

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

OBRA DE FÁBRICA PARA LAS CARRETERAS PIRENAICAS ⁽¹⁾

POR

D. MANUEL DIZ Y BERCEDONIZ

Ingeniero Jefe de Caminos, Canales y Puertos.

Si se dibuja la línea ideal de cimas y depresiones del sistema de montañas que forman el istmo pirenaico; si se traza el perfil longitudinal del eje de la cordillera, se verá que á partir del Cantábrico se eleva rápidamente hasta alcanzar las mayores alturas en la parte central, para descender después, pero de manera más lenta, hacia el Mediterráneo.

Esta zona de máximas elevaciones, que abarca las provincias de Huesca y Lérida, es la que se llama Pirineo Central ó Altos Pirineos.

Hemos dicho línea ideal y, en efecto, nada hay más difícil que señalar el verdadero eje, porque la cordillera pirenaica, en conjunto, se aparta por completo de la cordillera tipo.

No se encuentra en ella la línea quebrada, lugar geométrico de los puntos en que la divisoria de aguas corta los más elevados picos y los más altos collados, línea de la que parten en dirección normal, á uno y otro lado, las divisorias secundarias, que á su vez lanzan otras de orden inferior para formar, dividiéndose y subdividiéndose, las depresiones y valles que, fundidos á su vez entre sí, van subiendo en orden de importancia, hasta reunirse todos en las vaguadas principales, las que nacen en la misma divisoria.

No existe una serie de sierras que en sus líneas generales se asemeje á la hoja de heleno ó á la espina de pescado.

El conjunto de montañas que ocupa una zona más ó menos extensa entre los dos mares parece al primer examen una intrincada red de líneas altas y bajas, un caos de depresiones y picos, una verdadera tela de araña en la que es difícil orientarse y más difícil aún buscar las leyes de dirección, el sistema de ejes, las líneas de división y de acumulación de aguas.

Pero poco á poco, á medida que se avanza en el examen,

se va ordenando el caos y se ve la diversidad de aspectos bajo los cuales se presenta esta soberbia barrera orográfica y se apuntan datos y observaciones que han de servir de jalones en el estudio definitivo, no ultimado aún, labor grande y fatigosa que exigirá mucho tiempo y muchos y repetidos trabajos sobre el terreno, pero que ha de llevarnos al conocimiento completo de uno de los más interesantes sistemas de montañas de Europa.

Desde luego es un hecho evidente que la cordillera no es única, sino que en realidad está formada por dos, que parten respectivamente de los dos mares hacia su centro, dirigiéndose más al Sur la que podemos llamar Cantábrica y uniéndose entre sí dentro de la provincia de Lérida, pero á muy poca distancia del límite con Huesca, por otra sierra intermedia de unos 30 ó 35 kilómetros de longitud.

Precisamente en este enlace, al prolongarse la cadena mediterránea, algo más allá del punto de arranque de la intermedia, encierra una gran comarca, de forma casi cuadrada, que es el hermoso valle de Aran, en que nace el río Garona, tierra española que se asoma á Francia desde lo alto del Pirineo y que siempre, en todas ocasiones, la última de fecha bien reciente, ha dado muestra del más acendrado patriotismo.

La variedad de aspectos que hemos dicho, presenta la orografía del terreno, hace que en algunas partes la red de valles se acerque mucho á la forma tipo, pero que en otras aparezca más bien como una cuadrícula rectangular ó poligonal, en que las vaguadas parecen no guardar armonía con las divisorias de aguas. En estas zonas, las mayores elevaciones no coinciden, como de ordinario, con el eje principal, sino con alguno de los de segundo ó tercer orden, ó están en macizos independientes y separados, como si no tuviesen relación alguna con el central, y así observaremos, limitándonos á la vertiente española, fuera del núcleo montañoso, los más altos picos, entre ellos los siguientes: Suelsa, 2.970 metros de altitud; Púlsa, 2.860; Cilindro, 3.327; Monte Perdu, 3.352; Picos del Infierno, 3.078; Comolo Forno, 3.032; Eriste, 3.026; Las Louzeras, 3.010, y otros varios.

El punto más elevado de todos los Pirineos, el monte Aneto de 3.404 metros de altitud, forma parte de una gran sierra la Maladeta, con altura de 3.354 metros, vestida siempre con inmensos glaciares, paralela á la principal y de la que la separa una estrecha cañada ó valle. Perma juego con ella otra análoga y también paralela, pero algo

(1) De la Memoria presentada al Congreso de la Asociación Española para el progreso de las ciencias.

más baja, en que asoman los picos Posets, 3.367 metros, y Erite, 3.026, y entre los dos, en sentido perpendicular, se abre paso el río Esera. Esta zona de máximas alturas está casi al final de la cordillera Cantábrica.

En otro gran tramo de la Mediterránea se diría que el macizo se transforma, y en lugar de una sola cadena de montañas se presentan una serie de sierras transversales que cortan el eje general del sistema con gran oblicuidad, como si en aquella parte la acción de las fuerzas del dinamismo terrestre hubiesen actuado en una segunda etapa de emergencia con cierta desviación, resultando en esta forma el plegamiento de la corteza terrestre.

Tales son los hechos hoy evidentes, tales los aspectos varios con que el problema se presenta. De su estudio, combinado con el geológico y con nuevas observaciones y trabajos ha de deducirse el modo de formación del relieve y las leyes del sistema, levantado no en una sino en varias épocas.

*
* *

El núcleo de la cordillera Pirenaica está constituido por grandes masas de gneis, gneis granitoide, y de pizarras gneísicas, micáceas y talcosas de la formación arcaica ó primitiva, que asoman en los puntos más elevados formando, en gran parte, las montañas que encierran los valles de Andorra y Cerdeña y las crestas y picos que separan entre sí, entre otros, los puertos de la Bonaigua, 2.080 metros; Viella, 2.668; La Picada, 2.460; Benasque, 2.448; Plan, 2.541; Bielsa, 2.465, etc., es decir, el arranque de las cuencas de los ríos Segre, Valira, Noguera Pallaresa, Noguera Ribagorzana, Esera, Cinqueta, Cinca y otros.

En la era primaria ó paleozóica y en el período precámbrico se depositaron en el mar, limitado por aquellos macizos emergentes, gruesas capas de arcilla, bien pronto convertidas en rocas cristalinas por las acciones metamórficas, que producían los movimientos de dislocación de la corteza terrestre aún no muy consolidada, y las emisiones de masas eruptivas, agentes de metamorfismo tan poderosos que transformaron por completo los sedimentos.

Sobre estas capas, que es muy difícil de distinguir de las primitivas, se depositaron en el período silúrico enormes masas de pizarras, cuarcitas y calizas que forman una anchísima zona, paralela á la divisoria principal, comprendiéndose en ella todos los altos valles de los ríos arriba citados, sin que sea posible, sin embargo, señalar la línea límite superior de estas formaciones, como tampoco la inferior en que empiezan las calizas de formación devónica.

La era secundaria ó mesozóica, dice el eminente geólogo Mosen Norbert Font y Sague, conocedor como nadie de la geología de la región pirenaica, fué una era de tranquilidad en la historia de la tierra, cuyas energías internas parecían adormecidas en toda su larga duración, como si quisiera prepararse al renacimiento de la actividad interior con mayor fuerza y mayor potencia al principio de la era terciaria.

No nos interesan estas formaciones cuyos depósitos sedimentarios aparecen en comarcas algo separadas del eje pirenaico, aunque forman parte de las últimas estribaciones del sistema, pues no afectan más que con caracteres muy secundarios al estudio de las carreteras pirenaicas, denominación española de las vías que en el resto de Europa se llaman carreteras alpinas.

La era terciaria ve surgir por completo la enorme barrera que forman estas montañas. Por efecto del aumento de energía y violencia con que obran las fuerzas interiores del planeta se producen en la corteza terrestre grandes pliegues, paralelos al Ecuador, uno de los cuales marca el relieve primero del macizo pirenaico, acentuado después por movimientos ó emersiones sucesivas, hasta que al principio del período mioceno alcanza su mayor altura, y casi el aspecto y forma que tiene hoy.

Claro está que esto no se hizo sin grandes trastornos de las capas de los terrenos sedimentarios, que al plegarse por efecto de las colosales acciones de la dinámica interior, se dislocaron, se destruyeron y se retorcieron, pues hay que tener en cuenta, no sólo la potencia de las fuerzas que actuaron, sino sus direcciones encontradas, y por esta diversidad de esfuerzos, todos enormes, puede explicarse la división de la cordillera en dos, unidas entre sí por otra normal, y el aspecto que presenta la Mediterránea dividida en una serie de sierras muy oblicuas al eje principal, como obedeciendo al efecto de fuerzas concurrentes con resultante oblicua.

El completo trastorno de los terrenos cámbricos, silúricos y devónicos, su pulverización digámoslo así, pues tal es la palabra propia, débense también á la repetición de acciones en la larga serie de los tiempos, á los esfuerzos periódicos de las energías interiores cada una de las cuales acentuaba el relieve de la cordillera, hasta que surgió en definitiva cuando por un último y colosal trastorno se produjo en la corteza terrestre la gran ondulación que dió nacimiento al macizo alpino y que repercutió en los otros más pequeños, acusando más sus formas y moldeándole en definitiva.

Pero hay más; al par que se producía este gran movimiento, ó mejor dicho, por efecto de él, toda la porción de superficie terrestre que comprendía lo que hoy es Cataluña y la parte oriental de Aragón con su gran lago ó mar interior, basculó alrededor de un eje paralelo al pirenaico, elevándose, formándose la línea de costa, casi como hoy existe, y produciendo en muchos puntos inmediatos á la divisoria grandes roturas y enormes fallas, entre los terrenos sedimentarios y los eruptivos que permanecieron fijos, las cuales modificaron el relieve normal levantando grandes tramos de sierra paralelos á la principal como la de Cadí, la Maladetta, la del Porset y otras que hoy constituyen poderosos antemurales y cuya formación no puede explicarse sino por estos levantamientos y roturas.

Trastornados en esta forma los terrenos de que hablamos por larga serie de compresiones y convulsiones internas, pudieron ejercer sobre ellos con más fuerza su acción las grandes lluvias del período diluvial y luego los glaciares del siguiente, que avanzaron y retrocedieron en diversas épocas, aunque en la vertiente española de los Pirineos no tuvieron tanta extensión ó importancia como en la francesa, siendo el mayor el que nació en la Maladeta, y empujó su canchal terminal hasta Pont de Suert por el valle por donde hoy corre el Noguera Ribagorzana.

El efecto final, la resultante de todas estas acciones, es que las comarcas por donde tienen hoy que desarrollarse las carreteras pirenaicas, están de tal manera trastornadas geológicamente, que en realidad las estribaciones que separan las cuencas de los grandes ríos arriba citados, más bien semejan inmensos depósitos de escombros, acumulándose á las dificultades que presenta para el trazado de

una vía un terreno tan quebrado y abrupto, de tan fuertes inclinaciones en las laderas y con altitudes tan elevadas á las que hay que subir, la que ofrece su naturaleza y su composición.

De todos los valles que arrancan de la cordillera, los que presentan en sus vertientes terrenos más descompuestos y trastornados, los que podemos considerar como tipos de valles pirenaicos, son los que sirven de cauce á los ríos Noguera-Pallaresa y Noguera-Rivagorzana.

Los dos están muy próximos al núcleo de acción de las fuerzas interiores en su trabajo de levantamiento de la cordillera é inmediatos á la sierra de unión de las dos cadenas Cantábrica y Mediterránea, así como al macizo de la Maladeta, uno de los puntos en que fué más acentuado el movimiento de báscula que produjo la gran falla ó rotura de la corteza terrestre. Por eso los efectos de estas convulsiones son más patentes en ellos, no sólo en lo que á la geología se refiere, sino también en la orografía y en los accidentes ú obstáculos que al paso de una vía de comunicación presentan.

Más conocido es el primero, pero más pintoresco el segundo que rodea por su base la altísima mole del pico de Aneto, el gigante de los Pirineos.

Por aquél ha de subir el ferrocarril que lleva su nombre y se ha abierto paso la carretera de Balaguer á la frontera francesa, que en la vertiente Sur de la cordillera llega hasta el pueblo de Esterri y en la Norte hasta Salardú, estando interrumpida en la travesía del macizo central por el puerto de la Bonaigua, en el que para mantener la viabilidad de la carretera y la comunicación con el valle de Aran, en los largos meses de invierno, en que tanta nieve se acumula, habrá que perforar un túnel de 1.700 metros de longitud mínima.

Decimos que hasta Esterri se construyó la carretera, y en efecto, salvo algún tramo de contratas rescindido y la subida al puerto de la Bonaigua, lo estaba, puede decirse que en totalidad, pero desde Gerri de la Sal á 68 kilómetros de la divisoria, fué casi destruída y hoy está cortada á la circulación y al tráfico por las lluvias torrenciales y persistentes del otoño de 1907, que saturando de humedad los terrenos de las cuencas altas hasta el punto de no poder almacenar más agua, produjeron en la corriente principal avenidas de tal impetuosidad é importancia, las mayores conocidas hasta el día, que arrastraron los terraplenes, destruyeron muros y obras de fábrica y convirtieron los más pequeños arroyos en poderosos agentes de erosión, socavaban los terrenos sueltos de las laderas, que en otras partes, por efecto de las lluvias, se desprendían en grandes masas sobre la explanación.

Al crearse por Real decreto de 27 de Mayo de 1909 la Jefatura de las carreteras pirenaicas para el estudio y construcción de las vías que atravesando el Pirineo ó desarrollándose en sus vertientes, tienen condiciones análogas por su carácter y la disposición y naturaleza de los terrenos que han de atravesar, y encargado como Ingeniero jefe de organizar y dirigir los trabajos, me fijé desde luego, y especialmente, por ser uno de los asuntos de más urgente resolución, en la necesidad de abrir al tránsito público la citada sección de Gerri á Esterri, sacando enseñanza de los hechos ocurridos para proponer soluciones nuevas, que evitaran, dentro de lo posible, la repetición de aquellos destrozos.

Así, pues, estudiando detenidamente y en cada caso particular la naturaleza de los terrenos, la disposición de los accidentes y la extensión de las cuencas de recepción de las corrientes, se han proyectado algunas obras de fábrica especiales; que sin presentar elementos nuevos, sino combinando con acierto los ya conocidos, resultan muy bien dispuestas como resolución de los problemas que se presentaban y muy apropiadas para casos análogos. Por eso las expongo á vuestra consideración, creyendo que pueden servir de ejemplo y enseñanza.

El Ingeniero afecto á la jefatura pirenaica, D. Julio Murúa, es el que ha llevado á la práctica el resultado de nuestros comunes estudios y proyectó las obras que describiré en los párrafos siguientes en detalle, aprovechando este momento para pedirlos un aplauso para aquel distinguido y laborioso Ingeniero, honra del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos.

Es evidente que todas las obras de fábrica pequeñas deben proyectarse con amplitud, en número y desagüe, y teniendo en cuenta la especial configuración y constitución del terreno de los valles pirenaicos.

En aquellas laderas tan fuertemente inclinadas, en aquel terreno flojo y deleznable, tan fácilmente arrastrable por las aguas, hay que dar salida á éstas á través de la carretera lo antes posible para evitar sus efectos destructores con mayores males, que supondrían medios más costosos para mantener siempre limpia y en buena viabilidad la explanación.

Y no son aplicables los modelos de tajeas, alcantariillas y pontones de la colección oficial, ni los tipos corrientes, porque en las avenidas, que producen sobre todo las lluvias torrenciales ó los rápidos derretimientos de nieve, las aguas vienen cargadas de tierra y piedras, muchas de grandes dimensiones, que al encontrar una obra de solera horizontal pierden rápidamente su velocidad y depositan todos los arrastres que traen, cegándolas en poco tiempo y saltando luego la corriente por encima de la explanación con el consiguiente daño.

Puede decirse que por las vaguadas, aun las más pequeñas, no corre agua, sino una masa semifluida, pero conservando su velocidad y su impetuosa fuerza, y que todos los arroyos, aun los de último orden, son verdaderos torrentes con todos los caracteres de tales.

Los modelos especiales están inspirados en la necesidad de cumplir las condiciones que dejamos expuestas, de que las aguas y los grandes arrastres que con ellas vienen tengan pronta y fácil salida; por eso se evitan los codos bruscos, los escalonados horizontales, los aumentos de sección, etc., y se da la mayor pendiente longitudinal posible á la solera, unida por superficies curvas á los cubos de recogida que también afectan estas formas.

(Continuará).

Las máquinas de vapor de pistón.⁽¹⁾

El Profesor de la Universidad de Lieja M. Henri Deschamps ha publicado en la *Revue Universelle des Mines* una detallada reseña de las máquinas de vapor de pistón

(1) De la *Revista Minera, Metalúrgica y de Ingeniería*.