

»Nadie, hasta hoy, se había atrevido á levantarse contra estas funestas tendencias. La Escuela Normal, la Escuela Central, la Sorbona, habían amoldado su paso al de la Escuela Politécnica, que es el gran regulador de la enseñanza científica en Francia. Nadie se había atrevido á tomar la iniciativa de una reforma, á la cual sin embargo no se oponían más que los cinco ó seis *monstruos de matemáticas* que gozan ante un centenar de sabios de una *notoriedad europea*.

»El general André, dirigiendo la Escuela Politécnica, ha tenido este valor. Después de tres años de esfuerzos, ha logrado hacer modificar el programa de admisión en la Escuela.

»De hoy en adelante, no se preguntará á los candidatos sobre el álgebra elemental y sobre el sistema métrico. El nuevo programa, que señala un primer período de parada, en esa marcha indefinida á la persecución de puras abstracciones, ha sido calcado en parte del programa del año XI. El decreto se ha expedido en 24 de Julio último, con el informe favorable de la mayoría del Consejo de perfeccionamiento de la Escuela. Y la reforma ha parecido tan grave que el Ministerio de la Guerra ha consultado la Instrucción pública, las Obras públicas y la Marina.

»Este primer golpe de piqueta dado á la enseñanza de la Escuela Politécnica por un politécnico, ¿no es bastante interesante para mencionarlo?»

TÚNELES A CIELO ABIERTO

Cuando la altura del terreno sobre un túnel á construir es pequeña y además es aquél de naturaleza deleznable, y por tanto requiere entibaciones resistentes, antes que abrir subterráneamente el agujero, es preferible desmontar todo el terreno superpuesto, cual si se tratara de una trinchera ordinaria, y proceder después á cielo abierto á la construcción de una bóveda ó túnel, que se cargará, una vez concluida, con una capa más ó menos espesa de las tierras procedentes del desmonte.

También se emplean los túneles artificiales, para mantener expedita la circulación en aquellos sitios en que la naturaleza del terreno ó las condiciones climatológicas de la localidad, impedirían, con desprendimientos ú otros trastornos del suelo aquélla, y éstas con fenómenos meteorológicos, el libre tránsito por las mismas. Sucede frecuentemente lo primero en los desmontes á media ladera, cuando el terreno, por cualquier causa, se desprende en grandes masas ó se traslada resbalando sobre sí mismo y ejerciendo empujes tan intensos que no bastan á contener dichos movimientos los muros más robustos y mejor cimentados. Si en este caso no pudiese corregirse el mal con trabajos de avenamiento á propósito y económicos, se recurre á los túneles artificiales. También, por las mismas causas, hay que adoptarlos en aquellas trincheras de mucha altura, pues la inclinación de sus

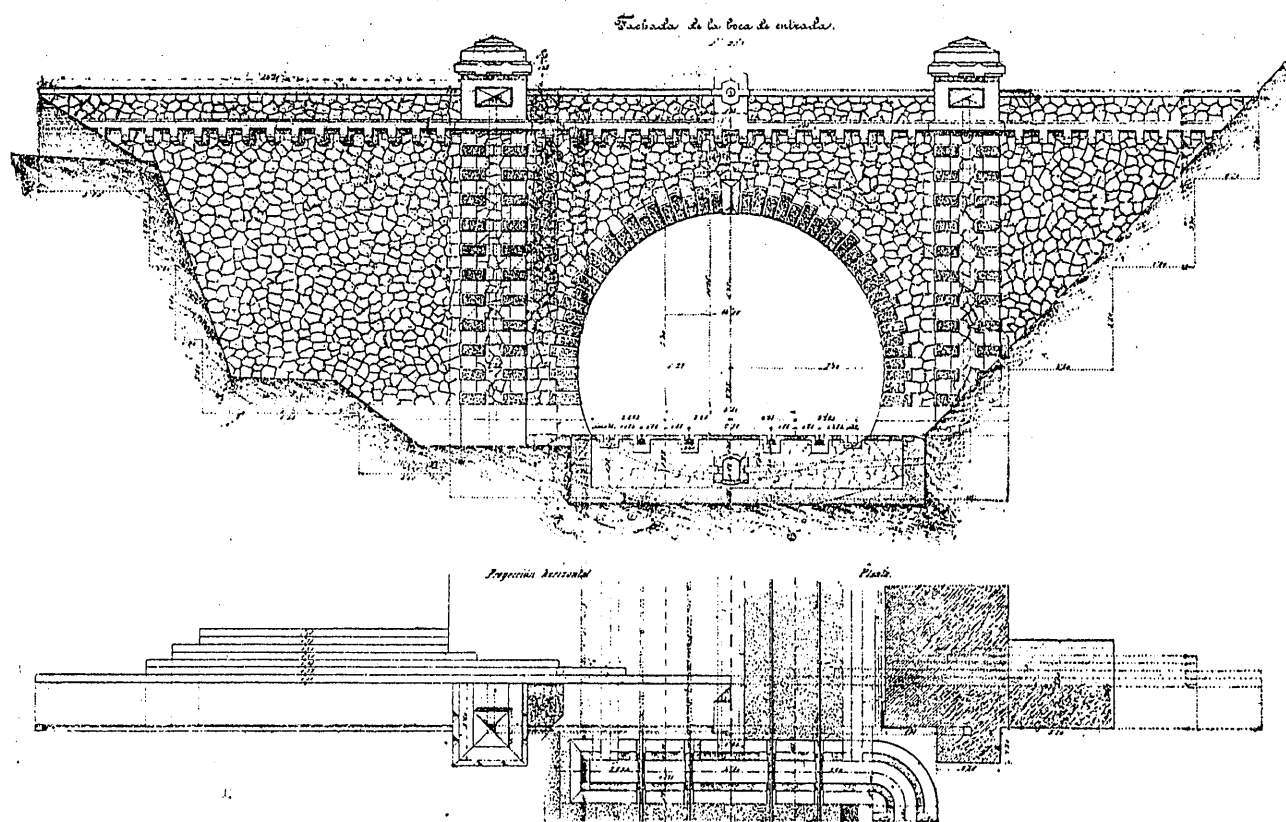
escarpes, si con ella y los drenajes necesarios pretendiese corregirse el mal, les daría una extensión, en sentido transversal, por todo extremo antieconómica, sin que pudiese asegurarse el éxito. A continuación describimos uno de la línea de La Zaida á Reus.

Túnel de Pradell.—A 500 metros de la boca de entrada del túnel de Argentera está situada la estación de Pradell; estos 500 metros, entre la boca de dicho túnel y el edificio de viajeros de aquélla, se hallan en desmonte con una cota variable de 2 á 10 metros. El terreno completamente descompuesto está formado de arcilla y margas mezcladas con bloques de caliza y conglomerados de muy variables dimensiones. El volumen de algunos de estos bloques pasa de 100 metros cúbicos. Desde el edificio de viajeros hasta el barranco de Pradell, en una longitud de 180 metros, la montaña está constituida por una sólida masa de caliza dispuesta en bancos horizontales.

Después de empezada la ejecución del túnel de Argentera por la Compañía de los ferrocarriles directos, se vió la pésima condición del terreno que constituye aquella trinchera, y ya entonces ocurrieron varios desprendimientos cuyo volumen ascendió á 28.000 metros cúbicos. Para evitarlos se construyó al pie del escarpe, lado norte de la trinchera, un muro de sostenimiento de 3^m,50 de altura, 3^m,00 de espesor en la base, 2^m,50 en la coronación y una longitud de 300 metros.

Al encargarnos en 1.º de Abril de 1888 de la construcción de la línea de La Zaida á Reus, en vista del movimiento increíble de avance de la montaña, previmos las grandes dificultades que nos ocasionaría la conservación de aquella trinchera, é ínterin estudiábamos el medio de resolver la dificultad, decidimos aumentar la altura del muro en 1^m,50 para impedir que cayeran á la vía las tierras que ya descansaban en la arista exterior de la coronación del muro.

El remedio fué eficaz sólo durante unos cuantos meses. A fines de Diciembre de 1888, después de lluvias torrenciales que duraron doce días, tuvo lugar un desprendimiento enorme, que empezó casi junto al edificio de viajeros de la estación de Pradell, alcanzando hasta una distancia de 300 metros en dirección á la boca del túnel de Argentera. Este movimiento del terreno que coincidió con movimientos sísmicos observados en varios puntos de la costa de Levante, volcó el muro ó le partió cerca de la mitad de su longitud: trozos del mismo, de 10 metros de largo, corrieron más de 15 metros y aparecieron colocados á mayor altura; las vías de construcción que se hallaban asentadas en la trinchera quedaron rotas por varios puntos, y en algunos la rasante de la explanación subió dos metros sobre su posición primitiva. Se abrieron grandes cavidades en el escarpe de la montaña; se agrietó el terreno en una distancia de más de 500 metros en sentido transversal á la vía; aparecieron pequeños manantiales de agua que antes no se conocían, y el empuje de la masa en movimiento fué tal, que los andenes de la estación, distantes más de 100 metros de esta masa y establecidos en el punto



de paso de desmonte á terraplén, se deformaron en toda su longitud; y lo mismo hubiera sucedido con el edificio de aquella si no se hubiese fundado sobre el macizo calizo que contuvo el desprendimiento en dicho punto.

Antes de tomar determinación alguna que impidiera la continuación del movimiento de la montaña, se quitaron, durante los meses de Enero á Agosto de 1889, 146.000 metros cúbicos de tierras y rocas desprendidas, en la trinchera y sus escarpes, operación que no dejó de presentar serias dificultades, porque en gran parte fué hecha durante un invierno frío y lluvioso, y sin poder interrumpir ni un solo día la extracción de escombros de la parte del túnel de Argentera que se atacó por la boca correspondiente á la misma trinchera. Limpia ya ésta se buscó y determinó el plano de deslizamiento, y entonces estudiamos con todo cuidado un proyecto de saneamiento y consolidación para garantizar la seguridad de la vía en punto tan especialmente peligroso, situado entre la boca de un gran túnel y una estación y viaducto inmediatos.

Nos propusimos al principio mantener y sanear toda la parte en movimiento, por muros transversales de mampostería en seco, separados de cinco en cinco metros, partiendo de un muro de sostenimiento construido con mampostería hidráulica en el emplazamiento del primitivo, al cual se adosaba, en su paramento posterior, otro muro en seco que hacía las veces de dren ó colector general.

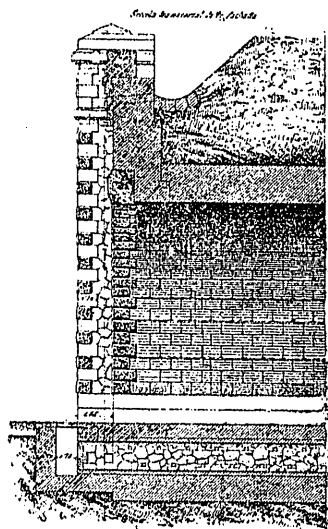
Los muros transversales se proyectaron en longitud ó profundidad hasta el encuentro del plano de des-

lizamiento del terreno, al pie del cual se pensó construir un gran drenaje colector que siguiera todo el contorno de la parte en movimiento y uniese todos los drenes transversales de la misma manera que se unían detrás del muro de sostenimiento.

Ahora bien, si se considera que la altura de la carga era de unos 50 metros en la parte más importante del desprendimiento y que la dirección de los diferentes planos de deslizamiento variaba mucho, se comprende la enorme dificultad y sobre todo el peligro que había que afrontar para ejecutar estas obras tan aleatorias y cuyos resultados dejaban ancho campo á lo imprevisto.

Cabía esperar, en efecto, que en un momento dado y á consecuencia de nuevas lluvias, se produjera otro movimiento de la montaña que destruyera toda ó parte de la obra ejecutada, levantando por sus empujes de abajo arriba la parte inferior incoherente aún.

Además, la dirección general del desprendimiento era de Norte á Sud en una longitud de 160 metros y después pasaba bruscamente de Este á Oeste. Esta dirección era consecuencia de la posición de los planos de deslizamiento sobre los cuales la masa era arrastrada; y en vista de la situación de dichos planos cabe preguntar: ¿qué hubiera sucedido en el punto de encuentro de estos dos empujes gigantescos durante la construcción de los drenes por medio de pozos, galerías ó trincheras? Por otra parte, teniendo en cuenta que el terreno completamente en movimiento se extendía en una zona de unos 140 metros de ancho en sentido normal al eje del ferrocarril, con una sobrecarga en el punto más elevado de 40 á 50 metros de



altura, y en vista también del ángulo formado por el plano de deslizamiento con la horizontal, la aplicación de las fórmulas de estabilidad hubiera conducido forzosamente á la construcción de un muro de 14 metros de espesor en la base, 5 metros de altura, un talud de $0^m,20$ á $0^m,25$ en su paramento posterior y con cimientos de 9 á 10 metros de profundidad en algunos puntos para contener el movimiento del terreno. En vista de todos estos inconvenientes resolvimos abandonar aquel proyecto, y construir á lo largo de la trinchera que se desprendía, un túnel á cielo abierto que permitiera establecer además de la vía principal, otra para el movimiento de la estación de Pradell, y en tales condiciones de altura y luz que dos trenes pudieran cruzarse teniendo sus portezuelas abiertas, dejando á cada lado una banqueta de ancho suficiente para el paso de un hombre al mismo tiempo.

Con este proyecto el *sostenimiento* de la montaña se obtiene mediante la construcción del túnel; el *saneamiento* se logra construyendo un muro en seco detrás del estribo del mismo cercano al escarpe que resbala y purgando y rellenando con escombros de piedra toda la parte situada entre dicho muro y el escarpe de la montaña. Esta solución presentaba, desde luego, la ventaja, en nuestra opinión, de que al propio tiempo que se saneaba la parte desprendida, se descargaban momentáneamente los alrededores de las zanjas y excavaciones para los cimientos de los estribos del túnel, los cuales debían ser acodados y entibados sólidamente.

Aceptada esta solución, indiquemos la forma de la sección del túnel.

La curva del intradós de la bóveda, cuya clave está á $7^m,52$ sobre el nivel de los carriles, se compone de media circunferencia de $5^m,27$ de radio, la cual se prolonga formando el paramento de los estribos, hasta $2^m,25$ debajo del plano de arranques, pero con radios de $7^m,905$. El espesor de éstos en dicho plano es de $4^m,274$, y el de la bóveda en la clave, de $1^m,227$. La línea de trasdós está formada por una curva cir-

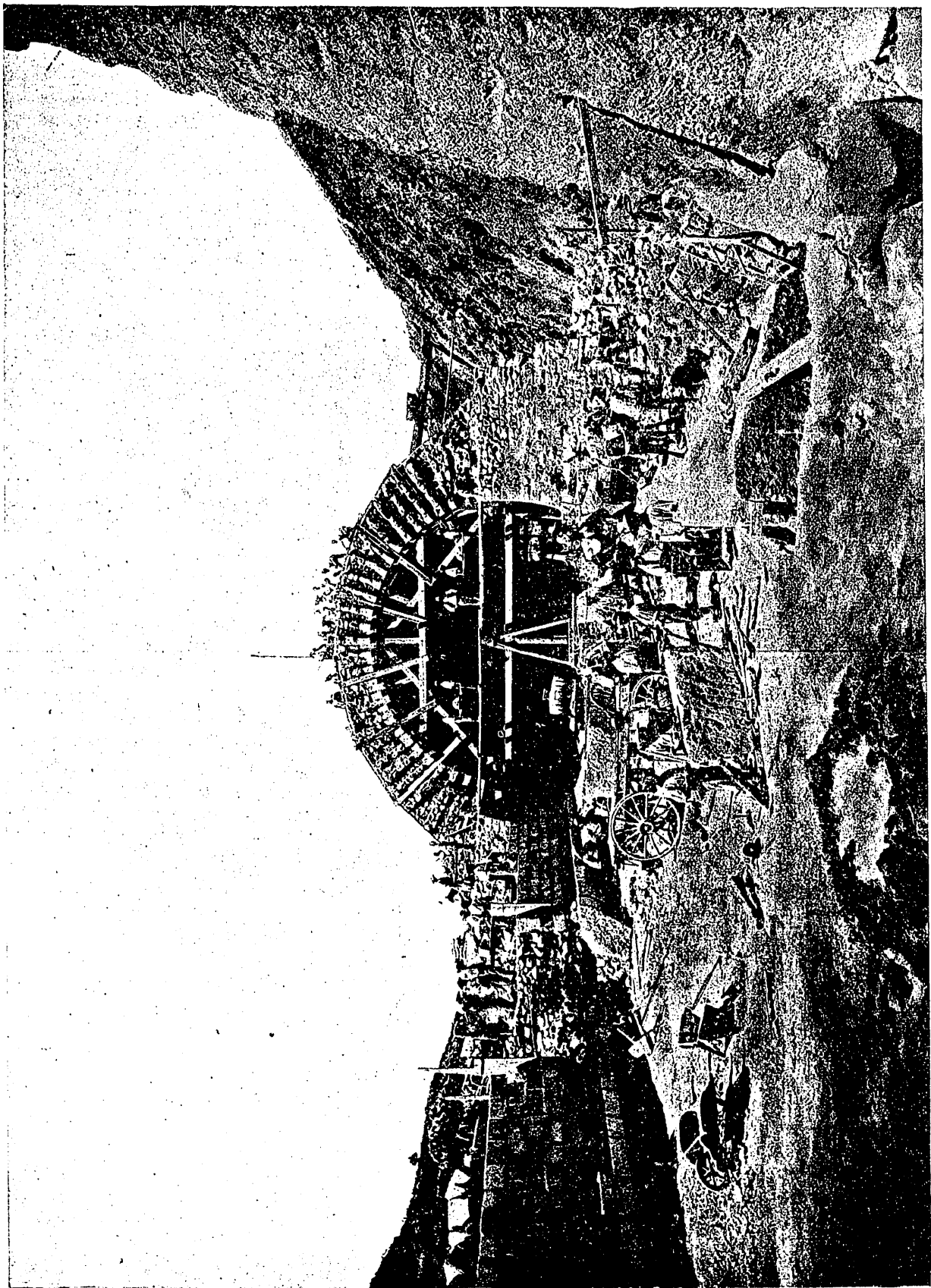
cular de $9^m,82$ de radio que llega hasta la junta de rotura de la bóveda de $2^m,454$ de espesor, y después se prolonga, según la tangente en este mismo punto, hasta encontrar el paramento exterior de los estribos. Estos se hallan unidos y acunados en su base por un zampeado en curva que tiene $1^m,073$ de espesor en el eje de la obra.

En todas aquellas partes donde se encontró terreno firme sin necesidad de abrir grandes zanjas, se construyó la obra, por lo menos, con una altura de $4^m,50$ desde los arranques hasta el fondo del estribo. Esta altura se aumentó en los sitios en que el terreno no ofrecía una resistencia suficiente, llegando en algunos puntos á tener los estribos un cimiento de 10 metros debajo del plano de carriles. Una vez se encontraba el terreno firme se empotraba en el estribo, por lo menos en una altura de $0^m,50$ y á veces de $1^m,00$. Del lado del desprendimiento, y en toda la longitud del túnel, se construyó, como ya se ha dicho, un muro de piedra en seco de $1^m,00$ de espesor que descansaba también en el terreno sólido. Este muro hace las veces de dren y recoge las aguas que vierten al interior del túnel pasando por las barbacanas construídas á través de los estribos.

La superficie del intradós de la bóveda, así como el paramento interior de los estribos, se han construído con sillarejo; el del zampeado con mampostería concertada por hiladas horizontales. Toda la mampostería del resto de obra se ha fabricado con mortero de cal de Theil y se construyó la obra de manera que en la bóveda se forman dovelas de todo su espesor. En la intersección de los paramentos interiores de los estribos con el intradós del zampeado, se han colocado grandes salmeres de sillería, labrados en grandes bloques, que quedan empotrados con el macizo general de mampostería, los cuales constituyen un lecho de asiento para las hiladas de los estribos y del zampeado, y al propio tiempo una banqueta longitudinal á lo largo de las cunetas destinadas á recoger las aguas que caigan por las barbacanas. En el centro se ha construído una tajera destinada á recoger las aguas de toda la trinchera y á conducir las á una alcantarilla transversal colocada junto á la entrada del túnel, por la cual van al barranco inmediato.

La parte superior del túnel, cuyo trasdós está garantido por una capuchina de hormigón y cemento, está recubierta con los escombros procedentes del desprendimiento, en una altura de 2 metros sobre el centro de la obra.

El túnel se ha terminado del lado de La Zaida por un frente ó fachada, como se representa en la figura 1.^a. Más allá de la fachada se ha construído un muro, de 44 metros de longitud, 5 de altura y 4 de espesor en la base, que arranca del contrafuerte Norte de la fachada é impide los desprendimientos en este extremo, en que no era posible construir túnel por no permitirlo el número de vías de la estación. Del lado de Reus el túnel se terminó en redientes, para permitir su prolongación si la necesidad se hacía sentir, puesto que el movimiento de la montaña continuaba



en la época en que terminamos la construcción del mismo; y así ha sucedido efectivamente, pues á los ocho meses de hallarse en explotación la línea, un nuevo y terrible movimiento de la montaña ha demostrado la necesidad de prolongar el túnel en una longitud de 160 metros más, sin que afortunadamente en el movimiento sufriera lo más mínimo la obra construída.

La parte de fábrica del túnel artificial de Pradell se empezó en Octubre de 1889 y se concluyó en Octubre de 1890. En un año se ejecutó, solo en una longitud de 193^m,50, una obra que presenta un cubo de fábrica de más de 24.000 metros cúbicos.

Este túnel puede decirse que es un colosal muro de sostenimiento, á través del cual los trenes circulan con completa seguridad, muro que ha detenido el avance de cerca de dos millones de metros cúbicos de terreno desprendido que se hallan en movimiento en una superficie de más de dos hectáreas.

Las dimensiones del túnel de Pradell las calculamos tomando por base una carga de 10 metros de altura sobre el trasdós de la bóveda. Según M. Léveillé, el espesor en la clave bajo la carga ordinaria de 0^m,60 sería de 0^m,68 y la de los estribos, deducida de esta última, de 3^m,23; pero considerando que nuevos desprendimientos podrían aumentar la sobrecarga actual de 2 metros hasta alcanzar la de 10 metros (que es materialmente imposible superar por la forma del terreno) y teniendo en cuenta el asiento que pudiera efectuar la bóveda, hicimos un trazado de la curva de depresiones de la misma, y en vista de ella resolvimos darle 1^m,23 en la clave, 2^m,45 en la junta de ruptura y 4^m,27 en los arranques, dimensiones que si bien son bastante mayores que las que exige el equilibrio estático, aseguran, en nuestra opinión, la estabilidad de la obra.

Esta, cuyo importe ha sido de 732.287 (1) pesetas (sin contar la parte construída después de abierta la línea á la explotación) ha sido ejecutada por los contratistas Sres. Briandait y Bibal hermanos, y no podemos menos de aprovechar la ocasión para manifestar que la construyeron de un modo admirable, y que el facultativo de dichos contratistas, Sr. Mascart, que estuvo inmediatamente encargado de las obras, dió relevantes pruebas de su pericia, porque la obra se construyó en medio de dificultades colosales y en muy poco tiempo.

EDUARDO MARISTANY.

(1) Si á esta cantidad se agrega el importe de la extracción de los desprendimientos y el coste de la prolongación del túnel, resulta que el saneamiento y consolidación de la trinchera de entrada del túnel de Argentera, habrá costado más de 1.000.000 de pesetas. Esto demuestra lo mucho que cuestan las obras imprevistas.

SECCIÓN DE NOTICIAS

Provincia de Castellón.—El Director Jefe de caminos provinciales tiene actualmente en estudio los proyectos de carretera de Segorbe á Navajas, de Benicarló á Peñíscola, de Castellfort á la carretera del Estado, de Iglesuela del Cid á Alcalá de Chisvert, de Artana á Eslda y el de un puente sobre el río Palancia en término de Viver.

—En breve se ejecutarán por administración las obras que comprende la segunda parte del proyecto de reparación de la vía férrea auxiliar del puerto del Grao de esta capital.

—El Ayuntamiento de Villarreal ha solicitado la competente autorización para llevar á cabo las obras que se detallan en el proyecto formado por el Arquitecto D. Francisco Tomás referentes á la construcción de escuelas públicas y oficina de Telégrafos en dicha localidad, por su presupuesto de contrata, que asciende á 21 045,68 pesetas.

Provincia de Gerona.—Se han terminado los trabajos de campo del estudio de la carretera de la de Besalú á Rosas á Cadaqués, con ramal á la Selva, cuyos trabajos se han llevado á cabo por el Ingeniero D. Rafael Coderch. Esta carretera, incluyendo el ramal, medirá una longitud de unos 25 kilómetros.

—Se ha concedido á D. Eudaldo Morell, vecino de San Lorenzo de Campdevanó, la autorización oportuna para aprovechar 2 000 litros de agua por segundo del río Freser con destino á la producción de energía eléctrica de una fábrica en dicho término municipal.

—Se está ultimando la liquidación del trozo 4.º de la carretera de Ripoll á la frontera francesa, de cuyos trabajos está encargado el Ingeniero D. Ignacio Toll.

Provincia de Segovia.—Nuevamente han empezado los estudios de los trozos 1.º, 2.º, 3.º y 4.º de la carretera de la estación de Sanchidrián á la de Otero de Herreros.

—Se han terminado los expedientes de expropiación de los términos municipales de Ontalvilla y Adrados que con motivo de la construcción de la carretera provincial de San Ildefonso á Peñafiel se instrúan, y en breve se abonará á los interesados el importe.

—Ha empezado á instruirse el del término de Cozuelos, de la misma carretera.

—Siguen en el segundo período los de los términos de Escalona, Villobela, Escobar y Fuentesauco.

—En breve se verificará por el Ingeniero D. Agustín Ruiz y Ayudante D. Aurelio Ramírez el replanteo previo del trozo 4.º de la carretera de Aranda á Cantalejo, cuyo presupuesto está á la aprobación superior.

—Las cimentaciones del puente sobre el río Moros en el término de Vegas de Matute, se llevan con gran actividad; pertenecen dichas obras al trozo 5.º de la carretera de Sanchidrián á Otero, estando casi terminado el estribo de la derecha.

—La Comisión provincial ha acordado llevar á efecto la recepción provisional de los trozos 2.º y 3.º de la primera sección de San Ildefonso á Peñafiel, después del informe favorable de la Jefatura de Obras públicas.

—Ha sido aprobada por la Dirección general la subasta de acopios de 1895-96 de la carretera de Sepúlveda á Cuéllar á favor de D. Bernabé Escorial, por la cantidad de 24.800 pesetas, siendo el presupuesto de contrata de 34.025,70 pesetas.

—Ha quedado vacante por fallecimiento en la Diputación provincial, la plaza de delineante.

—También ha sido aprobada la subasta de acopios de 1895-96 de la carretera de Madrid á la Coruña, por la cantidad de 10 693 pesetas, á favor de D. Ignacio Gozalo.