

DOCUMENTO NUMERO 13

DIRECCION DEL CAMINO DE MORELIA A LAS
BARRANCAS

Memoria del camino carretero proyectado entre Morelia y Cuto Seco.

Antes de entrar en materia sobre el camino que he proyectado entre Morelia y Cuto Seco, me voy á permitir llamar la atencion del C. Ministro de Fomento sobre las razones muy poderosas que han mediado para no dar del todo cumplimiento á la circular de 22 de Enero del presente año, en cuya virtud me he violentado á mandar mis trabajos, para cumplir á lo ménos en el tiempo que se nos fija para ellos.

Qualquiera que lea la circular citada, por pocos conocimientos que tenga sobre los trabajos del ingeniero, debe convenir en que todo lo que se exige en ella es cuestion de grandes y dilatados estudios, de continuas y prolijas observaciones y de trabajos para los cuales se necesita mucha constancia y dedicacion. Esto, aun suponiendo que el tramo sea pequeño, y que se cuente con todos los instrumentos y útiles necesarios, y sin que haya otra cosa que pueda interrumpir aquellos estudios. Ahora bien, yo he sido nombrado director del camino de Morelia á las Barrancas el 20 de Agosto del año próximo pasado. El 4 de Setiembre salí

DOCUMENTO NUMERO 13.

DIRECCION DEL CAMINO DE MORELIA A LAS
BARRANCAS.

Memoria del camino carretero proyectado entre Morelia y Cuto Seco.

Antes de entrar en materia sobre el camino que he proyectado entre Morelia y Cuto Seco, me voy á permitir llamar la atencion del C. Ministro de Fomento sobre las razones muy poderosas que han mediado para no dar del todo cumplimiento á la circular de 22 de Enero del presente año, en cuya virtud me he violentado á mandar mis trabajos, para cumplir á lo ménos en el tiempo que se nos fija para ellos.

Qualquiera que lea la circular citada, por pocos conocimientos que tenga sobre los trabajos del ingeniero, debe convenir en que todo lo que se exige en ella es cuestion de grandes y dilatados estudios, de continuas y prolijas observaciones y de trabajos para los cuales se necesita mucha constancia y dedicacion. Esto, aun suponiendo que el tramo sea pequeño, y que se cuente con todos los instrumentos y útiles necesarios, y sin que haya otra cosa que pueda interrumpir aquellos estudios. Ahora bien, yo he sido nombrado director del camino de Morelia á las Barrancas el 20 de Agosto del año próximo pasado. El 4 de Setiembre salí

de México con el fin de hacer el reconocimiento previo y general de la vía; á fines de Octubre terminé dicho reconocimiento. Entretanto se daba la órden para que comenzara la apertura y reposición del camino, apenas tuve tiempo de nivelar y trazarlo en aquellas partes que exigian mas imperiosamente los trabajos. El 9 de Diciembre quedó establecida la primera cuadrilla despues de haberme ocupado algunos dias en proporcionarme la herramienta indispensable, puesto que no contaba ni con una pala, de modo que todo tuve que comprarlo ó mandarlo hacer. En seguida continué hasta Zamora, dejando establecidas cuatro cuadrillas á mediados del mismo mes. De esa fecha al presente han trascurrido cinco meses y medio, de los cuales no he podido disponer sino de muy poco tiempo para los trabajos que ahora presento. En efecto, cada mes he tenido que hacer por lo ménos una visita á las cuadrillas, en la inteligencia de que al principio se hacia mas indispensable mi presencia, por la poca costumbre y conocimiento que se tienen por aquí de esta clase de trabajos, no obstante la actividad del sobrestante mayor. En cada visita lo ménos que se puede emplear es de doce á quince dias, por tener que hacer todo el viaje á caballo. Todavía mas, la cuestion de Panindícuaro sobre que el camino pasase por aquella poblacion, me ocasionó tambien otro trabajo que me robó algun tiempo. Por consiguiente, deduciendo todo ese tiempo que forzosamente he debido emplear, yo suplico al C. Ministro de Fomento se digne ver mis trabajos no con relacion á lo que debí hacer segun la circular mencionada, sino con relacion al poco tiempo que me ha quedado libre, sin hacer mérito de algunas otras circunstancias que tambien han debido disminuirlo. Esto me hace creer que la circular se refirió principalmente á los directores de aquellos caminos, de los que se han podido recoger en el trascurso de muchos años todos los datos que exige el Ministerio de Fomento. Sea como fuere, yo creo necesario hacer esta manifestacion, para que en vista de ella se consideren, no obstante lo imperfecto de mis trabajos, como hijos del deber y del amor á la ciencia.

El estudio que presento no creo que satisfaga las exigencias

de la ciencia á la altura en que se encuentra hoy; muy léjos estoy de pensar que sea un trabajo ni medianamente perfecto. Ni el tiempo de que he podido disponer ni otras consideraciones de que luego hablaré, han permitido presentarlo como yo deseara. Sin embargo, yo creo que cumplo muy bien con las instrucciones que se me han dado. Nuestras exigencias mercantiles por un lado y las necesidades del erario por otro han sido mis principales guías, conciliadas sin embargo, en lo que cabe con las prescripciones de la ciencia. Entremos en materia.

El camino proyectado mide una extension de 17 kilómetros 200 metros, comprendido entre la garita del Poniente de esta ciudad y una puerta que queda al Suroeste del pueblo llamado Cuto Seco. La principal cuestion que se presenta en este tramo, y de la que me ocuparé principalmente, es el ascenso que presenta una colina, y que termina al pié de un cerro llamado Cerro Pelon ó Cerro de la Batea. Para verificar dicho ascenso hay dos caminos, como se ve en el plano, el reconocido como carretero y que comienza en el rancho llamado Tiníjaro y que no es mas que de herradura. Este último es mucho mas corto y presenta en lo general una pendiente muy suave; miéntras que el carretero se desvía mucho de la recta, y su pendiente algo fuerte está comprendida entre los 6° y 7°, no obstante el repetido zig-zag que forma en todo el ascenso. La ventaja que tiene sobre aquel, es su mejor terreno; pues el de herradura, no obstante su ligera inclinacion, atraviesa por puntos sumamente pedregosos, lo que lo haria muy costoso y seria algo difícil adoptarlo para los carruajes.

En vista de estas dificultades, me dediqué á hacer un reconocimiento del terreno para ver por dónde seria mas conveniente trazar la vía, dirigiéndome por las indicaciones que el mismo aspecto general del terreno me ofrecia. De esta manera me encontré con una direccion, segun la cual he proyectado la línea que someto á la aprobacion del Ministerio de Fomento. Ella satisface en mi concepto las exigencias indispensables de la ciencia, las de nuestro comercio y agricultura y las economías del tesoro, como voy á demostrarlo.

Desde luego hay que hacer una consideracion general relativa á la pendiente, y es como sigue: la diferencia de nivel entre el punto donde comienza la nueva línea proyectada y su punto mas alto, es de 219 metros; la distancia entre dichos puntos de 4,700; de donde resulta que la inclinacion general es de 0.^m047 por metro, ó sea de 2°41'; y como el terreno no ofrece sino pequeñas irregularidades, se infiere que es á propósito para la vía.

Sin embargo de esta consideracion, en el perfil se ven inclinaciones mayores, siendo dos sobre todo las que se separan mas de la general, una de 0.^m085 ó bien de 4°51' en una extension de 780 metros y otra de 0.^m10 ó sea de 5°42' en una longitud de 130 metros. Es cierto que muchos de nuestros caminos tienen inclinaciones mayores; pero yo creo que en general la inclinacion mexicana que es de admitirse no debe pasar de 5°00'; y aun me parecería fuerte, si no tuviera en cuenta las consideraciones que mas ántes he apuntado. Sin embargo, haré notar que aquellas rampas resultan fuertes, porque de propósito he querido presentar el perfil, siguiendo casi la línea recta con muy ligeros desvíos, aunque para esto tropezase en algunas partes con dificultades sobre la pendiente; pero sea por pequeños zig-zags ó dando algunas pequeñas vueltas, que en nada cambian la direccion general, se pueden suavizar aquellas pendientes sin aumento de costo. De aquí resulta que el perfil de que vengo hablando es susceptible de algunas modificaciones, que aunque pequeñas no presento sus detalles, por no alcanzarme el tiempo y por no creerlos de tanta importancia, para que sin ellos se pusiera en duda las mayores ventajas que ofrece la línea proyectada.

No he hecho mencion de otro de los medios que en muchos casos se puede emplear para suavizar las pendientes, como es aumentando la excavacion ó terraplen segun el caso, porque en todo he procurado que el movimiento de tierra sea el menor posible, tanto porque esto trae consigo una grande economía, como porque en los casos en que podría usarse aquel medio, no quedaria compensado ni medianamente con las ventajas que en cambio produjera. Además, el terreno en general presenta dificultades á

la excavacion, principalmente en la subida de que he hablado ántes, donde se encuentra la roca cubierta por una tierra ferruginosa, con excepcion de algunos puntos en que esta es substituida por tierra arcillosa. En el resto del camino grandes cantos rodados se encuentran presentando las dificultades de la roca y que envueltos en una especie de barro ó greda muy resbaladiza, ofrecen á la vez en tiempo de aguas á los transeuntes las molestias peligrosas de los pantanos.

En la lámina del perfil va anotado tambien el movimiento de tierra. La excavacion asciende á 29,061.^m29, que con la de las cunetas forma la suma total de 41,857.^m La cantidad de tierra que se necesita para los terraplenes es en cada seccion menor que la de la excavacion, ménos en la primera, en donde se necesitan 1,342.^m79 mas para completar el terraplen. Sin embargo, como esta dificultad ya está salvada, no la tomaré en cuenta al formar el presupuesto. Diré cómo se ha vencido.

En el perfil se ve que la parte comprendida entre el Rio Chico y la calzada de los Tres Puentes es la que produce principalmente aquella falta de tierra. En dicho tramo se necesitaba construir una calzada macadamizada, la que ciertamente no habria emprendido segun las instrucciones que tengo, si el gobierno del Estado no me hubiera manifestado grande empeño en su construccion, y si á la vez no me hubiera ofrecido trasportar por su cuenta toda la piedra que se necesitase, además de otros auxilios que podría prestar. En efecto, la calzada está por concluirse; el transporte de la piedra no le ha costado nada al gobierno general, en la inteligencia de que dicha piedra forma una gran parte del terraplen calculado, y como además las cunetas que se abrieron con un metro y medio de latitud en la parte superior y un metro de profundidad como término medio, dieron tambien bastante tierra, ha resultado de todo esto que no ha sido preciso tomar de otros puntos mas que 508 metros cúbicos.

De paso se me podría hacer una objecion relativa al tramo que me ocupa. Parece que no habrian sido necesarios los terraplenes que se han formado, puesto que la pendiente natural del terreno

es demasiado suave y no se ve ningun otro motivo que los haya exigido. Voy á explicar las razones que tuve.

En la parte inmediata al Río Chico se forma en tiempo de las aguas una verdadera laguna, cuya agua proviene principalmente de la que se desborda de dicho rio por encontrarse este muy azolvado y sin el cauce suficiente para toda la agua que corre por él. Así es que, para evitarla, ocurría naturalmente el medio de desazolvar el rio y de aumentar su cauce; mas como por una parte era un trabajo costoso y por otra pulsaba otras dificultades que habria para llevarlo á cabo, el terreno me indicó otro medio que aguardo me dará buenos resultados, y fué el siguiente: levantar mas el piso como se ve en el perfil, y sobre todo darles á las cuestas en la parte mas alta del tramo, la profundidad suficiente para que el fondo de ella quedara mas bajo que el nivel del terreno natural correspondiente al principio de la calzada, y de esta manera, toda el agua que tienda á reunirse en aquella parte, encuentre salida por las cunetas y vaya á reunirse á la del Río Grande. La mayor profundidad que ha sido preciso dar á las cunetas ha sido de metro y medio.

El cálculo de las curvaturas lo he hecho empleando la fórmula primordial, por ser la que da resultados mas exactos.

Una de las cuestiones de grande importancia en los caminos de fierro es el trazo de las curvas, por estar íntimamente relacionadas, si cabe decirlo así, con el movimiento de los vehículos. No sucede lo mismo en los caminos comunes, en que si bien es cierto influyen tambien en el movimiento de los carruajes, no se necesita tanta precision en el trazo de ellas, pudiendo emplearse una unidad mayor de curvatura, y mas si el ángulo que forman los alineamientos es muy obtuso, que es lo que generalmente sucede. Por esta razon y por no presentar mi proyecto un caso que pueda ofrecer dificultad, voy á manifestar únicamente el procedimiento que he empleado en las que ya están trazadas. Para esto voy á elegir indistintamente la curva que une el 5º y 6º alineamiento, siendo este el que corresponde al callejon de la Quemada.

El ángulo que forman los dos alineamientos es de $157^\circ 30'$. Por consiguiente, el ángulo en el centro que corresponde al arco que se debe trazar es de $22^\circ 30'$, suplemento de aquel ángulo. Con estos datos tomé sobre el terreno una distancia de 60.80 sobre los ejes de cada alineamiento al partir del punto de interseccion; distancia que puedo considerar como las tangentes trigonométricas correspondientes á un arco de $11^\circ 15'$, y cuyo radio voy á determinar.

Para esto tenemos la fórmula

$$r = \frac{t}{\tan. a} \times R$$

en que r es el radio en cuestion, t la tangente igual á 60.80 , a el ángulo opuesto á la tangente ó cateto t , y R el radio tabular. Sustituyendo y tomando los logaritmos, yo encuentro

$$\log. r = 2.4852417$$

lo que da

$$r = 305.66$$

La secante s la obtengo por esta ecuacion:

$$60.80 = s \times \text{sen. } 11^\circ 15'$$

de donde

$$\log. s = 2.4936678 \text{ y } s = 311.66.$$

De aquí resulta que trazando la bisectriz del ángulo que forman los dos alineamientos, y llevando sobre ella al partir del vértice una longitud de 6 metros, tendremos un punto de la curva.

Los demas los determiné del modo siguiente: consideré dividido el arco en 8 partes iguales, lo que da un ángulo en el centro de $2^\circ 48' 45''$. La cuerda correspondiente á este ángulo la calculé considerando la mitad como un cateto de un triángulo rectángulo, cuya hipotenusa es el radio, y el ángulo opuesto á dicho ca-

teto con un valor de $1^{\circ} 24' 23''$ mitad del ángulo anterior. De esta manera se tiene:

$$\frac{c}{2} = 305.66 \times \text{sen. } 1^{\circ} 24' 23''$$

tomando los logaritmos

$$\log. \frac{c}{2} = 0.8751809$$

de donde

$$\frac{c}{2} = 7.51 \text{ ó } c = 15.02.$$

Ahora bien, el ángulo que forma la primera cuerda con el alineamiento ó tangente es igual á la mitad del ángulo en el centro, comprendido por la cuerda, y el que forman dos cuerdas consecutivas es doble de aquel ángulo; es decir, que en el presente caso será precisamente de $2^{\circ} 48' 45''$. Con estos datos he trazado la curva, y como se ve, el método que he empleado es el método por cuerdas. El punto que determiné en la secante me sirvió de comprobación.

El transporte medio lo he calculado partiendo del principio de que la suma de los productos de los volúmenes parciales por sus distancias respectivas es igual al producto de la suma de los volúmenes solos, por el transporte medio. Las distancias respectivas de cada volumen las he determinado fijando los centros de gravedad, tanto de los terraplenes como los de los volúmenes de tierra, equivalentes de la excavación de donde debe transportarse. De esta manera he encontrado que el transporte medio es de 120 metros. Se ve, pues, que en general el transporte se podrá hacer empleando carretillas de mano, y aun sacos de cuero llevados por muchachos.

PRESUPUESTO.

El presupuesto del camino lo considero yo dividido en tres partes. En la primera comprendo su trazo, el arreglo de sus pendientes, las obras de terracería, para lo cual es necesario tener

en cuenta la clase del terreno y el transporte medio; en una palabra, la subestructura de la vía. En la segunda trato yo de la superestructura ó revestimiento del camino; y en la tercera comprendo las obras de arte, como son los puentes, alcantarillas, &c., &c. Hago esta división, porque las obras de la primera parte son las que de preferencia deben ejecutarse, mientras que las de la segunda, que ven principalmente al perfeccionamiento de la vía, pueden diferirse para cuando nuestro comercio y agricultura cubra suficientemente las exigencias del erario.

Por esta razón me voy á ocupar de preferencia de la primera parte, y de la tercera presupuestaré aproximadamente tan solo las obras absolutamente indispensables, teniendo el sentimiento de no presentar los dibujos relativos, por no alcanzarme el tiempo.

Tampoco incluyo la parte correspondiente á las dos primeras secciones, por estar ya terminada la subestructura y gran parte de la superestructura.

El terreno lo divido en cuatro clases: tierra negra arcillosa, tepetate, tierra ferruginosa y conglomerado. Como la primera clase es poca relativamente, y la segunda y tercera se pueden suponer de igual resistencia, las tres primeras clases las comprendo en una sola. Es muy difícil, y casi imposible, determinar á punto fijo la cantidad de cada especie de tierra; pero sin temor de errores trascendentales puedo fijar el conglomerado en la cuarta parte de la cantidad total. Por consiguiente, siendo esta de 32,110 metros cúbicos, incluyendo las cunetas y rebajando lo de las dos primeras secciones, resulta que el conglomerado lo podemos calcular en 8,028 metros cúbicos, y la tierra tepetatosa en 24,082 metros cúbicos. El importe medio de excavación de un metro cúbico en conglomerado, empleando como medio principal de remoción los cohetes, se puede calcular en 18 centavos y el de la segunda en $5\frac{1}{2}$ centavos.

Para calcular el transporte de la tierra, yo supongo á un hombre llevando cargada una carretilla con $\frac{1}{25}$ de metro cúbico de tierra, y que tiene que descargarla á 120 metros de distancia, que es el transporte medio calculado. Supongo además que en la