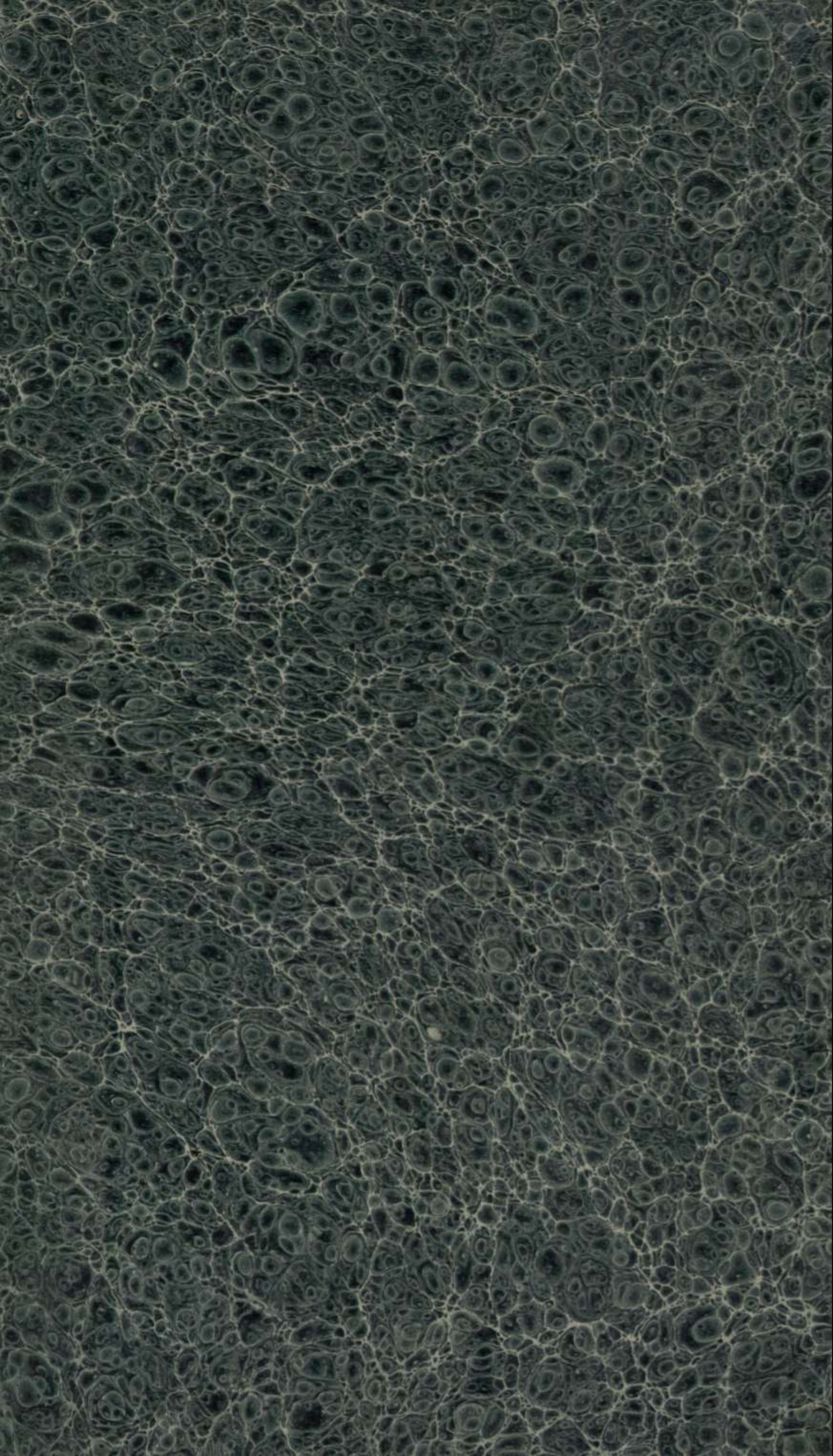
BARRA. CONSTRUCCION DEL FIRME DE LOS CAMINOS 1841

16



ПЕ 80388

40 C 16

MEMORIA

SOBRE LA CONSTRUCCION DEL PAVIMENTO

Ó FIRME DE LOS CAMINOS.

POR DON FRANCISCO XAVIER BARRA.

Construccion del firme de los

POR ORDEN SUPERIOR.

MADRID EN LA IMPRENTA REAL

AÑO DE 1826.

8-3.a

INDICE

DE LO CONTENIDO EN ESTA MEMORIA.

Método que seguian los romanos para construir el pavimento ó firme de los caminos..... 9

Método que se ha seguido en España para construir el pavimento ó firme de los caminos..... 28

Sobre la montea que se debe dar al pavimento ó firme de los caminos..... 36

Modo como se debe construir el pavimento ó firme de los caminos..... 42

De las diferentes clases de piedras que pueden servir para construir el pavimento ó firme de los caminos, y del uso mas conveniente que puede hacerse de cada una..... 56

Examínase si seria mas conveniente y adaptable el sistema de construccion romana que el que se usa modernamente para formar el pavimento ó firme de los caminos..... 76

1. Despues de haber tratado sobre el modo de formar la explanacion de un camino, resta ahora decir cómo se debe construir el pavimento, ó el firme, como decimos en España. Generalmente se han tomado por modelo en este punto los caminos romanos y con sobrado fundamento; pero se ha procedido con la equivocacion de creer que los romanos usaban de sus caminos en el mismo estado en que se han encontrado los restos de ellos en los tiempos modernos. Paladio, hablando de los romanos y de sus caminos, dice: „Y asi como „en todos los edificios antiguos se observa que „para llevarlos al mas alto punto de perfeccion, „no perdonaban cuidado ni gasto; del mismo modo „en la alineacion y ordenamiento de los grandes „caminos obraban de modo que se echase de ver „el mismo espíritu de grandeza y de magnificen- „cia, que era como el alma de sus obras: y esto „era hasta tal punto, que para que resultasen cómodos y cortos, agujereaban montañas, deseca- „ban lagunas, terraplenaban valles, y construian „puentes sobre los torrentes y precipicios." Ha-

ciendo despues la descripcion de los caminos romanos, dice tambien: „Los antiguos disponian sus „caminos de dos diferentes maneras; los unos se „empedraban, y los otros se cimentaban con are„na y grava. Los primeros constaban de tres fajas, „segun se ha observado en los vestigios que nos „han quedado: la faja del medio, que servia para „las gentes de á pie, estaba un poco mas elevada „que las otras dos, y con montea en el medio, de „modo que las aguas no pudieran detenerse, la „empedraban á la rústica, del modo que hemos en„señado en el cap. 9 del primer libro; y esta ma„nera de empedrado se hacia con una falsa escua„dra ó cartabon de plomo, que se abria y cerraba „segun el lado y ángulo de cada piedra; y por este „medio las unian perfectamente y en poco tiem„po. Las otras dos fajas, que estaban un poco „mas bajas, las cubrian con arena y grava menu„da, por las cuales caminaban las caballerías con „mucha comodidad: cada una de estas fajas no „tenia de ancho mas que la mitad de la del cami„no empedrado, del cual estaban separadas por „hiladas de piedras sentadas de canto; y guardando „un cierto intervalo, estaban colocadas unas pie„dras grandes de una altura acomodada para mon„tar á caballo, porque los antiguos no conocian el

„uso de los estribos..... Los caminos de la segunda „especie, esto es, los que se componian solo de „arena y grava menuda, tenian un poco de mon- „tea en el medio, de modo que no pudiendo el „agua detenerse, y siendo el fondo de materia „dispuesta á secarse, permanecian siempre limpios „de lodo y sin polvo."

2. Es preciso confesar que esta idea que da Paladio de los caminos romanos, es mezquina; porque suponiendo que la faja del medio empedrada, que es la parte principal del camino, tuviera 16 pies de ancho (que es el mayor que dice Paladio en otro lugar que daban á los caminos), y que la destinaban los romanos para las gentes de á pie, resultaria luego á cada lado una faja de ocho pies de ancho, por donde habian de pasar todos los carruages destinados para la agricultura, todos los destinados para la guerra y conduccion de sus grandes máquinas, todos los que servian para la conduccion de víveres, mercaderías y grandes piedras y pesos, para viajar, para correr la posta &c.; debiendo contar con que los romanos tenian para cada uno de los usos expresados diferentes especies de carruages. Sin embargo de esto, Paladio no hace mencion alguna de ellos, sino solo de transeuntes de á pie y de á caballo; de modo que la idea que

da de los caminos romanos, es muy propia para haberse formado al principio de la edad moderna, al renacimiento de las luces y de la civilizacion, en que no habia noticia de nada de lo pasado, y no se conocia otro modo de viajar y trasportar que el de á pie y á caballo; pero de ningun modo conviene con lo que el mismo Paladio tiene dicho en general de los caminos romanos, ni con aquella grandeza y magnificencia que tenian en todas sus cosas, llevada á tal grado, que apenas se puede concebir en el dia.

3. El que quiera formarse una idea bastante cabal de los caminos romanos, debe leer una obra que publicó Nicolas Bergiere, en Francia, á principios del siglo XVII, intitulada: *Historia de los grandes caminos del imperio romano.* Este erudito y laboriosísimo frances registró para componer su obra todos los autores latinos, prosistas y poetas; examinó medallas; reconoció antigüedades, y no perdonó medio alguno para adquirir noticias sobre el asunto; haciendo uso de todas con una crítica juiciosa, de tal suerte, que puso en claro el número de caminos construidos, la manera de su construccion, los fondos y medios de que se valian para hacerlos, sus adornos laterales, como miliarias, inscripciones, templos, casas de campo, sepulcros, po-

sadas, casas de postas, con el gobierno de estas y modo de correrlas &c. Y puede asegurarse que es una de las pocas obras que dan una idea exacta de la grandeza, poder é ilustracion de los romanos. Por lo que hace á mi intento, haré solo una breve recapitulacion ó extracto de lo que dice acerca del modo como los romanos construian el pavimento ó firme de los caminos.

Método que seguian los romanos para construir el pavimento ó firme de los caminos.

4. Nicolas Bergiere dice que segun lo que resulta de la historia romana y de los escritores de aquella época, los romanos tuvieron en los primeros tiempos tres clases de caminos: unos naturales meramente de tierra, que solo estaban marcados por las rodadas de los carruages que los transitaban, y que solo estaban en buen estado en estaciones secas; otros, cuyo piso estaba afirmado solamente con grava ó guijo; y otros que estaban empedrados con pedernal. La manera comun de trabajar en los grandes caminos fue de hacerlos de empedrado dentro de la ciudad de Roma, y fuera, esto es, en los campos, con grava ó guijo, que los autores unas veces llaman *glaream* y otras *arenam.*

Los primeros vestigios de esto se hallan en el tiempo del Consulado de Sp. Posthumio Albino y Q. Mucio Scévola por el año 579 de la fundacion de Roma, porque en este año fue cuando Q. Fulvio Flaco con A. Posthumio, Censores, pusieron por la primera vez á pública subasta las obras de las calles de Roma y de los grandes caminos en los campos, y las adjudicaron con la condicion de empedrar con pedernal dentro de Roma, y de engravar fuera en el campo. Tito Livio nos da testimonio de esto en el 41 de sus anales, diciendo: *Q. Fulvium Flaccum et A. Posthumium Alvinum, Censores, vias sternendas silice in urbe, et extra urbem glarea substruendas marginandasque, primos omnium locavisse.*

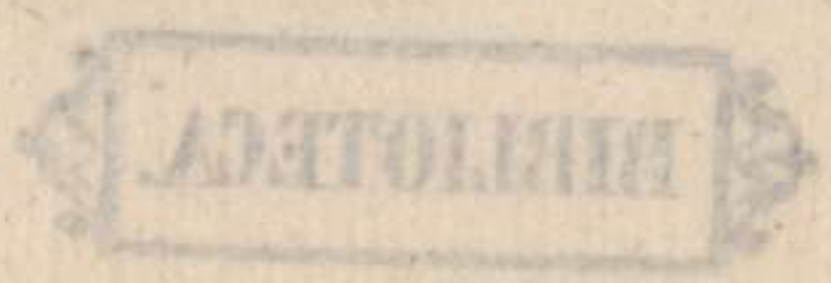
5. Pero como desde este tiempo empezaron á conocer que los grandes caminos hechos de simple grava ó guijo, no podian subsistir largo tiempo, ni soportar los esfuerzos del tiempo y del carreteo; de modo que para mantenerlos en buen estado era preciso repararlos incesantemente, esto dió ocasion á los Censores y otros Magistrados que sucedieron á aquellos para abandonar por débil este género de obra, y buscar los medios de hacer otros caminos mas firmes, mas sólidos y mas duraderos. No desterraron totalmente la grava, porque siempre hi-

cieron uso de ella para formar la superficie de sus grandes caminos; sino que para hacer la obra de duracion contra todo esfuerzo, les ocurrió fundar, sostener y fortificar la expresada grava, poniendo debajo de esta muchas piedras, guijarros, mampuestos y mortero de cal, disponiéndolo con cierto orden, y colocándolo en diversos lechos ó capas distintas las unas de las otras; y lograron con esta invencion que lo que no podia durar sino muy poco tiempo, resistiese, como ha resistido por medio de tal fundacion y afirmamiento, centenares de años; lo cual practicaron principalmente despues que la soberanía de la República Romana cayó en manos de Augusto y de sus sucesores en el Imperio.

6. En la estructura de los grandes caminos romanos hay muchas cosas dignas de admiracion; pero la que lo es mas que todas, está en la cantidad casi increible é incomprensible de las materias que estan ocultas y encerradas bajo la superficie de ellas. Sin embargo de esto hay pocos autores que nos las hayan dado á conocer distintamente, y segun el orden con que estan colocadas. Porque como los expresados caminos estan compuestos de muchas materias, colocadas las unas en lo interior y las otras exteriormente, la mayor parte de los que han escrito sobre ellos se han contentado con descri-

birnos la superficie, diciendo si eran de engravado ó empedrado; pero en cuanto á las materias interiores concluye Bergiere: ,,es necesario que yo con-
„ fiese que hasta ahora no he podido encontrar
„ ningun autor que me dé otro conocimiento de
„ ellas, sino por mayor y en términos generales,
„ sin distinguir el orden que tienen las materias
„ que se encuentran en diferentes capas, y sin asig-
„ nar á cada capa un nombre por el que se pueda
„ distinguir de las demas." Con efecto, Vitruvio, el único y el que mas principalmente podia hablar de esto, no dice ni una palabra sobre la construccion de caminos.

7. Acosado de esta dificultad el infatigable Bergiere, dice que se acordó de lo que habia leido anteriormente en la Historia natural de Plinio y en las obras de Vitruvio, acerca de la gran cantidad de materias que los romanos empleaban para formar los pavimentos de las salas, alcobas, gabinetes, galerías &c. de las casas que construian, y que las distribuian por capas colocadas por cierto orden, dándo á cada una de ellas un nombre. De aqui dice vino á conjeturar que si solo para aguantar el peso de algunos muebles, y el rozamiento de los pies de los que andaban ó se paseaban por los tales pavimentos, empleaban los antiguos arquitectos tantas ma-



terias, con mucha mayor razon era preciso, que la superficie de los grandes caminos estuviese fortificada interiormente de algunos materiales mas sólidos y en mucha mayor cantidad, atendiendo á que esta superficie se formaba para ser perpetuamente trabajada por el carreteo, y para aguantar pesos de todas clases, como vigas, piedras, columnas, obeliscos, arietes, y otras máquinas de un peso excesivo y de un tamaño desmedido. Finalmente, que los grandes caminos romanos, de hecho no son otra cosa que pavimentos construidos por el pueblo y Emperadores para unir la ciudad de Roma con el resto del mundo.

8. Con estas ideas grandes y juiciosas, se formó Bergiere el plan de recopilar y ordenar todo lo que Plinio y Vitruvio dicen acerca de la construccion interior de los pavimentos interiores de las casas y de las ciudades, para despues hacer excavaciones en algunos caminos romanos, y averiguar si habia analogía entre unos y otros. Con efecto, halló haberla en tanto grado, que puede decirse que puso en claro hasta cierto punto, el método de construccion que usaban los romanos para hacer el pavimento ó firme de sus caminos. Las excavaciones de reconocimiento en los caminos romanos por sí solas hubieran servido de poco, y solo para saber

de cuantas capas se formaban; pero hallando analogía ó semejanza entre estas y las de los pavimentos de los edificios, y especificando los autores citados el modo como se construian estas capas, con qué materiales, mezclas ó argamasas, y en qué proporcion; es claro que vino á resultar el conocimiento del modo, y de los materiales que empleaban los romanos para construir las diversas capas de que se componen los pavimentos de sus caminos. Por esta causa, y porque de todos modos es muy útil cuanto dice para el objeto que me propongo en esta memoria, sigo compendiando á Bergiere en lo que dice sobre la construccion de pavimentos interiores.

9. Los pavimentos de los edificios se dividian en dos especies, unos que se formaban sobre los pisos altos de madera y otros sobre el terreno al piso de la calle. En los pisos altos luego que estaban formados de madera, echaban una capa de helechos, ó en falta de estos de paja, para evitar el contacto de la cal con la madera. Sobre esta capa construian otra de mampostería con mezcla de cal y piedras redondas, que la menor pudiese llenar la mano. A esta capa la llamaban *statumen*, que en castellano quiere decir cimiento. Sobre esta capa construian otra compuesta, ó bien de escombros ó

bien de piedras nuevas partidas, y en ambos casos las mezclaban con cal; cuando la hacian con escombros mezclaban cinco partes de estos con dos de cal, y cuando la hacian con piedras partidas á tres partes de estas echaban una de cal, y en ambos casos lo apisonaban fuertemente hasta consolidarlo bien: á esta capa daban el nombre de *ruderatio*, que es lo que los arquitectos llaman hormigon. Estas dos capas despues de bien apisonadas y macizadas, debian tener por lo menos nueve pulgadas. Sobre esta segunda capa echaban otra de argamasa, compuesta de tres partes de ladrillo ó teja molida y una de cal, y la daban el nombre de *nucleus*, que es lo que los arquitectos llaman tortada, distinguiendo si es de cal ó si es de argamasa. Sobre esta capa colocaban las losas ó baldosas que debian formar el piso, y la llamaban *summam crustam*. Estas dos últimas capas debian tener seis pulgadas; de modo que el todo de las cuatro capas tenia quince pulgadas.

10. Por lo que respecta á los pavimentos sobre el terreno al piso de la calle; si el piso era firme lo igualaban solamente, y si era movedizo, húmedo ó endeble, lo apisonaban, lo pasaban un rodillo, y á veces cuando era preciso lo estaqueaban; y de un modo ó de otro luego que estaba iguala-

do el terreno echaban las mismas capas que sobre los pisos altos de madera, con los mismos materiales, en la propia forma, y con las mismas dimensiones.

11. Despues de esto pasó Bergiere á hacer excavaciones en algunos caminos romanos que hay á las inmediaciones de la ciudad de Rheims, en que vivia, y dice que halló, que tanto en los materiales como en la disposicion habia muchas cosas semejantes, y muy pocas que no lo fuesen con las de los pavimentos de los edificios. En primer lugar los materiales tienen relacion en todo, con la diferencia que los de los caminos son mas fuertes, y estan mas bien colocados y en mayor abundancia, como que tienen que aguantar mayores pesos. En cuanto á la disposicion tiene de semejanza que los materiales estan dispuestos por capas distinguidas las unas de las otras, y colocadas una sobre otra con cierto orden. Pero que halló la diferencia de que el número de las capas, y el orden con que estan colocadas, no es el mismo en todos los caminos, porque uno suele tener mas capas que otro, y una capa que es la segunda en un camino, es la tercera en otro. En lo demas todo lo halló semejante.

12. El primer camino que examinó fue en los restos de uno que se hallaba dentro de las cer-

cas de un convento de Padres Capuchinos al extremo de la ciudad, y halló una explanacion hecha en tierra firme, y sobre ella una capa de mezcla de cal y arena de una pulgada de grueso, y tan blanca como si estuviera recien formada: sobre esta capa halló otra de piedras largas y planas sentadas unas sobre otras, y unidas con una argamasa tan fuerte, que no era posible separarlas. Esta capa tenia diez pulgadas de grueso, y la gradúa Bergiere por el *statumen* ó cimiento. Sobre esta halló otra de ocho pulgadas de grueso, compuesta de piedras de varias figuras, y de tamaño que la menor podia llenar la mano, y de pedazos de ladrillo y teja y cascos de vasijas de barro, mezclado todo con argamasa. Esta capa la gradúa Bergiere por la ruderacion ú hormigon, y dice que tanto en este reconocimiento como en otros que practicó despues, observó siempre, que las piedras de que se componia esta capa no eran de especie tan fuerte como el pedernal, ni echaban chispas con el eslabon, pero que hacian una liga tan fuerte y tenaz con la argamasa, que un operario apenas podia sacar en una hora la cantidad que podia llevar á hombros. Esta piedra, dice tambien, que segun lo hacian en los pavimentos de los edificios, no la colocaban á mano, sino que la echaban con palas, y luego la api-

sonaban fuertemente con cuadrillas de diez hombres, para que se mezclára y uniera con la argamasa. Sobre esta halló otra tercera capa de un pie de grueso, compuesta de una argamasa hecha, no con ladrillo molido, sino con una materia glutinosa y pegajosa que en Champaña llaman *crouin*, que dice Bergiere no es otra cosa que una arena de naturaleza gredosa, y da á esta capa el nombre de nucleo ó tortada. Finalmente, concluye la relacion de este reconocimiento, diciendo que las tres mencionadas capas componen 2 $\frac{1}{2}$ pies de altura, á la que añadiendo la de la última capa, que es de 6 pulgadas, resulta que la obra entera tiene 3 pies; pero no dice de qué se componia esta última capa, ni si la halló, aunque parece colegirse que no, y que solo regula su altura.

13. El segundo camino que registró fue uno que viene de la parte de Chalons á Rheims; y á media legua de esta ciudad, y en un punto en que está levantado el camino cuatro ó cinco pies sobre el terreno, hizo su excavacion, y halló alguna diferencia de lo que habia visto en el precedente; pues la capa nucleo estaba de segunda capa, y la ruderacion ú hormigon de tercera, al contrario que en el precedente. Y en cuanto á los materiales, se asemejaban en todo, solo que no halló entre las

piedras de la ruderacion fragmentos de ladrillo ni de teja, como en el otro.

14. El tercer camino que registró fue uno que conduce de Rheims á Mouzon; y á poco mas de 3 ½ leguas de aquella ciudad, hizo su excavacion en un punto, en que el camino va sobre un terraplen todo de tierra, que tiene 20 pies de altura. En este encontró que el *statumen* ó cimiento era doble; porque primero tenia una capa idéntica á la del primer camino de 10 pulgadas de grueso, y sobre esta, otra de 11 pulgadas de la misma clase y tamaño de piedras bien sentadas las unas sobre las otras, pero en seco, sin mezcla ni argamasa alguna. Sobre esta capa halló el núcleo ó tortada de cuatro á cinco pulgadas de grueso solamente, compuesta de cierta tierra roja bien extendida y macizada sobre la piedra en seco. Sobre este núcleo halló la ruderacion ó capa de hormigon de 10 pulgadas de grueso, compuesta de piedras redondas y lisas, de la misma clase que las que componian la superficie del camino, pero mucho mas pequeñas; pues apenas pudo encontrar alguna que pasase del grueso de una nuez comun, y encontró una infinidad de ellas que no pasaban del tamaño de un hueso de cereza. Todas estas pequeñas piedras estaban ligadas con una argamasa de tan fuer-

te consistencia, que fue muy dificil romperla ni desmoronarla. Esta capa sostenia sobre sí la última y mas alta, hecha contra lo ordinario con piedras mas gruesas que las de la ruderacion, y tenia seis pulgadas de grueso, de modo que las cuatro expresadas capas en su totalidad tenian 3 $\frac{1}{2}$ pies de grueso.

15. Bergiere no hace relacion circunstanciada mas que de estos tres reconocimientos; pero segun lo que dice mas adelante, y se verá despues, sin duda que registró otros varios caminos romanos. Por lo que hace á estos tres reconocimientos, resulta que los romanos construian el firme de sus caminos de un modo semejante ó casi igual al que usaban en los pavimentos de los edificios, los cuales se componian de cuatro capas, que llamaban *statumen*, *ruderatio*, *nucleus*, *summa crusta*, que he traducido en castellano por *cimiento*, *hormigon*, *tortada* y *última capa*. Pero se advierte en los tres reconocimientos, que describiendo menudamente cada una de las tres primeras capas, de la última dice tan poco, que hace dudar si la halló, y siempre resulta la duda del modo cómo estaba formada, fuera de la clase que fuese.

16. Despues de esto pasa Bergiere á tratar de la segunda especie de superficie de los caminos romanos, y dice asi: » Hasta aqui hemos tratado de

„ los grandes caminos, cuya superficie estaba hecha
„ con piedras, ya sean labradas y cortadas á escua-
„ dra, ó ya arregladas á golpe de martillo de cual-
„ quier figura: nos falta hablar de aquellos que
„ estaban cubiertos y afirmados con grava, que son
„ los mas comunes de todos, tanto en Italia como
„ en las Provincias. Los Emperadores hicieron afir-
„ mar los caminos principalmente con esta especie
„ de grava, valiéndose para ello de sus soldados
„ legionarios y de los pueblos de las Provincias,
„ desde las costas occidentales de España y de Mau-
„ ritania hasta las tierras mas orientales de la domi-
„ nacion romana. Si se exceptúan los caminos de
„ Apio, el de Domiciano y otros pocos de que
„ hemos hablado aqui arriba, todos los demas no
„ tenian otra superficie que la de estas piedras me-
„ nudas, comprendidas bajo el nombre de grava,
„ ligadas con cal en esta última capa, que los la-
„ tinos llamaban *summam crustam.*"

17. Recorriendo luego todos los caminos que los romanos construyeron en Europa, dice que en Francia y en los Paises-Bajos todo el ancho de los caminos está cubierto de una capa de grava. Que esta grava se compone de piedras pequeñas de diferentes figuras y colores; y por esto en Francia llaman *chemins ferrés*, como si dijéramos caminos her-

rados ó de fierro, aquellos cuyas piedrecillas son del color de este metal. Que la via argentina que hicieron en Salamanca, se llama asi porque las piedrecillas son muy blancas. Que en España y en Inglaterra, segun todos los autores, construyeron los caminos del mismo modo. Finalmente, que con estas pequeñas piedras, que toman el nombre de grava, formaban los romanos la superficie de los caminos en todas las provincias; y que ya sea que la sentasen sobre el núcleo, ó sobre el hormigon, lo hacian siempre con cierta clase de argamasa con cal. Que en esta argamasa echaban la grava con palas, y luego la apisonaban fuertemente; y de este modo se formaba una costra tan firme y unida, que la vemos despues de haber resistido á las lluvias, á las nieves, á los yelos y otras humedades del tiempo, y lo que es mas, al rozamiento de los pies de las caballerías y del carreteo por espacio de 15 y 16 siglos.

18. Pasando despues Bergiere á tratar de la forma de los caminos romanos en cuanto á su ancho, dice que se componian de dos partes; á saber: la del medio, que es de la que ha tratado antes, y de las márgenes ó paseos que tienen á los lados. Que la parte del medio tiene un ligero y suave bombeo, para que las aguas caigan hácia los lados.

19. Para construir las márgenes ó paseos, los obreros escogian las piedras mas grandes de cualquier figura que fuesen, y las juntaban y ensamblaban fuertemente, para que la calzada del medio no se pudiese desmoronar. Y sin embargo de que en los caminos de la Gaula Bélgica, esto es, en los Paises-Bajos, no se presentan á la vista estas grandes piedras, es porque no estan colocadas en la superficie exterior, sino al lado del *statumen* ó cimiento, habiendo observado en todos los caminos en que hizo excavaciones, que los cimientos estaban fortificados de parte y otra con grandes piedras, que las menores pesaban 20 ó 30 libras, y algunas mas de 100. Que estas grandes piedras estan sentadas á cordel, sin que ninguna salga mas ni menos que las otras; y estan de tal modo unidas, que sostienen no tan solo á los cimientos á que estan particularmente unidas, sino tambien al hormigon y otras capas, tanto interiores como exteriores. Que el Censor Apio Claudio, en el gran camino que aun lleva su nombre, hizo colocar dos fajas de piedra, una á cada lado, de dos pies de ancho y otro tanto de altura, para que las gentes de á pie pudiesen andar en seco.

20. Por último, trata Bergiere del ancho de los caminos romanos, y dice asi: „ Y no resta mas sino

» decir algo sobre el ancho de los caminos, segun
» las medidas que he tomado en los que se hallan en
» los alrededores de la ciudad de Rheims. Estas me-
» didas exigen diferentes consideraciones, segun la
» diversidad de las partes de los expresados cami-
» nos; porque en algunos parages estan como á
» flor de tierra, y no se descubre de ellos mas que
» el empedrado de la superficie exterior que cubre
» las capas interiores. La mas baja de ellas está cer-
» cada de parte y otra con piedras gruesas, dis-
» puestas en línea recta, y como sentadas á cordel,
» que sirven de margen y retenida á las materias
» de los expresados caminos. Estas márgenes estan
» en todas partes cubiertas de tierra, y es necesa-
» rio cavar para encontrarlas. En estas márgenes
» es donde la anchura de los expresados caminos
» se ha conservado en su completo; habiendo en-
» contrado en todas partes que de una margen á
» la otra hay 20 pies ó muy cerca de ellos (23
» *pies castellanos*) de ancho. De todo esto se pue-
» de sacar por consecuencia que las leyes romanas
» que no señalan á los caminos públicos mas que
» 8 pies de ancho, hablan con respecto á los ca-
» minos públicos no militares, y no empedrados."

21. Esto es en sustancia lo que dice Bergiere sobre el modo como los romanos construian

el pavimento ó firme de los caminos; y por lo que hace á las diferencias que encontró, es muy probable que se hallarian muchas mas si se repitiesen las excavaciones y reconocimientos, pues es indispensable que los romanos se arreglaran á usar de los materiales que encontrasen á la menor distancia, siendo de buena calidad. Asi es que Valmont-Bomare en su Diccionario de Historia natural dice en la palabra *craie*, greda. ,,Aunque esta sustancia no tie-
» ne mucha solidez, no por eso dejan de emplear-
» la con utilidad para edificar; y todo el mun-
» do sabe que casi toda la ciudad de Rheims, en
» Champaña está edificada con greda, un poco só-
» lida á la verdad. La tenacidad de sus partes se
» debe á una mezcla de arcilla fina. Esta tierra se
» halla en los alrededores de la ciudad." Y hé aqui el crouin ó greda arenosa que halló Bergiere en el primer reconocimiento. Probablemente la tierra roja que halló en el tercero sobre la capa de piedras grandes en seco, será alguna arcilla muy compacta que habrá por las inmediaciones.

22. Otra observacion que se puede hacer es, que esos caminos empedrados, aunque en corto número, como dice Bergiere, es preciso que tuviesen encima alguna otra cosa que habrá desaparecido al cabo de tanto tiempo, aunque no fuese mas que

una simple capa de arena, porque no es concebible que hiciesen un enorme gasto para tener luego unos caminos, que segun los vemos en el dia, son el tormento de los viageros, y la ruina y destruccion de caballerías, carros, y de los efectos que van dentro de ellos, si son delicados. Aun en los dos caminos, el de Apio Claudio y el de Domiciano que estaban cubiertos con losas grandes, debian tener á lo menos una capa de arena sobre ellas, porque aun cuando estuviesen acanàladas, segun se hace en el dia en los patios y portales de los palacios y grandes edificios, ¿cómo harian una jornada seguida sobre ellas las caballerías, ni cómo se correría la posta sín que se estrellasen los caballos á pocos minutos de empezar á correr? Y es preciso tener presente cómo corrian los caballos de posta de los romanos, pues Bergiere para pintarlo con grande y justa admiracion, cita á Plinio, y copia un pasage de este en que dice, que Tiberio corriendo en posta por las Gaulas anduvo cien leguas en veinte y cuatro horas con solo tres paradas.

23. Finalmente, las consecuencias que se pueden sacar de lo que dice Bergiere, y hacen al objeto que me propongo son: 1.ª Que desde el tiempo de la república conocieron ya los romanos lo poco conveniente que era hacer el firme de los ca-

minos con simple grava ó guijo, echándolo sobre el terreno sin preparacion alguna, por su corta duracion, y el gran coste que ocasionaba su conservacion.

24. 2.ª Que el medio que discurrieron para que el pavimento de los caminos fuese sólido y duradero, fue hacer una especie de cimiento con piedras crecidas trabadas con argamasa, sobre el cual construian diferentes capas, concluyendo con la última formada con piedra menuda trabada con una fuerte argamasa, cuya duracion ha sido tal que aun han podido llegar á nosotros muchos restos y caminos enteros que subsisten de 15 ó 16 siglos acá, y aun estan para durar un tiempo ilimitado.

25. 3.ª Que los romanos economizaban mucho el ancho del pavimento ó firme de los caminos, limitándolo á 23 pies castellanos, y no lo hacian de 30, 40 ó mas pies como se acostumbra en varias naciones de Europa.

26. 4.ª Que la conservacion de los caminos romanos debia ocasionar unos gastos muy tenues, reducidos en lo comun y ordinario á echar de tiempo en tiempo una ligera capa de arena ó de tierra para resguardo de la superficie, y hacerla mas suave y cómoda á los transeuntes, y á limpiar cunetas y alcantarillas. Si se para la consideracion en

esto, y por otra parte se atiende al coste de los caminos modernos y á los exorbitantes gastos de conservacion que ocasionan asi en Inglaterra como en Francia y en España, se verá que nuestros caminos son mas caros que los de los romanos, y que es mas fácil en cualquier nacion establecer en mas ó menos tiempo un sistema de caminos y conservarlo ilimitadamente, haciéndolos por el método de los romanos, que no por los métodos que se usan actualmente en Europa; pero de esto trataré de expofeso al fin de esta memoria.

Método que se ha seguido en España para construir el pavimento ó firme de los caminos.

27. En España no se han construido caminos artificiales hasta el reinado de Fernando el VI, siendo los de mas consideracion que se hicieron en aquel tiempo el camino de Santander á Reinosa y el del Puerto de Guadarrama: de ambos he estado encargado, y he tenido ocasion de reconocerlos, particularmente el primero, que generalmente se denomina camino de Reinosa. El firme de este camino por un general desde su primitiva construccion, lo hicieron colocando á las márgenes grandes piedras mas ó menos bien arregladas en su cara supe-

rior, que es lo que alli llaman comunmente cobijas. Entre estas echaron una capa de piedras gruesas, en algunos puntos mayores que en otros, segun la abundancia y buena proporcion que tenian de piedra, que en algunos parages estaba á la mano, de modo que en ellos son disformes. Sobre esta capa de piedras gruesas echaron otra reducida á menuda á golpe de maza, y con esta capa quedaba formado el pavimento del camino, sobre que echaban una capa de arena ó tierra segun la que estaba en mejor proporcion. Este camino luego que el Marques de la Ensenada salió del Ministerio lo descuidaron enteramente hasta el año de 1775, en que una avenida de las mas extraordinarias que ocurrió en todos los rios de aquel pais rompió el puente de Santiago, é hizo otros daños de tal consideracion, que llamaron la atencion del Gobierno hácia aquel camino que habia estado abandonado 25 años. En este tiempo perdió toda la capa de piedra menuda machacada, pero la capa de piedra gruesa que estaba en el fondo subsistió é hizo subsistir al camino mismo, pues á no ser por ella se hubieran formado profundos barrancos, los muros de sostenimiento hubieran reventado, y en una palabra el camino hubiera desaparecido. Es verdad que quedó entonces duro, asperísimo, y extraordi-

nariamente incómodo para los transeuntes; pero al fin se conservó el cuerpo del camino, y para repararlo solo tuvieron que echarle una capa de piedra machacada. En tiempo de la guerra de la independencia estuvo otra vez abandonado este camino hasta el año de 1816, sufriendo al propio tiempo el paso de artillería y carruages militares: se deterioró mucho, y para su reparacion bastó solo un recargo de piedra menuda machacada.

28. En el reinado de Cárlos III se hicieron una porcion de caminos, todos bajo el mismo sistema de poner en el fondo del firme una capa de piedras gruesas. El camino de las montañas del Vierzo y el del Puerto del Rey en Sierramorena hechos por D. Cárlos Lemour, acaso el mejor Ingeniero que ha habido en España, estan asi construidos. Los caminos de Navarra, que son los mejores que hay en España, los de Galicia y los de las Provincias exentas asi estan construidos, y todos ellos son los que mejor se conservan.

29. El camino de Valencia se empezó por los años de 66 del siglo pasado, trabajando á un mismo tiempo en sus dos extremos, esto es, desde Ocaña hácia Valencia, y desde esta ciudad hácia Ocaña. Los ingenieros que lo dirigieron, sin duda estaban imbuidos de la idea tan general de que las

calzadas romanas consistian en empedrados de piedras gruesas, y asi lo hicieron, y resultó un camino en la parte que ellos hicieron, que era el tormento de los transeuntes y de las caballerías. Pero es menester decirlo todo; este empedrado lo he visto yo en el año de 1816 en varias distancias en que no lo habian deshecho, es decir al cabo de 50 años, tan firme como si acabara de construirse, sin embargo de que las piedras estaban unidas sin preparacion de mezcla alguna de cal y sentadas sobre simple tierra. Una de estas distancias en que subsiste el empedrado es en la primera legua de la salida de Valencia hasta Catarroja, en la cual acostumbraban echar sobre el empedrado una capa de grava menuda, con lo que tenian un piso firme y cómodo; y por lo tanto encargué mucho la continuacion de aquel uso.

30. Pero desde un cierto número de años á esta parte se ha introducido un abuso, que ha destruido una porcion de leguas de camino en algunas carreteras, y si continúa, acabará con todos los caminos de España. Este abuso se reduce á que siempre que han tenido que hacer un recargo, han sacado la piedra gruesa que estaba en el fondo, y la han machacado, reduciéndola á menuda; de modo que luego que esta piedra menuda se ha gas-

tado ó ha desaparecido, aquella parte de camino há quedado de pura tierra. Tal ha sucedido en el camino de Guadarrama desde Madrid á Galapagar, y mas particularmente lo que está junto á las Rozas en mas de una legua de distancia, que no hay mas que arena, sin embargo de que el firme de este camino en su primitiva construccion se hizo con piedra gruesa en el fondo y con profusion. Si este abuso nació en su principio de mala fe ó de ignorancia, no lo sé; lo mas probable es que procediese de uno y otro. Lo mas particular que hay en esto es, que este abuso lo ha convertido la ignorancia en un principio de buena construccion; de modo que hay entre nosotros una cierta clase de *facultativos*, que miran como un defecto notable esta capa de piedras gruesas en el fondo, y cuando las encuentran las hacen remover y desmenuzar, con lo que van dando fin á los caminos; y cuando tienen que hacer ó reponer un trozo de camino, se contentan con echar sobre la tierra una ó dos capas de piedra menuda, las mas veces de grava ó guijo suelto sin machacarlo, y lo cubren con una capa de arena. A este modo de construir caminos lo miran como el *maximum* de la perfeccion, sin observar que todos estos recargos que hacen de este modo, cuestan un dineral, no duran nada, y

al año, ó lo mas á dos ó tres ya estan los caminos intransitables. Y es cosa terrible, que hace mas de diez y ocho siglos que los romanos conocieron, segun se ve en la relacion de Bergiere, que este método de construccion era perjudicial, por los enormes gastos que ocasionaba la conservacion, y nosotros al cabo de tanto tiempo hemos venido á parar en este error.

31. Para convéncer mejor á los que estan preocupados con esto, observaremos cómo se forman los baches segun se ve en la figura 1.ª que manifiesta el perfil de un camino hecho con solo guijo ó grava. Primero se forma una rodada, que en lloviendo se llena de agua y queda alli estancada: las ruedas que siguen pasando por ella van removiendo las piedras en los puntos mas débiles, y con tanta mas facilidad siendo las piedras lisas y redondeadas, como son la grava y el guijo sin machacar: de este modo se va ahondando y ensanchando cada vez mas la rodada, y cuanto mayor va siendo tanta mas agua se deposita en ella. Esta agua va filtrándose con facilidad hasta que llega al fondo del firme, y entonces embebiéndose en la tierra, se ablanda el terreno segun se figura en B, y empieza á tragarse la piedra; de modo que llega á formarse el bache A, por donde empieza desde luego

la destruccion total del firme y del camino. No sucede esto cuando en el fondo hay una capa de piedras grandes bien sentadas y unidas, porque ni el agua pasa para ablandar el terreno, ni las ruedas pasan nunca de dicha capa de piedras gruesas, porque no pueden removerlas ni destruirlas. Esto es indudable, y la experiencia tiene acreditado constantemente que luego que se muele ó desaparece la capa superior de piedra menuda, la de piedras gruesas subsiste, y aunque presenta un camino áspero é incómodo, conserva la masa total del camino, y da lugar á su reparacion. No se forman tampoco rodadas cuando la segunda y tercera capa son de piedra bien machacada, sino que entonces se va gastando por igual toda la superficie, y se va rebajando hasta que desaparece.

32. Otro error acerca de esto se va introduciendo hace algunos años, y lo que es mas, lo veo autorizado en algun libro extrangero que trata de la materia; razon por la cual creo mas necesario el impugnarlo. Consiste en construir el firme de los caminos en la forma que manifiesta la figura 2.ª, en la cual se ve, que la explanacion del camino forma una montea de tierra lo mismo que la superficie exterior; de lo que resulta que este firme es parte piedra y parte tierra, y la mayor cantidad de

esta se halla en el punto en que el firme debe presentar mas resistencia que es en el centro, en la línea del camino sobre que cargan los mayores pesos y la mayor fuerza del carreteo. Ademas de esto, la capa de piedras gruesas debe mirarse como lo hacian los romanos, como el cimiento del pavimento ó firme, y asi la llamaban *statumen*, y en todas las obras del mundo, sean de la naturaleza que se quiera, el cimiento se funda siempre sobre base horizontal, por razones tan obvias que no juzgo necesario el decirlas: y refiriéndome solo á este caso, se advierte con la mayor evidencia, que luego que desaparezca la piedra menuda ó que llegue á formarse en ellas una rodada, las piedras gruesas como que estan sentadas sobre un plano inclinado lateralmente, el peso solo de las ruedas las removerá, y hará salir de su lugar; y mucho mas fácilmente con las puntas agudas que se figuran, pues servirian de palancas para el mismo efecto.

33. Esto que he dicho es en el supuesto de que se ponga en el fondo del firme una capa de piedras gruesas; pero si sobre la montea de tierra se pone la capa de piedra menuda, entonces es mucho peor. No hace muchos años que he visto construir no lejos de Madrid un trozo de firme de este modo, y antes de tres años ya fue preciso reponer-

lo de nuevo. No sé cómo hicieron la reposicion; pero rezelo que fue en la propia forma.

Finalmente, antes de tratar sobre el modo de construir el firme segun lo que he observado en la práctica, y lo que yo mismo he verificado, trataré de un punto que debe tenerse en consideracion.

Sobre la montea que se debe dar al pavimento ó firme de los caminos.

34. A la superficie del pavimento ó firme de los caminos se la ha dado siempre cierta convexidad, con el objeto de que no se detengan las aguas de lluvia ni se estanquen sobre ella, y que corran y vayan á parar á las cunetas. Esta convexidad, figura 3.ª, que forma el perfil trasversal del firme, es ordinariamente un arco de círculo, y en España llamamos montea á la altura E D que tiene en el medio, lo mismo que se dice de un arco de un puente. El radio correspondiente á este arco se determina por el ancho del firme AB, y por la montea E D: porque el triángulo rectángulo A E C da $\overline{CA}^2 = \overline{CE}^2 + \overline{EA}^2 = (CD - ED)^2 + \left(\frac{AB}{2}\right)^2$: representando por r el radio CA, por a el ancho AB del firme, y por m la montea ED, y sustituyen-

do en la ecuacion resulta $r = \frac{4m^2 + a^2}{8m}$: y como la experiencia tiene acreditado que la montea mas proporcionada es la de $\frac{1}{24}$ del ancho del firme haciendo $m = \frac{a}{24}$, y sustituyendo en la ecuacion última resultará $r = \frac{145a}{48}$, de modo que para conocer el radio del arco que forma el perfil trasversal del firme, siempre que la montea sea la que va expresada, no hay mas que multiplicar el ancho del firme por 145, y dividir el producto por 48. Si por el mismo triángulo se calcula el número de grados que tiene el arco ADB, se verá que, sea el ancho del firme el que se quiera, con tal que la montea sea $\frac{1}{24}$ del mismo, el expresado arco será siempre de 19° 4′, y por consecuencia el ángulo DAE que forma la cuerda AD con la horizontal es de 4° 45′, mas que suficiente para que el agua tenga corriente hácia los lados.

35. Acerca de la montea no he visto seguir una regla fija, sino que cada uno sigue, por decirlo asi, su capricho. A fines del siglo pasado vi el camino de Alcalá á Guadalajara, que sobre unos 24 pies de ancho tenia mas de dos pies de montea, es decir, $\frac{1}{10}$ de su ancho, de modo que parecia un terraplen de piedra con sus escarpes á los lados, por cuyo centro solo podia pasar un carruage, y cuan-

do se encontraban dos, el uno de ellos tenia que bajarse á los paseos, no sin riesgo de volcar. Recientemente he visto dar 21 pulgadas de montea á un camino de 24 pies de ancho, es decir, $\frac{1}{14}$, y en su uso sucedia poco menos que en el primero. Los que hacen esto se olvidan que la primera circunstancia que deben tener los caminos, es la de estar expeditos y cómodos para el tránsito, sin que haya razon alguna, sea la que quiera, que pueda obligar á faltar á aquella. Si por un firme de 24 pies de ancho no han de poder pasar mas que dos carruages con incomodidad, entonces hacerlo de 12 pies solamente, y se ahorrará la mitad del coste. Ademas los que hacen esto creen equivocadamente, que la bondad y firmeza de un camino consiste en tener mucha piedra; y no es precisamente en eso en lo que consiste, sino en que tenga la cantidad conveniente, bien distribuida y arreglada en su tamaño y en su colocacion, segun que esté en el fondo ó en la superficie. Toda piedra que se eche de la línea horizontal AB para arriba ademas de la precisa para formar una montea proporcionada, es piedra perdida, porque las ruedas la remueven, la despiden hácia los lados, se forman concavidades en que se detiene el agua, y ésta forma arroyadas que ayudan á rodar la piedra: y mientras esto sucede para

que se destruya la desproporcionada montea, tienen los transeuntes un camino incómodo y peligroso.

36. Los que proceden en esto con tino dan regularmente de montea $\frac{1}{22}$ ó $\frac{1}{24}$ del ancho del firme, y esta última proporcion es la que está mas acreditada en la práctica por los buenos resultados que da.

37. Hace mucho tiempo que he observado que un firme bien construido con la montea que va expresada, á poco tiempo pierde como 3 pulgadas de ella, y luego se queda en aquel estado, y dura asi algunos años. Al principio teniendo presente que en los terraplenes y desmontes, el talus se forma él mismo naturalmente, y toma la figura que le corresponde, cuando no se la dan, segun la calidad de las tierras de que se componen; sospeché si en la convexidad que presenta el firme de un camino, hubiese ó cierta especie de curvatura, ó cierta montea, que le fuese mas á propósito para resistir el impulso y rozamiento de las ruedas, y demas circunstancias que concurren, y que por lo mismo la tomase por sí naturalmente como en el otro caso. Pero despues he creido que esto sucede porque el carretero deshace y desmenuza las piedras superiores, y el resultado cae al fondo, y va sucesivamen-

te llenando y macizando los huecos que quedan entre las piedras, y el todo se va apretando mas y mas con el peso de los carruages, de modo que el firme llega á formar una especie de costra muy fuerte, que con dificultad se puede arrancar una piedra pequeña; y esto es lo que los prácticos llaman *hacer clavo*, y sigue asi por algunos años. Finalmente este es un punto que no deben despreciarlo los Ingenieros que se emplean en esta especie de construcciones.

38. Cuando el camino tiene un pendiente algo crecido, se le debe dar menos montea para disminuir el riesgo que ocasiona á los carruages al bajar; pero en los caminos de montaña se debe tener presente al propio tiempo, que como alli son las lluvias continuas y copiosas, si la montea es muy corta correrá el agua á lo largo del camino, y lo destruirá en poco tiempo. Yo he acostumbrado en casos de esta especie, cuando el ángulo del pendiente llega á 5°, es decir, que el camino tenga 9 por 100 de ascenso, desde alli para arriba reducir la montea á $\frac{1}{32}$ del ancho: en cuyo caso el arco ADB, figura 3.ª, es de 14° 18′, y la cuerda DA forma con la horizontal un ángulo de 3° 35′.

39. En los caminos que se abren en las laderas de las montañas, en que por lo regular resulta

un precipicio por uno de los lados, tanto mas temible si el camino tiene pendiente; en tal caso aconsejan algunos Ingenieros que el camino se construya de modo que su superficie forme un plano inclinado hácia la parte de la montaña. Esto es muy útil para la seguridad de los carruages; pero tiene el inconveniente que formando el firme una superficie plana, á nada que se use el camino, y con las aguas mismas, se formará una superficie cóncava, y se convertirá en un arroyo, y mas particularmente cuando el pendiente sea de alguna consideracion; y asi para mantener el camino con una superficie plana, seria preciso estar trabajando continuamente; pero esto se evitará del modo siguiente.

40. Trácese un arco ADB, figura 4.ª, para un camino de un ancho duplo del que se va á hacer, dándole $\frac{1}{32}$ de montea, y luego constrúyase la mitad DB poniendo á D hácia la parte de afuera y B hácia la montaña, y de este modo se tendrá un camino permanente por el que irán siempre los carruages inclinados hácia dentro con mucha seguridad. Mas adelante diré lo que debe tenerse presente en su construccion.

Modo como se debe construir el pavimento ó firme de los caminos.

41. Para proceder á la construccion del firme debe estar ya perfectamente arreglada la explanacion del camino, tanto en sus líneas de rasante, como en su línea trasversal; de modo que esta esté perfectamente nivelada, y que en toda la superficie no haya concavidades ni eminencias, por poco sensibles que sean. En este estado se marcará con piquetes, puestos de 50 en 50 pies, la línea del medio del camino, y con otras dos filas de piquetes puestos en frente de estos, se marcarán las líneas que deben formar el ancho que se quiera dar al firme: cuidando que estas tres líneas queden trazadas perfectamente paralelas entre sí. Despues de esto se sentará un adoquin junto á cada uno de los piquetes que marcan las líneas laterales, de modo que queden de dos en dos, uno en frente de otro, esto es, los de una línea lateral con los de la otra, con la distancia del canto interior del uno al del otro, de tantos pies como los que deba tener de ancho el firme; y su altura será tal, que despues de bien sentados formen las dos líneas laterales una caja de 10 pulgadas de profundidad. Para sentar estos ado-

quines se pasará una línea de nivel desde cada adoquin al que le corresponde en frente en el otro lado, de modo que los dos queden sentados perfectamente á nivel en sentido lateral; sobre lo cual se pondrá el mayor cuidado, porque es un defecto muy grande en un camino el estar desnivelado sobre una de sus márgenes. Las aguas cargan mas sobre el lado que está mas bajo, y las ruedas de los carruages obran mas contra el camino por aquella parte que no por el lado que está mas alto; y de esto nace que muchas veces un trozo de camino, que está por lo demas bien construido, una parte de él se destruye fácilmente, cuando lo demas hace clavo y se conserva, y consiste indudablemente en que aquella estaba desnivelada.

42. Hechas todas las operaciones que van indicadas, estos adoquines deben por precision quedar arreglados á la línea de rasante del camino; sin embargo se rectificará por cada lado con las niveletas, y hechas las correcciones que se necesiten, se tenderán cuerdas muy tirantes por las líneas de piquetes laterales arregladas por el canto interior de los adoquines dichos. Por estas cuerdas se irán sentando los demas adoquines hasta completar la línea por un lado y otro, y que quede formada la caja del firme de 10 pulgadas de profundidad como he

dicho. Estos adoquines no necesitan estar arreglados á escuadra, sino que han de ser toscos, arreglados solo á golpe de martillo. Despues de bien sentados y calzados con tierra por la parte de afuera, se echará una porcion de tierra en todo el ancho del paseo, como se manifiesta en la figura 5.ª, porque asi quedarán las líneas de adoquines bien aseguradas contra los impulsos que puedan recibir por la parte interior al construir el firme. Y ademas se logra al propio tiempo, que despues de concluido se encuentra la tierra de los paseos bien macizada y apelmazada, y queda poco que hacer para arreglarlos.

43. En este estado se procederá á echar la primera capa de piedra, la cual se formará con piedras gruesas sentadas á mano sobre su mayor lecho, y arregladas lo mejor que proporcione su figura. Sentadas sobre su mayor lecho las que tengan puntas, quedarán estas hácia arriba, y resultarán huecos entre unas y otras piedras, los cuales se llenarán colocando otras piedras á la inversa que las primeras, esto es, el mayor lecho para arriba y las puntas hácia abajo; y despues los huecos mas pequeños que resulten, se llenarán con piedras pequeñas y proporcionadas, todo hecho á mano. Inmediatamente á esto se golpeará con mazas de fierro toda esta su-

perficie, no con el objeto de romper las piedras, sino con el de encajarlas unas en otras, y deshacer las puntas que sobresalgan, y que el todo de esta primera capa quede bien sentado y unido con el terreno. Y en cuanto á la altura que deban tener las piedras, y al golpeo que se las ha de dar, ha de ser de modo que despues de concluida esta operacion resulte una superficie plana, con la que venga á quedar una caja de tres pulgadas de profundidad desde el canto superior de los adoquines hasta dicha superficie, como se manifiesta en la figura 5.

44. Para proceder á la construccion de la segunda capa, se determinará su altura, tomando la mitad de la suma de la montea con las tres pulgadas de caja, y en el caso que yo supongo de 24 pies de ancho y $\frac{1}{24}$ de montea como se ve en las figuras 5.ª, 6.ª y 7.ª, será la mitad de 15 pulgadas, y asi se darán 7 pulgadas de altura en el medio á la segunda capa viniendo á parar al canto superior de los adoquines por uno y otro lado, y las 8 pulgadas restantes de montea se dejarán para la tercera capa; y con arreglo á esto se marcarán estas dos alturas en los piquetes de la línea del medio. Verificado esto se echará una capa de piedra gruesa, por lo menos tanto como la de la primera capa, y se reducirá á menuda del modo siguiente.

45. Para cada tres pies de ancho del firme se destinará un operario con una maza de fierro con sus dos bocas aceradas de cinco á seis libras de peso; y asi serán ocho para un firme de 24 pies de ancho. Estos ocho operarios se colocarán en línea de frente desde uno á otro lado, pero mas reunidos los del centro, porque tienen que machacar mas piedra por razon de la montea. Empezarán el machaqueo por una punta, y seguirán asi de frente machacando piedra por piedra como si fueran contándolas con la maza, de modo que la mayor piedra que resulte no llegue su mayor dimension á dos pulgadas, y trabajando por igual, de modo que haya siempre una línea trasversal de division entre la piedra machacada y la que está por machacar, como se ve en la figura 8.ª que manifiesta el perfil longitudinal del firme; y esto es lo que los prácticos llaman, machacar *á corte abierto.*

46. No se encuentran en todas partes operarios diestros para este fin: he visto varias veces ponerse solos dos ó tres operarios en peloton, dando un golpe aqui y otro allí sin orden ni concierto, machacando unos hácia un lado y otros hácia otro; y asi lo que hacen es desmenuzar las piedras que estan superiores, dejando cubiertas y sin machacar las de abajo. Machacando á corte abierto, no solo

se reduce á menuda toda la piedra, sino que al propio tiempo con el golpeo mismo de las mazas se va arreglando y encajando la piedra una en otra. En las cuatro provincias exentas y en las montañas de Santander, hay muchos operarios diestrísimos para este trabajo: he visto una vez una cuadrilla de guipúzcoanos que su oficio era el de machacantes de fragua; pero que habian ajustado el machaqueo de un trozo de firme, y puestos en línea seguian el compas de los martillos, como tenian de costumbre en el yunque de la fragua, de modo que ninguno daba un golpe mas ni menos que los otros, y cuando el último de la derecha paraba á descansar iban sucesivamente parando los otros; trabajaban con mucha velocidad, adelantaban extraordinariamente, y hacian una labor preciosa.

47. El Aparejador ó Sobrestante que presencie este trabajo debe observar, si conforme van machacando la piedra queda con la altura señalada en los piquetes de la línea del medio, para quitar ó añadir piedra á la que está por machacar, segun lo que resulte. Y si notase despues de concluido que la piedra no queda bien menuda, hará dar otra segunda mano de machaqueo á corte abierto, empezando por una punta y acabando por la otra, en

los mismos términos que la primera vez.

48. Para formar la tercera capa, luego que esté concluida la segunda, se echará sobre esta una capa de piedra gruesa, como se ha dicho para la segunda, y segun se manifiesta en la figura 6.ª Se machacará á corte abierto y en los propios términos, y si es posible con mas esmero todavía, observando las mismas precauciones. Al machacar esta tercera capa se afirma mas y mas la segunda, porque todos los golpes que se dan para reducir á menuda la piedra gruesa que está sobre ella, la comprimen y aprietan extraordinariamente: ademas, la mayor parte del ripio y desperdicio que resulta de machacar la tercera capa, va á caer é introducirse en los huecos de la segunda. Este método es tan interesante, aunque no aparece á primera vista, que he observado que machacando asi la piedra, entra cerca de una cuarta parte mas de ella, que machacándola fuera del camino, ó echando piedra menuda. Asi en la práctica he prohibido á los asentistas el partir la piedra que sacaban de las canteras, obligándoles á echarla sobre el mismo camino segun salia, á menos de que fuesen piezas tan grandes que no fuesen manejables.

49, Concluido el machaqueo de la tercera capa se rectificará por la línea del centro, por medio

de niveletas, si sigue exactamente las líneas de rasante, en lo cual se debe poner atencion, considerando que un carruage que sigue por un plano sin ondulaciones, lo arrastran las caballerías con mas facilidad; y en el caso contrario, el mayor esfuerzo que hacen las caballerías para vencer la resistencia de estas ondulaciones, se emplea todo contra el camino, y obra para su destruccion. No es menos interesante el que por los costados esté bien arreglado el arco de la montea, de modo que no forme concavidades ni eminencias por la misma razon de antes, y á fin de reconocer si está arreglado, se pudiera usar de una plantilla de madera aplicándola sucesivamente en diferentes puntos. Pero como es preciso que esta plantilla tenga toda la solidez necesaria para que no se pandee, resulta un mueble muy incómodo para su uso y conduccion de una parte á otra. Asi lo mejor es calcular de antemano las perpendiculares em, er, ns, figura 3.ª, que para un firme de 24 pies de ancho y $\frac{1}{24}$ de montea son em= $8\frac{1}{2}$ líneas, á la distancia Dm = 3 pies: er = 3 pulgadas, á la distancia Dr = 6 pies: ns = 6 pulgadas y 8 líneas, á la distancia Ds= 9 pies. Con estos datos se ponen dos reglas AF y BH una en frente de otra bien perpendiculares en los adoquines en todos sentidos, y tomando en cada una la al-

tura ED igual á la de la montea, se coloca un cordel FH bien tirante de una á otra, y se reconoce si tiene en el medio mas ó menos montea que la determinada, y luego por medio de una regla graduada en pulgadas y líneas, se reconoce tambien si las perpendiculares dichas tienen lo que deben: y esto se va repitiendo sucesivamente en diferentes puntos. Estas perpendiculares se calculan con mucha facilidad del modo siguiente.

50. Tírese la línea FH, figura 3.ª, paralela á la AB y tangente al arco en el punto D: su mitad DH divídase en cuatro partes iguales, y desde los puntos de division bájense las perpendiculares mp, rq, sl, á la línea EB: desde los puntos c, e, n, en que cortan al arco tírense radios al centro C, y las líneas ac, be, dn, paralelas á EB. Las líneas mc, re, sn, cuyo valor se busca, son por construccion iguales respectivamente á las Da, Db, Dd, las cuales se determinan facilmente por medio de los triángulos rectángulos Cac, Cbe, Cdn, teniendo cada uno dos lados conocidos. Por ejemplo en el triángulo Cac son conocidos, la hipotenusa Cc, radio del arco de la montea, que debe estar calculado de antemano, y el lado ac que es la cuarta parte de DH, ó la octava parte del ancho del firme: tomando sus cuadrados, y sacando la raiz cuadrada de

su diferencia, está determinado el lado Ca, que restándolo del radio CD resulta conocida Da=mc. Del mismo modo se determinan las demas.

51. Para reparar las faltas que resulten de este reconocimiento, si es por falta de piedra, no se permitirá cubrirla con piedra suelta menuda, sino echando la cantidad de piedra gruesa que se juzgue necesaria, y machacándola como siempre en el sitio mismo en que ha de quedar. Si la falta es por mas, esto es, que haya mas piedra que la que corresponda, no se permitirá revolverla y quitarla á mano ó con herramienta, sino que con martillos pequeños de cantero se deshará toda la piedra superior hasta que baje lo necesario.

52. Concluida la tercera capa se arreglarán definitivamente los paseos y cunetas, dando á los paseos un declive de cuatro líneas por pie hácia las cunetas.

53. Despues de esto se echará sobre la piedra machacada una ligera capa de arcilla menuda tendida con rastrillos de madera, de modo que despues de la que hubiese embebido la piedra quede como una pulgada. Sobre esta capa se echará otra de tres pulgadas de grueso de arena, y será la mejor la que tenga almendrilla, esto es, guijas muy menuditas. Despues de tendida la arena con los ras-

trillos de antes, se pondrá una línea de operarios, que con unos pisones ligeros vayan apisonando suavemente la arena desde una punta á otra del trozo de firme que se hubiese cubierto, con lo que quedará enteramente concluido.

54. Hace algunos años que se usaba pasar un cilindro ó rodillo de piedra sobre la arena; pero ya se ha abandonado esta práctica, porque si el firme está bien hecho, produce el mismo efecto que el apisonar ligeramente la arena como he dicho, y si no lo está no lo mejora en nada. Es operacion por otra parte muy costosa en obras de consideracion, es decir, en un camino de muchas leguas: y en caminos de montañas es casi impracticable por la dificultad de trasportar el cilindro de una parte á otra, segun van concluyendo los asentistas sus trozos de camino.

55. Si la explanacion del camino se hubiese abierto en piedra, ó como dicen vulgarmente en peña viva, entonces es inútil la primera capa de piedras gruesas, como cualquiera conocerá, atendiendo al uso á que se destina. Asi en casos de esta especie, si la piedra en que se ha abierto la explanacion, fuese de tal caliddad que permita sin gran costo abrir en ella una caja de tres pulgadas de fondo, se hará; y cuando no lo permita se colocarán

en lugar de los adoquines dos filas de losas toscas que formen dicha caja: y en uno y otro caso se construirán las dos capas 2.ª y 3.ª en un todo como va expresado.

56. Cuando se arregle la montea de los caminos que siguen por las laderas de las montañas, segun el método que va expresado en el núm. 40, se abrirá la explanacion sin inclinacion alguna hácia la montaña, esto es, horizontalmente en sentido lateral: luego se construirán las tres capas segun lo que va dicho; pero se tendrá presente que en lugar de los adoquines de la parte de afuera, se deben poner losas toscas muy reforzadas, por motivo de su altura y situacion; y que por la parte de adentro hácia la montaña el paseo no puede hacerse de tierra, sino de losas toscas bien sentadas, segun se manifiesta en la figura 9.ª, porque como todas las aguas del camino han de venir á pasar por alli, y precisamente en donde las lluvias son continuas y copiosas, si el paseo fuese de tierra no duraria nada, y por alli empezaria la destruccion del firme. Por la misma razon las cunetas han de ser anchas y profundas, á fin de que el agua que corra pueda caber por ellas.

57. Antes de pasar á otra cosa voy á dar á conocer una herramienta muy útil para machacar

la piedra, que solo se usa en la Provincia de Santander, y es desconocida generalmente en las demas. Tiene la Marina Real en aquella Provincia, en el lugar de la Cavada, una fábrica para fundir cañones de fierro, y en ella se fabrican unas balas de todos calibres agujeradas por el centro; por este agujero se introduce una rama ó un mango que vaya de mayor á menor, de modo que quede asegurada la bala al extremo del mango, y en esta disposicion hacen de ella el uso de maza para machacar la piedra. Desde luego se echa de ver que con una maza de dos bocas, el operario tiene que cuidar de dar el golpe con una de ellas, y que con la bala trabaja sin este cuidado, y por consiguiente con mas libertad y prontitud. Pero no es esto en lo que consiste su gran utilidad, sino en que las mazas de dos bocas aceradas se desbocan facilmente, esto es, se gasta el acero que tienen en las bocas, y asi cuando el trabajo es continuado, es preciso calzarlas á menudo con tres cuarterones de acero en cada boca y aun añadirlas fierro, lo cual ocasiona un gasto considerable. Las balas no tienen nada de esto, porque como el fierro fundido no se ablanda con el golpeo como el forjado, excusan el gasto del acero y de la fragua, de modo que esta herramienta no ocasiona mas gasto que su primer coste, y dura in-

definidamente. En el año de 1801 fui en comision á aquella Provincia, para abrir un camino para la Rioja por el Puerto del Escudo y las montañas de Pancorvo, y entonces ví por primera vez usar de las expresadas balas, y conseguí una Real orden para que en la fábrica de la Cavada se me suministrasen todas las que pidiese. Lo verifiqué de una partida de diferentes calibres, y á muy poco tiempo me las entregaron; pero luego que se empezaron á usar, se fueron partiendo como si fueran de una materia vidriosa. Dijéronme los naturales del pais, que aquello consistia en que las habian fundido en molde de arena, y que las que yo habia visto antes, que no se partian, estaban fundidas en molde de fierro, que llaman turquesa. Volví á encargar otra partida igual á la anterior añadiendo esta circunstancia, y con efecto no se partieron, y no necesité mas en siete años que duraron aquellas obras. El coste no me acuerdo cuál fue, pero sí que era menor que el de una maza de fierro forjado con dos bocas aceradas de igual peso. El uso de estas balas debia generalizarse en todos los caminos de España, lo que pudiera verificarse fácilmente y sin gran costo, porque desde el embarcadero de Tijero que está inmediato á la Cavada, se podian conducir por agua al Puerto de Santander; en este hay propor-

cion para enviarlas á cualquier punto de las costas de España, y desde alli se podian dirigir por tierra hácia el centro. Pero aun suponiendo que se condujesen por tierra, y que en los puntos de su destino saliesen mas caras que las mazas de fierro forjado, no tendria comparacion su mayor costo con la extraordinaria economía que proporcionan.

De las diferentes clases de piedras que pueden servir para construir el pavimento ó firme de los caminos, y del uso mas conveniente que puede hacerse de cada una.

58. Al tratar sobre el modo como se debe construir el firme, no he dicho nada acerca de la calidad de la piedra que seria mas conveniente; porque como sobre estos dos puntos hay bastante que decir, me ha parecido mejor tratar de ellos con separacion, para no confundir unas cosas con otras. Por lo que acabo de decir sobre el primer punto, se puede inferir que la clase de piedra mas conveniente para ejecutar lo que alli se dice, ha de tener las cualidades de ser gruesa, muy dura y al propio tiempo quebradiza, tales como las piedras calizas y las silíceas puras: por ejemplo, la piedra caliza blanca de Colmenar, y la piedra pedernal que

tanto abunda en las inmediaciones de Madrid. Estas dos clases de piedras son excelentes para el caso, y cuando el firme está bien hecho, el roce de las ruedas deshace la superficie en un polvlllo, que humedecido con las aguas de lluvia resulta como una especie de argamasa, que seca y endurecida forma una costra que en muchos puntos hace una superficie cerrada y unida, de modo que parece que todo el firme es de una pieza. En el camino de Francia desde el lugar de Cubo hasta mas allá de Miranda se puede notar esto, y como alli está hecho el firme con piedra caliza blanca, con razon en cuanto á esto, se le podria llamar *Via argentina* como llaman al càmino que hicieron los Romanos en Salamanca.

59. Pero como los caminos no pueden hacerse sino con los materiales que estan á cierta distancia, pasada la cual es indispensable reducirse á lo que está dentro de ella, por esta razon diré las observaciones que tengo hechas, á las cuales cada uno podrá agregar las suyas, y del conjunto de todas podrá sacarse partido en la práctica.

60. La piedras calizas en general son todas buenas, exceptuando solo algunàs, que acaso por contener una gran cantidad de arcilla absorven mucha agua, y cuando yela se dividen en hojas muy

delgadas, y á poco se convierten en polvo. Esta especie de piedra, que vulgarmente llaman piedra heladiza, es absolutamente inútil para los caminos, y de ningun modo se debe hacer uso de ella. La que yo he visto mas comunmente tiene un color azulado, y aun las he visto blancas; pero el medio seguro de reconocerlas es observar las canteras en que se hallan, porque su supercie está manifestando las hojas en que se divide, y el estado de destruccion en que se halla, y no es posible equivocarse aunque luego en su interior tenga aspecto sano.

61. Las piedras siliceas son excelentes, y se puede decir que las mejores: particularmente el pedernal que ademas de ser muy duro y partirse facilmente, nunca las mazas lo reducen á grano ni á polvo, y aunque sean las partículas mas pequeñas que resulten siempre conservan la forma de piedra. El quarzo es excelente, pero muy raramente se encuentra en grandes masas para poder sacar piedras gruesas.

62. Hay sin embargo en el cordon de montañas que corre desde el monte Aralar en Navarra hasta el cabo de Ortegal en la costa de Galicia, una especie particular de quarzo mezclada con una gran cantidad de fierro, que se encuentra en grandes masas. Yo he visto en las montañas de Santander, que

son parte de aquel cordon, canteras enormes de esta especie de piedra. Se hallan estas canteras sobre terrenos primitivos, en bancos horizontales de bastante altura, pues los menores no bajarán de tres pies; las divisiones de estos bancos estan en ángulos rectos, de modo que las grandes piedras que se hallan rodadas ó desprendidas de sus sitios no presentan mas que ángulos rectos en todas sus esquinas y puntas: su aspecto exterior, esto es, de los bancos que estan descubiertos ó de las grandes piedras rodadas, es de un color rojizo idénticamente como el del óxido de fierro que se forma con la humedad del ambiente, y que no debe ser otra cosa: su fractura presenta un aspecto metálico idéntico con la fractura de fierro. Estas grandes piedras son impenetrables á los barrenos, á las cuñas, y á las mazas, de modo que no pueden romperse ni partirse por ninguno de los medios usuales. Los naturales del pais las rompen, cubriéndolas con ramaje y leña, á que dan luego fuego, y cuando la piedra está ya bien caliente echan agua sobre ella, y entonces con una maza cualquiera la reducen á piedras pequeñas. Esto no tiene nada de particular, pues ya se sabe que esta es una propiedad del quarzo.

63. Esta piedra aparece desde luego inútil

para construir el firme de un camino; sin embargo no se la debe despreciar enteramente, porque hay medio de hacer uso de ella cuando no se halle otra en proporcion que tenga las circunstancias que se requieren, y ademas porque un camino hecho con esta piedra ha de ser de una duracion extraordinaria. En primer lugar se debe considerar que hallándose esta piedra en las montañas mas altas, por lo general nunca falta en ellas leña, ramage ó maleza con que calentarla, y despedazándola puede servir para primera capa, la cual seria de una duracion eterna: debiendo añadir que esta piedra, segun tengo observado, no se parte en figuras muy irregulares, y siempre formando superficies planas. Ademas de esto cuando ya se ha reducido á trozos pequeños, estos aunque muy duros siempre, no son enteramente intratables á las mazas como cuando estan en grandes masas. En el camino que yo abrí en quellas montañas de Santander, un asentista halló á la inmediacion de su obra una cascajera de piedra menuda de esta clase, que sin duda habia caido de las alturas, despedazada asi por la naturaleza misma. Usó de ella para hacer el firme, y aunque con trabajo la machacó, y resultó un trozo de camino, que su pavimento parecia ser de fierro: lo he visto posteriormente algunas veces, y siempre nada

degradado, y creo que en el dia al cabo de 20 años, esté en el mismo estado, sin haber necesitado recargo ni reparacion alguna. Asi de esta piedra pudieran hacerse aun las tres capas del firme habiendo abundancia de leña, porque luego que estuviese tendida la piedra para formar la segunda capa, y lo mismo la tercera, echando sobre ella leña y ramage, dándola fuego sucesivamente, y conforme despues se la fuese echando agua, se la podia reducir á menuda, de que resultaria un pavimento indestructibles.

64. Me he extendido algo en las observaciones sobre esta especie de piedra, porque ademas de haberla en el cordon de montañas que he dicho, he oido tambien que se halla en otras del interior de España; y no será extraño, porque hay mucha de ella en los Pirineos, y como nuestras montañas son ó apéndices ó ramificaciones de aquellos, es muy probable que se halle, y que los Ingenieros tengan ocasiones de usarla.

65. Por lo que hace á las piedras menudas de quarzo, que se hallan esparcidas sobre las tierras, en su interior, y á veces en grandes vetas, me reservo hablar sobre ellas cuando trate de la grava y del guijo.

66. El granito, ó como llaman vulgarmen-

te la piedra berroqueña, es muy buena para hacer el firme de los caminos, pero nunca tanto como las piedras calizas y siliceas; porque como la piedra berroqueña no es una piedra homogénea como estas, sino formada por la agregacion de materias de diferente naturaleza, es mas atacable que las otras por los rigores de la intemperie. Ademas de esto y por la misma razon, en pedazos pequeños ya no tiene la misma dureza que la que se le advierte en grandes masas; asi es que una rueda que deshará enteramente una pequeña piedra berroqueña, no podrá producir el mismo efecto sobre un pedernal ó sobre una piedra caliza, aunque sean mas pequeñas. Sin embargo de esto, vuelvo á decir qne la piedra berroqueña es muy buena para el fin de que se trata; pero váyase sí en la inteligencia, de que el firme será de menos duracion que los que se hagan con las otras dos clases de piedra.

67. Debe tenerse presente que la piedra berroqueña no se presenta en bancos como la caliza, sino en grandes masas, sin guardar orden en su colocacion; y suele haber diferencia en su calidad en muy poca distancia; de modo que en algunos puntos es muy blanda: lo cual se conoce fácilmente, porque la blanda tiene el grano mas gordo y

menos unido, y en su fractura no se advierte la brillantez que tiene la buena. De esta piedra no se debe usar, y mucho menos mezclarla con la buena; porque la blanda se consume luego, y la dura salta de su lugar. Y por regla general, en todas las clases de piedras nunca se debe mezclar piedra blanda con dura en una misma capa, porque, si es permitida esta expresion, la una se come á la otra.

68. La piedra que comunmente llaman molinar, tambien está formada por agregacion de diversas piedras menudas de diferentes clases, y forma como un almendrado, de modo que no admite labra. Esta piedra es buena para la construccion del firme, porque aunque se desmenuza al machacarla, como está compuesta de piedrecillas gruesas, y las mas de quarzo, forma un macizo muy compacto y sólido.

69. De la piedra de arena hay muchas clases y calidades, algunas se acercan mucho á la berroqueña en la dureza, y son muy buenas para construir el firme, y particularmente para primera capa son todas buenas aun las menos duras. Esta clase de piedra se endurece á la intemperie, salvo algunas que hacen excepcion, y sucede lo contrario deshaciéndose con la humedad y los hielos, las

cuales deben desecharse y no hacer uso alguno de ellas.

70. Hay de esta clase una piedra que se halla en lo mas alto de las montañas, en la cresta misma, que no es mas que un compuesto de arena tan blando que en trozos pequeños se la puede deshacer entre las manos, y convertirla en arena; pero tiene la propiedad que dejándola á la intemperie de las nieves y hielos se endurece, formando una costra blanca en la superficie. Asi toda la que está en grandes ó pequeñas masas fuera del terreno tiene este color, y una mediana dureza; y aunque debiera descartársela y no hacer uso alguno de ella, hay casos en que es indispensable usarla, como me sucedió á mí en lo alto del Puerto del Escudo; porque ¿cómo subir piedra de otra clase á aquella altura traida desde lejos, sin hacer un gasto horroroso? Lo que se debe hacer en semejantes casos es reforzar la primera capa, lo que puede hacerse á poca costa, porque como esta piedra se puede arreglar bien con mucha facilidad con solo el martillo, se puede hacer á manera de un empedrado tosco, y como es mucho lo que abunda en los sitios en donde se halla, no se debe limitar esta primera capa á las siete pulgadas señaladas, sino darle diez ó doce, pues todo está

reducido á dar mas altura á los adoquinés, para que la caja tenga la profundidad que se quiera. Por lo que hace á la segunda y tercera capa es preciso no tratar de reducirla á muy menuda, porque entonces se convertirá en arena. Se deja entender que un camino hecho con esta especie de piedra, su pavimento se ha de degradar en poco tiempo; sin embargo, he observado que dura mas de lo que al parecer debia, porque como su posicion está en sitios de muchas nieves y grandes hielos por mas de cuatro meses al año, en los inviernos el pavimento mismo se endurece extraordinariamente.

71. La piedra asperon, llamada vulgarmente piedra de amolar, es absolutamente inútil para construir el firme; se la debe desechar enteramente sin excepcion alguna, pues hallo preferible un camino hecho con simple arena gruesa.

72. Las piedras de arcilla que los mineralogistas llaman schîstos, y vulgarmente cayuela en algunas provincias de España, son enteramente inútiles, porque embeben la humedad y se deshacen con los hielos. Solo hay una especie de ella, que es la pizarra, que abunda extraordinariamente en el Reino de Galicia, y puede servir para el firme; pero es preciso poner la mayor atencion para distinguir la que es buena, porque en una misma can-

tera hay de ella que es heladiza y otra que no. Puede distinguirse fácilmente, porque la buena, en suspendiéndola con una mano, y dándola un golpe con otro cuerpo duro, tiene un sonido metálico ó campanil, y ademas se distingue aun mejor poniendo un pedazo junto á un charco ó depósito de agua, de modo que la toque: si atrae al agua y se empapa toda, es heladiza; pero si no atrae el agua y se mantiene seca es buena. Aun entre la buena es menester distinguir, pues la que se parte fácilmente en hojas delgadas, que es la buena para el empizarrado de los edificios y de las torres, no es buena para los caminos mas que para primera capa; porque para segunda y tercera al machacarla se deshace en hojas, y viene á convertirse en polvo. La mejor para estas dos capas es una clase que ademas de las circunstancias dichas es áspera al tacto, y no se puede reducir á hojas. Sin embargo, no se debe usar sino cuando no haya otra mejor en proporcion.

73. Me resta solo tratar de la piedra grava, guijo y morrillo, nombres cuya significacion es muy vaga, y que convendria fijar. Estas voces no denotan la clase ó naturaleza de las piedras, sino su disposicion, y situacion en que se encuentran; asi diré algo sobre esto antes de tratar de su uso.

74. En todos los rios hasta cierta distancia de su nacimiento, en que se descubre su fondo en tiempo de aguas bajas, se encuentra todo cubierto de una gran capa de piedras mas ó menos gruesas, que han sido arrastradas por las aguas desde lo alto de las montañas de que proceden. Estas piedras estan como redondeadas, gastados todos sus ángulos, y algunas parecen torneadas. Lo mismo sucede en los torrentes y arroyos que proceden de altas montañas; y aun en los rios caudalosos en que nunca se descubre el fondo, suele suceder que en las grandes avenidas, luego que bajan las aguas dejan depósitos considerables de estas piedras rodadas, que han sido conducidas por las aguas. Estas piedras son tanto mas gruesas, cuanto mas cerca estan del nacimiento de los rios, y cuanto mayor es esta distancia, tanto menor es su tamaño: pudiéndose muy bien concebir la causa de esto, teniendo presente que han sido arrastradas por el agua, rodándolas por el fondo, y golpeándose unas con otras. Tambien se hallan en algunos puntos de la costa del mar en que la resaca, asi como forma playas de arena, las suele formar tambien de estas piedras que parecen torneadas.

75. Ademas de esto en muchos terrenos que estan distantes de la mar y de los rios, y á veces en

alturas extraordinarias respecto de la mar y de los rios inmediatos, se encuentra toda la tierra sembrada de esta especie de piedras, cuya superficie está lisa, y sus ángulos gastados; de modo que no se puede dudar de que en algun tiempo han sido arrastradas y conducidas por el agua al sitio en que se hallan. Muy comunmente en las excavaciones subterráneas se encuentran grandes vetas de estas piedras. Cómo, en qué tiempo, y de dónde han sido conducidas, es un problema que ha hecho y hace discurrir mucho á los naturalistas; pero esto nada tiene que ver con el asunto principal de que yo trato, correspondiendo solo á él tener noticia de su existencia.

76. En el Reino de Valencia á toda esta clase de piedras sea de los rios, torrentes, que alli llaman ramblas, ó de la costa del mar, ó que se halle en la superficie de las tierras, ó en excavaciones, se denomina generalmente con el nombre de grava. En Castilla, particularmente en tierra de Madrid y entre los constructores de caminos, se la da el nombre de guijo. Y en las Provincias del Norte de España, que corresponden á Castilla, se la da el nombre de morrillo; distinguiéndola en todas partes en gruesa ó menuda.

77. Como seria útil el fijar estas voces en

términos que significasen una misma cosa en todas partes, me parece que podria hacerse de este modo. A la piedra que se saca de los rios, torrentes, arroyos y de las playas del mar, desde el tamaño de las que se pueden cubrir dentro de la mano hasta las mas menudas, se la podia denominar grava. A la que se halla en la superficie de las tierras, y la que procede de vetas en las excavaciones, que los prácticos llaman de mina, del mismo tamaño que la anterior, se la podia dar el nombre de guijo. Y á toda la piedra que se halla en los rios, torrentes, arroyos, playas del mar, en las tierras y excavaciones, cuyo tamaño pase del expresado hasta las mas gruesas, se la podia llamar morrillo. Y en las tres clases se podia usar de la distincion de grueso y menudo. Confieso que para hacer esta determinacion no me fundo en nada mas, sino que estando ya introducidas estas voces en el uso comun, y conviniendo fijar su significacion, podia hacerse de este modo con mucha utilidad; en primer lugar para entenderse con los ingenieros de todas las provincias, y para el caso de hacer presupuestos, ajustes, contratas &c. Por lo demas las palabras guijo y grava ellas en sí significan una misma cosa, sin mas diferencia que la primera es castellana y la segunda lemosina, pero que está ya admitida por cas-

tellana. Por mi parte en todo lo que voy á decir en adelante, me tomaré la licencia de usar de dichas tres voces en el sentido que he fijado: lo que se debe tener presente para entender bien lo que diga.

78. Una advertencia debo hacer para fijar bien el significado de dichas voces, lo cual me proporciona dar á conocer una cosa que es interesante para los caminos. Con la humedad y la fuerza de los yelos se desprenden de las piedras, aun de las mas duras que existen en lo alto de las montañas, pequeñas partes de ellas que luego el agua de las lluvias las arrastra hácia abajo mezcladas con tierra. De estas piedrecillas se encuentran grandes depósitos mezcladas con tierra, formados con la sucesion del tiempo al pie, en las faldas, ó en los costados de las montañas. Comunmente las dan el nombre de *cascajo* y á los depósitos de ellas *cascajeras*. No deben pues confundirse con la grava ni con el guijo, porque difieren mucho en su figura, que es como si se acabaran de partir, en su procedencia, y en el modo como han venido al sitio en que se hallan. Se encuentran tambien en las laderas de las montañas grandes depósitos de piedras descubiertas y tendidas de alto á bajo, que segun su disposicion no pueden proceder de otra cosa sino

de algun gran pico desprendido de la cresta superior, y que rodando por el costado de la montaña se ha roto en trozos, de modo que forman un conjunto de piedras grandes, medianas y pequeñas. A estos depósitos llaman comunmente *garmas*, y las hay de una extension extraordinaria; y es un hallazgo para el que va á abrir un camino el tener que pasar por una de estas garmas de piedra de buena calidad, porque abaratan y disminuyen extraordinariamente el coste de las obras. No deben pues confundirse estas piedras con los morrillos, porque se diferencian mucho en todas sus circunstancias, como dije antes.

79. La piedra morrillo es excelente para la construccion del firme, porque se debe considerar que una piedra que ha rodado leguas por el fondo de un rio, chocándose unas con otras, partiéndose, perdiendo sus ángulos y redondeándose como si las hubieran torneado, y que ha podido resistir esto sin reducirse á tierra ó arena, es preciso conocer que debe tener una dureza á prueba: asi es que las blandas se convierten en arena, pues la gran cantidad de ella que conducen los rios, y de que estan formadas las playas del mar, no procede de otra cosa. Es cierto que se suelen encontrar alguno que otro morrillo muy blando; pero esto procede de

que han venido por algun arroyo próximo al sitio en que se hallan, y no han tenido tiempo para deshacerse, como lo demuestra su figura misma y su color, y por lo tanto son fáciles de conocer y pueden descartarse.

80. Para primera capa es excelente el morrillo grueso, y puede arreglarse con mucha facilidad como si se hiciera un empedrado. Para segunda y tercera capa es excelente tambien machacándolo segun se ha dicho.

81. El morrillo menudo es tambien excelente para segunda y tercera capa, machacándolo y partiéndolo bien, porque haciéndolo asi se enlaza y encaja maravillosamente uno en otro. Yo he construido grandes trozos de firme con morrillo, haciéndolo machacar del modo que tengo explicado, reduciéndolo á piedra menuda, y algunos al cabo de 20 años no es posible sacar una piedra con la mano, y con un azadon costaria algun esfuerzo y no se sacaria una sola. El morrillo menudo es muy trabajoso de machacar, porque ademas de su dureza, por su configuracion y su lisura se escapa al golpe de las mazas si los operarios no estan diestros ó trabajan con poca atencion; y por esto he visto que algunos no quieren usarlo, diciendo que no traban nunca unos con otros, y que saltan con fa-

cilidad; pero es porque no los machacan bien, dejando muchos enteros, y otros á medio partir, de lo que resulta que por su configuracion se remueven con facilidad, y saltan de su lugar.

82. El guijo y la grava son enteramente inútiles para primera capa, porque ademas de las razones que tengo expresadas para sentar que la primera capa se debe construir de piedra gruesa, tengo en favor de mi opinion, ademas de la experiencia constante de muchos años en España, el ejemplo de los Romanos, los cuales sin embargo de que no hacian el firme de piedra seca, sino mezclada con mezclas ó argamasas fuertes, la primera capa siempre la construian con piedra gruesa. Y no se tenga por de poco peso el ejemplo de los Romanos, porque todos los Arquitectos, Ingenieros y profesores de estas artes saben bien el alto grado de perfeccion á que aquellos llevaron los métodos de construccion, y hasta tal punto, que en algunas cosas aun no se ha encontrado el medio de imitarlos; y en el asunto de caminos aun es de mas peso su autoridad, por la grande experiencia que tenian en él, pues ninguna nacion del mundo ha construido tantos caminos como los Romanos, y tales que al cabo de diez y seis siglos subsisten, y algunos en disposicion todavía de durar otros mu-

chos. He dicho esto porque sé la oposicion que hay entre nosotros, y la que habrá por cierta clase de facultativos que con dificultad se resuelven á abandonar sus prácticas.

83. Para segunda y tercera capa la grava y el guijo, siendo de tamaño grueso, son buenos, porque se pueden machacar á corte abierto, haciéndolo con mazas pequeñas de peso de tres libras, pues con las grandes saltan al golpe y no se parten; haciéndolo asi y por lo demas en un todo segun se dijo antes, resulta un firme muy sólido. No haciéndolo de este modo, como estas piedras tienen gastados sus ángulos, y son muy lisas, nunca traban bien, y con el carreteo saltan desde luego con facilidad. De aqui resulta la operacion que hacen de cuando en cuando los peones camineros, que llaman *descantar*, que se reduce á echar fuera del camino las piedras que se van desprendiendo y quedan sueltas en su superficie: lo cual demuestra que el firme se va deshaciendo insensiblemente. Esta operacion nunca hay que hacerla cuando el firme está construido con piedra bien machacada. En la costa de Valencia, junto al lugar de Benicasin, por donde pasa el camino de Barcelona, hay un pedazo de playa llena de una grava negra redondeada como si estuviera hecha á torno, y su tamaño es poco

mas que el de un huevo de gallina. Si con esta grava se hiciera el firme sin machacarla, es bien seguro que en muy poco tiempo las ruedas echarian cada piedra por su lado, y sin duda por esta razon no la usan, sin embargo de estar casi al lado del camino; pero machacándola segun yo insinúo, resultaria un firme sólido y de mucha duracion.

84. Cuando la grava y el guijo sean ya de un tamaño tan menudo que no se puedan machacar, entonces lo que se debe hacer es tender sobre la primera capa de piedra gruesa la segunda de aquella piedra, y apisonarla bien, poniendo los operarios en línea con pisones de peso, y que vayan de frente apisonando con fuerza de una punta á otra. Lo mismo se debe hacer con la tercera capa, formando por sentado la correspondiente montea en una y otra; y de este modo resultará un pavimento sólido, aunque nunca tanto como el de piedra machacada.

85. Por lo que hace á la calidad del guijo, está observado que los que se hallan en la superficie de las tierras, la cara que tienen hácia arriba descubierta á la intemperie, es muy blanca y menos dura que la cara que está sentada sobre la tierra: de esto resulta que el guijo que se saca de las excavaciones, y que llaman de mina, es mas duro

que el otro; y se ve que con razon los prácticos prefieren siempre el guijo de mina al recogido por las tierras.

86. Por último, en las Provincias del norte de España en que se benefician las minas de fierro, la escoria, que en las ferrerías resulta de las fundiciones, es un material excelente para los caminos. Hecha con este material la tercera capa, y en lugar de arena, cubriendo con lo mas menudo de dicha escoria, resulta un pavimento sólido y unido, en que jamas se abre una rodada, y es de una duracion extraordinaria.

Examínase si seria mas conveniente y adaptable el sistema de construccion romana, que el que se usa modernamente para formar el pavimento ó firme de los caminos.

87. Antes en el número 26 dije que los caminos Romanos se podian considerar mas baratos que los que se han hecho modernamente y se hacen en el dia: para verificar pues esta comparacion, y examinar si convendria adoptar la construccion romana, se debe tener presente en primer lugar que la diferencia que hay entre los caminos Romanos y los modernos consiste solo en el pavimento

ó firme de ellos. Por lo que hace á desmontes, terraplenes, muros de sostenimiento, alcantarillas, puentes &c., en nada desmerecen los caminos modernos respecto de los romanos: solo el uso de la pólvora, que no conocian los romanos, da una ventaja decidida á los modernos sobre ellos; y en efecto se ven trozos de caminos modernos en montañas que acaso los romanos no hubieran podido abrirlos. Asi para reducir la cuestion á los términos mas sencillos, consideraré en uno y otro caso, esto es, en el de la construccion romana y en el de la moderna, como que estan ya hechas todas las obras necesarias para formar la explanacion del camino, y aun esta explanacion misma: de modo que la cuestion viene á quedar reducida á la construccion del pavimento ó firme, y á su conservacion sucesiva.

88. Tomando pues por ejemplo un camino cuyo firme tenga 24 pies de ancho con tres pies de paseo á cada lado, trataré lo primero de averiguar qué costo tendria en el dia su construccion segun el sistema romano. La division en tres capas debe subsistir la misma con las diferencias que voy á expresar. La primera capa seria de siete pulgadas de grueso, construida con piedra gruesa y buena mezcla de cal y arena. La segunda capa se-

ria de tres pulgadas de grueso hasta enrasar con los adoquines, construida con guijo, grava, ú otra piedra menuda mezclada con argamasa hecha con cal, polvo de ladrillo ó arcilla cocida, y arena, bien apisonado y macizado todo: y la tercera capa seria todo lo que comprende la montea que debe rebajarse á $\frac{1}{32}$ del ancho, de modo que en el caso que se supone deberá ser de nueve pulgadas en lugar de las 12 que se dan cuando el firme se hace con piedra seca; esta tercera capa se debe construir con la misma argamasa que la segunda y con grava ó guijo menudo, bien consolidado todo á fuerza de pison. En este concepto y hechos los cálculos necesarios de los materiales que deben entrar y demas, resulta que la primera capa se debe regular á real el pie cúbico, y la segunda y tercera á 4 rs. tambien el pie cúbico, debiéndose entender en las tres á todo coste; y en este supuesto se sacan los valores siguientes.

89. *Coste de un pie lineal de firme de 24 pies de ancho.*

Catorce pies cúbicos en la 1.ª capa á real cada uno.....	14
Seis pies cúbicos en la 2.ª capa á 4 reales.....	24
Once pies cúbicos en la 3.ª al mismo	

precio..... 44

82

Y á este respecto en una legua de 20⅁ pies costaria el firme 1.640.000 rs.

90. *Coste de un pie lineal de firme de 20 pies de ancho.*

Doce pies cúbicos en la 1.ª capa á real.....	12
Cinco idem en la 2.ª idem á 4 reales..	20
Ocho idem en la 3.ª idem á idem.....	32
	64

Y á este respecto en una legua de 20⅁ pies costaria el firme 1.280.000 rs.

91. *Coste de un pie lineal de firme de 12 pies de ancho.*

Siete pies cúbicos en la 1.ª capa á real.....	7
Tres idem en la 2.ª capa á 4 reales...	12
Tres idem en la 3.ª idem á idem.....	12
	31

Y á este respecto en una legua de 20⅁ pies costaria el firme 640.000 rs.

92. Ahora se debe recordar lo que dije en

el núm. 25 que los romanos economizaban mucho el ancho del firme ó pavimento de los caminos; y asi el mayor ancho que daban era de 23 pies acompañándolo con buenos paseos de tierra á los lados; y si se reflexiona bien en esto se verá que atendiendo á la firmeza y resistencia del pavimento, el mismo efecto debe producir un camino con un pavimento ó firme de 20 pies de ancho y un paseo de tierra á cada lado, de los mismos 20 pies de ancho, que otro de construccion moderna, cuyo firme tenga 50 pies de ancho y cinco pies de paseo de tierra á cada lado; no debiendo resultar una gran diferencia en el coste.

93. Para buscar un punto de comparacion que sea general, y que pueda despues aplicarse á todos los casos particulares que se quieran proponer, supondré un camino de construccion romana de 30 pies de ancho, los 20 de firme y cinco á cada lado de paseo de tierra; y lo compararé con otro tambien de 30 pies de ancho, los 24 de firme de construccion moderna, con tres pies á cada lado de paseo de tierra.

94. El coste hasta estar formada la explanacion, segun he dicho antes, es el mismo en un caso que en otro, y atendiendo á las diferentes clases de terrenos y paises, puede regularse por un

generàl en 15 rs. cada pie lineal de camino, de modo que en una legua de 20ⅆ pies será de 300.000 rs. Agregando pues á esta cantidad la de 1.280.000 rs. que se calculó antes (90) por valor del firme, resulta que una legua de 20ⅆ pies de construccion romana, con las dimensiones expresadas, costaria 1.580.000. rs.

95. El coste del firme de camino de construccion moderna, segun las reglas que he determinado en esta memoria, atendiendo á todas las especies de materiales y de casos que puedan ocurrir, se puede regular por un general en 15 rs. el pie lineal, y por consecuencia en 300.000 rs. el de una legua de 20ⅆ pies, cuyo valor total en este caso, agregando el coste hasta la explanacion, será de 600.000 rs.

96. Por lo que hace á la conservacion; un camino de construccion romana no necesita mas que un recebo de tierra de cuando en cuando, al propio tiempo que se limpien las cunetas y alcantarillas; todo lo cual puede reducirse al trabajo de echar cada cinco años una buena capa de arena ó tierra, cuyo coste se puede regular á ½ real el pie lineal, y á este respecto una legua de las expresadas costaria 10.000 rs. cada cinco años, ó 2000 cada año la conservacion de una legua.

97. Un camino de construccion moderna, ademas del trabajo expresado, es indispensable para su conservacion que á lo menos cada diez años se repongà la tercera capa de piedra, ya sea que se haga de una vez, ó que cada año se renueve parcialmente, que es lo mas natural. El coste de esto no se puede regular menos de 6 rs. el pie lineal, y á este respecto la conservacion de una legua costará cada diez años 120.000 rs. ó lo que es lo mismo 12.000 rs. cada año.

98. Ademas de todo lo que va dicho se debe observar tambien, que los caminos no son obras de especulacion como los canales. En los proyectos de estos se debe examinar si su producto es mucho ó poco, si corresponde ó no al coste total de la empresa; pero en los de caminos no se puede hacer esto, porque los caminos sirven para las primeras necesidades de la sociedad y del Estado, como la facil comunicacion de los individuos entre sí, la de la cultura de los productos indispensables para la vida, para los primeros y mas indispensables cambios de estos mismos productos, y finalmente para la defensa del pais. Asi los caminos son una de las cargas del Estado que deben mantenerse entre todos; y del propio modo que en el orden moral, la fuerza armada y la magistra-

tura no son cuerpos productivos, esto es, que las grandes utilidades que reportan no se pueden sujetar á cálculo, ni reducirse á dinero, asi tampoco en el orden físico se puede sujetar á cálculo ni reducirse á dinero la utilidad de los caminos como se sujeta y reduce la de los canales. Bajo estos principios se puede sentar la proposicion, de que el mejor sistema de caminos será aquel que manteniendo y facilitando las comunicaciones con la mayor expedicion y comodidad, cueste lo menos posible. Voy pues á examinar cuánto costará al cabo de cien años un camino de cien leguas de las dimensiones que he fijado en uno y otro caso, de la construccion romana y la moderna.

99. *Construccion romana.*

Cien leguas de camino por su coste principal de 1.580 ₰ reales cada una.....	158.000.000
Por los gastos de conservacion, á 2 ₰ reales anuales cada legua, en los cien años.....	20.000.000
	178.000.000

100. *Construccion moderna.*

Cien leguas de camino por su coste principal de 600.000

reales cada una.....	60.000.000
Por los gastos de conservacion á 120 reales anuales cada legua, en los cien años.....	120.000.000
	180.000.000

101. Desde luego aparece á primera vista, que al cabo de cien años el mismo coste tiene un camino de construccion romana que otro hecho á la moderna, y por consecuencia de alli en adelante queda reducido el gasto de conservacion á una sexta parte de lo que se gasta modernamente. Pero si se medita con atencion, se verá que son mucho mayores las ventajas que tiene la construccion romana, que las que se presentan á primera vista. En primer lugar la conservacion está reducida á unas obras ténues, cuando en el sistema moderno las obras de conservacion son considerables; y como todo el mundo sabe que estas obras hechas en diferentes puntos y en despoblado, estan muy expuestas á sufrir malversaciones y fraudes, y que el único modo de evitarlos de raiz, es quitar la necesidad de tales obras, esto no se puede conseguir sino adoptando la construccion romana. Yo he supuesto que en la construccion moderna se

siga un sistema continuado y constante de reparacion, asignándole un valor justo y arreglado; pero en la práctica no sucede esto, ó las obras se hacen mal, ó se abulta y exagera su coste, ó lo que es peor, se hace lo uno y lo otro á un tiempo. Si las obras se hacen mal, el camino se destruye insensiblemente, y á pocos años desaparece, y en tal caso todas las ventajas que se quieran dar al sistema moderno van por tierra.

102. Ademas de esto, rara es la nacion que en cien años no tenga que sufrir una época calamitosa, que la ponga en la imposibilidad de atender á la conservacion de las obras públicas, y en tal caso se arruinan, y muchas desaparecen para siempre. Todos estos males se evitan con la construccion de los romanos: ahí estan todavía los restos de sus caminos despues de haber pasado sobre ellos las revoluciones mas espantosas que ha visto el mundo. Irrupcion de los bárbaros del Norte, irrupcion de sarracenos, guerras civiles, largas épocas de una ciega ignorancia, en que casi ni aun se conocia la necesidad de las obras públicas: todo lo han resistido los caminos romanos, y al través de tantas contrariedades han llegado á nosotros en términos de poder ser útiles y llenar su objeto. ¿Qué hubiera sido de los pobres caminos modernos, ni

qué hubiera quedado de ellos despues de tantos contratiempos?

103. Conozco bien que todos aquellos que esten acostumbrados á ver solo las cosas en pequeño, y que no saben mirar las en grande, cual corresponde á unos objetos de tanta importancia, que nada menos pende de ellos que la felicidad de las naciones, tendrán por una pura exageracion cuanto llevo dicho sobre este punto; pero yo les ruego que vuelvan la vista atrás y contemplen lo pasado. ¿Adónde estan aquellos grandes caminos construidos en el célebre reinado de Cárlos III, que nunca se borrará de la memoria de los Españoles? ¿Cuál es el resultado de tantos millones invertidos despues de aquella época, ni qué queda de todo mas que escombros y ruinas? Si desde el principio se hubiera adoptado la construccion romana, ahora tendríamos unos caminos sólidos y capaces de resistir vicisitudes, sin tener la enorme carga de los gastos de reparaciones, que solo sirven para paliar el estado ruinoso en que se hallan los mas de ellos.

104. Aun adquieren mayor fuerza estos cálculos si se aplican á otras naciones. ¿Cuánto se habrá gastado en Francia en los caminos desde el célebre reinado de Luis XIV? Yo presumo que acaso un valor duplo del que hubiera ocasionado

la construccion á la romana de todos los caminos que hay en aquella nacion. Pero en ninguna parte resalta mas esta comparacion que en Inglaterra. El ingeniero frances Dutens en la relacion del viage que hizo á Inglaterra por orden de Luis XVIII, dice que segun una relacion hecha á la Cámara de los Comunes en el año de 1809, los gastos de reparacion de los caminos de Inglaterra, ascendian en aquella época á 2 millones de libras esterlinas cada año, es decir, 200 millones de reales. Pues yo quiero que haya en Inglaterra mil leguas de caminos generales, y que cada legua construida segun el sistema de los romanos cueste alli dos millones de reales: con solo lo que gastan en reparaciones pueden hacer cien leguas cada año, y las mil en diez años, y al cabo de ellos quedaban reducidos los gastos de reparaciones á una sexta parte, esto, es á poco mas de 300$ libras en lugar de los dos millones que ahora gastan. Si alguna vez el Gobierno ingles llega á fijar su atencion en este punto, no dudo que la construccion de caminos á la romana se adoptará en Inglaterra con ardor.

105. He dicho el Gobierno ingles, porque este punto es un problema de economía política de los mas interesantes que se puedan presentar,

cuya decision corresponde directamente á los Gobiernos, no á los ingenieros; los que solo pueden y deben ilustrar la cuestion. Este es el objeto que me he propuesto al tratar de este punto, y por lo mismo lo he reservado, como ofrecí en el número 26, para el fin de esta memoria como por vía de apéndice. Y aunque el estado actual de nuestra riqueza no permite una innovacion de esta especie, se debe tener presente tambien, que sobre estas materias no se escribe precisamente para tiempo y pais determinado, sino para siempre, y para todas las naciones cultas.

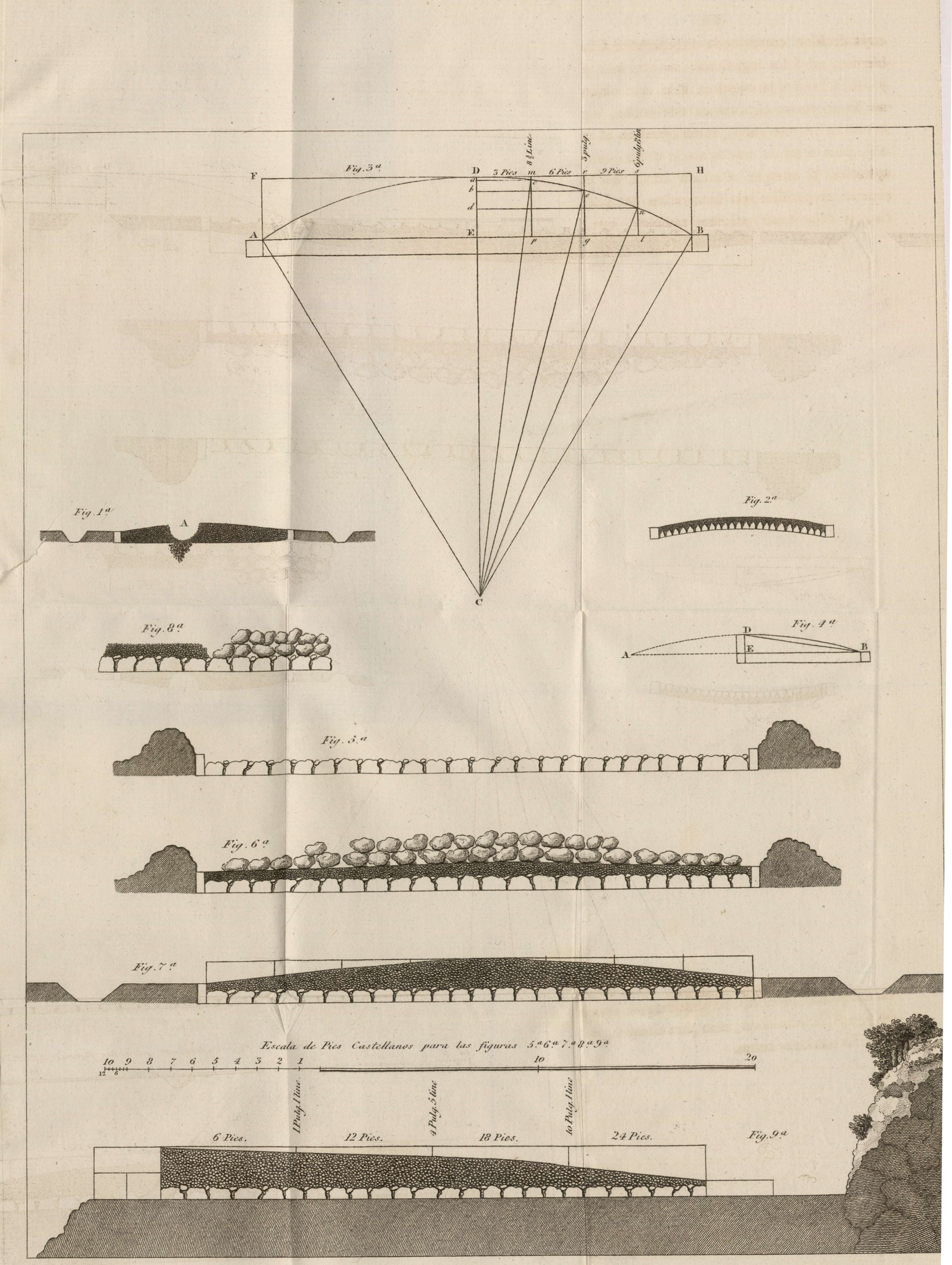


Fig. 3.a
F
D
3 Pies
m
6 Pies
r
9 Pies
s
H
a
b
d
c
e
n
A
E
B
p
g
l
C
Fig. 1.a
A
Fig. 2.a
Fig. 8.a
Fig. 4.a
D
A
E
B
Fig. 5.a
Fig. 6.a
Fig. 7.a
Escala de Pies Castellanos para las figuras 5.a 6.a 7.a 8.a 9.a
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1
10
20
6 Pies.
12 Pies.
18 Pies.
24 Pies.
Fig. 9.a