



## El subsuelo de París. Clamart

Fernando Oliveros Rives. Ingeniero de Caminos.

### EXPOSICION

En el mes de marzo de 1961, un ingeniero de la Inspección de Canteras había pasado ocho horas levantando el plano de la zona de Clamart, sin encontrar nada anormal en la misma, y otra nueva visita fué realizada, el día 23 de mayo, sin advertir ningún indicio de peligro; sin embargo, a las once de la mañana del día 2 de junio se produjo la catástrofe de Clamart, provocada por el hundimiento del suelo en una extensión de un kilómetro cuadrado, que produjo 65 víctimas, quedando más de 30 casas destruidas o lesionadas por el movimiento.

Este hecho, que a primera vista encierra una gravedad extrema, en París no afecta tanto a los habitantes, pues lo consideran como el pago de un triste tributo, consecuencia de una desgraciada herencia histórica.

El haber tenido que intervenir profesionalmente como consecuencia en este problema y por juzgarlo de interés general, me ha movido a escribir el presente artículo.

Las calizas y yesos ya eran explotados en la antigua París, y por el brillo que le caracterizaba, los romanos la denominaron Lutecia.

Ahora bien: el desarrollo de la urbe obligaba a la explotación de las canteras de yeso y caliza, de tal forma que en su crecimiento invadía zonas situadas precisamente sobre las antiguas galerías, contrayendo un compromiso trágico con el futuro, el cual, al convertirse paulatinamente en presente, ha ido exigiendo el cumplimiento de aquel inexorable anatema.

El abandono de las antiguas canteras y los desprendimientos de sus estratos hicieron olvidarlo, pero su presencia fría obligaba a recordarlos. Desde 1774 se

tiene conocimiento histórico de hundimientos que continuamente han seguido produciéndose hasta nuestros días.

Durante varios siglos, las explotaciones subterráneas no estuvieron sujetas a control alguno en la región parisiense hasta que en 1779 se decretó la limitación de la explotación de las canteras de yeso, y en 1813 se prohibió definitivamente la extracción de cualquier mineral. La creación de la Inspección de Canteras se efectuó hace un siglo y medio.

La expansión de una gran ciudad rebasa las dos dimensiones y exige la tercera, creando el sentido del urbanismo tridimensional. Las cargas, las vías de locomoción, las congestiones, conducen al aprovechamiento de las características resistentes y de espacio del subsuelo, y en este momento es cuando se le plantea a París su gran problema geotécnico.

Por otra parte, las catacumbas son unas galerías subterráneas, excavadas en terreno calizo durante los siglos XVIII y XIX, con objeto de depositar los restos procedentes de varios cementerios evacuados. Se encuentran en la plaza de Denfert-Rochereau.

Asimismo tenemos que considerar las galerías, antiguas canteras parisienses, cuya longitud alcanza 135 kilómetros bajo las vías públicas, propiedades municipales y del Estado, y 150 kilómetros bajo las propiedades privadas. En total habrá 300 kilómetros de galerías que afectan a unos 13 barrios de París. Pero, además, tenemos que añadir los siguientes elementos que completan el mallado del suelo parisiense y el horizonte del problema:

Longitud de las líneas del ferrocarril subterráneo y metropolitano de París, 230 kilómetros; autopistas subterráneas, 120 kilómetros; canales subterráneos, 1.400 kilómetros; tuberías de distribución de agua potable, con 1.500 kilómetros de longitud y 1.400 kilómetros de aguas no potables; gas de alumbrado con 2.640 kilómetros de conducciones; tuberías de aire comprimido de 570 kilómetros de longitud; pasajes subterráneos de cinco kilómetros; red de calefacción urbana que comporta 26 kilómetros de canalización, aparte de las catacumbas citadas, pozos y construcciones subterráneas, públicas y privadas. Renunciamos a fijar por su difícil control estadístico la longitud de las redes de energía eléctrica, telefónica y telegráfica.

#### ASPECTO GEOLOGICO

Estratigráficamente, esta zona está constituida por depósitos terciarios y secundarios, descansando sobre un basamento primario.

La parte superior del estrato cristalino se alcanzó en Bray con un sondeo a los 1.150 metros de profundidad, estando representada por micacitas muy plegadas.

Como la región de París ha sido una zona muy plástica, deduce Soyér que este hecho es incompatible con grandes espesores del estrato cristalino.

Las formaciones mesozoicas están dispuestas en bandas concéntricas, más antiguas a medida que nos alejamos del núcleo constituido por el área parisiense; son las llamadas aureolas periféricas del cretáceo, jurásico y triás. El espesor de estos terrenos crecen hacia la capital, habiendo estado afectada la zona, probablemente, por un fenómeno de descenso durante todo el secundario.

Ahora bien: del estudio detallado de los numerosos sondeos realizados en la Cuenca de París, se deduce que esas ondulaciones no forman líneas continuas de anticlinales y sinclinales, sino abombamientos irregulares, generalmente de 100 a 200 metros de amplitud y mayor en el caso de Bray. Los estudios gravimétricos realizados en la zona demuestran, por otra parte, que estos abombamientos corresponden a anomalías importantes, desproporcionadas con las ondulaciones visibles, indicando al mismo tiempo que el zócalo herciniano es en sus emplazamientos muy heterogéneo. Para Goguel este zócalo, que inicialmente no estaba compensado isostáticamente más que de una forma muy regional, ha ido cediendo progresivamente hasta llegar a una compensación local, es decir, que las zonas ligeras se han elevado y viceversa, deformando la cobertura sedimentaria.

El espesor del cretáceo en París es de unos 700 metros, estando constituido en su base por depósitos formados en régimen continental y lagunar a base de arenas y arcillas del Valanginiense y Hauteriviense, facies Wealdense. Sobre ellos aparece un Barremiense, también continental, con 45 metros de espesor, del cual se apoyan margas con plicatulas del Aptense y arenas verdes y arcillas del Albense. Sobre este cretáceo inferior aparece el cretáceo superior, con unos 400 metros de espesor en su parte alta de la creta blanca con sílex del Senonense.

Tras los depósitos cretácicos, aparece un potente paquete de sedimentos correspondientes al Eoceno y Oligoceno; en él se sucede una serie de transgresiones que avanzan en arco, con dirección aproximada hacia el SO., de las cuales algunas no alcanzan París (Landeniense e Ypresiense) y otras lo rebasan (Luteciense, Lediense y Ludiense). Estas transgresiones dejan sedimentos de tipo litoral y alternan con lechos correspondientes a fases regresivas continentales, lagunares o salobres.

Las formaciones más resistentes de esta larga serie de sedimentos terciarios son las calizas del Luteciense (caliza tosca) las del Sannoisiense (caliza de Brie) y las del Chatiense (caliza de Beauce), las cuales forman las grandes plataformas llamadas, respectivamente, Ile de

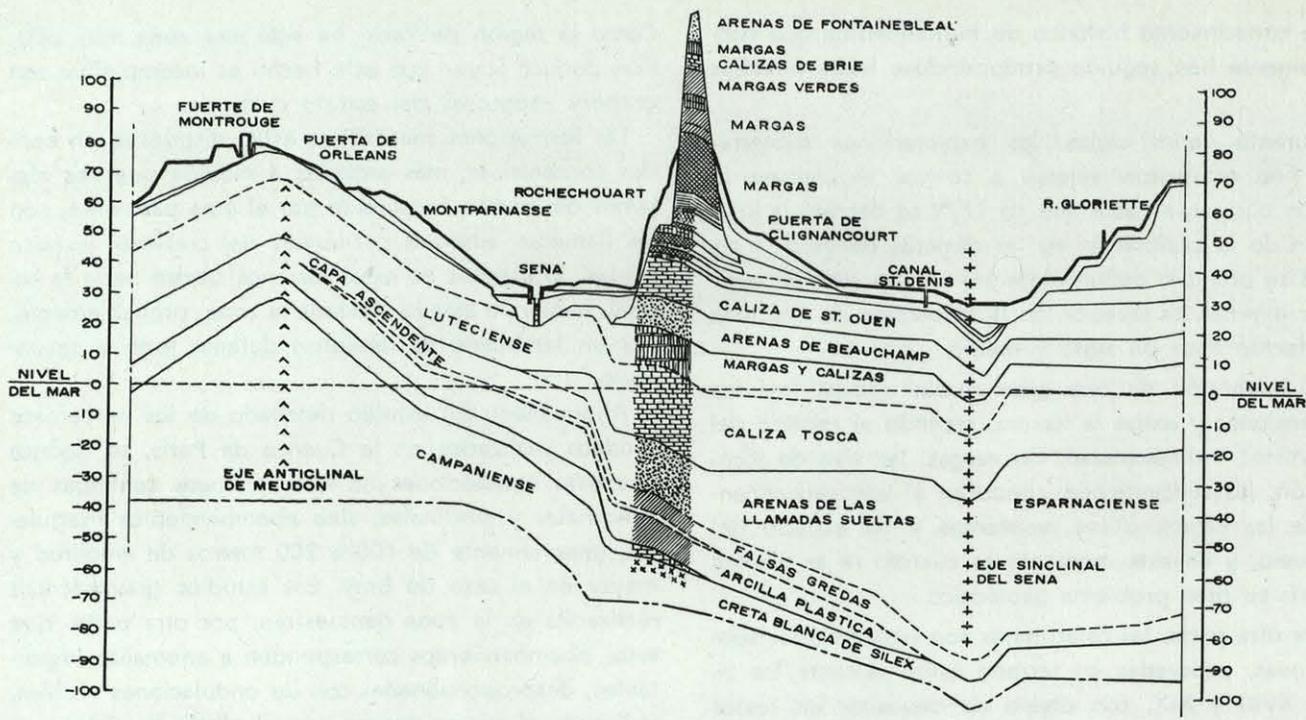


Fig. 1.

France, Brie y Beauce, que constituyen el núcleo de toda esta cuenca.

Durante el Plioceno y el Cuaternario, una red hidrológica muy ramificada ha cortado profundamente la zona, llegando a descubrir a veces el sustrato cretácico.

Estudiamos, después de esta descripción general, el corte geológico Bagneux-Pierrefite, pasando por Montmartre, representativo de esta región (fig. 1).

Constituye la base un cretáceo superior caracterizado por la creta blanca del Campaniense; sobre él se apoya el Eoceno, ya que existe laguna estratigráfica del Daniense. Este Eoceno comienza por las margas de Meudon del Montiense; hay laguna del Thanetiense, por lo que le sigue el Esparnaciense, con un conglomerado de base y arcilla plástica en la parte superior; sobre él encontramos el Luteciense por laguna estratigráfica del Ypreciense, con su gran formación de caliza tosca, base de la explotación de canteras; y sobre este piso las arenas de Beauchamps y a continuación las calizas de Saint-Ouen. La colina de Montmartre completa la estratigrafía de la zona. En la fig. 2 se ha reconstruido el corte de Moulineaux correspondiente a la zona de la catástrofe.

Como compendio de todas las muestras representativas de los distintos terrenos susceptibles de ser encontrados en la región parisiense, con sus fósiles característicos, existe en la capital el llamado Museo Geológico, que, como se puede comprender, encierra un incalculable valor.

## CANTERAS

De los 300 kilómetros de longitud que tienen las canteras parisinas, un poco más de la mitad se encuentran situadas bajo construcciones particulares. Encontramos en el subsuelo de París tres zonas bien delimitadas de explotaciones: la Norte y Este, de características yesosas, y las otras dos de materiales pétreos con destino a la construcción, situadas una a cada orilla del Sena (véase fig. 3). Todavía existe una cuarta zona, situada en la extremidad este de París, pero que ya se sale de la región tratada.

La explotación de volumen se ha llevado a cabo en la creta, la caliza tosca y el yeso, aun cuando las margas blancas, arenas finas y arcillas han sido explotadas también, con carácter circunstancial, principalmente las primeras para obtener cal.

Ante esta variedad y riqueza de elementos se comprenderá la intensa actividad del hombre parisiense en su subsuelo, llegando en ocasiones a superponerse en la explotación varios pisos. En la caliza existen hasta tres pisos, y en la creta, asimismo, aparecen con frecuencia dos, que siguen el buzamiento de los bancos, aproximadamente 1,3 por 100.

La importancia de estos yacimientos queda patente si recordamos que la superficie de las canteras explotadas—aclaremos—de aquellos en que se ha extraído material, es el 10 por 100 de la superficie total de París, con el siguiente detalle, según Soyser:

	Hectáreas
Canteras de yeso .....	59,50
Canteras de caliza, orilla izquierda .....	642,25
Canteras de caliza, orilla derecha .....	48,25
<b>TOTAL .....</b>	<b>750,00</b>

Si bien Lafay, jefe de la Inspección de Canteras de París, eleva esta superficie a 835 hectáreas, incluyendo, según creemos, las canteras de creta.

Por lo que respecta a la caliza, ofrecen estas canteras una gama de buenos materiales rocosos. La composición es de un carbonato de cal con algo de sílice, magnesio y óxidos de hierro y aluminio. Podemos dividir las explotaciones de este tipo en tres bancos principales, de los cuales los dos más altos son objeto de la explotación subterránea; su estratificación es más regular que la del banco inferior.

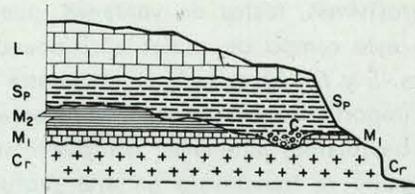
Las galerías del primer piso explotan el banco franco, dejando como techo la roche, que es una caliza compacta de 0,50 m. de espesor citada; las del segundo piso se benefician del banco real, dejando como cielo un banco de color verde. En ocasiones se encuentra todavía otro piso de galerías. La extracción se efectuaba de acuerdo con la textura de los bancos, y el nivel de la capa acuífera siguiéndose el método de las gradas rectas con puntales, haciendo la excavación a pico en vertical, y abatiendo posteriormente la pieza.

Por lo que respecta al yeso, alcanza esta formación un espesor de 50 metros y está compuesta de una particularidad estratigráfica producida por la alteración de bancos yesosos y margosos con cristalizaciones sacaroides. Aparecen tres masas distintas que han sido objeto de explotación por el sistema de pilares. La primera capa posee un espesor de 20 metros y ha sido la más atacada; la altura de la galería de extracción llega a 17 m. y su anchura es de 6 m. en la base; la segunda y tercera lo han sido menos, alcanzando una altura de galerías de 5 m. para la segunda y de 3 m. para la tercera.

### LA CATASTROFE

El hundimiento ha tenido lugar en la zona comprendida entre el antiguo Hospital de Percy y el Tiro de Pichón de Lastinne-Rénette, quedando limitado transversalmente por las calles de Monts y Egalité, y el Bd. Rodin. En la fig. 4 aparece la planta indicada. Como se ve, el lugar pertenece a Clamart, pero se encuentra en el límite con Issy le Moulineaux. Se puede apreciar la complicación del subsuelo de esta zona, quedando superpuesta una cantera de caliza a dos de creta.

La visión de la catástrofe podemos calificarla de danzosa. Las casas, hasta de tres pisos, derrumbadas, árboles torcidos, muros volcados, edificaciones ofreciendo



CORTE DE LA COLINA DE MOULINEAUX, MEUDON JUNTO A PARIS MOSTRANDO EL MONTIENSE DE MEUDON Y LAS LAGUNAS DEL EOCENO INFERIOR EN PARIS (SEGUN MUNIER-CHALMAS, IN HAUG).

- L = LUTETIENSE: CALIZA TOSCA.-LAGUNA DE YPRES.
- Sp = ESPARNACIENSE: ARCILLA PLASTICA (EN "C" CONGLOMERADO DE MEUDON CON DETRITOS DE MAMIFEROS).-LAGUNA DE THANETIEN.
- M<sub>2</sub> = MONTIENSE SUPERIOR: MARGAS DE MEUDON.
- M<sub>1</sub> = MONTIENSE INFERIOR: CALIZA PISOLITICA.-LAGUNA DE DANIEN.
- C<sub>r</sub> = CRETACEO SUPERIOR: CRETA DE MEUDON.

Fig. 2.

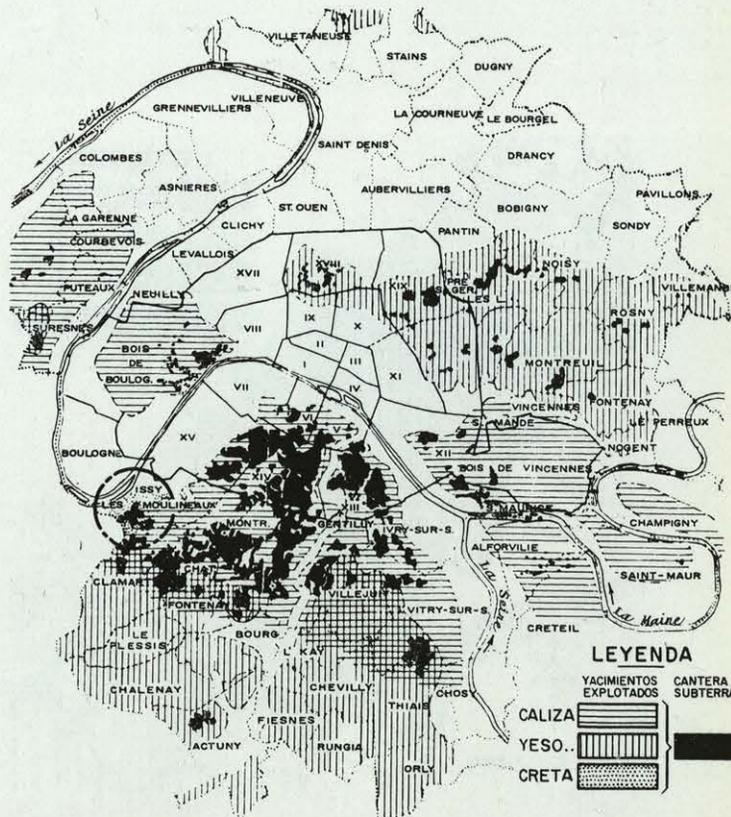


Fig. 3.

grietas peligrosísimas, restos de ventanas, puertas, techos y todo este campo de ruinas aprisionando a 65 víctimas (figs. 5 y 6). La calzada se encuentra a veces hundida en importantes extensiones. Muchos edificios, en posición basculante, amenazan completar su ruina. El Estadio Egalité se transformó en una profunda cubeta y, a modo de alfombra verde, plegaba caprichosamente su césped.

El perfil geológico del lugar aparece en la fig. 7. Podemos observar que en la creta del Montienense ya aparecen dos pisos de canteras explotadas, aprovechando su grano homogéneo fino, color blanco, llamada creta de Meudon, por ser en dicho lugar donde aflora. Estas canteras, aun cuando no han sido rellenadas y la roca posee poca resistencia, su estado de conservación es, generalmente, satisfactorio. La altura del piso más inferior es de 3,65 metros, quedando entre su techo y la solera de la cantera correspondiente al piso superior, 4,25 metros. Esta galería tiene una altura de 6,75 metros y su techo queda en las margas de Meudon.

Sobre estas margas, aparece la arcilla plástica citada del Esparnaciense y encima encontramos la galería que ha explotado la caliza tosca, ya del Luteciense. La separación entre el techo de la galería superior en la creta y la base de la explotación de la caliza es de 32,65 metros. Esta galería tiene una altura de 1,60 metros y un recubrimiento hasta el nivel del suelo de unos 4,90 metros. La formación caliza está constituida por:

	Metros
Banco sin aprovechamiento .....	1,00
Roche .....	0,50
Cliquart .....	0,30
Grignard .....	0,80
Banco sin empleo .....	1,75
Liais .....	0,25
Banco real .....	0,50
Banco verde .....	0,50

Si bien no se explotó en todo su espesor, pues las galerías sólo tienen 1,60 metros de altura, como ya se ha indicado.

Esta cantera ha proporcionado la piedra de construcción necesaria para edificar el Ministerio de Asuntos Exteriores, la capilla del Sacre Coeur, la iglesia de Notre Dame des Champs y el palacio de Fontainebleau, entre otros edificios importantes.

Se valora que en las galerías afectadas existían unos 50.000 metros cúbicos de aire, los cuales fueron expulsados por efecto del hundimiento, de tal manera, que según cálculos, alcanzó las velocidades de 100 kilómetros por hora, lo que prodigó manifestaciones análogas a explosiones que fueron atribuidas al gas.

El derrumbamiento comenzó por la rotura de un pilar de 6,75 metros de altura que soportaba el techo de la cantera más elevada de creta. La explotación de esta cantera en el siglo pasado dejaba la galería a 39 metros. La rotura provocó una peligrosa sobretensión en los pilares adyacentes, que, a su vez, fallaron, hasta que el desmoronamiento alcanzó a los pilares de 8 metros de lado, que actuaron como elementos resistentes y detuvieron la catástrofe en extensión. Como consecuencia, se fué quebrando la tectónica de los estratos de margas y arcilla plástica de 33,5 metros de espesor, ayudado, sin duda, por su avanzado estado de alteración, proceso que se consumió en un intervalo de treinta minutos, al fin del cual el derrumbamiento de la superficie explotada de la cantera inferior afectó definitivamente a la cantera superior de caliza, de 4,50 metros de altura de techo y situada a 5,50 metros del nivel del suelo, quedando no obstante amortiguado por el efecto silo que redujo extraordinariamente los efectos de la catástrofe. Como contrapartida, por estar Clamart en la vertiente norte del anticlinal de Meudon, los efectos del hundimiento se vieron incrementados por la componente tangencial, que ayudó a quebrar la estabilidad del conjunto.

Acerca de las causas que han motivado el fallo en las canteras de creta, parece que un concurso de circunstancias especiales ha provocado la catástrofe. Como factores ajenos al lugar, tenemos que la víspera se registraron dos sacudidas sísmicas con veintinueve minutos de intervalo, y, por otra parte, los tres últimos días de mayo se registró una precipitación igual a diez veces el valor de la cantidad media.

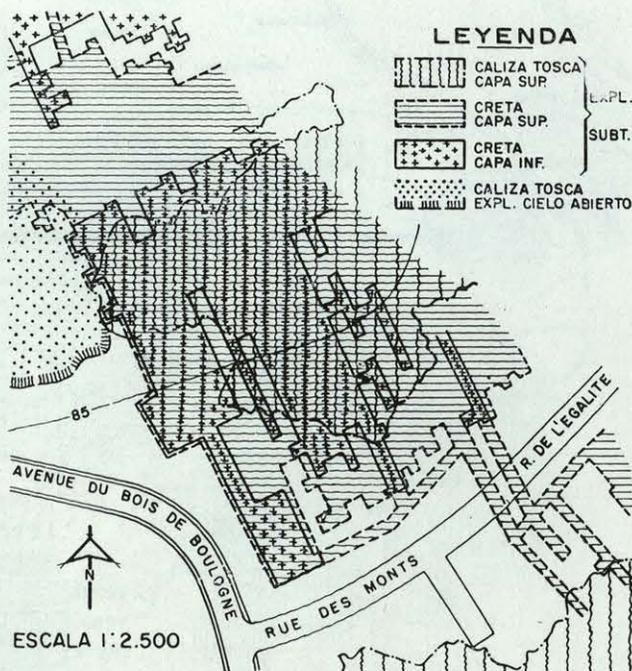


Fig. 4.

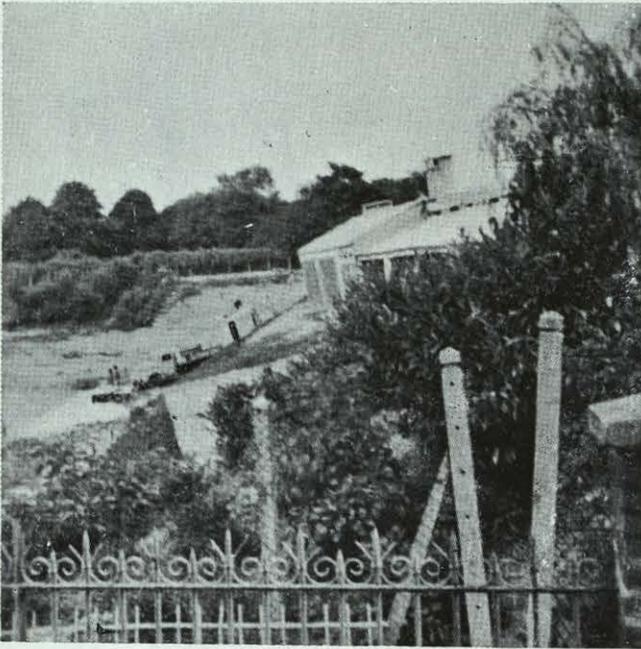


Fig. 5.



Fig. 6.

### CONSIDERACIONES GEOTECNICAS

El urbanismo de París y, en general, de las grandes ciudades no puede realizarse sin la colaboración de los ingenieros geotécnicos. En la decisión de un programa urbanístico hay que dar entrada, como factor fundamental, a la Geotecnia. El trazado de las ciudades bajo la consideración de dos dimensiones, ha quedado completamente desbordado. El urbanismo subterráneo tiene, a veces, mayor importancia que el superficial. Las autopistas, las edificaciones, las vías subterráneas, no podrían ser rentables si no se estudia a fondo la compatibilidad de su existencia con la naturaleza del suelo que las circunda.

La construcción de grandes inmuebles modernos exige un detenido reconocimiento de las características geomecánicas de la estratigrafía del suelo, pues de ello depende la estabilidad de la cimentación. La capacidad resistente de las rocas no puede deducirse de sus manifestaciones geológicas aparentes, sino de la aplicación de las técnicas de la Mecánica del Suelo.

El incontenible desarrollo de la villa de París le ha concatenado al designio de las características geotécnicas desfavorables de su suelo. La acción de las aguas erráticas y la presencia de un mallado subterráneo intenso son las causas fundamentales de la inestabilidad de su subsuelo.

Quizá en París han ocurrido y pueden ocurrir nuevas tragedias porque la Inspección General de Canteras del Sena no marche a la velocidad de desarrollo de la villa, de sus cargas, de sus problemas acuíferos, de tantos factores graves que influyen decisivamente en

esta aportación trágica que los parisienses están obligados a ofrecer como pago a su desenvolvimiento.

El problema de Clamart se ha planteado por la ausencia de una investigación geológica profunda, completada por un estudio geomecánico elemental que pudiera de relieve la verdadera magnitud del episodio que podía producirse.

La naturaleza erosionable y al tiempo soluble de las rocas que constituyen las canteras explotadas agudizan el planteamiento, provocando recientemente la catástrofe de Clamart, y mañana otras análogas, puesto que el tiempo, inexorablemente y sin solución de continuidad, aportará nuevos capítulos de ruina y llanto.

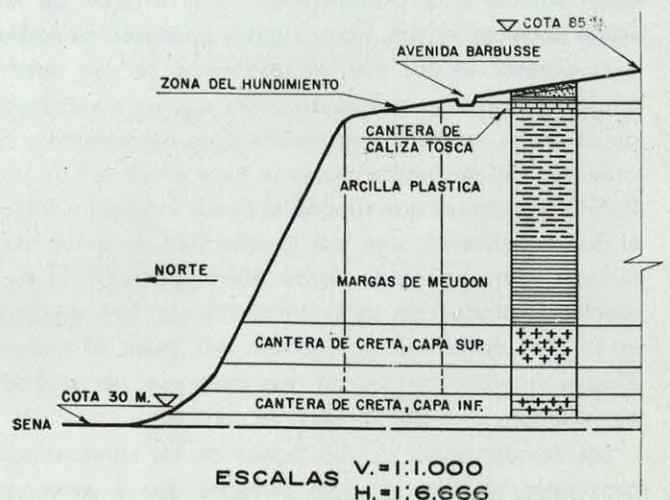


Fig. 7.



Así, pues, la existencia de vacíos subterráneos constituye un peligro permanente. (En Madrid tenemos manifestaciones de este tipo en paseo Fleming, Prado, Carrera de San Jerónimo, Magdalena, etc.) Estos vacíos están sujetos a la meteorización, a la erosión de las aguas erráticas; el aire, agua y gases producen su acción y el espesor de los mantos resistentes se van debilitando, principalmente cuando están sujetos a esfuerzos de corte. Su resistencia se reduce progresivamente y la previsión del derrumbamiento se hace difícil, no ya por los inconvenientes que supone el poder localizar y llegar al punto problema, sino por la dificultad de poder dictaminar sobre el estado de su descomposición. El momento de producción de la catástrofe siempre quedará en el área de la indeterminación. Así, pues, el tiempo efectúa su labor destructora más peligrosa, no sólo por su volumen, sino por la falta de control.

Los hundimientos de los techos de las canteras son constantes, dejando grandes bóvedas que a veces comunican con el exterior, particularmente en las de yeso;

pero, por fortuna, derrumbamientos como el de Clamart se presentan con menos frecuencia.

Por otra parte, aquellas canteras en que intervenía la arcilla se obturaban rápidamente por su meteorización, que aflojaba el terreno superior y en otros casos, además, por su carácter expansivo cuando se hidrata, quedando por tanto el vacío relleno, pero peligrosamente flojo en sus proximidades, que nuevamente dará lugar a otros derrumbamientos.

Un problema similar presentan las canteras de yeso, pues aun cuando a partir de 1777 se ordenó rellenar todas las explotaciones que de este material se realizasen, esta operación no puede efectuarse más que deficientemente, puesto que los elementos naturales se encargan, por disoluciones, erosiones, etc., de hacer imperfecto y, por tanto, peligroso este relleno, aumentando progresivamente el peligro.

Este horizonte de incógnitas que nos ofrece el subsuelo de París se ve incrementado por el problema de las aguas subterráneas, en las cuales es decididamente

rico. Dos causas han influido decisivamente en hacer de París un punto privilegiado en este aspecto: primeramente la diversidad litológica, y, por otra parte, su posición tectónica que coloca a una parte de la ciudad al borde de la fosa sinclinal de S. Denis. El nummulítico parisiense presenta una serie de niveles acuíferos fijados en las calizas donde las aguas circulan por sus diaclasas hasta impregnar las arenas y gravas que forman los grandes receptáculos. El manto de arcilla plástica del Esparnaciense podía haber impedido el paso del agua a los estratos inferiores, pero las discontinuidades inevitables en tanta superficie han establecido la peligrosa comunicación.

Encontramos en esta zona toda la gama de tipos de capas acuíferas: la libre de aluviones en Fontainebleau; las cautivas en las arenas de Auteuil, Beauchamps, entre otras; las freáticas en las calizas de Brie, margas y creta; las artesianas, etc.

Los caudales de extracción cada vez son más importantes y los descensos en las mismas se hacen más sensibles, con la consiguiente alteración de las constantes físicas de los suelos.

La actuación de la Inspección de Canteras del Sena extiende sus actividades a:

- a) La explotación, reconocimiento con sondeos y trabajos de estabilización subterráneos.
- b) Puesta al día de las publicaciones de los mapas geológicos de la zona.
- c) Examen y control de peticiones de nueva construcción.
- d) Entrega de toda la documentación recogida sobre el subsuelo a los constructores.

La construcción de una casa, el trazado de un ramal del Metro, de canalización, etc., tiene que ir precedido de un intenso estudio del subsuelo, consistente en trabajos de prospección, sondeos, extracción de muestras inalteradas, ensayos de Laboratorio, etc.

Existe una prohibición total de construir en la zona parisiense sin sujetarse y obligarse a realizar los trabajos que dicha Inspección prescribe, y que están en consonancia con la construcción proyectada. Por lo que respecta a esta zona en que se ha producido la catástrofe existía una concreta prohibición de construir edificios elevados en la misma.

Es tal el rigor con que obliga a observar sus disposiciones la Inspección, que puede sustituir a los particulares para ejecutar por cuenta de ellos los trabajos prescritos, y a tal fin posee brigadas de especialistas que a veces trabajan ininterrumpidamente día y noche.

El problema que se plantea tiene una trascendencia mayor de lo que a primera vista parece. El cumplimiento de las Ordenanzas actuales es muy duro y a veces

resulta que un solar carece de valor porque los precios de los trabajos de consolidación de las canteras sobre las cuales gravita, son de tal magnitud que encarece enormemente la edificación posterior que se pretenda realizar. Pensemos que harían falta unos 100 millones de francos para colmatar sólo la zona de Clamart.

La aplicación de la Mecánica del Suelo a los problemas que plantea el subsuelo de París es relativamente fácil, pero el importe de las soluciones las hace casi prohibitivas. Es por esto que solamente se resuelven los casos aislados, a medida que se van presentando, pero de ninguna manera se puede atacar el problema en su conjunto, porque su importe desorbitado lo aleja continuamente del marco de la solución práctica y obliga, por tanto, a quedar al arbitrio de las circunstancias desfavorables que pueda aportar el futuro.

Debido a la naturaleza de la roca, las canteras de caliza o creta están, en general, mejor conservadas que las de yeso. Estas se encuentran descuidadas y en muy mal estado. El procedimiento de recalce para canteras de caliza y creta es análogo. Según se trate de calles o edificios, así el tratamiento de las canteras varía. Si la cantera ha de soportar calles, se procede a la colmatación de las galerías. Se puede decir que todas las canteras situadas bajo las vías públicas y la mayor parte de las vías privadas están prácticamente estabilizadas.

Si se trata de edificios, la cimentación se resuelve por medio de pilares que transmiten las cargas a suelos más resistentes. Estos pilares se construyen casi siempre de mampostería y rara vez de hormigón. La sección considerada que normalmente se usa es la de lados 1,20 o ya de dos metros. Cuando las cargas no son concentradas, sino en superficie o longitudinales, se apoyan en vigas de hormigón armado, bóvedas y arcos de descarga que se apoyan sobre pozos, que, a su vez, las confían a estratos profundos más resistentes.

El estado de fisuración del techo determina cimentar la estructura que se proyecta simplemente sobre pilares apoyados en la solera, o destruir la bóveda, disponiendo entonces recalces de hormigón que suplan la falta de aquellas condiciones resistentes.

Como ya se ha dicho, a veces aparecen en el subsuelo canteras superpuestas y el recalce se complica. Otras veces la solera de la galería descansa sobre suelos poco resistentes (margas verdes, arcilla plástica, etc.) y entonces requiere una ampliación del estudio en profundidad de la estructura de recalce. Todos estos trabajos hay que realizarlos disponiéndolos de tal forma que permitan no sólo la posterior vigilancia de la cantera, sino el paso del material que habrá de consolidar futuros accidentes que se produzcan en aquellas galerías de que tratamos.

Trabajos análogos de recalce hay que realizar con

los canales y vías por donde ha de circular agua, poniéndose mucha mayor atención en estas cuestiones, puesto que las aguas erráticas podrían producir en breve plazo nuevos desastres.

Aun cuando las zapatas permitan un reparto de cargas o las placas armadas ofrezcan una solución económica, no se utilizan estos tipos de cimentaciones, pues nuevos descalces y socavaciones podrían dejarlas inoperantes y, por tanto, son consideradas como soluciones altamente peligrosas.

#### CONCLUSION

Es indudable la importancia de los problemas que el suelo de las grandes ciudades plantea y que nos obligan a un estudio singular. Afortunadamente, la gravedad de los presentados en nuestras ciudades no es extraordinaria, pero sí exigen, por lo menos, una atención. En otra ocasión nos ocupamos del problema geotécnico del subsuelo de Madrid, y aconsejábamos se en-

focase la cuestión en el marco de la Geotecnia. Estimo que se confía demasiado en las condiciones del suelo, olvidándonos que colocamos sobre él no sólo nuestro prestigio, sino millones de pesetas en construcciones. Nos maravillan esos proyectistas que intuyen las características del suelo fiados de su imaginación. El caso de París nos muestra un ejemplo de la colaboración entre la Inspección de Canteras y el particular. No será, quizá, el mejor, pero ya nos ofrece un sistema. Los Organismos estatales y municipales deberían confeccionar Códigos, recoger toda la información existente sobre el suelo y facilitársela al proyectista, al constructor; guiarle, aconsejarle sobre los tipos de cimentaciones y precaverle contra los imprevistos desagradables. Se nos dirá que es un servicio caro, pero el interesado pagaría con gusto dicha información y al tiempo aportaría nueva documentación sobre lo encontrado en su cimentación, lo cual permitiría incrementar la técnica en beneficio de la sociedad.

