerar como una porcion aumentada en poco tiempo por que todos los años el jugo nutricio comienza en la primavera a formar nueva albura que siempre ba creciendo hasta el caer dela hoja y se endurece despues en el hibierno para incorporarse con el tronco, porque expuesto alas injurias de este riguroso temporal, el frio comprime la ternura delas nuevas fibras y no reciviendo ya mas jugo se queda como muerto, pero recalentandose la tierra en la primavera, la naturaleza forma nueva albura y todos los años sucede lo mismo hasta que

la

la vegez comienza a disminuir su vigor

Es tanvien denotar quelos Arboles distantes vnos de otros y por eso expuestos al ayre y alas inclemencias como los q̃ estan alas oxillas delos bosques omontes son regularmente demas dureza que los nacidos en sitios cerrados donde no alcanzan tanto los vientos, pareciendose los primeros alos hombres que se robustecen con el exercicio y el trabajo.

Dicese comunmente quela madera crece hasta cien años, semantiene ciento y embegece en otros ciento, pero no se puede creer que despues de los primeros cien años sequede otros ciento en vna especie de inaccion, pues quando sepiensa que no hace mas de

man-

mantenerse aumenta en grueso hasta ciento y sesenta y ciento y ochenta años como es facil conocerlo quando esta cortado el Arbol, cierto es que despues de cien años crece mui poco en altura pero no impide que aumente su grueso siempre que el jugo mantiene su verdor y si el crecer no durase mas de un siglo se manifestaria despues sin nuevo aumento, lo que es contrario a la experiencia, no obstante la edad mas sazonada para cortar los Arboles con toda su fuerza y vigor es desde sesenta a cien años poco mas o menos, aunque la variedad de terrenos diversifica de muchas maneras los de una misma especie en su calidad y vegetacion.

Para

Para saber la edad que tiene vn bosque olos Arboles que se intentan prevenir, se cortara vno por la xayz y descubrirà vn numero de cixculos concentricos como en progresion desde el centro del Arbol hasta la corteza a q̂ demuestran con bastante claridad el numero de sus aumentos y por consiguiente el de sus añ̂os.

El tiempo mas propio para cortar los Arboles es en las lunas menguantes delos meses Nobiembre, Diciembre Enero y Febrero, porque entonces se hallan libres de vna humedad cruda y superflua, causa general de todos los vicios que se encuentran en la madera, estan mas cerrados los poros el jugo no tiene tanto movimiento y se li-

bertan dela caxcoma. Quando sequi-
exen tomar todas las medidas mas segu-
ras es cortarlos por el pie hasta la mitad
del corazon dexandolos asi algunos
dias para que se purgue el jugo y no se
corrompa dentro.

Comprando la madera aperejada
en piezas ya labradas, es preciso tan
tearlas por si tienen algun defecto, a
los dueños no se crea porque esta ma-
teria mienten mucho, Al extremo
de una viga se echarà un poco de a-
ceyte hirviendo, y se conocera quesi
nacio en un terreno humedo como son
acres los sales del Arbol el aceyte chispe-
ara al tiempo de echarle, si fue cria-
do en buena tierra cortado al tiempo
de estar con su fuerza el jugo no se em-
be

bevera del todo el aceyte, algo quedara alas orillas, al contrario si crecio entierra seca cortado en la sazon de estar amortiguado el jugo, se consumira todo el aceyte y quedara seco al instante.

Se tendra cuidado de no poner la madera dudosa en donde la de mucho Sol, porque el calor supura la humedad la habre y hiende como se ve todos los dias, aun enlas que estan a cubierto. Quando se manifiesta alos carpinteros el disgusto de estas rajaduras en la madera, dicen que es efecto dela fuerza y sea por ignorancia o malicia con esta respuesta les parece que satisfacen

En quanto ala bondad delos Arboles en general aquellos son mejores que

el

estando sanos no fueren retorcidos o tortuosos sino que tengan derecho el hilo o las fibras de sus vetas sin nudos ni hendeduras. Si una madera despues de labrada pareciere que esta sana teniendo el interior dañado, para salir dela duda, aplicando el oydo al un extremo, por el otro sele dan algunos golpes, si el sonido se percibiere como sordo, es prueva que la pieza està dañada y serà ciertamente buena si el sonido fuere claro.

CAP VII

Methodo para examinar la fuerza dela madera

Tanto importa alos Artifices el conci-

mien-

miento dela madera que se gasta enlas obras quanto vale su firmeza y la seguridad de fabricarlas precaviendo las ruinas de cimbrias y andamios, cuias desgraciadas perdidas tienen muchos exemplares que suceden por no saver examinar la fuerza o resistencia dela madera conforme a su calidad y destino.

Mui largo seria este assumpto si pudiera darle todala extension que tiene, pero me reducire a solo hacer demostrable lo mismo que confusamente entendemos por que no se ignora que una biga quanto fuere de mas longitud con menos carga se dobla y que puede soportar mayor peso sentada al peralto como dicen que no poniendo el mayor lado orizontal asi como una tabla que es poco lo que

pue

puede mantener y puesta de canto tiene mucha mas fuerza, La resistencia que tengan las Vigas vnas respecto de otras segun el marco o dimensiones de su cuerpo sera el fin de este capitulo

El methodo mas simple y claro para saber la fuerza de aquella calidad de madera aparejada y prevenida para vna obra, se reduce a tomar qualquiera pieza con las dimensiones que se quisieren, ponerla entre dos apoyos que aseguren sus extremos y cargarla despues en el medio de tanto peso quanto sea necesario hasta que salte o se quiebre, observando las arrobas que pueda llevar en aquel instante antes de romperse y dado el caso, que sufrio trescientas arrobas y que dicha pieza tenia diez y seis pies

de

de largo y ocho dedos en quadro, queda con esta diligencia examinada la resistencia de todas las demas piezas mayores y menores conforme ala calidad dela madera mas o menos fuerte en la forma q̃ se sigue.

La resistencia de una viga se considera como el quadrado dela altura vertical reducida a dedos multiplicado por los de su ancho y partido este producto entre los pies de su longitud. Contrahiendo estas operaciones ala propuesta pieza, el quadrado de su altura vertical ocho es sesenta y quatro que multiplicados por los mismos ocho de ancho dà el producto quinientos y doce, cuio numero partido entre diez y seis de su largo (no se cuenta el pie o medio pie delos extre

mos

mos que descansa sobre los apoyos)
sale al cociente treinta y dos, que se con-
sidera como respectivo al peso de las tres-
cientas arrobas y primero termino a
una regla de proporcion. Por quanto se-
ria temeridad cargar las vigas hasta el
ultimo extremo de sus fuerzas con proximo
peligro de romperse, debe rebajarse la
mitad delo que mostrare la experiencia
en todas las regulaciones deste genero,
quedandonos la satisfacion que no se pue-
de tener de otro modo, por lo que di-
chas trescientas arrobas se reducen
a ciento y cincuenta que serà el se-
gundo termino. Presupuesto lo referido
queremos ahora saber el peso que podra
sufrir una viga de quarta en quadro
y de diez y ocho pies de larga. conforme

al

al exemplo refexido el quadrado de la altura Vertical doce es, ciento quarenta y quatro multiplicado por el ancho doce y el producto mil setecientos y viinte y ocho partido por diez y ocho el couente noventa y seis es el tercero termino, sigase la regla y se hallarà el quarto numero proporcional quatrocientos y cincuenta delas arrobas que puede mantenex con seguridad la dicha viga de quarta en quadro.

Con esta misma formalidad se save que dos vigas de igual calidad del mismo ancho y largo aquella aguantarà quatro veces mas peso que tubiere doble altura, porque en general la resistencia delas vigas de vna misma longitud es como el quadrado delas altu-

ras

turas verticales. por exemplo dos piezas que tengan doce pies de larga media quarta en quadro la una, otra la misma media quarta por el canto y una quarta de alto, haciendo las multiplicaciones y particiones como queda referido serán los cocientes setenta y dos y diez y ocho quatro veces mas grande el uno que el otro y por consiguiente de quadruplicada resistencia.

Savese tambien el exceso que puede haver en la resistencia de una misma viga v. g. de quarta y tercia y de veinte y quatro pies de larga sentada de tabla o de canto, porque teniendo de alto la tercia, el quadrado de diez y seis dedos multiplicado por doze de la quarta el producto partido en-

tre veinte y quatro da el coziente ciento y veinte y ocho, y sentada al contrario teniendo de alto la quarta, el quadrado de doce multiplicado por el ancho dela tercia diez y seis partido el producto por veinte y quatro es el cociente noventa y seis. Asi queda visto quela fuerza dela viga es como ciento y veinte yocho sentada por la quarta a nobenta y seis sentada porla tercia y resulta que en la primera disposicion dado que mantenga en el medio de su longitud seiscientas arrovas, en la segunda no podia soportar mas de quatrocientas y cincuenta, cuios pesos tienen la misma proporcion que los cocientes sigase la regla y se hallara que el numero ciento y veinte y ocho

el

es a seiscientos como noventa y seis
a quatrocientos y cinquenta.

Delo dicho se infiere y es digno de
advertirse que una viga sera capaz
de sufrir mayor carga aunque tenga
menor cuerpo que otra, asi como dos
vigas de igual longitud, que por exem-
plo fuera de quarta en quadro la una
y la otra tubiera diez dedos por el can-
to y catorce por la tabla: es visto
que el rectangulo dela una es ciento
y quarenta y quatro y el dela otra
ciento y quarenta pero en quanto
ala fuerza es mayor la de mas pe-
queña quantidad, formese la regla
suponiendo el largo de diez y seis pies
y se hallarà que la de quarta en qua-
dro es como ciento y ocho, y la otra

como

como ciento y veinte y dos y medio.

Es cierto que el rectangulo mas grande inscripto en el circulo de un Arbol es el quadrado y comprehende el mayor cuerpo de una viga, pero es muy considerable la ventaja que hemos visto y consta dela experiencia la qual previene bastantes veces ala theorica, q̂ las dimensiones mas convenientes alas extremidades de una viga, deven ser como cinco a siete, o lo que biene a ser lo mismo, que el quadrado de la altura vertical sea doble del grueso orizontal y casi el quadrado de siete con la diferencia de uno, es doble del quadrado de cinco.

Puede sufrir una viga mas peso, si este se reparte en toda su longitud y no

pue

precisamente en el medio que es la
parte mas flaca, como tambien silos
extremos estan afianzados asi como in
troducidos en el macizo delas paredes
puede soportar una tercera parte
de mas peso

TRATADO IV

Fabrica de los Puentes.

Capitulo. I

Maximas preliminares al proyecto de los Puentes.

En el capitulo tercero del tratado segundo se dixo, que vn Puente deve ser capaz delas mas altas crecientes q̃ se huvieren experimentado en el Rio sobre el qual se quiere edificar, afin de hacer los axcos tan grandes que puedan recevirlas todas observando siempre fijar su altura, de modo quelas claves esten quatro u cinco pies mas altas quelas maiores avenidas. Distribuiense los axcos en numero impar

para

para que se halle vno en el medio del corriente y no vn pilar, que seria a manera de escollo contra el curso delas aguas y embaraçadolos arboles que arrastran las crecidas, en vn parage donde por lo regular tienen los Rios maior rapidez.

Puede fijarse la dicha altura en el arco del medio y los demas en diminucion, dejando vn ascenso facil tal como quatro ù cinco dedos en cada siete pies de subida para ganar la altura; Muchos ay en esta forma sin este arreglo, de vna elevacion extraordinaria que excede muchas baras ala delas maiores crecientes, lo que es vna deformidad costosa, añadiendo el trabajo de subir y bajar quando no es preciso para la Navegacion, y aun en este caso al presente, por escusar edificios tan levantados, en el claro del arco que

ha

que hade servir alas embarcaciones, se hace el paso de madera que llaman Puentes Levadizos o Tornantes. Lo mas seguro es que todos los arcos tengan una misma altura, asi quedara el Puente a nivel paralelo alas aguas que es la maior Commodidad que puede darse au Comun transito, si es que el terreno de los lados corresponde aeste fin aunque sean los unos arcos de menor diametro que los otros, poniendo sus arranques mas altos, escusando asi quelas aguas paren comprimidas, que son la causa de profundizar y socavar los cimientos arruinandose estas obras por semejante defecto en pocos años.

Siendo los Puentes unos Caminos sobre las aguas que se han de juntar con los dela tierra, si el terreno dela ribera auna margen es mucho mas levantado que el de la otra, es

in

indispensable diminuir el exceso en todo lo largo y poner su mayor arco ala parte mas elevada diminuendo los restantes segun el pendiente como està el Puente de Zordesillas sobre el Duero y otros.

Quando el Rio estuviere encaxado entre dos cerros muii altos, y que se hace forzoso escusar los precipicios de bajar atomar el Puente y salir del, en este caso pueden levantarse los pilares y los arcos quanto se juzgue conveniente, no por respecto alas inundaciones sino por dar el paso mas commodo; asi està executado sobre el Rio Tajo el Puente dela villa de Alcantara junto a Portugal obra delos Romanos en tiempo de Trajano segun Nicolas Bergier, cuia traza hallara el curioso en las obras del P.e Maestro Florez.

Essen

Esten o no los arcos iguales conviene ponex su nacimiento o los Salmexes algo mas altos o alo menos al nivel delas medianas aguas y jamas debajo delas menores, sino q̃ los arcos fuesen de punto subido como ai muchos en los Puentes del tiempo delos Godos y pueden vsarse en el caso de altura extraordinaxia.

El grueso delos pilaxes y cepas respecto al diametro delos arcos sean de medio punto o rebajados consitan en las dos tablas del tratado Segundo. La planta delos pilaxes es vn rectangulo que por vn lado tiene el ancho que ha de llevar el Puente y por el otro su devido grueso, pocos se hacen asi no siendo en Puentes sobre pequeños rios ō arroyos: en los demas se necesitan estribos de paxte de arriva y de abajo, cuia basa se ha baxiado en figura quadrada redonda

y

y triangulax peio sobre todas la mejor es en dos porciones de circulo teniendo por semi diametro el grueso del machon y por centro sus dos extremos como estan en el Puente del Retamal camino del Escorial a Madrid junto alas Rozas y en otras partes y es sin contradicion la forma mas admitida delos intelligentes. Estos cuerpos de fabrica amas de estrivax el Puente sirven de cortar las aguas, y juntar ala salida el hilo de las corrientes, sin aquellos remolinos ù borbotones que forman ala dicha salida y son los que minan y socavan las plantas como sucedio el año de treinta y nueve, desplomarse vno delos estrivos quadrados añadidos al Puente de Valladolid por la parte de abajo en los años de veinte y veinto y dos.

Ai

Ay tanvien mucha diferencia en la altura de estos estribos o Tajamares (comunmte asi llamados) en vnos Puentes los dejaron mui bajos en otros tan altos que cixcundados o coronada sufigura de los ante-pechos, quedan vnos rincones o escondrijos ocasionados a muchos males, el medio entre estos extremos es lebantarlos hasta el pie-delos ante-pechos o algo mas arriva para fortalecerlos, rematanse escarpados a puntas recuvientas para defensa de las llubias en la figura que mejor pareciere.

Quando el Puente tuviere ojos, no pueden lebantar los estribos mas que hasta cerca de ellos; llamanse ojos delos Puentes a diferencia delos arcos, vnas aventuras que dejaban los antiguos acierta altura sobre el grueso del machon entre las enjutas de los

arcos

arcos, que amas de aligerar la fabrica y escusar material, serbian de dar mas cavida alas aguas entiempo delas crecientes. Las figuras de estos ojos eran como la ventana A. Lamina decima. Asi los tenia el Puente antiguo de Valladolid y otros que malam.te los cerraron al tiempo delas reparaciones y asi los tiene alpresente el Puente del Espiritu Santo en Lengua doc. Otros eran circulares como B en dicha Lamina: La prudencia usarà dellos segun alguna utilidad y quando la situacion no permite los ensanches o capacidad que necesitan las mas altas aguas

El ancho delos Puentes deve reglarse, conforme ala mas o menos frecuencia de su transito, para lo qual se ha de advertir que en Puentes de corta longitud se puede sufrir

mejor

mejor la estrechez que en los mas Lar-
gos, porque sesigue la molesta detencion
de esperar unos a que pasen los otros y
si estos y aquellos sin advertirlo toman
aun tiempo el Puente, se atropellan y de
las desgracias, es la menor arruinar los an-
te pechos con los Carros, porlo que la me-
nor anchura que deve tener un Puente
aunque sea Corto, son diez y ocho pies ô
alo menos diez y seis, tres porlo q ocupan
los antepechos, a media bara de gruesso (q
es el regular y hasta dos y dos pies y quarto
quando mas) dos pies las guarda-ruedas
o defensibos delos antepechos, alos lados, de
un pie, sentadas como de seis a siete pies
de distancia unas de otras: ocho pies por
lo que necesita un Carro, y mas quatro pies
para las gentes de apie y acaballo. A este respec-
to

respecto si el Puente es largo para unos carros que pasan y otros que vienen es necesario darle veinte y quatro o veinte y seis pies, pero silos Puentes son destinados ala entrada de una Ciudad o poblacion grande deven tener mas de cincuenta pies de ancho: treinta en el medio para solo los carruages, con independencia delas vanquetas o calzadas que conviene hacer ala derecha y siniestra, de nueve pies de ancho alomenos cada una sobre dos pies pies de alto o media vara encima del empedrado o pavimento, estas vanquetas sirven al libre paso delas gentes Las dichas anchuras con el grueso de dos pies delos antepechos componen cincuenta y dos pies, mas es cincuenta y uno que tiene el Puente R^l delas Tuillerias en Paris

porque

porque reducidos los pies Franceses alos Castellanos son cincuenta y nueve y medio.

Las Manguardias ala entrada y salida siguiendo la linea recta del Puente, son como estribos para las Cepas que resisten la pujanza delos arcos, lo mas comun es abrirlas en angulo de treinta grados, ya mas omenos, para recivir los Caminos que regularmente son tres viniendo, ò saliendo a tres diferentes partes y siempre deven ceñirse sugetandolas conforme la situacion fortaleciendo el terreno alos lados dela Ribera cuios respectivos grueso constan en las tablas del primero tratado. Es indispensable el introducir y arraigar estas Manguardias en planta firme, delo contrario, (Se sigue) q los Rios sin esta sugecion se abrieron muchas veces otro curso, en el que fue forzoso añadir despues

segundos

segundos y nuevos arcos quedandose los primeros abandonados delas aguas aun que mui capaces de recivirlas todas. Quando se busca el terreno firme para la planta de estas Manguardias acontece descubrirse algunos manantiales que es preciso recoger dandolas un seguro vertiente sin que puedan en tiempo alguno servir de perjuicio àla Fabrica, advertencia que se tubo en una delas del Puente del Abrojo, esta ignorancia ocasiono la ruina de otra año ace en el Puente de Quintanilla de Olibares, y en muchas partes à sucedido lo mismo cuios forzosos reparos aunque las crecientes no lleguen àtocarlas siempre se atribuie a ellas estos y otros descuidos.

La fabrica delos Puentes deve ser una Architectura lisa rustica y fuerte aunque

si el

si el mexito dela obra por su grandeza y circunstancias del sitio pidiere adornarse, tiene aqui bastante lugar el buen gusto, como una imposta ò cordon siguiendo el pavim.to que sirva de vara para sentar los antepechos repartidos en Pedestales, y diversidad de estatuas ò remates sobre ellos. Vn arco triunfal es lo magnifico, y sirve de cortar (~~cortar~~) el paso en tiempos de guerra, y si la gentilidad ponia àlos Dioses delas aguas, ò alos que tenian por protectores delos Rios para grandeza y hermosura delos Puentes, con mas razon podemos exornarlos con el nombre delos Santos mejores abogados nuestros, como el de S. Angel en Roma, el de S. Marcos en Venecia, el del espiritu Santo ya citado, y cerca de Madrid el de Sta Barbara y otros.

CAPITVLO. II.

Sobre el establecimiento de trabajar en los Rios.

Para las plantas de vn nuevo Puente, ò reparaciones delas delos antiguos, se determina el tiempo mas oportuno de todo el año como es el Estio, despues de ya disipadas las nieves en los puertos. Si el Rio está profundo encallejado entre dos Cerros, y que no se pueden apartar las aguas como en vn terreno llano, el forzoso Contentarse executando la planta de cada pilar vno despues de otro, atajando las aguas por medio delas Tomas que circundarán estas plantas, ò reducir àla mitad el ancho del Rio, para fundar aun tiempo dos pilares, ò vna cepa y vn pilar, levantando la fabrica hasta el asiento de

to delas cambrias, o nacimiento delos arcos
y poder trabajar despues en todo tiempo:
detenidas asi las aguas para establecer sobre
la mitad dela anchura, la planta delos pila-
res, se muda el corriente al lado donde es-
tán fundados los primeros, por otras tomas
contrarias àlas antecedentes, que se deshacen,
y sirve otravez su madera para finalm^te.
acabar lo restante como se comenzó.
Registrase antes con cuidado por la parte
de abajo el canal del Rio, para si pudiere
ensanchase apartando las raices y male-
zas de sus orillas, pues tanto bajarán las
aguas quanto se les diere mas anchura: a-
partase el Carcajo ò arena, removiendo^lo con
palas y azadones, arrimandolo àla corrien-
te, rebajando las caidas ò resaltos q^ detienen
las aguas, y quando las fuerzas delos hombres

no

no bastan, suxuen unos xastrillos con puas de hierro tirados por caballos ò bueyes, como se aran las tierras. Asimismo pueden clabarse estacas en la parte donde lleva mas fuerza la corriente, y poniendo tablexos por delante es obligada apasar por debajo con mas peso, impulso, ò rapidez: tanbien habiendo bastante agua que pueda mantener cierto numero de barcos cargados de piedra, atados los unos, alos otros, alegurados con maromas ya en una ù otra parte segun la necesidad, estrecharán la corriente, y pasarà con tanta mas fuerza quanto fuere el peso delos barcos, en cuya disposicion las mismas aguas limpiarán su propio lecho. No serà sin exemplo quando huviere un grande charco lleno de cieno ò pecina meter en el un rebaño de ganado Bacuno, que agitado rebol-

vieren

vieren assi, ó de otra manera las aguas, pues las corrientes llebarian sin duda mucha parte delas immundicias alli rebalsadas.

Si ala parte de abajo se hallare alguna presa de molino que su retroceso levante las aguas, es indispensable rompersela con mucho cuidado, previniendo antes quanto fuere necesario para bolber a cerrarla con la maior brevedad, y seguridad posible; luego despues que las plantas y fabrica delos pilares sobrepugen al nivel delas aguas que detienen semejantes presas, y si por ultimo recurso solo pudieren rebajarse las aguas un pie ó dos, aun esto poco es mucho lo que aprobecha para diminuir la costa de apuntalar y facilitar las fundaciones: mas aviendo oportunidad de divertir las aguas como quando media una isleta que puede hacerse

para

pasar por uno de sus corrientes, esto aumenta mucho la brevedad delas obras, y lo mismo es quando en una llanura las aguas tienen mucha estension en las crecientes, y que en las ordinarias se reducen a una madre de curso regular, entonces se fabrica lo correspondiente atodo aquel espacio que las aguas dejan libre, y despues se hace un Canal através del trozo de obra executado, por el qual se derivan poco a poco las corrientes obligandolas con tomas simples ò represas hechas de estacas, zarzo fagina y cespedes, segun la disposicion délos sitios; cortando el Rio lo mas arriba y apartado, y en donde su curso tenga menos profundidad; setendrá la Satisfacion de ver q̃ segun fueren entrando las aguas en este nuevo canal, aunque sea estrecho se aumen-

tarà

taxà por instantes en profundidad y an
chura, arastrando en pocas horas la arena,
tierra, cascajo &. y se haxà capaz de re-
civir todas las aguas aunque se dupliquen.

Se sirve de todos estos medios mas ò me-
nos faciles y de otros que se proporcionen
segun la prudencia y penetracion del que
dirige estas obras, conforme la ocasion don-
de las juzgare mas al proposito, a fin de
tener menos costa en los fundamentos con
menos agua que sacar.

Sobre una Rivera de mucha travesia
aviendo dificultaz como se supone en surtir
los materiales aun nuevo Puente, es ne-
cesario hacer primero otro de madera, a
una altura proporcionada, de pilar a pi-
lar, ó sino mui cerca por la parte de
arriba, sobre pies derechos clabados a

modo

modo de estacas, encima buenas trabiesas de vigas y fuertes tablones que sufran el peso delos materiales, poner tornos y otros ingenios conducentes, sea para llebar las piedras maiores de sillexia en carros manuales las menores en angarillas, y demas prevenciones; estos Puentes llamados provisionales para el servicio de una considerable obra, son de grande utilidad, adelantando mucho la execución por lo que es preciso resistan alas crecientes. Pueden modexarse para obras menores como mejor convengan, y si fuexen movibles ò portatiles, se quitan quando se juzga poder venir alguna creciente, atención importante que se ha de tener para prevenir los xiesgos, asi en esto como en todo lo demas.

Refierese que Nicoris Reina de los Asirios, teniendo prevenidos y aparejados los materiales para la fabrica de un Puente, mandó hacer un lago profundo y anchisimo en el qual divirtió las aguas y entre tanto se llenava, fabricó las plantas, levantó las cepas y pilares en la madre seca del Rio: el Rey Nina para hacer otro junto a Memphis, echó al Nilo a otra parte porcima delos montes, y acabada la obra le restituyó a su madre. Semejantes aziertos ò milagros del poder, quèdense para contados en las historias, pues no corresponden ni conducen al objeto de la utilidad que devemos seguir.

CAPITVLO. III.

Del Proyecto de los Puentes.

Qualquiera Artifice encargado del proyecto para vn Puente, está obligado ã conformarse segun las disposiciones de los terrenos en las diferentes situaciones que ôfrece ãcada paso la variedâd delos Rios. Quantos sitios se hallan en las riberas tantos diferentes proyectos mãs ômenos dificiles ymas ômenos costosos. Esta es la ôcasion donde pesando bien todas las circunstancias deve el prudente Maestro ẽresolberse en favor del sitio mas ventajoso, ãsi para la maior firmeza dela ôbra con menos ẽparos ẽn lo

Suce-

sucesivo, como para el menor consumo de caudales, sinque la direccion que pueda llevar un camino, sirva de argumento à emprehender una dificil ò costosa fabrica para solo escusar un corto rodeo; si en los caminos que transitamos por las llanuras de la tierra, no podemos evitar las tortuosidades ò rebueltas, con superiores motibos y razones de mucho maior peso deven tolerarse al paso delos Rios.

Determinado pues el sitio que en todo tiempo sea constante, y tenido siempre por el mejor para el proyecto de un Puente, se levantarà un plan con toda exactitud que demostrarà precisamente la extension y altura delas maiores y menores aguas, el cascajo ò arena que huviere, las margenes del rio y los caminos ò calles

que

que devan concurrir a su comun paso.

Se considerarà sobre este plan, vna linea que corte el Albeo, canal ō madre del Rio, y se examinarà la profundidad del agua de dos ô de tres entres baras, segun fuere necesario, cuias medidas tomadas en toda la travesía del Rio, transportadas ãl plan, sirven para levantar el perfil dela Rivera, que enseñarà justamente la altura deus margenes, la profundidad y disposicion dela superficie ō suelo que se huviere ãllado bajo las ãguas, sea de carcajo ãrena ô roca que es necesario ōbservar con atencion, y señalár su diferencia en el perfil. Se pondrá vna linea que muestre las ãguas mas bajas de todo el año, que su altura certificaran los avitantes mas vecinos. En otra la de las medianas ãguas, como tambien la ãltura

de

delas maiores excecientes ſegun la tradi-
cion que se halle en la memoria delos mas
Ancianos, ãcuias lineas de vn perfecto ni-
vel paxalelas entre si, seles daxà vna tintu-
xa de colox de ãgua. Despues se necesi-
ta vna baxxa de hierro del largo y grue-
ſo conveniente, paxa sondeax el caſcajo ō
âxena que se hallaxe bajo las ãguas, yna
da se puede eſtablecer ô aſeguxax sin sa-
vex eſta profundidad, ãcuio fin sixve la
dicha baxxa con su cabo ãmodo de baxre-
no, y encima vna caveza paxa que a
golpes pueda entrar haſta el fondo de
consistencia, ãtxaveſando el caſcajo que
huviexe, en la punta lleváxà vna Rosca
y dando buelltas ãl reves quando entxa-
xe, llegando âlo mas firme, dandolas al
contxaxio, sacaxà ãlgunas xaspas que in

dica-

indicarán la especie y calidad del terreno; como ãrcilla, greda, toba &c.ª lo que deve expresarse ch la relacion del proyecto; Algunas veces estas calicatas no aprobechan, quando ai carcajo mui crecido, ô piedras que no se pueden âpartar, ẽn este caso sirve vna gruesa estaca de buena madera, tan laiga segun el fondo con vn rejon de hierro âla punta, y un cerco delo mismo en la caveza, para resistir los golpes del mazo. En estas diligencias ẽs preciso âlgun gasto, cuidado, circunspeccion, y mucha puntualidad; de õtro modo nunca se tendrá la satisfaccion de expresár fielmente en el perfil la profundidad dela ãrena, cieno, cascajo, ò de âquel terreno que necesite planta ãrtificial; loque se deverà profundár

para

para la planta delos pilares cepas y man-
guardias, ãfin de ãsentár las tomas que
fueren convenientes, niproyectár el Pu-
ente en qüestion, porque ño es posible sa-
ver de ōtra forma, quales precauciones se
han de elegír para la seguridad de la
ōbra. Amas delo expresado para lograr
un perfecto conocimiento de ãquel fondo
que se busca, es bueno informarse delos
ōficiales ō quales-quiera trabajadores del
Pais, pues rara ver faltan âlgunos de
mediano entendimiento, que por el uso
continuado de varias labores en un mis-
mo sitio, dexen de tener ãlgunas ōbserva-
ciones y reflexiones que pueden ser de im-
portancia; muchas veces êtas gentes dan
mas conocimiento ên un quarto de hora,
que quanto se puede ãdquirír con penosas

con-

congeturas.

Quando ya reconocida la consistencia de todo āquel terreno que deverán ōcupar las plantas, se trabaja seguramente sobre el diseño que se huviere formado, se save quanta longitud y grueso necesitan las maderas; ēl grueso y largo delas ēstacas respectiv; ālmas ō menos profundo, se hace la cuenta delos āxcos y pilares que fueren ñecesarios como queda referido, ōbservando que se deve siempre poner el Puente de quadrado sobre la Rivera y nunca ēn viage por la falsa escuadria en los cortes delas piedras; Se āxreglará tanvien la ānchura del Puente, segun la mayor ō menor frecuencia delos caminos reales que ā el concurran, Asimismo se considera la ālturа y anchura delos

axcos

ãxcor por respecto ãl comercio si el Rio fu-
xe navegable como en ãlgun brazo de
Nax. Esto es quanto conduce ãlevantar
el proyecto ên limpio con las trazas corres-
pondientes ãlas plantas y alzado, segun
la delineacion ãcostumbrada q̃ guarda
la Axchitectura en la ẽxeccion de sus
edificios, añadiendo los cortes õ secciones
que se õfrezcan para mayor puntualidad,
expresando ãlos inteligentes en mudas
lineas quanto ha de convenir despues
con la letra de su Relacion.

El proyecto deve ser ẽxplicado ên su
Relacion por ãrticulos, sin que pueda su
inteligencia ãdmitir variacion ãlguna segun
la contexture y diferencia delas partes q̃
componen êl todo dela õbra, tan individual
como si le huviera de ẽxecutar el mismo

Ar-

Artifice que le haga, ẽn estilo llano de manera que no pueda juzgarse nada extraordinario con mentiras ẽxageraciones, exponiendo con mucha claridad las dificultades que puedan ocurrir particularmente en los fundamentos; dando las instrucciones de todo, sin palabras equivocas, ó terminos dudosos del ârte, que hagan se tome una cosa por ótra.

A este conjunto de circunstancias, aí bulgarmente la costumbre de llamar condiciones, es verdad que lo son, pero ha de haver diferencia, delas que hagan los Maestros y pueden ser varias segun que cada uno se proporcione, obligandose bien ãlzadamente por un tanto, ãdelantando caudales ó reciviendolos en que plazos quanto conque justifi-

cacion

cacion y tiempo determinado para exe-
tar la õbra, y sino por precios, como â
tanto la vara superficial, lineal õ cubica
de Silleria, la vara cubica õ tapia real
de mamposteria &. y asi se âcostumbra
en Francia para executar semejantes õ-
bras, cada genero de labor por su respe-
ctivo precio; la practica que se ha tenido
â sido mezclarlo todo confusamente, â-
ciendo condiciones, las que solo eran cali-
dades y circunstancias dela õbra; estas
despues de bien meditadas âl principio,
deven quedar immutables, para cortar
los efugios tan savidos enlas visitas
õculares, donde una vez vnos maestros,
y otra vez õtros, mudavan el sistema
delas õbras representandolas al Rl Con-
sejo con tantos diferentes semblantes,

quan-

quantos quexan, por lo que nunca podía formar cabal concepto de ellas, supriendo infinitos recursos que tuvieron ordinariamente su origen en la ignorancia y malicia.

Despues de explicado el proyecto se sigue hacer el avance ó estimacion de su importe, ésto ès una justa tasacion del Puente, declarando los caudales necesarios á su entera y cabal perfeccion. Confiesso ser este un punto donde se padece siempre el maior embarazo, por la confusion que se presenta en señalar justos precios á toda Casta de materiales, á la variedad de manióbras y otros trabajos, pues ningun estudio se puede anticipar que sirva de arancél ó govierno en esta calidad de obras, y assi no es ásumpto para resolverle de prisa, antes es necesario mucha pausa, en inquirir y tomar

infor-

informes delos materiales que deven ẽntrar en la execucion, donde se podrá sacar la piedra sillería, la de mampostería, su distancia para los portes, la facilidad, ô dificultad de sacarla, desbastarla y conducirla; la cal, ãrena, y la madera para lõs ãndamios cimbrias estacadas &. El jornal delos ôficiales y peones, la conveniencia ô carestia delos viveres, el numero de trabajadores para ãcabár, ô terminár la ôbra en vn cierto tiempo, ãntes delas llubias del ôtoño, y ôtras muchas precauciones que es necesario tener presentes como expresaré, las que pudiere en los siguientes Capitulos que todas ño es posible referirlas.

No ay duda que cargando la consideracion sobre cada particular saldrá el todo dela regulacion sino verdadera, muí cerca del poco

mas

mas ô menos, queno puede; ni se quiere pedir mas ãlmas inteligente.

Hecho el computo dela tasacion, sea para vn nuevo Puente ô xeparaciones de ôtros, se deve extender ên vna memoria el calculo q̂ se huviere formado, como ês el numero de tapias ôpies cuvicos enlos Cuerpos Solidos, baras cubicas ô lineales de Silleria para la revestidura ên todo el êxterior dela fabrica, y asi con êspresion de todo lo demas hasta la menor partida con sus respectivos precios, cuia memoria presentarà igualm.te ãcompañada dela relacion y trazas delo proyectado, que en esto solo hace qualquiera Artifice vn merito de su devex, y entienda que por ningun titulo ha de reservar en si este computo delas medidas ni los precios que su penetracion y experiencia

huviere

huviere ãlcanzado, diciendo ãbsolutamente la suma del todo para ser creido bajo su palabra; esto que solo ẽn sugeto de poca intelijencia se hallarà; basta para su descredito; porque no, ãnticipando, lo que despues en la õbra con experiencia cierta se ha de saver, en manera ãlguna puede, ãcreditar su pericia, y seria destruir el, õrden dela subordinacion devida al R.l Consejo quién determina la ẽxecucion de estas õbras, õ las dilata segun la economia prudente de sus ãcuerdos y probidencias, porque ãsi como el Architecto manda, ãl Albañil ãl cantero, Carpintero, ãl excultor, ãl herrero ãl cavador y atodos los ẽxecutores q̃ deven poner ẽn pxactica sus ideas ãunque no haga por si mismo estas õbras: del mismo modo la Sabiduria y ciencia del R.l Consejo para

Sa-

Saverlo todo no es necesario saverlo todo: porque save âquellas cosas q̂ con ẽminencia Axchitectonica comprehenden, las inferiores, y por ẽsso ès Superior ãtodas las ãrtes para difinirlas, distinguirlas, dirigirlas, y forzarlas; ãsi por capacissimo que sea el Axchitecto proyectante, no deve hacer misterioso el Arte encaprichado de su ñobleza, ès precio bajar de punto semejantes preõcupaciones, sin inutilizár el Arte que ès devido ãl servicio publico.

CAPITVLO. IV.

Delas Tomas.

No son õtra cosa las tomas sino vnos diques ô represas que se hacen para contener y ãpartar las ãguas dejando ên seco

ſeco vn texreno sobre el qual se quiere fa-
bricar, cuia maniobra pide mucha âtencion
para fabricarlas bien capaces de resiſtir
la ãgitacion delas ôlas del mar ô la rapida
corriente de vn caudaloso rio, tan importan-
tes que las mas veces ô casi todas de ellas
resulta el ãciento y el felíz suceso ên las ôbras
dela maior consequencia. Su disposicion
ês tan diferente como las ôbras y sus par-
ticulares fines.

Si delas ẽxcavaciones resultare àbundan-
cia de simple tierra, êsta puede servir por si
sola y deve preferirse âtodo ôtro material
para ãtajar y contener solo las ãguas tran-
quilas ô remansadas ãplicadas sobre suelo
firme con el ãncho por la parte de ãrriba
igual àla altura del âgua, y por ãbajo el que
diere la escarpa à talud que el mismo peso

de

dela tierra tomare de uno y otro lado, las tablas piedras cespedes y haces de fagina que quieran gastarse para esto es mui dañoso como el arrimar estas tomas de tierra a las fabricas porque jamas se liga con las piedras y mucho menos alas de silleria, resultando siempre transpiraciones de agua sin cesar q las arruinan con la desgracia y atraso de comenzar nuevamente. Quando es el intento atrabesar un rio o parte del, circundando la planta de un pilar una cepa u otra qualquiera obra se requieren mayores precauciones respecto la altura delas aguas y sus corrientes executando las tomas con mas arte dandolas de ancho en los corrientes mui veloces dos veces el alto del agua, alto y medio quando no lo sean tanto y un alto siendo menores dichos corrientes, pero en

aguas

àguas quietas ô detenidas bastan los dos tercios de su ãltura. Puede ser varia la carpintería de su composicion, sirva de exemplo una como xepresenta, su planta y alzado la figura primera y segunda de la lamina undecima. Clavanse dos filas de maderos como A A. ãparejados à esquadra, tres pies ãpartados unos de ôtros, àla distancia que ãya de tener la toma de ànchо, su largo lo que ya se save por las Sondas ô calicatas y el grueso de estos maderos sean quadrados ô redondos ha de ser àlomenos tantos dedos como pies tuvieren de largo, àsi estos maderos clavados à cordel se sugetaran ãxximando àlo largo por un lado y otro en la parte exterior unos larguexos ô ligaduras de vigas E, E, E, del grueso competente empalmadas ô añadidas àmedia madera y sus trabesa-

ños

ños C C & todo aseguxado con pasadores o tarugos de hierro y sus chavetexos para alo vltimo desarmarlo facilmente y podex bolbex a sexvix la madexa con menos pexjuicio: Añadiranse las toxna puntas B B embarbilladas en dichos larguexos y enlos zoquetes o puntas clavadas D D, sino huviere otxo advitrio para contrapuntax o afixmarlas: El hueco entre las dos filas se cierra ajustadam.te con tablones I I, atrabesados alo largo / si es que el suelo bajo el agua pexmite sentarlos asi. El intexmedio despues de limpio el cascajo arena o cieno con azadones hechos aproposito, se maciza de tierra ligera como el barro de cantarexos, tambien es buena la arcilla y la greda escogida y limpia dela arena piedras y chinas que tuviere pisandolo sobre un suelo

igual

igual reduciendolo a menudos pedazos, riegase la tarde antes de gastado para humedecerlo y la mañana siguiente preparado en masas grandes o pelotones que pueda cada uno llevarse entre dos peones y echandolos al fondo, por su orden se pisa con mazos de cabos largos en la forma que se hacen las tapias de tierra; Quedaran siempre mas levantadas que el agua, uno o dos pies para librarse de los turbiones que ocasionan los nublados.

Si la demasiada velocidad del corriente o desigualdad del fondo no diere lugar a poner y sentar los tablones I, I, como se dixo se executarà en la forma siguiente. Clabaxanse las dos filas de maderos quadrados o redondos, en gruesos que es dejarlos como estacas quitada

da solo la corteza) ala distancia delos mismos tres piés, asi como seis de una fila que muestra la figura tercera en dicha lamina: Tienese prevenido cierto numero de bastidores como A B que alcanzaran a tres o quatro estacas con dos baxotes o trabesaños abajo y arriba que señalan los numeros 1. y 2. los quales bastidores se claban arrimados con mucha seguridad alas estacas y despues se van metiendo los tablones demostrados en dicho bastidor por el intermedio delas traviesas con sus puntas bien apuntados y clavados en el terreno, procediendo en lo restante segun la union y firmeza arriba expresada. Tambien se hacen las tomas por grados o escalones como representa el perfil dela figura quarta Lamina undecima:

muestra

muestra ser esta toma de muchas filas de estacas plantadas cerca de tres o quatro piés distantes una de otra mantenidas con sus ligaduras: Las dos primeras ordenes C G y D H que componen el ancho y cuerpo dela toma, se sostienen si es necesario por las llaves A C D empalmadas en otras estacas A E, B F. clabadas expresamente para eso y contraforzadas por las tornapuntas X X. Como la toma tiene una gran pujanza que resistir sea de agua tierra o cieno y que no sele puede dar sino un mediano grueso como se supone aqui, siendo forzoso establezer una fundación mas profunda quela madre del rio, se hacen las contratomas o gradas I L, N O, P R. cada una de tres piés de ancho y lo mismo de alto para contener los manantiales y afin

que

que los obreros puedan pasar la agua de la vna ala otra, acuyo fin sobre cadavna de estas gradas se pone vn lecho o cama de arcilla con su borde como canales que sirban a recivir las aguas que se repasen y hallandose congregadas abastante altura vn cierto numero de trabajadores las sacan con las palas cerradas desde el fondo ST haciendolas pasar degrada en grada baciandolas del otro lado y sacar el cimiento del edificio V sobre la planta firme o artificial Z.

Siempre que haian de clavarse quales quiera maderos quadrados estacas o palos redondos es preciso aguzar sus puntas ni mui obtusas, ni agudas, chamuscandolas o tostandolas al fuego para endurecer la madera cuia prevencion es bastante

tante a introducirlas en muchos terre-
nos pero siendo demasiado fuertes ya se
save que se calzan y ajustan en sus pun-
tas regones de hierro con tres o quatro ore-
jas bien clavadas.

En otra disposicion se aparejan tambien
las estacas con dos ranuras o canales una
a cada lado. vease la figura quinta en
la Lamina once donde se muestran
quatro guarnecidas delos largueros AB.
CD aseguradas con los parados EF, y en
los intermedios encajados y metidos los
tablones 1.2.3. cuia forma ademas de otros
usos que puede tener para las tomas, sirve
de forrar o contra-guardar las plantas Ar-
tificiales.

Quando la fundacion es baitante pro-
funda en arena, terreno cenagoso o la

mucha

mucha agua, donde se juzgue no poder radicarse bien las tomas y que de intentar las serian demasiado costosas y contingentes, es el singular medio y advitrio del Caxon nuevamente inventado por M. Jardif yexa aqui la ocasion de explicar el modo de executarle dando familiar su intelijencia en nuestro idioma con sus varias aplicaciones, pero es asumpto que pide una particular y larga narratiba, la qual me escusa el recurso que tendra el curioso de ver esta obra en la libreria del R.l Consejo.

Los ingenios o Machinas discurridas para sacar la agua dexando en seco el terreno circundado ya por las tomas han sido, la coclea de Archimedes, las bombas Rosarios y otros muchos, pero el mejor expedi-

ente

ente practicamente experimentado, es un
cierto numero de obreros con herradas
los que todos de golpe sin parar agotan el
agua en poco tiempo y despues solo uno u
dos bastan a sacar la que se transpira
manteniendo el suelo descubierto entretan-
to duran los trabajos, sea profundar ô
igualar la planta o executar los cimien-
tos, porlo que conviene la mas ajustada y
firme echura delas tomas con la puntual
menudencia que hemo dicho, dejando
siempre entre ellas y la obra que se intenta
plaza bastante como cinco o seis pies de
mas espacio para quelos operarios no se
embaracen los unos alos otros.

Hace siglos que de estos y otros advitrios
semejantes acorta diferencia se balieron
los Artifices ylos usan alpresente para tra-
bajar

bajar en las aguas, pero en quarenta
años no he visto, en nuevos Puentes y reparos
de otros hacer con formalidad ninguna
tomas para trabajar seguramente en las
plantas, solo si porno aventurar los Maes-
tros un corto gasto cierto en qualquiera
delas referidas disposiciones, preocupados
con las facilidades que sueña la ignorancia
o avaxicia, empiehenden semejantes edi-
ficios trabajando unas Chapuceras (obras) de palos
delgados (en lugar de gruesas estacas) cespe-
des tablas y broza sin concierto, pareciendoles
que otras labores mas formales son demasiado
costosas para tan corto tiempo, y alucinados
con este tacito discurso sucede para ire la me-
jor estacion, gastando quatro vezes mas en
sacar agua dias y noches una gotta Sema-
na, rebentarse los trabajadores y por ultimo
sila

sila fundacion se hace essentando las primeras piedras atientas bajo las aguas y ala sombra de muchas dudas afianzadas enla opinion delos oficiales tal ves Sobornados. Esta indigna practica que mas sirve de aprenta que de onrrar el Arte estas aventuras mal entendidas no merecen la satisfacion devida ala importancia de semejantes obras.

CAPITVLO. V.

Delas plantas firmes para los Puentes.

Seria largo individuar las particularidades dela variedad de plantas para establecer con firmeza los edificios; bastarà reducir a dos especies el terreno sobre el qual se pretenda fundar los pilares y cepas de

los

los Puentes. El primero es el que se tiene costumbre de comprehender bajo el titulo de buen fondo, como es la peña toba greda o tierra dura, en el que puede fundarse sin recelo de que haga asiento alguno la fabrica. El segundo la tierra fofa arcilla cieno o barro de poca o ninguna solidez sobre el qual no se puede fabricar sin el beneficio de plantas Artificiales. Semejantes terrenos deven abandonarse siempre que buenamente se pudiere porque esto de plantas Artificiales facilmente se dice fixandolas de una misma forma para hacerlas, siendo tantas y tan diversas como la calidad de terrenos y porque es dificil y demasiado contoso el acierto de ellas, no obstante abrá casos donde no puedan escusarse, y por eso

espu-

es precisa la explicacion de algunas que sirban de luz al ingenio.

El canal de un Rio es una Zanja que rompieron y cabaron las aguas desde q̂ ay corrientes de ellas en el mundo, y la profundaron hasta que hallaron un lecho firme, por lo que devemos estar persuadidos que a exception de tal qual caberna se hallarà ciertamente Suelo firme, despues de algunas baras de agua, o de axena y cascajo movible, que unas veces amontonan las crecidas a un lado, y a otro o en el medio.

Quitadas las aguas con el auxilio de las estacadas y circumbalada la planta con las tomas para uno ù dos pilares y descubierto el Suelo firme, si fuere inclinado se pondrá a nivel, bajandole quanto sea posible, ò con algunos escalones ô re-

xesaltos si es peña viva, introducidas en ella algunas pieilgadas las primeras piedras. Si el suelo descubierto à la dicha profundidad, pareciere que no resiste alos golpes de una barra entodo ò algunas partes del terreno, y fuere capaz de admitir algunas estacas, se clabarán con un mazo del peso de treinta, ò quarenta arrobas, aguzadas y tostadas las puntas, circunstancia que si no es bastante para romper, se armarán dichas puntas con rejones de hierro, de tres ò quatro orejas, como se acostumbran siempre que en estas y otras ocasiones se considere necesario, como se conocerá en las primeras que se claven; pondranse hasta el numero delas que buenamente quieran entrar, pues no ay

duda

duda que se compxime y condensa
el terreno quanto fuere el cuerpo, ò lu-
gar que ocuparen dichas estacas, y no
siendo muchas se establecerá sobre
ellas la primera ilada sin otro pre-
paratibo. Aqui es donde la necesidad
asistida del ingenio ofrecerá muchos
medios al Artifice para superar las
dificultades que se presenten, por que
es el punto mas exitico, y de la maior
importancia establecer los cimientos de
estas plantas con la maior solidez:
no basta el que una parte del terreno sea
firme si otras no lo son igualmente, pu-
es es indispensable que el peso de toda
la fabrica encuentre igual resistencia,
de otro modo la diferencia de su gra-
vitacion ocasionaria varios accidentes

Sobre

sobre la planta quando ya es pasado el tiempo de remediarlos.

Si el terreno por demasiado poroso, admite su flogedad vna estaca en cada dos pies de superficiales dela planta, es necesario hacerla firme con el arte, y esta llamaremos ya planta Artificial; asentada siempre alo menos tan baja como el suelo hallado en lo mas profundo dela madre del Rio, porque el ser Artificial no escusa las mismas prevenciones delas tomas ya dichas para buscar la planta firme: En este caso vease la armazon delas maderas para la planta Artificial de vn pilar figura primera Lamina doce (que se tendra presente en este capitulo) como si fuera de doce pies de grueso para vn Puente de

veinte

de veinte y quatro pies de ancho que explica baitante la contexturа de su disposicion y execucion con las siguientes advertencias. Puesto el Zampeado de las vigas sean tercias, ò pies y quartos; ensambladas a media madera como se demuestran en dicha figura mui a nivel; se comenzará à clabár las estacas, la primera en el caxon del medio y las demas en los immediatos circundando las que se pongan alas que estuvieren clabadas siempre a uno delos quatro rincones del caxon y acabando en los ultimos exteriores de afuera, porque si este orden fuese al contrario principiando por los lados y acabando en el medio, las estacas clabadas aqui por la tarde, estarian otro dia fuera vomitadas del texxero

terreno por no poder extenderse su compresion alas partes exteriores dela planta.
La novedad de suvirse las estacas es a la manera de quando ponemos el pie sobre cierto terreno blando que se hunde con nuestro peso y quitado buelve a levantarse; asi es evidente q̂ guarnecido primero todo el circuito exterior que llaman estacas de bordage, el terreno flojo alli encerrado, con la humedad tiene bastante resorte para echarlas fuera y no es esta la igual firmeza del suelo que buscamos, aunque alguno se acordarà tal vez q̂ me pintò este error como misterio del arte.
Clabadas pues las estacas con el orden referido una encada caxon õ dos quantas puedan entrar en el emplazamiento

del

del pilar se cortaran iguales alas vigas las cavezas sobrantes delas estacas que huvieren quedado fuera: se igualaran de mampostería y mezcla de cal los huecos que tuvieren los caxones y se procederà a reforzar y contraguardar delas corrientes esta planta entodo su contorno con vna orden de tablones de cinco a seis dedos de grueso y alomenos un pié de ancho, engazados con sus ranuras y lengüetas segun uno delos Cortes A B que representan en maior tamaño el cuerpo delos tablones dichos, los quales serán mas cortos quelas estacas, asi porque ya está consolidado el terreno, como porque no tienen cuerpo baltante para sufrir los golpes del mazo. La C. representa un tablon visto de frente por la tabla, y

se

se observarà que en su vasa opor lo inferior està quitada en biage la mitad dela anchura HF y los dos lados opuestos por la tabla ILHG tanvien se aguzan hasta que la punta HG sea de vna pulgada poco mas de grueso, para q̂ resista àla dureza delos cuerpos que pueda encontrar, lo que motibarà algunas veces à calzar estas puntas con algunos cascos de hierro ò de chapa. La razon para hacer en estos tablones el chaflan GI al lado dela lengueta DE y no por el contrario es afin que esta lengueta siendo introducida en la ranura del otro tablon haciendole inclinar un poco al lado opuesto al tiempo de presentarle, no puede al clavarse ponerse aplomo sin que dexe de arrimarse naturalmente ala ranura del que es-

tuviere

estubiere ya sentado, lo que no sucederia si H G estubiera en el medio, como se hace en el primero P para ponerle aplomo al qual se sigue el segundo N y asi todos los demas encarcelados y ajustados como se representan en la figura primera por medio delos largueros o bigas S & afianzadas alas del zampeado con los pasadores y chaveteros que estan demostrados o en otra manera igualmente firme. Lo referido acaso parecerán menudencias por no vistas, pero estas y otras mas, son de mucha importancia para conseguir el acierto, ademas que no son invenciones mias, sino antigua practica delos mejores Artifices.

Despues se cubrirà todo el zampeado dela planta, con tablones de tres aquarto dedos de grueso, como se muestran en la

por

porcion V V mui ajuntados y clabados
en las vigas y se nota en dha figura, bien
sea con taxugos de madera, ò clavijas
de hierro. Hecho lo referido, se da prin-
cipio ala fabrica de canteria sentando
la primera ilada sobre el nivel de los
tablones, esta y las siguientes compuestas
alternativamente de un tizon y un sillar;
las juntas de estos, tirantes, y las de aquellos,
bagantes badantes, asi los sillares forman cola de
milano como el dela letra O entre los tizo-
nes T X para que no pueda arrancarlos
la rapidez delas aguas: la segunda ilada
llebarà el retiro de tres dedos y lo mismo
las demas iladas que suvieran hasta la
altura delas menores aguas y de alli arri-
ba seguira lizo el desnudo del pilar con su
devido grueso hasta los arranques o nacimi-
ento

miento delos arcos; ala Sillería acompañará la mamposteria dela misma igual altura como muestra su Seccion en la figura segunda todo bien executado siguiendo el arte. Tambien para asegurar las piedras entodas las iladas que pueden Ser batidas de vn recio golpe de aguas, seponen fijas de hierro como R de quatro dedos de anchas vna pulgada de grueso del alto delas iladas y mas si huviere vigas bajo la primera para que claven sus puntas en las maderas immediatas, ajustando en dos ranuras o canales hechas entodas las juntas como en Q. Assimismo pueden afianzarse mejor con la fija Z la que afirmará tres piedras las dos de abajo y con su cavera la dela ilada siguiente que viene Sobre la junta.

CAPITVLO VI.

Otra Disposicion de Plantas Artificiales.

Ai tanta variedad en los terrenos que no admitiran tan juntas las estacas como se propuso en el capitulo antecedente y tal ver se hallaran algunos ni absolutamente falsos ni del todo firmes, en este caso pueden por filas clavarse las estacas del grueso y largo correspondiente, tres pies del un centro al otro segun demuestra la mitad de un pilar la primera figura Lamina tres, cuidando de poner una hilera en el medio para que las estacas de los extremos como C correspondan al angulo

de

de los taxamares, las demas del circuito ABCDE contendran el ancho o la plaza que deverà ocupar la fabrica. Puestas asi cortadas a nivel todas las cavezas sobrantes delas estacas selas cubrirà con las trabiesas L M figura segunda cuya longitud excederà medio pie a cada lado macizando mui bien de canteria los intermedios: a este orden de trabiesas seguirà otro de vigas alo largo sobre las demas filas como R. empalmados amedia madera en las antecedentes; En quanto al contorno O P O las partes curbas O P llebaran exactamente la figura delos estribos y se proseguirà guarneciendo de fabrica todos los caxones o casillas hasta igualar con el zampeado, haviendo reciamente pisado antes con mazos todo lo inferior para que no

que

que de el menor hueco; despues se asentaran los tablones S de tres o quatro dedos de grueso bien clabados y taruguados condicionado y ajustado de la mejor calidad.

En este estado se pondra la primera ilada respective al retiro o cortas que deven tener las restantes hasta las mas bajas aguas donde comienza el desnudo del pilar. Dicha primera ilada y las siguientes se compondran alternativamente de sillares y tizones, estos de tres a quatro pies de largor y los sillares dos pies de lechos, acompañadas y enrrasadas todas estas iladas de mamposteria, con grueso trozos de igual altura (vease la figura quarta donde se representa) trabajado segun el Arte y la mejor mezcla de cal añadiendo mas que lo ordinario quanto conduce a la mejor trabazon con la maior solidez.* No se demuestran

* Nota al fin

estran aqui los cortes delas piedras y el mo-
do de fijarlas como se dixo en la planta an-
tecedente, por no atarnos a solo una idea
y porque es mas frecuente el uso delas grapas
de hierro emplomadas como adelante se dirà.
Se executarà por todo el circuito del pilar
un roda pie para asegurar y contraguardar
el pie dela planta clabando una fila de esta-
cas FGHIK figura primera y segunda a
quatro pies distantes delos paramentos y alos
mismos tres pies del centro de unas a otras, tan
altas que igualen con la penultima ilada
y aniveladas hechas despues sus espigas
entraran en las mortajas de las soleras VV.
figura tercera, que se ponen ajustadas sobre las
cabezas. Siguese una orden de tablones
XX bien clabados en el terreno engazados
como se dixo en el capitulo antecedente igua-

lados

igualados con las dichas solexas. El intermedio delos quatro pies entre el pilar y los tablones se limpiara y profundarà delo que pudiere sacarse sea carcajo arena o cosa movediza para macizar el hueco de mamposteria y se cubrira con piedras grandes labradas NN sentadas a nivel. Para dar mas firmeza a este rodapie y que no se apaxte del pilar se pondran tirantes de hierro que atraviesen por el grueso dela fabrica de parte apaxte, y sino los Axpones T Z de quatro o seis pies distantes unos de otros con la esquadra T. sugetando la solera V y la cruz Z apanzada en lo interior del pilar al tiempo que su fabrica llegue al alto del dicho rodapie. La correspondencia delas letras en las quatro figuras citadas muestran la extructura de todo lo expresado. No es la idea de esta planta

Anti-

Artificial vn voluntario discurrio, es obra puesta ya en execucion con feliz exito en la Francia, en el puente de Compiegne fabricado el año de mil setecientos y treinta y tres sobre el Rio Oysa, donde lo mismo que se ha referido para vn pilar, se hizo en otro, en las cepas y manguardias por ser todo vna especie de terreno, su traza con tres arcos podra ver el curioso en la Architectura Hydraulica de Belidor tom. 4. fol. 442.

CAPITVLO VII.

Delas cimbrias para executar los Arcos de los Puentes.

Las cimbrias son como el molde sobre el qual se fabrican los arcos o bobedas de los Puentes cuia buelta sino estuvieren bien apa-

rejadas

xefadas y fortalecidas, sigue las irregularidades de su mala disposicion. La fuerza de ellas consiste en el arreglamento y orden delas piezas que componen su Armadura segun el grueso delas maderas con solo unos ligeros empalmes y cortes poco profundos, porque devilitan su resistencia las espigas y muescas muy penetrantes. Esta es la parte mas critica de un Architecto principalmente quando los arcos fueren de una grandeza extraordinaria. En el capitulo septimo del tratado tercero se hablo dela fuerza dela madera sin determinarnos a señalarla precisamente no obstante las repetidas experiencias que han hecho los curiosos, porque los defectos que se hallan en su variedad ya en el estado de verde ô seca impide establecer una regla general, pero con los avisos q̂

se

se daxan aqui, las axà particulares el Artifice conforme a su calidad en los casos que se le ofrezcan y conociendo poco mas omenos la resistencia neceraria, siempre conviene la precaucion de aumentar la fuerza delas cimbrias quanto la prudencia exige para la maior seguridad, particularmente quando se teme el riesgo delos oficiales o la ruina y perdida de lo trabajado. Los exemplares lastimosos que han sucedido, de nada nos informan para escusar alos venideros semejantes trabajos porque cada uno fue Artifice de su firmeza y si consiguieron el acierto de una buena disposicion, esta se acabo con ellos, y asi antes de formar un mediano Concepto en este asumpto se pasa en discursos mucha parte dela vida buscando la senda sin hallar fijo el rastro por donde otros caminaron

al

al acuerto.

Pudiendo afianzar pies derechos en qualesquiera partes del suelo o madre del rio que corresponda al diametro del arco al tiempo que en el verano son las aguas mui bajas o que se pueden dirigir acuno de sus lados, es facil asegurar las cimbrias quanto se quiera y poco ingenio es bastante para aprobecharse con utilidad de semejantes sitios, lebantando una carpinteria a cierto altos o andamiadas segun que vaia subiendo la Obra, en cuia disposicion, se sirven y pasan los materiales de un lado a otro acabando de hacer la cimbria al paso que el arco se cierra, pero donde la profundidad de las aguas o su demasiado corriente no dexa sin este advitrio es preciso que supla el Arte.

Para

Para los arcos hasta treinta pies de diametro pueden formarse las cimbrias como la figura ABC. Lamina catorce, compuesta de las dos contrapuntas AB y BC. en ellas se ponen a esquadra empalmados los postecillos con los cammones ô cerchones ADB, BEC. labrados de algunas piezas curbas de madera con la plantilla dela buelta que les corresponde: Sientanse contra el pie derecho BF. sobre la viga AC que mantienen las repisas ô canes, formados antes con la fabrica del pilar, o cepa resaltando las piedras de trei iladas como G y H. Estas repisas que embarazarian el curso delas aguas se cortan despues defenecido el arco, dejando sus piedras iguales alas otras. Los mechinales que se acostumbran y se hallan

en

en casi todos los puentes para efecto de poner las cumbrias es un feo y torco discurso que no deve tolerarse su deformidad en la parte donde es devida la maior solidez: Esta disposicion puede servir para los arcos hasta quarenta pies de diametro añadiendo las tres piezas IKL. y de aqui a delante ya es preciso tomar otras ideas que generalmente pudiera referir; pero no lograria asi adelantar algo en esta materia dexando de hacer alguna aplicacion con un practico exemplo que pueda desempeñarme.

La Lamina quince muestra la Armadura de una oja de cumbria escogitada por dela mejor forma entre muchas para un arco de seienta pies de diametro afianzada alos lados

sobre

sobre las falsas plantas A y B. y quando aun para esto no huviese lugar queda el recurso alos canes arriba expresados y siguiendo el concepto para la obra del arco demostrado espresso antes que otra cosa, averiguar el peso que han de soportar y mantener las cimbrias, dado el diametro referido y el ancho de veinte y cinco pies, con todas las dobelas iguales alos axistones de tres pies y medio q̂ compone la rosca del arco, asi llamada comunmente: En este caso sepase que las partes CD son los arranques o principios del nacimiento del arco y la tercera parte de la buelta hasta la clave E cuio peso de fabrica nada carga sobre las cimbrias, sino lo restante dela buelta DED. la qual medida y reducida apies cubicos hallarà el

Arit

Axitmetico cinco mil ochocientos y veinte y cinco, los que multiplicados por cinco arrobas que supongo ser el peso de cada un pie resultan, veinte y nueve mil ciento y veinte y cinco arrobas. Fue question ventilada y años hace ya decidida que la porcion del arco mantenida por las cimbrias antes de poner la clave es cerca delos dos tercios de su peso, y se convence pues las dos partes CD contribuien asi como las cimbrias a este efecto, porlo que restando del total su tercio queda precisamente la carga de las cimbrias reducida a veinte y dos mil setecientas y cincuenta arrobas, ahora si el Artifice reparte enla anchura de los veinte y cinco pies seis ojas, o seis armaduras de cimbria semejantes a la demostrada o de otra forma como le pareciere,

quedan

quedaxan aquatro piez y seis dedos distantez entre si, contados del medio dela una al medio dela otra, correspondiendo a cada cimbria delas quatro intermedias quatro mil y quatro arrobas y acada una delos extremos tres mil trezientas y seienta y siete, que suman la cantidad arriba dicha. con este exemplo en semejantes casos puede el poco experimentado hacer la prueva que se reduce a despues de hecha una oja de cimbria cargarla de un peso que exceda al determinado por este computo y saldra dela duda para proceder con acierto.

Sobre los cerchones que forman la buelta dela cimbria se ponen unas maderas muy derechas eguales que se llaman Apreites sin clabarlos y estan demostradas las cabezas

o los extremos de cincuenta y dos para sentar por su orden las iladas del arco hasta la clave; estas maderas pueden ser gruesos tablones, vigas tercias o sexmas y segun el grueso que tuvieren se repartan las cimbrias mas o menos juntas.

Para que la buelta del arco salga perfecta es necesario sentar las cimbrias cinco o seis dedos mas altas aviendose observado que bajan esta cantidad poco mas o menos, por comprimirse con el peso el mortero y las maderas. Quando ya estubiere puesta la ultima ilada de la clave es cierto que las cimbrias virtualmente estan ya descargadas del peso, mas no lo estan actualmente, antes la opresion que ahora padecen, impide el asiento q̃ deve hacer el arco apretandose unas con otras

las

las juntas, y para este fin se aflojan las cuñas que al sentar las cimbrias de industria se devieron dejar puestas con este intento y nunca es seguro especialmente en arcos grandes quitarlas luego, deven subsistir algun tiempo y cada dia se prosigue aflojando para franquearlas poco apoco con el veneficio delas cuñas, dando lugar ala fabrica de bajar igualmente hasta que las cimbrias esten libres separadas del arco para desmontarlas, porque si antes se percibiese que continua en bajar el arco y algunas piedras otodo amenaza ruina ay el advitrio de exmoler las partes flacas o mal executadas para poner el remedio sin perdida del material delo contrario se expone el Architecto aque el arco baje mas de un lado que del otro y abri-

endose

endose vnas juntas por arriba y otras por abajo se rompa el equilibrio por vn mobimiento que es muchas veces la causa de aplanarse toda la obra como ha sucedido y dar fuego alas cimbrias por la ignorancia de no saver quitarlas de otra manera.

Para los arcos elipticos o rebajados puede servir el mismo genero de cimbria con poca diferencia, vease en la Lamina diez y seis. Otra cimbria representada en la Lamina diez y siete no menos fuerte se dice fue puesta en obra por Michael Angel para executar los quatro arcos del Cruzero que mantiene el gran Domo ô cimborio de S.n Pedro de Roma, cuia disposicion tanvien puede servir para los arcos rebajados. Quando el diametro delos arcos

fuere

fuere mui grande o que no se hallen ma-
deras del grueso y largo competente, se ha
tomado el partido en varias ocasiones, de
fabricar en el medio un falso pilar, sobre
el qual se afianzan las cimbrias, y en al
gunos Puentes antiguos se conoce que las
tubieron mui endebles o de poca resistencia
pues usaron la maxima de hacer dos otras
arcos uno encima de otro, porque siendo el
primero compuesto de piedras pequeñas
cuio peso podian sufrir las cimbrias, des-
pues de cerrado este servia de cimbria
al segundo y los dos juntos al tercero.

Vltimamente para alibio de los estudio-
sos en esta calidad de obras dirè que
despues de bastantes esperiencias para
saver la costa de las cimbrias se tiene com-
parada de igual estimacion, al mismo importe

que

tendria la fabrica de cerrar y macizar todo el claro o hueco del arco, contado desde los arranques o principio de su buelta

CAPITVLO VIII.

Sigueſe la fabrica de los Puentes deſpues de ſacadas las Plantas y ſentadas las cimbrias.

Mucho tienen que olbidar los Maeſtros de Puentes y poca o ninguna dificultad en comprehender quanto conduce a proſeguirlas deſpues de ſacadas las plantas delos cimientos en el propuesto eſtado, ſino temiera que quanto es facil aprehender el bien que se ignora, es dificultoso olbidar el mal que ya se save, porque este enve-

gecido

gecido obra con mas vigor que el bien no vsado. El Arte de levantar estas fabricas, si consultamos el que se ha practicado en muchos Puentes antiguos y modernos le hallaremos tan vago, aventurado y de tantas maneras quantas fueron las particulares ideas de cada Maestro vestidas con el aparentado titulo de segun Arte obligandole que venga al socorro de la ignorancia creiendo tacitamente que sola esta expresion y solo esta cita era como lo ha sido apoyo seguro para acreditarlas en tantas obras mal hechas como lo testifica la necesidad delos continuos reparos. Se han fabricado Puentes (he visto algunos) levantando sobre los pilares cepas y arcos una pared de silleria por los lados acompañada de ordinaria mamposteria solo el grueso de

tres o quatro pies para sentar los antepechos y el restante vacio terraplenado de carcajo y tierra puesto encima de este mollido el empedrado con muchas razones que le abonan asi en estas como en otras labores todas muy firmes en virtud delas declaraciones juradas; Esto no puede llamarse Arte, sino una servidumbre de itolerables abusos, propagados con desgracia hasta el presente en una casta de obras que necesitan para alivio del publico contarse a millares los siglos de su firmeza, y no deviendo pasar adelante una profesion tan bastarda e ignominiosa alos inteligentes como justamente lo publica el comun desprecio; es oportuno despues de tantos años que buelba a revivir el Arte que los antiguos nos dexaron vinculado a la posteridad en la duracion de sus edifi-

cios

cios, y no es otro que el de unir enrelazar y solidar quanto es posible los materiales con la argamasa dela buena merda, lo qual es comun atoda fabrica, pero en la delos Puentes doblaron las atenciones, quanto por la experiencia llego aproporcionarse mejor para la maior duracion, siguiendo ya muchos años hace una practica inalterable aprobada del tiempo y sin contradicion observada y patrocinada delos inteligentes, lo que en el caso presente de levantar la fabrica sera facilmente entendido y repetido con brevedad.

Deve elegirse la buena sillería de dos pies de lechos o alomenos media vara y tizones los mas largos que se hallen en las canteras como de tres hasta seis pies sentado un sillar y despues un tizon, esto es

un

un sillar entre dos tizones y un tizon entre dos sillares, añadiendo la practica del buen oficial asentador de estas piedras lechandolas y fijandolas con mas cuidado que en otras obras fuera de agua.

La mamposteria interior para enrrasar una hilada deven componerla unos trozos de piedra como ya advertimos en los capitulos antecedentes desbastados y metidos en esquadra que tengan por lo menos seis o siete pies cuvicos aparejados dela misma altura quelas iladas sentados muy juntos unos a otros sin otro intermedio quela mezcla de cal y algunas rajas todo en ligazon bien macizado.

Despues de estar una hilada sentada en la forma dicha que no siendo cosa nueva es lo mejor que se puede hacer

nos

nos persuadiremos que no es bastante
y sin contar con la firmeza de esta ilada
se devexan engrapar y emplomar todas
sus piedras, por los sobre lechos, un pie
y mas, dentro del macizo. Estas grapas
tendran un pie alomenos de largas dos
dedos de grues en quadro con dos espigos
alos estremos que hacen recodo o esquadra
algo mas grueso alas puntas de cinco
o seis dedos de largos, los que entran
en los abugeros hechos en las piedras mas
anchos abajo que arriba para que haga
presa el plomo, las grapas en sus canales
quedaran rehundidas algo mas que
su grueso para no impedir el asiento de
la siguiente ilada. Las piedras que han
alas esquinas o angulos delos tarxama-
res, como estan mas espuestas alos golpes

de

delos axboles y en mayor peligro de ser
arrancadas, seles añaden otras grapas
a la mamposteria interior para mas segu-
ridad, todo executado sin la misseria de
la escasez entodas las iladas hasta la
altura de las mas altas crecientes.
Tenemos dicho arriba otros modos de fijar
las piedras, aunque por esto nunca dexò
de observarse labrar siempre las juntas
a esquadra cerradacomo dicen los
canteros, obien quaxadas en sus res-
pectibos cortes, engrapandolas tambien
alas piedras interiores segun muestra
la figura primera Lamina diez y ocho.
Otros para mas firmeza añadieron
el trabajo como en la figura segunda
y ultimamente sin hierro ni plomo
se ha fabricado labrandolas con sus

reba-

rebajos y sentandolas como representa la figura tercera, porque tal vez experimentaron que aciertta calidad de piedras las rompia el orin del hierro: Estos son otros tantos medios y advitrios de que valernos si quisiemos asegurar nuestras obras Usando de ellos como dela medicina, segun la diversidad de situaciones, mas omenos crecida la piedra y conforme ala importancia del edificio cuios particulares ha de graduar la prudencia del Artifice, quien deve ser en todo mui considerado.

Abiendo llegado ala altura delos arranques o nacimiento delos arcos cuias primeras piedras se llaman Salmeres, o bolsores, como la buelta comienza a separarse dela perpendicular, es preciso q

los

los salmeres se alarguen alas frentes exte-
riores ligandose alos taxamares de uno y
otro lado, y es bastante comun, que en estas
exterioridades rara vez dexa de empe-
ñarse la vanidad. Prosiguese sentando
los axistones y dobelas fijandose como
se ha dicho acompañando la mam-
posteria, pero arreglada segun las tiran-
teces delas dobelas asi como para for-
mar un Sobre arco en descarga: vease
la Lamina catorce. Quando ya estas
enjutas pueden cargar la cimbria se
suspende la prosecucion hasta cerrar los
arcos, continuando en sentar sus iladas
en seco manttenidas en su devido lugar
por medio delos cuñetes procurando
a este tiempo que no se adelante mas
de un lado que de otro siempre para-

lelas

lelas las iladas dirigidas por los cintreles, cuia falta en los arcos mui rebajados suple la perfeccion delas cimbrias y otras medidas con cerchas correspondientes. Aunque las dobelas esten precisamente cortadas por iladas con la igualdad de la galga o escantillon (que asi deve ser) si en tiempo no se advierte vendrà la clave mas ancha por un lado y angosta por el otro, deformidad bastante frecuente ocasionada por el descuido. Puesta la clave se sigue luego apretar las cuñas que se pusieron en las juntas o lechos delas dobelas, a cuio fin se dexan algo badantes, no mucho (es comun el poco reparo en esto) basta el grueso de un cordel poco mas de francura para que entren las cuñas y para recivir las lechadas. Al tiempo de apretar las cuñas se comienza

enza por los lados en la mas baja hila-
da aun tiempo dando en todas un solo
golpe moderado en quanto se templan hasta
llegar ala clave y se buelve a repetir esta di-
ligencia tres o mas veces apretando mas y
mas quanto ya no puedan entrar, las cuñas
asi quedan axistones y dobelas en la devida
postura de su asiento y se tendra la satis-
facion de ver como el arco se incorpora
dejando libres algunos apretes. Despues
se fijan con buenas lechadas todas las jun-
tas en las que comunmente se hacen unas
canales al modo de Ygriega que son
abrebaderos y los canteros llaman motade-
ras, metiendo algunas rajas o chinas
donde puedan entrar, lo que requiere espe-
cial cuidado.

Cerrados los arcos se lebantan las enju-

tas

tas hasta sentar la imposta o cordon acompañando la mampostexia en todo el interior sin un solo puñado de tierra siguiendo las tirantezes como queda advertido y muestra bien claro la Lamina catorce, cerrando sobre la clave con el grueso de media bara otras quantas, porque el empedrado o embaldosado no deve sentarse immediatamente sobre las piedras o dobelas delos arcos.

En todo el largo del Puente de una cepa a otra y en el medio de su anchura ha de quedar un bacio o canal de seis o mas pies de ancho, una quarta o medio pie de profundo guarnecido de buena mezcla de cal a modo de estuco bien bruñido. Este bacio se iguala despues y se rellena de guijarros muy juntos y

limp

limpios, sobre ellos y demas pavimento del puente sienta el empedrado o embal dosado, con inclinacion al medio para el arroio que causen las aguas delas lluvias y solo para esto se dara un corto descenso desde el medio del Puente alos lados en esta disposicion se libertan las bobedas de los arcos del perjuicio sordo que padecen sin esta prevencion por las aguas que se introducen. Otros conductos que para este fin se suelen hacer de nada sirven para impedir este daño cegandose a poco tiempo con el barro del polbo que amontonan los vientos.

Como efectivamente en el corte de las piedras estriba toda la firmeza de estas bobedas o arcos delos Puentes se ha de mirar, (no obstante lo referido en el

sep.

segundo tratado) este particular como uno delos principales fundamentos para executarlas con la maior permanencia; por esto los Artifices, en los arcos eliptticos de sesenta y ochenta pies de diametro considerando maduramente el excesibo peso que cargava sobre los hombros alargaron los axistones como se manifiesta en la Lamina diez y seis y lo mismo se halla practicado en los arcos de medio punto trespuntados siempre los los axistones como dice Tosca en los cortes de canteria.

Dirase acaso en vista de lo asta aqui referido que se solicita una firmeza estimada, y que en hierro plomo y demas preparatibos que se dicen serà excesivo el gasto; a este y otros reparos, mucho se ô

frecia

ofrecia que responder y por ahora baste
decir que asi lo practican en otros Paises
no por mas ricos sino por mas economicos
y segun la importante duracion que de
estas obras resulta al venefficio publico, no
es mucho, tratandose delas que precisamente
estan expuestas alasimpetuosas rapidas
crecientes de un rio o al porfiado azote
delas olas del mar cuios efectos quebran-
tan y destrozan las mas robustas fixmezas
y tal vez son juguetes todos los esfuerzos del
Arte padeciendo los estragos de lastimosas
ruinas. Estan dichas diferentes maneras
de fijar las piedras hasta aquella altura
que podran llegar las aguas y para ase-
gurar igualmente las piedras delos arcos solo
sirven las Grapas entodas las hiladas de
las dobelas o sino, de quatro en quatro

hasta

hasta la clave, conforme ala maior o me-
nor grandeza del arco y aunque se supo-
ne no llegar tan altas las crecientes, se
practica asi por ser conducente ala firmeza.

En los Antepechos delos Puentes no sir-
ve lo que la prudencia juzgue bastan-
te para fabricarlos, es necesario añadir
toda la industria posible; si alcanzan a
resistir los golpes delos carros y la fuerza
del poco juicio empeñada locamente bas-
tantes vezes en derrubarlos, no sera poco.
No se gaste para asegurarlos hierro ni
plomo, pues la codicia de quitarlo sera
causa de durar menos. Algunos los afirman
labrando en las juntas delas piedras unas
medias cañas que casadas con otras
forman unos circulos que se llenan despues
de sentadas con guijarros pequeños y mez-
cla

da de cal. otros con sus espigas y cajas y asimismo a cola de mulano, lo que me parece mas seguro es executarlos de crecidas piedras en particular a los extremos muy bien labradas y tan ajuntadas que no pueda meterse ni la punta de vn clavo. Cada Artifice se balga de su ingenio que siempre serà bien recibido como escuse el daño.

Las defensas delos antepechos son las Guarda-ruedas, piedras de bastante cuerpo y altas, media vara metidas y arraigadas en la fabrica bien ajustadas en el pico con mezcla de cal, no arrimadas como se acostumbra alos antepechos, por que los golpes que estas piedras reciban se comunican a ellos y los commueven, deven estar apartadas medio

pie

pie. Sobre los empedrados y embaldosados de piedra para el pijo de los Puentes, no ay mas que observar lo mas bien executado de esta calidad, en inteligencia que lo mejor y mas bueno no alcanza ala duracion que deseamos, pues las ormigas por la Continuacion de sus repetidos viages han echo surco en un pedernal.

CAPITVLO IX.

De las reparaciones de los Puentes.

Si es util facilitar el comercio levantando proyectos para executar nuebos Puentes, no lo es menos conservar los antiguos reparandolos de los perjuicios y daños a que siempre estan expues-

tos

tos como al blanco de todas las injurias, ya sean estas las del tiempo ô procedidas del curso delas aguas, õ por su desgraciada fabrica en los principios como tambien delas mismas reparaciones en otro tiempo mal executadas. Esta es una calidad de obras a que nos empeña la publica necesidad todos los años, porque sino en unas partes, en otras nunca falta mucho q̂ hacer. A este fin principalmente dirigi mi tal qual empeño en el trabajo de este escrito, subiendo como por grados ala idea que deven seguir los Artifices generalmente en estos edificios fabricados de nuevo para que asi les sea mas facil descender al particular de sus reparos, que siendo

impo/

imposible xefexir las calidades de los que ocurran, no podia en otra forma comprehender mejor sus partes que explicando la intelig.encia y composicion del todo como ya queda xefexido; por lo que nada me xestava q.ª añadir sino fuera por que es mas frecuente la urg.encia de xehedificar q.ª la de exigir nuevas obras.

Los principales xeparos de los Puentes, son quando las plantas de sus cimientos estan degradadas, esto es socabado y gastado el terreno aunq.ª firme, lo que pide expecial cuidado sin respeto al poco o mucho gasto para dejar de hacer el socalzo que se neceiite atoda costa y es lo mismo que xenovar el Puente escusando alos veni

dero

dexos nuevos gastos o alguna ruina excesivamente mas grabosa.

Algunas veces sexa bien alos pilares contraguardarlos xeforzandolos con un zocalo u rodapie que los circunde fabricados de buenas piedras cocidas y toda la seguridad posible, y aunq estos cuerpos sirban de embarazo estrechando el curso delas aguas, con todo eso deve sufrirse un menor mal para escusar otro maior, pexo donde la mucha agua no permitiere este advitrio ay por ultimo el recurso ala idea de clavar fuertes estacas en su circuito cinco o mas pies apartadas del pilar (segun mejor parecere) con la armazon de vigas y tablones engazados, xepresentado para el medio Pilar

A en la Lamina diez y ocho figura cuarta, todo bien emsamblado y taruzado asi como se dijo para las tomas y plantas Artificiales; Despues en todo el espacio comprehendido con la referida armadura de vigas y tablones se echan al fondo piedras crecidas medianas y menores para que unas llenen los bacios que causaren la magnitud delas otras y se igualan a nivel los caxones que forma la trabazon delas vigas siempre mas bajas quelas menores aguas del verano. Si parado algun tiempo se conoce haver bajado las piedras de los caxones serà cierto indicio que se profundaron las primeras arraigandose mas alpie del pilar y se bolberan a igualar xellenando dichos caxones quantas

veces

veces sucediere lo mismo.

Los Zampeados de madera que se acostumbravan para este fin ya estan desechados por su corto o ninguno servicio, ano estar siempre bajo las aguas y fabricados al modo de plantas Artificiales: los de piedra sin comparacion son mucho mas durables, como ya se an hecho algunos los años pasados y aunque no en todas partes facilita el terreno su fabrica, quando se hallare proporcionado pueden executarse como demuestra la Lamina diez y nueve, donde se hallan quatro diferentes ideas, o todos de piedra labrada o repartidos sus caxones para empleax la mamposteria a juntas inciertas, todo sentado con mezcla de cal, y no obstante

te

te que pueden quedar estos pavimentos a nivel sexà mejor formando alguna concabidad al medio para congregar alli el maior volumen de aguas y siempre el extremo de arriba como AB deve estar introducido en el terreno tres o quatro pies mas bajo que el labio CD doblandose en angulo obtuso para impedir quelas aguas minen por debajo: Aunq̃ las figuras no lo muestran, supongo q̃ en los zocalos delos pilares y cepas el precio ensalmeran las piedras como lo juzgarà el inteligente en Cortes de canteria.

No se pondere quelo propuesto es mucho o pretenden passar estas ideas con titulo de ingeniosas, antes es poco segun la particular antencion que han puesto los Artifices en asegurar las plantas de estas

obras

obras al tiempo de fabricarlas nuevas
porque algunos no se contentaron con
hacer firmissimos los cimientos de pilares
y cepas, sino que en todo el ancho del
rio y anchura del Puente, executaron
una planta general o suelo uniforme mas
bajo que la madre del rio, sobre cuia
basa levantaron la fabrica del Puente:
y ultimamente para que estemos per-
suadidos quanto importa la seguridad
delos cimientos, se ha visto que labraron
bajo delos arcos otros arcos al reves, como
se figura en la Lamina veinte y en esta
disposicion aunque el terreno fuera poco
firme, todo el ancho del rio venia a ser
cimiento o planta sobre la que descan-
saba o gravitaba igualmente el peso
de todo el edificio.

Fuera

Fuera delos cimientos los reparos mas comunes que se ofrecen son los empedrados o embaldosados entodo el pavimento delos Puentes, y se esta dicho que para ellos se requiere la piedra mas dura que se hallare; quando se haten necesarios de nuebo, si los antiguos estaban sobre tierra como es regular, es preciso quitarla rebajando media vara o un pie y fabricar un nuevo suelo al mismo alto, sea de ormigon y carcajo bien apisonado o de mamposteria con mezcla de cal, para sentar sobre este cuerpo solido el empedrado: Si fuere embaldosado de piedra labrada, no se pongan las iladas de estas piedras alo largo del Puente ni atrabesadas, como se acostumbra por que de qualquiera manera las Ruedas hacen

hacen ciertos surcos o canales en las juntas y para escusarlo no ai que hacer mas de sentar las iladas en diagonal o con el biage del cartabon, ai pasan las medas cruzando las juntas y se escusa este daño con la misma Costa de esta forma esta executado nuevamente el embaldonado del Puente de Toro. Escuso alargarme mas, porque el Artifice deve mejorar todas las partes de un Puente quanto le diere a entender la Calidad dela Ruina o la necesidad del reparo que se ofreciere, segun le dictare su intelegencia en vista de todo lo que esta explicado y pasaremos a tratar dela reparacion de Manguardias en el Siguiente Capitulo.

CAPITVLO X.

Sobre la reparacion delas Manguardias.

Las murallas Manguardias o Barvacanas delos Puentes son el tope mas ordinario delos gastos Comunes, que a modo de ramas producen el desgraciado fruto de muchas reparaciones, las que serian menos sino se admitieran como indispensables para sugetar las corrientes q̃ se inclinan con variedad donde faltan seguras margenes. Causa admiracion la estraña longitud que tienen en muchas partes para fortalecer el terreno y tarde se aduierte que la suma costa de estos calicantos la pudieron en los principios suplir con vtilidad muchos arboles plantados por las riueras, arruba

y

y abajo delos Puentes, sinque las man-
guardias se alargasen a essin, mediante
que su destino nunca deve servir mas de
solo asegurar las cepas, fortificar el terreno
immediato y facilitar la commoda en-
trada y salida, pero como a silencios
pasos del tiempo nos lleban ya los Rios
muchas ventajas, es forzoso acudir
con el arte aponer el remedio. Este
assumpto hace algunos años llevo mi
atencion al cuidado de semejante neces-
dad: con esta ocasion se hace preciso
aunque padezca el discurso naufragio
en las aguas, decir lo poco que alcan-
zo de sus corrientes, como principio
para encaminar la idea delos Arti-
fices en esta calidad de obras tan ne-
cesaria al publico como a muchos par-
ticula-

ticulares segun la division delas Secciones que se siguen.

Seccion, primera.

Del curso delos Rios, segun su ancho, profundo y pendiente

Sabese que de las fuentes y arroios se forma vn Rio precipitandose desde su origen por los grandes pendientes de vna madre constituida entre montañas y despues de haverse despeñado y corrido cierto espacio, se reduce ala vniformidad de su curso por la diminucion del descenso, resistencia de parte del fondo y desigualdad delas orillas, suficientes causas para contener ò disipar la maior parte de su velocidad ad-

adquirida, de modo quela repetida
sucesion de estos obices podria absorver
enteramente la velocidad reitante si el
Rio no cobrara nuevas fuerzas para
vencerlos. Como no puede el agua re-
tardar su movimiento sin dexar de
crecer, grangea muchas veces mas ve-
locidad, porque no basta solo el desce-
so quelas obligue à caminar sin la
circunstancia dela fluidez, esta hace
que una parte delas mismas aguas
pueda remansarse ò quedar suspensa
llenando las desiguales concavida-
des del fondo, sin que las otras pa-
dezcan semejante detencion, y elevado
su volumen acuerta altura, las aguas
superiores imprimen en las inferiores
un grado de movimiento igual al que

tendrian

tendrian si descendiesen dela dicha altura, y por esto quanto mas alta fuere el agua tiene maior velocidad con menos resistencia de parte del fondo.

De aqui procede tener mas veloz el curso en tiempo delas crecidas y mas en los sitios de madre estrecha donde el mismo volumen de agua tiene mas altura, y aunque por la cercania delas orillas fueren los obices mas sensibles para retardarla, quanto de esta parte pierde la velocidad, no tiene comparacion con la adquirida por el aumento de su altura. Pasando el Rio à madre mas ancha quanto se estiende en maior superficie, pierde de altura con diminucion de la velocidad, esta no dexa de ser bastante para correr

sobre

sobre vna mediana profundidad
hasta el termino en que los obices no
permitan el corriente tan ligero como
lo requeria su quantidad y se man-
tendra en cierta determinada eleva-
cion correspondiente al volumen de
agua que produce el Rio. Fuera de
la figura tortuosa, ò recta delas mar-
genes que facilitan ò suspenden el
curso delas aguas, los pendientes y
contrapendientes del fondo ò suelo del
canal, contribuien mucho ala desigual
velocidad que vemos no ser uniforme
especialmente estando bajas. Sigue se
que en los Rios de mucho pendien-
te o descenso, la velocidad procede de
la aceleracion causada por la caida
mas que del volumen de agua, pero

Se dara

se daxà tal distancia desde el oxigen,
que esta caida venga a ser insensible,
y añadidos los impedimentos de parte
del fondo y sus oxillas, se hallaxán en-
tonces destruidos y aniquilados todos
los gxados dela velocidad adquixi-
da sin que dexe de correr el Rio, por
que creciendo en altura como ya se
dixo aproporcion que se disminuie a-
quella velocidad, gana nuevamente
otra en su defecto; Asi lasvarias al-
ternativas delas corrientes tanto de-
penden dela velocidad por el descenso
dela caida, como dela que es pro-
ducida dela altura viva del agua,
y al paso de un Puente o en otros si-
tios acontecerà quela parte inferior
delas aguas tengan por causa de su

velo-

velocidad la altura dela superior quela comprime y esta la de su descenso.

Seccion segunda.

Que accion tenga el corriente de un Rio sobre el fondo y sus margenes.

La experiencia enseña que los Rios cavan ensanchando su madre a proporcion dela fuerza que tuviere la agua para devorar el terreno, y si aquella fuere superior ala resistencia de este, le robarà muchas partes llevadas con tanta vehemencia quanta fuere su velocidad: al contrario si la resistencia fuere superior ala fuerza del agua correra llanamente sobre la madre sin deteriorarla, por quanto es creible

que

que quando se formaron los Rios rom-
pieron el canal dela madre en profun-
didad y anchura hasta encontrar seguro
fondo sobre el qual cesò el exercicio de
profundar con ungenero de equilibrio
entre las fuerzas activas y resistentes q̂
determinò lo ancho y profundo siguien-
do solo aquellas leies dela naturaleza.

Sea pues como principio cierto que
quando la velocidad del agua no en-
contrare resistencia de parte del fondo y
los lados, igual a su fuerza, correrà ~~pro~~-
profundando y ensanchando siempre
su madre hasta el termino en que la
proporcion delas causas operantes y re-
sistentes, logren, o ala actividad de las
primeras disminuida, o aumentada la
fuerza delas segundas, hasta q̂ enfin

estas vltimas igualen o excedan alas
otras, pues si esto asi no sucediera, sino
que las aguas fueran siempre corroien-
do, los Rios que desde el principio del
mundo se han labrado los canales de
sus madres gastando y robando el te-
rreno, huvieran ya por el decurso de
los tiempos profundizado hasta las en-
trañas dela tierra y como esto no ha
sucedido sin duda que diminuyen-
dose la velocidad del agua a medida
de su extension sobre mayor anchura,
llegò hasta el grado en el qual ya sus
fuerzas son inferiores ala resistencia del
fondo y delos lados, y si tal vez estos
padecen alguna alteracion, es solo en
las grandes crecidas faltanto entonces
el equilibrio o igual fuerza en perjuicio del

terreno

terreno.

Vn Rio cuija madre sea derecha de igual anchura y profundidad con pendiente vniforme sin mas inclinacion aun lado que aotro por todas partes homogeneo (esto es de igual consistencia el terreno que forma su canal) le podemos llamar vn Rio igualmente dirigido, en el que se deven considerar dos movimientos el vno actual, recivido por la velocidad de su curso, y el otro que nace dela energia ò pesadez del agua sobre el mismo fondo y de ambos resulta vn movimiento compuesto, capaz de producir los muchos efectos varios que vemos en las corrientes, pero su impresion contra las margenes, no puede ser tanta como en el medio o. por donde està el filo del agua distinguido

por un curso mas xapido del corriente
siempre inseparable dela maior profun-
didad y velocidad (no se olbide) lo que no
puede suceder sin dexar esta misma xa-
pidez de producir sobre el fondo un efecto
mas conocido en el medio que alos lados,
estos quanto mas aplomo estubieren, menos
esperimentarán la dicha impresion, pues
en varias partes regularmente ai maior
profundidad en el medio, que alas oxillas,
y estas, quanto mas tendidas, padecerán
solo por la cercania ala orizontal y apro-
porcion segun la maior omenor escarpa
o talud en que se hallare constituido el
terreno. Segun parece tres son las causas
que concurren a establecer el canal o
madre delos Rios. La primera la varia
calidad del terreno que compone el fondo

y las

y las orillas, siendo claro ceder la arena y tierra mas facilmente ala fuerza del agua quela greda o arcilla y estas, mas quela toba o las peñas La segunda proviene de la situacion dela madre pues quanto mas pendiente tenga, tanto mayor fuerza excitarà el volumen de agua para profundizarla. La tercera y mas principal nace dela profundidad, porque segun esta sea en cantidad, asi aproporcion se aumentan los efectos para corroer el fondo.

Seccion tercera

Por que razon se lebantan las madres de los Rios.

Levantanse las madres delos Rios quando en tiempo de crecidas reciben

tan

tan abundante porcion de tierra y arena que no pudiendo incorporarse toda con las aguas, las partes mas graves se precipitan al fondo y las restantes siguen el corriente, que todo lo llevaria si despues dela crecida dexaran los torrentes y arroios de conducir los materiales que arrastran, dexandole al Rio suficiente tiempo para desprender dela madre lo que huviere admitido; pero si el intermedio de una creciente a otra, no bastare, el residuo abultarà mas por el efecto dela sucesiva que tendra las mismas consequencias dela antecedente y asi de las demas; en este caso silas crecientes son periodicas como suele suceder al derretirse las nieves o en lluvias del otoño y primavera, se levantarà insensible-

mente

mente la madre del Rio por la dimi-
nucion de su descenso, como ha sucedi-
do en algunos que llevan arrenas, en me-
nos de ochenta años levantarse mas de
tres baras cuia prueva existe en la me-
moria delos viejos y mejor en las presas
y molinos aterrados. Los aterramien-
tos o muelos de cascajo que poco apoco
forman y levantan las aguas parece
un acerbo comun que siempre van au-
mentando con los materiales que lle-
van las corrientes y como aquellas par-
tes mas pesadas y groseras juntandose
a otras heces pegajosas, tienen lugar
de insinuarse largo tiempo, se amasan
y consolidan mucho mas firmes que
los lados de sus riberas y por esto las
grandes crecientes en tal de llevarse esto

dep

depositos mas los colman y aseguran.

Seccion Quarta.

Otras novedades que se hallan en el curso delos Rios.

Los Rios que corren sobre un canal compuesto de Cascajo, pocas veces conservan un mismo rumbo, porque llevando el agua las menudas piedrecillas, amontona muchas veces tanta cantidad en algunos parages que despues de haver formado bancos mui crecidos, estos apartan el corriente de su camino acostumbrado y encontrando un terreno de poca resistencia se fabrica nueva madre compuesta de baxios brazos que dan lugar ala formacion de cientas isletas ocasionadas por

Los

los atexxamientos ya dichos q̂ producen las diversidades del corriente. Lomismo sucede en los Rios que llevan piedras grandes y de todos tamaños sin que sugxandeza nos admire, sean rodadas delos montes, arrancadas delas orillas, o desprendidas del mismo fondo; es aqui de notar que estos cuerpos metidos en el agua pesan menos que en el aire, quanto es el peso del volumen de agua cuio lugar ocupan, si sucede que una piedra V. g. del tamaño equivalente al de un pie cubico pesa ciento y doce libras en el aire no pesarà dentro del agua mas que sesenta y ocho rebajando quarenta y quatro que pesarà el agua de igual volumen y asi como el corriente sobre la superficie de esta piedra sea capaz de una impresi-

on

sion superior ala resistencia que le quedò
la llevara por delante con dos movimi-
entos el primero segun la linea dela im-
pulsion que nace dela fuerza del corrien-
te conforme al choque que reciva la pie-
dra en sus superficies y el segundo que
viene desu gravedad o peradez respecto
al descenso por diferentes inclinaciones
del fondo siguiendo una determinacion
compuesta delas dos antecedentes q̂ en linea
Curva las dexa arrimadas asus orillas.
Lo mismo sucederà con las demas pie-
dras maiores y menores, solo que estas
serán impelidas con mas promptitud
no por mas ligeras pues las suponemos to-
das de una calidad, cuia peradez especifi-
ca estara siempre en una misma propor-
cion con elagua, sino porque teniendo

ma-

maior superficie respecto de su gravedad reciven con mas ventaja la impresion del corriente. La diversa solidez de las madres delos Rios contribuie mucho ala destruccion y desigualdad de sus orillas, porque suponiendo un Rio dirigido con uniformidad, quela madre sea de terreno fuerte en algunas partes, arenoso blando, legamoso o cascajoso en otras, bastaran estas diferencias para mudar en adelante la recta direccion del Rio en obliqua pues hallando menor resistencia ala derecha alli extenderà sus progresos el corriente, ganando quanto pudiere por la fuerza compuesta de su velocidad y energia: otra cosa sucederà ala siniestra disminuiendose por este lado quanta velocidad se aumenta por el otro y

Con-

y consiguientemente hallandose semejantes alternativas de terrenos es preciso que delas inflexiones y reflexiones de las aguas resulten las buelras que obligan a ser las madres delos Rios flexuosas aunque sus direcciones huvieran sido en otro tiempo rectas. Esto mismo sucederà si se inclina el fondo del Rio mas aun lado que a otro, aunque sea uniforme la firmeza del suelo, si es que las orillas correspondientes alos sitios mas profundos no tuvieren igual, ò maior resistencia para sufrir la impresion obliqua del corriente. Donde otros Riachuelos entran en los Rios quando estos estan menguados y aquellos vienen crecidos, tambien sucede que atrabiesan y pasan à tropezar en las orillas opuestas

y de alli retroceden alas otras, lo que aumenta asimismo las bueltas y rebueltas del corriente, haciendo cada diá mas irregular su curso, y asi estas direcciones obliquas del corriente, estas inflexiones y reflexiones, son la causa principal que destruye los lados delas Riveras.

No es posible individuar generalmte. asumpto que encierra muchas singularidades, y asi solo quiero se entienda que las manguardias ò Barbacanas que regularmente se proyectan para contener los Rios, y reservar el terreno, despues de su crecido gasto, las mas denada sirven, sino perpetuar el empeño de reparallas. Lo primero porque dexando al Rio en el nuevo lecho o madre adquirida

xida, como no impiden la direccion q̂
se tomaron las aguas, solo quando maſ
reſguardan el terreno para que interin
permanezcan no sea maior el daño, q̂-
da siempre la dicha direccion o inclina-
cion de las Corrientes diſpuesta a batir
la fabrica con sus repetidos Choques.
Lo segundo. que para su devida
fundacion rara vez se descubre el te-
rreno por la mucha agua, y quando
se consiguiere a fuerza de excesivo gas-
to fabricar en un suelo manifiestamente
firme, nunca dexan las aguas por la
rotacion continua de rozar el terreno
introduciendose bajo las primeras pie-
dras, y extendexse a lo largo y ancho
de los cimientos, por lo que viniendo
a quedar la muralla sin apoyo a la

parte del Rio es inevitable la Ruina con su propio peso y el del terraplen que mantenia; Estos perjuicios tan escondidos quando avisan ya no tienen remedio, como enseñan los exemplares que precisamente se continuarán en lo venidero, dexando subsistir las mismas causas de la destruccion, apesar de todos los cuidados que se pongan para escusar asi el daño.

El unico medio es dirigir el corriente en tal manera que destruia su fuerza el aterramiento ô isleta que ocasiona todo el daño como se verá en el capitulo siguiente.

CAPITVLO XI.

Sobre contener y apartar los Rios del perjuicio que hacen en el terreno sin Manguardias de cal y canto.

De todo lo dicho en el capitulo antecedente se sigue que es mucho mas seguro remediar las causas fatales que encapricharse los hombres en querer estorvar sus efectos y no tiene disculpa estarnos en la inaccion de remediar los ~~los~~ males presentes y precaver los que amenazan para lo futuro, avista de lo q̂ años hace se comenzò a practicar en otros Paises, obligando con obras menos costosas ala naturaleza que ella aiuda-

da

da, sola se encargue de restablecer las cosas asu antiguo estado, mostrando la manera de precisar la corriente delas aguas que destruian los mismos aterramientos que deponen y amontonan ellas mismas impidiendose su primero antiguo curso; para lo qual es de saver que de quantos medios ha provado la industria hasta el presente no se ha encontrado otro mas simple ni mas util que las maniobras executadas en el Rhin, caudaloso Rio de Alemania, con las que aseguran la inconstancia de sus crecientes en defensa delos campos y tierras labrantias. Reducense estos medios, à revestir sus orillas fabricando vna especie de Diques con estacas, zarzos, aces de fagina, cespedes, piedra y de todo material q̃ se halla

mas

mas ala mano para obligar ala fuerza del corriente que se determine ó incline mas de un lado que de otro, cuias labores hasta las mas pequeñas circunstancias explica largamente M. Belidor en el 4º tom. de Architectura Hydraulica.

Dieron en llamar Espigas a estos diques por los varios efectos q̂ producian y se han executado de muchas maneras con diversos fines. Para limpiar los bancos de arena que impiden entrar en un puerto las embarcaciones han usado espigas ambulantes, que son unos fuertes tableros de setenta o mas pies de largo, catorce o quince de ancho, llevados sobre las aguas y fijados donde inclinando las corrientes destruien los arenales, mudando sitios conforme ala necesidad

dela

dela intencion. Tambien con caxas de madera que llenas depiedra se bajan alfondo y vnas con otras forman las espigas dexandolas subsistir todo el tiempo que se juzga bastante segun los efectos que causan: pero en nuestros Rios haviendo de estar permanentes basta q̃ sea vn Cuerpo compuesto de vigas empotradas con muchas divisiones al modo de Zampeado, encajonados de piedra en seco bien ajustada. Ofrecerà se aqui la replica de que al sol y al agua tendran poca duracion, yo lo confieso, pero no se pretende mas permanencia quela de pocos años y menos de diez bastan para quelas dexe enterradas el Rio. A otros reparos que se ofrezcan, responderà la experiencia.

como

Como esta palabra Espiga es nuevo termino en la Architectura Hydraulica acaso vn simil explicara mejor sus efectos. No ay brazo de tanto poder que resista la velocidad de vn toro que acomete furioso y parte derecho, pero la corta fuerza de vn diestro picador aplicandole [illegible]o vna garrocha, le obliga a torcer la rectitud de su carrera: asi pues en nuestro caso, no son las espigas murallas fuertes de piedra silleria para hacer frente al violento curso de vn crecido Rio, solo sirven a torcer y cortar el hilo delas corrientes divirtiendolas quebrantando o impidiendo los remansos adonde depositan todo el material que roban de cascajo y arena, lo que se muda ala parte

donde

donde se ponen las espigas y aunque no sean aquellos materiales que los mas lleban las corrientes, otros que nuevam.te deponen y alli van creciendo los aterramientos segun que las espigas fueren trabajando y alargandose cada vez mas al paso que las aguas se apartan rompiendo nueva madre o por mejor decir restituirse ala antigua.

Para informar mejor la importancia delas espigas escusando costosos muros de calycanto pongo ala vista la descripcion de un terreno Puente y Rio en la Lamina veinte y uno cuia esplicacion es la que se sigue. AB, representan las plantas de algunos pilares del Puente. ACD EF, es la buelta del nuevo curso adquirido por el Rio destruiendo el terreno

delas

delas heredades. GHIL, la isleta o
aterramiento que el rio ha de puesto
y fabricado delante del Puente. M
N B, la via recta por donde antes
estava la madre del Rio; y es puntu-
almente como se halla la figura en el
Puente de S.n Ysidro de Dueñas sobre
el Rio Carrion. Suceda esto de un
lado o de otro, arriva o abajo del
Puente maior o menor la buelta que
se tomaron las aguas, de qualquiera
forma es el mismo caso practico en otras
muchas partes, donde se han echo y
se pediran en lo sucesivo manguardias
o barvacanas, largas, desde los Puentes
Rio abajo o Rio arriva como AD
que en el referido la he visto de nuevo
executada dos veces.

En este y otros parages semejantes estaran bien colocadas las Espigas triangulares como CE y F. Las que son para romper el aterramiento F y E estaran en angulo obtuso con el corriente y las que son para detener y aumentar el terreno, en angulo agudo como la Espiga C. Aquellas leyes del choque en los cuerpos solidos tienen el mismo lugar en los fluidos sin ninguna alteracion, y asi la Espiga F chocada del corriente dirige la fuerza de su impulso como de rechazo a dar sobre el aterramiento en la parte L donde quebrantadas rebuelven las aguas a remansarse detras de la Espiga y buelto atomar nuevo curso, sucede

lo

lo mismo mas abajo con la espiga
E que dirige el corriente a batir
la parte I. La espiga C es para
contener los depositos delos materia-
les que removieren las otras de arri-
ba. Asi el corriente se aparta segun
la brecha que rompieren las espigas
por medio delas aguas, y aquellas
se fortifican conlos materiales roba-
dos dela otra parte en los remansos
que forman.

Estas Espigas no pueden abanzar-
se alprincipio sino hasta la mitad
o tercera parte del ancho del corrien-
te y conforme este fuere ganando el
terreno que sele hace perder con ellas
se van alargando y pudieran llegar
a juntarse la espiga C y la espiga F.

en

en el punto O pexo mucho antes se hallaria terra plenada y colmada la concavidad C E F.

En el Puente de Langa havia por delante un muelo de cascajo mui crecido y el Rio Duero abandonada la direccion antigua por tal embaraxo solo ocupaban sus corrientes dos arcos aun lado de doce que tiene y formava una figura poco menos que la representada en esta Lamina. Con el motibo de su reparacion se executaron alli dos Espigas seis años hace y han correspondido al intento del fin que se deseava estendiendose las aguas al presente ya por seis arcos; si estas Espigas se alargasen ahora, otro tanto, no se duda que se forzaria

a

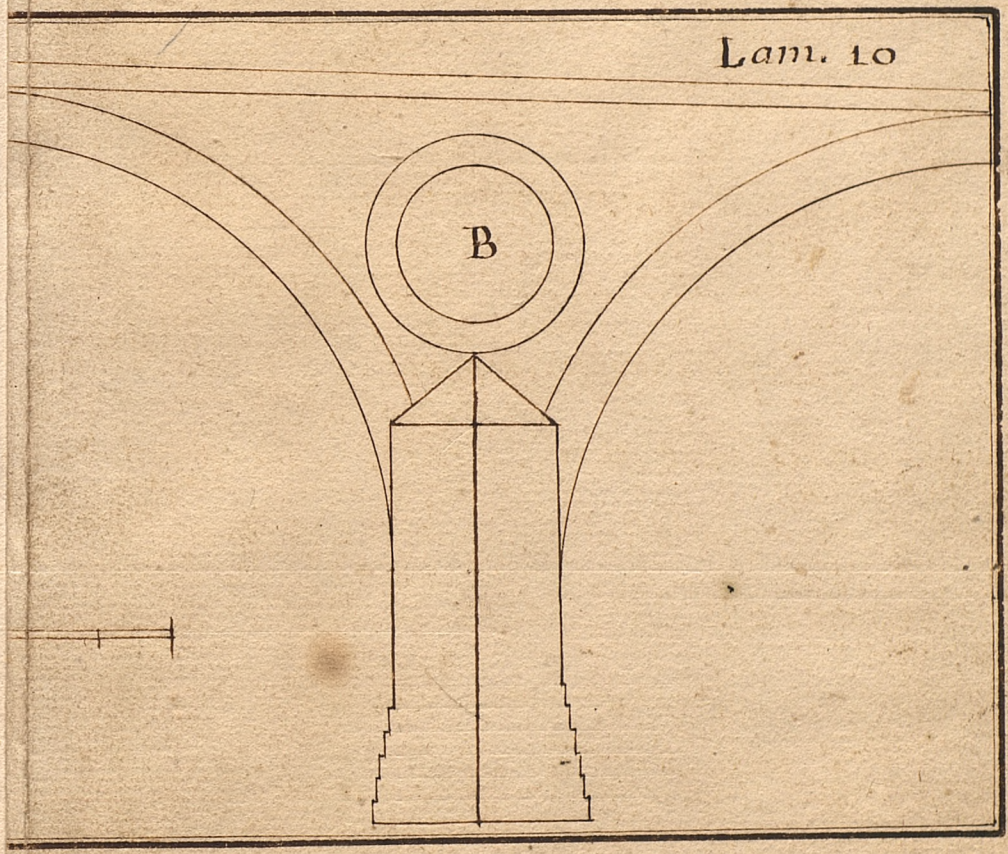
a pasar el Rio por el medio y quanto se quisiera mas alla.

Concluyo por que seria largo citar otros muchos sitios en los Rios donde estaxian bien las Espigas. Creo aver cumplido quanto puedo informando alos Artifices q̃ juzgaxan el mexito de ellas en sus proyectos como mejor les paxeciere.

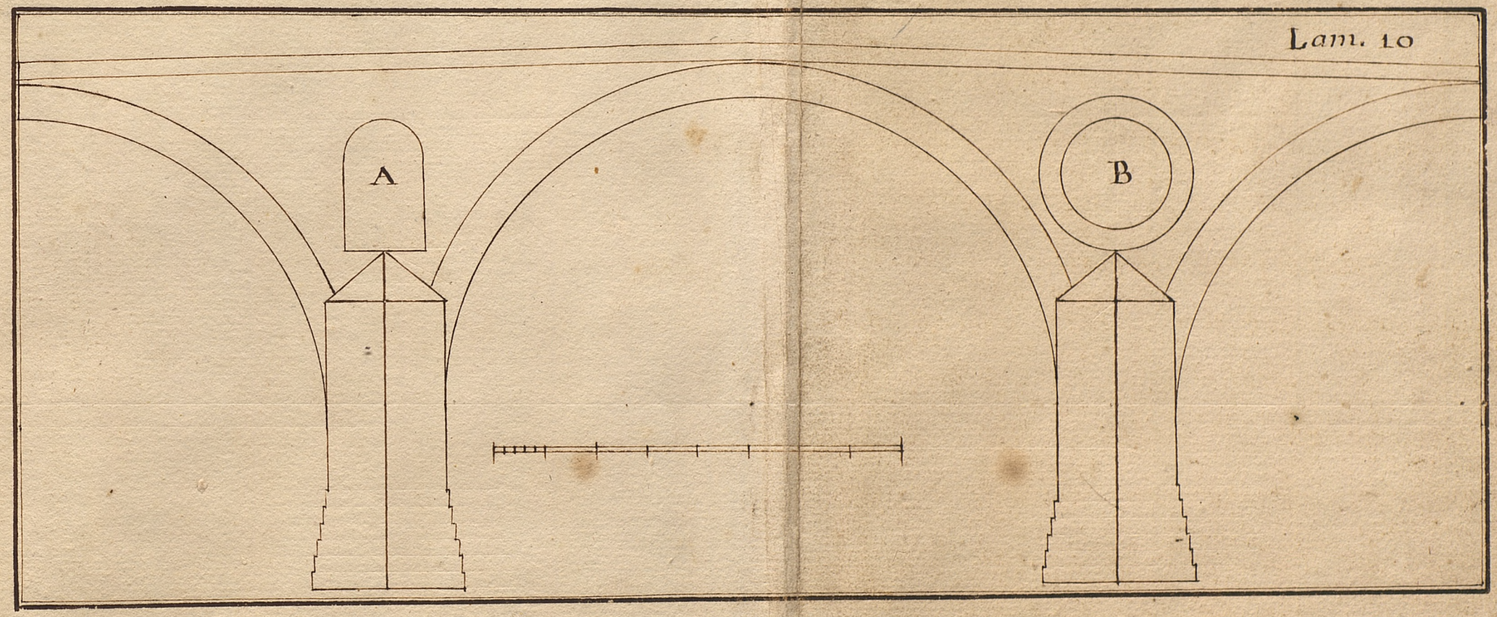
Commencè por Puentes y acabo por los Rios, quien no quisiere pasar aprobando la molestia de todo lo dicho mas impertinente que guistoria y en todo sintiere xepugnancia tirese al Vado de su ingenio y xefiexanos el timon deotras enbarcaciones mas faciles y menos costosas para navegar sobre los Rios y endexarlos.

FIN.

Lam. 10

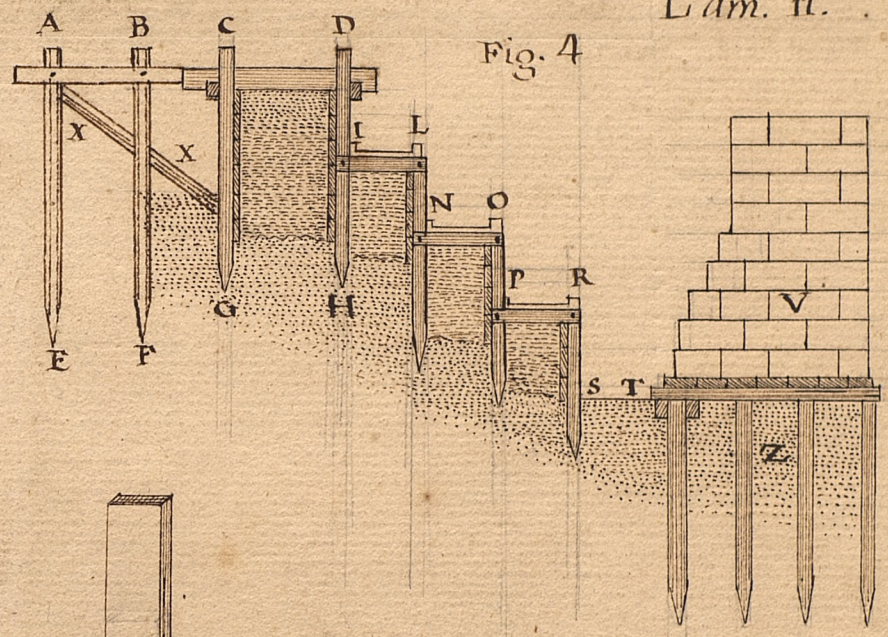


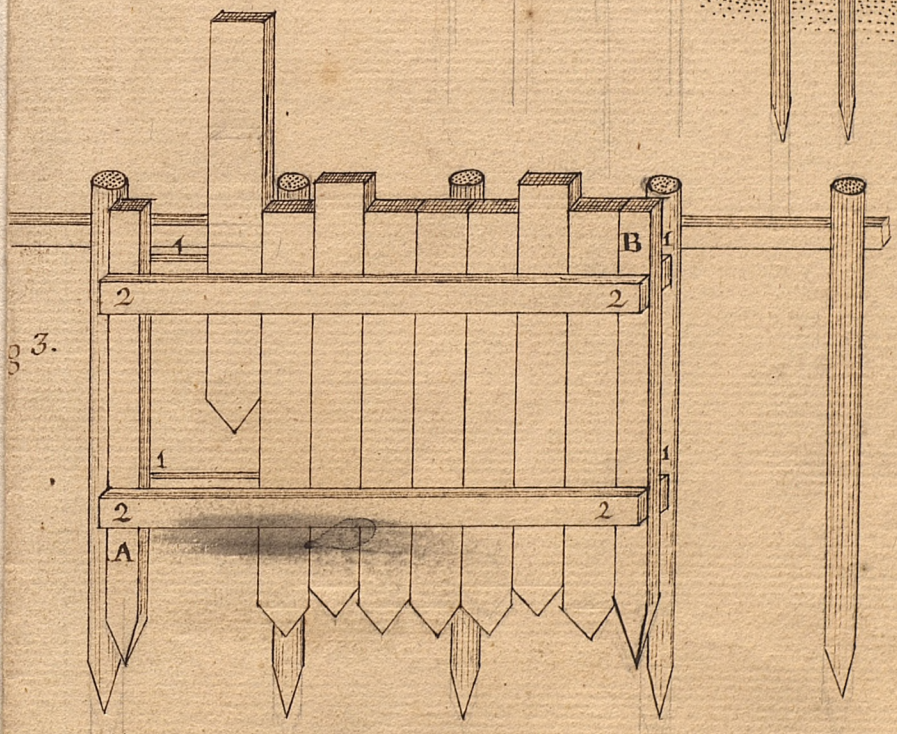
Lam. 10



Lam. 11.

Fig. 4

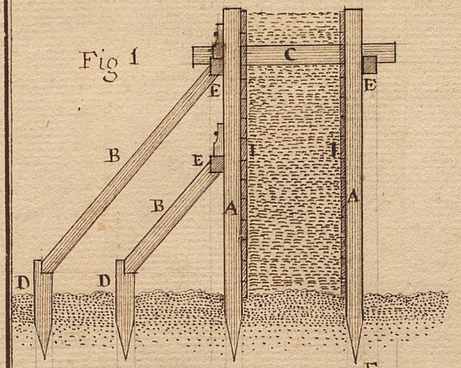




g 3.

Lam. 11.

Fig 1



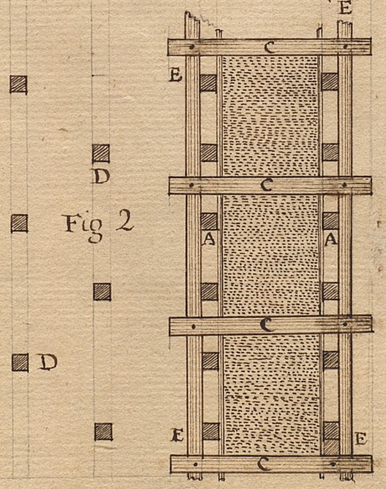


Fig 2

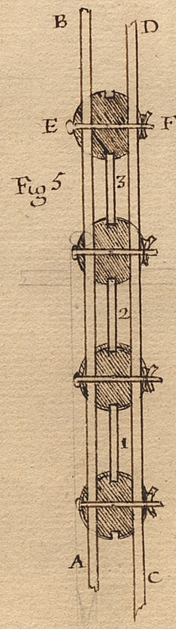


Fig 5

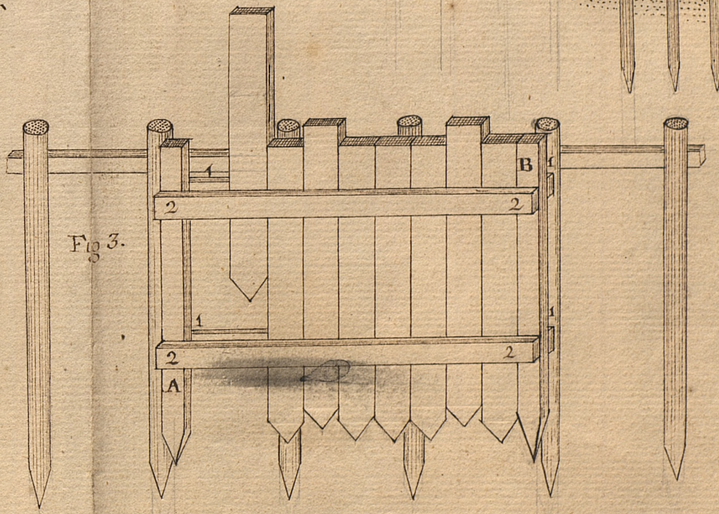


Fig 3.

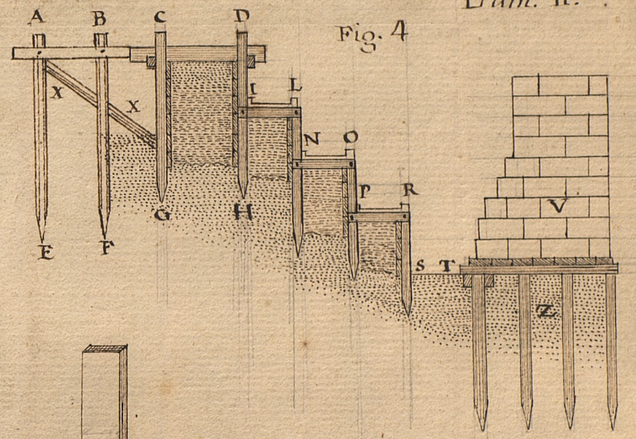
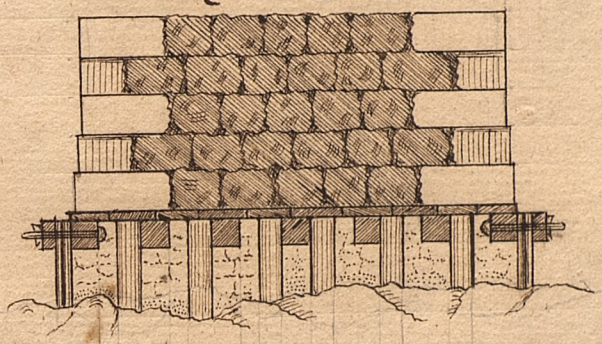
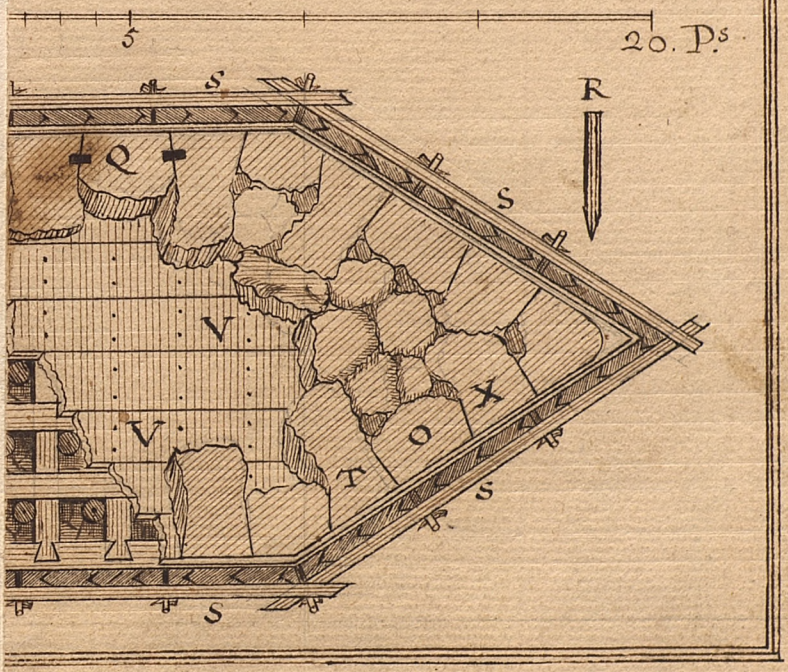


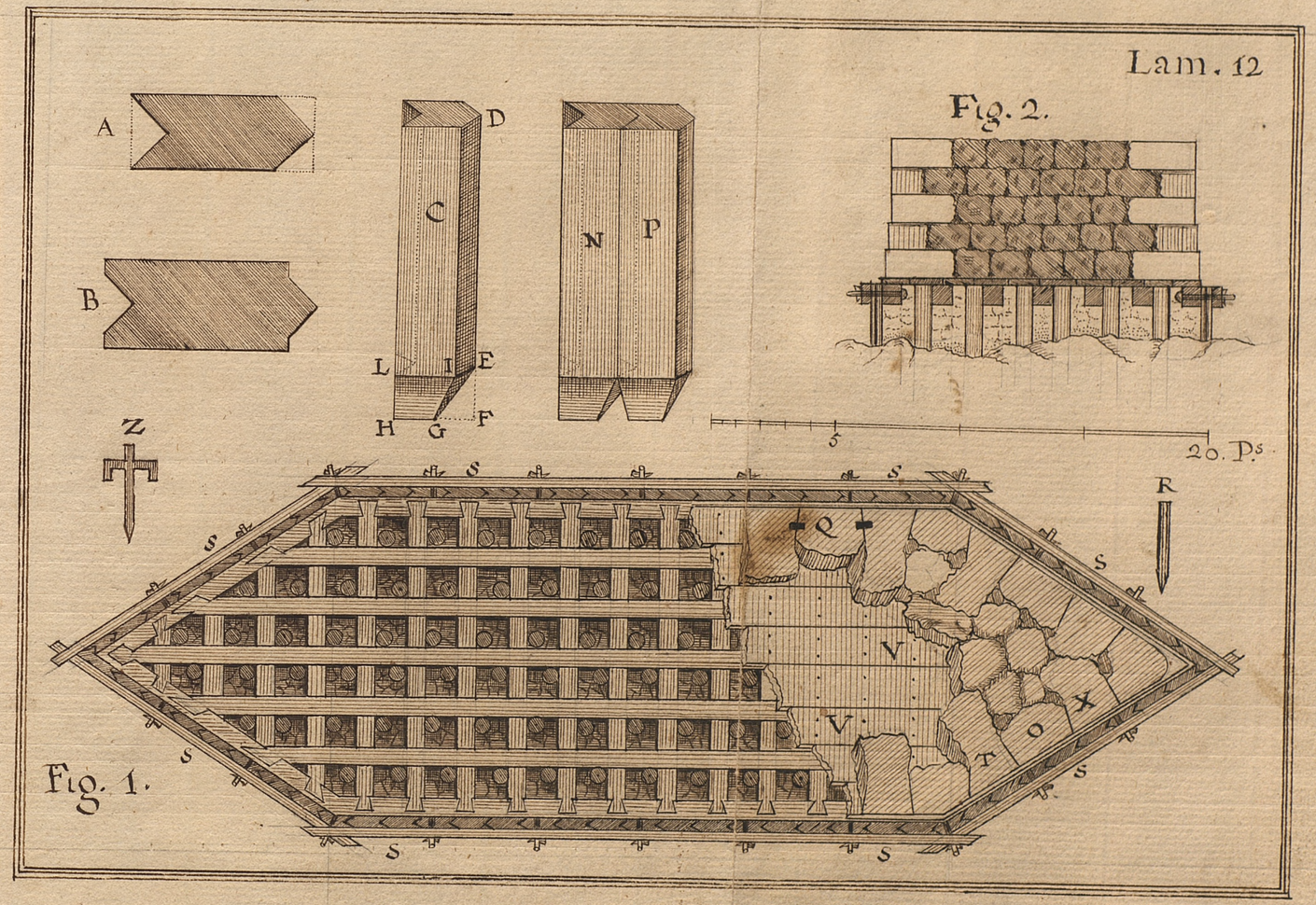
Fig. 4

Lam. 12

Fig. 2.






Lam. 12
Fig. 2.
A
B
C
D
L
I
E
H
G
F
N
P
5
20. Ps
Z
R
S
Q
V
X
O
T
Fig. 1.

Lam. 13.

30 Pies.

Fig 3.

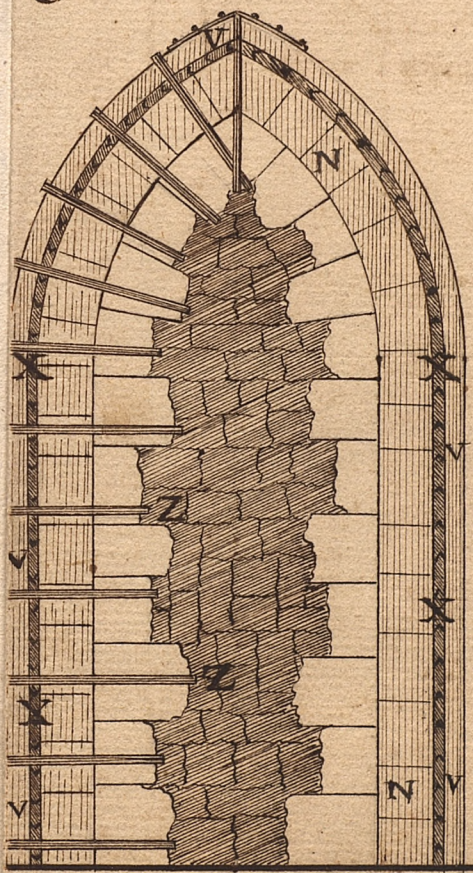
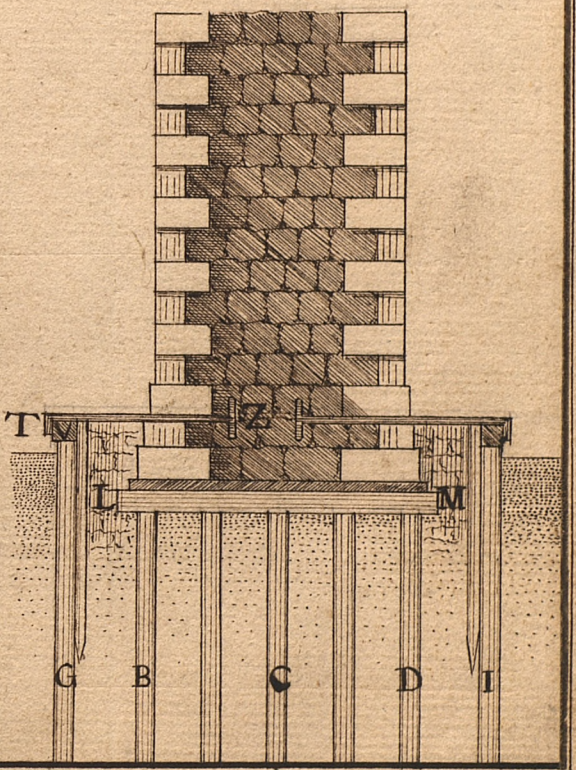
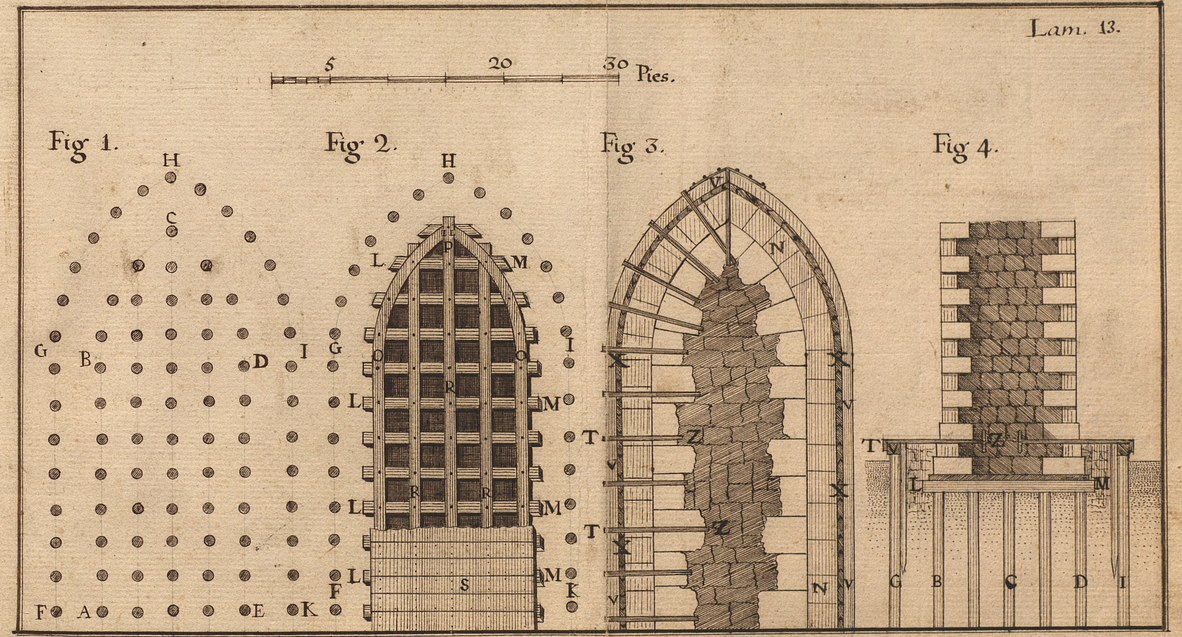


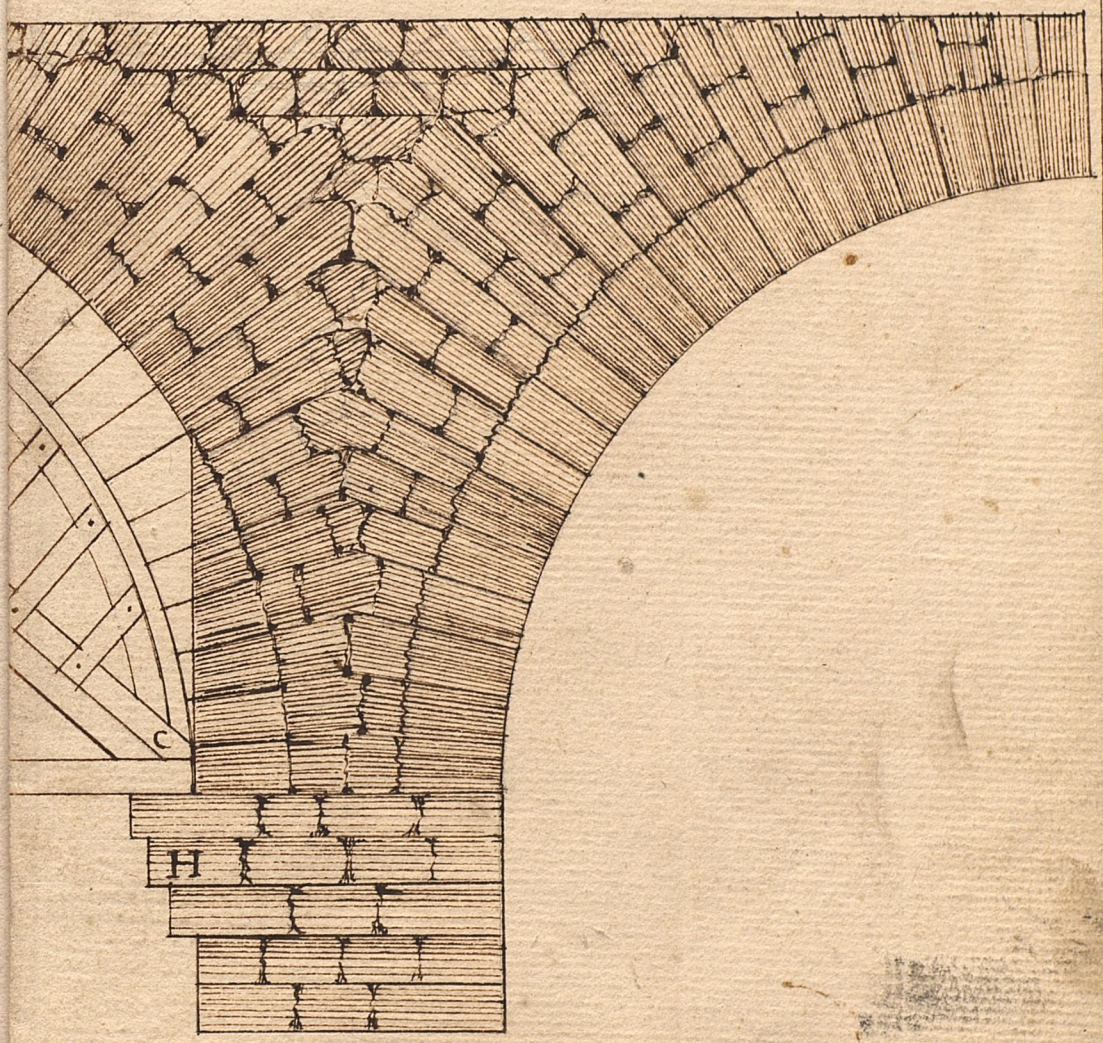
Fig 4.



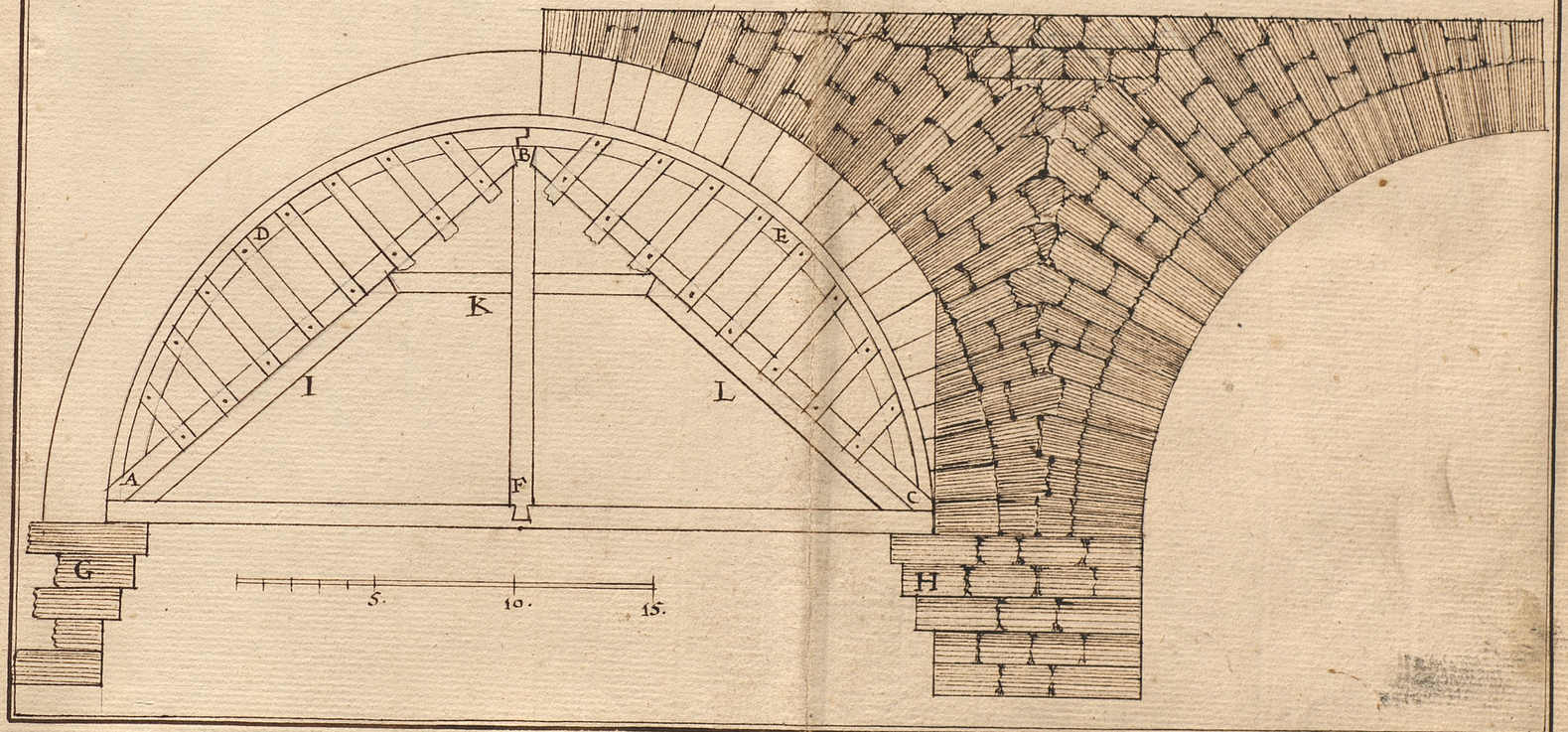
Lam. 13.



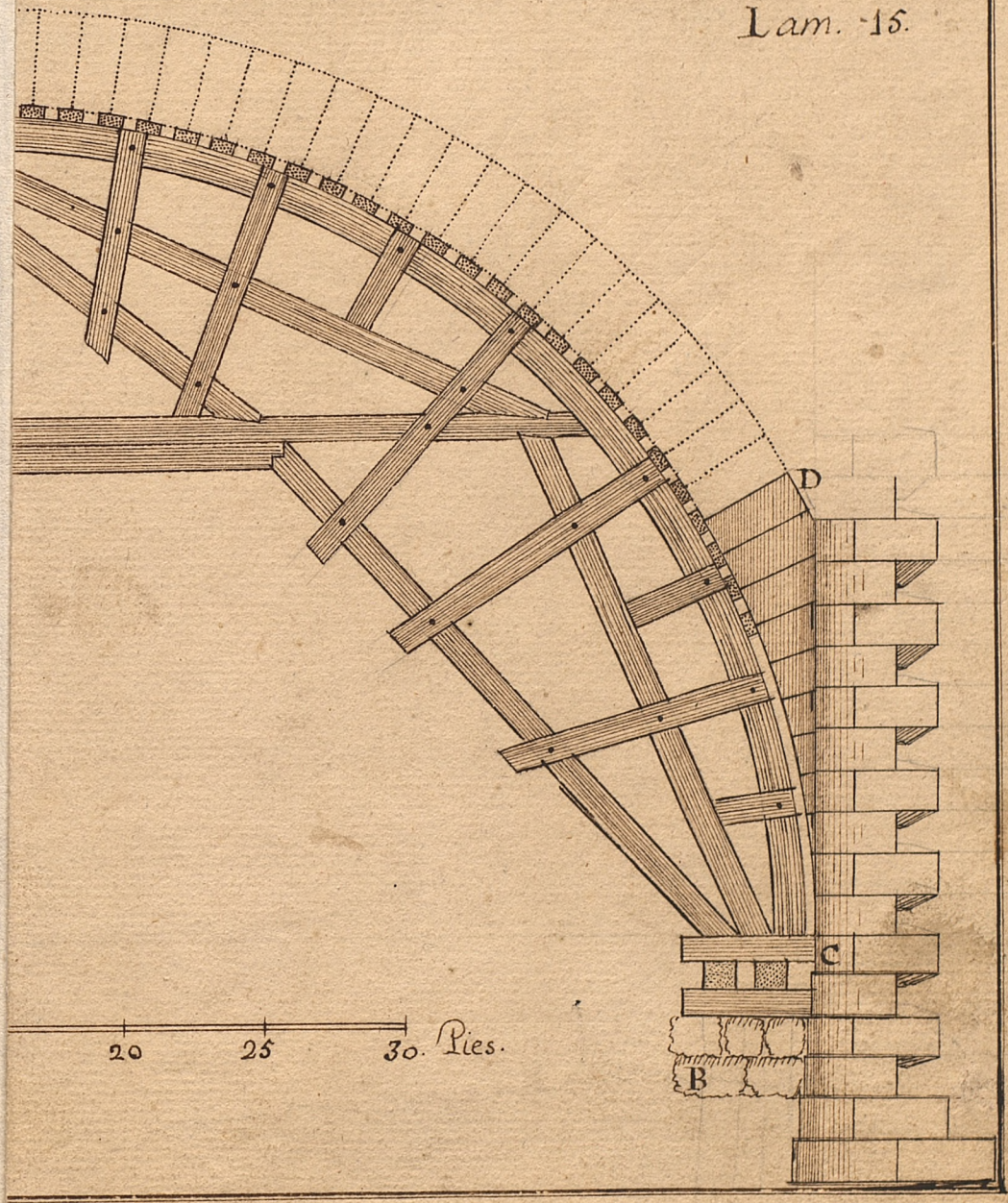
Lam. 14.



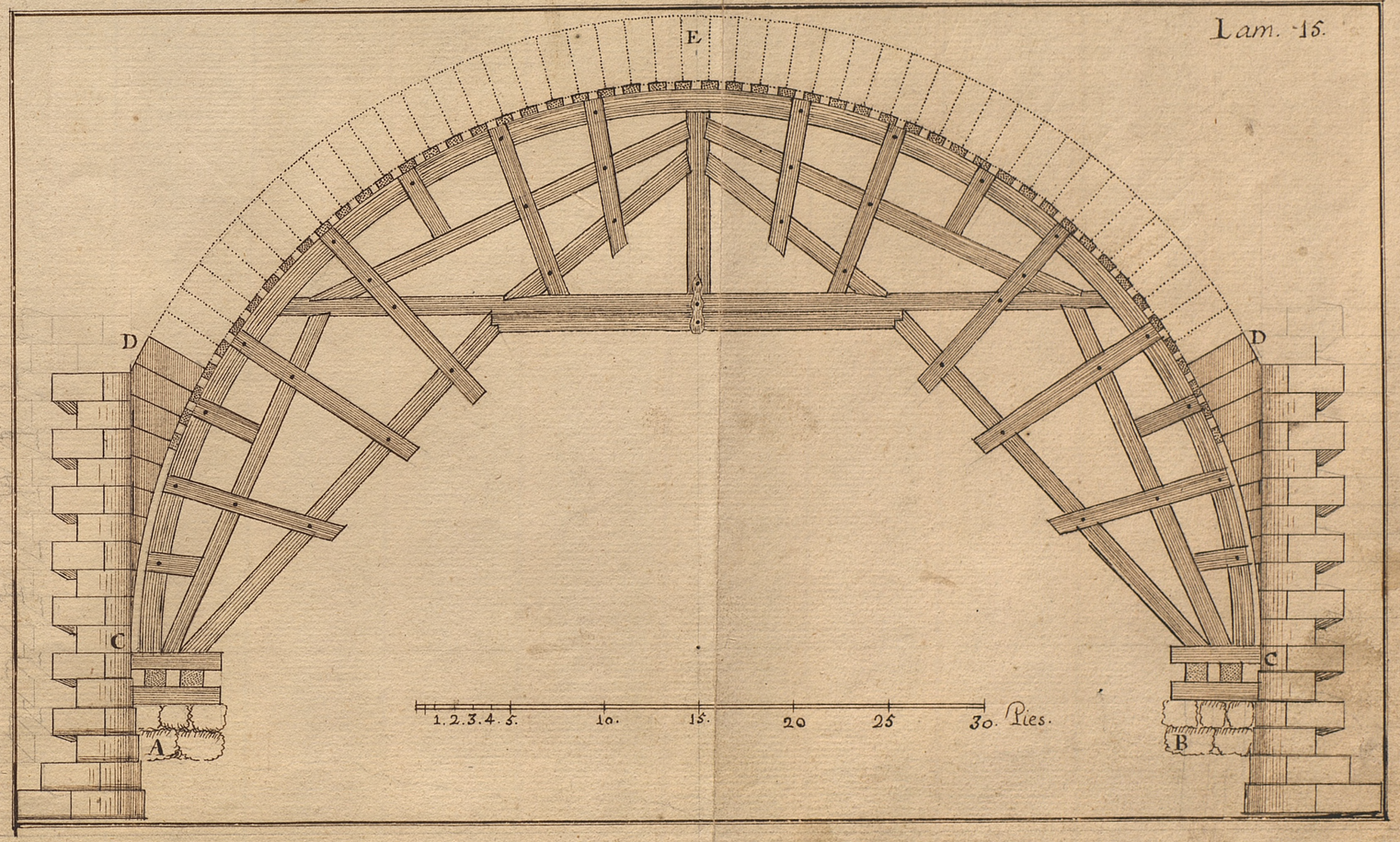
Lam. 14.



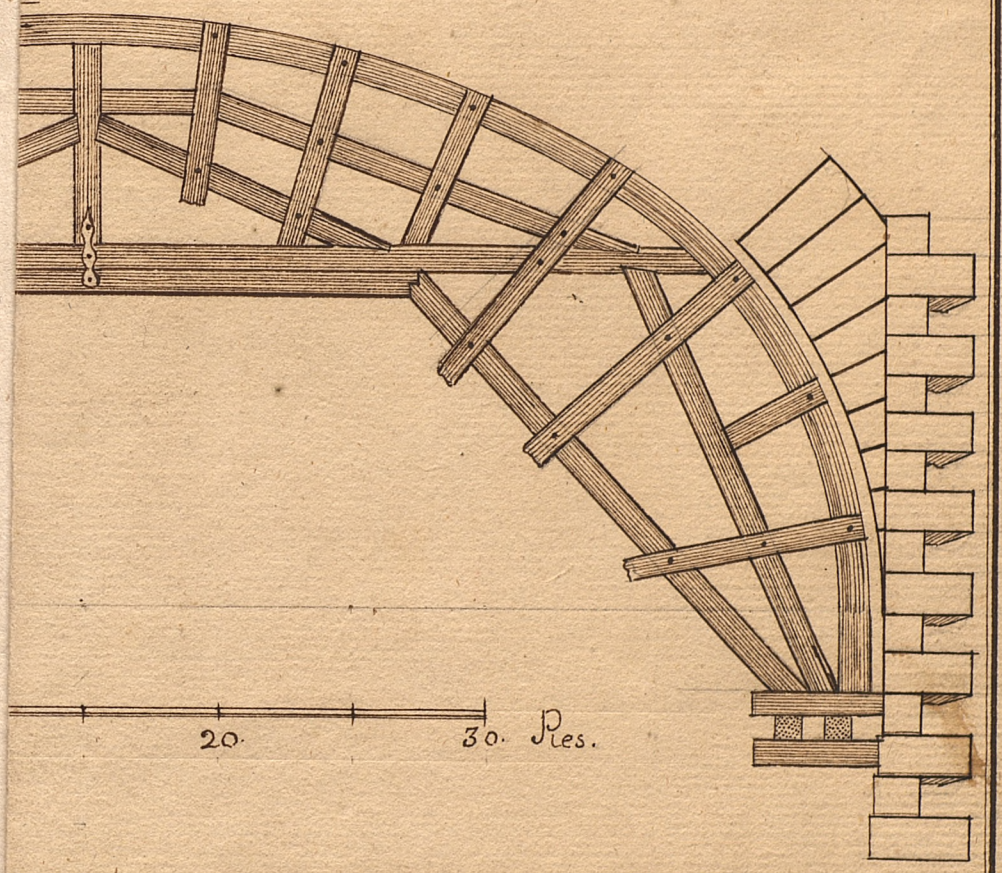
Lam. 15.



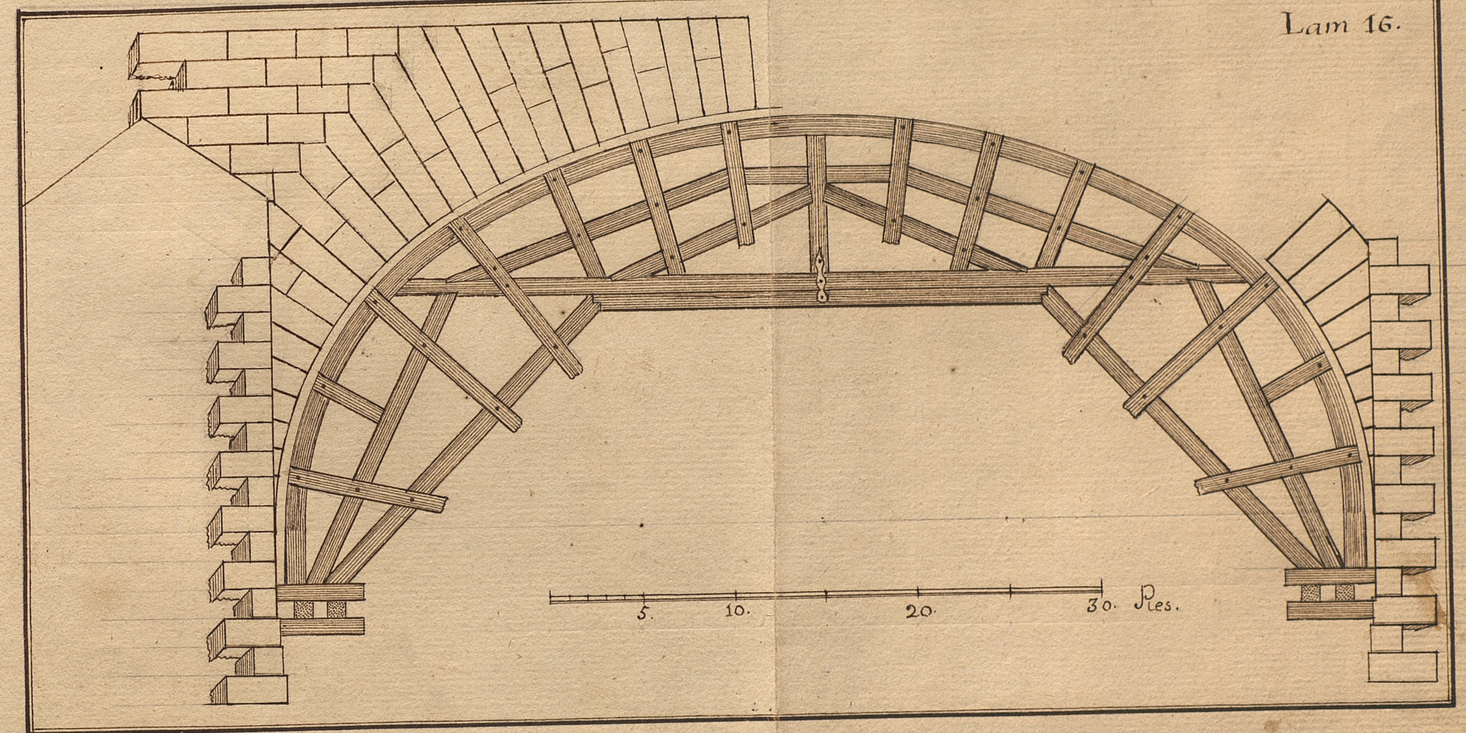
Lam. 16.



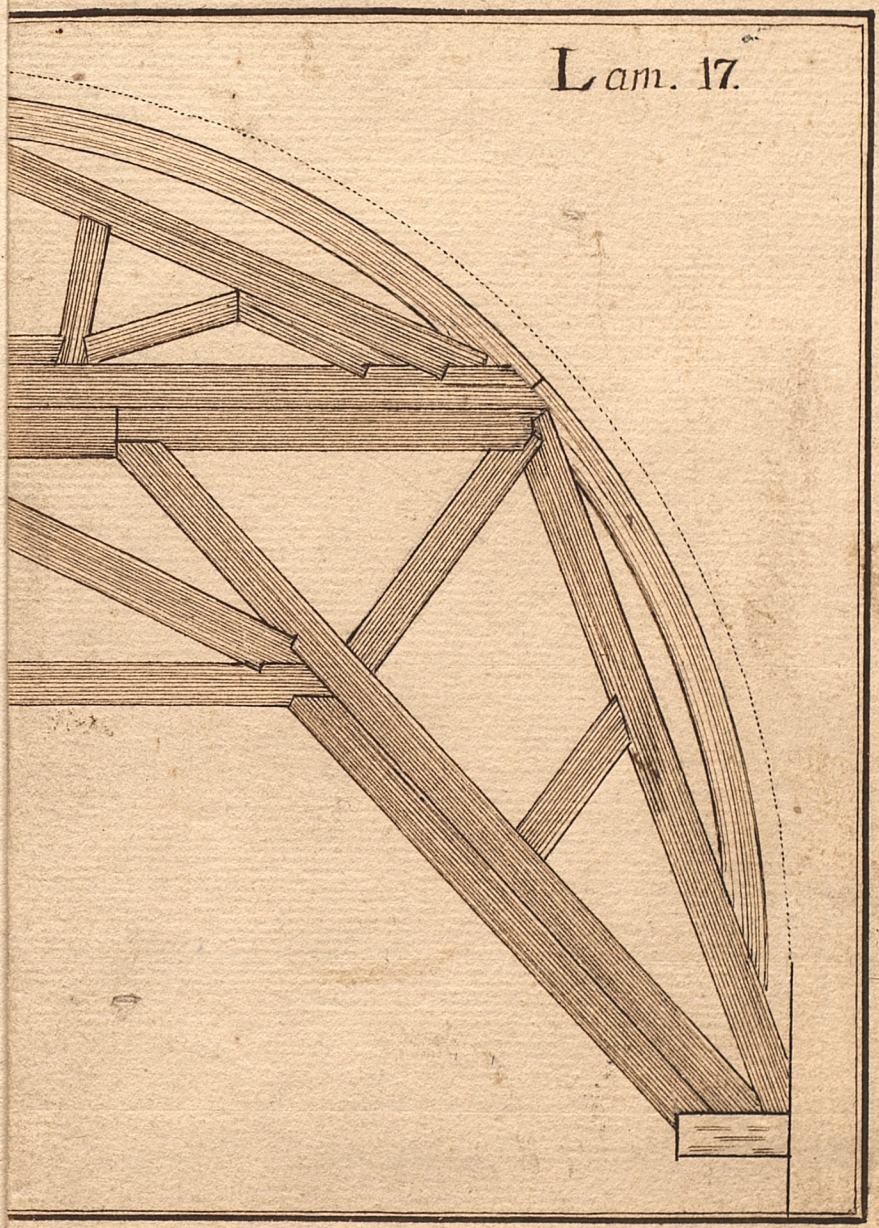
Lam 16.



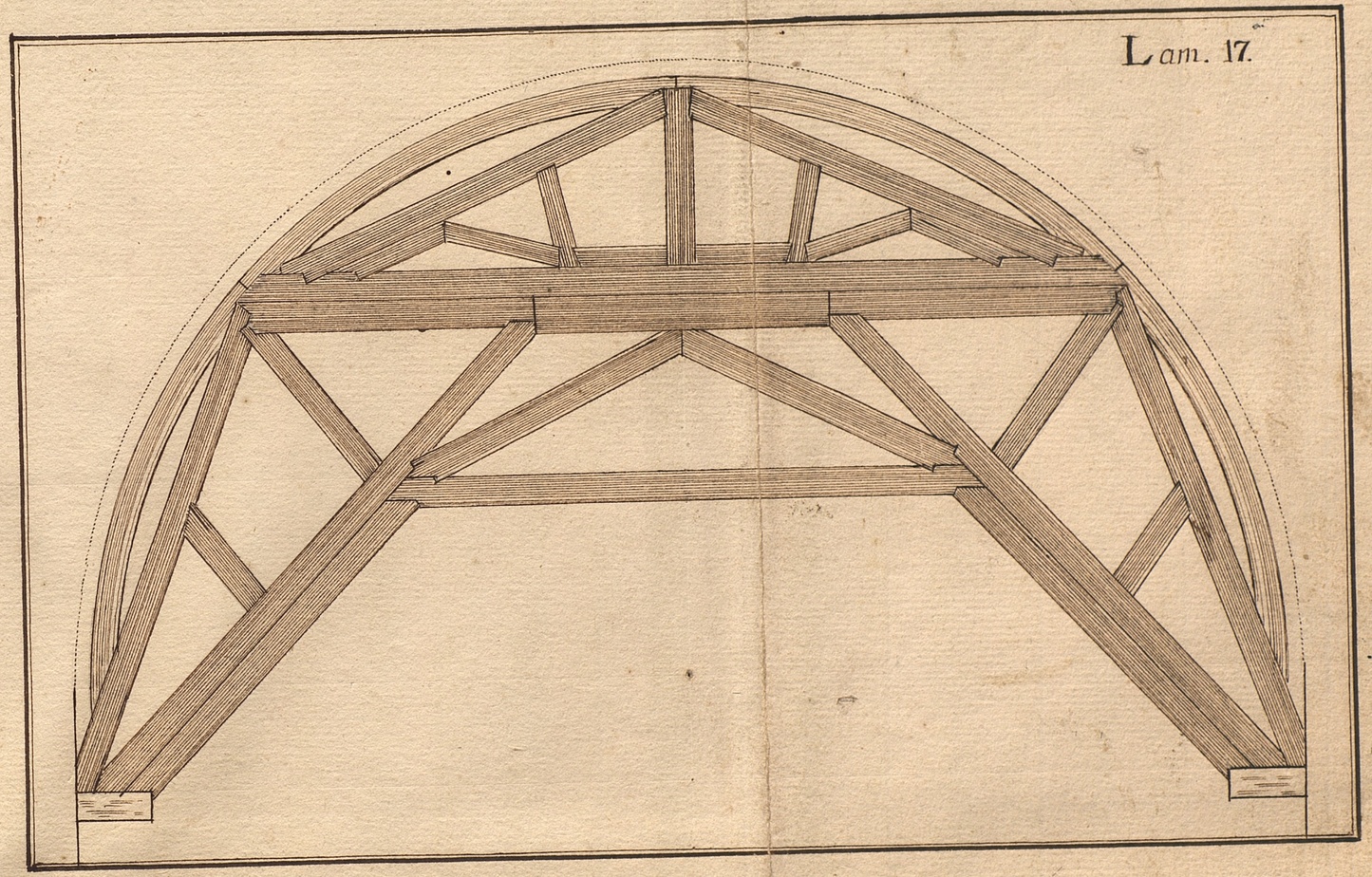
Lam 16.



Lam. 17.

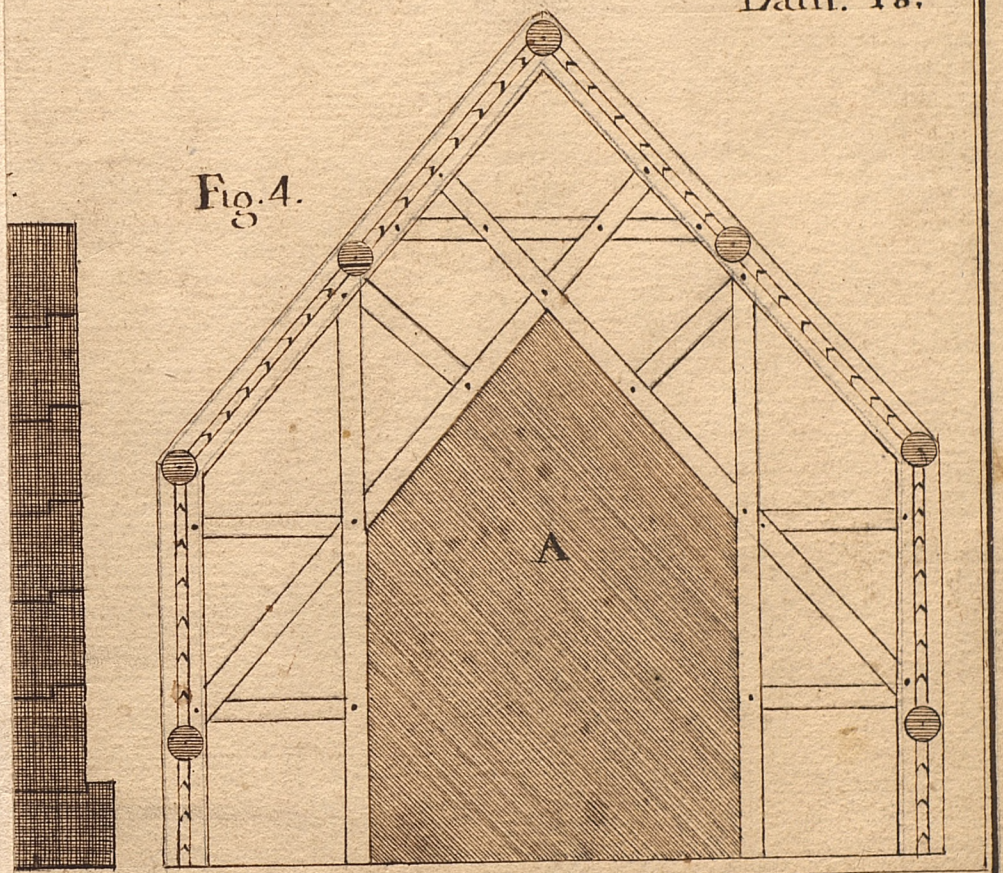


Lam. 17.



Lam. 18.

Fig. 4.



Lam. 18.

Figura 1.

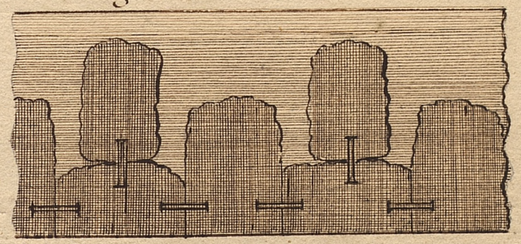


Figura 2.

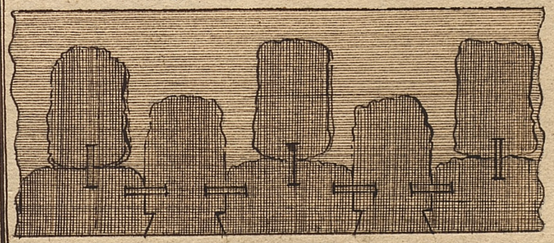


Figura 3.

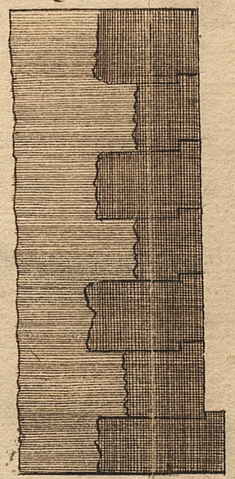
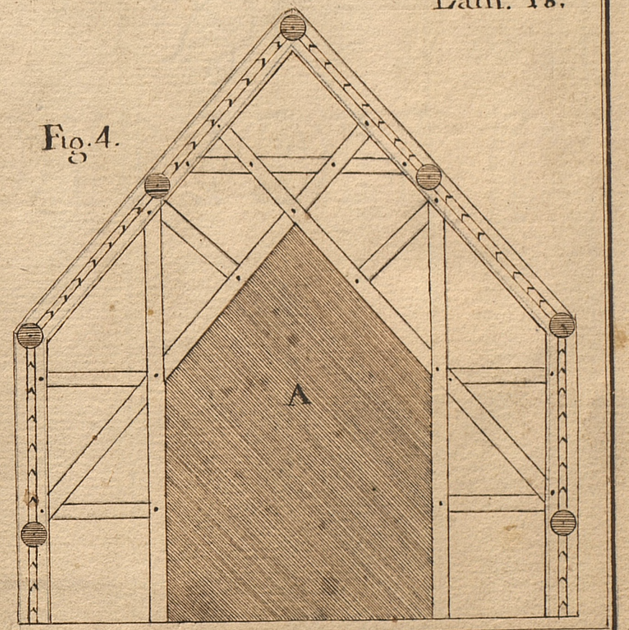
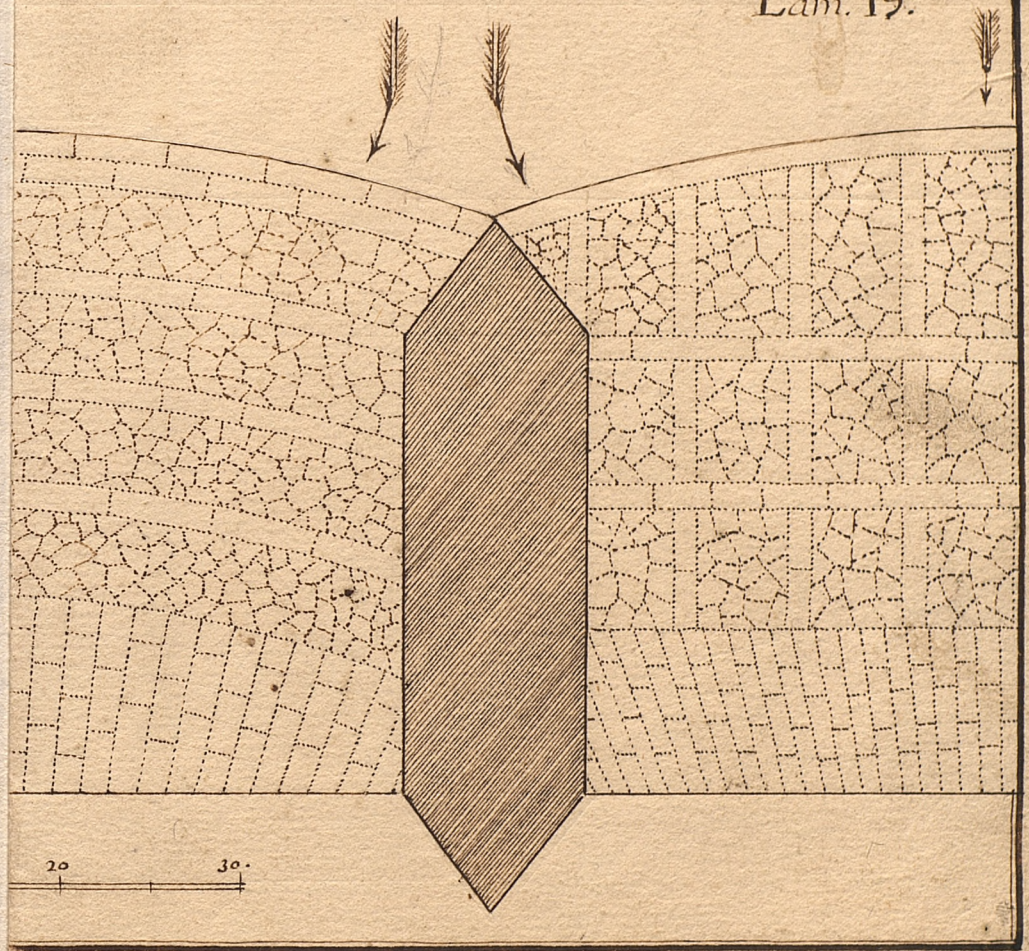


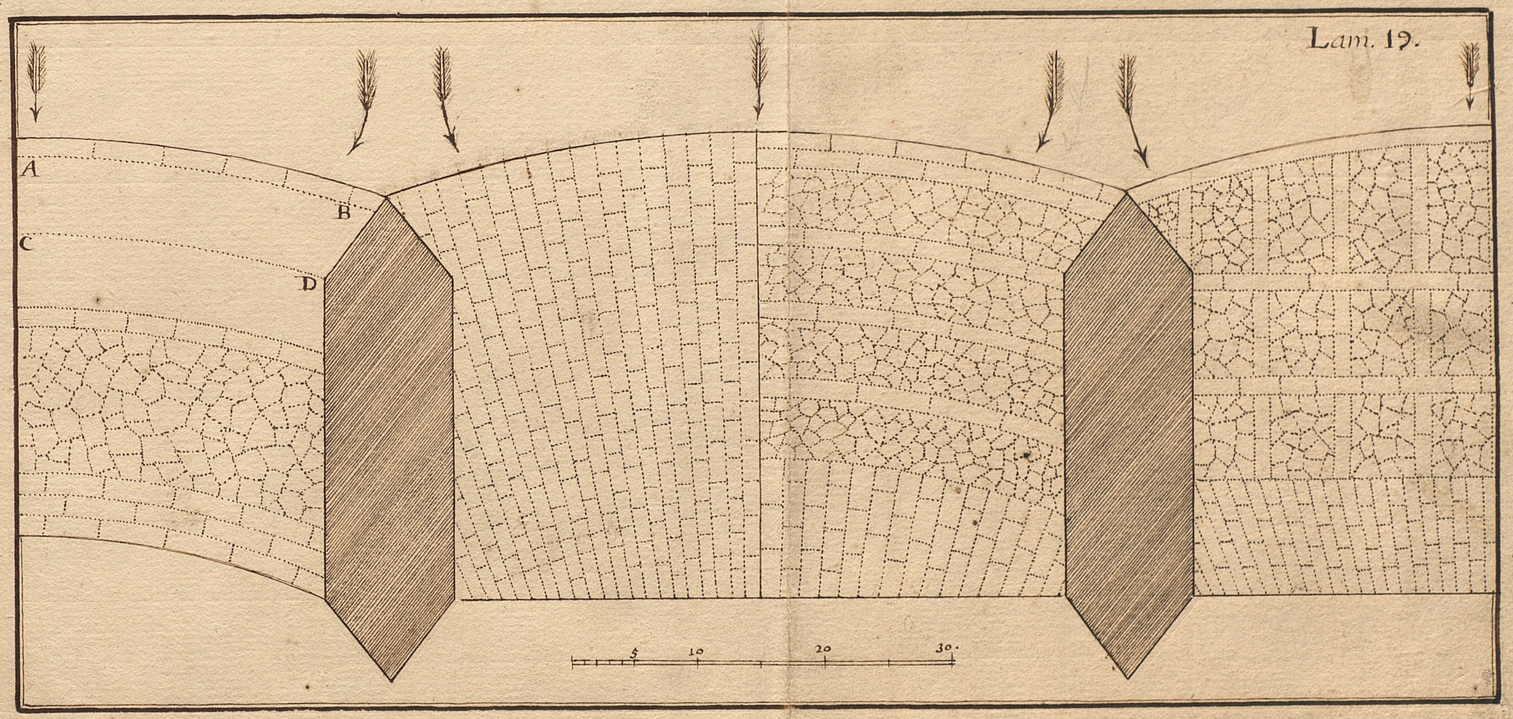
Fig. 4.



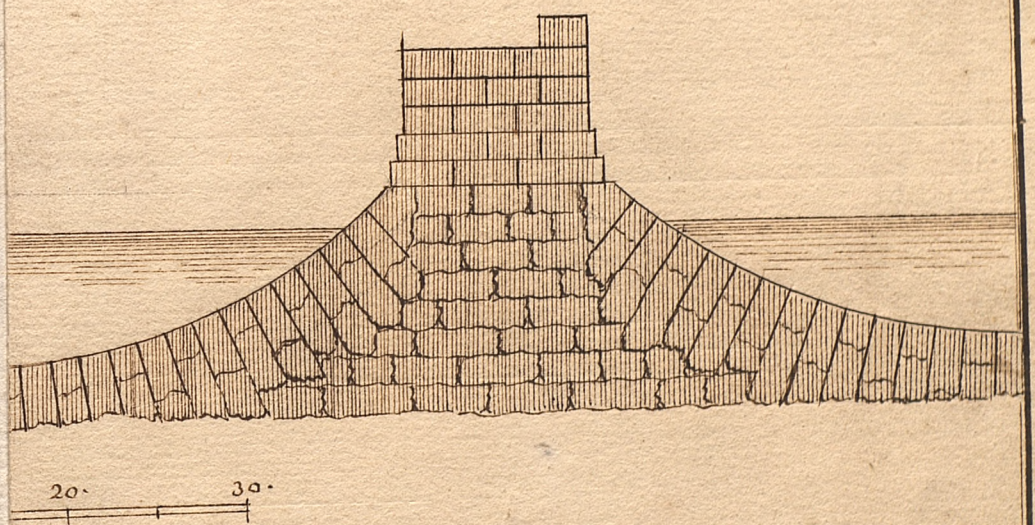
Lam. 19.



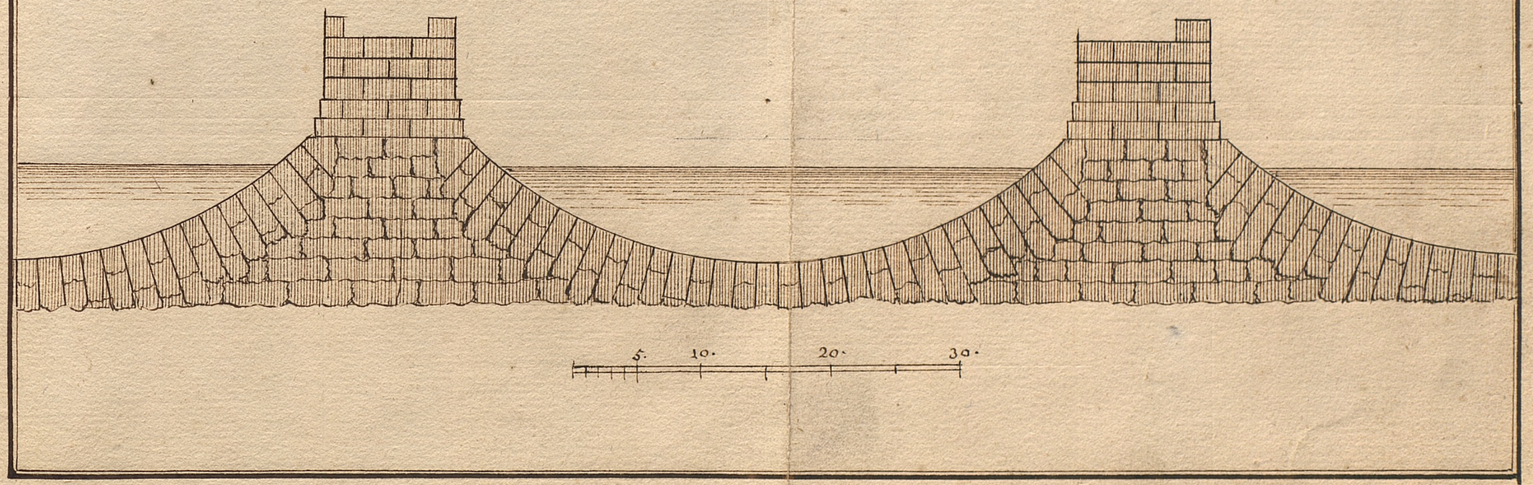
Lam. 19.



Lam. 20.



Lam. 20.




Lam. 21.
E
I
L
F
M

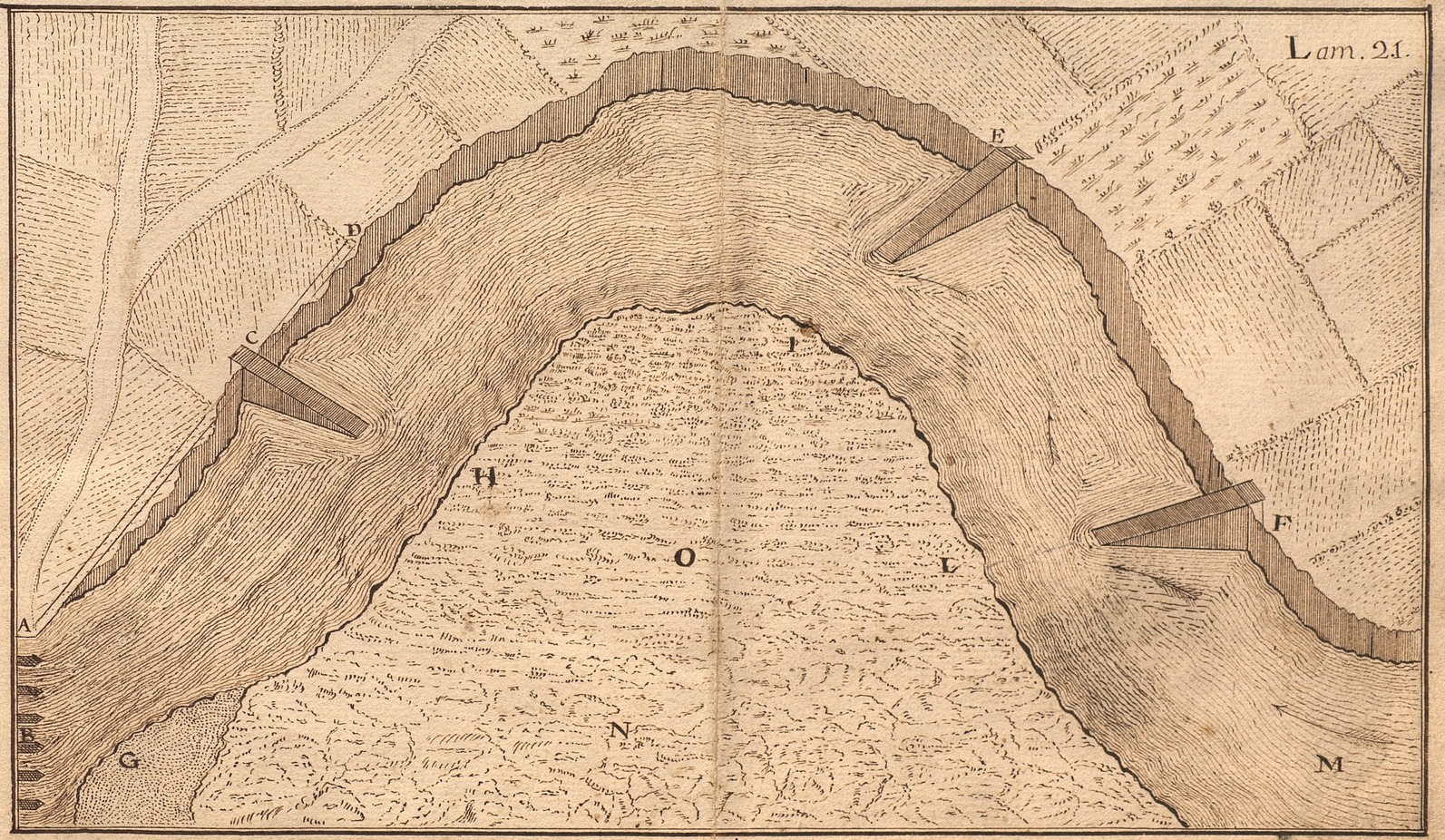

Lam. 21.
A
B
C
D
E
F
G
H
I
L
M
N
O

TABLA
DE LO CONTENIDO ENESTE LIBRO.

TRATADO. I.

Discurso Preliminar alas fabricas de los Puentes.....Fol. 1

Capitulo 1. Como se halla el centro de la gravedad en algunas figuras....12.

Seccion primera.

Seccion segunda.

Seccion tercera.

Seccion quarta.

Capitulo 2. Examinase la situacion delos cuerpos graves respecto asus lineas de direccion.....21

Capitulo 3. Tratanse algunos principios de la

Mechanica ..... 23.
Seccion primera.
Seccion segunda.
Seccion tercera.
Capitulo. 4. Modo de calcular la pujanza de los terrenos contra las murallas 32
Seccion primera.
Seccion segunda.
Seccion tercera.
Seccion quarta.
Captulo 5. Donde se trata otro diferente discurso sobre la pujanza de los terrenos. 48
Seccion primera
Seccion segunda.
Capitulo 6. conclusion de este tratado y de los discursos antecedentes. 54
Tabla para arreglar el grueso que &c. 58

TRATADO II.

Del empujo de los Arcos.....66

Capitulo 1. Examinase el empujo de los Arcos.....70

Seccion primera.

Seccion segunda.

Capitulo 2. Enseñase como se halla el grueso delos pies derechos Para que esten en equilibrio con la pujanza delos Arcos que deven resistir.....89

Exemplo primero.

Exemplo segundo.

Exemplo tercero.

Exemplo quarto.

Exemplo quinto.

Seccion primera.
Seccion segunda.
Seccion tercera.
Capitulo 3. Sobre los Arcos de los Puentes..... 117
Exemplo primero.
Exemplo segundo.
Tabla primera que muestra el grueso de los pilares y cepas para los Puentes segun todos los diametros de medio punto &c..... 132
Tabla segunda que determina el grueso de los pilares y cepas para los Puentes segun todos los diametros elipticos &c. 140

TRATADO III.

Del conocimiento delos materiales sus propiedades y el modo de ponerlos en obra..... 148

Capitulo 1. Demuestranse las calidades de diferentes generos de piedra..... 149

Capitulo 2. Calidades del Ladrillo y modo de fabricarle..160

Capitulo 3. Calidades de la cal y modo de apagarla.....168

Capitulo 4. Delos generos y calidades de Arenas..... 177

Capitulo 5. Dela mezcla dela cal y composicion del mortero..... 182

Capitulo 6. Dela madera y sus Calidades 197
Capitulo 7. Del modo de examinar la fuerza dela madera 207

TRATADO IV.

Capitulo 1. Maximas preliminares al Proyecto delos Puentes .. 216
Capitulo 2. Sobre el establecimiento de trabajar en los Puentes 231
Capitulo 3. Del Proyecto de los Puentes 239
Capitulo 4. Delas tomas 253
Capitulo 5. Delas Plantas firmes para los Puentes 266
Capitulo 6. Otra Disposicion de Plantas Artificiales 279
Capitulo 7. Delas Cimbrias para

executar los Arcos de los
Puentes 281
Capitulo 8. Sigueſe la fabrica de los
Puentes deſpues de ſacadas
las plantas y ſentadas las
cimbrias 297
Capitulo 9 De las reparaciones de
los Puentes 311
Capitulo 10. Sobre la reparacion
De las Manguardias 314
Seccion primera.
Del curſo de los Rios ſegun ſu
ancho profundo y pendiente ... 316
Seccion ſegunda.
Que accion tenga el corriente
de un Rio ſobre el fondo y ſus
margenes 317 331

Seccion tercera.

Porque razon se lebantan las madres delos Rios 336

Seccion quarta.

Otras novedades que se hallan en el curso delos Rios....337

Capitulo 11. Sobre contener y apartar los Rios del perjuicio q̂ hacen en el terreno sin manguardias de cal y canto.....347

FIN.

Al folio 281. linea 18 mayor solidez. * falta añadir lo siguiente= esto es sin dexar huecos ni falsias ni cuñas de madera entre piedra y piedra: con una lechada de cal y una simple junta de vnion es bastante apegar y hacerse la fabrica tan vna y maciza que venga a ser con el tiempo de vna sola piedra. No se d&

91.



