

1.- BREVE RESEÑA HISTÓRICA.

1.1.- Materiales

La piedra fue uno de los primeros materiales que utilizó el hombre debido a sus extraordinarias características, tales como resistencia, decoración, etc, y también como materia prima para la fabricación de otros materiales de construcción.

Es muy probable que los griegos fueran los primeros en utilizar las cales para revestimientos de muros, siendo más tarde los romanos los que perfeccionaron el proceso de fabricación, seleccionando con gran cuidado las materias primas que llegaban de Etruria, estudiando aunque rudimentariamente, las propiedades de la cal después de cocida. A la cal una vez obtenida, le añadían arena para la fabricación de morteros. Tanto en tiempos de los romanos como en los siglos siguientes, consideraron como caliza impura las que contenían arcilla para la fabricación de la cal.

A mediados del siglo XVIII se produce un gran avance en el conocimiento de las cales, con la investigación realizada por John Smeaton en Inglaterra, al encargarle la reconstrucción de un faro en Eddyston Rock que había sido destruido por el fuego. Para realizar esta obra marítima, tuvo Smeaton que buscar materiales adecuados para experimentar con varios tipos de cales. Observó, que con las cales fabricadas a partir de las calizas que contenían una determinada proporción de arcilla en su composición, se obtenían morteros más resistentes que los fabricados con cales puras y que además esos morteros fraguaban bajo el agua, circunstancia que no ocurría con los morteros de cal tradicionales en aquella época. Este descubrimiento progresó muy poco y durante mucho tiempo se emplearon las viejas mezclas de cal grasa y puzolana (base de los morteros romanos).

La teoría de la hidraulicidad data de la segunda década del siglo XIX, siendo Vicat quien la define y afirma que, *calcinando una mezcla íntima de caliza y arcilla molidas conjuntamente en húmedo, se obtiene una cal hidráulica.*

Los estudios de Vicat y las sucesivas modificaciones posteriores que se realizaron, sirvieron de base para la fabricación del cemento Pórtland, que hoy en la actualidad tiene una gran importancia en el campo de los conglomerantes.

El empleo de los cementos naturales en la construcción, se remonta a los tiempos del antiguo Egipto, seguido posteriormente por griegos y romanos. Estos cementos eran productos naturales que en algunos casos se sometían a tratamientos térmicos imperfectos y pueden considerarse, como los materiales intermedios entre las cales hidráulicas y el cemento Pórtland. Durante varios siglos se siguieron empleando estos tipos de cemento con mejor o peor acierto.

La primera patente del cemento Pórtland data de 1824 y se le atribuye a Joseph Aspdin, constructor de Leeds. En el proceso de fabricación, se obtenía un producto de baja calidad debido a un defecto en la cocción. Charles Johnson, contemporáneo de Aspdin, mejoró las proporciones de caliza y arcilla elevando la temperatura de cocción de los hornos hasta llegar a la sinterización, el producto una vez molido fraguaba mejor que el anterior y se le dio el nombre de cemento Pórtland, porque una vez fraguado tenía un color parecido a la piedra natural que se encuentra en la península de Pórtland al sur de Inglaterra.

Este proceso de fabricación, se basaba en métodos empíricos, el avance fundamental fue el resultado de las investigaciones llevadas a cabo por Vicat, demostrando que la sílice de la arcilla era la principal causante del endurecimiento en los cementos.

Tanto W. Michaelis como H. Le Chatelier, contribuyeron a dar soluciones a los mayores problemas a finales del siglo XIX, siendo en Estados Unidos donde se realizan trabajos sistemáticos y científicos sobre la composición del cemento Pórtland. Los progresos continuaron por Alemania, Francia, etc.

El empleo del hormigón es muy antiguo, en las ciudades de Troya y Micenas se utiliza un hormigón rudimentario de piedras aglomeradas con arcilla.

A partir del siglo I, los romanos comienzan a estudiar las posibilidades nuevas que ofrecía un material que poco a poco se había ido imponiendo; el empleo del hormigón (*opus caementicium*), hecho de morrillo mezclado con durísimo cemento de arena volcánica (puzolana) y arcilla, permitiendo a la arquitectura romana, superar los límites y las formas que a la arquitectura griega le impuso el uso exclusivo de la piedra.

Durante varios siglos se utiliza el hormigón como material de relleno hasta la aparición del cemento Pórtland, que es cuando comienza un estudio más detallado del comportamiento de

este material y de sus propiedades, como las de aumentar su resistencia con el tiempo, tomar la forma que en cada caso convenga al proyectista etc., siendo en la actualidad, uno de los materiales de mayor utilidad en la construcción.

Posteriormente se asocia el acero al hormigón para mejorar sus propiedades, dando lugar al hormigón armado, material de extraordinaria importancia para la construcción en la actualidad.

Excavaciones arqueológicas indican el amplio uso del asfalto natural hacia el año 3.800 a. de C. en Mesopotámia, valle del Indo y en Egipto. Los habitantes de estas regiones lo utilizaron para impermeabilizar estanques y depósitos de agua o como mortero para unir ladrillos o piedras.

Las rocas asfálticas, que son simplemente rocas porosas que se han saturado de asfalto natural a lo largo de su vida geológica, se utilizan hacia el 1.880 d. de C., en Francia, Inglaterra y en Filadelfia para pavimentar suelos, puentes y aceras.

Los materiales bituminosos obtenidos de la destilación del petróleo son los que más se utilizan en la actualidad.

1.2.- Pavimentos de calzadas.

La primera vez que se emplea el firme es en Asia, en las vías que construyó el Imperio Hitita.

En Creta en el Minoico Medio (2.300 – 1.700 a. de C.), se utilizó como pavimento en la vía procesional que discurre desde las proximidades del mar hasta el palacio de Knossos, grandes losas de piedra asentadas sobre capas de arcilla, piedra y yeso. Generalmente la piedra utilizada es caliza por su abundancia en la zona y trabajabilidad aunque en contadas ocasiones se emplea la arenisca. (*Fig. 0*).



Fig. 0

En Babilonia (600 a. de C.), en la avenida procesional de Aibur-Shabu, se emplean también losas como pavimento. (*Fig. 1*).

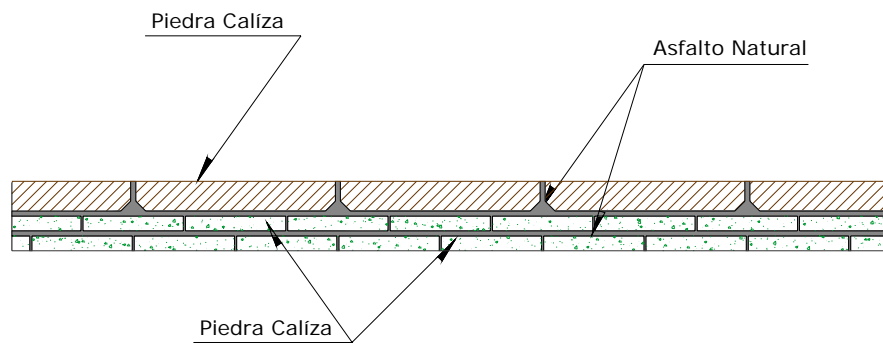


Fig. 1. Esquema del firme utilizado

La base del firme consta de varias hiladas de bloques de terracota unidos por asfalto natural y como pavimento losas de piedra caliza achaflanadas en su parte inferior, selladas también con asfalto natural, incluso las juntas.

En Egipto, para la construcción de las pirámides, fue necesario construir caminos que además de ser resistentes tuvieran una superficie lisa e indeformable para transportar los materiales pesados, empleando para ello losas de piedra toscamente labradas asentadas sobre terreno firme.

Las vías griegas eran de carácter muy localizado y normalmente religioso y para facilitar el acceso a los templos utilizaron también losas de piedra como pavimento. Estas calzadas tenían como característica especial, el de disponer de hendiduras de unos centímetros de profundidad en las losas de piedra para que sirvieran de guía a las ruedas de los carros. ¿Fue éste el origen remoto del carril del ferrocarril?

El sistema de urbanización y de comunicaciones más perfecto de la Edad Antigua corresponde al Imperio Romano por sus grandes detalles técnicos y funcionalidad de sus vías.

Los técnicos romanos construyeron vías con grandes alineaciones rectas, utilizando distintos firmes en función de la categoría de la vía y de su funcionalidad. Podemos considerar tres tipos:

- Vías urbanas (*Stratis lapidibus*)
- Caminos con firme (*Iniecta Glarea*)
- Caminos de tierra (*Terrenae*).

Las vías urbanas de más categoría, se construían con un gran firme. En primer lugar se efectuaba una excavación de tierras hasta encontrar una capa dura de cimentación, sobre la que se preparaba un lecho formado por arcillas y bolos o gravas de gran tamaño (*statumen*); sobre esta capa se extendía otra de hormigón de cal (*rudus*) y en otros casos piedra machacada con materiales sueltos de grano fino (*nucleus*), para sobre ésta, colocar como pavimento losas o lajas de piedra (*summa crusta*) colocadas con el máximo cuidado formando un extraordinario pavimento continuo, donde las juntas se cuidaban mucho.



Fig. 2. Calle romana en Sagunto (Valencia)

Las vías urbanas de inferior categoría (*Fig. 2*), se construían con un firme (*Fig. 3*), algo inferior y constaba de una base formada por grandes bolos y materiales sueltos de grano fino y a veces cemento rudimentario de puzolanas, para después colocar como pavimento losas o lajas de piedra.



Fig. 3. Detalle del firme

En otros casos, estas vías urbanas estaban formadas por dos bandas longitudinales de piedra y varias transversales para contener el empedrado concertado de los huecos centrales (Fig. 4).



*Fig. 4. Vía Apia (Roma-Capua).
Primer camino empedrado. Año 312 a. de C.*

Todos los firmes urbanos disponían de un enlosado final como pavimento, para comodidad del peatón, servir al tráfico lento de animales y carros y por razones de higiene.

A las vías principales interurbanas se les daba otro tratamiento, al considerar que el tráfico era más rápido, normalmente no peatonal, suponiendo un gran peligro los enlosados. Estas vías estaban construidas sobre cimientos de piedra de gran espesor, terminados superficialmente con piedra caliza de menor tamaño. El ancho de estas vías era de 5 a 6 m., 4,50 de calzada central para que pudieran cruzarse dos vehículos y el resto para dos paseos laterales.

La mano de obra empleada en la construcción estaba formada por legionarios que eran a la vez terraplenadores y soldados y siempre lo siguieron siendo.

El material básico utilizado en la mayoría de los casos, con preferencia a otros materiales, era la zahorra natural de granulometría muy variada. Los tamaños mayores se empleaban como cimiento del firme y sobre esa capa se colocaban otras de materiales sueltos de grano fino y en otros casos se estabilizaban con cal ya que la compactación era prácticamente nula.

La presencia del agua en el firme y los daños que ésta podía causar en el mismo, eran conocidos por los técnicos romanos, que trataron de evitarlos empleando una capa de arena entre la explanada y el resto del firme.

Tanto las aguas sobrantes de las fuentes públicas como las de lluvia las canalizaban hasta las cloacas contribuyendo así a la salubridad pública. (*Figs. 5 y 6*)



Fig. 5. Cabecera de cloaca

Las cloacas de sección rectangular, generalmente situadas en el eje de la calle, disponían de losas de cierre en la coronación con juntas a tope dejando un hueco entre una y otra a una distancia determinada para absorber el agua de lluvia.



Fig. 6. Cloaca central

En otro continente, los mayas, construyen caminos (Sache) para el acceso a los templos, empleando como cimiento piedras calizas blancas, apisonadas con cilindros de piedra, y como pavimento un enlosado de la misma naturaleza, conservándose en perfecto estado al no tener que soportar estos pavimentos la acción de las cargas de carros y caballerías etc. Otros caminos eran el Nohbe con gran ancho y las veredas (Colbe).

Los aztecas construyeron calzadas locales y cortas situadas en los alrededores de México.

La caída del Imperio Romano, supone su segregación en pequeñas naciones, desapareciendo en parte la comunicación entre los pueblos. En aquellos siglos, las órdenes religiosas son las que fomentan la comunicación a través de los caminos peregrinos en España, Francia, etc., encargándose los señores feudales, de la conservación y mejora de los caminos de sus cercanías.

En la Edad Media aunque en menos escala es frecuente la pavimentación con losas de piedra más o menos concertadas y también el empleo de piedras de tamaño más reducido como pavimento (*empedrados*) para el tránsito de caballerías y ganados (*Fig. 7 y Fig. 8*).



Fig. 7. Empedrados



Fig. 8. Empedrados

A finales del siglo XVIII se inicia una nueva visión tecnológica de los pavimentos urbanos por razones de higiene, mejora del transporte, etc. La tipología de los pavimentos de piedra en las ciudades españolas es muy variada.

Los más característicos son los siguientes:

Pavimento de adoquín rodado de 20 x 30 cm y de 18 ó 20 cm de espesor asentando sobre lecho de arena (*Fig. 9*). Registro formado por bordillos de rodado (*Fig. 10*).



Fig. 9



Fig. 10

Pavimento de adoquín mosaico de 10 x 18 cm de pórfido de 6 a 8 cm de espesor, tomado con mortero de cemento sobre base de hormigón hidráulico de 20 a 30 cm de espesor (*Fig. 11*)



Fig. 11

Pavimentos de hormigón blindado de unos 20 cm de espesor (*Fig. 12*).



Fig. 12

Pavimento (firme blanco) que consistía en 20 cm de piedra machada y recebo con árido de machaqueo o tierra seleccionada (*Fig. 13*).



Fig. 13

A principios del siglo XIX se comienzan a pavimentar calles utilizando alquitrán en riegos. Las primeras mezclas con alquitrán *in situ* se extendieron en algunas calles de Londres y más tarde en zonas peatonales de la Puerta del Sol, (Madrid). Posteriormente, en Estados Unidos se emplearon mezclas fabricadas a partir de rocas asfálticas y de asfaltos naturales.

Como consecuencia del desarrollo de la industria del petróleo, se comenzó a emplear los betunes asfálticos para la fabricación de mezclas asfálticas, siendo el norteamericano Richardson el que estableció las bases de la tecnología de las citadas mezclas, que en la actualidad son básicas para la pavimentación.

Sin embargo, el desarrollo tecnológico de estos materiales se produce durante la II Guerra Mundial por las urgentes necesidades de construcción de pistas de aeropuertos militares.

Como pavimentos más característicos de aquella época podemos citar:

Pavimento de losetas de asfalto comprimido de 20 x 20 x 4 cm colocadas con mortero de cemento o con riego asfáltico en algunos casos, sobre una base de hormigón de unos 20 cm de espesor (*Fig. 14*).



Fig. 14

Pavimento de asfalto fundido en capa de 5 cm sobre base de hormigón de unos 20 cm de espesor (*Fig. 15*).



Fig. 15

Pavimento Warren, llamado así por ser Warrenite la casa especializada en la construcción de estos pavimentos en los que se empleaban grandes dotaciones de betún.

La sección de este firme era la siguiente:

- 30 cm. de zahorras naturales

- 10 cm. de piedra machacada
- Riego profundo de 7 kg /m² de betún 180/200 y extensión de árido rodado
- Riego superficial de 3 kg /m² de betún 180/200 y extensión de árido rodado (*Fig. 16*).



Fig. 16

A mediados del siglo XX, en las vías urbanas se comienzan a cubrir los antiguos pavimentos de piedra con capas de mezcla asfálticas, a pesar de su durabilidad y capacidad de soporte en algunos casos para resistir cargas pesadas, siendo entre otras causas las siguientes:

- Refuerzos necesarios por aumento de las cargas de tráfico
- Por ser su rodadura incomoda y ruidosa.
- Convertirse en un peligro al hacerse deslizantes.
- Su elevado coste de conservación tanto de materiales como de mano de obra.
- Hacer más visible la señalización horizontal, etc..

A finales del último tercio del siglo XX, se emplean a gran escala innovaciones particularmente adaptadas a las necesidades urbanas, como son los microaglomerados, pavimentos drenantes, fonoabsorbentes, etc.

1.3.- Pavimentos de aceras.

Parece ser que la primera vez que se construyeron aceras es en la ciudad de Pompeya donde la aristocracia romana tenía sus fincas de recreo. Como se observa en la (*Fig. 17*), las aceras se encuentran elevadas respecto a la calzada y delimitadas lateralmente por un bordillo de piedra que sirviera de contención de las mismas, impidiendo o dificultando a las caballerías y carruajes, invadir las zonas reservadas a los peatones y encauzar las aguas de lluvia en su encuentro con la calzada. El pavimento era la piedra muy similar al utilizado para la calzada.



Fig. 17

Después de la caída del Imperio Romano, los anglosajones son los que comienzan a desarrollar las vías peatonales por el aumento del tráfico de carruajes y caballos y es alrededor del año 1.550, aproximadamente, cuando se comienza a apartar al peatón de la vía.

En el transcurso de los siglos realmente se evoluciona muy poco en la construcción de aceras, hasta la aparición del automóvil que plantea la necesidad de establecer en las ciudades, calzadas para circulación de vehículos y vías para peatones. Estas pueden emplazarse junto a la calzada o ser independientes de la misma como es el caso de las zonas peatonales, pero elevadas respecto a la calzada. En cuanto al pavimento se emplea la piedra más o menos concertada.

Actualmente, los bordillos de delimitación acera-calzada son de piedra (granito, rodano, calizo, etc.) o de hormigón prefabricado de distintas formas y tamaños, asociados a éstos y para canalizar el agua de lluvia, se emplean rigolas, piedra natural, hormigón prefabricado, etc., o caces en las calles de escasa pendiente longitudinal (*Fig. 18*).



Fig. 18

En cuanto a los pavimentos empleados para vías peatonales con condicionantes distintos a los empleados en calzadas, podemos citar los siguientes: (*Figs. 19, 20, 21, 22, 23 y 24*).



Fig. 19. Pavimento hormigón ruleteado



Fig. 20. Pavimento de hormigón



Fig. 21. Pavimento de asfalto fundido



Fig. 22. Pavimento de loseta hidráulica



Fig. 23. Pavimento de hormigón impreso



Fig. 24. Pavimento de piedra

1.4.- Conservación

La conservación de las vías, data de los tiempos de Roma con grandes detalles técnicos, considerándose un servicio fundamental al Imperio, el mantener la red viaria que fue la más perfecta de la Edad Antigua.

César Augusto fue nombrado *curador* y *comisario* de los grandes caminos de los alrededores de Roma y Julio César fue *curador* de la Vía Apia. El mantenimiento en las provincias dependía del gobernador y en cada municipio de los magistrados locales.

En los siglos siguientes existe un gran abandono de la conservación de las vías. En España, fue Carlos III y su Ministro el Conde de Floridablanca los que comenzaron la mejora de la red viaria. En Inglaterra, la *Ley de pavimentación de Westminster*, estableció un nuevo cuerpo funcional responsable de las mejoras de las calles, llamado "Comisionado de pavimentación".