

## PROYECTO DEL NUEVO DIQUE SAN ROQUE

### Estudios realizados y fundamentos de la obra

---

*Conferencia auspiciada por el Centro de Ingenieros de Córdoba.*

Córdoba, Enero 16 de 1931.

Señores:

La deferencia del Centro de Ingenieros de Córdoba me ha brindado esta alta tribuna para que explique el proyecto de solución del "eterno problema" de la Ciudad de Córdoba, presentado por la Comisión que me tocó constituir con el inolvidable colega Dn. Eduardo Huergo, con el Ingeniero Adolfo Suárez y después con el Ingeniero Carlos A. Volpi.

Es un gran honor el que me ha dispensado y lo considero también un deber porque la tarea profesional no ha terminado con la simple entrega de cálculos y dibujos. Los proyectos son preparados por los técnicos pero no se hacen para los técnicos, ni deciden su sanción final de ejecución los mismos técnicos. Por ello mi deseo de explicar en términos sencillos los métodos de trabajo e investigación que hemos seguido y los resultados que fundamentan nuestro proyecto, para que conocidos y valorados reciba la obra la sanción a que aspiramos.

PARA QUE SE CONSTRUYE UN DIQUE —

El agua de un río, fuente de vida primordial de una población, tiene alternativas de escasez y abundancia, que limitan las posibilidades de su aprovechamiento, ejerciendo enorme influencia en el desarrollo de la población. La escasez limita su crecimiento o el de

la extensión de una zona de regadío o de un aprovechamiento hidroeléctrico, la abundancia si es excesiva (crecidas) pone en peligro la vida de la población.

Para convertir esas extremas variaciones al ritmo regular de consumo se necesita un depósito o embalse creado con un dique de retención. Las variaciones pueden ser no sólo estacionales — de invierno a verano por ejemplo — sino que pueden abarcar términos mayores que alcancen a tres o cuatro años y requerirse entonces hacer reservas en años de abundancia para atender deficiencias de años secos.

Fijar la capacidad del depósito o embalse o lo que es lo mismo la altura del dique que ha de crearlo, es el problema esencial, sobre todo cuando circunstancias locales imponen restricciones de todo orden.

#### LA FUNCION QUE DEBE LLENAR UN EMBALSE EN EL RIO PRIMERO —

Una doble función de almacenamiento debe llenar el embalse del Río Primero: el almacenamiento para atender los servicios generales de agua potable, regadío y fuerza, y el destinado a la atenuación de grandes crecidas torrenciales para que puedan pasar por la Ciudad sin causar daños ingentes. Esta es la razón de la distinción en el proyecto de “Embalse normal” hasta la cota 35,30 y de “Embalse de retención” desde dicha cota hasta la cota 43,00.

#### LA UTILIZACION DEL AGUA EN EL RIO PRIMERO —

En el problema de fijación de capacidad de un embalse debemos establecer previamente la cantidad de agua que necesitamos utilizar del río para la atención de los servicios. En el caso del Río Primero, ante la exigüidad de su caudal, está impuesta la utilización máxima del mismo y *no digo total* porque es un imposible que tiene que considerarse como un ideal hacia el cual debe tender todo proyecto en busca de su perfección.

Vamos a exponer brevemente los diversos servicios que debe atender el Río Primero con sus aguas para poder prever la forma de satisfacerlos con las obras proyectadas.

#### AGUA POTABLE —

El Río Primero es la fuente de provisión de agua a la Ciudad.

Cuando los filtros y captación subterránea del lecho del río en las proximidades de Las Rosas resultaron anticuados e insuficientes se estudiaron nuevas fuentes de provisión: el Río San Roque, el Río Carnero, las aguas subterráneas profundas y se volvió finalmente al Río Primero, pero resolviendo la supresión de aquellos filtros y captaciones, mediante la construcción de una toma en el Canal de ruga de la fábrica hidroeléctrica de Calera y construyendo un conducto de doce kilómetros de longitud hasta un nuevo establecimiento de filtros.

El conducto será capaz de llevar mil litros por segundo, cantidad que se estima necesaria para una población futura de trescientos mil habitantes. Córdoba tenía en el año 1927 unos doscientos diez mil habitantes en su radio municipal de los cuales ciento cincuenta y cinco mil en el radio urbano.

Las obras del nuevo conducto, filtros y ampliación que se encuentran en ejecución, están presupuestadas en cinco y medio millones de pesos que unidos al valor de la red existente hace un capital de obras de doce millones de pesos. La recaudación por este servicio excede de un millón de pesos al año.

Este servicio sanitario primordial exige la constancia del caudal de alimentación en toda época del año y en cualquier año por seco que sea y ello no podrá asegurarse sin un aumento de capacidad del embalse actual. Esta simple exposición evidencia la importancia que en la salubridad de la ciudad tiene la obra proyectada.

#### REGADIO —

Los altos que rodean la ciudad, regados con los canales derivados del Río Primero forman la huerta y la granja que proveen a las necesidades alimenticias de la Capital y población circunvecina.

El servicio de regadío que se hace es deficiente por insuficiencia de caudal muchas veces, por obras defectuosas y también por causas económicas derivadas del sistema de explotación de la tierra. Hay mucha superficie susceptible de ser regada pero ya veremos más adelante que la cantidad de agua disponible es limitada, por ello la Comisión ha recomendado mejorar el riego de las treinta y cuatro mil hectáreas empadronadas y recién después de haberlo hecho, considerar la posibilidad de su ampliación.

## FUERZA HIDROELECTRICA —

La regularización del caudal del Río con el embalse y los desniveles existentes en el Río Primero entre los Dique San Roque y Mal Paso han permitido la construcción de usinas hidroeléctricas para aprovechar la energía del caudal de caída. Tres usinas: Molet, Casa Bamba y Calera se hallan en funcionamiento y producen con las deficientes condiciones actuales de embalse unos treinta y siete millones de kilowatios-hora al año. Tres usinas más hay concedidas cuya construcción no se ha iniciado.

La Comisión estudió el aprovechamiento de energía que se hace y formuló un plan racional en la forma que veremos más adelante. La producción de energía eléctrica requiere también una constancia y permanencia de caudal que sólo puede obtenerse mediante el aumento de capacidad de embalse.

## NAVEGACION —

En 1889 el Ingeniero Dn. Luis A. Huergo proyectó por encargo de la Provincia de Córdoba un Canal navegable de Córdoba al Paraná. Su alimentación se haría con los "desperdicios" de agua de los ríos Primero, Segundo y Tercero, fijados en seis, nueve y once metros cúbicos por segundo respectivamente, cantidades sobrantes que estudios hidrológicos generales posteriores han demostrado que están muy por debajo de la realidad. Aunque las cantidades destinadas a alimentar un canal son menores que las cifras fijadas, puede demostrarse a la luz de la experiencia que lo menos que se exigiría del Río Primero sería dos metros cúbicos por segundo; es decir, el veinte por ciento de su caudal medio que lo requiere en forma imperiosa la agricultura porque no admite otro sustituto que el agua misma.

Aparte de este primer conflicto de utilización del agua está la factibilidad económica del Canal. La Comisión mixta designada por los Gobiernos de las Provincias de Córdoba y Santa Fe en su dictamen del 2 de Diciembre de 1927 estima el presupuesto global del canal en treinta millones de pesos y que: "Para que el Canal contribuya con toda eficacia a la mayor expansión de algunas industrias y al desarrollo de otras... es necesario que el uso del canal no esté gravado con otro peaje que el indispensable para satisfacer los gastos de conservación y administración. De aquí que no

“deba considerarse obra de capacidad productiva para cubrir “los intereses y amortización de su costo”.

Conforme al presupuesto, la cuota anual e interés y amortización excedería de dos millones de pesos y debería provenir de fuentes ajenas al tráfico mismo del Canal.

Siento no poder en esta ocasión extenderme con más detalles sobre este punto y en resumen manifestaré que la Comisión no ha previsto destinar agua expresamente para la alimentación del proyectado Canal navegable, primero por la exigüidad del caudal disponible del Río para usos de agua potable y regadío y segundo porque la factibilidad económica de la construcción del canal no la ha encontrado demostrada ni en los estudios existentes ni en el análisis de situaciones semejantes actuales en países extranjeros.

#### EL INCONVENIENTE DEL RIO PRIMERO — LAS INUNDACIONES —

El régimen meteorológico y las características fisiográficas de la cuenca imbrífera del Río Primero dan lugar a la formación de avenidas torrenciales que desbordando las márgenes del cauce del río inundan el valle poblado y cultivado, destruyendo el fruto de muchos años de labor.

Esta fué la razón primera que llevó a la construcción del Dique San Roque según se deduciría de la memoria original de los Ingenieros Cassaffousth y Dumesnil cuando manifestaban en su párrafo inicial que: “Hace tiempo que la atención pública se halla preocupada por la idea de emprender las obras necesarias para proteger “a la Ciudad de Córdoba y sus propiedades ribereñas de las frecuentes crecientes del Río Primero que a menudo son tan desastrosas”.

La construcción del dique en 1889 trajo una protección de la ciudad y comenzaron entonces a poblarse las orillas del cauce avanzando las construcciones sobre el mismo.

La estimación que hicieron los Ingenieros Cassaffausth y Dumesnil de la magnitud de las crecidas del Río Primero fué baja. Calcularon crecidas de quinientos cincuenta metros cúbicos durante cinco horas y se han registrado crecidas de más de mil metros cúbicos durante veinte y cuatros horas, como consta del estudio detallado de este asunto practicado por la Comisión (Cap. XIV).

Este es dato de observación y la posibilidad que existe de que sea superado, obliga a prever la protección de la Ciudad en forma segura reteniendo temporariamente las grandes crecidas en el embalse y dejando en el cauce capacidad adecuada para el pasaje del caudal que permitiremos descargar del Dique.

#### LA REGULARIZACION DEL GASTO DEL RIO PRIMERO —

La utilización de las aguas del Río Primero para los servicios que se están atendiendo cuyas exigencias crecen con el aumento de población y los inconvenientes que traen los excesos de caudales de crecida obligan a una máxima regularización de su gasto para su debido mantenimiento. Esta regularización se hará en un embalse cuya capacidad depende de tres factores principales: la cantidad de agua que el río trae, la modalidad de su variación y la forma de su utilización o consumo.

En el estudio de estos factores está la médula del trabajo que esta Comisión ha realizado, y lo ha hecho con una extensión y detalle derivado de su propio concepto del problema. El conocimiento hidrológico de un curso de agua es el punto de partida para proyectar las obras o medio de su corrección y por ello he de tratar este punto con una mayor detención que espero que no se encuentre exagerada. La Comisión entendió siempre que la faz hidráulica del problema del Dique San Roque es mucho más importante que cualquiera de las otras cuestiones que él involucra, ¿por qué? porque la cantidad de agua es limitada y su aprovechamiento íntegro es imperativo.

#### LA CANTIDAD DE AGUA CON QUE CONTAMOS EN EL RIO PRIMERO —

La Comisión en su informe ha omitido deliberadamente comparaciones con resultados anteriores porque los datos que ha consignado son el resultado de mediciones y análisis siguiendo métodos expuestos con toda claridad; pero como después de publicado se han observado sus valores comparándolos con los de las Comisiones anteriores en forma *totalmente errada* me veo obligado a hacer una pequeña reseña retrospectiva, previa a la exposición de los métodos de cálculo.

La primera avaluación del volumen medio anual aportado por el Río Primero fué hecha en el proyecto original de los Ingenieros

Cassaffousth y Dumesnil que lo fijaron en 373.086.000 metros cúbicos.

La Comisión de 1915 formada por los Ingenieros Gavier, González y Ducloux estimó el derrame total de 23 años en 6.381 millones de metros cúbicos lo que hace 274,5 millones al año (pág. 9 del informe impreso). Esta cifra está confirmada en el informe aclaratorio de refutación al Ingeniero Wauters en el cual consigná también 274,5 millones al año, si bien partiendo de valores originales algo modificados: 6.384,7 millones en veinte y tres años y tres meses.

La Comisión de 1926, Ingenieros Outes y Burús sintetiza su estudio hidrológico (pág. 50 del informe impreso) clasificando un período de 50 años en años secos, lluviosos y normales y con coeficiente de derrame que establece se deduce que el aporte medio anual lo calcula en 217,6 millones de metros cúbicos.

La Comisión actual, de los estudios y mediciones practicadas ha fijado en diez metros cúbicos por segundo el caudal medio del río (pág. 61 - Cap. XIII) en los últimos 20 años, lo que hace un aporte anual medio de 315 millones de metros cúbicos.

Los valores expuestos hacen ver que el derrame que la actual Comisión ha calculado no es el 50 por ciento del que fijó la Comisión de 1915, como se manifestó hace poco desde esta misma tribuna.

Esta, la de 1915, proyectó un dique de 700 millones de metros cúbicos de capacidad, pero una cosa es la capacidad del depósito — creado para regularizar el gasto — y otra cosa muy diferente es la cantidad anual variable que el río lleva al mismo.

El cálculo del derrame del Río Primero ha sido hecho por la Comisión en base a mediciones y cálculos basados en datos y hechos tomados en el terreno. El método usado sigue aplicándose en la Dirección de Riego por sus propios ingenieros y se lleva al día el Registro del movimiento del embalse sin mayor dificultad que se utiliza para establecer la cantidad diaria o mensual de agua a descargar.

El método es sencillo y se funda en la relación que existe entre la cantidad de agua que entra al embalse, la cantidad que sale del Dique y la variación del contenido del embalse en un espacio de tiempo determinado. Conocida la variación por la de la escala del Dique y por una cubicación minuciosa que se hizo de todo el pantano sobre cuyo valor existían datos contradictorios, y conocida la cantidad que sale del Dique por los orificios de descarga o verte-

deros con una altura determinada de hidrómetro, por medio de mediciones de presión y ensayos con modelos aplicando las leyes de similitud hidrodinámica, la cantidad entrada al embalse se obtiene por simple suma o resta, según suba o baje el embalse. En otros términos: la cantidad de agua que entra al embalse es igual a la que sale, más o menos la cantidad en que ha variado el embalse, todo en un espacio de tiempo igual: un día, una semana, etc.

Este cálculo exige tener registradas las aberturas que han tenido las compuertas de evacuación del Dique, y pudimos aplicarlos a 70 meses de movimiento del embalse, hasta Febrero de 1930 último mes que figura en nuestro informe y los resultados que se dan son precisos, seguros y sin hipótesis previa de ninguna clase. Los resultados hasta el primero de Enero de mil novecientos treinta y uno los comentaré más adelante y han sido elaborados por la Dirección de Riego que diariamente si se desea, puede facilitar la estadística.

70 meses de cálculo directo era un lapso de tiempo escaso para un análisis del derrame medio general del río, y para su extensión a un período de 20 años, comparamos las cantidades anuales aportadas por los ríos con el volumen de lluvia caída en la cuenca en la misma época. Así llegamos a la determinación del coeficiente de derrame directo, para aplicar sus valores a los años en que no contábamos con anotaciones de salida del embalse.

El coeficiente de derrame anual de una cuenca no es una cifra constante e invariable y su valor absoluto depende de factores difíciles de individualizar. Por ello tuvimos en su aplicación un criterio de prudencia — si así puede decirse — tomando valores más bien bajos que nos darían la seguridad de existencia del agua calculada. Dividimos también el año hidrológico de Julio a Junio porque las lluvias en los meses de Junio a Agosto son insignificantes y permiten una comparación más precisa de las cantidades anuales que si tomáramos el año de Enero a Diciembre, pues muchas de las lluvias ocurren indistintamente en cualquiera de estos meses haciendo más variables los valores anuales.

Este es en resumen el método de cálculo aplicado para el conocimiento del derrame anual de un río, cuyos detalles figuran en el informe de la Comisión. Ese derrame medio del río es lo que hemos llamado el “activo fijo” que la mano del hombre no podrá

acrecentar y que hay que sanearlo con obras y normas de uso para aprovecharlo a su máximo porque el pasivo, representado por las utilizaciones que se hacen, va creciendo con el aumento de población.

#### LA CAPACIDAD DE EMBALSE NECESARIA —

Calculadas las cantidades de agua que aportan los ríos y sus variaciones procedimos a determinar la capacidad de embalse necesaria para poder regularizar el gasto, es decir, para contar en toda época con un caudal determinado para la atención de los servicios referidos. Hemos seguido para la determinación de la capacidad el método originado por el Ingeniero británico Rippl, y que fuera de su publicación original se encuentra hoy en cualquier texto, como por ejemplo en el de Koechlin: "Mécanisme de l'eau". El dibujo 18 del Cap. xv del informe de la Comisión expresa el cálculo de capacidad del embalse con todos sus detalles indicando los caudales disponibles en cada época de funcionamiento de embalse.

El estudio efectuado nos mostró que una capacidad de embalse de doscientos millones de metros cúbicos es aquella que mejor concilia el aprovechamiento máximo del derrame del río con la limitación de la capacidad del embalse impuesta por razones económicas. Un aumento a 220 millones, por ejemplo, nos traería una utilización mayor de unos 300 litros por segundo, pero con una cierta inseguridad de su mantenimiento en cualquier época.

Con las capacidad así fijada podremos obtener del embalse, manejando las reservas creadas en un año y utilizándolas en los sucesivos, un caudal medio de ocho y medio metros cúbicos por segundo, cuya repartición explicaré más adelante.

#### DIFERENCIA FUNDAMENTAL ENTRE LA CAPACIDAD DEL EMBALSE Y EL DERRAME O CANTIDAD MEDIA ANUAL QUE APORTA EL RIO —

Al tratar este punto de la capacidad del embalse, quiero puntualizar la diferencia existente entre la capacidad del embalse para regularizar el gasto de un río y su gasto anual. Esa capacidad es función, es decir, depende exclusivamente de las variaciones del caudal del río, o sea de lo que se designa su curva de régimen. La Comisión indica en el Cap. xv, que necesita para la regularización prevista una capacidad de 63 por ciento del derrame medio anual.

Koechlin (op. cit. tomo 3, pág. 430 - 31, manifiesta que ese porcentaje es extremadamente variable y que debe ser determinado para cada río y ofrece unos ejemplos muy interesantes: un río de los Pirineos con un gasto medio de 1,47 metros cúbicos por segundo necesita 47 por ciento del derrame anual de capacidad para regularizarlo, y el Rihn de Basilea con 1065 metros cúbicos por segundo necesita sólo una capacidad de 16 por ciento del derrame anual.

La Comisión de 1915 no fijó la cifra de 700 millones como derrame anual del Río Primero sino como *capacidad* para regularizar su derrame, lo que es muy distinto, y el concepto u objetivo que se tuvo en cuenta para llegar a una cifra tan alta, fué la de conservación en el embalse de volúmenes de crecidas excepcionales que se producen a largos intervalos. La Comisión actual no estimó económicamente aprovechables tales volúmenes porque la evaporación que calculó que se produce en el espejo de agua del embalse haría imposible tal conservación (Cap. XIII).

#### LA REPARTICION DEL CAUDAL MEDIO ANUAL DISPONIBLE —

Después de calcular el derrame medio anual del río y determinar la cantidad que podíamos asegurar utilizar de él en cualquier año de servicio, y en especial en los años secos de precipitación bajo la normal que es cuando se esperan del embalse los mayores beneficios, la Comisión estudió la forma de repartición mensual del caudal disponible para la atención de los servicios necesarios.

Por supuesto que existen exigencias contradictorias en el almacenamiento a efectuar que deben ser resueltas por lo menos en términos generales para dar normas de manejo del embalse futuro. De nada valdrá gastar en nuevas obras si su funcionamiento se deja librado a la improvisación. Por ello la Comisión ha manifestado (Cap. III) que el manejo acertado del embalse es condición fundamental en el éxito del aprovechamiento.

En el consumo del embalse debemos atender en primer término el servicio de agua potable para la Ciudad cuyo caudal máximo de un metro cúbico por segundo debe ser *permanente*, no permitiendo en ningún momento que el embalse pueda quedar en seco. Recordemos que las obras de ampliación de aguas corrientes de Córdoba cuentan para su normal funcionamiento el aumento de capacidad del embalse.

El riego exige sus mayores caudales al final de invierno y primavera, meses por lo general escasos de lluvias, reduciéndose algo en Enero y Febrero en los cuales las lluvias suplen parcialmente el agua de riego.

La producción de fuerza — servicio público hecho por intermedio de concesiones a empresas privadas que abonan un porcentaje de sus entradas al Estado — tiene exigencias contradictorias con el riego, pues sus mayores picos de cargas se producen en los meses de invierno en que el riego no requiere la descarga del embalse. Estas exigencias se conciliarán mediante la descarga de un pequeño caudal suplementario en Junio y Julio y en el resto del año mediante salidas mayores en las horas de máximo consumo de 17 a 22 horas y menores en el resto del día, de manera que el promedio diario no exceda de cantidad determinada. El mayor caudal de las horas de máximo consumo quedará almacenado temporariamente en Mal Paso sin perderse por desbordes, mediante un dispositivo móvil de realce de la cresta que no excederá de 80 centímetros.

Finalmente, se dejará pasar un caudal suplementario para que circule continuamente una pequeña cantidad por el río en la ciudad evitando el estancamiento del agua y su putrefacción.

El cuadro de repartición de caudal (tabla 22, Cap. xv), nos da el caudal medio disponible a ser repartido: agua potable: 0,9; riego: 7,1; usinas: 0,4; y Río Primero: 0,1 metros cúbicos por segundo. Total: 8,5 metros cúbicos por segundo. Esta repartición que tendrá sus variaciones mensuales, no podemos establecerla como absoluta e invariable desde ya, pero es la que más se aproxima al cumplimiento de los servicios y debe ser seguida perfeccionándola para hacer del manejo del embalse una operación simple que no dependa de interpretaciones personales de quien o quienes atiendan su función. Una medida futura que será conveniente tomar es la creación de una Junta o Comisión de manejo del embalse que tenga al día el contralor de las entradas y salidas de agua al Dique, fijando éstas de acuerdo a los consumos absolutamente necesarios. Esta Junta podría estar compuesta por un representante de los regantes, uno de las Obras Sanitarias que tiene a su cargo la provisión de agua, otro de las empresas de producción de energía eléctrica y el Director de Riego de la Provincia. La Junta fijaría los caudales mensuales a derivar del embalse con una acción semejante a la que ha desem-

peñado la Comisión actual como Junta Consultiva de la Dirección de Riego (Cap. x).

LAS GRANDES CRECIDAS DEL RÍO PRIMERO — LA PROTECCION DE LA CIUDAD —

Si hubiéramos encontrado económica y físicamente posible utilizar íntegro el caudal medio anual del Río Primero, estimado en 10 metros cúbicos por segundo, habríamos resuelto también el problema de la defensa de la ciudad de las grandes crecidas del Río Primero, porque para aquello tendríamos que haber construido la obra que las retenga totalmente en un depósito para su gasto o salida paulatina durante el lapso de varios años en que no se registren crecidas extraordinarias.

La conservación del volumen de una gran crecida para su utilización posterior hemos ya dicho, que no es posible hacerlo durante un largo tiempo, porque la evaporación en el espejo del pantano absorbería la totalidad de volumen que se quiere conservar al cabo de cinco o seis años. Es un exceso de agua que tendremos que perder de aprovechar pero evitando que perjudique al correr río abajo y cruzar la ciudad.

Sobre los caudales máximos de crecida del Río Primero, necesitamos hacer una distinción previa, según las estimemos antes o aguas arriba del Dique actual o después de descargadas del Dique. Antes del Dique los caudales unitarios de crecida alcanzan cifras muy altas que corresponden a los de ríos naturales: en 1923 hemos tenido valores medios durante 24 horas de 1060 metros cúbicos por segundo, con picos aún mayores de máxima, es decir que ese valor es el que hubiera tenido la crecida si hubiera sido continua y uniforme en su producción. En la misma ocasión y crecida tuvimos aguas abajo del dique valores máximos de 387 metros cúbicos por segundo, es decir, tres veces menores. Esta reducción es causada por la interposición del embalse en el escurrimiento de la crecida y es variable con la altura que tenga el espejo de agua cuando se inicia la crecida y con las formas que tengan los aliviaderos o vertederos del dique.

Así comenzó a funcionar el dique y embalse de San Roque para reducir la intensidad de las crecidas naturales del río a magnitudes que no dañen la ciudad. Su construcción y funcionamiento fue-

ron eficaces: las crecidas se redujeron en intensidad y la ciudad ocupó con sus construcciones las márgenes del río estrechando el cauce, pero las crecidas que se produjeron después (1903 y 1923) registraron valores que no se previeron y las descargas que produjo el dique provocaron inquietud en la ciudad, donde se pensó en hacer saltar puentes para despejar el cauce.

Así hemos tenido en 1903 y 1923 con el dique antiguo intacto, protección insuficiente de la ciudad, a lo que se sumó la inconveniencia de grandes alturas de agua contra el dique que pueden afectar su estabilidad desarrollando en su masa esfuerzos de tracción.

Con las obras de emergencia ejecutadas en 1926 rebajando el nivel de los vertedores, la probabilidad de que se produzcan esfuerzos de tracción ha quedado casi descartada, pero a costa del pasaje a la ciudad durante las crecidas de caudales mayores de agua que los que se registraron en 1903 y 1923.

Tenemos en definitiva entonces una protección insuficiente de la ciudad contra inundaciones, cuyos inconvenientes son bien conocidos como para que me extienda en detallarlos.

Cómo creamos el medio de protección de la ciudad reduciendo los caudales que pueden pasar por la misma? Con el mismo embalse, pero haciéndolo capaz de retener temporariamente en él la crecida extraordinaria que pueda ocurrir en la cuenca del Río Primero y permitiendo la descarga únicamente de la cantidad que pueda pasar por el cauce en la ciudad y haciendo la descarga automática y libre de maniobras o apreciaciones previas dependientes de un juicio personal. Esa es la solución del proyecto presentado.

Los datos fundamentales de esta faz del problema eran: la magnitud de la máxima crecida que podemos esperar del Río Primero y la capacidad del cauce en la ciudad. Con el análisis retrospectivo de las crecidas verificadas se aplicaron métodos estadísticos, cuyo uso se ha hecho hoy casi general en el estudio de los fenómenos meteorológicos y se establecieron las magnitudes de las máximas crecidas con su probabilidad de ocurrencia. La capacidad del cauce se estableció del levantamiento planialtimétrico ordenado al efecto, cuyos planos figuran en el informe y se fijó la descarga del dique en 200 a 220 metros cúbicos por segundo para dejar un margen todavía para el caudal de los afluentes que caen al Río Primero aguas abajo del dique. La capacidad de embalse para atenuar

las crecidas quedó entonces fijada en 150 millones de metros cúbicos con amplio margen de seguridad para la expectativa de un fenómeno extraordinario.

En esta forma una crecida intensa del Río Primero que tome el embalse lleno al nivel del vertedor (cota 35,30) comenzará a verse lentamente aumentando hasta unos doscientos metros cúbicos por segundo. El mayor caudal que la crecida vaya volcando y que no pueda descargarse irá haciendo subir el embalse por encima de la cresta del vertedor, pero el gasto de éste quedará siempre limitado.

No hay otro lugar para detener temporariamente estas probables crecidas extraordinarias. Entre San Roque y Calera lo investigó el mismo Ingeniero Cassaffausth y en la memoria original cita que cerca de la Huerta del Negro donde el cauce es más ancho con un dique de treinta metros de altura embalsaría sólo un millón y medio de metros cúbicos, cantidad insuficiente para regular una crecida si se tiene en cuenta que la de 1923 aportó 92 millones en 24 horas. En la cuenca superior de los Ríos San Roque y Cosquín no se presentan tampoco lugares que permitan con una altura razonable de dique obtener la capacidad establecida como necesaria para la atenuación de las crecidas.

EL MOVIMIENTO DEL RIO PRIMERO EN EL AÑO 1930. MAS DE 100 MILLONES DE METROS CUBICOS PERDIDOS POR FALTA DE CAPACIDAD DEL EMBALSE —

La Comisión publicó en su informe el resultado de las mediciones de caudal hasta el mes de febrero de 1930 y siguen llevándose al día en la Dirección de Riego. Deseo en esta ocasión dar a conocer los resultados del año 1930 y las deducciones que de sus cifras pueden hacerse con respecto al proyecto formulado por la Comisión.

El año 1929 fué extraordinariamente seco, teniendo que mantenerse los canales a mitad de la dotación en el segundo semestre del año a fin de no agotar el embalse. El 1° de Enero de 1930 el embalse sólo almacenaba 12,9 millones de metros cúbicos.

En el año 1930 el río ha aportado al embalse 471,3 millones que unidos a los 12,9 existentes hacen un total o haber de 484,2 millones. Manteniendo la descarga media anual fijada por la Comisión en 268 millones tendríamos al 1° de Enero de 1931 un sobrante de 216,2 millones, es decir, que el nuevo dique estaría lleno y vertiendo por el aliviador proyectado a la cota 35,30.

El dique lleno a 35,30 no significa tener disponible 200 millones para atender las deficiencias de años secos que pueden producirse en adelante y en cambio, con los aliviadores a 29,00 actuales sólo disponemos de 112 millones para reserva. No quiero fatigar la atención de Vds. con más cifras, pero bastan las citadas, para demostrar la pérdida de agua que este año hemos tenido por falta de capacidad de embalse.

El 1° de Enero de 1931 y hoy día mismo el embalse actual está sobrepasando el nivel de los limitadores a cota 29,00 y de haber tenido ya construida la nueva obra y manejada según se ha previsto, tendríamos también el embalse lleno al nivel del pozo vertedor de cota 35,30 y analicemos lo que puede ocurrir en los próximos meses hasta principio de Abril si se repitieran crecidas como la del año 1903.

Las situaciones que ocurrirían las ha establecido la Comisión en su informe (Caps. VII, VIII y XVI): con una crecida como la de 1903 descargaría el dique actual unos quinientos treinta y cinco metros cúbicos por segundo que excede demasiado los 387 que se descargaron en 1923. Con el nuevo dique la descarga llegaría a unos 220 metros cúbicos por segundo ascendiendo las aguas hasta la cota 40,00 aproximadamente, es decir ocupando la parte del embalse que hemos llamado de retención por encima del nivel del vertedor.

Una crecida de éstas no sólo puede repetirse sino que puede alcanzar intensidades aún mayores que las registradas, porque 40 años de observación no es un lapso de tiempo suficientemente extenso como para que cubra todos los fenómenos meteorológicos posibles. En este caso tendremos daños cuyo único medio de evitarlos está en la construcción de la obra proyectada.

El ejemplo de movimiento del embalse en el año 1930 que he traído a colación, comprueba que las situaciones previstas por la Comisión cuando presentó su informe son perfectamente factibles y pueden ocurrir en cualquier momento, y de ahí la responsabilidad que surge del mantenimiento del estado actual de la demora en la construcción de la proyectada.

#### LA CAPACIDAD DEL CAUCE DEL RIO EN LA CIUDAD —

El cauce del río en la ciudad no tiene capacidad para permitir

sin daño el pasaje de descargas del dique como la que se tuvo en 1923. Por ello la Comisión con la creación del embalse de retención por encima de la cota 35,30 y el dispositivo del pozo vertedor redujo las descargas posibles del embalse entre un límite de 200 a 250 metros cúbicos por segundo que pueden ser conducidos por el cauce en su estado actual. Para tener en cuenta aportes suplementarios de afluentes aguas abajo del dique ha recomendado como una orientación para su ulterior determinación definitiva, llevar la capacidad total a 400 metros cúbicos por segundo.

Por de pronto y a fin de evitar los mayores perjuicios de reducción de capacidad, ha proyectado líneas que pueden llamarse de ribera, para que se prohíba el avance de construcciones en el cauce u ocupación del mismo.

La regularización del cauce del río es ante todo un problema municipal de urbanismo, factible de resolver una vez que queden garantidos los límites máximos del caudal que descargará el Río Primero en el dique conforme a la obra proyectada.

#### LA PRODUCCION DE ENERGIA HIDROELECTRICA. CONCENTRACION DE USINAS —

La energía del caudal de caída de los ríos es un bien público cuyo uso concede el Estado, y cuyo aprovechamiento debe vigilar que se haga en condiciones que permitan su mejor utilización.

En el tramo del Río Primero entre los Diques de Mal Paso y San Roque se encuentran tres usinas en explotación: Calera, Casa Bamba y Molet y tres concesiones otorgadas, cuyas obras aún no han sido construidas: Bamba Inferior, Bamba Superior y Pié del Dique de San Roque.

La primera, Calera, está situada en el tramo inferior del río aprovechando 45 metros de desnivel y las restantes, usinas y concesiones, en el tramo superior en un desarrollo del río y unos 11,5 kilómetros.

La Comisión analizó las consecuencias que traería la construcción de las tres usinas aún no levantadas y llegó a la conclusión de que ello significaría el desperdicio y mal aprovechamiento de la energía de caída, porque se multiplican las usinas generadoras y el personal que día y noche debe atender su funcionamiento y por-

que se afectan entre sí su marcha por las variaciones de carga impuestas por el consumo.

Las condiciones topográficas favorables permiten concentrar las dos usinas: Bamba y Molet, y las tres concesiones en una sola fábrica con unos 105 metros de caída total y un conducto o túnel de alimentación de 3,5 kilómetros de longitud que aproveche todo el caudal que pueda dejarse salir del dique. La usina de Calera quedaría subsistente porque realiza un aprovechamiento razonable de la caída y porque su unificación con las anteriores implica por las condiciones del terreno un costo excesivo y una pérdida de carga muy grande.

La acción del Estado para la concentración de las usinas se concretaría a construir en el dique la toma y dispositivos de manejo para entrega del agua a la gran usina y la Empresa o Empresas concesionarias construirían por su cuenta el túnel de conducción y planta generadora. En esta forma la producción anual de años críticos o secos puede llevarse a 67 millones de kilowatios - hora contra 39 a 40 que ahora se generan.

Este plan técnico de aprovechamiento hidroeléctrico fué puesto en conocimiento de las compañías concesionarias de fuerza que manifestaron por escrito su total conformidad con la ejecución de la nueva usina, y con la contribución por kilowatio - hora producido cuyo monto debería fijarse al renovarse los contratos existentes de concesión, ya que la nueva usina proyectada implicará la inversión de nuevos capitales de instalación y el abandono de otras usinas en funcionamiento: las de Molet y Bamba.

La contribución de los usuarios de fuerza está perfectamente justificada. Aunque no consuman materialmente el agua la regularización del río les asegura una constancia de caudal y en consecuencia de producción de fuerza, y la atenuación de las crecidas pone las fábricas al abrigo de las inundaciones y no necesitarán interrumpir su marcha cuando ellas se produzcan, cosa que ocurre en la actualidad.

POR QUE UN NUEVO DIQUE -

La Comisión no ha dicho nada nuevo al establecer la imprescindible necesidad de aumento de capacidad del embalse para el

total aprovechamiento y defensa de las aguas del Río Primero, porque hace diez y seis años que se está reclamando una medida semejante, pero ha fijado por medio de levantamientos expresamente hechos en el terreno y por mediciones y establecimiento de normas de contabilización del agua del embalse, cuál es la cantidad de agua utilizable, qué volumen pueden alcanzar las crecidas excepcionales y determinado dentro de la máxima precisión que admiten estos estudios, la capacidad de embalse que se requiere para poder dominar el río y obtener de él todo lo que es capaz de dar. El personal de la Dirección de Riego ha estado largo tiempo ocupado en ejecutar los estudios que la Comisión dispuso y la investigación realizada es una de las más completas llevadas a cabo en el país.

Quien dice capacidad de embalse dice altura de dique para crear tal capacidad, y así encontró la Comisión que necesita un dique con su aliviadero a la cota 35,30 y una revancha hasta la cota 43,00 para recibir y atenuar con ella las crecidas torrenciales de los ríos que forman el Río Primero.

Cómo creamos este dique: con la sobreelevación del actual o con una nueva obra? El dique actual tiene limitada su capacidad normal a 112 millones de metros cúbicos con el umbral de los limitadores a la cota 29,00 y necesitaríamos llevar este umbral a 35,30 para obtener la capacidad de 200 millones calculada como necesaria para la regulación del gasto normal y crear además la revancha hasta la cota 43,00 para la atenuación de crecidas. Es decir, que el Dique actual debe hacerse capaz de resistir una carga de 43 metros en idénticas condiciones de seguridad y permanencia que una obra nueva sin ninguna duda, incertidumbre o desconfianza para que pueda en adelante la ciudad de Córdoba entregarse tranquila al trabajo y desarrollo sin la eterna pesadilla de que si el dique la protege o no.

La ciudad de Nueva York tiene todo su servicio de agua potable atendido con embalses y su Ingeniero Jefe Thaddeus Merriman decía respecto a diques a principios de 1929, analizando el progreso de esta rama del arte de ingeniero; lo siguiente: “Los diques forman una clase aparte de la mayoría de las estructuras que pertenecen al arte del ingeniero. Puentes, edificios, caminos, canales, tuberías, cloacas y otras construcciones similares son susceptibles de observación inmediata sobre su comportamiento y pueden ser

“ mantenidas o reparadas según se presente la ocasión o la necesidad lo requiera. No pasa así con un dique. Una vez que una estructura ha sido terminada, solamente una parte de la superficie puede ser observada. La fundación y la masa interna quedan ocultas a la vista y no pueden ser inspeccionadas ni reparadas o mantenidas satisfactoriamente. Este aspecto sirve para indicar que los fundamentos en los cuales se basan los proyectos de diques que comienzan en su aplicación en un plano diferente de aquél que sirve de base para otros tipos de construcciones.”

“ Este punto de vista está todavía acentuado por la consideración de que un dique conjuntamente con el material que lo rodea, requiere constantemente, años sí o año no, soportar y resistir no sólo las fuerzas que la carga sino también los efectos disolventes, desintegrantes y de ablandamiento causado por el agua retenida, conjuntamente con los cambios de forma originado por las variaciones de temperatura.”

“ Los efectos del tiempo constituyen así un factor más importante en los proyectos de dique que en ninguna otra rama de la ingeniería.” (Eng. News Record, Feb. 7, 1929, pág. 213).

Lo que Córdoba aún necesita de la regularización del río — lo hemos dicho — lo necesitará de acá 20 años, lo necesitará de acá cien años, y lo hemos encontrado en una obra de refuerzo la estructura que ha de perdurar sirviendo y defendiendo la ciudad y que su examen e inspección permita mantener la convicción y convencimiento de su completa estabilidad y seguridad. No olvidemos que no es una sino miles de vidas las que podrían ser afectadas en un desastre y que éstos se producen de improviso sin que nada haga prever su posibilidad. El Dique de San Francisco en California, fué inspeccionado una tarde y a media noche se caía desatando la ola homicida siempre latente a su espalda.

Las consideraciones de seguridad no pueden entregarse al frío raciocinio derivado de la aplicación de una fórmula matemática. Muchas veces le pedimos a las fórmulas más de lo que ellas pueden dar. Instrumentos de economía del pensamiento, a veces se desprenden de factores para hacerse más ágiles pero menos profundas. Quiero decir que si posible es calcular un refuerzo, su alcance es muy difícil de prever.

Otras consideraciones más, que pueden verse en el informe, nos llevaron a la convicción de que la solución que mejor consulta el problema de Córdoba era la construcción de un nuevo dique y así lo proyectamos siguiendo las reglas y dispositivos más modernos en este tipo de construcciones que están expuestos con todo detalle en el informe.

## EL PRESUPUESTO DE OBRAS Y FINANCIACION —

El conjunto de obras previsto por la Comisión comprende:

1°. La construcción del dique de embalse de 43,00 metros de altura de retención.

2°. La expropiación de terrenos necesarios para la mayor superficie que ocupará el lago.

3°. La ejecución de obras de mejora en la zona de regadío.

4°. La sobreelevación de la línea férrea del Estado que la haría el Gobierno Nacional.

5°. La concentración de los aprovechamientos hidroeléctricos en el tramo superior del Río Primero.

El dique es la obra fundamental del proyecto y el plan de trabajo y ejecución está vinculado a la sobreelevación de la vía férrea y a la expropiación de terrenos para el lago. Su presupuesto alcanza a \$ 4.600.000.00 y se prevé construirlo por licitación entre Empresas de reconocida experiencia en esta clase de obras habiéndose formulado el pliego de condiciones correspondiente.

La expropiación después de un prolijo catastro y valuación se ha estimado en dos millones de pesos.

Las obras de mejora de la zona de riego sólo ha podido presuponerse en forma global en \$ 500.000.00 por falta de planos detallados de la red y obras, y hecho con el examen de la misma y estimación de las medidas indispensables para asegurar una buena distribución y economía del agua.

El total alcanza así a \$ 7.100.000.00.

La sobreelevación de la vía férrea del Estado afectada por el aumento de capacidad del embalse fué motivo de un pedido del Gobierno de Córdoba al Gobierno de la Nación que ordenó y realizó todos los levantamientos para el trazado de la modificación de la

línea y que llevaría a cabo como una contribución de su parte. La única intervención de la Comisión fué la de dar la cota que preveía para el embalse.

La concentración de los aprovechamientos hidroeléctricos y la regularización del gasto del río permitirían producir anualmente una energía de 67 millones de kilowatios-hora, que gravados con una tasa de un centavo por k-hora como única contribución permitirían obtener el dinero necesario para la amortización e interés del capital empleado en las obras. Esta tasa es equitativa y no gravita en forma pesada sobre el costo de la energía, permitiendo todavía la rebaja general de tarifas. La Compañía Luz y Fuerza, está pagando actualmente 0,6 (seis décimos de centavo) por kilowatio-hora calculados sobre la producción hidroeléctrica.

La Comisión manifiesta (Cap. IX) que “es evidente para llegar a este resultado es necesario resolver conjuntamente con las obras del dique la situación legal de los aprovechamientos hidroeléctricos para que pueda realizarse simultánea o inmediatamente la construcción del dique y usina aconsejada.”

La Comisión conocía perfectamente las dificultades de la solución de este asunto pero no por ello debía eludirlas. La Provincia de Córdoba tiene en la caída de sus ríos una riqueza potencial que sólo necesita una legislación apropiada para que puedan aprovecharse sus beneficios y tiene el deber de facilitar su utilización para propender con energía barata el desarrollo de la industria local que supla poco a poco la producción extranjera.

Los Ríos Primero, Segundo y Tercero aprovechados racionalmente pueden generar una energía de 250 millones de kilowatios-hora al año, que exigirían, si se usara carbón para producirlos, unas doscientas cincuenta mil toneladas que importarían en cifras redondas como cinco millones de pesos al año. Hay necesidad de una acción legislativa que permita poner al servicio de los habitantes de la provincia esta energía a precio bajo y dentro de un plazo breve. Hay necesidad de esa legislación porque la técnica de la producción, transporte y distribución de energía eléctrica ha sufrido una formidable evolución en la última década tendiéndose a la supresión de todas las pequeñas usinas y a la concentración de la producción en grandes usinas centrales como un medio de abaratar

el costo de producción. La usina del pueblo pequeño instalada por concesión municipal ha dejado de generar ella misma la energía que vende y la recibe ahora de una ciudad o planta hidroeléctrica distante, por cables que cruzan caminos, montes y arroyos. Y esa pequeña usina aislada tiene ahora un régimen de dependencia y producción que no se había previsto en su convenio de concesión y no hay legislación especial a cuál recurrir en busca de aplicación de principios para que los beneficios del adelanto y la técnica eléctrica lleguen de inmediato al público consumidor.

Las circunstancias actuales no permiten dictar la legislación que se necesita, pero el interregno de estos momentos permitirá estudiar el asunto y plantearlo al P. Legislativo en cuanto se instale para su sanción.

El plan de financiación de la obra fué establecido con completa independencia de la Ley de Empréstito N° 3480 en la cual la Legislatura de la Provincia incluyó una partida global para la solución del "problema del Dique San Roque" y a esta autorización de la ley, será necesario recurrir ahora para la ejecución de las obras, sin perjuicio de obtener más adelante la justa contribución que puede exigirse de los usuarios de las fuerzas hidráulicas.

#### LA OPORTUNIDAD DE LA CONSTRUCCION —

La difícil situación económica porque atraviesa el país y la situación mundial sin excepción de desocupación proveniente de igual causa económica, parecería que debiera obligar a postergar la ejecución de la obra para mejores tiempos.

Sin embargo, no es ese el ejemplo seguido por otras provincias argentinas y por países extranjeros. El Ministro de Hacienda de la Provincia de Santa Fé, Ingeniero Alejandro E. Bunge, en un discurso sobre el problema económico nacional pronunciado el 10 de Noviembre último en la Bolsa de Rosario de Santa Fé, expresaba que el problema económico de mayor urgencia es *crear trabajo*, y que dentro de las leyes en vigor había tres medios principales:

- 1°. Sustituir parte de los consumos del exterior con el similar nacional.
- 2°. Estimular las industrias de la construcción.
- 3°. Estimular la extensión de los servicios públicos.

La construcción del Dique San Roque encuadra completamente dentro de los tres medios referidos. El material necesario, cemento, arena y piedra, es todo de producción nacional y podemos decir también local, habiendo en la obra únicamente unas doscientas treinta toneladas de hierro que deberán ser importadas. Se trata de una industria de la construcción que extenderá los servicios públicos con la mejora y seguridad de la utilización que se hace de las aguas del Río Primero. Las oportunidades de trabajo que la obra creará no quedarán reducidas a la obra misma, porque se extenderán fuera de ella en las industrias anexas de transporte y fabricación que deben trabajar para sus suministros.

Aunque creo no necesitar insistir con ejemplos del extranjero no puedo dejar de citar la medida reciente del Gobierno de los Estados Unidos, que ha anticipado en seis meses el llamado a propuestas para la construcción del Dique de Hoover en el Colorado con el objeto esencial de aliviar la desocupación. Extraordinaria obra de un dique de embalse de 220 metros de altura con 2,7 millones de metros cúbicos de hormigón, una planta hidroeléctrica de 1,5 millón de caballos y un presupuesto de 110 millones de dólares. Si la obra es inmensa los problemas técnicos que tiene no son menos y sin embargo, en el propósito de aliviar la situación económica lleva una acción que a primera vista parecería contradictoria.

---

Estoy quizá abusando de la deferencia de Vds. al escucharme en el deseo de tocar todos los puntos del problema del San Roque, pero estoy convencido que alguno he omitido y otros apenas rozado. No tengo la intención de eludirlos sino que no caben en el tiempo limitado de una conferencia y estoy siempre dispuesto a explicar todos aquellos en los cuales surgieran necesidades de aclaración.

La Comisión en su informe no ha podido presentar los detalles de todas las investigaciones, cálculos, y estudios que realizó, que son de lo más extensos y completos que se hayan hecho en ningún otro río del país, pero ellos están al alcance de todos en la Dirección de Riego cuyo personal colaboró con eficiencia en sus tareas. Y en ese trabajo hemos recibido todo el apoyo del Ministerio de Obras Públicas sin restricción, cortapisa o sugestión de ninguna especie y

si alguna limitación ha tenido la Comisión ha sido de su propia capacidad para el juicio del problema que se le planteó.

El problema es muy vasto y no pretendemos resolverlo simultáneamente en todos sus aspectos porque los esfuerzos serán estériles. Comencemos por uno, el más importante: el Dique, dejémoslo hecho y los problemas restantes aparecerán después con su solución ya simplificada. Hace mucho que este asunto se discute y quien analice fríamente las cosas desde 1915 verá una coincidencia singular de opiniones en la obra que se necesita con variaciones de detalles sobre las cuales la polémica ha sido muy larga.

A mi juicio es el momento de acción, y la contribución del entusiasmo de todos es lo que pido a Vds. para el progreso de esta ciudad.

RODOLFO E. BALLESTER.

---