

689-

411

MEMORIA

SOBRE

LA VIALIDAD EN MADRID

PREMIADA POR EL EXCELENTÍSIMO AYUNTAMIENTO
DE DICHA VILLA EN EL CONCURSO CONVOCADO EN 10 DE ABRIL DE 1922,
SOBRE DISTINTOS TEMAS DE LA VIDA LOCAL

ESCRITA POR

Don Pedro Núñez Granés,

Ingeniero-Director de Vías públicas
del expresado Ayuntamiento.



MADRID
IMPRENTA MUNICIPAL

1924

MEMORIA

SOBRE

LA VIALIDAD EN MADRID

PREMIADA POR EL EXCELENTÍSIMO AYUNTAMIENTO
DE DICHA VILLA EN EL CONCURSO CONVOCADO EN 10 DE ABRIL DE 1922,
SOBRE DISTINTOS TEMAS DE LA VIDA LOCAL

ESCRITA POR

Don Pedro Núñez Granés,

Ingeniero-Director de Vías públicas
del expresado Ayuntamiento.



MADRID
IMPRESA MUNICIPAL

1924

ÍNDICE

	<u>Páginas.</u>
Comunicación del acuerdo del Tribunal calificador que resolvió el concurso premiando esta Memoria.....	5
I.—Tema del concurso.....	7
II.—Importancia de la cuestión a que hace referencia este tema.....	7
III.—Condiciones que han de cumplirse para que exista una buena vialidad....	9
1. ^a —Ancho de las calles.....	10
2. ^a —Rasantes.....	11
3. ^a —Pavimentación.....	12
4. ^a —Distribución que debe hacerse de la anchura de las calles para facilitar la vialidad.....	12
5. ^a —Curvatura del perfil transversal de la calzada e inclinación que debe darse a las aceras.....	13
6. ^a —Ordenación del tránsito.....	14
A) Condiciones de los vehículos.....	14
B) Sentido de la marcha.....	14
C) Situado de los carruajes.....	14
D) Obstáculos en la vía pública.....	14
IV.—Sistemas de pavimentación preferibles en Madrid y propuesta para solucionarlos en cuanto a materiales y procedimientos de ejecución.....	15
1. ^o —Condiciones en que se halla Madrid por lo que se refiere a su pavimentación.....	15
2. ^o —Materiales existentes en Madrid y en sus inmediaciones utilizables para la pavimentación.....	19
3. ^o —Ligera descripción de los pavimentos y de los dos sistemas en que pueden agruparse.....	20
4. ^o —Pavimentos usados en Madrid y resultados obtenidos.....	23
5. ^o —Pavimentos no usados en Madrid cuya instalación se propondrá...	26
V.—Contestación concreta a la cuestión planteada en el tema sobre pavimentos.....	31
A) Sistemas de pavimentación preferibles en Madrid.....	31
B) Materiales a emplear.....	32
C) Determinación de los pavimentos a usar en cada calle.....	33

	<u>Páginas.</u>
D) Precios de las unidades de obra de todos los pavimentos que se proponen.....	36
E) Formas técnicas y administrativas que deben seguirse para realizar en Madrid las obras municipales de pavimentación.....	37
Anejo número 1.—Perfiles transversales indicadores de la distribución que, para facilitar la vialidad, debe hacerse del ancho de las calles.....	39
Anejo número 2.—Nota sobre la regularización del tránsito.....	43



AYUNTAMIENTO DE MADRID

SECRETARÍA

NEGOCIADO PRIMERO



El Excmo. Ayuntamiento, aceptando la propuesta del Jurado calificador del concurso de Memorias entre funcionarios municipales, integrado por el excelentísimo Sr. D. Adolfo González Posada, Ilmo. Sr. D. José Gascón y Marín, D. Francisco Murillo Palacios, don Manuel Martínez Angel y D. Manuel Aguilar López, ha acordado, en sesión celebrada el día de ayer, conceder a V. E. el premio de 1.500 pesetas en metálico, con los demás beneficios determinados en las bases tercera y cuarta del certamen, por la Memoria presentada al tema B con el lema "Via-vita" sobre "Sistemas de pavimentación preferibles en Madrid".

Al comunicar a V. E. dicho acuerdo, esta Secretaría tiene verdadera complacencia en manifestarle la satisfacción con que ha visto la competencia, el celo y el interés tan brillantemente demostrados por V. E. con su trabajo, en bien del servicio municipal.

Dios guarde a V. E. muchos años.

Madrid, 22 de marzo de 1923.

El Secretario,

Francisco Ruano.

Excmo. Sr. D. Pedro Muñoz Granés.

I

Tema del concurso.

«Sistemas de pavimentación preferibles en Madrid, y propuesta para solucionarlos en cuanto a materiales, procedimientos de construcción y cuanto afecte a la mejor vialidad de las calles.»

II

Importancia de la cuestión a que hace referencia este tema.

Dicha importancia se hace patente considerando:

1.º Que la cultura, el adelanto y la riqueza de las naciones mídense siempre por las condiciones de vialidad, grandeza e higiene de sus metrópolis; y

2.º Que la vida se extiende y dilata allí donde el trabajo halla ancho y fácil campo para su desarrollo, donde el arte y la higiene, exaltando la imaginación y dando alegría al hombre, hacen grata la existencia.

Las dos anteriores verdades, vulgares, pero a nuestro juicio incontrovertibles, demuestran que toda nación debe dedicar atención preferente a su metrópoli, y que uno de los primeros elementos para la prosperidad y crecimiento de la ciudad es la buena vialidad de los cauces por los que se desarrolla el torrente de su circulación.

Sin condiciones de vialidad adecuada, la higiene y la belleza son un mito, y la vida misma de las urbes, como la de los seres que no

poseen un sistema perfecto de circulación, se dificulta y extingue lentamente.

Necesario y urgente es tratar de conseguir que toda ciudad tenga sus vías en condiciones tales que el trabajo se desarrolle por ellas con la mayor facilidad y efecto útil; que su aspecto sea estético, y que la suciedad que lleva aparejada siempre una mala pavimentación no sea a menudo mensajera de la muerte.

Y si esa ciudad es la metrópoli de un pueblo, a las razones de orden material dadas, que demuestran la necesidad y la urgencia de poner en buenas condiciones las vías de toda población, únense las de orden moral, que impelen a no presentar ante propios y extraños en la población, en que la ciencia y el arte, hermanados, deben dar la más alta idea del adelanto y poder creador de la nación, inculturas, miserias y atrasos cuya exhibición conviene evitar a todo trance.

Basta, a mi juicio, lo antedicho para reafirmar una verdad que está en el ánimo de todos; mas no resisto al deseo de exponer aquí algunas de las palabras que sobre la vialidad en general (no la de las ciudades) pronunció el Ministro de Obras públicas de Bélgica, Presidente del II^{mo} Congrès International de la Route, verificado en Bruselas el año 1910, en la sesión inaugural del mismo, y las también pronunciadas por el primer Delegado del Imperio chino, M. Wany-Mon-Tau (1).

Dijo el primero:

«Nada existe a mi juicio en el planeta habitado por el hombre más importante que la vialidad.

»Desde que se han hecho caminos, la barbarie ha cesado.

»Desde que la vialidad ha sido cómoda, el bienestar se ha hecho patente.

»Desde que las comunicaciones se han multiplicado, la civilización se ha extendido.

»¿No es evidente en la actualidad que para sacar de la miseria a una comarca abandonada basta dotarla de buenos medios de comunicación?

»¿Que para cubrir de ricas cosechas las landas desoladas no es necesario más que proveerlas de caminos?

(1) Páginas 226 y 242 del libro *Compte Rendu* de dicho Congreso, editado en París en 1911.

»¿Que para fundar aldeas y ciudades donde reina el desierto basta abrir carreteras?

»Con razón se ha dicho *Via-vita*. ¡La vialidad es para los pueblos la felicidad, es la civilización, es la fraternidad, es la vida!»

A su vez, M. Wany-Mon-Tau citó en el expresado Congreso el siguiente antiguo proverbio chino:

«Tales caminos, tal país.»

Y añadió: «Si un país cuenta con vías extensas y bien conservadas, ese país está próspero. Si sus vías son mezquinas y mal trazadas, está pobre y no hace honor a la civilización. Por ello, tales caminos, tal país.» Y continuó: «Se dice en Europa: La vialidad crea el tipo social». «Este es el mismo pensamiento, pero con mayor alcance que el del proverbio Chino».

Las consideraciones expuestas, que evidencian la importancia de la vialidad, han sido seguramente las que indujeron a los llamados a proponer los temas para este concurso a incluir en él el que motiva la presente Memoria.

III

Condiciones que han de cumplirse para que exista una buena vialidad.

Siendo el pavimento sólo uno de los varios elementos a estudiar para lograr una buena vialidad, y diciéndose en dicho tema que se *manifieste cuanto afecte a la mejor vialidad de las calles*, estudiaremos todas las condiciones que son necesarias para lograr ésta, dando mayor extensión a la relativa a los pavimentos, por ser el objeto principal de la cuestión planteada.

* * *

Para que exista una cómoda y rápida vialidad es indispensable que se cumplan las siguientes condiciones:

1.^a Que la anchura de las calles esté en relación con el tráfico a soportar.

2.^a Que sus pendientes sean nulas o muy suaves.

3.^a Que sus pavimentos se elijan inteligentemente, teniendo en cuenta el clima, la naturaleza del tránsito, la clase de vehículos circulantes y las condiciones de las calles.

4.^a Que la distribución de la anchura de éstas en el perfil transversal sea la conveniente para que toda clase de tránsito pueda efectuarse en buenas condiciones.

5.^a Que la curvatura de la sección transversal de la calzada y la inclinación de las aceras sean las debidas; y

6.^a Que exista una adecuada ordenación del tránsito.

Hecho este ligero índice, pasemos a examinar, con relación a Madrid, cada una de las cuestiones que le integran.

PRIMERA.—Ancho de las calles.

En Madrid, como todo el mundo sabe, la anchura de muchas de sus calles y plazas es insuficiente, dándose lugar con ello a una mayor insistencia del tráfico en los mismos puntos y, por consiguiente, a una más rápida destrucción de sus pavimentos.

Y como una transformación radical de dichas vías es absolutamente imposible, entre otras múltiples razones por las de índole económica, el Ayuntamiento procura por cambio de alineaciones, a medida que se edifica, ir paulatinamente ensanchando todas las vías que lo requieren, con lo que, además de progresar nuestra metrópoli mejorando en higiene y belleza, se tiende a conseguir la desaparición de esos verdaderos nudos en la circulación, cuya principal causa es la insuficiente anchura de las calles.

De cómo lo realiza pueden darse cuenta los que en Madrid habitan, recordando lo que eran las calles de Sevilla, Preciados, Carmen, Carretas, en su encuentro con la de Atocha, Nicolás María Rivero, Marqués de Cubas, plaza de Canalejas y otras muchas que en un lapso de tiempo relativamente corto, han sufrido transformaciones importantes.

A iguales fines tiende la ejecución de grandes reformas en el interior de la Villa, como la Gran Vía y otras en proyecto. Mas estas últimas obras, además de ser en general costosas por lo que tienen que ser

en número muy limitado, traen aparejada la destrucción de multitud de viviendas, creando con ello verdaderos conflictos al vecindario, de difícil o imposible solución. Tales reformas no deben en modo alguno llevarse a cabo en sentir del exponente, sin una preparación previa, muy detenida: sin que haya exceso de viviendas, y sobre todo sin antes haber dado comienzo a la urbanización de la zona periférica o de haber creado poblados satélites unidos por amplias vías y múltiples y fáciles comunicaciones con el centro de la urbe, pues de esta suerte, al realizarlas, no se daría lugar a los expresados conflictos.

Termino este punto relativo a la vialidad diciendo que el Ayuntamiento debe fomentar la construcción cuanto le sea dable, para lograr, en el menor plazo posible, que por cambio de alineaciones, adquieran las vías madrileñas mayor anchura, debiendo estudiarse, si ya no lo estuviera, la que convenga dar en lo futuro a determinadas calles en que su insuficiencia es notoria, teniendo en cuenta el inmenso tráfico a soportar, como las de Barquillo, Fuencarral, Hortaleza, etc., y proponer en cuanto sus medios económicos lo permitan, la apertura de grandes vías en el interior de la urbe, poniéndose previamente, en las condiciones antedichas.

SEGUNDA.—Rasantes de las calles.

No son éstas, en general, favorables a la buena vialidad, pues por ser demasiado pronunciadas las pendientes en muchas de ellas exigen un mayor esfuerzo tractor para igualdad de carga e impiden a veces la colocación de revestimientos continuos, con perjuicio grande de la higiene y de una adecuada pavimentación, elemento importantísimo para una buena vialidad.

Conviene, pues, por ambas causas, tratar de suavizarlas.

Así viene haciéndolo nuestro Ayuntamiento, hasta el punto de que puede decirse que no hay calle en que se haga nueva pavimentación que no se mejore su rasante. Las de Leganitos, Montera, San Sebastián, Príncipe de Vergara, paseo de la Castellana, Fernán Núñez, Alcalá en su primer trozo, Bárbara de Braganza, Marqués de la Ensenada y otra multitud que no cito por no alargar demasiado esta Memoria,

dan patente prueba de que nuestro Municipio se preocupa de esa importante cuestión. En tratar de solucionarla debe persistir si quiere lograr en nuestra Corte una fácil y buena vialidad.

TERCERA. — Pavimentación.

Es evidente que la mala pavimentación es importantísimo obstáculo para que exista una buena vialidad, no sólo porque hace lenta y dificulta la circulación, exigiendo un mayor esfuerzo tractor, que se traduce en choques que empeoran el estado de aquélla, al par que destruyen rápidamente los vehículos, sino también porque los baches existentes en toda mala pavimentación, dan lugar muchas veces a atascos que motivan verdaderos nudos en la circulación, que por algún tiempo paralizan en absoluto el tránsito.

Por ser el principal objeto del tema de este concurso, la exposición de los medios para mejorar la pavimentación de nuestra Corte, no digo más en este momento sobre esta condición de vialidad, que habré de tratar al contestar extensamente en el apartado cuarto de esta Memoria.

CUARTA. — Distribución que debe darse a la superficie de las vías para facilitar el tránsito.

Si no se hiciera una distribución en fajas o zonas de la superficie de las calles a fin de que por cada una se establezca una clase de tránsito, se dificultaría éste de manera notable, como acontece en multitud de ciudades de Italia en que dicha distribución no se ha hecho.

Para evitarlo y para dar seguridad al viandante, debe hacerse la distribución de dicha superficie en la forma que, según los anchos de las vías, aparece en el dibujo que se acompaña, que figura con el número 1 de los anejos de esta Memoria.

En él se ve que, cuando la amplitud de las calles lo permita, deben establecerse aceras para los peatones, e inmediatamente a éstas, y en un plano inferior, para personas cargadas; calzadas para tranvías y

carros; paseos para viandantes y jinetes; pistas para bicicletas y motocicletas, y, por último, calzadas para coches y automóviles (1).

QUINTA. — Curvatura de la calzada e inclinación que debe darse a las aceras.

Puede determinarse ésta por la siguiente fórmula, usada con éxito en Madrid y Barcelona:

$$y = \frac{4f}{a^2} (a-x) x.$$

En ella la letra f representa la flecha, o sea la ordenada en el centro de la calle, es decir, la máxima; a , el ancho de la calle; x , las abscisas, en función de las cuales se obtienen los diversos valores de y , que representan las ordenadas que determinan la curva que ha de presentar el perfil transversal de la calle.

Para mayor facilidad en el cálculo de los valores de y , debe darse a esta fórmula la siguiente forma:

$$y = \frac{4fa}{a^2} x - \frac{4f}{a^2} x^2.$$

De esta suerte, como los valores que generalmente se dan a x son 1, 2, 3, etc., bastará en cada caso multiplicar por estos números el valor obtenido para $\frac{4fa}{a^2}$, cantidad fija, dado el ancho de la calle y la flecha, para obtener el valor del primer término, faltando sólo determinar el del segundo y hacer la correspondiente resta para conocer los valores de y .

La flecha debe fijarse para cada calle, procurando que el bombeo de la calzada sea tal que teniendo en cuenta su pendiente y la rugosidad del pavimento, las aguas no discurren en sentido de su longitud (2).

(1) La conveniencia de distribuir el ancho de las carreteras en pistas, a fin de facilitar la vialidad de todos los servicios, fué ya reconocida en el Premier Congrès International de la Route (pág. 137 del libro *Compte Rendu* de dicho Congreso, impreso en París en 1909).

(2) De acuerdo en un todo con lo propuesto en la última sesión del citado Premier Congrès International de la Route y en la primera Sección del mismo (*Compte Rendu* de dicho Congreso, págs. 133 y 358).

Determinando el valor de f (que en general, cuando se trata de pavimentos de asfalto o empedrados con rejuntado de mortero, es el 1 por 100 del ancho de la calle y el 1'50 por 100 si ha de aplicarse a calles empedradas con rejuntado de arena) y dando valores a x , se obtienen los correspondientes de y , que sirven para determinar la curva que ha de presentar la sección transversal de la calle.

* * *

A las aceras debe dárseles una pendiente del 2 al 3 por 100, para que las aguas no se estanquen en ellas y viertan a la calzada.

SEXTA. — Ordenación del tránsito.

Independientemente de las cuestiones ya examinadas, relativas a las condiciones de las calles, hay otra: la ordenación del tránsito, que si bien se resuelve, tenderá de manera eficacísima, a conseguir que en toda urbe, exista una buena vialidad.

Dicha ordenación debe comprender el estudio de los siguientes extremos:

a) *Condiciones de los vehículos.* — Por lo que se refiere a este punto, debe en absoluto cumplirse, no en teoría, que ya lo está, sino de hecho, lo acordado por el Ayuntamiento respecto a las condiciones de los carruajes y número y clase de animales a emplear para el arrastre.

b) *Sentido de la marcha de los vehículos.* — Por lo que se relaciona con el sentido de la marcha de los vehículos, como anejo número 2, se acompaña una propuesta hecha a la Superioridad, ha ya varios años por la oficina de Vías públicas, cuyas indicaciones están hoy en vigor casi en su totalidad.

c) *Situado de carruajes.* — Por lo que afecta al situado de carruajes, sólo diremos que en calles donde no existan tranvías y tengan ancho suficiente, éste debe hacerse en el centro de la vía.

d) *Limitación posible de obstáculos en la vía pública.* — La colocación de excesivas carteleras, farolas indicadoras, postes, kioscos, etcé-

tera, etc., en sitios inadecuados, perjudican a la buena vialidad. No deben, pues, autorizarse más que en muy contados casos.

* * *

Estudiadas las condiciones de vialidad en general a que se refiere el tema del concurso, vamos a responder concretamente al principal objeto del mismo, que es el siguiente:

IV

Sistemas de pavimentación preferibles en Madrid y propuesta para solucionarlos en cuanto a materiales y procedimientos de ejecución.

Para responder a esta pregunta con la mayor suma de elementos de juicio posible, hemos de examinar previamente:

- 1.º Las condiciones en que se halla Madrid por lo que se refiere a su pavimentación.
- 2.º Los materiales de que se dispone en la localidad y sus inmediaciones.
- 3.º Los dos sistemas en que pueden agruparse todos los pavimentos, que describiremos sucintamente.
- 4.º Los diversos pavimentos que en dicha Villa se han empleado y resultados obtenidos.
- 5.º Los pavimentos no usados en Madrid cuyo empleo se propondrá.

1.º — Condiciones en que se halla Madrid respecto a su pavimentación.

Hállase Madrid en malas condiciones para tener buenos pavimentos, no sólo por las causas ya expuestas al tratar de la vialidad en general, relativas a la falta de anchura y de adecuadas rasantes de muchas de sus vías, sino también por las siguientes:

1.^a Por falta de dirección única en cuanto a las vías públicas afecte.

Es evidente que no estando todos los servicios que se relacionan con las vías sujetos a una sola Dirección, se han de producir graves perturbaciones y retrasos en la ejecución de las obras, con perjuicio evidente de la vialidad.

Basta para hacer patente este aserto, considerar que cuando, por ejemplo, se trata de urbanizar una calle, el proyecto que debiera remitirse a la aprobación de la Superioridad debería comprender los trabajos del subsuelo y bocas de riego; los relativos al alumbrado y los relacionados con el arbolado. Mas como las Direcciones de estos servicios están separadas, no van generalmente englobados en un solo expediente todos los presupuestos que motivan las instalaciones referidas, dándose a veces el caso de aprobarse y hacerse, por ejemplo, los trabajos del suelo sin haberse ejecutado los del subsuelo, que es preciso hacer después, destruyendo, en parte, la obra ya realizada.

En las reparaciones y cuidado de la vía pública se tocan también esos enormes inconvenientes. Se produce, por ejemplo, un hundimiento. El servicio de Vías públicas no puede comenzar sus trabajos mientras no se repare el subsuelo, teniendo, por consiguiente, que ponerse previamente de acuerdo con este servicio, con las consiguientes pérdidas de tiempo.

Los riegos, que dependen también de otra Dirección, producen frecuentemente perjuicios a la vía pública, pues si no se efectúan haciendo caer el agua de modo análogo a como cae la de lluvia, se descarnan los empedrados si éstos están rejuntados con arena, con la consiguiente disociación del pavimento y sin que directamente pueda evitarlo la Dirección de Vías públicas.

Teniendo en cuenta todo lo antedicho, la generalidad de las grandes capitales mundiales tienen una sola dirección para todos los servicios técnicos de la municipalidad, y recientemente, Barcelona, así los ha organizado.

La única dificultad que presenta dicha organización es la de hallar persona técnicamente capacitada para ejercer este difícilísimo cargo, para el que se necesitan, además de todas las energías y actividades de la juventud, un amor grande a la ciudad que obligue al designado a dedicarla alma y vida.

2.^a Por la carencia de una o varias canalizaciones de carácter general donde puedan alojarse todas las conducciones de los distintos servicios instalados en el subsuelo; carencia que origina la necesidad de remover constantemente los pavimentos haciendo innumerables calas, en cuyo tapado se gastan importantísimas sumas, sin lograr a pesar de ello, que éstos queden nunca en las condiciones debidas, por razones que no expongo, a fin de no hacer demasiado extenso este escrito.

Para juzgar de la importancia de los perjuicios que a la vía pública se irrogan con la apertura de calas, basta decir que en un período de cuatro años (de 1910 a 1914) se abrieron en Madrid calas que alcanzaron, en suma, la longitud de 317 kilómetros, que supera a las tres cuartas partes de los 415 que aproximadamente miden las 1.300 calles con que en números redondos cuenta nuestra Corte.

Para evitar esto, en el proyecto de pavimentación general de Madrid, redactado por la Dirección de Vías públicas, se propuso la construcción de galerías donde alojar todos los servicios del subsuelo. Mas no se aceptó la propuesta por el Consejo de Obras públicas, en atención a la enorme dificultad que para el tránsito acarrearían estas obras y a las considerables sumas que en ellas habrían de invertirse. Atenúanse ahora los expresados inconvenientes, colocando debajo de las aceras los servicios del subsuelo, con excepción de las tuberías de gran calibre en las calles en que se establece nueva pavimentación a tenor de lo acordado en el ya citado Congrès de la Route celebrado en Bélgica en 1910, cuya primera conclusión sobre este punto dice:

«Es conveniente desembarazar las calzadas de las conducciones de distribución que las obstruyen, dejando solamente en ellas los colectores y gruesas canalizaciones, que necesitan pocas reparaciones». (Página 367 del libro *Compte Rendu du travail du Congrès*, impreso en París en 1911.)

3.^a Por el considerable vertido de tierras hecho sobre la planta de algunas calles para evitar diferencias de nivel, que hacen al subsuelo de Madrid poco homogéneo. Además, se halla éste surcado por multitud de canalizaciones abandonadas, que se hunden a veces, con la consiguiente disociación de los pavimentos. Todo ello exige cimentar éstos debidamente en evitación de baches, teniendo en cuenta además de lo

antedicho, la intensidad del tráfico y la clase de vehículos que sobre ellos habrán de circular, en consonancia con lo que indica la primera de las conclusiones votadas sobre este punto en el Premier Congrès de la Route, verificado en París el año 1908 (pág. 351 del libro ya citado *Compte Rendu* de los trabajos de dicho Congreso).

4.^a Por la imperfecta distribución de las aguas del Lozoya, que hace que en algunos sitios de Madrid existan grandes presiones que determinan multitud de roturas en las cañerías, con grave perjuicio de los pavimentos de las calles. Este inconveniente se ha tratado de atenuar con la variación del sistema de bocas de riego que se está llevando a cabo.

5.^a Por la existencia de carros de transportes de dos ruedas, de llanta estrecha, tirados por varias caballerías que arrastrando enormes pesos destruyen de tal modo los pavimentos y de manera tan continua que su conservación, por tal causa y por las demás ya relacionadas, se hace punto menos que imposible.

El Ayuntamiento ha tomado últimamente importantes acuerdos sobre este extremo. Es necesario que dichos acuerdos se hagan cumplir fielmente, pues hasta ahora no han tenido eficacia (1).

Debiera además dicho Ayuntamiento, estudiar la forma de hacer los transportes de mercancías por medio de los tranvías, por lo menos desde las estaciones a los mercados, uniendo éstos con las líneas de aquéllos. Con ello el número de carros circulantes disminuiría, con evidente beneficio para los pavimentos.

6.^a Por la falta de una numerosa y bien organizada Policía, que no consienta que los carros caminen casi siempre sobre los carriles de los tranvías, lo que hace que al separarse de éstos golpeen violentamente el pavimento de las fajas laterales, produciendo en éstas enormes baches; que impida que se roben las tapas de las bocas de riego y que se vuelquen en la vía pública carros y volquetes que conducen escombros e inmundicias; hechos todos que coadyuvan al estado lamentable de la pavimentación y policía de las calles. Conviene para evitarlo aumentar este servicio en lo posible y organizarle mejor; y

7.^a Por la carencia casi absoluta que hasta hace poco ha habido de

(1) Después de inscrita esta Memoria dichos acuerdos se han hecho efectivos.

consignaciones para atender a este importante servicio; carencia que ha sido corregida, viniendo el Estado en ayuda del Municipio, al encargarse del pago total de las obras de pavimentación general. Esta carencia de recursos ha sido la causa más importante, seguramente, para que Madrid no haya podido hasta el día tener una buena pavimentación.

Lo hasta aquí expuesto demuestra de manera evidente, que el problema de la pavimentación de Madrid es complejísimo y presenta dificultades acaso no superadas en población alguna, y que su Municipio, haciéndose cargo de la importancia y dificultad del mismo, procura, en cuanto le es posible, solucionarle convenientemente, dando una nueva prueba de esto al elegir el tema objeto de la presente Memoria. Para conseguir este fin, dadas las condiciones en que se encontraba nuestra Corte, no sólo ha sido necesario un estudio concienzudo del asunto que es preciso proseguir hasta en sus menores detalles, sino también que tanto los Poderes públicos como la Corporación municipal, continúen prestándole la mayor atención y consignent por consiguiente, en sus respectivos presupuestos, las partidas que se juzguen indispensables.

2.º — Materiales existentes en la localidad y sus inmediaciones.

Los materiales existentes en Madrid y sus inmediaciones para la pavimentación son los siguientes:

Arenas de superior calidad proporciona el Manzanares; pedernal vivo (cuarzo), los inmediatos pueblos de Vicálvaro, Vallecas y San Fernando; areniscas cuarzosas, que sirven, así como los elementos que acabamos de enumerar para la confección de los hormigones, las vegas del Jarama, del Tajuña y del Henares. Y por último, en la inmediata sierra del Guadarrama se encuentran importantes yacimientos de granito y pórfido diabásico; materiales aprovechables, no sólo para construir la capa superior de los pavimentos, sino también para la confección de los hormigones a emplear en los cimientos de éstos.

3.º — Ligera descripción de los pavimentos, y de los dos sistemas en que pueden agruparse.

Para fundar debidamente las propuestas que sobre pavimentos hemos de hacer, juzgamos absolutamente indispensable, describir éstos en general; las condiciones específicas de los dos sistemas o tipos en que pueden agruparse; los materiales y sistemas usados en Madrid y resultados obtenidos con ellos, y por último, los tipos de pavimentación no usados en esta Corte, cuya instalación se propondrá.

Con los anteriores elementos de juicio, muchos de ellos irrefutables por ser fruto de la experiencia, y de los que habré de exponer, tomados de los tres Congresos de carreteras verificados hasta el día en París, Bruselas y Londres; los antecedentes de los trabajos de pavimentación de París detallados en las notas de la Prefectura del Sena; los proporcionados por *La vie des grandes capitales de l'Europe*, de Gastón Cardoux; los recogidos en la obra *Le Chaussées Modernes*, que acaba de publicar en París P. Le Gavrian, Ingeniero Profesor de la Escuela Nacional de puentes y calzadas de Francia; las noticias directas que sobre la pavimentación de Londres, París y Berlín he podido adquirir y lo observado en mis visitas a estas poblaciones, estaré en condiciones de contestar concreta y fácilmente a los extremos que sobre pavimentos abarca el tema.

* * *

Los pavimentos o revestimientos, con excepción de los de macadán ordinario y asfáltico, que están cada uno en su totalidad constituidos por una sola materia, se componen de un cimiento (inferestructura) y de una capa pétrea asentada sobre aquél (superestructura) cuyo paramento visto constituye la superficie de rodadura.

El cimiento o inferestructura está formado, o por materiales duros triturados (pedernal, canto rodado, granito pórfido, ladrillos calcinados, etc.), unidos por una substancia aglomerante (morteros, betunes asfálticos, alquitranes), o por arena de río, o por piedra y arena de miga convenientemente apisonadas. En general, los cimientos a base

de substancias aglomerantes son mucho mejor que los formados de arena o de piedra y arena, pues además de ser más resistentes, reparten en mayor superficie las presiones, haciendo con ello que se produzcan menos baches y por consiguiente que haya una menor destrucción en los pavimentos. Tienen, sin embargo, el inconveniente de presentar mayor dificultad para la apertura de calas y la de no acusar, si en ellos no se dejan registros, las roturas de las cañerías de agua.

Por lo antedicho, y como regla general en toda calle de tránsito intenso de carruajes pesados, y en aquellas en que por haberse hecho vertido de tierras u otras causas, el subsuelo no sea resistente, es conveniente que la inferestructura esté constituida por mezclas aglomerantes.

* * *

Por lo que se relaciona con la capa cuyo paramento superior constituye la superficie de rodadura, que es realmente la que define los pavimentos, pueden éstos agruparse en dos grandes sistemas o tipos:

El de los continuos y el de los discontinuos.

El primero de estos tipos, como su nombre indica, está caracterizado por no presentar los revestimientos en él comprendidos solución alguna de continuidad en su superficie de rodadura, ofreciendo, por consiguiente, con grandísima ventaja para la tracción, mucha menor resistencia a la marcha de los vehículos, y, como consecuencia, la posibilidad de arrastrar mayor carga con igual esfuerzo tractor. Además, a causa de su continuidad no hay en ellos choques que se traducen siempre en pérdidas del trabajo útil del motor y deterioro de los pavimentos y de los vehículos (1).

Reunen también los pavimentos continuos por su impermeabilidad, con excepción de macadán ordinario, mejores condiciones higiénicas que los discontinuos. Son, además, más cómodos para los viandantes y para los que circulan en carruaje, y como consecuencia de su continui-

(1) Recientemente, observaciones hechas en París, han demostrado que el importe anual de las reparaciones de vehículos ha disminuído en un 50 por 100 desde que se adoptaron como medida general en dicha Villa, los pavimentos continuos.

dad, tampoco producen los molestos ruidos de los discontinuos y es en ellos, por último, mucho más fácil la limpieza.

No hay, pues, ventaja que no esté a favor de los pavimentos continuos, hasta el punto de poder decirse, que allí donde pueda establecerse uno de éstos, debe prescindirse de todo otro, pues aunque tiene el inconveniente de no acusar la rotura de las cañerías establecidas en el subsuelo, puede éste en parte subsanarse estableciendo registros indicadores.

* * *

Mas no siempre es posible hacer uso de los pavimentos continuos, pues exigen muchos de ellos, por ser resbaladizos, calles de escasísima pendiente.

Cuando ésta es grande es preciso establecer un pavimento discontinuo, o el de macadán asfáltico.

* * *

En el tipo de los discontinuos, que abarca todos los pavimentos hechos con prismas pétreos *rejuntados con arena*, la superficie de rodadura no es continua, pues está interrumpida por los intervalos (llagas o juntas) que dejan aquéllos entre sí. Como la arena que se coloca en éstas es arrastrada por las lluvias y riegos al efectuar su limpieza, resulta que se *descarnan*, dando lugar esta discontinuidad que se produce a que desaparezcan las aristas de los adoquines y a que éstos, con grave perjuicio para la buena vialidad, se redondeen, no sólo porque estando al descubierto dichas aristas obran directamente sobre ellas los agentes atmosféricos, sino también porque sufren los choques de las ruedas de los vehículos. Además, carecen estos pavimentos de todas las buenas condiciones que, según hemos manifestado, tienen los continuos. Por ello su uso no debe ser aceptado más que cuando las condiciones de la rasante de la vía lo exijan. Subsánanse todos estos inconvenientes, cuando las pendientes de las calles no lo impiden, mediante el relleno con mortero de cemento, en vez de arena, de las juntas de unión, pues adhiriéndose éste a los adoquines, constituye en unión de

ellos una superficie continua, con todas las ventajas detalladas para los pavimentos de esta clase, a excepción de la relativa a la homogeneidad de la referida superficie, compuesta en este caso por el material pétreo y el mortero. Esto lleva aparejado que con el tiempo pueda desaparecer éste convirtiéndose entonces en discontinuo, con pérdida, por consiguiente, de la mayor parte de sus ventajas.

Por ello, siempre que las condiciones de las calles, por no sufrir un intenso tráfico de carruajes pesados, lo permitan, debe darse preferencia sobre todos a los pavimentos continuos homogéneos (1). En calles de poca pendiente, cuando el tránsito de vehículos pesados sea muy intenso, deben preferirse los continuos no homogéneos, que, constituidos por materiales pétreos, duran mucho más que los pétreos discontinuos, que es indispensable usar cuando aquéllas tengan gran pendiente.

* * *

Descritos muy sucintamente los tipos en que pueden agruparse los pavimentos, e indicados los que deben preferirse, pasemos a estudiar los resultados obtenidos con los instalados en Madrid; dato importantísimo e indispensable para poder llegar a contestar con base firme a la parte del tema relativa a pavimentación.

4.º—Pavimentos usados en Madrid y resultados obtenidos.

Entre los continuos homogéneos se hallan los macadanes ordinarios y con alquitranado; la madera con capa superior de alquitrán y los de asfalto. Estos pueden subdividirse en cuatro clases: de asfalto fundido, comprimido, losetas y asfalto sistema Mágica.

De los pavimentos continuos homogéneos sólo son aceptables los de asfalto, que con resultado satisfactorio se han usado en nuestra Corte;

(1) Esta conclusión está de acuerdo con la segunda de las adoptadas sobre este punto en el primer Congreso de carreteras ya citado (pág. 358 del libro *Compte Rendu* de dicho Congreso, también citado), que prescribe que la calzada de las vías debe ser homogénea.

pues los de macadán sólo son propios para carreteras, siendo de pésimo resultado su uso en vías públicas, sobre todo si éstas tienen gran tránsito, no presentan una pendiente superior a 2'50 por 100 y están orientadas de Este a Oeste, pues cuando se hallan en estas condiciones, el agua detenida y no evaporada por los rayos solares, filtrándose en el subsuelo a través del macadán, da lugar, al paso de los vehículos, a la formación de baches y grandes barrizales que subsisten indefinidamente en el invierno, sobre todo si el movimiento de carruajes pesados es grande. En el verano, las vías pavimentadas de esta suerte, sobre todo si son de gran tránsito, están constantemente envueltas con una nube de polvo asfixiante, si no es posible, por carencia de medios, regarlas cuantas veces sea preciso (1).

El macadán alquitranado no se diferencia del ordinario más que en que su capa superior se impregna de alquitrán. Mas tal pavimento, que según observaciones hechas es nocivo, tanto para los animales como para las plantas, no da, en definitiva, buen resultado por la escasa duración del alquitranado, y menos en las calles de las condiciones de muchas de las de esta Corte, por multitud de razones que no expongo por no alargar demasiado este escrito (2).

Los pavimentos de madera dieron resultados pésimos en Madrid; son caros en su instalación, y los más costosos de conservar (3). En París siguen usándose, sin duda por los grandes gastos que, según noticias, hizo la Municipalidad al objeto de montar fábricas para inyectar

(1) Indudablemente, por lo antedicho, la Sección primera del Congrès de la Route, verificado en París en 1808, estimó que los firmes de piedra partida no deben ser instalados en las ciudades ni en sus alrededores (pág. 81 del libro *Compte Rendu du Premier Congrès International de la Route*).

A igual conclusión se llegó, por lo que se refiere a vías que tengan tránsito intenso o de vehículos pesados, en el segundo Congreso verificado en Bruselas en 1910 (pág. 446 del libro *Compte Rendu* de dicho Congreso).

(2) Por ser nocivos a los animales y plantas los compuestos alquitranados, la conclusión novena del tercer Congrès International de la Route, verificado en Londres en 1913, determina que los aglomerantes a usar son los *bituminosos*, por no ser nocivos ni a la salud pública ni a la vida de los peces y de las plantas (pág. 633 del libro *Compte Rendu* de los trabajos de dicho Congreso).

(3) El costo de conservación de los pavimentos de esta clase es más del doble que el de los ejecutados con granito porfídico o enarcita, (*Travaux de Paris, Prefecture de la Seine*, 1913).

y cortar la madera, pues basta recorrer París y tener datos sobre el tiempo que llevan instalados en cada calle para hacerse cargo de que sus resultados no son buenos, no obstante gastarse en su conservación sumas importantes.

En Inglaterra, el país a mi juicio más adelantado en materia de pavimentos, se va limitando mucho el uso de las maderas, instalando en los lugares de mayor tránsito, como por ejemplo la City, el asfalto comprimido, de mucho mejor resultado, y desde luego mucho más económico en su conservación.

Los pavimentos de asfalto son los que de este grupo han dado mejor resultado en Madrid. Véase el instalado en la Puerta del Sol, de asfalto fundido, construido hace más de veinte años (se instaló en 1900) en un sitio de los de más tránsito de la población. Él prueba que aun los asfaltos fundidos, peores indudablemente que los comprimidos, dan buenos resultados si se instalan en condiciones adecuadas.

De los comprimidos se hizo una prueba en el principio de la calle de la Victoria, que se instaló hace más de veinticinco años, dando magníficos resultados.

El fundido mezclado con granito machacado no da buenos resultados, habiéndose hecho una prueba en la calle de Correos, con éxito poco satisfactorio, pues hubo que sustituirlo antes de los cinco años.

Posteriormente se han hecho pruebas de asfalto en losetas en la calle de las Huertas, con resultado admirable, y con éxito favorable, de asfalto sistema Múgica, en la de la Cruz.

* * *

Resumiendo lo expuesto sobre los pavimentos continuos homogéneos *usados en Madrid*, diremos que de éstos sólo deben utilizarse los de asfalto (1).

* * *

(1) Actualmente se están instalando en Madrid pavimentos de asfalto comprimido, procedentes de Italia, que, a mi juicio, no reúnen las condiciones de los de Val-de-Travers (Suiza), de Bolán (Alta Saboya) y de Seyssel y Mons (Gard).

La segunda de las variantes que constituyen el grupo de los pavimentos continuos, el de los continuos *no homogéneos*, está integrada por todos los empedrados con rejuntado de mortero.

De éstos se han instalado en Madrid últimamente los de granito porfídico, pórfido diabásico, basalto de Gerona y pedrusco de Deva, con excelentes resultados, por ser materiales de superior calidad.

La calle de Alcalá, desde la Cibeles hasta la de Sevilla, está pavimentada con granito porfídico, y de ésta a la Puerta de Sol con basalto de Gerona. De pórfido diabásico está revestido el anillo exterior de la plaza de Castelar y el patio de acceso a la Estación del Norte, y de material de Deva la calle del Marqués de Valdeiglesias, en su última parte. El granito porfídico procede de Avila, Villalba y el Berrocal; el pórfido, de Colmenar y Hoyo del Manzanares, y el basalto, de Gerona y Ciudad Real, debiendo elegirse el primero de éstos, pues el segundo, que se instaló, entre otras calles, en la Gran Vía, no dió buenos resultados.

* * *

Resumiendo lo expuesto respecto a los pavimentos continuos *no homogéneos*, diremos que dan buen resultado todos los de granito porfídico, pórfido diabásico, material de Deva, y, sobre todo, los de aplita y basalto de Gerona.

En momento oportuno diremos cuáles de estos pavimentos deben ser preferidos para la pavimentación de Madrid.

Pavimentos discontinuos usados en Madrid.

Son éstos los de morrillo, cuña, granito ordinario, aplita, basalto y escoria de hierro, rejuntados todos con arena.

Pavimentos de morrillo.—La superficie de rodadura de este pavimento está constituida por cantos rodados.

Hace ya muchos años que no se instalan en Madrid, y deben ser sustituidos cuanto antes los poquísimos que restan, pues al pasar sobre ellos los vehículos, a causa de la poca masa de sus elementos componentes, se disocia el piso, produciéndose profundos baches que hacen

imposible el tránsito, no bastando ni la más activa conservación para tenerlos en buen estado.

Empedrado de cuña.—Su capa de rodadura está constituida por trozos de pedernal, que aproximadamente tienen la forma que su nombre indica.

Este pavimento sólo debe emplearse en calles de excesiva pendiente, y en las que se instalen *trans*, entre las fajas que los constituyen, para facilitar el arrastre. En la cuesta de San Vicente se ha empleado con este objeto entre las dos fajas de granito que le forman. Consíguese, con la disposición que en ella se ve, que no resbalen las caballerías, y puedan, por consiguiente, desarrollar gran esfuerzo tractor, al par que deslizándose las ruedas sobre las fajas graníticas, que deben presentar una superficie unida, el rodado se verifica en buenas condiciones, sin obstáculos ni choques.

Granito ordinario.—El pavimento de esta clase es el más usado en Madrid.

Tienen los empedrados de granito ordinario los inconvenientes inherentes a esta clase de material, cual son: ofrecer poca resistencia a la compresión y al desgaste por rozamiento, y ser fácilmente descomponibles por los agentes atmosféricos.

A pesar de estos inconvenientes no sería práctico prescindir en absoluto del empleo de estos empedrados, por ser relativamente económicos y dar regulares resultados, si las calles en que se utilizan tienen las condiciones adecuadas, y, sobre todo, si se rejuntan con mortero. Para los encintados debe usarse siempre esta clase de granito.

La aplita no es más que un granito muy pobre en mica. Es menos resbaladizo, más duro y más resistente a la compresión que el granito, y se descompone menos por los agentes atmosféricos.

Se instaló en varias calles, entre otras, en la cuesta de San Vicente hace ya veinte años, en 1902.

El resultado ha sido admirable. Aún puede vérsese en dicha vía en regular estado, a pesar del inmenso tráfico que soporta, y de ser principio admitido por los que a la pavimentación se dedican, que ningún material de los conocidos hasta el día, resiste más de veinticinco años en vías de gran tránsito pesado, sin haber sido renovado en su totalidad, hecho que ni en poco ni en mucho ha sucedido en este caso.

Igual o mejor resultado ha dado el basalto de Gerona instalado hace más de veinticinco años en el primer trozo de la calle de Alcalá, sin base de hormigón ni rejuntado de mortero. Sufrió este material el inmenso tráfico pesado que motivaron las obras del Crédit Lyonnais, del Casino de Madrid y de la Casa del Sr. Sáinz, y, no obstante, ha podido emplearse el pasado año en el mismo trozo de calle, cuando ha querido convertirse su pavimento discontinuo con base de arena en el continuo que hoy tiene.

Pavimento de escoria de hierro.— De él se hizo una prueba en el principio de la calle de Echegaray, prueba que no dió mal resultado, si bien hubo que levantar varios de sus adoquines por formarse en ellos oquedades. Duró dicho material unos ocho años.

* * *

Resumiendo lo manifestado respecto a los pavimentos discontinuos, diremos que los que dan mejores resultados son los de basalto de Gerona, los de aplita, los de pórfido diabásico y los de granito porfídico.

5.º—Pavimentos no usados en Madrid cuya instalación se propondrá.

Entre los pavimentos no usados en esta Corte ha podido examinar el exponente el instalado en París, llamado monolástico, colocado en la Promenade des Acacias del Bois de Boulogne, en Inglaterra en los paseos y alrededores de Londres, y en Alemania en los arranques de muchas carreteras, y otro también usado en Francia con éxito en muchos sitios, y cuyo magnífico resultado puede también comprobarse en la carretera de Versalles a París, llamado macadán asfáltico.

Del primero de estos revestimientos, cuyos procedimientos de ejecución han sido perfeccionados últimamente de manera notable, se propuso ya su instalación aquí por la Comisión nombrada para informar sobre las proposiciones presentadas en el concurso de la pavimentación general de Madrid, efectuado en 1914, al adjudicar la ejecución de las obras a Mr. Pearssons, que con pruebas y documentos demostró sus inmejorables condiciones. No pudo, sin embargo, emplearse en di-

cha pavimentación a causa de la guerra mundial, que obligó a monsieur Pearssons a no firmar la escritura de la adjudicación que de Real orden le fué hecha.

Dichos pavimentos están constituidos de la manera siguiente:

1.º De una base firme y rígida, dando la preferencia al hormigón hidráulico, cuyo espesor depende del tráfico y de las condiciones del subsuelo.

2.º Sobre dicha base de hormigón se extiende otra firme de hormigón bituminoso, compuesto de piedra triturada y cemento asfáltico. El espesor de esta capa varía también según el tráfico y condiciones del terreno.

La base de hormigón bituminoso, llamada en inglés *binder*, tiene por objeto unir la lámina superior o *carpet* (alfombra), de que luego hablaremos, con la base de hormigón de cemento y aumentar la resistencia del pavimento, produciendo elasticidad, que tienda a amortiguar los choques.

3.º Sobre la base de hormigón asfáltico o *binder* se extiende la lámina superior *carpet*, que es la que sufre la acción del tráfico.

Esta lámina se compone de piedra muy pequeña triturada o grava menuda, arena, cemento portland y betún asfáltico: la piedra o grava y arena se calientan por separado y se mezclan por medio de aparatos especiales con el cemento portland y el cemento asfáltico a gran temperatura, hasta producir una masa homogénea, que se transporta en carros hasta la calle y se extiende sobre la base de hormigón asfáltico (1).

Tanto la base de hormigón asfáltico como la lámina superior o *carpet* se comprimen con planchas de hierro calientes y se apisonan más tarde por medio de rodillos de vapor.

Los espesores que se fijan en el contrato a la capa de hormigón asfáltico y lámina superior o *carpet*, deben ser los que resulten después de comprimidas por el rodillo de vapor.

(1) Este procedimiento está en absoluto de acuerdo con la sexta conclusión del tercer Congrès de la Route (pág. 632 del libro *Compte Rendu* de dicho Congreso)

En Francia se ha usado con buenos resultados esta capa superior de *carpet*, aplicándose directamente sin la interposición de la llamada *binder*, sobre los macadamés, variando la proporción y dimensiones de la piedra o grava, según las pendientes, a fin de evitar los resbalamientos

Tanto los materiales para el hormigón bituminoso como los que integran la lámina superior, se preparan en instalaciones *ad hoc* consistentes en tanques fundidores para el cemento asfáltico y grandes cilindros rotatorios para calentar y mezclar la piedra, arena y el betún. El empleo de dichos asfaltos proporciona gran rapidez a los procedimientos de ejecución, pudiendo construirse fácilmente de 1.500 a 2.000 metros cuadrados por día.

Los resultados de este pavimento han sido lo que era de esperar: muy buenos, y como su precio, como veremos en lugar oportuno, es bastante económico, proponemos desde luego su uso en las vías madrileñas.

Teniendo en cuenta lo antedicho, éste habrá de ser uno de los pavimentos que propondremos se use en Madrid.

El macadán asfáltico es un pavimento constituido por un firme de piedra partida bien hecho, sobre el que se coloca una capa de hormigón de 4 a 6 centímetros, formada por piedras graníticas, diabásicas o porfídicas, de 1 a 3 centímetros en su mayor longitud, unidas entre sí por una substancia aglomerante, betún natural o roca asfáltica.

Su aplicación comenzó en 1909 en Francia, habiéndose hecho los primeros ensayos en la carretera París-Versalles, de intenso tráfico pesado y de gran circulación de automóviles.

Los resultados fueron admirables, hasta el punto de que el Ministro de Obras públicas de dicha nación hizo de este sistema de revestimiento cumplidísimos elogios, y ordenó se llevaran a cabo experiencias más en grande, consignando a tal fin en los presupuestos de su departamento un importante crédito.

Es muy de tener en cuenta que estos dos pavimentos, por su rugosidad, son del grupo de los continuos homogéneos, los que presentan mayor dificultad al resbalamiento.

Me he extendido a tratar de estas dos clases de pavimentos, porque reuniendo, en mi sentir, buenas condiciones, deben ser instalados en Madrid, y así habré de proponerlo en el lugar correspondiente, creyendo oportuno dar una idea de cómo están constituidos, por no ser, en general, muy conocidos en España.

Desde el punto de vista de su conservación, la teoría y la práctica, de consuno, han hecho ver que los pavimentos *continuos no homogéneos*, es decir, los pétreos rejuntados con mortero son, por su mayor resistencia, los mejores, y los menos convenientes, los discontinuos.

* * *

Lo hasta aquí dicho es respecto al pavimento de las calzadas de las calles. Vamos ahora a ocuparnos del de las aceras.

Las aceras usadas en Madrid son las siguientes:

De granito, de asfalto, de cemento en losetas y continuas de cemento.

Todas ellas deben emplearse en Madrid, pues dan resultados aceptables.

En lugar oportuno daremos a conocer sus condiciones, e indicaremos las de las calles en que deben instalarse unas u otras.

* * *

Después de lo expuesto pasamos a contestar concretamente el objeto principal del tema que motiva esta Memoria.

V

Contestación concreta a la cuestión planteada en el tema sobre pavimentos.

A) Sistemas de pavimentación preferibles en Madrid.

Los sistemas o grupos que deben emplearse son:

Del tipo de los continuos homogéneos, los monelásticos, los asfálticos y los de macadán asfáltico. De los continuos *no homogéneos*, ya definidos, los de granito porfídico y pórfido diabásico, no debiendo,

en general, hacerse uso, a pesar de los buenos resultados que hemos dicho han dado, de los construídos con material de Deva, con basalto de Gerona (todo otro basalto de los que hasta ahora se han instalado en Madrid debe desecharse) y con aplita de Gerena (Sevilla), por resultar antieconómicos, a consecuencia, entre otras causas, del enorme precio de los transportes desde los sitios de producción hasta esta Corte.

Como regla general, todos los pavimentos anteriormente descritos deben asentarse sobre base de hormigón.

Los encintados, que también en la mayoría de los casos deben sentarse sobre cimiento de hormigón, deben ser de granito ordinario.

B) Materiales a emplear.

Es principio económico, axiomático, que siempre que los materiales de una localidad reúnen buenas condiciones, deben ser los preferidos. Así, pues, y en atención a lo precedentemente escrito, deben emplearse en Madrid: Para constituir el cimiento de los pavimentos, las arenas del Manzanares, los cementos españoles que, siendo de buena calidad, se hallen mas cerca de Madrid, y en su defecto, el Asland, Tudela-Veguín, Rezola, Cangrejo y otros análogos, y el granito y pórfido diabásico machacados. Para superestructura de los mismos, los adoquines de granito porfídico y pórfido diabásico procedentes de la inmediata sierra de Guadarrama, y para los encintados, el granito ordinario proveniente de la misma. En contados casos debe hacerse uso para empedrados de adoquines de este último material.

De los materiales no existentes en la localidad debe usarse el cemento Lafargue, por ser insustituible para la capa superior de las aceras continuas; para los asfaltos comprimidos, las rocas procedentes de Pon du Chateau (Puy de Dome), de Val-de-Travers (Suiza), de Bolán (Francia, Alta Saboya) y de Mons (Gard, Bélgica), y para los fundidos, los de Maestu (España), Lovagny (Alta Saboya), Pon du Chateau (Puy de Dome) y los de Siyssel (Francia).

Para los monolásticos y macadanes asfálticos deben usarse, como materiales aglomerantes, los betunes naturales de la Isla de Trinidad (Antillas), los de Soleytsa (Albania) y mejor aún, por su pureza, bue-

nias condiciones y mayor baratura, los provinientes de Tampico (Méjico), si bien éstos, por ser fusibles a más bajas temperaturas, no conviene emplearlos en climas muy calurosos para la capa superior de los monolásticos y para los macadanes asfálticos.

También puede usarse para estos últimos pavimentos las rocas asfálticas productoras de los asfaltos comprimidos enumerados.

C) Determinación del pavimento a emplear en cada calle.

Con lo dicho pudicra dar por terminado el exponente en este punto del tema; pero creyendo que es conveniente determinar cuál de los pavimentos indicados debe emplearse en cada calle, vamos a examinar este punto, clasificando aquéllas para mayor claridad, en los siguientes grupos:

1.º Calles de gran tránsito de carruajes pesados, con pendientes menores de 2'50 por 100

Los pavimentos a emplear en dichas calles, teniendo en cuenta que los pétreos con rejuntado de mortero de cemento son los más resistentes, deben ser:

Los de pórfido diabásico y granito porfídico (mejor el de pórfido), sobre base de hormigón de 15 centímetros. En los contados casos que no hayan de instalarse sobre el terreno bien consolidado, el cimiento debe tener de 20 a 25 centímetros de espesor (1).

(1) Aunque es, en mi sentir, evidente que el espesor del cimiento y el esmero con que debe hacerse dependen de las condiciones del subsuelo, copio aquí la primera y segunda de las conclusiones que sobre este punto se adoptaron en el Premier Congrès de la Route ya mencionado (pág. 531 del libro, también citado, *Compte Rendu* de dicho Congreso). Dicen así:

1.ª «El Congreso llama la atención de los constructores sobre la resistencia, los cuidados, el modo de ejecución y la importancia de los cimientos. Estos influyen considerablemente sobre el desgaste y la conservación del perfil de la calzada.»

2.ª «El Congreso opina que un cimiento de hormigón de 10 a 15 centímetros de espesor es el que debe emplearse en la ejecución de los empedrados, aunque para éstos se utilicen prismas de grandes dimensiones.»

En el segundo Congrès de la Route tratóse también de esta importantísima cuestión determinando las condiciones que deben tenerse en cuenta para elegir los sistemas de cimentación de las vías (*Compte Rendu* de dicho Congreso, pág. 443).

2.º Calles en las condiciones indicadas anteriormente, pero con pendientes superiores al 2'50 por 100.

Los mismos pavimentos que los del grupo anterior, pero el rejuntado deberá ser de arena, y a veces, aun con este rejuntado, conviene usar los adoquines de pequeñas dimensiones (*petit pavé*) para que se produzca una mayor adherencia, evitándose así el resbalamiento de los motores de sangre. En el caso de que el terreno no esté bien consolidado, el grueso del cimientó deberá también, como en las del grupo primero, tener de 20 a 25 centímetros.

3.º Calles de tránsito medio de carruajes pesados y pendientes inferiores al 2'50 por 100.

Empléense los monolásticos de 20 centímetros de espesor, los asfaltos comprimidos, en losetas, sistema Múgica. Estos últimos de 4 centímetros de capa asfáltica y 15 o 20 centímetros de hormigón, según la consolidación del terreno.

4.º Calles en las condiciones indicadas anteriormente, pero con pendientes superiores al 2'50 por 100.

Úsense en ellas los monolásticos de los espesores prescritos para el grupo anterior, y los macadanes asfálticos de 15 centímetros de espesor de macadán y 5 del hormigón asfáltico (1).

5.º Paseos y calles de escaso tránsito de carruajes pesados, con pendientes inferiores al 2'50 por 100:

Asfaltos fundidos con 10 centímetros de cimientó y 4 de capa asfáltica, monolásticos de 15 centímetros de espesor total, y macadanes asfálticos de 12 centímetros de macadán ordinario y 4 de hormigón asfáltico. Si las calles no estuvieran asentadas sobre terreno bien consolidado, se aumentará en 5 centímetros el espesor del cimientó de los alfaltos y en igual cantidad el espesor de los monolásticos y macadanes asfálticos, éstos en su capa de macadán ordinario

6.º Paseos y calles en las condiciones anteriormente enumeradas, pero con pendientes superiores al 2'50 por 100.

(1) Según Gavrian, Ingeniero Jefe de Puentes y calzadas, Profesor de la Escuela Nacional de Francia (pág. 205 de su obra *Les Chaussées modernes*, ya citada, que acaba de publicarse en París), los revestimientos monolásticos (*Sheet asphalt*) de la composición número 1, pueden ser instalados en toda clase de pendientes. A la misma conclusión llegó el exponente observando dichos pavimentos en Francia e Inglaterra.

Monolásticos con iguales espesores que en el grupo anterior, y macadanes asfálticos, también de igual grueso que los relativos al grupo anterior.

* * *

Las anteriores propuestas se han hecho atendiendo a cuanto se ha expuesto, a las condiciones económicas de construcción y conservación, a las facilidades para el tránsito y a los dictados de la experiencia.

* * *

Lo dicho se refiere a las calzadas. Vamos ahora a ocuparnos de las aceras.

Dijimos anteriormente, que debían usarse en Madrid las de granito, asfalto, cemento en losetas, y las llamadas continuas de cemento.

Las primeras tienen la ventaja de poder volver a ser utilizadas siempre que se levanten, de tener duración casi ilimitada y de ser las más suntuosas y ricas, si se labran y despiezan de manera apropiada. Usadas como de ordinario no son a propósito para calles de primer orden. Por lo expuesto debe emplearse esta clase de aceras en todas las calles de Madrid que no sean de aspecto suntuoso, y en éstas también, cuando se estime conveniente, pero haciendo en este caso un despiece especial y labrándolas esmeradamente.

Las de asfalto son antiestéticas; pero son muy económicas y su duración es grande, por lo que en poblaciones no ricas deben usarse en toda clase de vías. En las poblaciones ricas sólo deben instalarse en calles estrechas y húmedas, y de ellas debe constituirse todo el pavimento de los callejones por donde no transiten carruajes.

Las losetas de cemento son de aspecto agradable y de gran duración; pero por su dureza y pequeñas dimensiones, como las instaladas en Madrid, son muy molestas para los viandantes. Pueden colocarse en las calles que tengan gran tránsito de peatones; pero conviene dar a las losetas mayores dimensiones, y en todo caso limitar su uso, por lo incómodas que son si sobre ellas se camina largo tiempo.

Las continuas de cemento son de buen aspecto y mucho más suaves

para la marcha que las anteriores; pero se desgastan con rapidez, y en caso de apertura de calas no pueden volver a ser utilizadas. Conviene instalarlas en los paseos y calles que pudiéramos llamar de lujo, siempre que el tránsito de peatones no sea excesivo.

D) Precio actual de todo costo de los pavimentos cuya instalación se ha propuesto (1).

Pesetas.

Metro cuadrado de pavimento de pórfido diabásico o granito porfídico, con cimientto de hormigón de 15 centímetros y rejuntado de mortero de cemento en juntas y lecho.....	41'50
Metro cuadrado del mismo pavimento, pero con rejuntado de arena.....	38'25
Metro cuadrado de pavimento de asfalto comprimido sobre base de hormigón de 15 centímetros y 4 de capa asfáltica.	31'50
Metro cuadrado de asfalto en losetas con igual cimientto que el anterior y 4 centímetros de grueso las losetas....	46'20
Metro cuadrado de pavimento de asfalto sistema Múgica sobre 15 centímetros de hormigón.....	39
Metro cuadrado de pavimento de asfalto fundido sobre 15 centímetros de hormigón y 4 de capa asfáltica.....	29'80
Metro cuadrado de pavimento monolástico de 15 centímetros de espesor.....	35
Metro cuadrado de pavimento de macadán asfáltico de 15 centímetros de capa de macadán ordinario y 5 de hormigón asfáltico.....	24

Los precios de los pavimentos en que entra como cimientto el hormigón sufrirán un descuento de 62 céntimos por cada centímetro que tengan menos de 15, y un aumento igual por cada uno que exceda de dicho grueso.

Por cada centímetro de aumento o disminución en el grueso de la

(1) Aunque estos datos no son objeto del tema, los he creído interesantes para que se juzgue con más elementos de juicio sobre las propuestas que se han hecho.

capa de asfalto comprimido sufrirán los precios un aumento o disminución de 4'55 pesetas, y en el fundido, de 4'60.

* * *

Los precios de las aceras son:

	Pesetas.
Metro cuadrado de acera granítica sobre base de hormigón de 10 centímetros.....	36'40
Metro cuadrado de acera de asfalto de 3 centímetros de grueso y 10 centímetros de hormigón.....	18'60
Metro cuadrado de acera de losetas de cemento sobre base de 10 centímetros de hormigón.....	17'43
Metro cuadrado de acera continua de cemento, de 12 centímetros de espesor el cimiento de hormigón y de 3 de mortero de cemento Lafargue la capa superior.....	14'35

E) Formas técnicas y administrativas que deben seguirse para realizar en Madrid las obras municipales de pavimentación.

Para terminar, habré de manifestar que los procedimientos técnicos de construcción de los pavimentos propuestos deben ser los marcados en los respectivos pliegos de condiciones redactados por los técnicos municipales. Los precios anteriormente marcados han sido calculados en la hipótesis de construirse los pavimentos con arreglo a las condiciones estipuladas en dichos pliegos.

El procedimiento administrativo debe ser el de subastas por cuatro años para cada clase de pavimento.

Para las subastas parciales de cada calle habría mayor concurrencia, y, por consiguiente, una más amplia depuración de precios; pero tienen dichas subastas parciales los graves inconvenientes de recargar mucho el tanto por ciento de los gastos generales, pago de escritura, dirección y administración; el de no poder, en general, los rematantes, por ser subastas de poca importancia, hacer uso de procedimientos mecánicos para la trituración de la piedra, para la confección de hormi-

gonos, etc., etc., lo que encarece el costo de la unidad de obra. Hay otro inconveniente mucho más grave, cual es el de hacer perder muchísimo tiempo, dada la tramitación que se sigue en los expedientes municipales, contra los que se interponen muchas veces, sin responsabilidad alguna, recursos que, aunque sean totalmente infundados, tardan meses y meses en resolverse. Claro que estos recursos se promueven igualmente contra las subastas generales por varios años; pero una vez verificadas éstas con éxito, en el largo período de su duración no vuelve a haber nuevas subastas ni, por consiguiente, recursos dilatorios.

En cuanto al procedimiento de hacer las obras por administración debe proscribirse, salvo raras excepciones, dado el modo de funcionar los Municipios; y a ello va el Ayuntamiento de Madrid, tendiendo a contratar todas sus obras y disminuyendo, cuando hay vacantes, su personal obrero.

* * *

Con lo dicho cree el autor de esta Memoria dejar contestados cuantos extremos abarca el tema propuesto, deseando vivamente haber tenido tanto acierto en la contestación como anhelos siente de que este humilde e insignificante trabajo, hecho con toda su buena voluntad, pueda ser utilizado en bien de la vialidad de nuestra muy amada Villa.

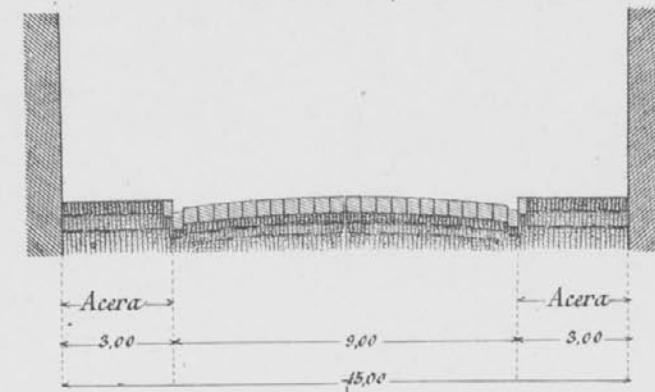
Madrid, 15 de septiembre de 1922.

ANEJO NÚMERO 1

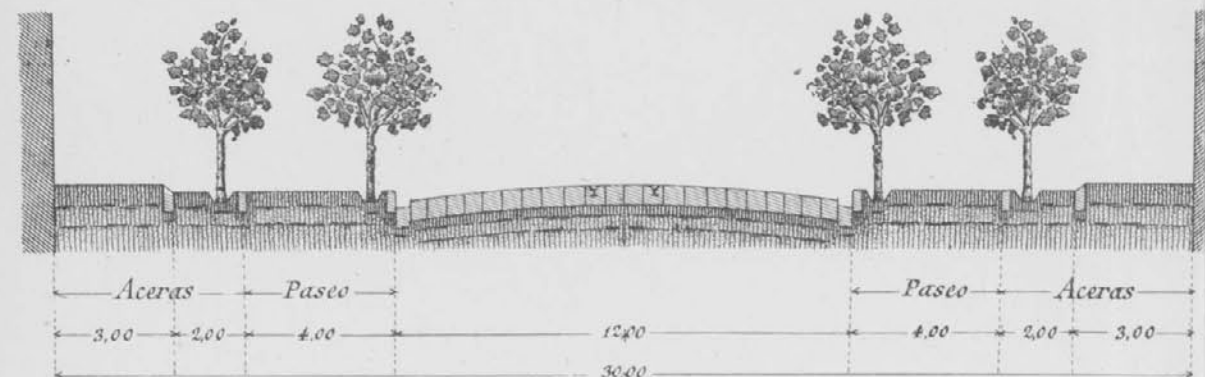
Perfiles transversales indicadores de la distribución que, para facilitar la vialidad, debe hacerse del ancho de las calles.

PERFILES TRANSVERSALES INDICADORES DE LA DISTRIBUCION QUE DEBE HACERSE DEL ANCHO DE LAS CALLES PARA FACILITAR LA VIALIDAD.

Calle de 15 metros.



Calle de 30 metros.

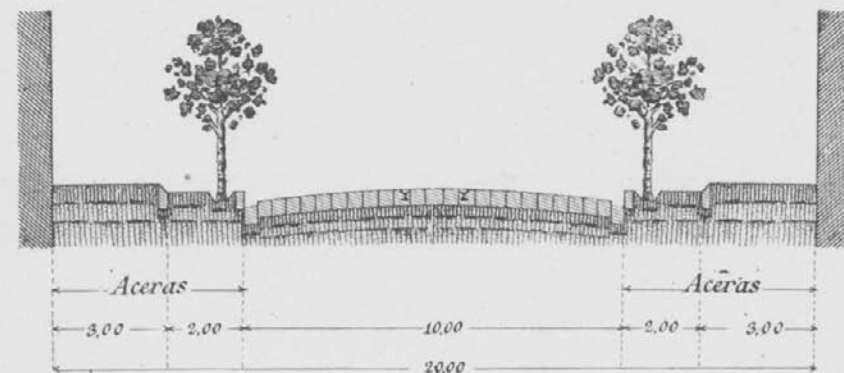


Escala de 1:200

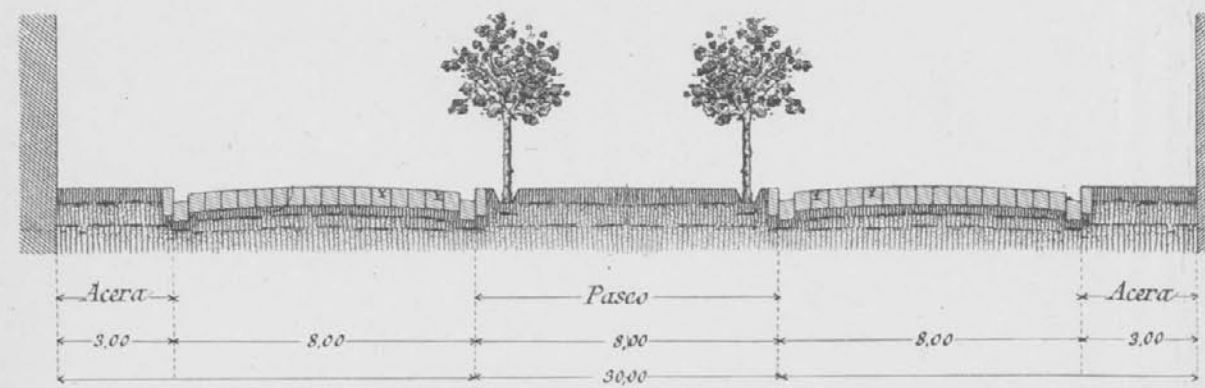
Calle de 50 metros.



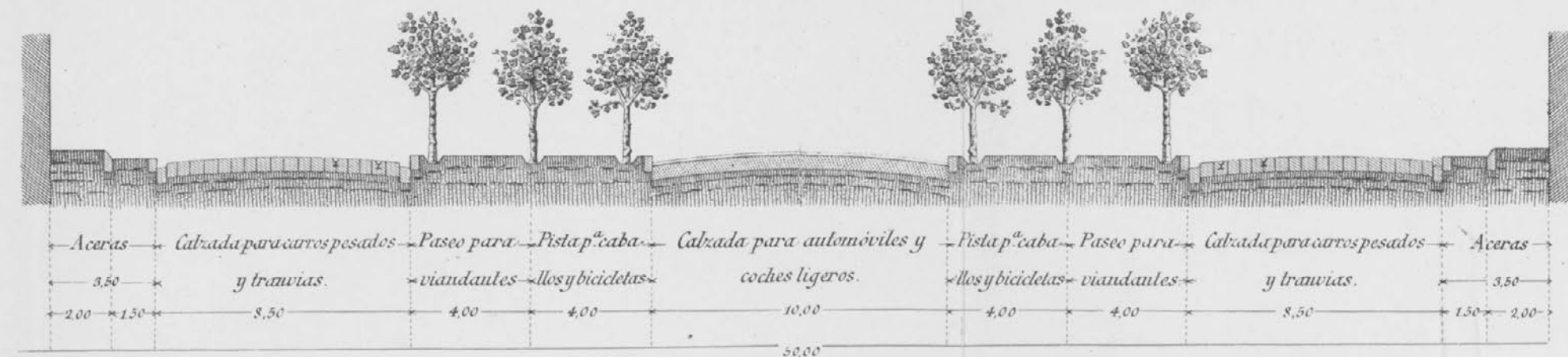
Calle de 20 metros.



Otro perfil para calle de 30 metros.

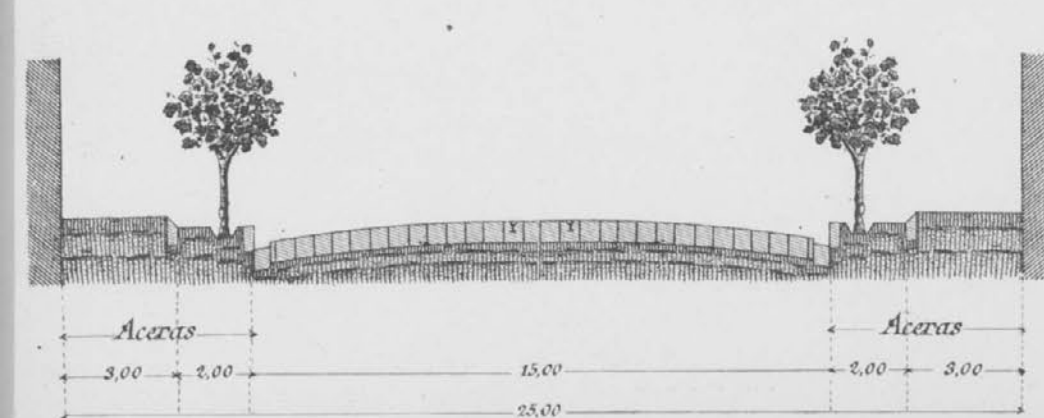


Otro perfil para calle de 50 metros.

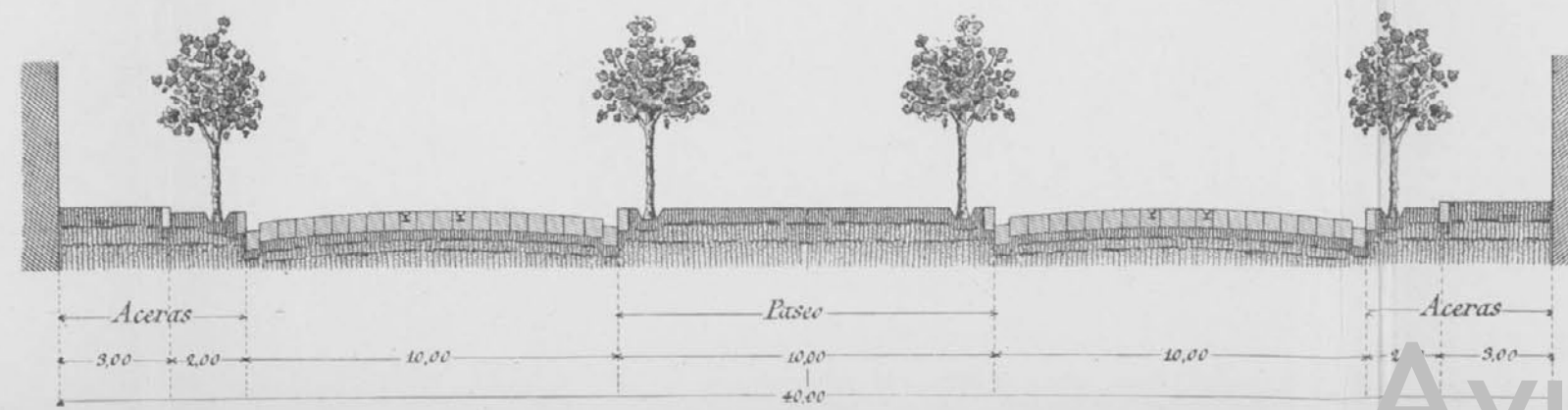


Madrid 15 de septiembre de 1922.

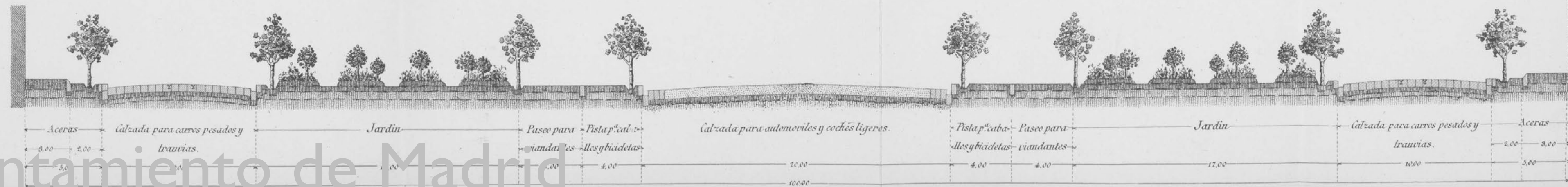
Calle de 25 metros.



Calle de 40 metros.



Calle de 100 metros.



Ayuntamiento de Madrid

ANEJO NÚMERO 2

NOTA SOBRE LA REGULARIZACIÓN DEL TRÁNSITO

ANEJO NÚMERO 2

Nota sobre la regularización del tránsito.

La regularización del tránsito de carruajes es cuestión complejísima, que fué encomendada por la ley de 19 de julio de 1914 a la Junta técnica creada para entender en la ejecución de la pavimentación general de esta Corte.

Entre los múltiples aspectos que es necesario tener en cuenta para resolver esta cuestión satisfactoriamente (clase de carruajes, número de sus ruedas, anchura de llantas, carga máxima, número de caballerías, etc., etc.), se halla el relativo al sentido en que debe verificarse la marcha de los vehículos.

Generalmente toda reglamentación del tránsito es mal recibida por el público, que de ordinario no echa de ver las ventajas que merced a ella obtiene, y nota, en cambio, el perjuicio que en contados casos le proporciona.

Por esto antes de ponerla en vigor es preciso darla a conocer, e introducir en ella cuantas modificaciones acertadas se propongan, y después las que la práctica aconseje.

* * *

La reglamentación del sentido en que deben marchar los vehículos es problema sencillo en ciudades en que las calles principales siguen direcciones paralelas, o al menos no muy divergentes, y la distancia entre las transversales no es excesiva. Por desgracia, en la parte de Madrid que es necesario descongestionar ocurre todo lo contrario. Por ello dicha reglamentación es difícil de hacer en buenas condiciones.

* * *

La reglamentación puede referirse a todas las horas del día, o solamente a determinadas horas. En general, es más conveniente que se imponga solamente en aquellas en que el tránsito sea más intenso.

* * *

Las calles a que se contrae esta nota, por ser, a nuestro juicio, las que se hallan en peores condiciones, son las siguientes:

Alcalá, Carrera de San Jerónimo, en su primer trozo; Mayor, Arenal, Peligros, Clavel, Barquillo, Hortaleza, Fuencarral, Carretas, Espoz y Mina, Cruz, Atocha, Santa Isabel y Jacometrezo.

Calles de Alcalá, Carrera de San Jerónimo, Mayor y Arenal.

Respecto a éstas, poco hay que decir. El tránsito por ellas, en las horas en que es mayor, se hace en las mejores condiciones posibles, merced a la reglamentación hace tiempo establecida, sancionada por la práctica. Sin embargo, habré de manifestar que sería convenientísimo prohibir el paso por la calle de Nicolás María Rivero a los vehículos que, yendo por esta calle, pretenden ganar la de Alcalá para dirigirse hacia la Cibeles. En efecto, estos vehículos tienen que atravesar la línea de coches que asciende por dicha calle de Alcalá y la de tranvías, para colocarse en la fila de carruajes descendentes, ocasionando verdaderos nudos que detienen o dificultan el movimiento.

Calles de Peligros y Clavel.

Conviene que por ellas, desde algo antes de anochecer hasta algún tiempo después, el tránsito siga el sentido de Infantas-Alcalá.

El que se efectúe en dirección opuesta podrá verificarse bajando por el lado de los números impares de la calle de Alcalá hasta la desembocadura de la Gran Vía, continuando después por ésta, por la de Caballero de Gracia o por la del Marqués de Valdeiglesias, para seguir en este caso por la de las Infantas.

Calle del Barquillo.

Es casi imposible circular por ella poco antes de anochecer y algún tiempo después. La marcha durante las horas en que el tránsito es más activo debe seguir el sentido Alcalá-Fernando VI. El de opuesto sentido deberá verificarse por las calles de Belén, Góngora, Libertad, Infantas y plaza del Rey, y por las transversales el que deba detenerse en la del Barquillo, siguiendo siempre en ésta el sentido indicado de Alcalá-Fernando VI.

Calles de Fuencarral y Hortaleza.

En estas calles debe regularizarse el tránsito con carácter permanente hasta las de San Mateo, en la primera, y Fernando VI, en la segunda, estableciéndole en el sentido Red de San Luis-glorieta de Bilbao por la calle de Fuencarral, y en el de Santa Bárbara-Red de San Luis por la de Hortaleza. El descendente que haya de detenerse en la de Fuencarral irá por la de Hortaleza, utilizando luego, para pasar a la de Fuencarral, las calles de las Infantas, Pérez Galdós, Augusto Figueroa, Hernán Cortés, Farmacia, Santa Brígida, San Lorenzo o travesía de San Mateo, eligiendo aquella que obligue a que la marcha por dicha calle de Fuencarral, para llegar al punto de destino, sea siempre ascendente. Análogamente se hará para el tránsito ascendente que deba detenerse en la calle de Hortaleza, siguiendo en dicho sentido por la de Fuencarral y pasando luego por una de las citadas transversales a la de Hortaleza, de suerte tal que la marcha por ésta sea descendente.

Calles de Carretas, Espoz y Mina, Cruz y Príncipe.

La regularización debe hacerse para las horas de mayor tránsito.

En la calle de Carretas debe verificarse en el sentido de Atocha-Puerta del Sol; en la de Espoz y Mina, de Carrera de San Jerónimo-plaza del Angel; en la de la Cruz, de Carrera de San Jerónimo a plaza del Príncipe Alfonso.

Calles de Atocha y Santa Isabel.

El tráfico descendente de carruajes pesados debe hacerse por Atocha y el ascendente por Santa Isabel, siguiendo luego por la calle Atocha. El de la estación al Mercado de la Cebada debe seguir por Magdalena, plaza del Progreso y Duque de Alba.

Para esto sería conveniente limitar el número de puestos que permanecen hasta el medio día en el comienzo de la calle de Santa Isabel, o trasladar éstos al solar de San Juan de Dios, si para ello diera facilidades la entidad propietaria del mismo.

Calle de Jacometrezo.

Debe verificarse el tránsito de carruajes en el sentido Red de San Luis-plaza de Santo Domingo. El que lleve sentido opuesto, podrá desarrollarse por las calles de Tudescos y Desengaño, ganando la Red de San Luis por la que fué calle de los Leones, prolongación de la calle de Valverde.

Observaciones.

1.^a Esta reglamentación se completará no dejando parar los vehículos mucho tiempo en las calles que son objeto de esta nota, en las horas a que en la misma se hace referencia.

2.^a Para la mayor comprensión de lo antedicho, si el Sr. Alcalde se halla de acuerdo con lo que se propone, se harán los correspondientes gráficos.

TRABAJOS DE DON PEDRO NÚÑEZ GRANÉS

INGENIERO-DIRECTOR DE VÍAS PÚBLICAS DE ESTA CORTE

EDITADOS EN LA IMPRENTA MUNICIPAL.

Proyecto general para la mejora de los pavimentos de Madrid, aprobado por Real orden de 19 de noviembre de 1913, previos informes del Ingeniero Jefe de la provincia y del Consejo de Obras públicas.—Madrid, 1913; un volumen de 143 páginas, de 34×22 centímetros.

Proyecto para la urbanización del Extrarradio de Madrid, premiado con diploma de honor en la Exposición Internacional de Dresde de 1911, aprobado por el Excmo. Ayuntamiento en 31 de marzo de 1911, y definitivamente, por Real decreto de 15 de agosto de 1916.—Primera edición: Madrid, 1910; un volumen de 117 páginas, de 34×22 centímetros y cinco planos.—Segunda edición: Madrid, 1910; 192 páginas, de 34×22 centímetros y cinco planos.

Proyecto para la prolongación del paseo de la Castellana.—Madrid, 1917; un volumen de 61 páginas, de 34×22 centímetros y tres dibujos.

Ayuntamiento de Madrid.—Vías públicas del Interior, Ensanche y Extrarradio. Memoria relativa a los trabajos efectuados en dichas vías en los años 1906, 1907 y 1908, con indicación de los que precisa hacer para mejorar sus pavimentos.—Madrid, 1909; un volumen de 182 páginas, de 34×22 centímetros y seis láminas.

Ideas generales sobre la urbanización de los alrededores de las grandes urbes. Trabajo presentado al Congreso verificado en Zaragoza el año 1908 por la Asociación española para el Progreso de las Ciencias, premiado con la medalla de los Sitios de dicha ciudad.—Madrid, 1908; un volumen de 37 páginas, de 24×16 centímetros.

Urbanización del Extrarradio.—Necesidad de llevar a cabo esta mejora urbana y beneficios que se obtendrán con su ejecución; folleto premiado con medalla de oro del Centenario de los gloriosos Sitios de Astorga.—Primera edición: Madrid, 1912; un volumen de 32 páginas, de 24×16 centímetros.—Segunda edición: Madrid, 1914; 39 páginas, de 24×16 centímetros.—Tercera edición: Madrid, 1916; 38 páginas, de 24×16 centímetros.

Ayuntamiento de Madrid.—Vías públicas del Interior, Ensanche y Extrarradio. Memoria relativa a los trabajos efectuados en dichas vías en los años 1904 y 1905.—Madrid, 1906; un volumen de 231 páginas, de 34×22 centímetros y ocho láminas.

Ayuntamiento de Madrid.—Vías públicas del Ensanche.—Memoria relativa a los trabajos efectuados en dichas vías en los años 1902 y 1903.—Madrid, 1904; un volumen de 62 páginas, de 34×22 centímetros y tres láminas.

Ayuntamiento de Madrid.—Vías públicas del Ensanche.—Memoria relativa a los trabajos efectuados en dichas vías, desde 1 de julio de 1900 al 31 de diciembre de 1901 y exposición de las medidas que deberán adoptarse para mejorar algunos servicios.—Madrid, 1902; un volumen de 50 páginas, de 34×22 centímetros y tres láminas.

Ayuntamiento de Madrid.—Vías públicas del Ensanche.—Memoria relativa a la organización del personal y servicios de Vías públicas del Ensanche y a las obras ejecutadas en este ramo, desde el 30 de junio de 1899 a igual fecha de 1900.—Madrid, 1900; un volumen de 25 páginas, de 34 × 22 centímetros.

Informe sobre la reversión unificada de los tranvías de Madrid.—Año de 1914.

El problema de la urbanización del Extrarradio de Madrid desde los puntos de vista técnico, económico, administrativo y legal.—Madrid, 1920; un volumen de 584 páginas, de 34 × 22 centímetros y cinco planos.

Conferencia sobre el Extrarradio, dada en el Excmo. Ayuntamiento el día 28 de diciembre de 1923.—Madrid, 1923; un volumen de 22 páginas, de 28 × 20 centímetros.

Conferencia sobre «El problema del desarrollo urbano de Madrid en relación con el de la construcción de casas baratas», dada en la Casa del Pueblo el día 24 de mayo de 1923.—Madrid, 1923; un volumen de 15 páginas, de 28 × 20 centímetros.

Memoria sobre la vialidad en Madrid, premiada por el Excmo. Ayuntamiento de dicha Villa en el concurso convocado en 10 de abril de 1922, sobre distintos temas de la vida local.—Madrid, 1924; un volumen de 46 páginas, de 34 × 22 centímetros y un dibujo.

En colaboración con el Ingeniero de Servicios Eléctricos Don Emilio Colomina.

Pliego de condiciones facultativas para adjudicar, mediante concurso, el servicio de alumbrado público de esta Corte por gas y electricidad.—Año de 1912.

Pliego de condiciones facultativas para adjudicar, mediante concurso, el servicio de alumbrado público de esta capital, utilizando exclusivamente energía eléctrica.
Año de 1912.

Informe sobre las proposiciones presentadas en el concurso para el alumbrado público de Madrid.—Año de 1913.

Proyecto de Reglamento para el servicio del alumbrado público en Madrid.—Año de 1915.