

# VIADUCTO MARTÍN GIL

Por FRANCISCO CASTELLON (Jefe), CESAR VILLALBA, ANTONIO SALAZAR y EDUARDO TORROJA, Ingenieros de Caminos.

*Con el presente artículo damos por terminada la descripción de esta colosal y extraordinaria obra de ingeniería, y expresamos nuestro agradecimiento a los autores de tan importante trabajo, que con tanta complacencia hemos publicado, esperando ocuparnos nuevamente de ella con motivo de la publicación del libro que la J.ª Jefatura de Estudios y Construcciones de Ferrocarriles tiene en preparación, en el que podrán encontrar toda clase de detalles los que estén especialmente interesados en grandes arcos de hormigón armado.*

## V

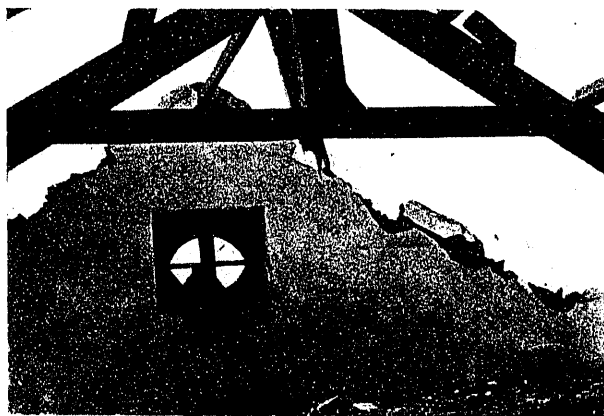
### d) Ejecución propiamente dicha de las obras.

#### a) Replanteo de las obras.

El replanteo se hizo por triangulaciones, para lo cual se eligió en la ladera una alineación que permitió medir en horizontal, previas pequeñas rectificaciones, la base, y, elegidos después convenientemente los vértices desde los cuales se habían de dirigir las visuales, se fijaron los puntos necesarios por intersección de tres de ellas, dos desde los vértices, siendo la otra el eje del viaducto, el cual se trasladó posteriormente 5,50 m. aguas arriba, paralelamente a sí mismo, pues la construcción de las pilas impedía vigilar y comprobar la permanencia en eje de los alzados que se construían.

#### b) Construcción de los salmeres.

Como ya se indicó, las obras comenzaron por contrata, siendo el adjudicatario don Max Jacobson, a primeros de octubre de 1934, y aun cuando en el pliego de condiciones se decía que, en primer lugar, se construyese el gran arco central, se empezaron las excavaciones de las pilas de los arcos de los viaductos de acceso y de los salmeres, habiéndose previsto que,

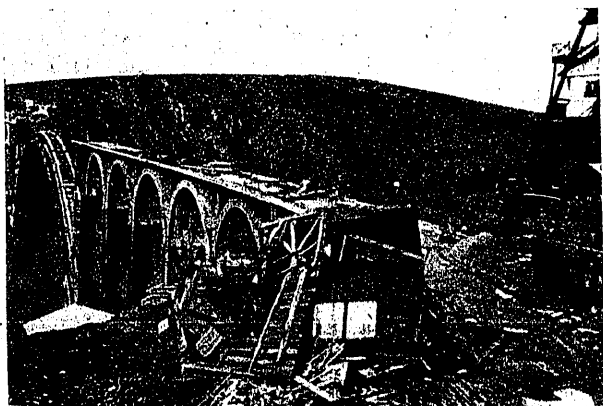


Techumbre de la casilla, después del huracán de febrero de 1941.

estando en servicio el embalse de Saltos del Duero, no se podrían hacer los salmeres en seco, y por ello se proyectaron unas ataguías de hormigón para defender el sitio de emplazamiento de los salmeres; pero una avería en la brida ciega, que cerraba el extremo inferior de la tubería destinada a alimentar la turbina número 4 de los Saltos del Duero, aun no instalada, ocurrida el 30 de julio de 1934, obligó a vaciar por completo el embalse para su reparación, y por ello se pudo trabajar en seco y hormigonar la cimentación y parte del alzado de los salmeres; pero, reparada la avería de saltos, se embalsó nuevamente el agua y, a pesar de haber hormigonado solamente los paramentos para que sirvieran de ataguía, rellenando después la parte interior, el agua inundó los trabajos, que fueron reanudados cuando el descenso normal, por gasto, del nivel del embalse, llegó a una cota inferior a la coronación de los paramentos (aproximadamente, a la 668,00), y sin ninguna otra novedad se terminaron de construir estos importantes elementos. La cimentación se apoya sobre cuarcitas en crestones verticales, sin ningún peligro por lo tanto.

#### c) Viaductos de acceso.

Simultáneamente con los trabajos de ejecución de los salmeres, se hicieron las cimentaciones de todas las



Impresionante destrucción producida por el huracán de febrero de 1941.

pilas de los viaductos de avenida y alzado de las mismas, que, como ya hemos dicho, están formados por el paramento de sillarejo artificial, rellenas en su interior con hormigón en masa, dejando los huecos o aligeramientos de que ya se habló en otro lugar. Además de las razones económicas que habían aconsejado el proyectar estos aligeramientos, el otro motivo no tuvo aplicación en este caso, pues utilizado el cable para la colocación en obra del hormigón y sillares, no se utilizaron los aligeramientos, como estaba previsto, como chimeneas para la elevación de materiales.



Rosca núm. 1, hormigonada, con los hierros de espera para solaparlos con los de las otras roscas.

A medida que se terminaban los alzados de las pilas, se construyeron los arcos, siendo ejecutados por la contrata los arcos uno y dos del lado Zamora, y uno, dos y tres del lado Coruña. Como ya se ha dicho en otro lugar, estos arcos, de 22 m. de luz, tenían unas cerchas metálicas que quedaban embebidas en el hormigón, y su construcción se hizo colocando una cimbra de madera compuesta de siete cuchillos, sobre las que se hormigonaba con todo el espesor hasta riñones y el resto en dos capas, con unos escalones en la primera para trabazón con la segunda. Por este mismo medio de construcción, pero empleando sólo cuatro cuchillos en vez de los siete, y sujetando el encofrado inferior simultáneamente a las cerchas de madera y a las de hierro, se construyeron en cascada los arcos cuatro, cinco y seis del lado Zamora, por administración, una vez rescindida la contrata.

#### d) Pilas estribos.

Enrasado el salmer en el arranque de las pilas estribos, se construyeron éstas por el mismo procedimiento que las intermedias de apoyo de los arcos de 22 m.

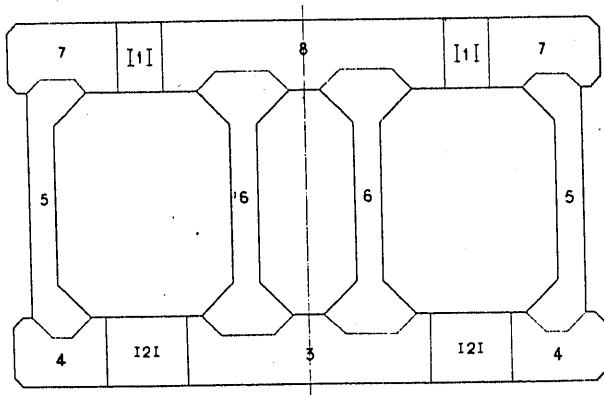
#### e) Arco central.

1. *Salmeres, palizada número uno y primer tramo del pórtico.* — La contrata construyó, además de los salmeres, de los que ya hemos hablado, la palizada número uno, que insiste sobre ellos, y el primer tramo del pórtico, que está empotrado por un extremo en la pila estribo, apoyando el otro en la palizada.

2. *Pasarela provisional.* Abandonado el procedimiento de torres metálicas, para el montaje en voladizo de la cercha de madera, y propuesto por la contrata y aceptado por la Superioridad el de pasarela, se construyó ésta de la siguiente forma:

Apoyando sobre los cuatro pilares de que se compone la palizada, se construyó un pequeño castillete, que había de soportar los tres grupos de cables, compuestos de cinco cada grupo.

Los apoyos de los grupos laterales, limitada su separación por la de los pilares de la palizada que los soportaban, no permitían que entre estos grupos se pudiese montar la totalidad en ancho de la cimbra de madera; por lo tanto, hubo necesidad de colocar una viga separadora a unos nueve metros del apoyo hacia el interior, para darles la separación necesaria y consecuentemente con ésta, otra que respetaba la abertura de los cables en los apoyos, a unos dos metros de los mismos. Los cables se alojaban en unas mordazas que en los extremos tenían dichas vigas, que no permitían se modificara la separación entre los cinco cables de cada grupo. Una vez montados los cables y sus vigas, se colgó por intermedio de unas poleas un andamio a cada extremo, sujeto por un cable a sendos cabestrantes, colocados en los tramos. Desde este andamio, se colocaron de metro en metro en cada grupo, las pequeñas mordazas, a las que iban sujetos los pendolones que soportaban los

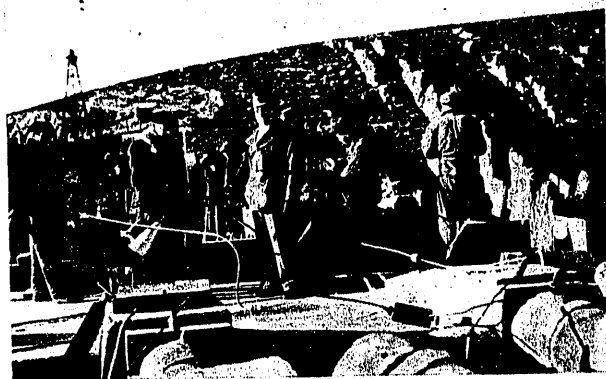


División, en dovelas, del arco. — Sección por el arranque.

tablones normales al eje del puente, sobre los que una vez enlistonados, para darles alguna rigidez y uniformidad en su separación, habían de montarse los cuchillos de la cercha de madera. En el extremo inferior de cada pendolón, existía un tensor para darle a la pasarela en cada sitio la altura que le correspondía. La pequeña altura que tenían los castilletes, limitada por el paso de las cargas transportadas por el cable, hizo que la parte más baja de la catenaria no pudiese estar más elevada que el intradós en clave de la cimbra de madera, estando los tablones en esta parte sujetos, sin tensores, a los grupos de cables. Esta pasarela fué montada por la Contrata en el segundo semestre del año 1936, y hubo que reforzarla con unos cables apoyados sobre unos angulares colocados junto a los sitios de sujeción de los pendolones, y amarrados sus extremos a los salmeres, pues el viento la partió en varios pedazos durante el invierno de 1936-37. Al iniciarse los trabajos por administración, de los que estuvo directamente encargado D. Antonio Salazar, hasta la total terminación de la obra, y tener que rectificar la posición de la pasarela, para que tuviese la forma y altura conveniente que permitiese montar la cimbra de madera y que ésta quedase con la forma debida, nos encontramos con que en clave estaba 1,10 metros más baja que la cota que le correspondía, y al no poder actuar sobre los tensores que permitían levantar los tablones, pues no existían en aquella parte, como ya hemos dicho, hubo necesidad de maniobrar todos los tensores de los quince cables del puente colgante en sus dos extremos; trabajo muy delicado y laborioso, por existir las mordazas que hacían solidarios los cinco cables de cada grupo, sin introducir desequilibrio de tensión en ningún cable de ningún grupo.

3. *Cimbra de madera.* — Una vez conseguido que la pasarela tomase la forma exacta que se requería para que con la carga de los cuatro cuchillos de la cercha de madera que había de soportar quedase ésta

con la directriz calculada, se procedió al montaje de ella. Este trabajo se inició en la segunda quincena de julio de 1938, con la colocación de los elementos contruídos en monte que constituían los cuatro cuchillos (1-4-7 y 10), que, según el cálculo de la pasarela, debía soportar. Estos elementos se colocaron débilmente unidos entre sí para que permitiesen rectificar la directriz al total montaje de los mismos, pero muy sujetos independientemente unos de otros a los tablones del piso de la pasarela, para evitar que el viento pudiese tirarlos o modificar su verticalidad. Una vez colocados provisionalmente y rectificada la directriz, se fueron enlazando y se colocaron todos los arriostamientos transversales. Las cabezas de estos cuchillos tenían solamente dos tablones, y se agregaron otros dos una vez enlazados y colocados los arriostamientos. Con el objeto de que todos los cuchillos estuviesen en las mismas condiciones elásticas, al terminar el trabajo anterior se aflojaron los tensores de los pendolones, para que la pasarela no soportase nada más que el peso de cuatro cuchillos, una cantidad fija, para que al montar otros cuatro de los seis restantes cuchillos de la cimbra, y calzados sobre la pasarela, la altura que se había aumentado a los pendolones, quedaran éstos en las mismas condiciones que los anteriores, procediéndose de igual modo con los dos restantes; después se hizo el relleno total de la cabeza superior, y al llegar a este período, terminada ya la guerra de liberación, y vistos los inconvenientes que en otro lugar se detallan, se decidió ejecutar el hornigonado del arco con el auxilio de una auto-cimbra metálica. Abandonado por ello el procedimiento anterior, se aligeró la cabeza superior de la cimbra de madera, que, además, permitió utilizar los tablones allí colocados en trabajos ulteriores, y la parte que quedó de la cimbra de madera sirvió para auxiliar y hacer menos peligroso el montaje de la estructura metálica.



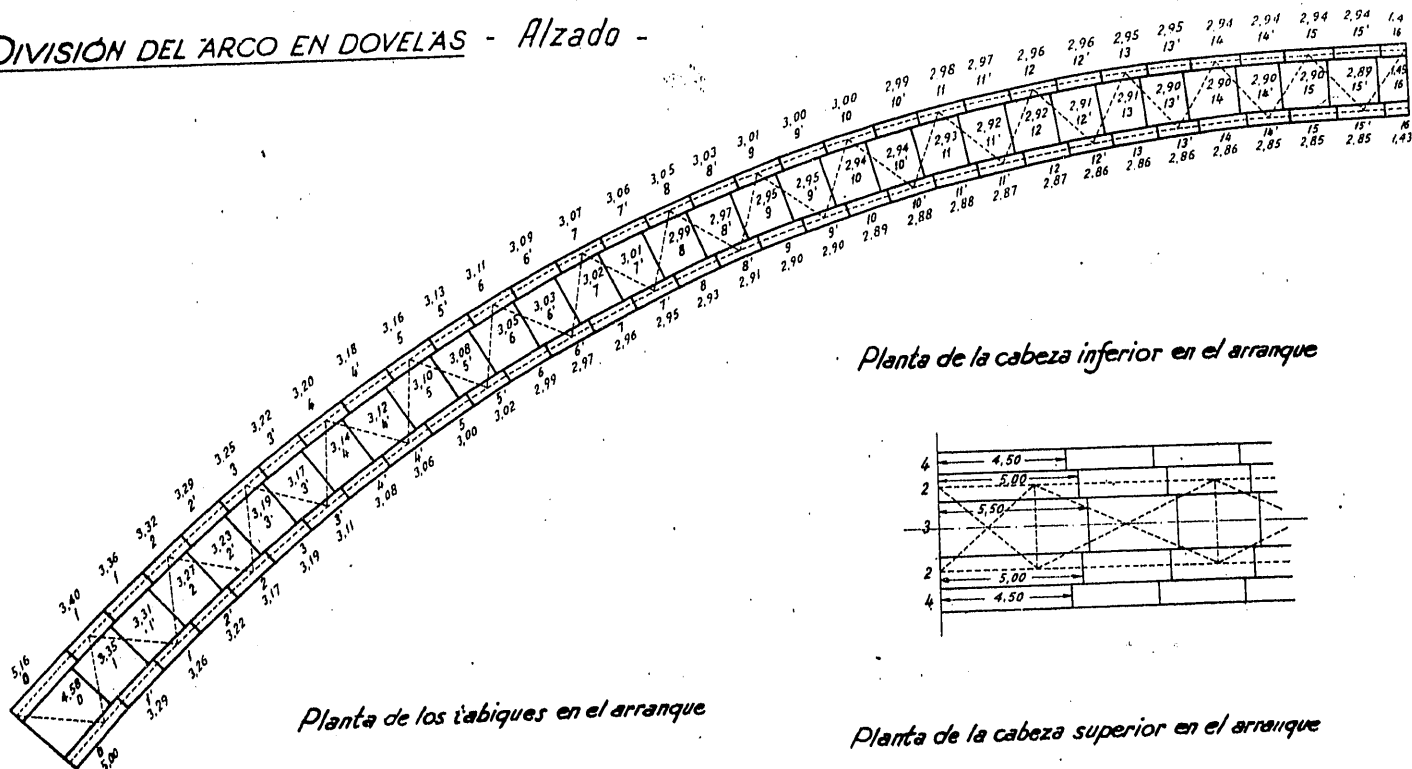
Maniobra de corrección en clave.

4. Estructura metálica. — Una vez decidido y aprobado el proyecto de terminación de obra con el nuevo sistema de montaje propuesto, se procedió al pedido y adquisición de los materiales metálicos necesarios, comenzando los trabajos en esta parte de la obra en octubre de 1939, construyéndose, en primer lugar, el taller ya detallado, en el que se soldaban los elementos triangulares, que eran depositados

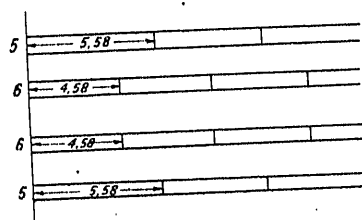
luego superaban, en condiciones de resistencia y elasticidad, los OK 47 B y OK 49. El número de electrodos utilizados fué de dos por kilogramo de material a soldar.

Acopiados los materiales que constituían la estructura, hubo que enderezar perfectamente todos los perfiles, operación que se hizo con una prensa de husillo, excepto las dobles tes del número 26, cuya

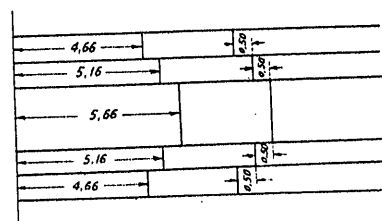
## DIVISION DEL ARCO EN DOVELAS - Alzado -



Planta de los tabiques en el arranque



Planta de la cabeza superior en el arranque



en la parte ya construída del viaducto, de ambos lados Zamora y Coruña, apilándose ya clasificados, y desde cuyo sitio, y sin ulteriores manipulaciones, eran transportados por el cable al punto de su empleo. Para la soldadura de los diferentes elementos, se emplearon electrodos recubiertos, utilizándose diferentes tipos, según las condiciones de trabajo de los elementos que se iban a unir; éstos fueron, esencialmente, el OK 36 y el OK 37 para ejecución de elementos auxiliares, empleándose como resistente, que equivalían al material que se soldaba, al que desde

operación hubo de realizarse con gatos hidráulicos aplicados a un dispositivo especial, para ejecutar este trabajo.

Inmediatamente de enderezar los perfiles, se procedió al trazado de los elementos a construir, efectuándose el corte de los mismos mediante el soplete oxi-acetilénico, haciéndose después un rebarbado con la piedra esmeril portátil, que servía asimismo para achaflanar los cortes y realizar la soldadura en perfectas condiciones.

En el taller se preparó una monte, en la que se



Abertura corregida en la corrección en clave.

colocaban los perfiles que componían el elemento a soldar, siendo comprobado cada uno con un compás de puntas, con el que los errores no pasaban de un milímetro en longitudes de 6,00 metros, haciéndose las soldaduras en horizontal, en los cordones de alma, y en vertical, de abajo a arriba, en los cordones de ala.

El cálculo de las soldaduras se hizo siguiendo el criterio llamado de sección equivalente, o sea para tener en todo momento una resistencia igual que las barras que unían.

Se tuvo como norma, al efectuar la soldadura, evitar deformaciones o localizaciones de esfuerzos perjudiciales a la obra, ante todo al determinar el orden de soldadura necesario para que, aquellas contracciones que son inherentes a la construcción soldada, tuviesen signo contrario a la forma que habían de trabajar posteriormente en la estructura, y pudiesen quedar anuladas durante el período de trabajo; por ello, en los elementos triangulares se soldaban en primer lugar las dos vigas del número 14, en su zona de contacto con la viga del número 26, que forma la cabeza superior, y después se colocaba el elemento recto, que cerraba el vértice inferior.

Ya se ha explicado en otro lugar la forma de ir montando estos elementos triangulares soldados en taller, en la estructura, y mediante nivelaciones constantes y rectificaciones de alineación que dejaban a cada uno de los cuatro triángulos que componían cada grupo en la posición relativa definitiva en que habían de quedar una vez terminado el montaje, y quedando únicamente por hacer la rectificación última, que sólo se podía realizar accionando los tensores de los cables, de los que pendían los nudos 4, 8, 12 y 16, y los de los lados inferiores de los triángulos, cuyos vértices eran esos nudos.

Una vez colocado en su posición cada triángulo de cada grupo, para lo cual se rectificaba toda la parte montada, refiriéndose a ella, se le dejaba en

su posición exacta, se soldaba la cabeza inferior, compuesta de dos vigas del número 14, con lo cual la contracción creaba una extensión de la soldadura; seguidamente se soldaba la cabeza superior, compuesta de dos vigas del número 26, y como quiera que esta sección era más importante que la inferior, quedaba una ligera tensión por la misma causa anterior, pero en cambio la inferior se descargaba, y era convertida en una compresión, que quedaba después anulada por la forma de trabajar esta cabeza, como sucedía en la superior.

El montaje se hizo simétricamente, tanto en lo que se refiere a los dos lados (Zamora y Coruña), como aguas abajo y aguas arriba, y aun cuando hubiese sido posible realizar este trabajo en voladizo, se obtuvieron muchísimas dificultades, y se facilitó el trabajo, en lo que se refiere a la seguridad de los obreros, utilizando para él la cimbra de madera.

Con el personal especializado de la Sociedad "Esab Ibérica", que fué de un maestro encargado, un trazador y un ayudante, un cortador y el suyo, y cinco soldadores, con el auxilio del personal que en la obra había, se realizaron estos trabajos de soldadura por administración directa. Los electrodos, así como los aparatos necesarios para la soldadura, fue-



Vista del arco, montando los encofrados para hormigonar el tablero.

ron suministrados o alquilados por la indicada Sociedad, cuyo personal realizó este trabajo a completa satisfacción del personal encargado.

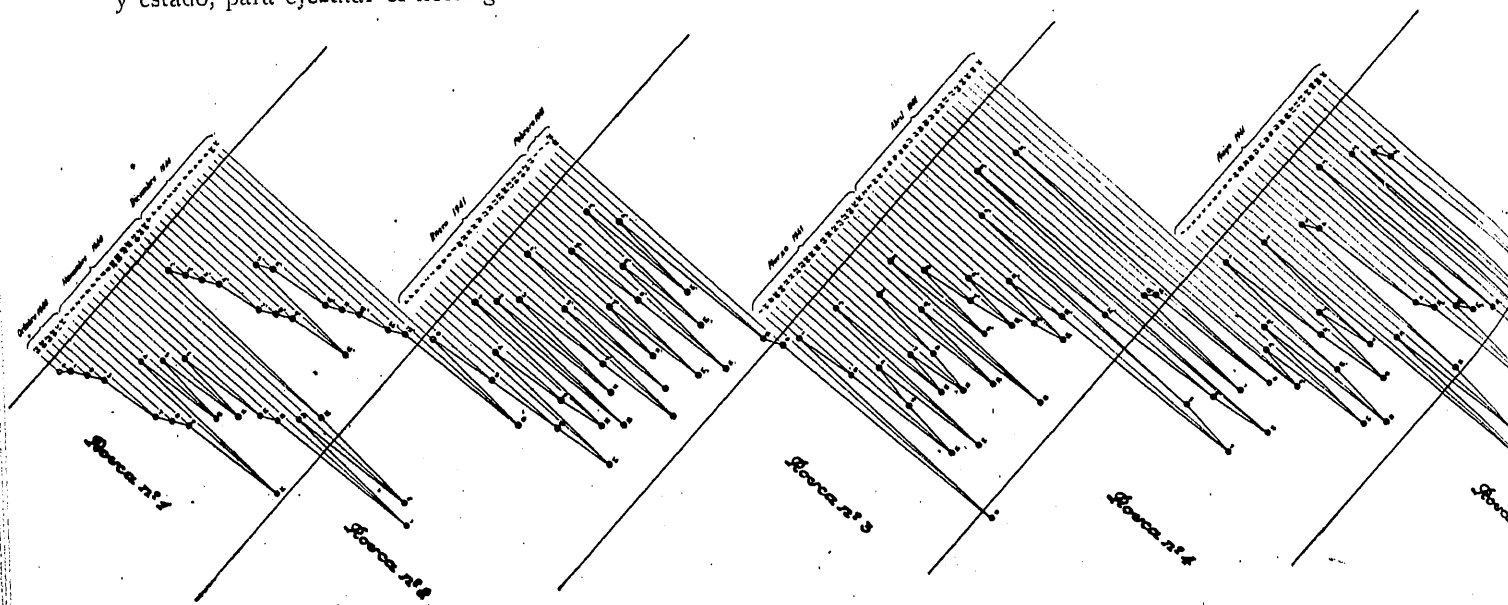
La construcción y montaje de la estructura metálica duró desde octubre de 1939 a julio de 1940.

Una vez terminado felizmente el montaje de la auto-cimbra metálica, colocados sus bulones-rótulas en clave, y quedando, por lo tanto, alejado el peligro que significaba estar todo aquello colgado de los cables, y apoyado en una cimbra de madera, que ya había sufrido importantes deformaciones, sin ocurrir ni un accidente grave, ni episodio lamentable alguno, quiso el personal técnico de la obra, en acción de gracias por todo ello, se celebrara una misa, precisamente encima del último tramo ejecutado, a la cual acudió fervoroso todo el personal obrero y previo el permiso eclesiástico indispensable. Para dar al religioso acto la solemnidad debida, fué instalado un altar provisional, con el ornato necesario y correspondiente con la severidad del acto y grandiosidad del lugar. Quitados los pendolones de suspensión, soldados los bulones o rótulas provisionales, y en condiciones de mantenerse por sí misma la estructura metálica, hubo necesidad de desmontar la reducida cimbra de madera que se dejó y juzgó indispensable para el anterior montaje, pues por efecto del peso soportado durante el mismo, y por el mayor tiempo transcurrido, llegó a adquirir deformaciones que juzgamos peligrosas, y podían perjudicar a la recién montada auto-cimbra, dada la escasa distancia que existía entre el intradós de ésta y el trasdós de la madera, por cuyas razones se hizo este desguace, procurando que la operación fuese rápida y segura, consiguiéndose en un tiempo que no pasó de cinco días. Los elementos de él desmontados, en su totalidad aprovechables, fueron recogidos y apilados según sus dimensiones y estado, para ejecutar el hormigonado del arco

5. *Hormigonado del arco principal.* — Inmediatamente, y sin pérdida de tiempo, se procedió a colocar los tablones que habían de soportar el hormigonado de las dos cabezas, superior e inferior del arco, y para que el intradós de ambas resultara exactamente el previsto en el cálculo, estos tablones, colocados de canto y de metro en metro, estaban colgados de la cercha metálica por intermedio de unas horquillas, de redondo de 12 mm., roscadas en sus dos extremos, y que existían en la obra como sobrantes una vez desmontada la cimbra de madera; estos tablones se apoyaban sobre un pequeño trozo de angular, y se colocaban en el sitio preciso actuando sobre las tuercas que se atornillaban en los extremos de la horquilla, sin que durante el hormigonado hubiese el más pequeño movimiento, cosa que no siempre se consigue, si la sujeción se hace con lo que vulgarmente se denomina en las obras por "tuercas". En esta operación, en confeccionar los tableros, que habían de moldear las roscas número uno y dos, en colocar la separación de dovelas y en hacer el acopio de los materiales, se invirtió desde agosto a octubre de 1940, en cuya fecha se dió comienzo al hormigonado de los huecos que había entre los dos perfiles que componían las dos cabezas, superior e inferior, y que se denominaron roscas cero y cero prima. Simultáneamente con estos trabajos se procedió a la laboriosa y comprometida colocación del botón de amarre, indispensable, como ya se ha justificado, para asegurar la estabilidad al vuelco de la estructura y que salvó de una segura ruina a la obra ya ejecutada, durante el ciclón de febrero de 1941, como ya diremos.

Para su hormigonado fué dividido el arco en ocho roscas, y cada rosca subdividida en dovelas, cuya numeración y dimensiones se detallan en los planos que acompañan a esta breve descripción.

Hemos de hacer constar las dificultades que para



los encofrados laterales significaba el tener que dejar la enorme cantidad de hierro de espera, en ambas caras de las roscas uno y dos, y el encofrado de las juntas de las dovelas, pues aun cuando éstas eran de unos 10 cm. de espesor por término medio, era un trabajo muy prolijo, sin que pudieran utilizarse nuevamente las juntas, pues al desmontarlas era necesario destruirlas, con la dificultad de su gran altura y largo, en relación con su ancho, y la existencia de los hierros longitudinales de las roscas, siendo este problema el que más influyó en el tiempo tardado en hormigonar el arco.

Siguiendo el orden establecido en el proyecto, se fueron hormigonando las diferentes roscas y dovelas de cada una, sin que tengamos que mencionar ninguna novedad en ello, resultando todo con precisión matemática a lo fijado; las fechas y orden de hormigonado pueden verse en el gráfico que se acompaña.

Las inquietudes y peligro de la construcción se presentaron en la lucha con los elementos aire y frío, pues en la noche del 15 al 16 de febrero de 1941 padecimos el terrible huracán, que tantas desgracias acarreó a España, en cuya fecha estaban hormigonadas las roscas uno y dos, esta última sin terminar, y sin que, como luego diremos, produjese ningún desperfecto en el arco, y el frío intenso y prolongado que dificultaba y hubiera impedido el hormigonado en un gran espacio de tiempo, si esta contingencia no se hubiese previsto en el proyecto redactado.

Durante el ciclón antes mencionado, se registró en el anemómetro instalado en la obra, al que tuvimos que llegar arrastrándonos por el tramo, una velocidad del viento, antes de su máxima intensidad, que la alcanzó alrededor de las nueve de la noche, de tres kilómetros por minuto. Afortunadamente, días antes habían sido tensados y arriostrados los cables

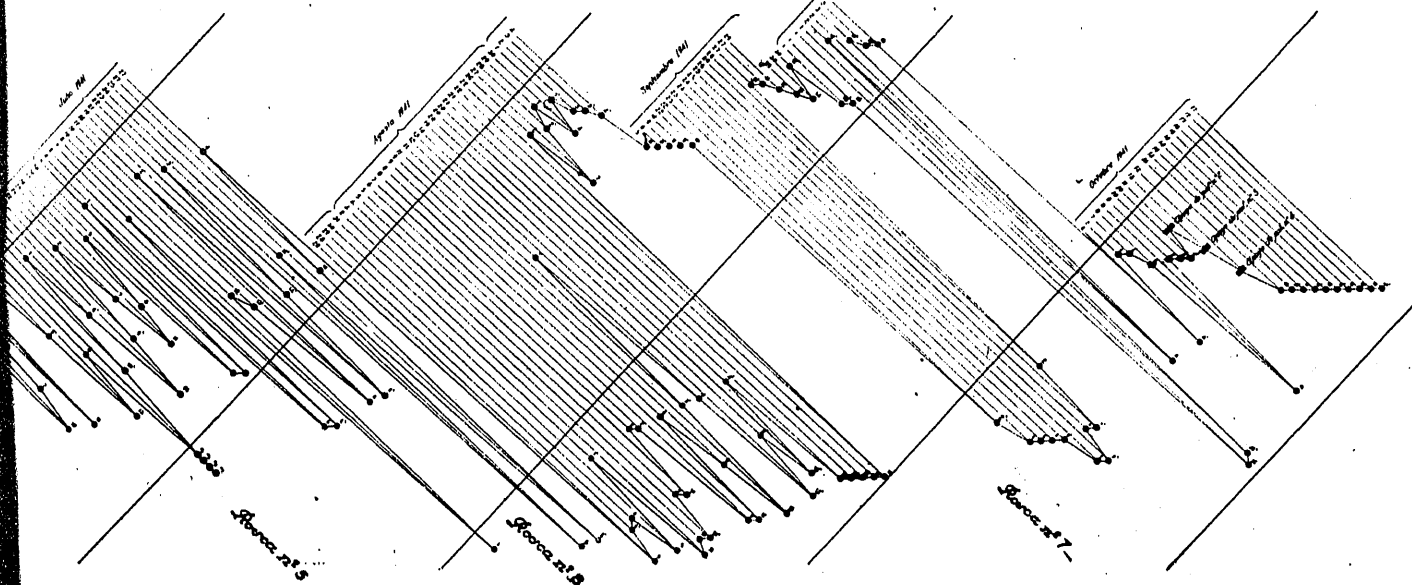
de sujeción del botón de amarre, habiendo quedado éste completa y definitivamente instalado; gracias a ello no se registró ninguna anomalía, ni aún pequeña, en el arco; cuando al día siguiente se visitó y repasó todo por el personal encargado. No sucedió igual con las instalaciones, que fueron devastadas; ningún albergue ni vivienda quedó con techumbre; derribó totalmente la carpintería, y la casi totalidad de la línea eléctrica; arrancó corpulentas encinas milenarias de las cercanías; lanzó tablones atados y apilados encima del tramo, a más de 500 m. aguas arriba, presentando el personal que allí vivía una cara de angustia y desolación sólo comparable al ciclón que soportaron. Ni el eje del arco, ni su directriz, sufrieron lo más mínimo, siendo su situación, cuando el viento cesó, completamente normal.

La lucha con las bajas temperaturas hubiera sido ineficaz de no haberse previsto, pues gracias a un calentador eléctrico, mediante el cual se consiguió que el hormigón saliese de la hormigonera a una temperatura de diez a doce grados, y la colocación de unos toldos, que formaban como una cabaña, encima de las dovelas hormigonadas, y la instalación dentro de ella de dos o tres calentadores eléctricos de mil vatios cada uno, que mantenían la temperatura en su interior entre ocho y diez grados, se pudo hormigonar durante todo el invierno 1940-41, que, como todos recordamos, fué extremadamente frío.

El apisonado del hormigón del arco se hizo a mano, con pisones más o menos grandes, según permitían las separaciones de los hierros, pero siempre enérgico y cuidadoso.

Las dosificaciones y resistencias son las que ya se indicaron al hablar del laboratorio.

Durante la construcción del arco se desmontó el grupo central de cable que soportaba la pasarela pro-



visional, pues aun cuando su permanencia significaba una dificultad para colocar, en el sitio que le correspondía, cada uno de los elementos triangulares de la estructura metálica, por estar dicho grupo en la vertical de bajada de las cargas transportadas por el cable aéreo, al no ser los elementos numerosos y, en cambio, ser necesario para soportar el peso complementario del auto-cimbra, y pudiendo además ser desviadas las cargas para que pudiesen ser depositadas en su sitio por personal colocado en los cables laterales, no se desmontó hasta que dió principio el hormigonado, por ser ya más frecuentes los viajes del cable, no ser necesario como elemento resistente, y cruzar el arco, dejándose, en cambio, los grupos laterales, que se utilizaron previa colocación de un ligero quitamiedos, para pasos del personal, de los tableros ya construídos, al arco en construcción, facilitando enormemente el acceso al mismo.

En el sitio correspondiente se dejaron los hierros que habían de ser solapados con los que en los pilares de las palizadas estaban proyectados, hormigonándose las vigas de apoyo de éstas sobre el arco, de las que parte estaban embutidas en la masa del mismo, y convenientemente armadas, para el trabajo a que habían de ser sometidas.

Como ya hemos dicho, al terminar el hormigonado de la rosca número dos, se puso en carga, valiéndose de los gatos preparados para la corrección en clave, haciendo se lo mismo con las roscas tres y cuatro.

**6. Maniobra de corrección en clave.**— Ya hemos indicado las razones que aconsejaron realizar esta maniobra, sin que tengamos necesidad de insistir sobre ellas; tan sólo detallaremos aquí, aunque sea someramente, para no dar demasiada extensión a este artículo, las particularidades de la mencionada maniobra.

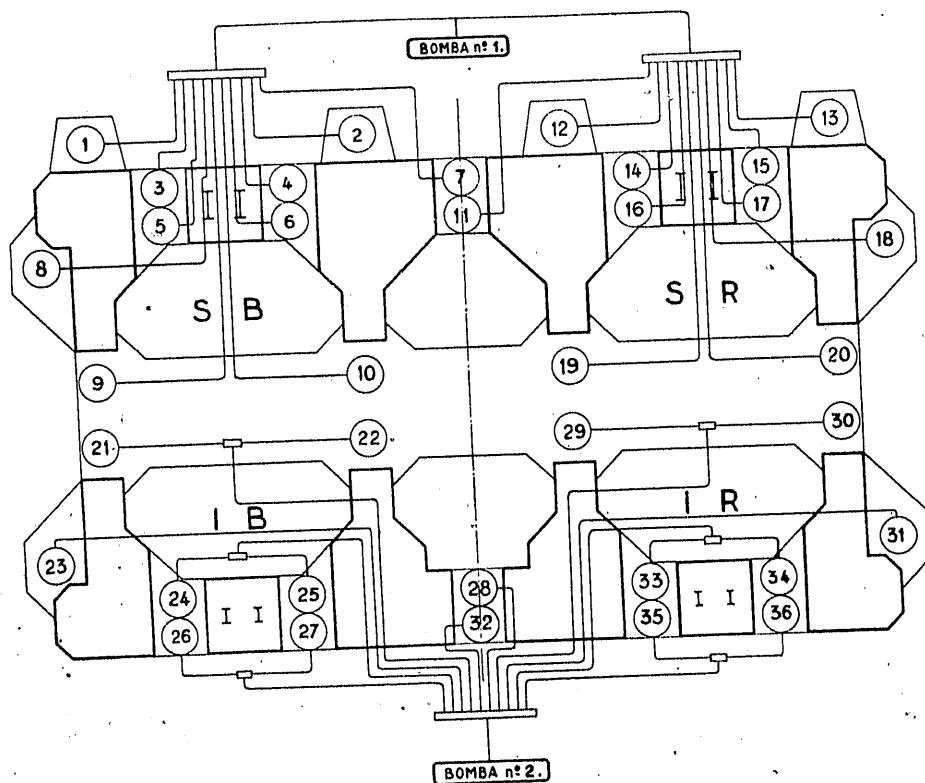
Para realizarla se contaba con 36 gatos hidráulicos, cuyo émbolo tenía 500 cm.<sup>2</sup> de sección, estando provisto cada uno de un seguro, que impedía el retroceso del émbolo, aunque se quedara sin presión. Tanto unos como otros fueron adquiridos de la industria española, y probados a 800 atmósferas; es decir, capaces de producir una carga cada uno de 400 toneladas. También se contaba con dos bombas de alimentación, de fabricación nacional, de 750 atmósferas de presión máxima, con dos velocidades, regula-

dor automático de presión, acoplables a un motor eléctrico, con sus manómetros, etc. La unión entre los gatos y las bombas se hizo con tubería de aceros estirados, de 12 mm. de diámetro exterior, por intermedio de un distribuidor colocado entre las bombas y los gatos, que permitía, por medio de una llave colocada en cada acometida, anular los gatos que fuesen necesarios. Estos se colocaron según indica el adjunto dibujo, y agrupados en las cuatro secciones siguientes:

|                                          |                                  |
|------------------------------------------|----------------------------------|
| S R. Cabeza superior, aguas arriba ..... | } Acoplados a la bomba número 1. |
| S B. Cabeza inferior, aguas abajo .....  |                                  |
| I R. Cabeza inferior, aguas arriba ..... | } Acoplados a la bomba número 2. |
| I B. Cabeza inferior, aguas abajo .....  |                                  |

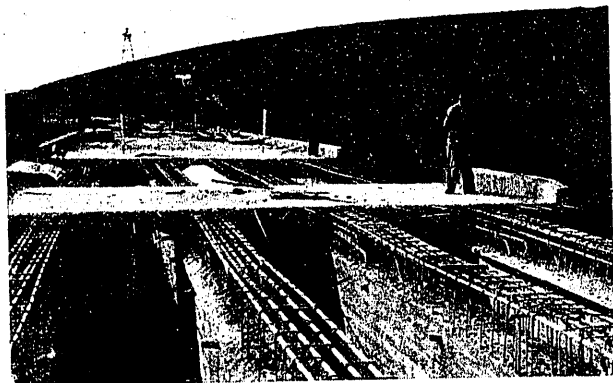
Esta distribución se hizo, en primer lugar, para poder comprimir a la vez, y con mayor presión, la cabeza superior que la inferior, y en previsión de que, si por deformaciones no previstas, o mal funcionamiento de los gatos, se alteraba el eje del arco en planta, poder actuar aguas arriba o aguas abajo, para restablecerlo a la posición conveniente.

La primera dificultad que hubo de resolverse fué



Distribución de los gatos para la corrección en clave y sus tuberías de alimentación.





Vigas del pórtico, hormigonadas, a falta de hormigonar el forjado.

desmontar las rótulas que, según ya se dijo, estaban colocadas en el sitio que habían de ocupar los gatos 3, 4, 5, 6, 14, 15, 16 y 17, para soportar el empuje de la rosca número uno, convenientemente ampliada en aquel punto, durante el hormigonado del arco, y para ello, una vez acoplados los gatos, con una pequeña presión de 75 toneladas, se intentó sacar las rótulas, sin haberlo podido conseguir, y hubo necesidad, por lo tanto, de aumentar la presión hasta 500 atmósferas los de la cabeza superior, que eran los 2, 12, 7, 11, 9, 10, 19 y 20, o sea en total 2 000 toneladas, y los 1, 8, 13 y 18 a 300 atmósferas, que suponen otras 600 toneladas, no habiendo dado a éstos la misma presión que a los primeros por estar muy separados de ellos y poder, por consiguiente, producir flexiones perjudiciales en la cabeza superior; los de la cabeza inferior se pusieron todos ellos a 300 atmósferas, o sea un total de 2 400 toneladas; con ello se consiguió que la clave abriese un milímetro en la cabeza superior y dos en la inferior, pudiendo en aquel momento ser quitadas las rótulas que ocupaban el sitio de los gatos 4, 6, 14 y 16, los cuales, inmediatamente, se montaron y acoplaron. En este momento se dió a los gatos de la cabeza superior instalados un total de 2 800 toneladas, y a los de la cabeza inferior, 2 400, quedando abierta la clave 4 milímetros en la primera y 10 en la segunda, y pudieron ser quitadas las otras dos rótulas, que permitieron la instalación completa de la batería. Entonces, se pusieron todos los de la cabeza superior a una presión de 325 atmósferas, y los de la inferior a 300, consiguiéndose abrir la clave 12 y 10 centímetros, respectivamente, elevándose al mismo tiempo 12 centímetros, respecto a su situación antes de la maniobra. En total, la presión necesaria para poner en movimiento la enorme masa del arco fué de 5 600 toneladas.

La maniobra se efectuó en la primera quincena

de noviembre de 1941, y duró aproximadamente quince días, aun cuando la verdadera corrección se hizo en los dos últimos, pues los anteriores se invirtieron en la colocación de los gatos que ocupaban el lugar de las rótulas que se desmontaron, en corregir fugas en las uniones y en rectificar la posición de algunos gatos que se acodalaban.

Una vez terminada esta operación, se relleno con hormigón de 500 kilos de cemento la parte no ocupada por los gatos, y después de veintiocho días, mediante una puesta en presión de todos ellos, a la misma que sirvió para hacer la corrección, se aflojaron los seguros y se desmontaron todos los gatos, rellenándose con hormigón de las mismas características que el primero el sitio que éstos ocupaban.

7. *Palizadas y tableros de los pórticos.* — Terminada la corrección en clave del arco, se comenzó la construcción de las palizadas, y terminadas éstas, la de los tableros, sin que ocurriese ninguna cosa digna de mención, terminándose en octubre de 1942.

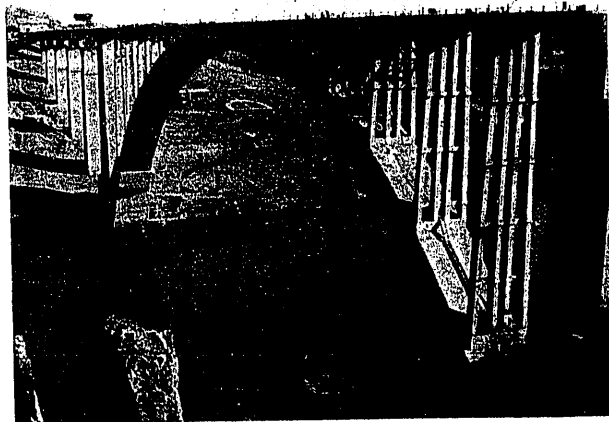
8. *Barandilla.* — Por dificultades en la adquisición de tubo, se ejecutó la barandilla de hormigón armado, terminándose a fines de noviembre de 1942.

#### f) Trabajos finales.

Una vez terminados los pórticos, se procedió a desmontar el cable transbordador, al arreglo, clasificación y apilado de la madera sobrante y demás trabajos auxiliares, para dejar la obra en condiciones de prestar servicio.

#### g) Pruebas.

Al no disponer de un tren de pruebas, por no haber llegado la colocación de la vía al viaducto, he-



Arco principal, terminado, a falta de desmontar los andamios de los últimos tramos del forjado.

mos procedido a la carga estática del tramo número 2, o sea el que insiste sobre las dos palizadas de mayor altura; para ello, y con arreglo a la Instrucción, hemos hallado que la carga uniformemente repartida equivalente a la sobrecarga, y al impacto, teniendo en cuenta la relación de pesos entre los de un tramo metálico y el de hormigón que nos ocupa, arroja un total de 450 toneladas. Esta carga se ha hecho con balasto, sujeto lateralmente por un paramento de sacos llenos del mismo material.

No se ha apreciado ninguna flecha, ni desviaciones en la verticalidad de las palizadas.

#### h) Coste de las obras.

El importe total de estas obras se eleva a pesetas 11 495 193,38.

#### i) Condiciones atmosféricas.

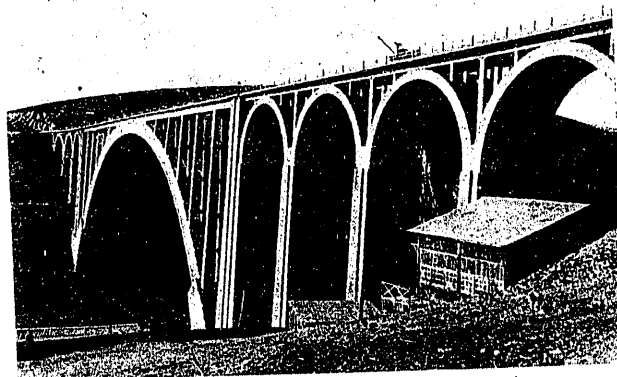
Las condiciones atmosféricas en que se han ejecutado las obras han sido extremadamente duras, como se desprende del siguiente cuadro, que comprende la época de construcción del arco, palizadas, etcétera, o sea desde el año 1939 a octubre de 1942.

|                      |     |     |     |     |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Días de buen tiempo. | 158 | 209 | 214 | 205 |
| " " mal tiempo.      | 28  | 33  | 27  | 10  |
| " " viento .....     | 53  | 42  | 40  | 25  |
| " " lluvia .....     | 69  | 40  | 32  | 33  |
| " " niebla .....     | 32  | 12  | 27  | 1   |
| " " hielos .....     | 25  | 30  | 25  | 30  |

Es de tener en cuenta que en los días de mal tiempo y lluvia, generalmente, les acompañaba un viento fuerte, y que los clasificados como buen tiempo fueron los únicos que permitían el trabajo. La velocidad del viento en los días indicados sobrepasaba la de un kilómetro por minuto, y los señalados con hielos indican los que la temperatura era inferior a 2° durante las veinticuatro horas.

#### j) Accidentes del trabajo.

Hemos dejado para último punto a tratar, los accidentes del trabajo ocurridos durante la ejecución de las obras, por ser para el personal que ha intervenido en las mismas un motivo de satisfacción haber podido dar cima a la construcción sin que durante el tiempo que estuvieron encargados ocurriese ningún accidente mortal. El más grave de los accidentes fué el ocurrido a un obrero que estaba encargado del buen arrollamiento de los cables, en los tambores del cabrestante del transbordador aéreo, al que hubo que amputarle una pierna a la altura de la rodilla, y



Viaducto, completamente terminado.

habiendo quedado, por lo tanto, con una incapacidad permanente; el resto de los accidentes han sido leves, pudiendo dar idea de ello la siguiente relación, que se refiere al período comprendido desde noviembre de 1937 a final de 1940, durante el cual las obras se ejecutaron por administración directa.

Ocurrieron en el indicado período 21 accidentes, uno de los cuales fué el anteriormente reseñado; del resto, cuatro curaron antes de los siete días; once, antes de dos semanas; dos, a los veintidós días; uno, al mes, y dos al mes y medio; en este tiempo, el número de jornales empleados fué de unos 90 000, resultando, por ello, un tanto por ciento muy bajo.

No podemos dar detalles de los que ocurrieron durante la construcción de las obras por contrata, por no existir en nuestro archivo los datos necesarios, y en el período de hormigonado de las obras, cuyo trabajo estuvo destajado al Sr. Barredo, quien lo llevó a cabo con gran actividad y pericia, el número de accidentados ha sido muy parecido al antes reseñado, desde luego, ninguno de gravedad.

Con esto damos por terminada la descripción de las obras del viaducto Martín Gil, cuyos antecedentes y somera descripción nos proponíamos exponer en estos artículos, sin que en ellos, para no hacerlos demasiado extensos, hayamos podido hacer otra cosa que esbozar las cuestiones en ellos tratadas.

Finalmente hemos de hacer constar que ha sido posible dar cima a esta obra gracias a la colaboración y entusiasmo de todos los que intervinieron en el proyecto, como en la ejecución, y a las facilidades que dentro de las normas en vigor hemos encontrado en todo el personal del Ministerio de Obras Públicas, y muy especialmente en el Excmo. Sr. Ministro, D. Alfonso Peña, cuyo interés durante toda la construcción ha sido extraordinario, facilitando nuestro cometido y la realización rápida de la obra.