74-12.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

PROYECTO DE REGULACION DEL RIO CAUCA

DEFINICION DEL PROYECTO

SEPTIEMBRE 24 DE 1974

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA, CVC

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
BIBLIOTECA

PROYECTO DE REGULACION DEL RIO CAUCA

DEFINICION DEL PROYECTO

INFORME CVC No. 74-14 | SEPTIEMBRE 24 DE 1974

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
BIBLIOTECA

Presentado por:

Vicente Aragón A.
Asistente Técnico de la Dirección

MEMORANDO (INTERNO)

Para : Dr. Henry J. Eder C. (Director Ejecutivo CVC)

Memo : C-21493
Archivo : 511B-01

De : Dr. Vicente Aragón A. (Asistente Técnico de la Dirección)

Fecha : Septiembre 24 de 1974

Asunto : Proyecto de Regulación del Río Cauca.
Definición del Proyecto

Por medio del presente rindo a Ud. informe de mis conclusiones en relación con la definición de los parámetros del Proyecto de Regulación del Río Cauca en aquellos aspectos en los que no fué posible que se pusieran de acuerdo los consultores EPDC e INGETEC-INESCO. En consecuencia este informe, de conformidad con sus instrucciones, se basa fundamentalmente en un análisis de los documentos producidos por las dos firmas consultoras nombradas. Mis conclusiones se sintetizan de la siguiente manera:

1. Hidrología y capacidad de embalse en Salvajina.

Las dos metodologías de análisis hidrológico, la de la EPDC y la de Ingetec-Inesco, son ambas adecuadas. Coinciden en cuanto a que las obras de diques en la planicie inundable deben corresponder a caudales de 760 m3/s. en Juanchito y 1.200 m3/s. en La Victoria. Los resultados en cuanto a capacidad de embalse requerido en Salvajina son, sin embargo, distintos: EPDC recomienda embalse de 410 Mm3 con presa de corona a elevación 1143, e Ingetec-Inesco recomienda 600 Mm3 con presa de corona a elevación 1154. El problema es de suma complejidad. No se trata de un sitio específico, sino de una zona relativamente extensa con sinnúmero de ríos de regímenes diferentes acerca de los cuales no tenemos suficiente información. La hidrología, en este caso, más que una ciencia se convierte en un arte. Es harto probable que si varios hidrólogos analizaran este mismo problema, cada uno obtendría un resultado diferente. Hay que aceptar pues los resultados de la EPDC y de Ingetec-Inesco, como distintos sí, pero correctos y respetables ambos.

Ante esta situación la definición de capacidad de embalse en Salvajina, y consiguiente altura de presa, debe adoptarse con base en otras consideraciones como podrían ser las siguientes:

a) Si tuviéramos información suficiente acerca de todos los parámetros que intervienen en la definición de la crecida no deformada de 10 años de recurrencia en el Valle, no importa las diversas metodologías de análisis hidrológico, los resultados serían, si nó iguales, al menos sí parecidos. La realidad, sin embargo, es la de que debe producirse una crecida no deformada, de 10 años de recurrencia, cuyas características no conocemos con exactitud. Los trabajos de la EPDC y de Ingetec-Inesco nos dan indicaciones de lo que puede esperarse. Y ante la incertidumbre, lo mismo que en Derecho y en Moral, la duda debe resolverse en favor del objeto mismo de duda; o sea que lo sensato es acoger el embalse de mayor volumen.

b) El sitio de Salvajina es adecuado para una presa relativamente alta, y tanto desde el punto de vista de regulación de crecidas, como de generación de energía hidroeléctrica, consideración aparte de costos, lo deseable sería tener la presa técnicamente más alta posible a fin de aprovechar el sitio de manera óptima.

c) Atendiendo a capacidad de generación, sin entrar en análisis de optimización, entre dos volúmenes de embalse diferentes es preferible decidirse por el mayor puesto que, para un mismo caudal regulado y con iguales costos de operación, brinda una más alta generación a causa de la mayor caída.

d) También un mayor embalse permite una mejor regulación de caudales de modo que se puede subir aún más el mínimo registrado y aliviar el problema de contaminación del río.

e) El tipo de presa de gravas con pantalla de concreto, propuesto por Ingetec-Inesco, con corona a la cota 1154, cuesta 5 millones de dólares más que el mismo tipo de presa de corona a la elevación 1143, lo cual equivale tansólo al 3.2% del costo total del proyecto.

En consecuencia me permito recomendar acoger el embalse de 600 Hm3 con presa de corona a la elevación 1154.

2. Obras en Salvajina.

Ingetec-Inesco recomienda presa de gravas con pantalla de concreto en tanto que EPDC recomienda presa de escollera con núcleo impermeable. Los argumentos de EPDC se afianzan, esencialmente, en buscar la máxima seguridad y sus planteamientos, básicamente, exponen su desconfianza en cuanto a la bondad de una presa de gravas con pantalla de concreto en el sitio de Salvajina. Por su parte Ingetec-Inesco presenta consideraciones en principio aceptables en cuanto a la seguridad que brindaría la presa de gravas y pantalla de concreto por ellos recomendada, en comparación con la de escollera y núcleo impermeable recomendada por EPDC. De estimativos de costos hechos por Ingetec-Inesco para los dos tipos diferentes de presa, con corona a elevación 1154, resulta que la de escollera con núcleo impermeable cuesta 10 millones de dólares más que la de gravas con pantalla de concreto.

De mi parte yo aconsejo acoger, en principio, la recomendación de Ingetec-Inesco en el sentido de decidirse por la presa de gravas y pantalla de concreto con corona a la elevación 1154, con la salvedad de que en la etapa de diseño deben estudiarse, con el mayor detalle, todas las posibilidades de falla y tomar las provisiones necesarias para asegurarse de su plena estabilidad.

En cuanto a otros aspectos en discusión tales como buscar una ubicación de la casa de máquinas más próxima a la presa; instalar compuertas en la toma de carga y subir la toma de la descarga de fondo, se deben estudiar y definir en la etapa de diseño final ya que los dos últimos no tienen mayor incidencia en el costo total (1%).

3. Generación Hidroeléctrica.

EPDC se sostiene en su recomendación inicial de marzo de 1970 de instalación de 210 MW en Salvajina en 3 unidades de 70 MW c/u..

Ingetec-Inesco, presenta un análisis de las posibilidades de generación y concluye en recomendar una instalación de 270 MW en 3 unidades de 90 MW cu..

Es indudable que con un mayor volumen de embalse, consiguiente mayor regulación y más alta caída, es posible una generación mayor que con el embalse de menor volumen. La diferencia de generación anual que el embalse propuesto por Ingetec-Inesco brinda sobre el propuesto por EPDC, es de 117 Gwh. que al precio de compra a ISA de $ 0.135/Kwh. en 1974 da un total de $15'795.000/año. En los 50 años de vida económica del proyecto esto equivaldría, a precios constantes de 1974, a $789'750.000 (ó US$ 29,9 millones). He estimado que la instalación de los 60 MW adicionales (270 MW - 210 MW) cuesta 8,5 millones de dólares, lo cual da un costo atractivo de US$ 141 por MW instalado.

En consecuencia me permito recomendar, en principio, la instalación de 270 MW en 3 unidades de 90 MW c/u., con la observación de que, a mi juicio, este capítulo de generación de energía requiere todavía un mayor refinamiento.

4. Otras Consideraciones.

Hasta aquí mi análisis de los documentos de Ingetec-Inesco y de EPDC, en cuanto hay discrepancias entre ellos. En cuanto a otros aspectos del proyecto, en los cuales la CVC ha intervenido más directamente, presento a continuación las consideraciones pertinentes:

a) Obras en la planicie inundable.

Respecto de las obras en la planicie inundable, yá se dijo en el numeral 1. de este memorándum que EPDC e Ingetec-Inesco están de acuerdo en que los diques de protección deben diseñarse para controlar 760 m3/s. en Juanchito; y además EPDC recomienda una capacidad máxima de 1.200 m3/s. en La Victoria. Estoy de acuerdo con estas conclusiones y recomiendo por lo tanto acoger para esta etapa de estudios dichos resultados, tal como en detalle se explican en el anexo 30.b), con la condición de que para el diseño final se implemente el programa de simulación que permita definir con adecuada precisión el espaciamiento y altura de diques finales.

b) Costos.

Tal como aparece en el texto del informe, los costos son los siguientes, incluyendo 20% para imprevistos e ingeniería:

	Millones de US$
Obras en Salvajina	95
Obras en la planicie inundable	62
Total	157

b) Programa de Construcción e Inversiones.

Año	Obras en Salvajina (5 años)	Obras en la planicie inundable		Total
		5 primeros años	años siguientes	
1	15'8	1'5		17'3
2	8'7	3'0		11'7
3	13'3	4'5		17'8
4	31'2	7'0		38'2
5	26'0	9'2		35'2
6			12'0	12'0
7			10'0	10'0
8			8'0	8'0
9			4'5	4'5
10			2'5	2'5
Total	95'0	25'2	37'0	157'2

VAA: jgpp

Informe CVC No. 74-14 Septiembre de 1974

PROYECTO DE REGULACION DEL RIO CAUCA

DEFINICION DEL PROYECTO

Por: Vicente Aragón A.

A. INTRODUCCION

1. El proyecto de Regulación del Río Cauca, dentro de la terminología de la CVC, consiste en la identificación, diseño y construcción del complejo de obras de óptima bondad técnica y de costo global más económico, que aseguren el control de inundaciones de la zona próxima al río Cauca y a lo largo del mismo, entre las localidades de La Balsa y La Virginia, debidas a desbordamientos del Cauca en crecidas de frecuencia de una vez en 10 años.

El proyecto cubre, además, obras de drenaje primario de la zona a protegerse. Esté, el objetivo principal del proyecto. Beneficios secundarios del mismo son: la generación de energía hidroeléctrica y el alivio de la contaminación del río Cauca.

2. Del proyecto así concebido se han hecho dos estudios a saber: (a) el contenido en el informe de la firma japonesa Electric Power Development Co. Ltd. (EPDC), de marzo de 1970; y (b) el de las firmas colombianas Ingetec e Inesco, de mayo de 1974. Los dos proyectos difieren tanto en la hidrología, como en concepción de las obras de presa y estructuras orgánicas en el sitio de Salvajina, y también en la magnitud de capacidad de generación hidroeléctrica a instalarse en Salvajina.

3. A fín de conciliar, hasta donde fuera posible, las divergencias entre los dos informes citados, la CVC invitó a la EPDC a enviar dos de sus ingenieros a Cali, a fín de que los dos grupos de firmas de consulta de ingeniería discutieran sus informes. Tales discusiones tuvieron lugar durante el mes de junio de 1974.

B. HIDROLOGIA

4. Referencias:

4.a) Comentarios de K. Shindo (EPDC), de junio de 1974 a

la hidrología del proyecto, y revisión de su informe de marzo de 1970 y del de Ingetec-Inesco de mayo de 1974.

4.b) Memorándum manuscrito de K. Shindo (junio 30 de 1974) (8 hojas) intitulado "Hydrology II", sobre su método de análisis hidrológico del proyecto.

4.c) Manuscrito de K. Shindo (5 hojas y 5 gráficos), de revisión final de sus cálculos hidrológicos.

4.d) Memorándum CVC No. C-21156 (julio 2 de 1974). Acta de la reunión durante la cual K. Shindo explicó al Dr. Aragón su método de análisis hidrológico del proyecto.

4.e) Carta de Ingetec No. DT.72.1/4888 (julio 29 de 1974), de comentarios al trabajo hidrológico de EPDC y determinación de la capacidad de embalse de Salvajina.

4.f) Memorándum CVC No. C-21332 (agosto 12 de 1974) de comentarios a los anexos de la ref. 4.e).

4.g) Carta de Ingetec No. DT.72.1/5555 (septiembre 2 de 1974) de respuesta al memorándum de la ref. 4.f).

Antecedentes.

5. En el estudio hidrológico del proyecto de Regulación del río Cauca se han usado dos metodologías diferentes a saber: la de EPDC, y la de Ingetec-Inesco. En los párrafos 6 a 11 del memorándum de la referencia 4.d) se dice que las dos metodologías, para crecidas de 10 años de recurrencia, arrojan resultados de tal modo distintos que en tanto que EPDC, en su informe de viabilidad de marzo de 1970, recomienda un embalse útil de 350 Mm3 en Salvajina y diques correspondientes a caudal de 720 m3/s. en Juanchito; Ingetec-Inesco, en su informe de mayo de 1974, recomiendan un embalse útil de 720 Mm3 en Salvajina para regular el caudal del río Cauca a 700 m3/s. en Juanchito. Se dice también que Ingetec-Inesco admiten como adecuada la metodología de la EPDC; y que, después de prolongadas discusiones y de revisión de ambas partes, se han puesto de acuerdo en que el caudal a regular en Juanchito debe ser de 760 m3/s., pero que el embalse de Salvajina resulta de 410 a 430 Mm3 para EPDC y de 635 Mm3 para Ingetec-Inesco.

6. Transcribo a continuación, el texto del párrafo 12 del memorándum de la referencia 4.d):

"El 24 de junio el Director Ejecutivo de la CVC, Dr. Eder, recibió a los dos ingenieros japoneses (Shindo y Mineo) y al Sr. Yasuo Takashima, gerente del Departamento de Actividades de Ultramar de la EPDC, para comentar las observaciones de la EPDC al informe Ingetec-Inesco. En

vista de que subsistían diferencias en los resultados de hidrología entre EPDC e Ingetec, el Dr. Eder pidió que el Sr. Shindo se quedara un tiempo más discutiendo con Ingetec lo relativo a hidrología hasta llegar a resultados lo menos dispares posibles. Los señores Takashima y Shindo dijeron que no lo estimaban indicado en atención a que el Sr. Shindo se hallaba seguro de sus resultados y no parecía que Ingetec fuera a cambiar los suyos tampoco.

Ante esto el Dr. Eder pidió que el Sr. Shindo le explicara con lujo de detalles al Dr. Aragón el método de la EPDC y su aplicación, a fín de que el Dr. Aragón estuviera en capacidad de estudiar tanto los cálculos de EPDC como los de Ingetec y rendir su concepto al Dr. Eder. Se convino finalmente en que esta reunión se llevaría a cabo el jueves 27 y el viernes 28 de junio".

Resumen de discusiones.

7. La aludida reunión tuvo lugar el 27 de junio de 1974, y su desarrollo está consignado en el memorándum de la referencia 4.d). Copia de dicho memorándum le fué remitida a Ingetec para comentarios, de modo que el Dr. Aragón, tal como se dice al final del párrafo 6 precedente, pudiera tomar una determinación en cuanto a la hidrología del proyecto y rendir el informe respectivo al Dr. Eder.

8. Posteriormente se produjeron los documentos citados en las referencias 4.e) a 4.g) que pueden resumirse con las siguientes transcripciones del documento de Ingetec, ref. 4.e):

(2o. párrafo de la carta remisoria):
Nuestros "comentarios concluyen en recomendar la presa con cota de cresta 1154" (embalse útil de 600 Mm3) "y diques en el río Cauca para una capacidad de 760 m3/s. en Juanchito".

(numeral 2, página 5, anexo 1).
"Las alturas de presa en Salvajina compatibles con la capacidad de 760 m3/s. en Juanchito se reducen a dos: la de la cota 1143 que propone EPDC y la de la cota 1154 en la que pueden resumirse los resultados de los estudios de Ingetec-Inesco".

(numeral 4, página 5, anexo 1).
"Durante las conversaciones de junio de 1974, la misión de EPDC expresó que su recomendación no cambiaría (presa en la cota 1143 y capacidad de 760 m3/s. en Juanchito)".

(numeral 5, página 6, anexo 1).
"En vista de que no se considera aceptable el resultado del estudio revisado de EPDC, con una presa a la cota 1143..., la posición final de Ingetec-Inesco es la de recomendar que se construyan la presa en la cota 1154 y los diques del río Cauca para una capacidad de 760 m3/s. en Juanchito...".

Conclusión.

9. Las dos metodologías de análisis hidrológico, la de la EPDC, y la de Ingetec-Inesco, son ambas adecuadas. Coinciden en cuanto a que las obras de diques en la planicie inundable deben corresponder a caudales de 760 m3/s. en Juanchito, y 1200 m3/s. en La Virginia. Los resultados, en cuanto a capacidad de embalse requerido en Salvajina, sin embargo, son distintos. El problema es de suma complejidad. No se trata de un sitio específico, sino de una zona relativamente extensa con sinnúmero de ríos de regímenes diferentes acerca de los cuales no tenemos suficiente información. La hidrología, en este caso, más que una ciencia se convierte en un arte. Es harto probable que si varios hidrólogos analizaran este mismo problema, cada uno obtendría un resultado diferente. Hay que aceptar pues los resultados de la EPDC y de Ingetec-Inesco, como distintos sí, pero correctos y respetables ambos.

10. Ante esta situación la definición de capacidad de embalse en Salvajina y consiguiente altura de presa, debe adoptarse con base en otras consideraciones, como podrían ser las siguientes:

a) Si tuviéramos información suficiente acerca de todos los parámetros que intervienen en la definición de la crecida no deformada de 10 años de recurrencia en el Valle, no importa las diversas metodologías de análisis hidrológico, los resultados serían, si nó iguales, al menos sí parecidos. La realidad, sin embargo, es la de que debe producirse una crecida no deformada, de 10 años de recurrencia, cuyas características no conocemos con exactitud. Los trabajos de la EPDC y de Ingetec-Inesco nos dan indicaciones de lo que puede esperarse. Y ante la incertidumbre, lo mismo que en Derecho y en Moral, la duda debe resolverse en favor del objeto mismo de duda; o sea que lo sensato es acoger el embalse de mayor volumen.

b) El sitio de Salvajina es adecuado para una presa relativamente alta, y tanto desde el punto de vista de regulación de crecidas, como de generación de energía hidroeléctrica, consideración aparte de costos, lo deseable sería tener la presa técnicamente más alta posible, a fín de aprovechar el sitio lo mejor posible.

c) Atendiendo a capacidad de generación, sin entrar en análisis de optimización, entre dos volúmenes de embalse diferentes es preferible decidirse por el mayor, puesto que, para un mismo caudal regulado, y con iguales costos de operación, brinda una más alta generación a causa de la mayor caída.

d) También un mayor embalse permite una mejor regulación de caudales de modo que se puede subir aún más el mínimo registrado y aliviar el problema de contaminación del río.

e) Como se anota en el párrafo 3o. de la carta remisoria de la referencia 4.e), la presa con corona a la cota 1154 cuesta 5 millones de dólares más que la presa de corona a la elevación 1143 lo cual equivale tan solo al 3.2% del costo total del proyecto.

11. En consecuencia me permito recomendar acoger el embalse de 600 Mm3 con presa de corona a la elevación 1154.

C. OBRAS EN SALVAJINA

12. Referencias:

12.a) Comentarios de H. Mineo (EPDC) de junio de 1974 al complejo de obras de Salvajina propuesto por Ingetec-Inesco en su informe de mayo de 1974.

12.b) Carta de Ingetec No. DT.72.1/5096 (agosto 6 de 1974) de comentarios al documento de la ref. 12.a).

12.c) Carta de CVC (O. J. Guerrero) a Ingetec (agosto 13 de 1974) de comentarios a la carta de ref. 12.b).

12.d) Carta de Ingetec No. DT.72.1/5687 (septiembre 6 de 1974) de respuesta a los comentarios de la carta de ref.12.c).

Resumen.

13. En su informe de marzo de 1970 EPDC recomendaba una presa de arco-gravedad de concreto en el sitio de Salvajina. Ingetec-Inesco, en su informe de mayo de 1974 descarta el tipo de presa recomendado por EPDC, por razones geológicas, y recomienda una presa de gravas con pantalla de concreto. EPDC, en su documento de la referencia 12.a) descarta también su recomendación de marzo de 1970, pero hace reparos de carácter técnico al tipo de presa recomendado por Ingetec-Inesco y recomienda que se construya una presa de escollera con núcleo impermeable, conforme a su alternativa presentada en el informe de marzo de 1970. Ingetec, en su documento de la referencia 12.b) (pp. 1 a 5 del anexo) concluye, por los argumentos allí expuestos, que la presa de gravas con pantalla de concreto es una estructura que responde en forma adecuada al sitio, y no ofrece posibilidades de fallas de ninguna magnitud imprevisible, y se reafirma en recomendar ese tipo de presa. Además estima que la de escollera con núcleo impermeable con corona a elevación 1154, tendría un costo mayor que la de gravas con pantalla de concreto, de valor cercano a los 10 millones de dólares.

14. Otro punto de discusión entre EPDC e Ingetec-Inesco es el relativo a instalación de compuertas en la toma de carga. Ingetec no las considera necesarias en tanto que EPDC las estima indispensables para inspección y eventuales reparaciones del túnel de carga. Ingetec, en su documento de referencia 12.b) (p. 5 del anexo) explica por qué no estima necesarias las compuertas, y en su carta de referencia 12.d) (p. 2) calcula su costo en 300 mil dólares.

15. EPDC, en su documento de la referencia 12.a) propone que la toma del túnel de descarga de fondo se ubique por encima del nivel de sedimentación y que se instale una compuerta auxiliar a la entrada del túnel. Ingetec, en su documento de ref. 12.b) (p. 7 del anexo) defiende su esquema original, y en su documento ref. 12.d) (p. 5) estima el mayor costo de la recomendación de EPDC en 1,3 millones de dólares.

16. Otra recomendación de EPDC en su documento ref. 12.a) es la de que se desplace la casa de máquinas más hacia la presa, acortando así la longitud de tuberías de carga, lo cual es traduciría en obtener economías en las mismas y en el rebosadero. Ingetec, en su documento ref. 12.b) (pp. 6 y 7 del anexo) defiende su esquema por razones de estabilidad de los cortes del estribo respectivo. Sin embargo, termina diciendo que en la etapa de diseño final se puede estudiar esta recomendación nuevamente. En el mismo documento citado EPDC manifiesta que, en términos generales, un túnel de conducción de más de 700 m. de longitud, como el propuesto por Ingetec-Inesco, pide una almenara o, alternativamente, mayores espesores de blindaje y concreto, menor velocidad, cierre más lento de turbina, o cambio de sección del túnel. Ingetec por su parte, en su respuesta de la ref. 12.b) (p. 6 del anexo), explica que el blindaje por ellos propuesto está previsto para resistir la sobrepresión del golpe de ariete sin necesidad de almenara.

17. En cuanto a las otras recomendaciones del documento ref. 12.a) de EPDC, que se resumen en un túnel de carga para cada unidad, en lugar de uno solo con trifurcación propuesto por Ingetec-Inesco, y cambio en el tipo de rebosadero; Ingetec, en su documento de ref. 12.d), sostiene que tales modificaciones no son factibles en su esquema y que, por las razones que allí presentan, no las considera necesarias.

Conclusión.

18. En cuanto hace relación al tipo de presa, los argumentos de EPDC para recomendar escollera con núcleo impermeable se afinzan, esencialmente, en buscar la máxima seguridad. Sus planteamientos (ref. 12.a) básicamente exponen la desconfianza de EPDC en cuanto a la bondad de una presa de gravas con pantalla de concreto en el sitio de Salvajina. Por su parte Ingetec-Inesco, en su carta ref. 12.b) de respuesta a los interrogantes de EPDC (ref. 12.a), presenta consideraciones aceptables en principio en cuanto a la seguridad que brindaría la presa de gravas y pantalla de concreto por ellos recomendada, en comparación con la de escollera y núcleo impermeable recomendada por EPDC, y estiman un menor costo (10 millones de dólares) para el tipo de presa por ellos recomendada.

19. De mi parte yo aconsejo acoger, en principio, la recomendación de Ingetec-Inesco en el sentido de decidirse por la presa de gravas y pantalla de concreto con corona a la elevación 1154, con la salvedad

de que en la etapa de diseño deben estudiarse, con el mayor detalle, todas las posibilidades de falla y tomar las provisiones necesarias para asegurarse de su plena estabilidad.

20. En cuanto a los otros aspectos en discusión tales como buscar una ubicación de la casa de máquinas más próxima a la presa; instalar compuertas en la toma de carga y subir la toma de la descarga de fondo; se deben estudiar y definir en la etapa de diseño final. El mayor costo de los dos renglones mencionados en último lugar lo estima Ingetec, (ref. 12.d), en 1,6 millones de dólares, equivalentes al 1,7% del costo estimado de obras en Salvajina.

D. GENERACION HIDROELECTRICA

21. Referencias:

21.a) Comentarios de K. Shindo (EPDC) de junio de 1974 relativos a capacidad de generación hidroeléctrica a instalarse en Salvajina.

21.b) Carta de Ingetec No. DT.72.1/5392 (agosto 22 de 1974).

Resumen.

22. EPDC, en su informe de marzo de 1970, con un embalse útil de 350 Mm3, nivel de embalse a la elevación 1139 y factor de capacidad de 0,44, recomendaba una instalación de 210 MW (3 unidades de 70 MW c/u.) para una generación media anual de 92 MW (813 Gwh/año).

23. Ingetec-Inesco, en su informe de mayo de 1974, con un embalse útil de 720 Mm3, nivel de embalse a la elevación 1154 y factor de capacidad de 0,40 recomiendan una instalación de 270 MW (3 unidades de 90 MW c/u.) para una generación media anual de 106 MW (930 Gwh/año).

24. K. Shindo (EPDC) en su documento de la referencia 21.a) se sostiene en la recomendación inicial de marzo de 1970 de instalación de 210 MW en Salvajina.

25. Ingetec-Inesco, en su carta de la referencia 21.b) presentan un análisis de las posibilidades de generación con base en factores de capacidad de 0,40 y 0,60 para capacidad nominal de 270 MW y confiable de 180 MW respectivamente y concluyen en recomendar una instalación inicial de 180 MW (2 unidades de 90 MW c/u.) y una futura de 90 MW, para una capacidad final de 270 MW.

Conclusión.

26. Es indudable que con un mayor volumen de embalse, consiguiente

mayor regulación y más alta caída, es posible una generación mayor que con el embalse de menor volumen. En efecto, como se deduce de los párrafos 22 y 23 precedentes, la diferencia de generación anual que el embalse propuesto por Ingetec-Inesco brinda sobre el propuesto por EPDC, es de 117 Gwh que al precio de compra de $0.135/Kwh. en 1974 da un total de $15'795.000/año. En los 50 años de vida económica del proyecto esto equivaldría, a precios constantes de 1974, a $789'750.000 (ó US$ 29,9 millones).

27. Por otra parte, en el cuadro 7-1 del informe Ingetec-Inesco de mayo de 1974 aparecen los siguientes costos de obras en Salvajina para presa con corona a la elevación 1152; y capacidad instalada de 270 MW (incluídos imprevistos e ingeniería):

presa y embalse	(millones US$)	55,3
Central hidroeléctrica	(millones US$)	38,2
		93,5

Pero el costo de obras en Salvajina con presa de corona a elevación 1154, según el anexo de la referencia 4.e) (p. 2, anexo 1), es de 95 millones de dólares (incluída ingeniería e imprevistos). Proporcionando este valor a los dados arriba resultan los siguientes costos:

presa y embalse	(millones US$)	56,2
Central hidroeléctrica	(millones US$)	38,8
		95,0

EPDC, en su informe de marzo de 1970, Vol. I, cuadro 6-13, p. 6-29, presenta estimados de costos de 15,5 y 20,5 millones de dólares para centrales de 210 MW y de 280 MW respectivamente. Proporcionando estas cifras a 270 MW resulta una relación de 128% entre costos de plantas de 270 y 210 MW. Suponiendo que esa relación se mantiene aún, se tendría que la Central hidroeléctrica de 210 MW de capacidad instalada con presa de corona a elevación 1154 valdría US$ 30,3 millones o sea que la mayor instalación de 60 MW (270 - 210) costaría 8,5 millones de dólares, de lo cual resulta un costo unitario de US$141/KW instalado que resulta atractivo. Sin embargo es muy posible que un estudio detallado de costos de las dos alternativas muestre que la diferencia es menor de los 8,5 millones de dólares antes anotados.

28. Por otra parte, el disponer de una mayor capacidad para picos cuando se tiene un embalse de gran capacidad, como en el caso presente, representa innegables ventajas, máxime si se tiene en cuenta que el vaciado del embalse para control de crecidas puede hacerse a través de turbinas en vez de hacerlo por el túnel de desagüe.

29. En consecuencia me permito recomendar, en principio, la instalación de 270 MW en 3 unidades de 90 MW c/u. con la observación de que, a mi juicio, este capítulo de generación de energía requiere aún un mayor refinamiento, en el estudio de optimización de planta.

E. OBRAS EN LA PLANICIE INUNDABLE Y COSTOS DEL PROYECTO

30. Referencias:

4.e) Carta de Ingetec No. DT.72.1/4888 (julio 29 de 1974), en que recomiendan presa con corona a la elevación 1154.

30.a) Memorándum CVC No. C-21369 (agosto 20 de 1974) relativo a caudales y niveles del río Cauca para definición de diques.

30.b) Memorándum CVC No. C-21453 (septiembre 9 de 1974) de costo de obras en la planicie inundable.

31. En el memorándum de la referencia 30.a) se definen los caudales y niveles a lo largo del río correspondientes a caudales de 760 m3/s. en Juanchito y 1.200 m3/s. en La Victoria. En el memorándum de la referencia 30.b) se dan los volúmenes de diques del río Cauca correspondientes a los niveles definidos en el documento de referencia 30.a); se dan los criterios de determinación de niveles y espaciamiento de diques, y se presenta, además, un cuadro de costos del complejo de obras de diques, canales interceptores, drenajes primarios y plantas de bombas a construírse en la planicie inundable; cuadro que arroja un total de costos directos de 52 millones de dólares, sin incluír imprevistos e ingeniería; y de 62 millones de dólares, incluídos éstos. Respecto de las obras en la planicie inundable no se han presentado discrepancias de criterio entre los consultores y la CVC; y, en tal virtud mi recomendación es la de que, en esta etapa de estudios, se acepten tales resultados con la condición de que para el diseño final se implemente el programa de simulación que permita definir con adecuada precisión el espaciamiento y altura de diques finales.

32. En el documento de la referencia 4.e) Ingetec recomienda presa en Salvajina con corona a la elevación 1154 y diques del río Cauca correspondientes a caudal de 760 m3/s. en Juanchito. El costo de obras en Salvajina (p. 2 del anexo a la referencia 4.e), lo estima Ingetec en 79 millones de dólares (sin incluír imprevistos e ingeniería); y en 95 millones de dólares (incluído un 20% para imprevistos e ingeniería).

33. En síntesis, el costo total del proyecto de Regulación del río Cauca con presa en Salvajina de corona a elevación 1154 y diques a lo largo del río Cauca para caudales de 760 m3/s. en Juanchito y 1.200 m3/s. en La Victoria; incluído un 20% de imprevistos e ingeniería son como sigue:

	millones de US$
Obras en Salvajina	95
Obras en la planicie inundable ...	62
Total ...	157

F. PROGRAMA DE CONSTRUCCION E INVERSIONES

34. Referencia:

34.a) Memorándum CVC No. C-21524 (septiembre 24 de 1974) de costos y plan de construcción e inversiones.

35. En el memorándum de referencia 34.a) se analizan varios programas alternativos de construcción de obras de adecuación de tierras en la planicie inundable por el río Cauca y se recomienda empezarlas simultáneamente con la construcción de las obras de Salvajina. Se dice que el bordo libre de diques, de 1.00 m. por encima de los niveles de caudales regulados por el embalse de Salvajina da también protección para la zona entre Riofrío y La Virginia, aunque con un bordo libre menor, que a la altura de Riofrío sería de 0,40 m.; y se concluye en que, durante el lapso de 5 años de construcción de la presa de Salvajina, la política general a seguir sería la de construír las obras de adecuación de tierras de Riofrío hacia el norte, ya que al sur de Riofrío la construcción de obras solo dará la protección requerida cuando el embalse de Salvajina entre en funcionamiento.

36. Con base en ello, y en el programa de inversión de costos de obras de Salvajina propuesto por Ingetec-Inesco, se presenta, en el memorándum de la referencia 34.a), el siguiente cuadro de plan de inversiones para el proyecto de Regulación del Río Cauca :

Cuadro de Programa e Inversiones

Año	Obras en Salvajina (5 años)	Obras en la planicie inundable		Total
		5 primeros años	años siguientes	
1	15'8	1'5		17'3
2	8'7	3'0		11'7
3	13'3	4'5		17'8
4	31'2	7'0		38'2
5	26'0	9'2		35'2
6			12'0	12'0
7			10'0	10'0
8			8'0	8'0
9			4'5	4'5
10			2'5	2'5
Total	95'0	25'2	37'0	157'2

VAA: jgpp

A. HYDROLOGY

(By: Mr. K. Shindo)

The hydrologic analysis used in the New Report (1974) in order to obtain the optimum scale of Salvajina reservoir and dikes is as follows:

(1) The "once in 10 years" peak discharge is set up by statistical treatment, for each station of the Cauca River.

(2) The "once in 10 years volume" that exceeds the base flow is calculated by statistical treatment for each station of the Cauca River.

(3) The shape of the "once in 10 years" flood is assumed experimentally.

(4) On the basis of (1) (3) the representative flood hydrograph of the "once in 10 years flood" is established, for each station.

(5) Using this hydrograph in Juanchito, the volume (necessary reservoir capacity) which exceeds the river capacity at Juanchito, is calculated.

I think this is a good and conventional method.

Five years ago, when we were engaged with the hydrology of the Cauca River, we also considered using this method, at first. But we didn't use this. Now, let us call this method, the 1st. method.

There is another method. It is to choose a hydrograph on one real flood which seems to be the "once in 10 years flood" (for example 1966 flood or 1950 flood), and to use this as the representative hydrograph of the "once in 10 years

flood", and to decide the reservoir capacity and river capacity on the basis of this hydrograph.

Now, let us call this method, the 2nd. method.

Let us have a hypothesis that the volume which exceeds the base flow of this real flood, corresponds to "once in 10 years". In this flood, does the exceeding volume for the river capacity of 700 m3/s. correspond to the "once in 10 years"? And does the exceeding volume for the river capacity of 700 m3/s. correspond to "once in 10 years"?

I think that they do not.

In the case of this hydrograph, even the peak discharge doesn't correspond to "once in 10 years".

That means, this hydrograph is not suitable for the representative hydrograph for determining the necessary reservoir capacity.

In the case of the 1st. method, which is adopted in the New Report (1974), the volume which exceeds base flow corresponds to "once in 10 years", and the peak discharge also coresponds to "once in 10 years".

Comparing the 1st. method with the 2nd. method, the 1st. method is much better than the 2nd. one, as the representative hydrograph for the project.

Surely, the volume which exceeds the river capacity of 700 m3/s. in the 1st. method is much nearer to the "once in 10 years" volume, than that in the 2nd. method.

Because the peak discharge is the "once in 10 years" discharge, and the flood shape is estimated experimentally, in the 1st. method. But, anyhow, the volume which exceeds the river capacity is not calculated, so it will contain some errors.

The 3rd. method which is adopted in the EPDC report of 1970, is the method where the "once in 10 years" volume which exceeds each river capacity is calculated directly by the statistical way.

In the case of EPDC Report, in the real work, we obtained the representative hydrograph only in figures, but we didn't plot it because the graphical representation is not necessary for planning.

Instead of drowing a graph, we made a diagram which presents the "once in 10 years" exceeding volume for each river capacity. This diagram is named Fig. 6.44) and is in page 6-9 in that report.

In this diagram, the "once in 5 years" volume, "once in 20 years" volume .. .. etc., for each river capacity at Juanchito are also presented. As conclusion, I think the 1st. method is good, but the 3rd. method is still better than the 1st. for determining the reservoir capacity.

(A postscript I).

As the registered hydrographs of real floods in the Cauca Valley are deformed by inundations, we could not use these hydrographs directly, in the process of the calculation in the 3rd. method.

So, we reconstructed underformed hydrograph for each flood, using underformed hydrograph data in the Cauca River and in tributaries. And on the bases of these underformed hydrographs, we had calculated the volumes which exceed each river capacity, for each flood.

(A postscript II)

It is possible to estimate the river discharge of the next day at Juanchito, using today's data at Salvajina and at tributaries (the floods take about one day in their flow from Salvajina to Juanchito.

So, in the future, CVC will be able to control the tomorrow's discharge at Juanchito, knowing today's river discharge at Salvajina and at tributaries, estimating tomorrow's discharge at Juanchito, and operating today, the control valve of Salvajina dam.

Capacity of the Salvajina Reservoir and capacity of the Cauca River

The result of our study for the capacity of Salvajina Reservoir and the capacity of Cauca River, which is done using the hydrological data (1946-1972) and adopting the method of EPDC for hydrology analysis, is as follows:

River capacity at Juanchito 760 m3/s.
at La Victoria 1120 m3/s.
Necessary reservoir capacity for Juanchito : 300 x 10^6 m3
for La Victoria . 410 x 10^6 m3.

(The river capacity is determined to be the capacity which can control the "once in 10 years flood" from the drainage area downstream of Salvajina).

On the basis of the result above-described, it is favorable to adopt the scale as follows:

River capacity at Juanchito 760 m3/s.
at La Victoria 1120 m3/s.
Effective reservoir capacity 410 x 10^6 m3.
Maximum water level of reservoir 1139 m.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

CALI - COLOMBIA

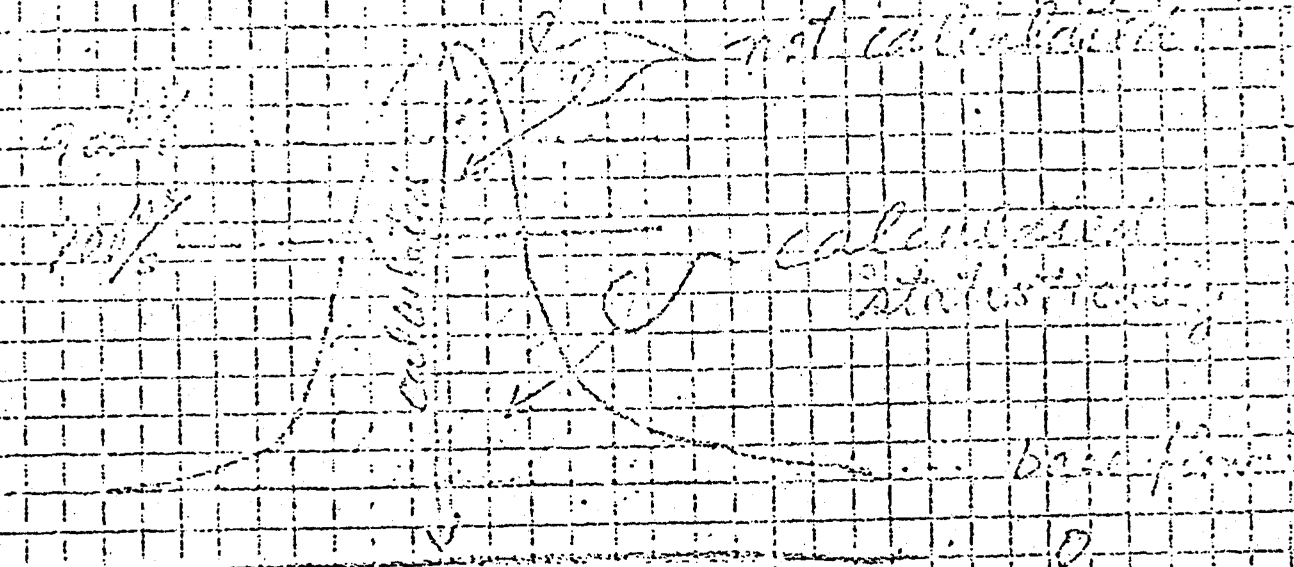
Hoja 6 de 7

Fecha

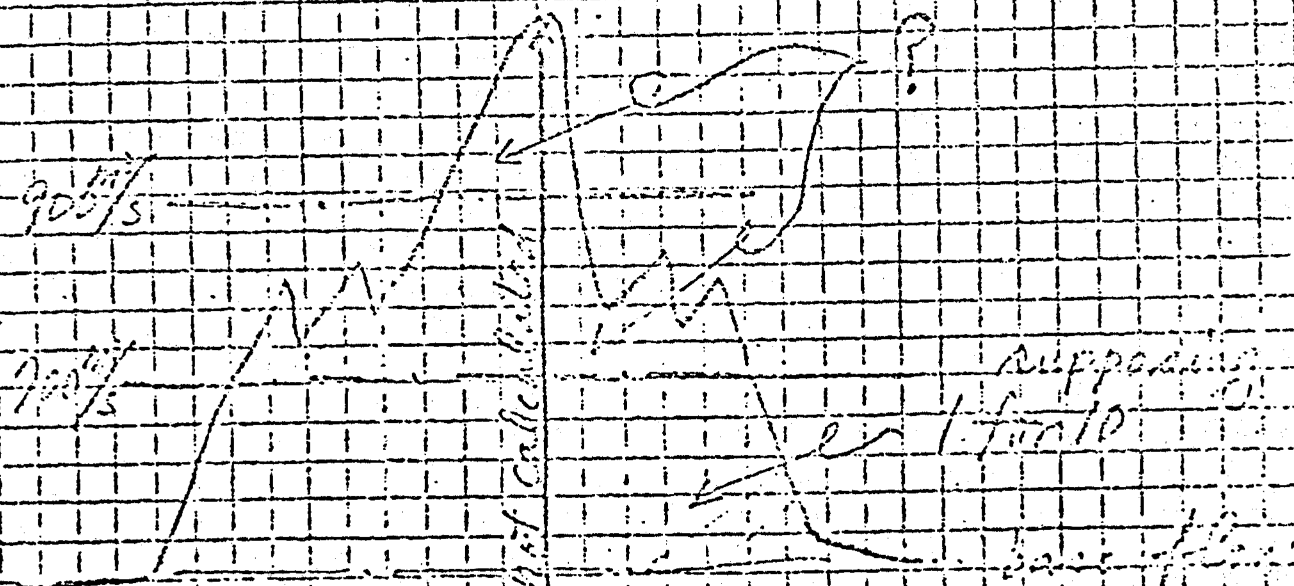
Elab. por

Rev. por

The 1st method:



The 2nd method:

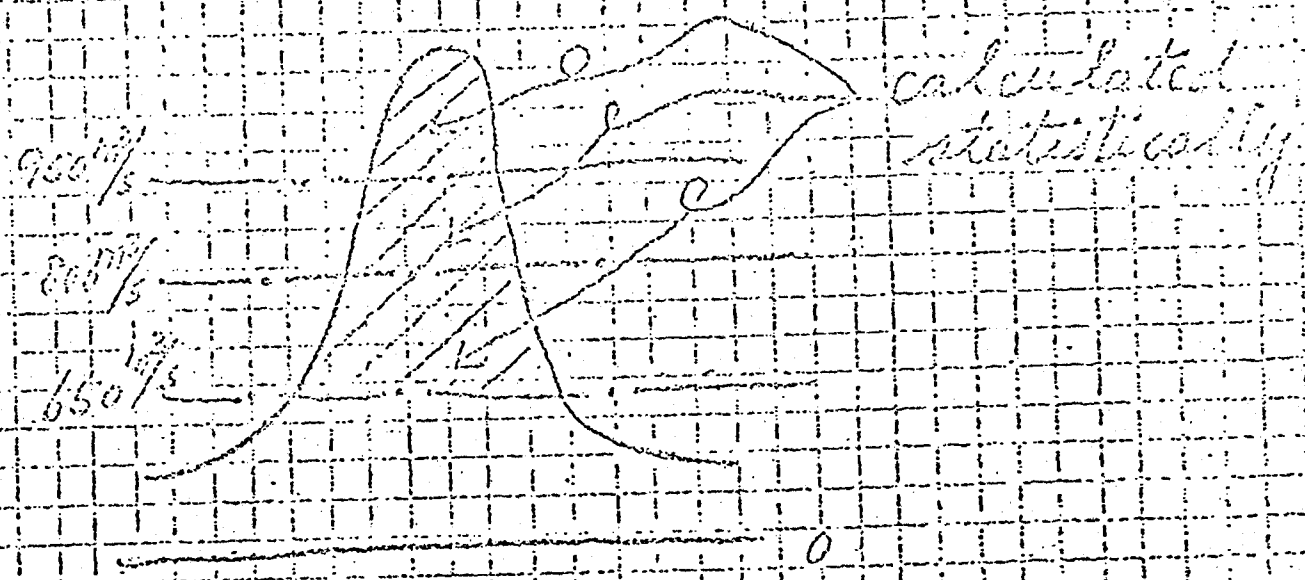


CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
CALI - COLOMBIA

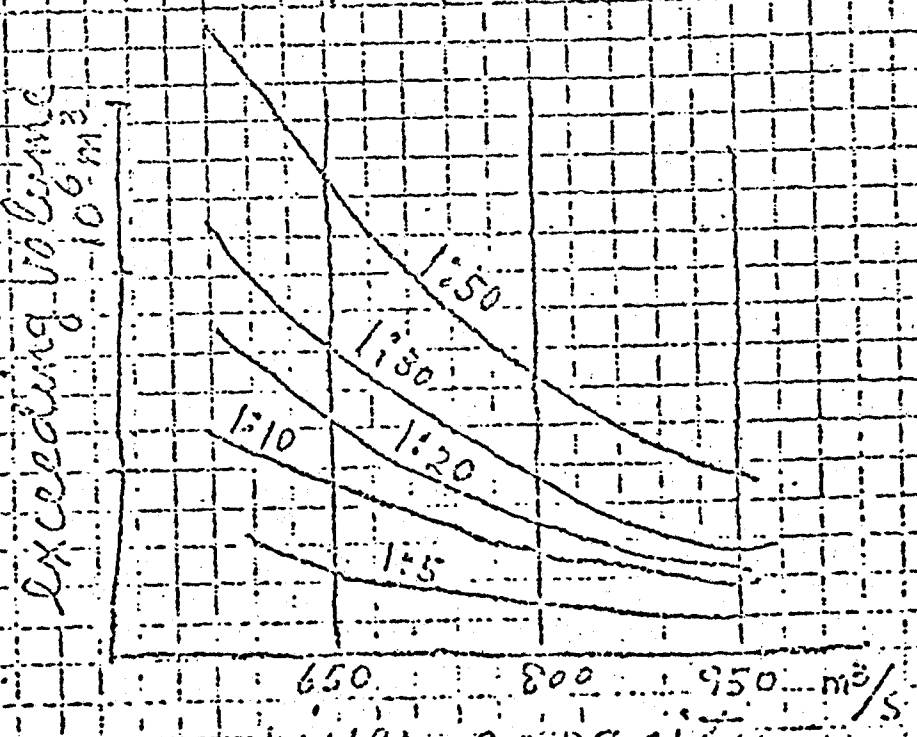
Hoja 7 de 8
Fecha junio 11 1974
Hec. por K. Shinda
Rev. por

Regulación Rio Cauca
Revisión Informe Ingetec-Inesco
de mayo, 1974

The 3rd method



style of expression of the 3rd method



8 papers 46

CVC CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
CALI - COLOMBIA

Obra No.
Proyecto Cauca River Regulation Project
Trabajo Hydrology II

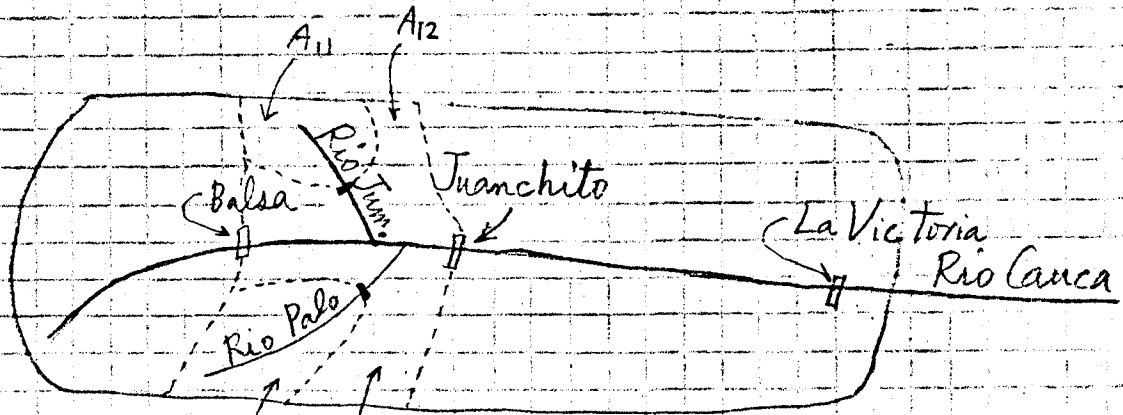
Hoja 1 de 8
Fecha
Ejec. por
Rev. por

Hydrology - (II)

(1) Estimation of undeformed flood shapes at Juanchito, for every year's flood (1946 ~ 1972) was done, using the datas of discharge at La Balsa, and at Tributaries, and employing the formula

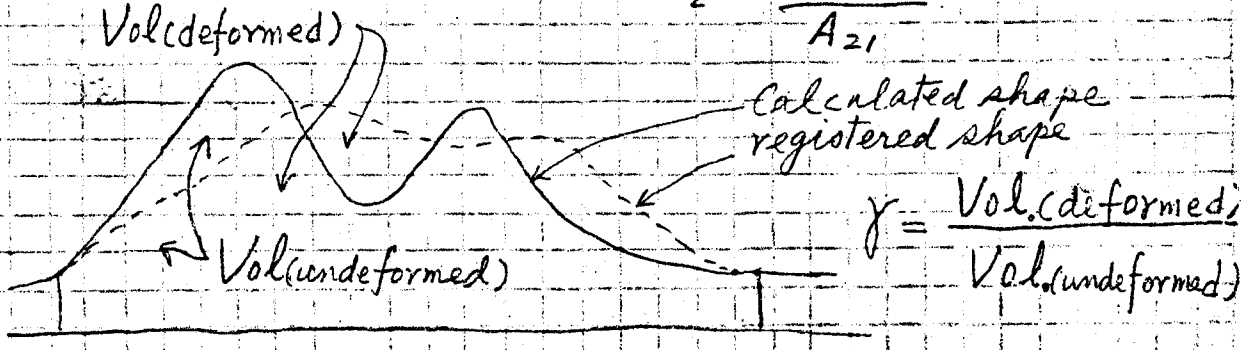
$$Q_J = \gamma \{ Q_B + \beta (\alpha_1 Q_{Jum} + \alpha_2 Q_{palo}) \}$$

Because of the fact that Q_B and $Q_{tributaries}$ are "undeformed", the Q_J becomes "undeformed".



$$\alpha_1 = \frac{A_{11} + A_{12}}{A_{11}}$$

$$\alpha_2 = \frac{A_{21} + A_{22}}{A_{21}}$$

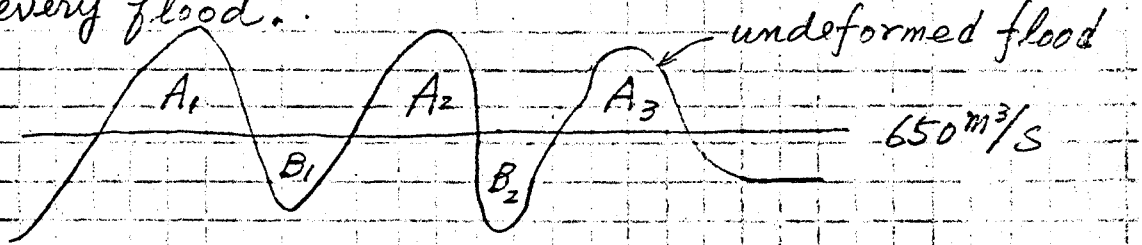


$$\gamma = \frac{Vol.(deformed)}{Vol.(undeformed)}$$

(2) Max. discharge at Juanchito, from the drainage area downstream of Salvajina, for every year, were calculated. The statistical treatment was done, and the "1 for ten years" flood at Juanchito from the above-said area was obtained. ($760\ m^3/s$).

This value is the least necessary river capa-city at Juanchito. because this flood can not be controled by Salvajina reservoir.

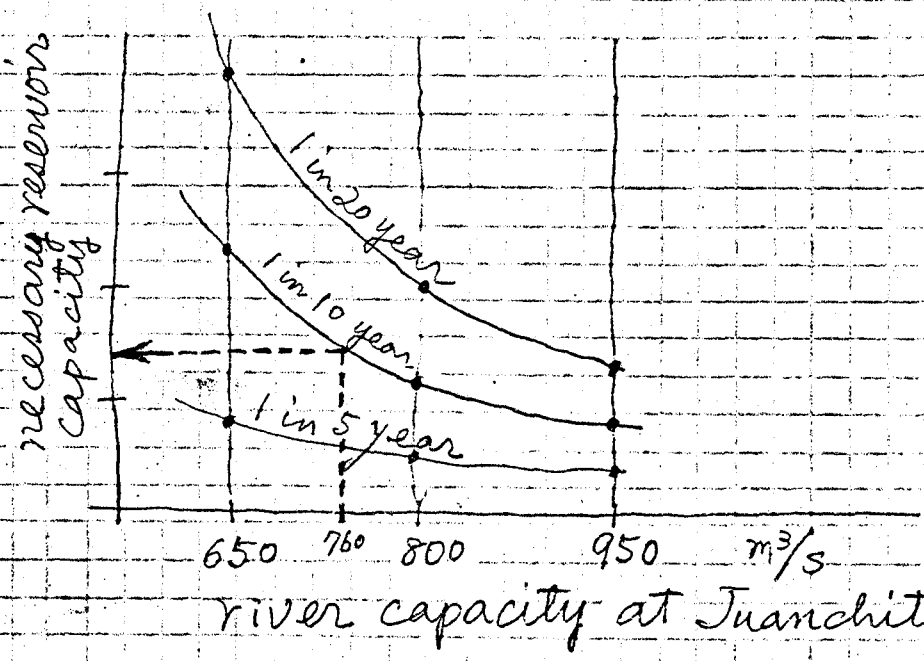
(3) The necessary reservoir capacities for the river capacity of $650\ m^3/s$ at Juanchito (the volumes which exceeded the river capacity of $650\ m^3/s$) for every flood from 1946 to 1972, were obtained, calculating Max. value of $\Sigma(A_i - B_i)$. for every flood.



The statistical treatment was done, and the necessary reservoir capacity for "1 in 10 years" flood, in the condition where the river capacity at Juanchito was $650\ m^3/s$, was obtained.

(4) The necessary reservoir capacities for "1 in 10 years" flood in the cases where the river capacity at Juanchito was 800 m³/s and also was 950 m³/s, were obtained, by the same manner as (3).

(5) On the base of the result which was got by (3) and (4), the diagram which showed the relation between the river capacity and the necessary reservoir capacity was ploted, as follows.



(6) Using this diagram, the necessary reservoir capacity for the "1 in 10 years" flood in the case where the river capacity at Juanchito was 760 m³/s, was obtained.

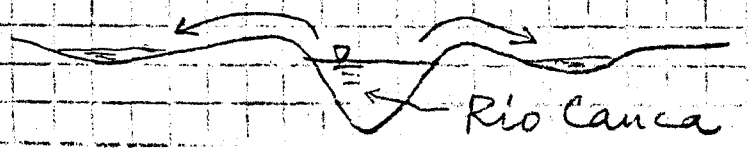
This value was $200 \times 10^6 m^3$ by the standard logalithmic deviation method, $315 \times 10^6 m^3$ by the Gumbel method, and $280 \times 10^6 m^3$ by the Graphical method.

(7) The allowance volume for the mis-operation of the gates at the Salvajina reservoir, was added to the necessary reservoir volume obtained by (6).

In this case, "ΣA_i" for every flood were calculated, and $V_{\Sigma A_i}$ for "1 in ten years" flood was obtained by statistical way. The difference between $V_{\Sigma A_i}$ and $V_{\Sigma(A_i - B_i)}$ (Obtained by (3)) was calculated. And 1/3 of it was considered as the allowance volume for the mis-operation of the gate. ($\frac{1}{3} \times 69 \times 10^6 m^3$ by standard logalithmic Diviation)

$$\text{Allowance} = \frac{V_{\Sigma A_i} - V_{\Sigma(A_i - B_i)}}{3}$$

(8) The volume of water which remained in the Cauca Valley after inundation was also considered.



In order to estimate the remaining volume, the calculation was done, using the discharge data at Balsa, which were not influenced by inundations.

The exceeding volumes for river capacity of 450 m^3/s at La Balsa (the ratio of "$Q_{Juanchito\ average}$" to "$Q_{Balsa\ average}$" is 1.44, so 650 m^3/s at Juanchito corresponds to $\frac{650\ m^3/s}{1.44}$ = 450 m^3/s at La Balsa) were calculated for every year's flood, and the "1 in 10 years" volume was obtained statistically.

Multiplying this value by 1.29, the "1 for 10 years" volume ($438 \times 10^6 m^3$) was got, for the river capacity of 650 m^3/s at Juanchito.

1.44 : ratio for average discharge.

1.13 : " " peak discharge.

$(1.44 + 1.13) \times 1/2 = 1.29$

Deducting $350 \times 10^6 m^3$ (volume obtained by (3)) from $438 \times 10^6 m^3$, we got $88 \times 10^6 m^3$, as the remaining volume.

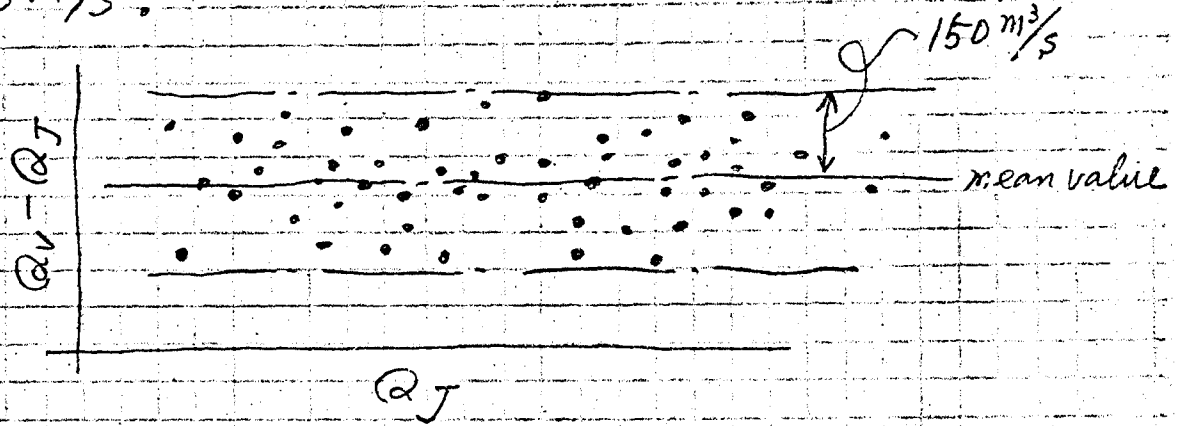
(9) Summing up the volumes which were obtained by (6). (7) and (8), We got the necessary reservoir capacity for the river capacity of 760 m^3/s at Juanchito.
((7) and (8) were obtained for river capacity of 650 m^3/s. But, it is safety side to adopt these values for the case - 760 m^3/s)

(10) The same calculation as "the above", were done for La Victoria, except the fact that we used the coefficient of δ always as 1, because we could'nt catch the "Vol. deformed", by the reason that the registered hydrographs at La Victoria were completely deformed.

(11) In future, CVC will be able to control the flood at Juanchito by the gate-operation at Salvajina reservoir, almost completely. But it is difficult to control the flood at La Victoria by gate-operation, because the flood takes 3 days from Salvajina until La Victoria in its flow, and the operater can not estimate the discharge

of tributaries, which are located just upstream of La Victoria, because it can reach at La Victoria in 1 day.

(12) Relation between ($Q_{La\ Victoria} - Q_{Juanchito}$) and $Q_{Juanchito}$ was investigated. the value of ($Q_{vic.} - Q_{Juan.}$) were fluctuated, when they were ploted on the graph, using the flood discharge data in the Past. But Max. value of deviation was about 150 m^3/s.



So, in order to prevent the "over-topping phenomenon" by this fluctuation, there seems to be two ways. One way is to augment the river capacity at Victoria, adding the capacity of 150 m^3/s, and the other is to augment the reservoir capacity, adding $210 \times 10^6\ m^3$. But, both of these two ways are not economical.

The most economical way exist in the middle of two ways.

That is the way to augment the reservoir capacity about $100 \times 10^6 m^3$, and to augment the river capacity $80 m^3/s$.

Thus, we got, as reservoir capacity,

$300 \times 10^6 + 88 \times 10^6 = 388 \times 10^6$ (Stand. Log. D.)

$350 \times 10^6 + 88 \times 10^6 = 438 \times 10^6$ (Graphical M.)

for the river capacity of $1200 m^3/s$ at la Victoria which corresponded to the "1 in 10 years" flood discharge from downstream drainage area of Salvajina.

[post-script]

1. $120 m^3/s$ of river capacity at La Victoria can be got by "peak-cut by Sonso and Burriga".

When we choose $1,200 m^3/s$ for La Victoria, we can eliminate regulating ponds at Sonso and Burriga.

Ref. 4.c)

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
CALI - COLOMBIA

Hoja ____ de ____
Fecha ____
Ejec. por ____
Rev. por ____

Juanchito (760 m³/s of river Capacity)

Unit 10^6 m³

Standard Log. D. 200 + 88 + 23 = 311
Gumbel 315 + 88 + 32 = 435
Graph 280 + 88 + 31 = 399
In the past 2 times of Inundation during 29 years.
(1950, 1966)

Victoria (1120 m³/s of River Capacity)

Unit 10^6 m³

Standard Log. D. 200+88+210 = 498
Graph 250+88+210 = 548
In the Past 2 times of Inundation for 29 years

Or Victoria (1200 m³/s)

Standard Log. D. 300 + 88 = 388
Graph 350 + 88 = 438

recomendation

Riservoir Capacity 410 ~ 430 × 10^6 m³
River Capacity 760 m³/s at Juanchito
1.200 " at Victoria

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

CALI - COLOMBIA

Obra No. _____ Hoja _____ de _____

Proyecto _____ Fecha _____

Trabajo _____ Ejec. por _____

Rev. por _____

$Q = KA^{0.26}$ $K = 138$ $B: 5,480\ km^2$ $J: 9,060$ "

$Q_J = KA_J^{0.26}$

$Q_B = KA_B^{0.26}$ $Q_J = \left(\frac{A_J}{A_B}\right)^{0.26} Q_B = 1.15^{0.26}$

$Q_J = 1.13\, Q_B$

(1) remain Volume

$339 \times 10^6 \times 1.29 = 438 \times 10^6$

$438 \times 10^6 - 350 \times 10^6 = 88 \times 10^6\ m^3$ ... for Capacity of $650\ m^3/s$

the rates of $Q_J\ max / Q_B\ max = 1.13$

" $Q_J\ average / Q_B\ average = 1.44$

$1.29 = \frac{1.44 + 1.13}{2}$ $\frac{650\ m^3/s}{1.44} = 450\ m^3/s$

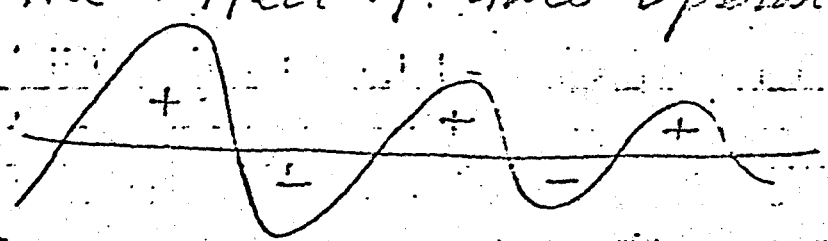
(1.44 for average
1.13 for peak)

Exceeding Volume for $450\ m^3/s$ at Balsa by statistical treatment $= 339 \times 10^6\ m^3$. Exceeding Volume for $650\ m^3/s$ at Juanchito $= 350 \times 10^6\ m^3$.

$438 \times 10^6\ m^3$ contain the remain Volume.

350 " don't contain " "

(2) The Effect of Gate Operation



When we eliminate (−) effect, for 1/10 flood, $67,000,000\ m^3$ must be added to necessary reservoir Capacity for the standard Log. D.

Counting 1/3 for it as misoperation effect of gate operation,

We obtain $23 \times 10^6\ m^3$ for "S.L.D"

32 " for "Gumbel"

31 " for "Graph"

$23 \times \frac{504 \times 10^6}{350 \times 10^6} \doteq 32$ $23 \times \frac{470}{350} \doteq 31$.

for 650 m³/s of River Capacity at Juanchito,

The result of Calculation of EPOC.

Standard Log. D.	350×10^6 m³
Gumbel	504 " "
Graph	470 "

The result of Calculation of Ingetec

Gumbel	About 517×10^6 m³
Graph	About 460~540 "

Attention: for 760 m³/s, the necessary Volume is different.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

CALI - COLOMBIA

Gumbel

650 m³/s at Juanchito

Hoja _____ de _____

Fecha _____

Ejec. por _____

Rev. por _____

	x	x^2
1	878	770884
2	625	390625
3	361	130321
4	357	127449
5	310	96100
6	156	24336
7	78.9	5914
8	71.3	5084
9	71.2	5069
10	67.4	4583
11	36.2	1310
12	35.4	1253
13	23.0	529
14	16.4	269
15	14.5	210
16	8.2	67
17	7.3	53
18	4.9	24
	~~3 3 3 3 6~~ 3120.0	080 1564,~~180~~

$X_i = 173.33 \quad 86\,899$

$$\frac{1}{a} = \left\{\frac{86\,899 - 173.33^2}{1.364010 - 0.48558^2}\right\}^{\frac{1}{2}}$$

$= \sqrt{50\,394}$

$= \cancel{70.77}$ 224.5

$b = 173.33 - (\cancel{70.77} \times 0.48558)$ 224.5

$= \cancel{\ldots}$ 2.32

$X = \cancel{\ldots} + \cancel{70.77}Y$ 64.24 + 2225Y

$Y = 1.96$ 440

$X = \cancel{273.00}$ $X = 504$ — 504×10^{6}

18 Datos for 23 years

Zero for 5 years

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

CALI - COLOMBIA

Nota No. _____ Hoja _____ de _____

Proyecto _____ Fecha _____

Trabajo _____ Ejec. por _____

[illegible] m³/s at Tranchito Rev. por _____

	X	X^2
1	501	251.001
2	347	120.409
3	134	17.956
4	98.7	9.742
5	95.6	9.139
6	95.5	9.120
7	36.3	1.318
8	32.5	1.056
9	26.8	718
10	19.8	392
11	6.04	36
12	3.7	14
13	3.5	12
14	2.9	8
⋮		
23	0	

$\Sigma X_i = 1403.34$ $\Sigma X_i^2 = 420,921$

$\bar{X} = 100.24$ $\overline{X^2} = 30,065.78$

$\bar{X}^2 = 10,048.06$
$10,047.77$

$\overline{X^2} - \bar{X}^2 = 20,018.01$

$S_x = \sqrt{20,018.01} = 141.49$

$\bar{y} = 0.5094$ $S_y = 1.0078$

$\frac{1}{a} = S_x / S_y = 140.40$

$X_0 = \bar{X} - \bar{y} \cdot \frac{1}{a} = 100.24 - 71.52$
$= 28.72$

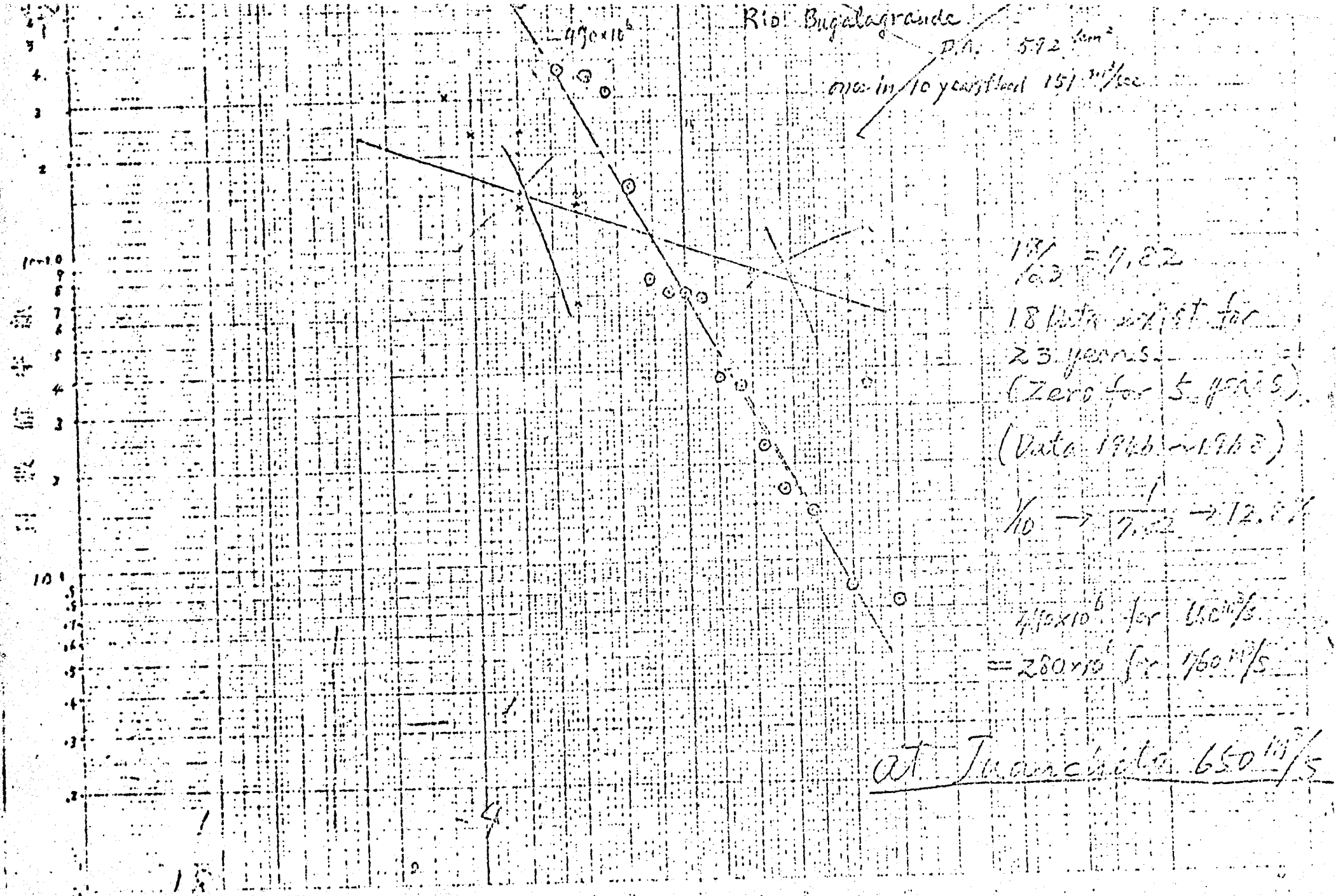
$1/6.087$

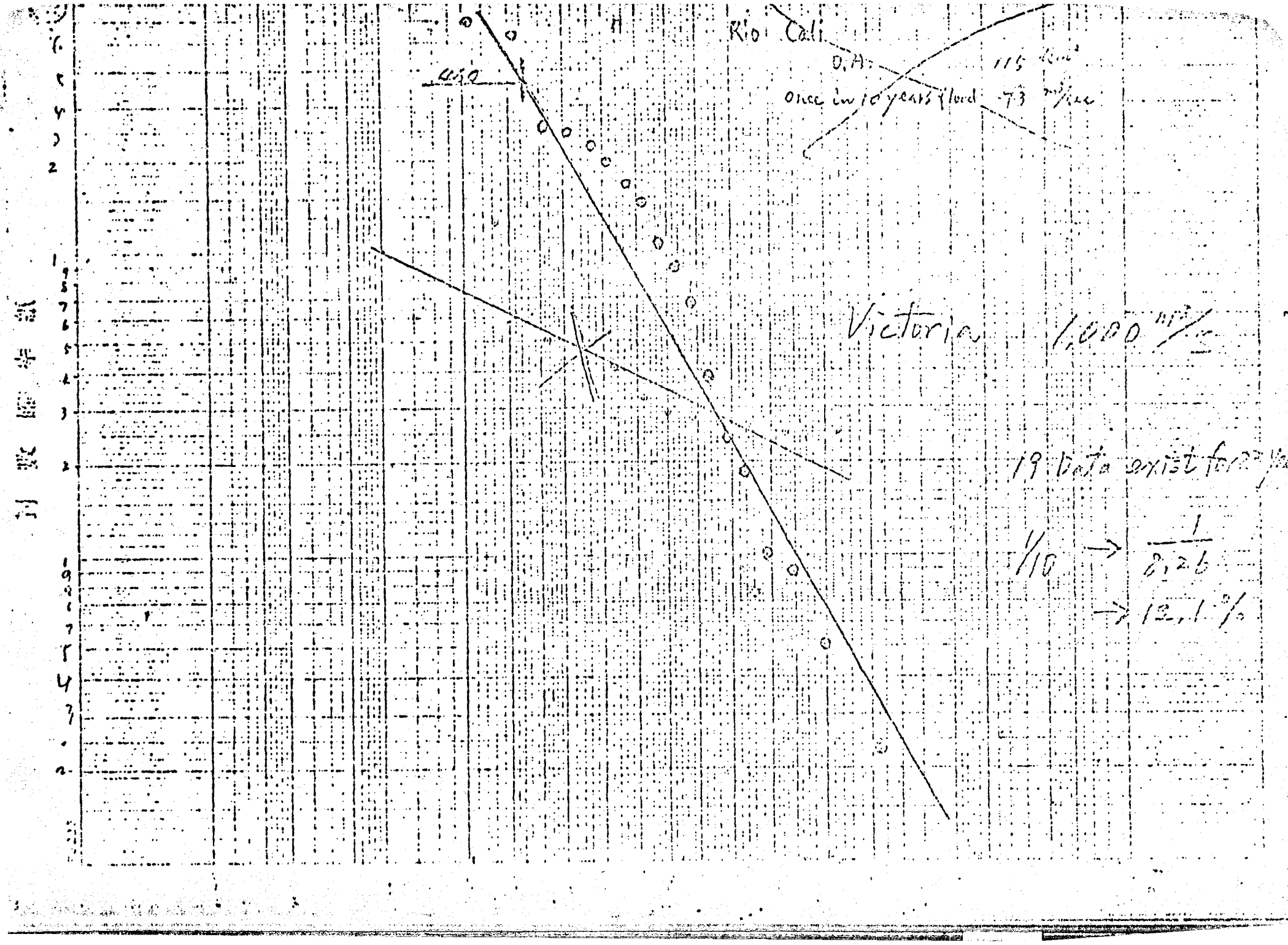
$Y = 1.69$

$X = 28.72 + 1.69 \times 140.40$
237.23

$= 267.00 \times 10^6 \ m^3$ → Answer

650 m³/sec 504 m³/m³
[illegible] m³/sec 267

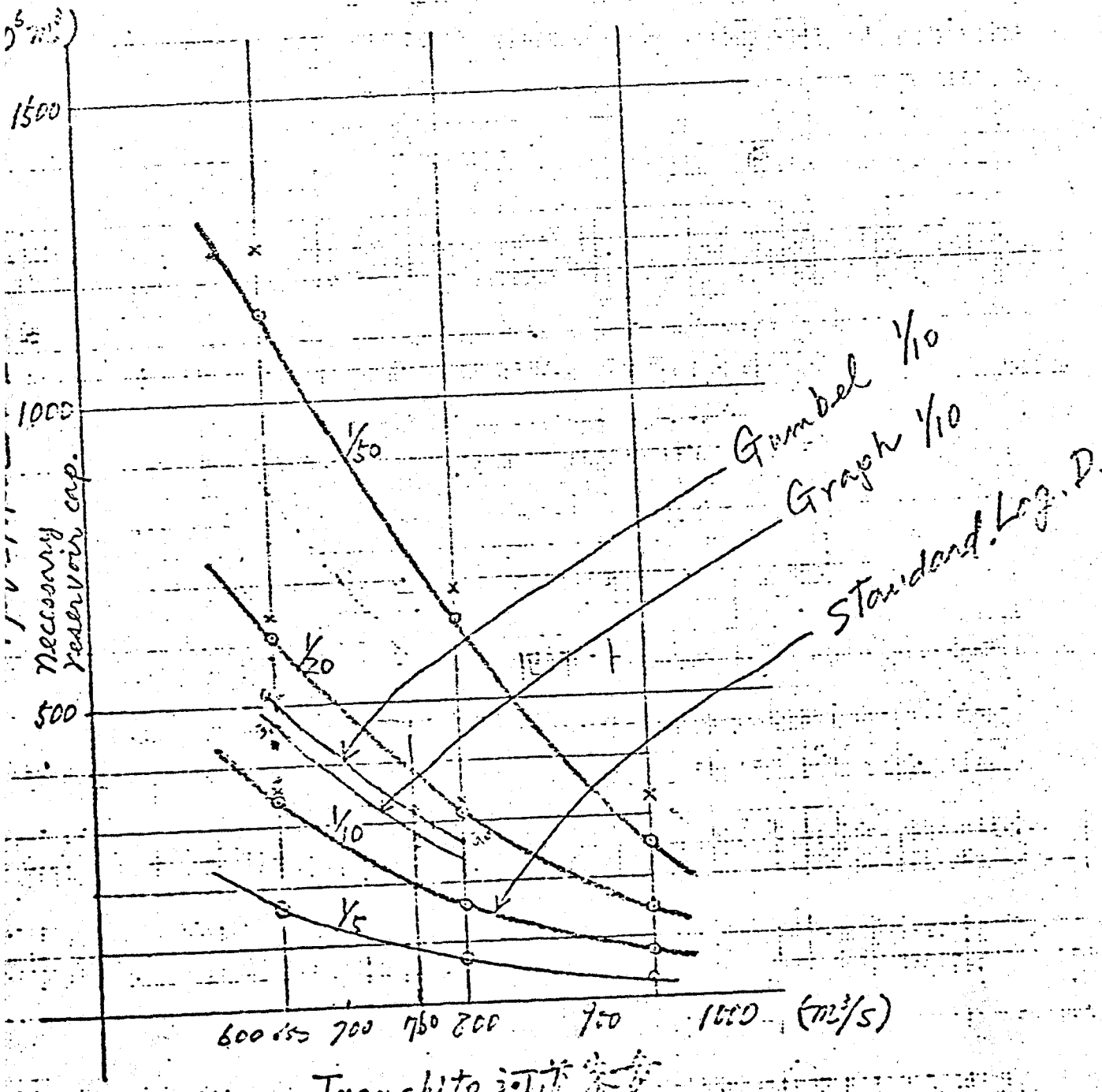

Rio Bugalagrande
D.A. 592 km²
once in 10 years flood 151 m³/sec
490×10⁶
18/63 = 7.82
18 Data exist for
23 years
(Zero for 5 years)
(Data 1946 ~ 1963)
1/10 → 1/7.82 → 12.8%
440×10⁶ for 650 m³/s
= 280×10⁶ for 760 m³/s
at Juanchito 650 m³/s


Rio Cali
D.A: 115 km²
Once in 10 years flood 73 m³/sec
Victoria 1,000 m³/s
19 Data exist for
1/10 → 1/2.26
→ 12.1 %

Juanchito 的需要水池容量—河道容量

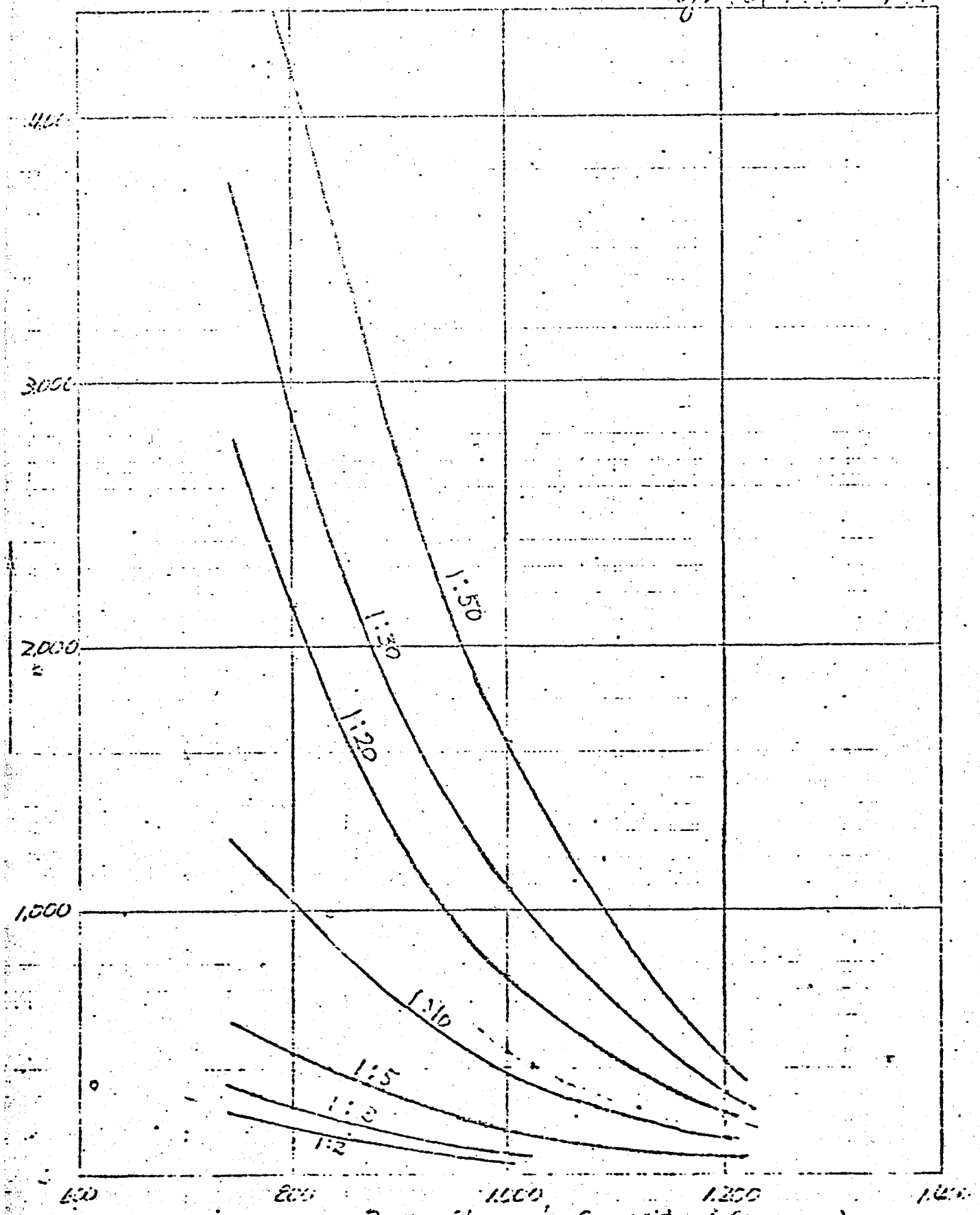
Using Data 1946 ~ 1972

Relation between
Necessary Reservoir Capacity
and River Capacity at Juanchito

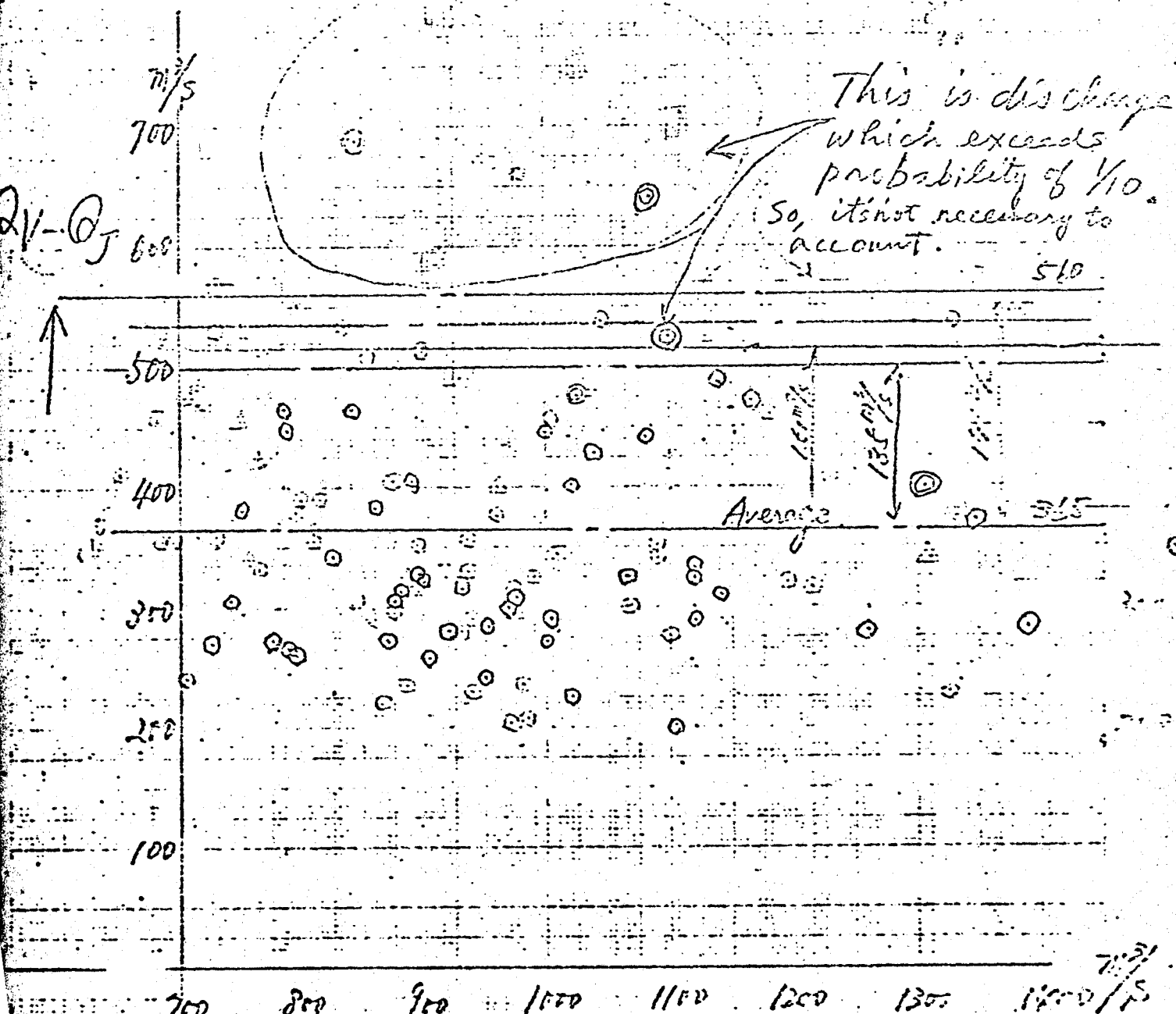


Juanchito 河道容量
River Capacity at Juanchito

Probability of Excess Flood Volume
Exceeding River Channel Capacity at Victoria
Using Data 1946~1972



[10-1] QV-J と QJ の関係



Ref. 4.d)

Dr. Vicente Aragón A. 511-B.01

J. Llanos

2 de julio de 1974 Memo: C-21156

Hidrología del Proyecto de Regulación del río Cauca.

A. INTRODUCCION

1. El proyecto de Regulación del río Cauca consiste en la definición del tipo de obras necesarias para evitar las inundaciones del Valle en la zona próxima al río, a lo largo del mismo, entre las localidades de La Balsa y La Virginia, debidas a desbordamientos de crecidas de frecuencia de una vez en 10 años.

2. A fín de definir la magnitud de tales obras es necesario determinar la hidrología del río.

4. Debido a desbordamientos, las hidrógrafas del río en las distintas estaciones de aforo son deformadas, es decir, con caudales picos menores y de mayor duración que como se presentarían si el río tuviera diques que evitaran los desbordamientos en todo el tramo del proyecto.

5. Es pues necesario, a partir de las hidrógrafas deformadas y de la información hidrológica conocida de la región, generar hidrógrafas no deformadas que muestren cómo hubiera sido la crecida en caso de tener diques a lo largo del río.

B. ESTUDIOS HIDROLOGICOS

6. Dos son los estudios hidrológicos más recientes que se han hecho a este respecto. El primero es el presentado por la Electric Power Development Co. Ltd. (EPDC) del Japón en su

.../

informe de viabilidad de marzo de 1970; y el segundo es el presentado en el informe de Ingetec-Inesco, de mayo de 1974.

7. Las dos metodologías son diferentes y se presenta la dificultad de que con la de EPDC el volúmen de embalse requerido en Salvajina es de 350 Mm3 para regular las crecidas del río Cauca de modo tal que se tenga un caudal de 720 m3/s. en Juanchito, con una recurrencia de 10 años; en tanto que con la metodología de Ingetec-Inesco se requiere un volúmen de 720 Mm3/.. en Salvajina para lograr un caudal de 700 m3/s. en Juanchito con 10 años de recurrencia.

8. A fin de resolver esta dificultad, y también para examinar otros aspectos del informe Ingetec-Inesco, la CVC pidió a la EPDC el envío de dos ingenieros. Tales ingenieros fueron los señores Kazuo Shindo, para hidrología y generación hidroeléctrica; y Hajime Mineo, experto en presas de tierra. Dichos ingenieros permanecieron en Cali durante el mes de junio de 1974,

9. Los dos ingenieros presentaron un memorándum de comentarios en relación con el informe Ingetec-Inesco. Las observaciones relativas a obras son aparentemente fáciles de resolver pero requieren estudios adicionales; en tanto que el problema de resultados distintos de hidrología queda aún por resolverse.

C. DEFINICION DE LA HIDROLOGIA

10. Los ingenieros de Ingetec y los de EPDC han discutido ampliamente el problema de hidrología y los de Ingetec han aceptado que la metodología de EPDC es buena y puede usarse en el estudio.

11. Sin embargo parece que Ingetec, usando la misma metodología de EPDC, obtiene mayores volúmenes de embalse en Salvajina que EPDC, para unos mismos caudales regulados en Juanchito; y, a

.../

pesar de confrontaciones relativamente prolongadas, EPDC e Ingetec no han podido ponerse de acuerdo de modo que subsisten disparidades substanciales en los resultados, aparentemente originadas en diferencias de criterio principalmente en cuanto a la generación y método de análisis de las series estadísticas.

12. El 24 de junio el Director Ejecutivo de la CVC, Dr. Eder, recibió a los dos ingenieros japoneses y al Sr. Yasuo Takashima, gerente del Departamento de actividades de ultramar de la EPDC, para comentar las observaciones de la EPDC al informe Ingetec-Inesco. En vista de que subsistían diferencias de los resultados de hidrología entre EPDC e Ingetec, el Dr. Eder pidió que el Sr. Shindo se quedara un tiempo más discutiendo con Ingetec lo relativo a hidrología hasta llegar a resultados lo menos dispares posibles. Los señores Takashima y Shindo dijeron que no lo estimaban indicado en atención a que el Sr. Shindo se hallaba seguro de sus resultados y no parecía que Ingetec fuera a cambiar los suyos tampoco.

Ante esto el Dr. Eder pidió que el Sr. Shindo le explicara con lujo de detalles al Dr. Aragón el método de la EPDC y su aplicación a fín de que el Dr. Aragón estuviera en capacidad de estudiar tanto los cálculos de EPDC como los de Ingetec y rendir su concepto al Dr. Eder. Se convino finalmente en que esta reunión se llevaría a cabo el jueves 27 y el viernes 28 de junio.

D. METODOLOGIA DE EPDC

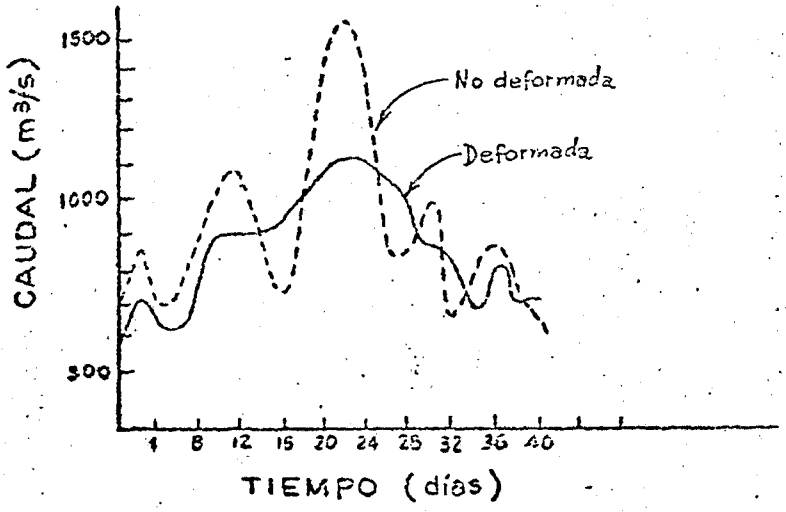
13. El jueves 27 nos reunimos las siguientes personas: por EPDC: señores Shindo y Mineo; por CVC, señores Aragón, Florez, Guerrero y Llanos.

14. A continuación el Sr. Shindo explicó su método de la siguiente manera:

15. Aclaró primeramente en qué consiste una hidrógrafa deformada y una nó deformada. La deformada es la que surge de un limnígrafo o de un registro de caudales con desbordamiento; y la nó defor-

.../

mada sería la que correspondería a la misma crecida pero sin desbordamientos. Lo aclaró mediante el siguiente gráfico:



16. Explicó luego que el método de Ingetec para determinar la hidrógrafa no deformada en Juanchito, por ejemplo, partía, básicamente de una correlación de caudales con La Balsa, más una constante; y agregó que él no creía que ese método fuera apropiado puesto que él había comparado muchas hidrógrafas de Juanchito y La Balsa, no deformadas (porque no excedían la capacidad del río) y se había encontrado con que la de Juanchito no se corresponde con la de La Balsa debido a la influencia local y errática de los tributarios entre las dos localidades. Así, por ejemplo muchas veces a una gran crecida en La Balsa corresponde una crecida relativamente pequeña en Juanchito, y a la inversa.

17. La determinación de una buena hidrógrafa no deformada es de extrema importancia puesto que de ella depende la definición del volúmen a regularse en el embalse de Salvajina, y la magnitud de los diques en la planicie inundable.

.../

18. El señor Shiudo cree que una buena expresión matemática para una hidrógrafa no deformada en Juanchito debe incluír el río Cauca en La Balsa; un río importante en la margen derecha que refleje las características hidrológicas de la zona respectiva, y un río representativo de la margen izquierda; y propone la siguiente fórmula:

$$(Q_{Juan})_{N+1} = \gamma \left[(Q_{Bal})_N + \beta \{ \propto_I (Q_{Jam})_N + \propto_{II} (Q_{Pal})_N \} \right]$$

Los caudales de Cauca en La Balsa, y los dos tributarios en sus estaciones de aforos no se desbordan y, por tanto, la ecuación da una hidrógrafa no deformada.

En dicha ecuación:

N = día de ocurrencia de un caudal en una determinada estación;

Q_{Juan} = caudal del río Cauca en Juanchito;

Q_{Bal} = caudal del río Cauca en La Balsa;

Q_{Jam} = caudal del río Jamundí en la estación de aforos de ese río;

Q_{Pal} = caudal del río Palo en la estación de aforos de tal río;

$\propto$ = relación del área tributaria de un río en su entrega al Cauca y el área tributaria del mismo río en su estación de aforos.

$\propto_I = 10$; $\propto_{II} = 2.7$

β = factor de ajuste de la parte de la hidrógrafa generada por los tributarios, a fín de hacer que la hidrógrafa generada por la ecuación se ajuste a una hidrógrafa no deformada registrada del Cauca.

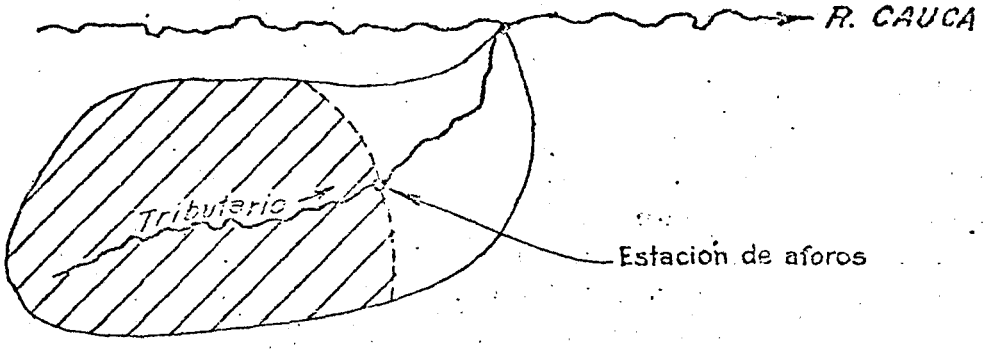
$\beta = 0,9$ (se determina por tanteos).

γ = factor de corrección de la hidrógrafa no deformada comparando su volúmen con el de la hidrógrafa deformada correspondiente.

$\gamma = 0,8$ a $1,2$ según la crecida registrada que se analice.

.../

Para aclarar más la definición de "α" el Sr. Shindo hizo el siguiente esquema:

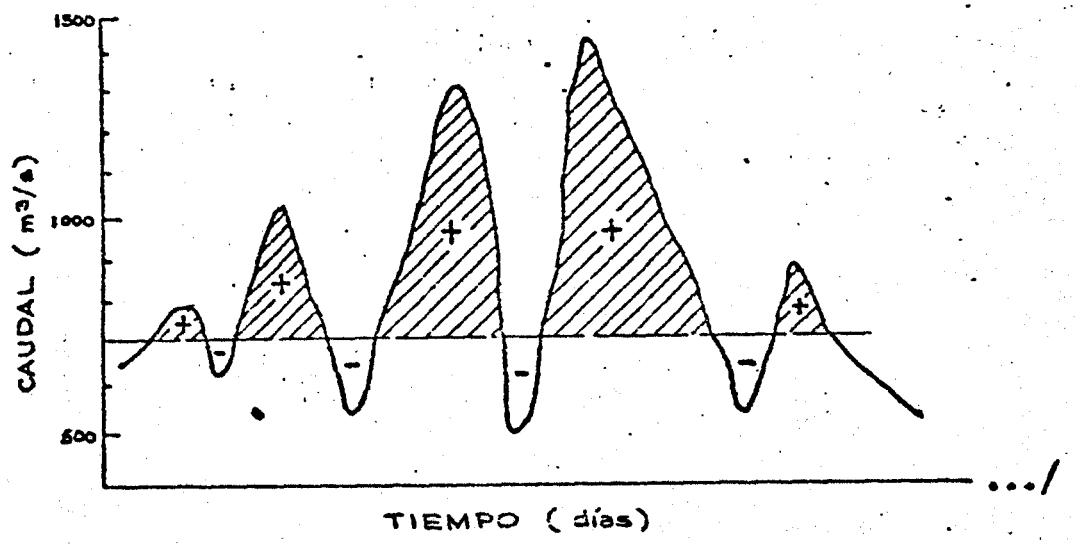


$$\alpha = \frac{\text{Area total del tributario}}{\text{Area del tributario en su estación de aforos.}}$$

La hidrógrafa no deformada obtenida sin la aplicación del factor γ da solo la forma de la hidrógrafa, pero es necesario corregirla de modo que su volúmen sea igual al volúmen de la hidrógrafa deformada. Obviamente γ es la relación de los volúmenes entre la hidrógrafa deformada y la nó deformada.

19. Ajustada así la ecuación de la hidrógrafa no deformada, se pueden generar éstas para las crecidas de todos los años de registro de caudales del Cauca desde 1946 hasta 1974 (29 años).

20. Obtenidas las hidrógrafas no deformadas se puede calcular el volúmen de la hidrógrafa en una determinada estación (Juanchito, por ejemplo) que exceda un determinado caudal en esa estación. Esto se explica mejor mediante la gráfica siguiente:



.../

21. En dicha gráfica se indica, sombreado, el volúmen de la crecida que excede el caudal de 700 m3/s. en una estación. Se le substraen los volúmenes negativos (desembalse) y se obtiene el volúmen necesario de embalse.

22. Igual cosa se hace para otras capacidades del río en la misma estación, y así para las hidrógrafas no deformadas de las crecidas de cada uno de los 29 años de registro de caudales del Cauca.

23. Con los datos de excedencias obtenidos para distintas capacidades del río se generan series para los 29 años de registro.

24. EPDC generó tres series para caudales de 650; 800 y 950 m3/s. en Juanchito.

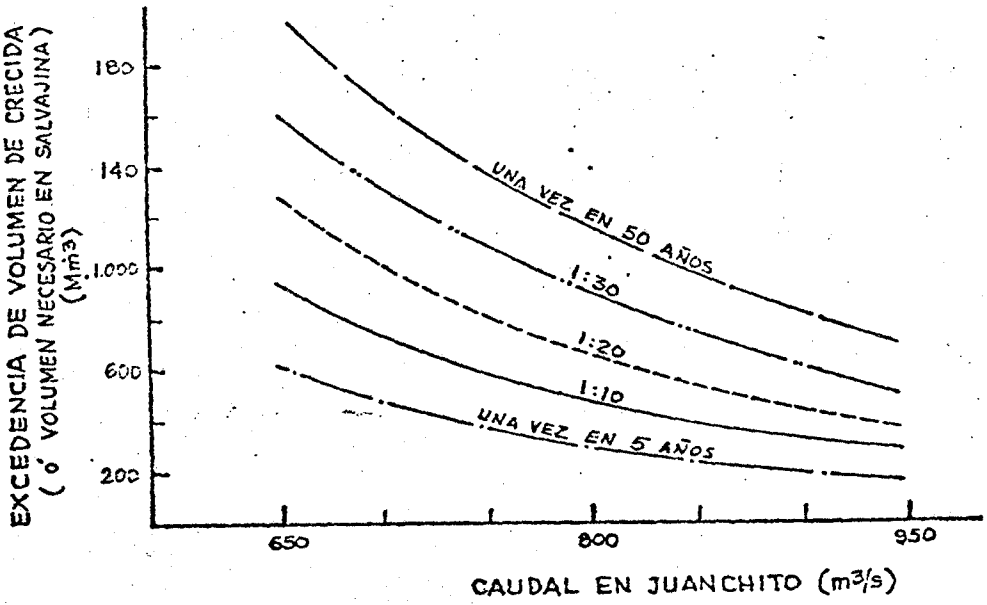
Por vía de ilustración se muestra enseguida la forma de tabulación de las series (los valores no son los reales).

Año	Volúmenes que exceden capacidades en Juanchito		
	650 m3/s.	800 m3/s.	950 m3/s.
1946	88 Mm3	56 Mm3	37 Mm3
1947	65	43	16
1948	116	87	55
....			
....			
1971	800	720	630
1972	348	295	234
1973	143	95	54
1974	275	212	173

.../

25. Con las series estadísticas así generadas se pasa luego a determinar frecuencias de ocurrencia. El Sr. Shindo usó tres métodos a saber: el de desviación logarítmica estandard; el de Gumbel, y el gráfico en papel de probabilidades. El Sr. Shindo expresó que el más usado en el Japón es el de la desviación logarítmica estandard y es ese el método que él recomienda. Los otros dos los usa sólo para confrontación.

26. Con el resultado de su determinación de frecuencias de excedencias de volúmenes el Sr. Shindo elabora un gráfico que muestra volúmenes necesarios en el embalse de Salvajina, según sea el caudal a manejar en Juanchito, como se muestra en el gráfico siguiente:



El anterior gráfico facilita la determinación inmediata del volúmen necesario en el embalse de Salvajina según sea el caudal que se desee controlar en Juanchito para distintas recurrencias.

27. Los datos del gráfico elaborado por el Sr. Shindo se basaron en el método de desviación logarítmica estandard. A continuación se indican los resultados de volúmenes requeridos en Salvajina para obtener 760 m3/s. en Juanchito con una crecida de 10 años de recurrencia:

Desviación logarítmica estandard :	260 Mm3
Gumbel	315 Mm3
Gráfico en papel de probabilidades	280 Mm3

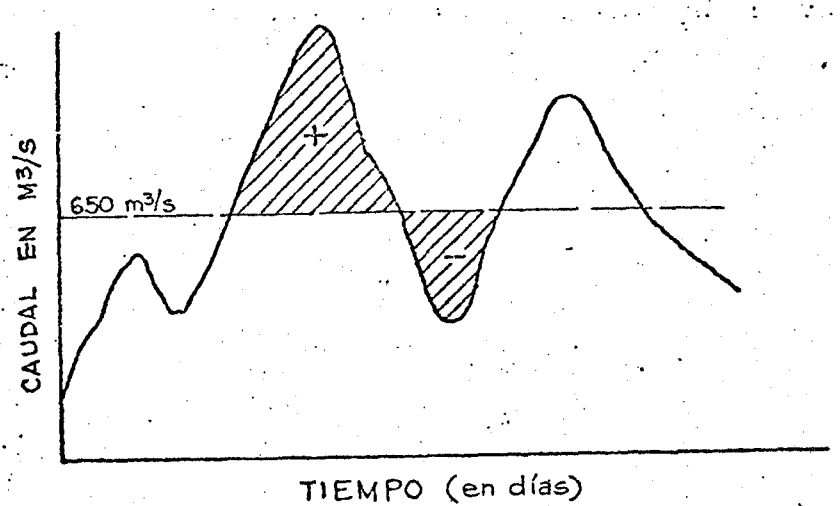
.../

La razón para escoger un caudal de 760 m3/s. en Juanchito se explica en el párrafo 30 más adelante.

E. OTRAS CONSIDERACIONES

Operación del embalse.

28. Para explicar el efecto de operación del embalse el Sr. Shindo mostró el siguiente gráfico de hidrógrafa nó deformada en Juanchito :



y explicó quo una operación perfecta del embalse sería la de poder mantener permanentemente el caudal regulado de una estación (por ejemplo Juanchito con 650 m3/s.) de modo tal que durante el tiempo en que la hidrógrafa mostrara un caudal menor que el regulado se pudiera desembalsar el volúmen marcado (-) en la gráfica y poder así disponer de ese mismo volúmen en el embalse durante la siguiente onda de crecida.

Sin embargo tal grado de perfección no es posible de obtener debido a factores tales como deficiencia de datos de tributarios entre Salvajina y la estación (Juanchito); fallas en las compuertas, y errores humanos. La condición más crítica se presentaría si por cualquier razón no se hiciera desembalse en cuyo caso el volúmen necesario en Salvajina tendría que ser el determinado estadísticamente como arriba se indicó, adicionado del volúmen que podría desembalsarse. El Sr. Shindo aplicó el método de desviación logarítmica estandard a ta-

.../

les volúmenes para recurrencia de 10 años y obtuvo un valor de 70 Mm3. Sin embargo, el Sr. Shindo estima que no es sensato suponer una operación completamente errada y propone proveer en Salvajina solamente un volúmen adicional equivalente a 1/3 del total o sea 23 Mm3 para prever errores de desembalse. A fin de disminuir la fuente de error ocasionada por deficiente información de tributarios entre Salvajina y la estación (Juanchito), el Sr. Shindo recomienda la instalación de más estaciones de aforo en los tributarios en el tramo de modo que se pueda ampliar la ecuación presentada en el párrafo No. 18.

Efecto de caudal desbordado que no vuelve al río.

29. Al elaborar la ecuación del párrafo 18 se supuso que el volúmen de la hidrógrafa no deformada era igual que el de la deforma da; es decir que todo el caudal desbordado vuelve al río. Esto, en rigor, no es exacto puesto que parte del agua desbordada se infiltra, parte se evapora y otra parte vuelve al río pero aguas abajo de la estación (Juanchito). En otras palabras el volúmen deducido de la ecuación del párrafo 18 debe incrementarse para incluír el volúmen desbordado que no vuelve al río; puesto que, al tener diques ese volúmen se tendría en el río. El Sr. Shindo, conciente de la dificultad de determinar tal volúmen y a riesgo de incurrir en error, propone el siguiente procedimiento: el caudal del río hasta La Balsa es sin desbordamientos. La relación promedia de caudales entre Juanchito y La Balsa en los años de registro es de 1.44, y la relación de caudales picos entre esas dos estaciones es de 1.13. La relación promedia es de 1.29 (1.44 + 1.13) x 1/2.

El Sr. Shindo usó una capacidad de 650 m3/s. en Juanchito. El caudal correspondiente en La Balsa, sería de 450 m3/s. (650 ÷ 1.44). Luego el Sr. Shindo calculó volúmenes en exceso de 450 m3/s. en La Balsa para cada crecida (no desbordada en La Balsa) y determinó estadísticamente el volúmen de 10 años de recurrencia.

En tal forma halló un volúmen de 340 Mm3 que multiplicado por la relación de 1.29 arriba propuesta da un volúmen de 438 Mm3 para 10 años de recurrencia y capacidad de 650 m3/s. en Juanchito.

El Sr. Shindo propone entonces que a este volúmen, que correspondería al que se presentaría en caso de no haber desbordamiento entre La Balsa y Juanchito, se le deduzcan 350 Mm3 que es el volúmen de 10 años que corresponde a 650 m3/s. en Juanchito, y así obtiene un volúmen de 88 Mm3 que propone se tome como el volúmen de los

.../

caudales desbordados entre La Bolsa y Juanchito que no vuelve al río Cauca.

En esta forma los volúmenes de embalse requeridos en Salvajina para 760 m3/s. en Juanchito, tal como se presentaron en el párrafo 27 se corrigen del modo siguiente, teniendo en cuenta los 88 Mm3 que acaban de anotarse, y la 3a. parte de volúmen adicional por error probable en la operación (ver párrafo 28):

Desviación logarítmica estandard	: 260 + 23	= 283 Mm3
Gumbel	: 315 + 32 + 88	= 435
Grafico	: 280 + 31 + 88	= 399

El Sr. Shindo aclara que los 88 Mm3 que se consideran como desbordamiento que no regresa al río; y el volúmen adicional para prever errores de operación se estimaron con base en un caudal de 650 m3/s. en Juanchito. Que al considerar 760 m3/s. en Juanchito deberán reducirse esos volúmenes pero que se conserven para ser previsivos.

Caudales aportados por los tributarios entre Salvajina y Juanchito.

30. Es evidente que el embalse de Salvajina sólo puede controlar los aportes de la cuenca hidrográfica del río Cauca hasta dicho lugar. Las crecidas de los aportes de los tributarios entre Salvajina y Juanchito tendrán que controlarse mediante diques. Por tanto es necesario estimar el caudal de frecuencia de una vez en diez años que esos tributarios pueden contribuir a Juanchito. El Sr. Shindo informó que él calculó el caudal máximo en Juanchito que corresponde al área tributaria aguas abajo de Salvajina para las crecidas de los 29 años de registros; lo analizó estadísticamente y obtuvo un caudal de 760 m3/s.

Estación de La Victoria.

31. El Sr. Shindo explicó también que él había tomado dos estaciones en el Valle para análisis hidrológico a saber: Juanchito y La Victoria. En los párrafos precedentes nos hemos referido siempre a Juanchito.

Para analizar La Victoria el Sr. Shindo usó una expresión de hidrógrafa no deformada similar a la propuesta para Juanchito como se consignó en el párrafo 18.

.../

La ecuación de La Victoria es como sigue:

$$(Q_{Vic})_{N+2} = \gamma \left[(Q_{Juan})_N + \beta \left\{ \alpha_{III} (Q_{Pal})_N + \alpha_{IV} (Q_{Vic})_{N+1} + \alpha_V (Q_{Jam})_N + \alpha_{VI} (Q_{Pes})_{N+1} \right\} \right]$$

En esta ecuación la nomenclatura es similar a la de la ecuación del párrafo 18; pero introduce Juanchito en vez de La Balsa y adiciona los ríos Pescador y La Vieja de modo de tener dos tributarios a cada lado del Cauca que representen la zona sur y la zona norte. Si bien La Vieja está muy al norte el Sr. Shindo estima que es el río más importante del norte y que puede representar mejor esa región. De La Victoria, sin embargo, no se tiene el mismo grado de información que se tiene de Juanchito. El Sr. Shindo, en La Victoria, propone un factor $\gamma = 1$, en razón del alto grado de deformación de la hidrógrafa, lo cual hace prácticamente imposible determinar el volúmen de la hidrógrafa deformada.

Con esta ecuación el Sr. Shindo hizo para la Victoria lo mismo que quedó consignado atrás para Juanchito en los párrafos 19 a 26, y encontró que el volúmen de embalse requerido en Salvajina para caudal regulado de 1.200 m3/s. en La Victoria de recurrencia de 10 años es de 200 Mm3 por el método de desviación logarítmica estandard.

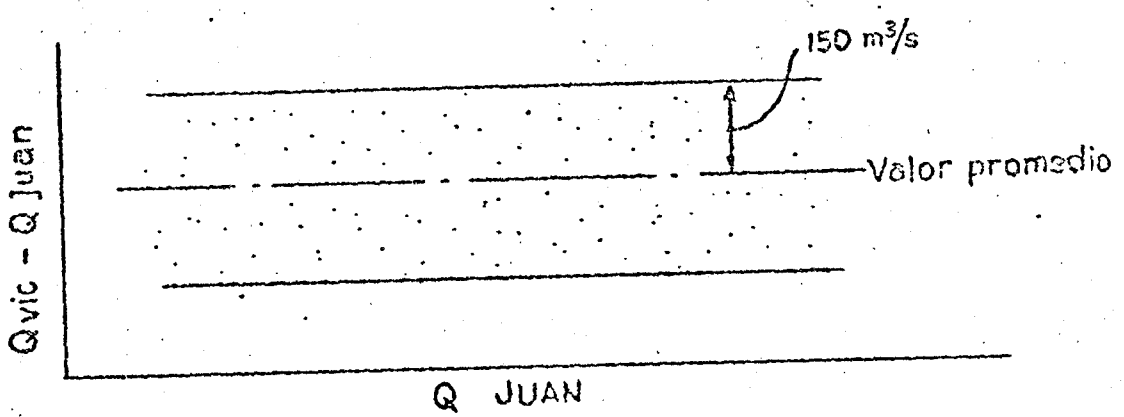
Los 1.200 m3/s. son el aporte de los tributarios entre Salvajina y La Victoria y los determinó de la misma manera que los 760 m3/s. para Juanchito.

El Sr. Shindo cree que el control en Juanchito será relativamente facil ya que considera que hay información suficiente y el tramo es relativamente corto (1 día de viaje de crecida entre Salvajina y Juanchito) de modo que se puede lograr una operación de compuertas en Salvajina aceptable.

Pero la crecida demora tres días de Salvajina a La Victoria y es difícil estimar el aporte de tributarios entre las dos estaciones. El Sr. Shindo investigó la relación entre las diferencias de caudales de La Victoria y Juanchito ($Q_{Vic} - Q_{Juan}$) en función del caudal en Juanchito. Elaboró una gráfica de tal relación y no encontró correlación alguna, lo cual es imputable a la naturaleza errática y local de lluvias entre las dos localidades.

.../

La gráfica hecha por el Sr. Shindo tiene la apariencia siguiente:



Así el valor máximo de desviación resultó ser 150 m3/s.

A fin de tener en cuenta esta flucutación el Sr. Shindo opina que habría dos alternativas a saber: (1) aumentar la capacidad del río en 150 m3/s.; o (2) aumentar el embalse de Salvajina en 210 Mm3. El Sr. Shindo estima que ninguna de las dos alternativas sería económica y propone la intermedia de aumentar la capacidad del río en 80 m3/s. y la del embalse en 100 Mm3.

De tal manera el volúmen del embalse de Salvajina, añadiendo los 88 Mm3 por volúmen desbordado que no vuelve al río sería como sigue:

Desviación logarítmica estandard : 200 + 100 + 88 = 388 Mm3
Método gráfico : 250 + 100 + 88 = 438 Mm3

El caudal resultante en La Victoria, para 10 años de recurrencia, sería de 1.120 m3/s.* Si se eliminan esas dos lagunas reguladoras los diques en La Victoria tendrían que ser para 1.200 m3/s.

Como resumen de todo lo anterior el Dr. Shindo recomienda adoptar un volúmen de embalse en Salvajina entre 410 y 430 Mm3 y caudales regulados de 760 m3/s. en Juanchito y 1.200 m3/s. en La Victoria que en los 29 años de registros hubieran sido excedidos solo dos veces por crecidas mayores de 10 años de recurrencia.

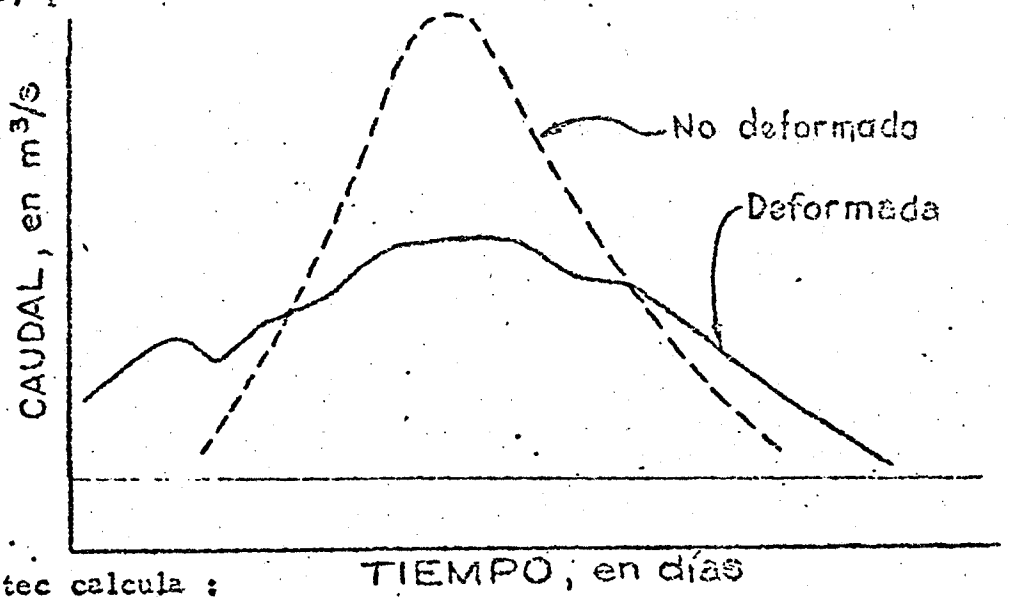
---

* Incluído el control de Sonso y Burrigá.

.../

F. COMENTARIOS AL METODO DE INGETEC

32. El Sr. Shindo explicó luego, mediante una gráfica, el método de Ingetec para determinación de la hidrógrafa no deformada en Juanchito, para 10 años de recurrencia, del modo siguiente :



Ingetec calcula :

a) Caudal pico en Juanchito;
b) Volúmen de la crecida de 10 años;
c) Rama descendente de la hidrógrafa (similar a las registradas)
d) Rama ascendente de la hidrógrafa (por tanteos para obtener el volúmen determinado en b).

Una de las mayores objeciones además de lo anotado en el párrafo 16, es la de que se reduce el tiempo de la hidrógrafa.

El Sr. Shindo anota que usando el método de Gumbel para un caudal de 650 m3/s. y 10 años de recurrencia los resultados de análisis estadísticos son como sigue:

Ingetec 500 Mm3
EPDC . . . . . 494 "

.../

G. INTERVENCION DEL DR. ARAGON

33. El Dr. Aragón agradeció al Sr. Shindo su explicación y le ratificó que el objeto único de la reunión de hoy era el de que el Sr. Shindo le explicara al Dr. Aragón su metodología y su aplicación de modo que el Dr. Aragón estuviera en capacidad de apreciar las diferencias de criterio de Ingetec y pudiera llevar al Dr. Eder sus conclusiones.

34. El Dr. Aragón, entendido el método del Sr. Shindo, estudiará cuidadosamente su aplicación y conversaría con Ingetec para conocer sus puntos de vista y diferencias de resultados.

35. El Dr. Aragón podría, finalmente, encontrar, si los resultados del Sr. Shindo son aceptables, o si subsisten discrepancias.

36. En caso de subsistir discrepancias el Dr. Aragón le escribiría a EPDC a fin de que las discrepancias se aclararan por escrito.

37. Si las discrepancias subsisten, la CVC podría llamar a un tercer consultor.

38. Pero aún suponiendo que los resultados del Sr. Shindo fueran aceptados, el Consejo Directivo de la CVC podría decidirse por la presa alta en previsión de un mayor grado de protección en el futuro y para aprovechar el sitio en la mejor forma.

H. APENDICE

39. El lunes 1o. de julio el Dr. Shindo presentó un resumen escrito de la explicación que él diera al Dr. Aragón el 27 de junio. Dicho documento se anexa al presente memorándum.

JHL1:mvm.

Ref. 4.2

INGETEC
INGENIEROS CONSULTORES

CARRERA 9 Nº 17-[illegible] BOGOTÁ, COLOMBIA
APARTADO AÉREO [illegible]
APARTADO NACIONAL 4755
CABLES: INGETEC
TELEFONO: 821089

Bogotá, D.E.,
Julio 29, 1974
No. DT. 72.1/4888

Señor doctor
Henry J. Eder
Director Ejecutivo
C V C
Cali

Ref. Proyecto de Regulación
del Río Cauca.

Estimado doctor Eder:

Con la presente le enviamos nuestros comentarios al memorando de EPDC sobre la revisión del informe de Ingetec-Inesco, de mayo de 1974, en lo que se refiere a la parte de hidrología.

Los comentarios concluyen en recomendar la presa con cota de cresta 1154 y diques en el río Cauca para una capacidad de 760 m3/s en Juanchito. Esta solución es equivalente en costo y funcionamiento a la que habíamos recomendado en el informe de mayo de 1974, que consistía en una presa en la cota 1159 y un caudal en Juanchito de 700 m3/s.

Nuestra recomendación se diferencia de la de EPDC en que la presa es 11 metros más alta y el costo, cinco millones de dólares mayor, o sea, un 3.5% del valor total de las obras de regulación del proyecto.

Posteriormente le enviaremos los comentarios que estamos elaborando sobre los temas restantes del memorando de EPDC, que se refieren a la presa y obras anexas y a la generación de energía eléctrica.

./.

Quedamos a sus órdenes para atender las aclaraciones que nos solicite.

Amigos y servidores,

I N G E T E C

Carlos S. Ospina

Anexo: Lo anunciado

cc:
Doctor Omar Julio Guerrero
Doctor Héctor Hernández

DP/357
FC/gdr.

GETEC

Julio 26, 1974

COMENTARIOS AL MEMORANDO DE EPDC

SOBRE LA REVISION DEL INFORME DE INGETEC-INESCO

DE MAYO DE 1974

A. HIDROLOGIA.

EPDC analiza tres métodos para determinar la capacidad del embalse de Salvajina y la del río Cauca.

1. El primero es el que utilizó Ingetec-Inesco (Mayo de 1974) en el cual se deduce para cada estación del río Cauca una hidrógrafa de frecuencia de una vez cada diez años. Las hidrógrafas tienen como partes componentes las siguientes:

   a. Caudal máximo de una vez en diez años calculado por método estadístico.

   b. Volumen por encima del caudal base con frecuencia de una vez cada diez años calculado por método estadístico.

   c. Forma de la hidrógrafa dibujada con ayuda de las hidrógrafas registradas.

2. El segundo método consiste en escoger una hidrógrafa de una creciente real que tenga una frecuencia aproximada de una vez en diez años. Este fue el método que se siguió en el estudio de ACRES en 1965 (Se utilizó la creciente de 1950).

3. El tercer método es el que usa EPDC (marzo de 1970 - revisado en junio de 1974) por el cual el volumen de frecuencia de una vez en diez años que excede la capacidad del río se calcula directamente por método estadístico. Para calcular los volúmenes que exceden la capacidad del río, EPDC reconstruye las hidrógrafas deformadas de todas las crecientes.

EPDC afirma que el método 1 es mejor que el método 2 pero que el método 3 es el mejor de todos.

Ingetec-Inesco acepta que el método de EPDC es también adecuado y hace un nuevo cálculo (junio de 1974), que da como resultado un embalse mayor en Salvajina que el calculado por EPDC, porque no considera correcto el volumen adoptado por EPDC para la creciente de 1966 ni el resultado obtenido con el uso de la distribución de Gumbell para determinar el volumen de frecuencia de una vez en diez años.

Se presenta a continuación un resumen de los resultados de los diferentes estudios ejecutados por EPDC e Ingetec-Inesco para definir la altura de la presa y la capacidad que debe tener el cauce del río Cauca.

Cota de la cresta de la presa	Embalse útil en Salvajina Mm3	Capacidad del canal en Juanchito m3/s	Costo (US$ millones) Obras de Salvajina	Obras del Valle	Total
1139	350	720	89	50	139
1159	726	700	99	49	148
1154.5	632	760	95	53	148
1143	410	760	90	53	143
1153	600	760	94	53	147

Presa en la cota 1139.

Esta solución fue recomendada por EPDC en el informe de marzo de 1970 y en ella se utilizan los datos hidrológicos de 1946 a 1968. Se descarta con motivo de la revisión hecha por EPDC en junio de 1974. Se aclara que la cota de la cresta de la presa que figura en dicho informe se modificó de 1144 metros a 1139 metros al tener en cuenta la nueva capacidad del embalse obtenida con la restitución de escala 1:5.000 .

Presa en la cota 1159.

Esta solución corresponde a la del informe de Ingetec-Inesco presentado en mayo de 1974.

En las conversaciones de junio de 1974, Ingetec-Inesco aceptan que un caudal de 760 m3/s en Juanchito, tal como lo propone EPDC en su revisión del mismo mes, da una mayor seguridad para la crecientes generadas aguas abajo de Salvajina. Este criterio lo comparten los ingenieros de la CVC. En consecuencia, no se tiene más en cuenta esta solución y se reemplaza por la equivalente que se describe en seguida.

Presa en la cota 1154.5.

Esta solución es una consecuencia de haber aceptado un caudal en Juanchito de 760 m3/s, en lugar de 700 m3/s.

Se basa en la misma curva de relación entre la capacidad de los diques en Juanchito y el volumen de embalse requerido en Salvajina, cuya tabla de valores se incluye en la página 3.8 del informe de Ingetec-Inesco, de mayo de 1974. El volumen correspondiente a 760 m3/s en Juanchito es de 632 Mm3 en Salvajina, el que corresponde a una altura de presa en la cota 1154.5.

En otras palabras, esta solución es equivalente a la que tiene la presa en la cota 1159, tanto en el funcionamiento como en el valor total de las obras de presa y diques. Lo que sí existe es una variación en la relación de costos entre la presa y los diques. La presa en la cota 1154.5 tendría un costo menor en cuatro millones de dólares y los diques una suma igual mayor, tal como se indica en la Figura VII-3 del informe mencionado.

Presa en la cota 1143.

Esta solución es la que propuso EPDC en junio de 1974 durante las conversaciones con los ingenieros de la CVC e Ingetec-Inesco. En esta solución EPDC encontró que la estación del río Cauca que determina el volumen que debe embalsarse en Salvajina es La Victoria y no Juanchito, como fue presentado en su informe de 1970.

Esta es la razón por la cual el volumen del embalse de Salvajina aumenta de 350 a 410 Mm3 y, por consiguiente, la cota de la cresta de la presa aumenta de 1139 a 1143.

Presa en la cota 1153.

Esta solución es el resultado de la aplicación del método utilizado por EPDC en la determinación de los caudales sin desbordamiento en el río Cauca y del volumen por embalsar en Salvajina, con la introducción de modificaciones por parte de la CVC e Ingetec-Inesco.

Estas modificaciones consisten en lo siguiente:

1. Corrección del volumen en exceso de 650 m3/s de la creciente de 1966 en Juanchito. Los resultados según los cálculos de EPDC e Ingetec-Inesco son 625 y 900 Mm3, respectivamente.

Ingetec-Inesco encuentra que 625 Mm3 no es admisible y que esto afecta notablemente el resultado del volumen por embalsar en la creciente de una vez en diez años.

b. Utilización del método de Gumbell, en lugar de la desviación logarítmica standard y el método gráfico utilizados por EPDC, para calcular el volumen por embalsar en Salvajina en la creciente de una vez en diez años. El resultado de este cálculo es un volumen de 600 Mm3 para embalsar en Salvajina, correspondiente a un caudal de 760 m3/s en Juanchito y 1200 m3/s en La Victoria, es decir, un resultado prácticamente igual al de la presa en la cota 1154.5.

Conclusiones.

1. La capacidad del río Cauca en Juanchito debe ser de 760 m3/s. Este valor es el mínimo aceptado por EPDC, CVC e Ingetec-Inesco para garantizar el grado de protección ofrecido y corresponde al caudal de frecuencia de una vez en diez años, generado por los tributarios de aguas abajo de Salvajina, que no puede controlarse con el embalse.

2. Las alturas de presa en Salvajina compatibles con la capacidad de 760 m3/s en Juanchito se reducen a dos: la de la cota 1143 que propone EPDC y la de la cota 1154 en la que pueden resumirse los resultados de los estudios de Ingetec-Inesco (1154.5 y 1153) al haber aceptado la capacidad en Juanchito propuesta por EPDC (760 m3/s).

3. La diferencia de costos de las dos soluciones (cotas de presa 1143 y 1154) es de cinco millones de dólares, o sea un 3.5% del valor total de las obras.

4. Durante las conversaciones de junio de 1974, la misión de EPDC expresó que su recomendación no cambiaría (presa en la cota 1143 y capacidad de 760 m3/s en Juanchito).

5. En vista de que no se considera aceptable el resultado del estudio revisado de EPDC, con una presa en la cota 1143, y de que la diferencia relativa de costo con la presa en la cota 1154 no es grande, la posición final de Ingetec-Inesco es la de recomendar que se construyan la presa en la cota 1154 y los diques del río Cauca para una capacidad de 760 m3/s en Juanchito y los correspondientes que se calculen para las demás estaciones.

Se incluye un anexo que contiene el resumen de los cálculos hechos por Ingetec-Inesco al aplicar la metodología propuesta por EPDC.

FC/gdr.

Julio 26, 1974

COMENTARIOS AL MEMORANDO DE EPDC SOBRE LA REVISION DEL INFORME DE INGETEC-INESCO DE MAYO DE 1974

ANEXO DE HIDROLOGIA

Con excepción de la hidrógrafa de la creciente de 1966 se adoptaron las hidrógrafas no deformadas desarrolladas por EPDC. Los valores de estas hidrógrafas se tomaron del manuscrito suministrado por el señor Shindo.

Para adoptar la hidrógrafa de 1966 se compararon las hidrógrafas calculadas por EPDC y CVC-Ingetec-Inesco de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$Q_{juan} = 1.0 \left[0.9 (8.3\ Q_{fra} + 2.35\ Q_{tim}) + Q_{bal}\right]$$

$$Q_{juan} = 0.802 \left[0.9 (8.3\ Q_{fra} + 2.35\ Q_{tim}) + Q_{bal}\right]$$

CVC - Ingetec-Inesco $\quad Q_{juan} = 33 + 1.6\ Q_{sal}$

Las tres hidrógrafas resultantes y el hidrograma registrado en Juanchito se muestran en el gráfico adjunto. De su comparación se dedujo que se puede adoptar la hidrógrafa de CVC-Ingetec-Inesco puesto que tiene una buena comprobación con la que se obtiene utilizando $\gamma = 1$ en la fórmula de EPDC. La hidrógrafa de EPDC

con γ = 0.802 es definitivamente muy pequeña ya que es básicamente la hidrógrafa registrada, lo que indicaría que no hubo desbordamientos, que como se sabe no es correcto.

De las hidrógrafas no deformadas en Juanchito se calculó el volumen de las hidrógrafas que excede una capacidad de 650 m3/s en esta estación, obteniéndose los siguientes volúmenes:

Hidrógrafa Año 1966	Volumen Mm3
EPDC - = 1	1100
EPDC - = 0.802	530
CVC - Ingetec-Inesco	960
Hidrograma registrado	520

EPDC calculó para 1966 un volumen de 625 Mm3 en exceso de 650 m3/s en Juanchito. Conviene anotar que EPDC no usó su ecuación en este año. Como los estudios hechos por la CVC e Ingetec-Inesco indican que el volumen de la hidrógrafa no deformada de Juanchito en 1966, en exceso de 650 m3/s, debe ser del orden de 900 Mm3, se cambió el volumen de 1966 con lo cual los datos de excedencias suministrados por EPDC se modifican como se muestra a continuación:

Orden	Volumen Mm3	Orden	Volumen Mm3
1	900 (878)	12	67.7
2	878 (625)	13	58.4
3	361	14	36.2
4	357	15	35.4
5	340	16	23.0
6	310	17	20.7
7	171	18	16.4
8	156	19	14.5
9	76.9	20	8.2
10	71.3	21	7.3
11	71.2	22	4.9

Nota: Los valores entre paréntesis son los modificados.

Con la serie estadística anterior se pasó luego a determinar las frecuencias de ocurrencia por el método de Gumbell por considerarse el más apropiado para el Valle del Cauca. Para una frecuencia de 1:10 años el resultado fue de 609 Mm3.

A continuación se determinó el volumen que excede 760 m3/s en Juanchito. Según EPDC, para pasar de 650 m3/s a 760 m3/s el embalse disminuye en 179 Mm3 porque:

Volumen para 650 m3/s (Gumbell)	=	494	Mm3
Volumen para 760 m3/s (Gumbell)	=	315	
Diferencia:		179	Mm3

También puede decirse que la proporción entre los volúmenes al cambiar de 650 m3/s a 760 m3/s es de 494/315 = 1.57 .

Al tener en cuenta la corrección de 23 Mm3 por error probable de operación y 88 Mm3 por efecto del caudal desbordado que no vuelve al río, el volumen del embalse, para 760 m3/s, sería:

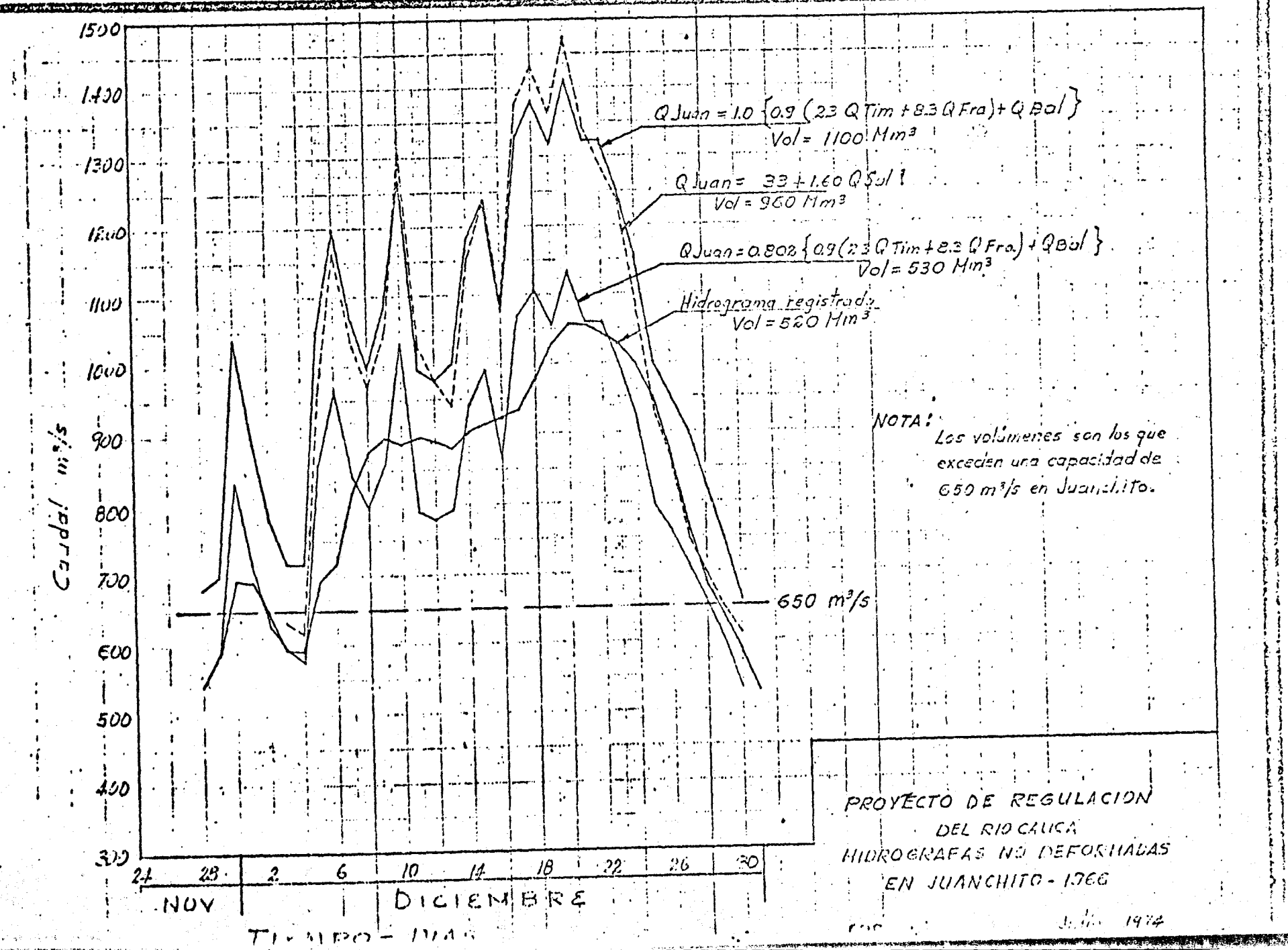
609 - 179 + 23 + 88 = 541 Mm3 ó
609/1.57 + 23 + 88 = 499 Mm3

Como lo expone EPDC, el volumen requerido en Salvajina es mayor si el análisis se hace con base en La Victoria y se requieren aproximadamente 100 Mm3 de capacidad adicional. El volumen en Salvajina será entonces:

541 + 100 = 641 Mm3 ó
499 + 100 = 599 Mm3

Como se observa, el volumen de embalse debe tener un valor cercano a los 600 Mm3 según el método de EPDC aplicado por Ingetec-Inesco.

GJ/gdr.


1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
Caudal m³/s
Q Juan = 1.0 {0.9 (2.3 Q Tim + 8.3 Q Fra) + Q Bol}
Vol = 1100 Mm³
Q Juan = 33 + 1.60 Q Sul
Vol = 960 Mm³
Q Juan = 0.802 {0.9 (2.3 Q Tim + 8.3 Q Fra) + Q Bol}
Vol = 530 Mm³
Hidrograma registrado
Vol = 520 Mm³
650 m³/s
NOTA: Los volúmenes son los que exceden una capacidad de 650 m³/s en Juanchito.
24 28 2 6 10 14 18 22 26 30
NOV
DICIEMBRE
TIEMPO - DIAS
PROYECTO DE REGULACION
DEL RIO CAUCA
HIDROGRAFAS NO DEFORMADAS
EN JUANCHITO - 1966
1974

Ref. 4.f)

C. V. C.

MEMORANDO (INTERNO)

: Omar Julio Guerrero Y.

: J. Llanos

Archivo : 511B.01

Memo: C-21332

ha : 12 de agosto de 1974

nto : Proyecto Regulación río Cauca.

Ref.: Carta No. DT.72.1/4888 de 29 de julio de 1974, de Ingetec.

Con la carta de la referencia Ingetec remite "Comentarios al Memorándum de EPDC sobre la revisión del informe de Ingetec-Inesco de mayo de 1974", relativos a Hidrología, y concluye que los diques del proyecto de regulación del río Cauca deben ser para una capacidad mínima en Juanchito de 760 m3/s. y que la capacidad correspondiente del embalse de Salvajina debe ser de 600 Mm3 y corona de presa a la cota 1154 msm; y no 410 Mm3 y 1143 msm respectivamente, como lo propone EPDC.

En el "Anexo de Hidrología", que con la misma carta remiten, presentan un resumen de su estudio de hidrología que les lleva a recomendar los 600 Mm3 de capacidad de embalse en Salvajina.

Ya con usted he comentado verbalmente ese anexo y, para poder elaborar nuestro memorándum de comentarios al Director Ejecutivo, es preciso que Ingetec aclare antes algunos puntos de dicho anexo a saber:

1. Para adoptar la hidrógrafa no deformada de noviembre-diciembre de 1966 calcularon tres hidrógrafas así:

   a) Con la fórmula de EPDC y factor $\gamma = 1$

   b) Con la fórmula de EPDC y factor $\gamma = 0,802$

   c) Con la fórmula de CVC-Ingetec-Inesco.

   y comentan que la hidrógrafa con $\gamma = 0,802$ es "muy pequeña ya que es básicamente la hidrógrafa registrada, lo que indicaría que no hubo desbordamientos, que como se sabe no es correcto"

.../

Memo No. C-21332
Hoja No. 2.

Es preciso que Ingetec aclare el sentido de este comentario puesto que como se sabe el factor γ en la fórmula de EPDC es un factor de corrección de la hidrógrafa nó deformada que hace su volúmen igual al de la deformada. Por tanto con la fórmula de EPDC toda hidrógrafa nó deformada será casi igual a la deformada. Además la nó deformada de 1966 con γ = 0,802 tiene picos mayores que la deformada y si con ésta última hubo desbordamientos, no entiendo el comentario de Ingetec cuando dice que la nó deformada "indicaría que no hubo desbordamientos".

2. En la serie estadística de excedencias de volúmenes dados en la hoja 2 del Anexo de Ingetec se han usado los datos calculados por EPDC, cambiando el de 1966 y generando algunos (donde EPDC tenía valores cero) para obtener 22 datos equivalentes a los años de registro.

En el cuadro siguiente se muestran las dos series.

EPDC		Ingetec		EPDC		Ingetec	
Orden	Mm3	Orden	Mm3	Orden	Mm3	Orden	Mm3
-	-	1	900	10	67,7	12	67,7
1	878	2	878	-	-	13	58,4
2	625	-	-	11	36,2	14	36,2
3	361	3	361	12	35,4	15	35,4
4	357	4	357	13	23,0	16	23,0
-	-	5	340	-	-	17	20,7
5	310	6	310	14	16,4	18	16.4
-	-	7	171	15	14,5	19	14,5
6	156	8	156	16	8,2	20	8,2
7	76,9	9	76,9	17	7,3	21	7,3
8	71,3	10	71,3	18	4,9	22	4,9
9	71,2	11	71,2				

Lo que se desea aclarar es:

a) Por qué para la crecida de 1966 no se acepta el factor γ = 0,802 que hace iguales los volúmenes de las hidrógrafas nó-deformada y deformada; pero en cambio para las otras no se modifica el dato de EPDC.

.../

b) La diferencia entre el volúmen de 900 Mm3, de excedencia sobre 650 m3/s. en Juanchito, adoptado por Ingetec, para la hidrógrafa de 1966, excede en 380 Mm3 el volúmen de la hidrógrafa registrada.
¿Cómo se concilia este volúmen con el de 88 Mm3 que se acepta como corrección por efecto del caudal desbordado que no vuelve al río, en la fórmula de EPDC ?

c) Tratar de determinar el volúmen de embalse en Salvajina correspondiente a 760 m3/s. en Juanchito, como lo hace Ingetec en su anexo, bien suponiendo paralelismo de las curvas de Ingetec y EPDC, o proporcionalidad en los volúmenes, puede resultar en una buena aproximación.

Sin embargo, la serie estadística de EPDC de excedencias de volúmenes sobre 800 m3/s. en Juanchito, tiene sólo 14 datos. Usar pues el volúmen de EPDC determinado con dicha serie, como lo hace Ingetec para correlación, es aceptar como correcta dicha serie. Pero si Ingetec glosó la serie de excedencias sobre 650 m3/s, debe también criticar la de 800 m3/s.

Por consiguiente, es necesario que Ingetec genere la serie estadística de excedencias de volúmenes sobre 800 m3/s. de capacidad en Juanchito, y dibujada la gráfica deducir el volúmen de embalse para 760 m3/s. en Juanchito.

Conclusión.

Para poder tener un mejor juicio en la definición del embalse requerido en Salvajina yo me permito recomendar:

A. Pedir a Ingetec aclaración a los puntos 2.a) y 2.b) atrás consignados.

B. Los datos de la serie deben ser consistentes en el sentido de que la hidrógrafa no deformada, calculada por Ingetec para 1966, no necesitaría de corrección "por efecto del caudal desbordado que no vuelve al río"; en tanto que los datos de la misma serie, tomados de EPDC aparentemente si necesitan de esa corrección, a menos que se demuestre lo contrario. Entonces, o que se modifique el dato de excedencia de volúmen para 1966; o que se modifiquen los datos tomados de EPDC.

.../

C. Que se explique cómo se determinaron los datos de la serie de Ingetec introducidos para corregir la serie de EPDC (Nos. de órden 5, 7, 13 y 17 de Ingetec); y aclarar si se usó la fórmula de EPDC y con qué criterio de factor γ , o si la fórmula CVC-Ingetec-Inesco. Si fuere del caso, para tales cuatro valores regiría el mismo comentario del punto B precedente.

D. Que se genere una serie de excedencias de volúmenes sobre la capacidad de 800 m3/s. en Juanchito, que satisfaga los comentarios anteriores.

JHLl:mvm.
cc : Dr. Guillermo Regalado.

Ref. 4.9

INGETEC
INGENIEROS CONSULTORES

CARRERA 9 Nº 17-45 BOGOTÁ, COLOMBIA
APARTADO AEREO 5093
APARTADO NACIONAL 4750
CABLES: INGETEC
TELEFONO: 821088

Bogotá, D.E.,
Septiembre 2, 1974
No. DT.72.1/5555

Señor doctor
Henry J. Eder
Director Ejecutivo
C V C
Cali

Ref. Proyecto de Regulación del Río Cauca.

Estimado doctor Eder:

En atención a la solicitud del doctor Omar Julio Guerrero, en su carta de agosto 13 de 1974, damos respuesta a las preguntas que hace el doctor Jorge Llanos sobre nuestra carta No. DT.72.1/4888, de julio 29 de 1974.

Contestamos las preguntas del doctor Llanos en el orden en que las presentó en su memorando No. C-21332, de agosto 12 de 1974.

1. Es preciso que Ingetec aclare el sentido de este comentario puesto que como se sabe el factor γ en la fórmula de EPDC es un factor de corrección de la hidrógrafa no deformada que hace su volumen igual al de la deformada. Por tanto con la fórmula de EPDC toda hidrógrafa no deformada será casi igual a la deformada. Además la no deformada de 1966 con γ = 0.802 tiene picos mayores que la deformada y si con ésta última hubo desbordamientos, no entiendo el comentario de Ingetec cuando dice que la no deformada "indicaría que no hubo desbordamientos".

Efectivamente el factor γ en la fórmula de EPDC es un factor de

./.

corrección de la hidrógrafa no deformada que hace su volumen total igual al de la deformada, pero que no tiene en cuenta ni la corrección del caudal máximo ni la forma de la hidrógrafa.

Para demostrar que la hidrógrafa de 1966 con $\gamma = 0.802$ está errada, se dan las siguientes razones:

a. Volumen de la hidrógrafa.

La hidrógrafa no deformada de 1966 con $\gamma = 0.802$ tiene picos mayores que la deformada pero la diferencia entre el volumen registrado por encima de 650 m3/s y el volumen que se obtiene con la fórmula ($\gamma = 0.802$) en exceso también de 650 m3/s es de sólo 10 Mm3. Esto contradice el hecho de que en la cima la hidrógrafa no deformada debe tener un volumen mucho mayor que la deformada, porque a partir de determinado caudal no solamente se deforma el pico sino también el volumen y esta deformación es siempre negativa. Si la reconstrucción produce picos o volúmenes (en la cima) similares a los registrados, se puede concluir que la reconstrucción de la hidrógrafa no está bien hecha. Y esto es lo que sucede para 1966 con $\gamma = 0.802$ en la fórmula de EPDC.

b. Caudal máximo.

El pico que se reconstruye (no rigurosamente preciso porque la fórmula solo es para volúmenes totales) es igual a 1130 m3/s mientras que el registrado fue de 1057 m3/s o sea una diferencia de sólo 73 m3/s. La diferencia en volumen (en exceso de 650 m3/s), como ya se dijo, es de sólo 10 Mm3. Si al reconstruir una hidrógrafa se encuentra una similar a la que se considera deformada (Figura 1), la conclusión que se saca es que no hubo desbordamientos (o efecto de inundación que aplane los picos). Como se sabe que este no fue el caso en 1966, la hidrógrafa que se encuentra con $\gamma = 0.802$ es errada.

c. Comparación del caudal máximo no deformado con el registrado en varias crecientes.

La creciente de 1966 que provocó inundaciones no es la de-

./.

formada, tal como se registró en Juanchito (con pico = 1057 m3/s) sino una mucho mayor que es la que se trata de encontrar con $\gamma = 1$. Al utilizar valores de γ cercanos a la unidad, como hace EPDC para la mayoría de las crecientes principales, se obtienen caudales máximos bastante mayores que los deformados registrados tal como se muestra a continuación.

	Registrado m3/s	EPDC m3/s	Porcentaje de aumento
Feb - 1950	965	1600	66
Ene - 1953	866	1330	53
Dic - 1954	819	1090	33
Ene - 1955	778	1100	41
Ene - 1956	835	1325	58
Dic - 1966 $\gamma = 0.802$	1057	1131	7
Dic - 1966 $\gamma = 1$	1057	1410	33

Se observa que al utilizar $\gamma = 0.802$ en la creciente de 1966 se está subestimando el efecto de aplanamiento de picos producido por el desbordamiento del río. En este sentido se hizo la afirmación de que la hidrógrafa indicaría que no hubo desbordamientos puesto que los picos son muy similares a los registrados.

d. Comparación con la hidrógrafa de La Balsa.

En la Figura 1 puede observarse que la hidrógrafa no deformada de 1966, calculada con $\gamma = 0.802$, resulta con caudales y volúmenes inferiores a los registrados en La Balsa, lo que no puede ser posible.

2.a Por qué para la crecida de 1966 no se acepta el factor $\gamma = 0.802$ que hace iguales los volúmenes de las hidrógrafas no deformada y deformada; pero en cambio para las otras no se modifica el dato de EPDC.

./.

El valor de γ = 0.802 no se acepta para la creciente de 1966 porque la hidrógrafa reconstruida que se obtiene con este valor, o sea la no deformada, es sensiblemente igual a la registrada. Esto lógicamente no puede ser así. La hidrógrafa reconstruida debe tener un pico mucho mayor y, por lo tanto, un volumen en la cima también mayor que el de la registrada. Si la fórmula de EPDC reproduce la hidrógrafa registrada no hay reconstrucción y es porque el coeficiente γ está subestimado. Los mismos ingenieros de EPDC consideraron inadecuado este valor de γ y para reconstruir la creciente de 1966 en Juanchito emplearon un método distinto en el cual no interviene su fórmula. Los otros coeficientes se aceptan, en gracia de discusión, porque originan hidrógrafas que sí pueden corresponder a las no deformadas.

Se hace notar también que los coeficientes para las avenidas grandes de los años 1950, 1955 y 1956 son respectivamente 1.0, 0.9 y 1.1 (datos de EPDC).

2.b La diferencia entre el volumen de 900 Mm3, de excedencia sobre 650 m3/s en Juanchito, adoptado por Ingetec, para la hidrógrafa de 1966, excede en 380 Mm3 el volumen de la hidrógrafa registrada.

Cómo se concilia este volumen con el de 88 Mm3 que se acepta como corrección por efecto del caudal desbordado que no vuelve al río, en la fórmula de EPDC?

El volumen desbordado que no vuelve al río y que EPDC estima en 88 Mm3 no se aplica al volumen de cada una de las hidrógrafas sino al volumen con frecuencia 1:10 que se calcule estadísticamente para la serie escogida. Al variar el volumen para uno de los datos de la muestra como sucede con el de 1966, este volumen de 88 Mm3 debe cambiarse también en rigor. Sin embargo, dada la poca precisión del método (desarrollado originalmente por EPDC) se decidió, para efectos de discusión, seguir conservando como parámetro en los cálculos la cifra de 88 Mm3.

./.

2.c Es necesario que Ingetec genere la serie estadística de excedencias de volúmenes sobre 800 m3/s de capacidad en Juanchito, y dibujada la gráfica deducir el volumen de embalse para 760 m3/s en Juanchito.

Para deducir el volumen de embalse en Salvajina correspondiente a 760 m3/s en Juanchito, se utilizó la diferencia que se obtiene trabajando con los datos de EPDC calculados, estos sí, con el método de Gumbel. Aunque los volúmenes que calcula EPDC estadísticamente siempre dan bajos, se estima que la diferencia de 179 Mm3 para pasar de 650 m3/s a 760 m3/s en Juanchito, se puede seguir utilizando como dato suficientemente aproximado para los cálculos. Esta diferencia también puede encontrarse con el método Ingetec-Inesco por interpolación y extrapolación de las cifras que aparecen en la página 3-8 del Informe Técnico de mayo de 1974, preparado por las firmas mencionadas. No se generó la serie estadística de volúmenes sobre 800 m3/s por no considerarse necesario.

B. Los datos de la serie deben ser consistentes en el sentido de que la hidrógrafa no deformada, calculada por Ingetec para 1966, no necesitaría de corrección "por efecto del caudal desbordado que no vuelve al río"; en tanto que los datos de la misma serie, tomados de EPDC aparentemente sí necesitan de esa corrección, a menos que se demuestre lo contrario. Entonces, o que se modifique el dato de excedencia de volumen para 1966; o que se modifiquen los datos tomados de EPDC.

Se espera haber aclarado este tema con lo expuesto en el punto 2.b .

C. Que se explique cómo se determinaron los datos de la serie de Ingetec introducidos para corregir la serie de EPDC (Nos. de orden 5, 7, 13 y 17 de Ingetec); y aclarar si se usó la fórmula de EPDC y con qué criterio de factor γ , o si la fórmula CVC-Ingetec-Inesco. Si fuere del caso, para tales cuatro valores regiría el mismo comentario del punto B precedente.

./.

La serie estadística de excedencia de volúmenes fue tomada directamente de los datos suministrados en el manuscrito de EPDC sin adiciones de ninguna clase. La única modificación, como se dijo, fue la del cambio del dato de 1966 (625 Mm3) como se muestra a continuación:

Orden	EPDC Mm3	Ingetec Mm3	Orden	EPDC Mm3	Ingetec Mm3
1	878	900	12	67.7	67.7
2	625	878	13	58.4	58.4
3	361	361	14	36.2	36.2
4	357	357	15	35.4	35.4
5	340	340	16	23.0	23.0
6	310	310	17	20.7	20.7
7	171	171	18	16.4	16.4
8	156	156	19	14.5	14.5
9	76.9	76.9	20	8.2	8.2
10	71.3	71.3	21	7.3	7.3
11	71.2	71.2	22	4.9	4.9

El dato de 1966 (625 Mm3) cambia la ordenación de la serie pero no los datos (o eventos) mismos, los cuales fueron calculados por EPDC con su fórmula y con sus valores γ. Se aclara de nuevo que EPDC para 1966 obtuvo los 625 Mm3, utilizando un método distinto al de la fórmula, que el valor de 0.802 para γ lo considera errático y que fue solo empleado en un cálculo que posteriormente se sustituyó por el que dio como resultado los 625 Mm3. Este último dato se tomó de la figura 6.3 del informe de EPDC y se muestra en la Figura 1 anexa a la presente carta. EPDC sostiene que no pudo utilizar su fórmula apropiadamente para 1966 por falta de datos.

Se vuelve a hacer énfasis sobre el hecho de que la fórmula CVC-Ingetec-Inesco produce una hidrógrafa no deformada prácticamente igual a la que se obtiene con la fórmula de EPDC utilizando un $\gamma = 1$ y los caudales de los tributarios alternativos (Figura 2). El volumen que se obtiene sobre 650 Mm3 con las dos fórmulas

./.

es del orden de 1000 Mm3; sin embargo, se decidió adoptar más bien la cifra de 900 Mm3 al analizar varias hidrógrafas no deformadas en conjunto con la deformada.

D. Que se genere una serie de excedencias de volúmenes sobre la capacidad de 800 m3/s en Juanchito, que satisfaga los comentarios anteriores.

La revisión efectuada por Ingetec al estudio de EPDC no tuvo el propósito de evaluar los dos métodos hidrológicos, ni el de tratar de obtener las mismas cifras por caminos diferentes, sino el de conocer la sensibilidad de los resultados al utilizar los dos criterios, puesto que ambos análisis están basados en suposiciones y aproximaciones. Nuestra revisión consistió en cambiar en el análisis de EPDC el dato que más duda presentaba de acuerdo con nuestro criterio y comparar este resultado con el obtenido por nosotros.

Al comparar el nuevo resultado obtenido con el método de EPDC y el de nuestro informe encontramos que son muy similares y que, por lo tanto, el método de EPDC podría ser utilizado como comprobación del método que se usó en el informe. En consecuencia, no estimamos necesario continuar refinando los cómputos de EPDC.

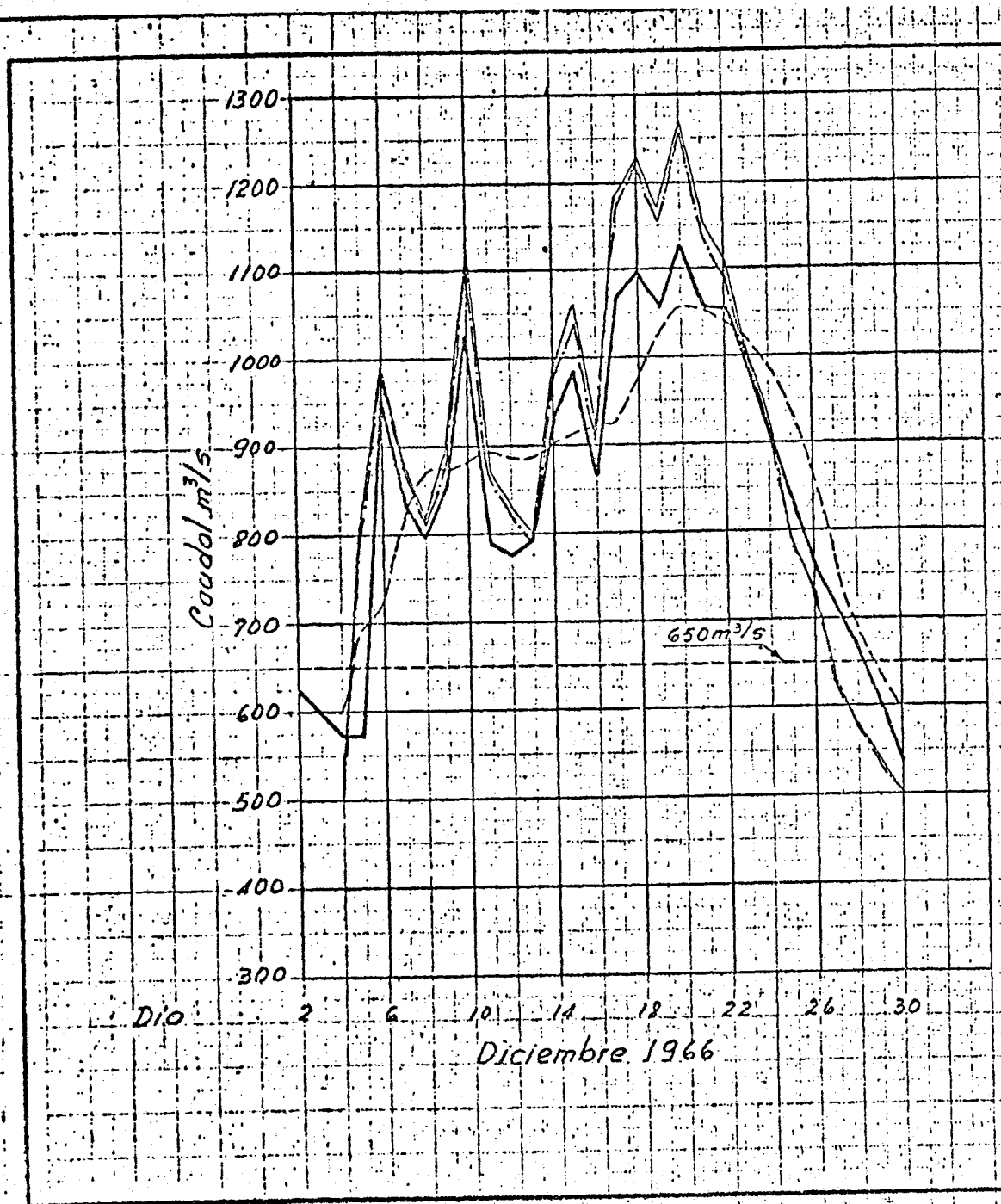
Atentamente,

INGETEC

Francisco Camacho

cc:
Doctor Omar Julio Guerrero
Doctor Jorge Llanos
Doctor Héctor Hernández

Anexo: Lo anunciado
DP/422
FC/gdr.



CONVENCIONES

Hidrógrafa no deformada en Juanchito.
Informe de EPDC - 1970 V = 625 Mm³

Hidrógrafa no deformada en Juanchito
EPDC - 1974 V = 530 Mm³
$Q_J = 0.802\,[0.9(8.3\,Q_{fil} + 2.35\,Q_{rim}) + Q_{val}]$

Hidrógrafa registrada en Juanchito
V = 589 Mm³

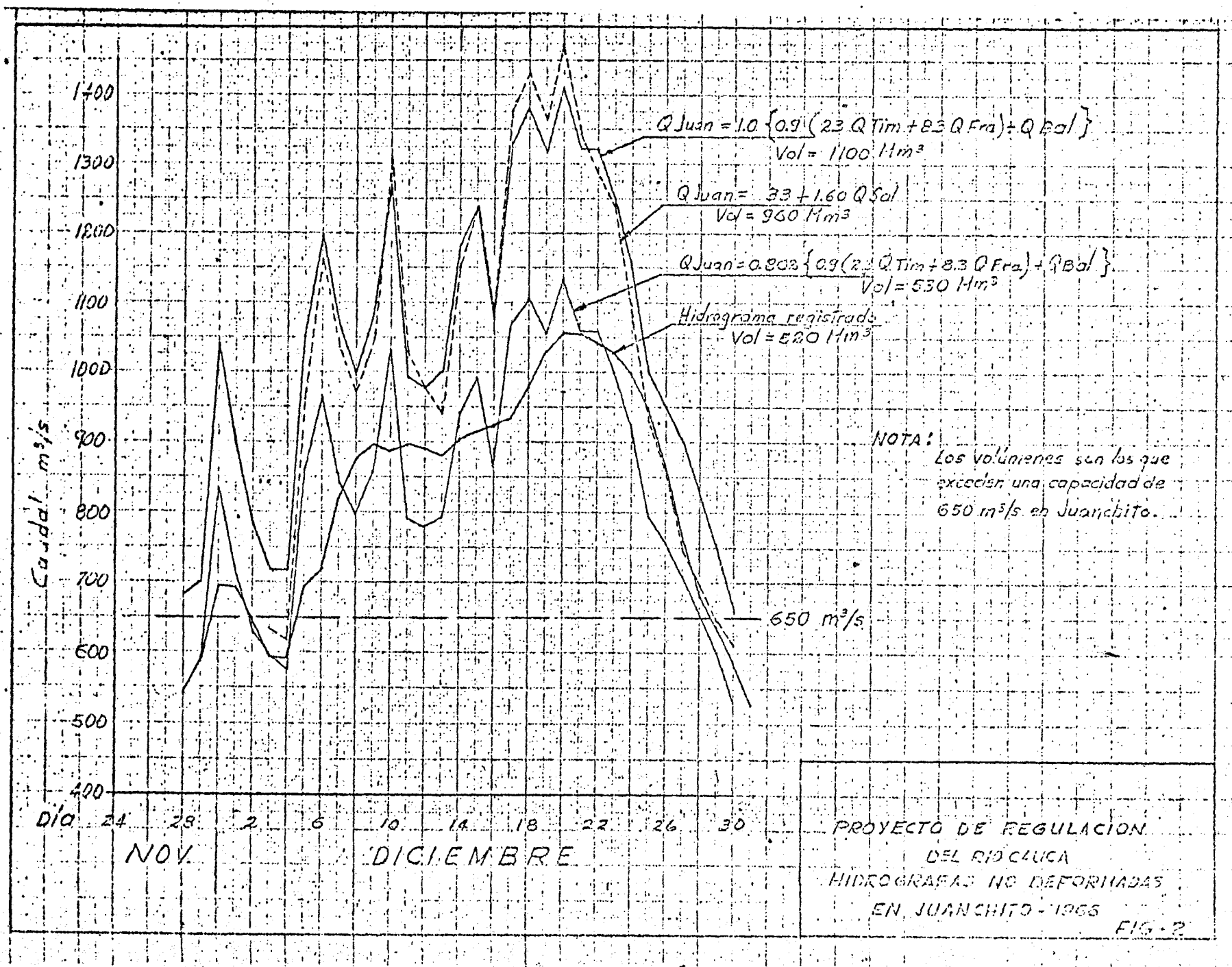
Hidrógrafa registrada en La Balsa
V = 603 Mm³

C.V.C.

PROYECTO DE REGULACION DEL RIO CAUCA

HIDROGRAFAS EN JUANCHITO

FIG - 1


Caudal m³/s
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
Día
24
28
2
6
10
14
18
22
26
30
NOV.
DICIEMBRE
Q Juan = 1.0 {0.9 (2.3 Q Tim + 8.3 Q Fra) + Q Bal}
Vol = 1100 Hm³
Q Juan = 33 + 1.60 Q Sal
Vol = 960 Hm³
Q Juan = 0.803 {0.9 (2.3 Q Tim + 8.3 Q Fra) + Q Bal}
Vol = 530 Hm³
Hidrograma registrado
Vol = 520 Hm³
650 m³/s
NOTA:
Los volúmenes son los que exceden una capacidad de 650 m³/s en Juanchito.
PROYECTO DE REGULACION
DEL RIO CAUCA
HIDROGRAFAS NO DEFORMADAS
EN JUANCHITO - 1965
FIG - 2

B. DAM, POWERHOUSE AND APPURTENANT STRUCTURES.

(By: Mr. H. Hinco)

General

1. Construction cost will be very low for the proposed layout. However, some difficulties will be found during construction as well as operation stage.

2. General idea is important in the present state of the project. Detail design of each structure should be throughly done in the course of definite study. A rather conventional and conservative layout is preferable to an unproven one at the present stage.

3. The following comment is deduced from the above mentioned point of view.

Dam

4. Embankment dam with concrete facing seems unsuitable for the site due to the following reason.

Unequal settlement of dam embankment is inevitable even if compacted thoroughly with vibration roller. This unequal settlement may cause cracks in concrete facing and leakage through cracks. Unfortunately, the dam site is said to be in the midst of earthquake region. The phenomena shall be largely accelerated by earthquake effect.
The dam site is located at the just upstream of Cauca Valley. If disaster of dam happened, the loss of life and property would be enormous. Special caution should be paid to the selection of dam type.

5. Generally speaking the outer slope of gravel fill dam will be more gentle than that of quarried rock. Further studies are required.

stream the location of the powerhouse is a way to solve the problem. This is effective in shortening the length of the power tunnel and in reducing the loss of head.

Even if the cost of excavation and protection of cut slope, increases, it seems better to adopt said modification.

Outlet works

11. The inlet of the outlet works should be opened above the sedimentation level.

Construction

12. On the attached table, unit prices for principal items of civil works are shown together with those of Alto Anchicaya and Chivor Project. The prices of Alto Anchicaya are modified in accordance with the escalation clause stipulated in the contract document. The same modification is applied to Chivor prices, as the escalation clause was not clear. In order to review these prices, EPDC made the cost estimate as listed on the same table.

The unit prices estimated by INGETEC are considered pretty reasonable judging from the table.

13. Data necessary for cost estimate by EPDC were furnished by CVC. Outstanding facts are low wages and fuel prices, and high machinery cost, as compared with those in USA and Japan.

14. As a whole, unit prices by INGETEC seem to be reasonable as mentioned above. But several suspicions are found in the estimation. The followings are the comments to the estimation.

The price for impervious core is rather low. Process for adjusting water content and gradation is often necessary for impervious core prior to compaction. The cost for the process appears to be neglected. The cost for compaction is extremely low, considering thin layer and frequent passes of compaction roller.

Bench cut method of rock quarrying described in the report is small in scale and consequently causes rather high cost. Coyote hole method is recommended as as main quarrying method, in order to reduce the cost.

It appears that manual labor cost is neglected, for instance, in the price estimate of impervious core. If neglected, it would be unreasonable. Although wages are cheap, the expenditure of manual labor would not be so small.

Coefficient of 3.6 for D-5 bulldozer is applied to almost all equipment. (Apendix J-3). This method seems unreasonable.

15. Comments of the construction cost for 1144 m. dam, middle of the three proposed dams, are as follows.

16. Total construction cost for civil works seems adequate, in spite of suspicion found in cost for each structure to some extent, ~~for instance 1144 m. layout.~~

17. The cost for hydraulic equipment is considered to be high, whereas electrical equipment cost is low.

At any rate, total construction cost of the project seems reasonable at present, ~~for instance 1144 m. layout.~~

COMPARISON OF UNIT PRICE

In US$

	E.P.D.C.	INCETEC	ALTO ANCHICAYA	CHIVOR
Excavation, common	1.75	2.00	1.53	1.90
Excavation, rock	4.00	4.00	3.71	4.00
Excavation, tunnel	28.50	53.00	19.70	18.00
Embankment, core	4.10	2.00		4.34
Embankment, rock	2.85	3.50	3.04	2.37
Embankment, gravel	(2.70)	2.70		8.00
Concrete in spillway chute	40.00	58.00	33.80	55.00
Concrete in power tunnel lining	53.90	65.00	36.10	76.00
Reinforcing bar	500.00	650.00	500.00	590.00

RECONNAISSANCE

Dam, Powerhouse and Appurtenant Structures.

Dam

Fill dam with impervious earth core is suitable for the site. Earth core should be slightly inclined to the upstream. Filter or transition zone immediately downstream of core should be thoroughly compacted to reduce settlement.

Well-compacted earth core has the property of following the behavior of the dam embankment to some extend, in contrast with concrete facing.

The contact area of core to the foundation rock should be selected so as to minimize the disturbance of the abutment.

In other words, the core contact should be located slightly upstream from the narrowest gorge.

Either material of quarried rock and dredger tailings is available for dam embankment.

Further survey is necessary to reach a conclusion. Haulage of material to the dam is one of the most important factors for selecting quarry site. Haulage troubles may be found for the quarry located extremely near the dam.

Heavily weathered rock is considered suitable for impervious core material. Such a material has relatively low natural water content and excellent mechanical properties. Accordingly, embankment work is easy and it will be possible to secure sufficient work days in comparison with the work days for talus borrow area.

Additional permeability tests together with grouting tests are necessary to evaluate foundation treatment of the dam. Anyway, considerable cost for grouting is foreseen. Grouting gallery should be provided.

It seems unsuitable to construct a concrete-dam from the geological condition at the site.

Spillway

As for energy dissipator of spillway, hydraulic jump type is the best in view of the fact that this type yields the least disturbance to the powerhouse and other structures.

Outlet works

An auxiliary gate should be installed at each inlet of the low level outlet. Thus both auxiliary and main service gates can be repaired.

It would not be impossible to use intake gate as auxiliary gate of outlet works after studying in detail.

Power tunnel

Three lines of power tunnel seems suitable in order to keep steady and stable supply of electric energy. Power failure of tens of thousands kw is not a trifle for C.V.C..

Powerhouse

Powerhouse should be located more upstream as described before.

INGETEC
INGENIEROS CONSULTORES

CARRERA 9 Nº 17 - Bogotá, Colombia
APARTADO AEREO 1039
APARTADO NACIONAL 4759
CABLES: INGETEC
TELEFONO 82 10 80

Bogotá, D.E.,
Agosto 6, 1974
No. DT. 72.1/5096

Señor doctor
Henry J. Eder
Director Ejecutivo
C V C
Cali

Ref. Proyecto de Regulación del río Cauca.

Estimado doctor Eder:

Como continuación de nuestros comentarios al memorando de EPDC sobre la revisión del informe de Ingetec-Inesco, de mayo de 1974, le enviamos la parte que se refiere a la presa, casa de máquinas y estructuras anexas. Con nuestra carta No. DT. 72.1/4888 de julio 29 de 1974, le enviamos la parte concerniente a la hidrología.

De estos comentarios el más importante es el del tipo de presa. EPDC aceptó que no se puede construir la presa de concreto por razones de geología del sitio, pero, en su informe de revisión sostiene que debe construirse la presa de escollera con núcleo de arcilla, según la alternativa que presentó en el informe de 1970.

Además de las razones que dimos en el informe de mayo de 1974, para sustentar la adopción de la presa de gravas con cara de concreto, los comentarios adjuntos contienen argumentos para aclarar las observaciones de la misión de EPDC durante su visita del mes de junio pasado.

Esperamos poder enviarle a principios de la semana entrante los comentarios sobre la parte de generación de energía eléctrica.

Atentamente,

I N G E T E C

Carlos S. Ospina

cc:
Doctor Omar Julio Guerrero
Doctor Héctor Hernández
DP/370
FC/gdr.

Agosto 6, 1974

COMENTARIOS AL MEMORANDO DE EPDC

SOBRE LA REVISION DEL INFORME DE INGETEC - INESCO

DE MAYO DE 1974

B. PRESA, CASA DE MAQUINAS Y ESTRUCTURAS ANEXAS.

1. PRESA. (Página 8)

EPDC acepta que desde el punto de vista de la geología del sitio, no se puede construir la presa de concreto que recomendó en su informe de 1970 y que debe construirse en su lugar una presa de escollera con núcleo de arcilla. En cuanto a la presa de gravas con cara de concreto que recomienda Ingetec-Inesco manifiesta que no parece factible por las siguientes razones:

a. Los asentamientos diferenciales del relleno son inevitables.

b. La presa está localizada en una zona sísmicamente activa.

c. Los taludes en una presa de gravas deben ser más tendidos que en una de enrocado.

d. La presa está localizada muy cerca del Valle del Cauca y en caso de una falla de la presa se presentaría un gran desastre.

a. Asentamientos diferenciales.

Los resultados obtenidos en el comportamiento de este tipo de presas indican que no se presentan asentamientos diferenciales de magnitud tal que afecten el comportamiento satisfactorio de la presa. Como ejemplo de un magnífico comportamiento de una presa de este tipo se dan a continuación algunos datos extraídos del boletín de septiembre de 1972 del Comité Australiano de Grandes Presas (ANCOLD).

Proyecto:	Presa de Cethana
Localización:	Tasmania, Australia
Tipo de presa:	Enrocamiento con cara de concreto
Materiales usados:	Cuarcita procedente de cantera
Altura de la presa:	100 metros
Pendientes de los taludes:	1.3 H: 1.0 V
Período de construcción:	Octubre 1968 - Enero 1971
Primer llenado del embalse:	Febrero - Abril 1971

Movimientos registrados durante el período comprendido entre febrero y diciembre de 1971 en la cresta de la presa:

Asentamiento vertical máximo:	2.7 pulgadas
Desplazamiento horizontal máximo hacia aguas abajo:	1.6 pulgadas

Desplazamientos horizontales laterales:

Del estribo izquierdo hacia el centro de la presa:	0.7 pulgadas
Del estribo derecho hacia el centro de la presa:	0.3 pulgadas

El siguiente párrafo se traduce a la letra del boletín de ANCOLD:

"La mínima infiltración es una clara indicación de que en esta etapa no han ocurrido rupturas ni en la losa de concreto ni en los sellos de caucho".

El módulo de deformación del enrocamiento de la presa de Cethana es del orden de 20.000 libras/pulgada cuadrada; valores similares a éste se han obtenido en el enrocamiento de la presa de Alto Anchicayá. Es ampliamente reconocido que los módulos de deformación de rellenos compactados, construidos con gravas, son en general altos (iguales o mayores a los módulos de deformación obtenidos en enrocamientos bien compactados como es el caso de las presas de Cethana y Alto Anchicayá). Los asentamientos que pueden sufrir los rellenos están directamente relacionados con los módulos de deformación de los materiales que conforman el relleno y, por consiguiente, se anticipa que los asentamientos que puedan ocurrir en un relleno de gravas de muy buena calidad, tales como las previstas por la construcción de la presa de Salvajina, serán mínimos.. Se prevé además que los asentamientos diferenciales que puedan ocurrir no causarán daño a la cara de concreto o a los sellos de caucho.

b. Comportamiento de la presa durante un sismo.

No existe un acuerdo definitivo sobre cuál es el tipo de presa que se comporta mejor durante la ocurrencia de un terremoto. Si se compara el comportamiento de presas con cara de concreto con el de presas de escollera con núcleo impermeable, sujetas a esfuerzos dinámicos impuestos por terremotos, se pueden hacer las siguientes consideraciones:

Se considera que una presa de cara de concreto es más estable que una presa de escollera puesto que en la primera prácticamente todo el cuerpo de la presa permanece libre de aguas de infiltración y, por consiguiente, no se presentan aumentos de presiones de poros por los esfuerzos dinámicos impuestos por un terremoto. Además, la cara de concreto de la presa no es una estructura estrictamente rígida puesto que las uniones verticales le dan cierto grado de flexibilidad que permite que la losa se acomode sin romperse cuando sufra deformaciones moderadas. Por otra parte, si el te-

rremoto es de magnitud tal que cause grietas en la losa de concreto, tales grietas probablemente ocurrirían en la parte alta de la losa donde pueden repararse fácilmente.

En términos generales se puede decir que una presa de escollera se comporta mejor que una presa con cara de concreto en cuanto se refiere a deformaciones importantes que puedan ocurrir como resultado de un sismo fuerte. Sin embargo, debido a las altas presiones de poros que ocurren en el núcleo de la presa durante un terremoto, es más probable que se presente falla de la presa a través de una superficie de deslizamiento que pasaría por el núcleo de la misma.

En resumen, puede decirse que una presa con cara de concreto o una presa de escollera pueden construirse en zonas sísmicamente activas, siempre y cuando se tengan en cuenta durante el diseño y construcción de las mismas las precauciones necesarias para contrarrestar los daños que puedan ocurrir en dichas presas durante la ocurrencia de un terremoto, previniendo con ello la falla total de la estructura.

c. Taludes.

Es correcto lo que dice EPDC y se acepta que para una presa con cara de concreto las pendientes de los taludes deben ser menores si se usan gravas para construcción del relleno en lugar de roca procedente de cantera. En la sección propuesta para la presa de Salvajina se han previsto taludes de 1.5H: 1.0V. Si se usara roca procedente de cantera, los taludes serían más pendientes, probablemente del orden de 1.3H - 1.4H: 1.0V.

d. Desastre por falla de la presa.

Durante el diseño definitivo de la presa de Salvajina se tendrán en cuenta todos los factores que puedan afectar la estabilidad de la misma, principalmente los esfuerzos dinámicos a que estaría so-

metida la presa en caso de que ocurra un terremoto; por consiguiente, se anticipa que la presa se diseñará para asegurar su permanencia.

En el caso muy improbable de que la presa estuviera sujeta a esfuerzos superiores a los previstos en el diseño, causados por situaciones imprevisibles durante el diseño final de la misma, se estima que la falla de la presa consistiría en agrietamientos importantes de la losa de concreto que causarían filtraciones severas, pero, en ningún caso se prevé que este tipo de presa pueda fallar súbitamente, por deformaciones considerables del relleno hasta un punto tal que el agua del embalse lo arrastre.

En caso de presentarse agrietamientos importantes en la cara de concreto, el relleno de gravas permanecerá sin deformaciones mayores y se podrá bajar el embalse y llevar a cabo las medidas correctivas necesarias.

2. TOMA DE CARGA. (Página 9)

EPDC cree indispensable que se instalen compuertas en la toma para poder inspeccionar o reparar el túnel.

No se instalaron compuertas ya que cuando se necesite desocupar el túnel de carga el embalse puede vaciarse por el túnel de descarga de fondo. Debe tenerse en cuenta que la inspección del túnel no es una operación de rutina. El túnel se construye de tal manera que no necesite reparaciones periódicas. En caso de que se necesitara una reparación se bajaría el embalse y se instalaría un tapón provisional.

3. TUNEL DE CARGA. (Página 9)

EPDC sostiene que en caso de falla en el túnel de carga es necesario parar toda la planta debido a la trifurcación y, por lo tanto, aconseja un túnel de carga para cada unidad.

Un túnel para cada unidad se traduce en un aumento injustificado de costo. En el túnel no debe presentarse falla y, por lo tanto, no se puede evaluar la pérdida de generación que justificaría la construcción de túneles individuales.

EPDC objeta el esquema presentado con un túnel de carga muy largo que origina grandes presiones por el golpe de ariete.

El blindaje presupuestado está diseñado para resistir la sobrepresión del golpe de ariete que es del 40%, valor que es aceptable en este caso.

En cuanto a la observación sobre el corto plazo para instalar las válvulas Howell-Bunger y el blindaje se ha previsto que una de las válvulas Howell-Bunger se instalará en el estiaje anterior a la terminación de la obra.

4. CASA DE MAQUINAS. (Página 9)

EPDC considera que la casa de máquinas debe desplazarse hacia aguas arriba con el propósito de reducir la magnitud de los trabajos relacionados con la excavación para el rebosadero y la longitud del túnel de carga.

La localización prevista actualmente para la casa de máquinas obedece a las condiciones del terreno que requerirán excavaciones relativamente tendidas para que sean estables. Parece improbable que se logre desplazar hacia aguas arriba la posición de la casa de máquinas, en una distancia tal que resulte en economías significativas en las obras de rebosadero y de túneles, y que a su vez resulte en condiciones de estabilidad iguales a las que se tendrían en los cortes temporales y permanentes previstos para la construcción de la casa de máquinas en el sitio indicado en el informe.

Se hace notar que los criterios sobre taludes y bermas para las excavaciones adoptados por Ingetec-Inesco son más conservativos que los usados por EPDC.

De todas maneras es recomendable en la etapa de diseño final de la presa y obras complementarias tener en cuenta esta observación de los ingenieros de EPDC y revisar la localización de la casa de máquinas para establecer si es posible desplazarla y lograr con ello economía importante en los costos sin reducir la seguridad de las obras.

5. OBRAS DE DESCARGA DE FONDO. (Página 10)

EPDC sugiere que la toma del túnel de descarga de fondo se coloque por encima del nivel de sedimentación y que se instale una compuerta auxiliar en la entrada del túnel.

No se cree necesario que la toma se coloque a más altura puesto que los sedimentos que se depositan en frente de la toma de la descarga de fondo son finos y pueden ser arrastrados fácilmente al abrir la válvula HB. Está prevista una compuerta en la entrada del túnel para la instalación del tapón y la válvula de mariposa que podría usarse en caso de una reparación.

6. REBOSADERO. (Página 14)

EPDC sugiere un rebosadero con disipador de energía del tipo de resalto hidráulico que tendría una longitud menor, sería más económico y no disturbaría la casa de máquinas.

Este rebosadero no es económico en el esquema propuesto por Ingetec-Inesco porque se necesitaría una excavación mayor. Con el alineamiento escogido el rebosadero no disturbará la casa de máquinas.

7. COSTOS DE CONSTRUCCION. (Página 10)

En términos generales, EPDC considera que los precios unitarios

previstos por Ingetec e Inesco en el presupuesto son razonables, con excepción del que se estimó en el estudio de alternativas para el material impermeable de la presa de escollera con núcleo central. Considera además que el costo del equipo mecánico es alto mientras que el del equipo eléctrico es bajo.

En relación con el precio del material impermeable EPDC tiene razón. Debe subirse de US$ 2.00/m3 a US$ 4.00/m3.

No se tiene comentario alguno a la observación sobre los precios de los equipos mecánico y eléctrico.

FC/gdr.

Cali, Agosto 13 de 1.974 511E-01

Ingeniero
Francisco Camacho
INGETEC LTDA.
Apartado Aéreo 5099
Bogotá, D. E.

Ref.: Proyecto de Regulación del Río Cauca
Aclaraciones sobre estructuras en Salvajina.

Apreciado ingeniero:

Además de las aclaraciones solicitadas en el memorando 511B-01, C-21332 del Ing. Jorge Llanos, las cuales se refieren a la hidrología del Proyecto, rogamos a Ud. complementarnos las informaciones contenidas en el oficio No. DT.72.1/5096 del Dr. Carlos Ospina al Dr. Henry Eder. En general, y como yá se lo habíamos solicitado a Ud. verbalmente, deseamos saber cuáles serían los costos de obras en Salvajina en caso de adoptarse las recomendaciones propuestas por EPDC; y en particular solicitamos ampliar la información de ese mismo documento en el siguiente sentido:

a) Cuánto costaría la presa con núcleo central impermeable?

b) Si se instalaran compuertas en la toma de carga para poder inspeccionar ó reparar el túnel, cuál sería el costo de ellas?

c) Qué sucedería si no se instalaran las compuertas de que se habla en el literal b) y se presentaran fallas en el túnel en época de lluvias, cuando no fuera factible bajar el embalse? Y si fuera factible bajar el embalse, qué clase de tapón se haría y cómo?

d) Si, como propone EPDC, se hiciera un túnel de carga para cada unidad, cuál sería el mayor costo sobre lo propuesto por Ingetec-Inesco?

e) Deseamos conocer las curvas de costos de la tubería de presión para las dos alternativas (con almenara y sin ella) que llevaron a Ingetec-Inesco a recomendar su esquema.

f) En el primer párrafo de la página 7 del documento en cuestión se dice que es recomendable revisar la localización de la casa de máquinas para establecer si es posible desplazarla y lograr con ello economía importante en los costos sin reducir la seguridad de las obras. Deseamos saber cuál sería esa economía en costos en el supuesto de poderla desplazar.

g) Si, como propone EPDC, se colocara la toma del túnel de descarga de fondo por encima del nivel de sedimentación y se instalara una compuerta auxiliar en la entrada del túnel, cuánto valdrían estos cambios?

h) Cuál sería el valor de un rebosadero con disipador de energía del tipo de resalto hidráulico, como lo sugiere EPDC?

i) En caso de poderse desplazar la casa de máquinas, cuál sería el costo de tres conductos de carga con sus respectivas compuertas?

Atentamente,

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

Omar J. Guerrero Y.
Coordinador de Ingeniería Regulación Río Cauca

JL1/OJGY/jgpp

c.c./ Dirección Ejecutiva CVC
Dr. Vicente Aragón A.
Dr. Jorge Llanos

INGETEC
INGENIEROS CONSULTORES

CARRERA 9 Nº 17-46 BOGOTA COLOMBIA
APARTADO AEREO 3990
APARTADO NACIONAL 4750
CABLES: INGETEC
TELEFONO 821058

Bogotá, D.E.,
Septiembre 6, 1974
No. DT. 72.1/5687

Señor doctor
Henry J. Eder
Director Ejecutivo
C V C
Cali

Ref. Proyecto de Regulación del Río Cauca.

Estimado doctor Eder:

Tenemos el gusto de contestar la carta del doctor Omar Julio Guerrero, de agosto 13 de 1974, por la cual nos solicita ampliación de las informaciones contenidas en nuestra carta No. DT.72.1/5096, de agosto 6 de 1974, referentes a las obras de Salvajina.

De las modificaciones propuestas por EPDC sólo tres podrían llevarse a cabo en nuestro esquema: la presa con núcleo impermeable en lugar de la presa con cara de concreto, la instalación de compuertas en la toma de carga y la construcción de una toma más alta para el túnel de descarga de fondo. El resto de las modificaciones requerirán un esquema diferente, similar al presentado por EPDC, para las cuales no podríamos dar un presupuesto porque no las consideramos factibles.

A continuación damos los costos o explicaciones que requieren las preguntas del doctor Guerrero.

a. Cuánto costaría la presa con núcleo impermeable?

La presa de núcleo impermeable con cresta en la cota 1160 cues-

./.

ta US$ 41 millones. La de cara de concreto, US$ 32 millones, o sea que la primera tiene un sobrecosto del 28% sobre la segunda.

En el informe de mayo de 1974 se dijo que este sobrecosto era del 15%. Al haber aceptado la observación de EPDC, en el memorando de junio de 1974, de usar US$4.00/m3 en lugar de US$ 2.00/m3 en el estimativo del núcleo impermeable, el sobrecosto para esta alternativa aumentaría como está indicado.

La Figura 1 anexa a esta carta muestra las curvas de costo para para cada tipo de presa y diferentes alturas.

b. Si se instalaran compuertas en la toma de carga para poder inspeccionar o reparar el túnel, cuál sería el costo de ellas?

El costo de las obras civiles y del suministro e instalación de estas compuertas sería de US$ 300.000. El esquema presupuestado se muestra en la Figura 2.

c. Qué sucedería si no se instalaran las compuertas de que se habla en el literal b) y se presentaran fallas en el túnel en época de lluvias, cuando no fuera factible bajar el embalse? Y si fuera factible bajar el embalse, qué clase de tapón se haría y cómo?

Antes de contestar la pregunta conviene hacer algunas consideraciones que explican las razones por las cuales no se prevén fallas en el túnel una vez que se llene el embalse.

En primer lugar el túnel se diseña para que no falle.

En el supuesto de que hubiera un error en el diseño, que causara fallas en el túnel, éstas se detectarían durante los cuatro años del período de construcción y podrían repararse en los meses secos.

Si se insiste en pensar que el túnel puede fallar y no hay compuertas,

./.

la inspección o reparación del túnel sólo sería factible cuando pueda bajarse el embalse. El tipo de tapón que se usaría se muestra en la Figura 3.

d. Si, como propone EPDC, se hiciera un túnel de carga para cada unidad, cuál sería el mayor costo sobre lo propuesto por Ingetec-Inesco?

Esta modificación no es factible en el esquema de Ingetec-Inesco. Los túneles individuales implicarían una localización de las bocatomas y de la casa de máquinas similar a la propuesta por EPDC, que presenta los problemas de carácter técnico que se describen a continuación.

La excavación de las bocatomas y de la casa de máquinas con los taludes propuestos por Ingetec-Inesco debilitarían el estribo derecho de la presa, como se muestra en la Figura 4.

Las compuertas deslizantes de la bocatoma de EPDC muestran un corte de 64 metros de altura con un talud de 0.5 H: 1.0 V, que tiene una parte en roca y otra en talus. Nuestros criterios son 1.0 H: 1.0 V en roca y 1.5 H: 1.5 V en talus, con bermas de cinco metros de ancho cada 15 metros de diferencia de nivel en ambos casos. Con estos taludes se impondría una torre para instalar las compuertas verticales, y como el corte del lado izquierdo se metería dentro del cuerpo de la presa, habría que pensar en otro sitio para localizar las bocatomas.

Con la primera parte de los túneles a una cota superior, EPDC propone el blindaje en los 132 metros finales de los túneles únicamente. Si se trata de que con esta solución se simplifique la instalación de compuertas en las bocatomas, para permitir la inspección de los túneles, debe tenerse en cuenta que la calidad de la roca no permite este diseño, puesto que el agua se infiltraría a través de ella y del revestimiento de concreto y, por lo tanto, las compuertas no cumplirían su propósito.

./.

Los taludes de la excavación de la casa de máquinas tampoco son adecuados. EPDC muestra un talud de 0.6 H: 1.0 V en un corte en talus de más de 60 metros de altura que, como se dijo anteriormente, no garantiza su estabilidad. En la dirección perpendicular a ésta se presenta el mismo inconveniente.

Tanto los portales de salida de los túneles de carga como los últimos 50 metros de ellos se encuentran en talus, lo cual haría muy difícil su excavación.

Por las razones citadas anteriormente no se considera factible adoptar un esquema de túneles de carga como el que sugiere EPDC en su informe.

e. Deseamos conocer las curvas de costos de la tubería de presión para las dos alternativas (con almenara y sin ella) que llevaron a Ingetec-Inesco a recomendar su esquema.

Las curvas de costos de la tubería de presión se muestran en las Figuras 5, 6 y 7. Para efectos de cálculo, la tubería se dividió en tres tramos desde su iniciación hasta el distribuidor. Como puede observarse, el costo mínimo corresponde a un diámetro de 7.20 metros. Se escogió uno de 7.40 metros, que es el máximo que se puede acomodar dentro del túnel de desviación de Ø 8.20 metros, con el fin de lograr una mejor regulación sin aumentar sensiblemente el costo.

No se estudió en detalle la solución con almenara, puesto que los estudios preliminares mostraron que la almenara tendría un costo aproximado de US$ 3.5 millones y que la economía que se lograría en el blindaje, por reducción de golpe de ariete, sólo sería de US$ 0.5 millones.

f. En el primer párrafo de la página 7 del documento en cuestión se dice que es recomendable revisar la localización de la casa

./.

de máquinas para establecer si es posible desplazarla y lograr con ellos economía importante en los costos sin reducir la seguridad de las obras. Deseamos saber cuál sería esa economía en costos en el supuesto de poderla desplazar.

En el documento citado queremos decir que estamos de acuerdo con la observación de EPDC de desplazar la casa de máquinas hacia aguas arriba, si con las investigaciones geológicas adicionales y estudios detallados de la etapa de diseño se encuentra una economía que lo justifique. Se trata de una optimización que no se puede evaluar por ahora porque no se prevé una mejor localización que la que se muestra en nuestro informe de mayo de 1974. Tampoco creemos que haya mérito para anunciar una posible economía en solo una parte del proyecto siendo que pueden presentarse aumentos en otras al hacer el diseño final. Sostenemos la cifra que hemos dado para el costo total de las obras como aceptable para que la CVC se comprometa en su ejecución. EPDC también la encuentra adecuada en su informe de junio de 1974.

g. Si, como propone EPDC, se colocara la toma del túnel de descarga de fondo por encima del nivel de sedimentación y se instalara una compuerta auxiliar en la entrada del túnel, cuánto valdrían estos cambios?

La toma de descarga de fondo del túnel No. 2 por encima del nivel de sedimentación valdría US$ 1.3 millones. En cuanto a la instalación de las compuertas auxiliares no se tiene una idea clara de lo que propone EPDC.

h. Cuál sería el valor de un rebosadero con disipador de energía del tipo de resalto hidráulico, como lo sugiere EPDC?

El rebosadero con disipador de energía es compatible con un a-

./.

lineamiento similar al que propone EPDC. Este alineamie
no es factible en nuestro esquema puesto que no creemos c
niente la construcción del muro de contención que separa la
sa del rebosadero. En nuestro esquema se ha dejado sufic
espacio entre las dos estructuras para poderlo evitar. Al
tar la separación propuesta, el eje del rebosadero estaría
dirección de la casa de máquinas.

Amigos y servidores,

INGETEC

Francisco Camacho

cc:
Doctor Omar Julio Guerrero
Doctor Jorge Llanos
Doctor Héctor Hernández

Anexo: Lo anunciado
DP/431
FC/gdr.

FIGURA 1

TRABAJO No. 72.1

INGETEC LTDA.

HOJA DE TRABAJO

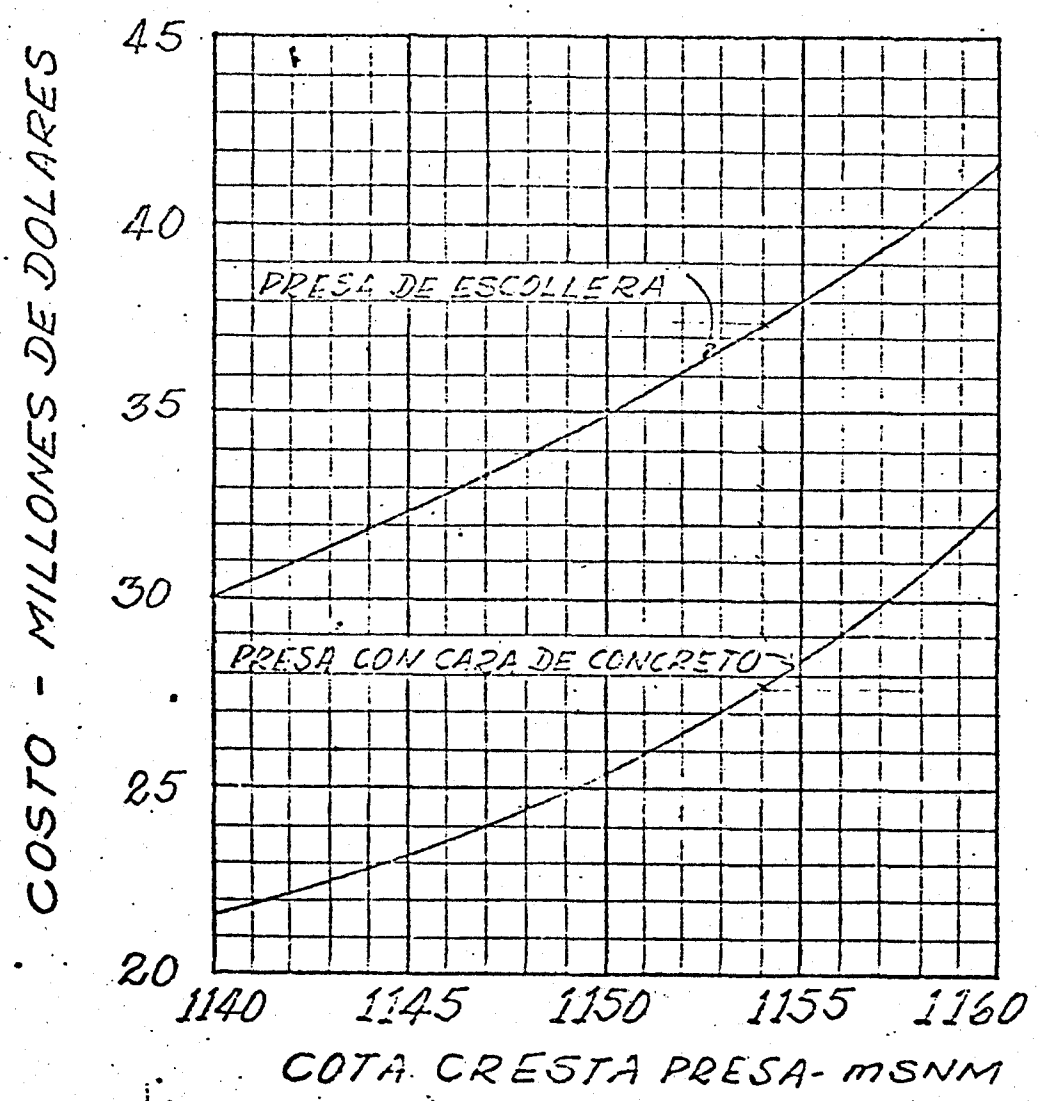
HOJA _____ DE _____

FECHA Agosto 21/72

EJEC. POR G. Pinto

REV. POR _____

DESCRIPCION _____



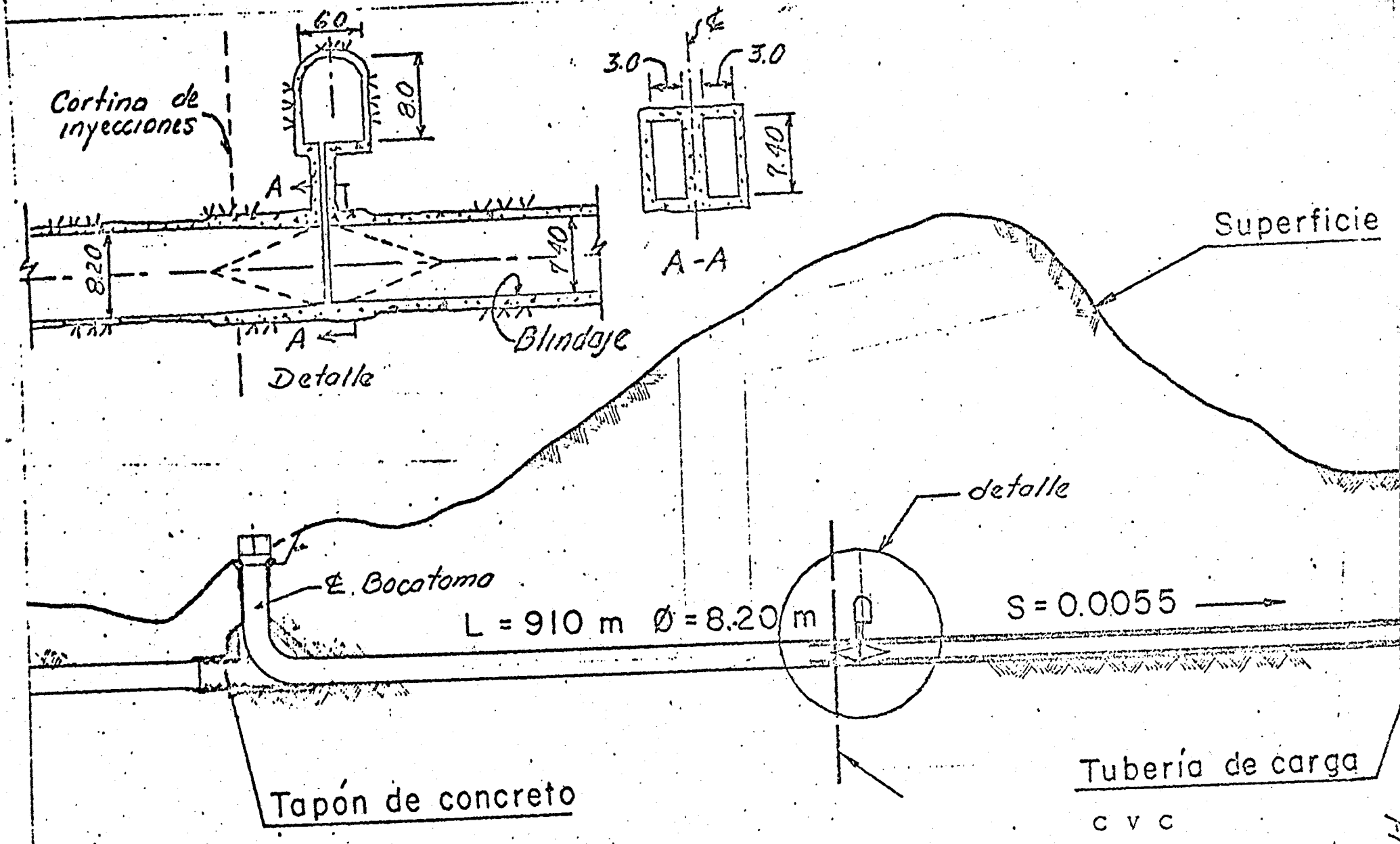
NOTA: Los costos incluyen 20% de ingeniería e imprevistos

C.V.C.

PROYECTO DE REGULACION DEL RIO CAUCA

COMPARACION DE COSTOS

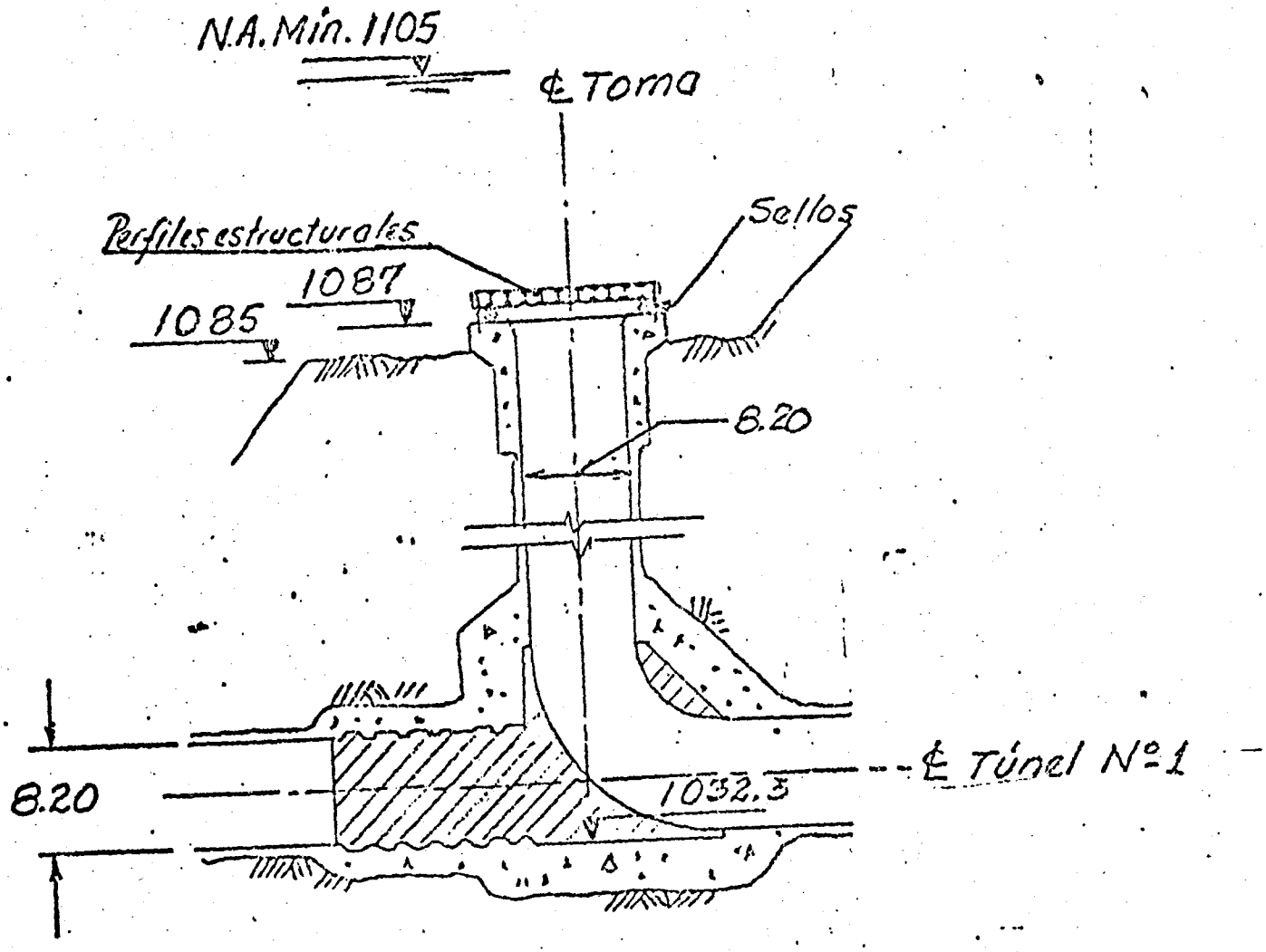
PRESAS DE ESCOLLERA Y CARA DE CONCRETO



C V C

OBRAS DE SALVAJINA
ALTERNATIVA CON POZO
DE COMPUERTAS

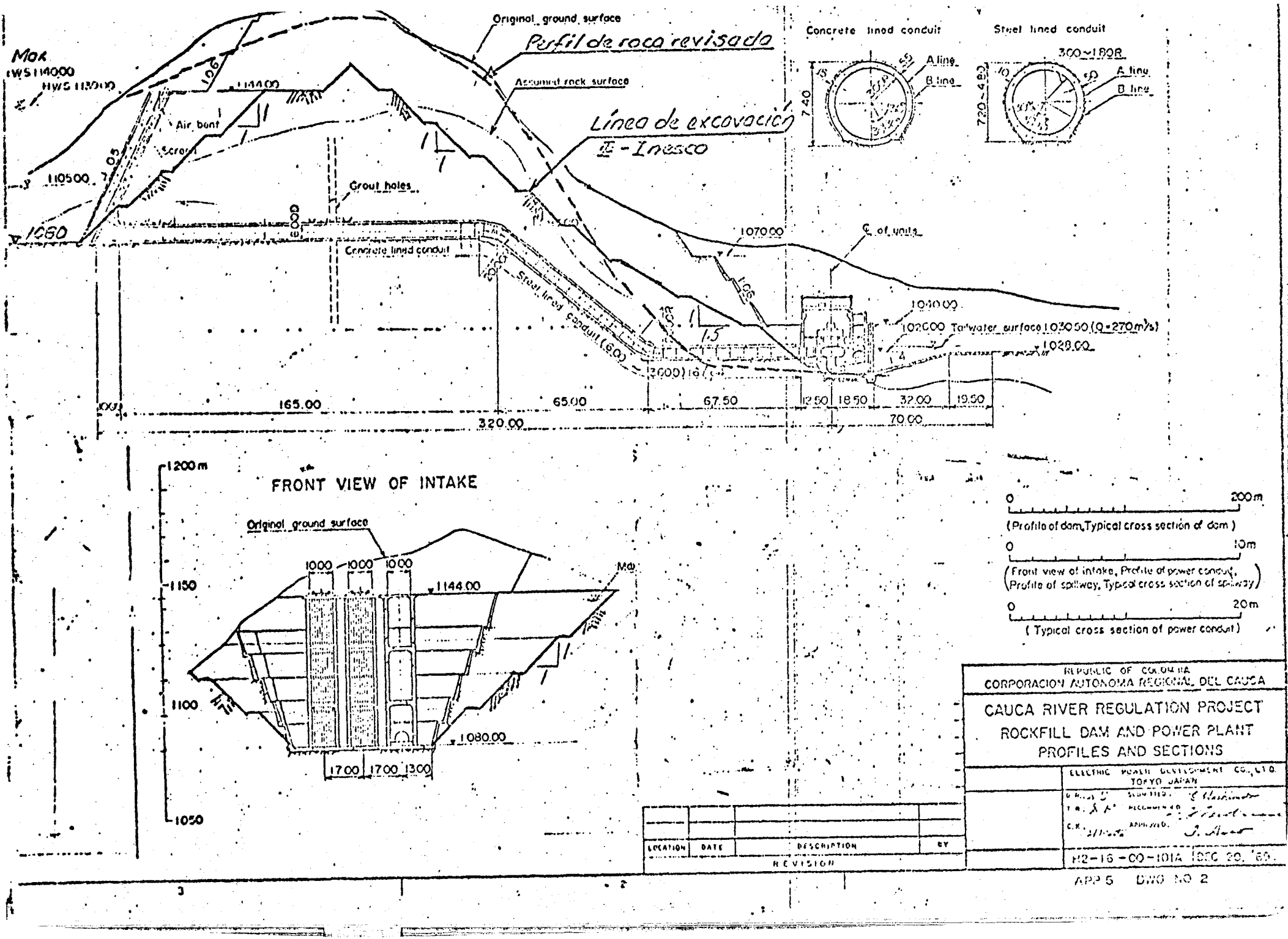
Sept. 74



C V C

OBRAS DE SALVAJINA
TUNEL DE CARGA
TAPON DE EMERGENCIA

Sept. 74



REPUBLIC OF COLOMBIA
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

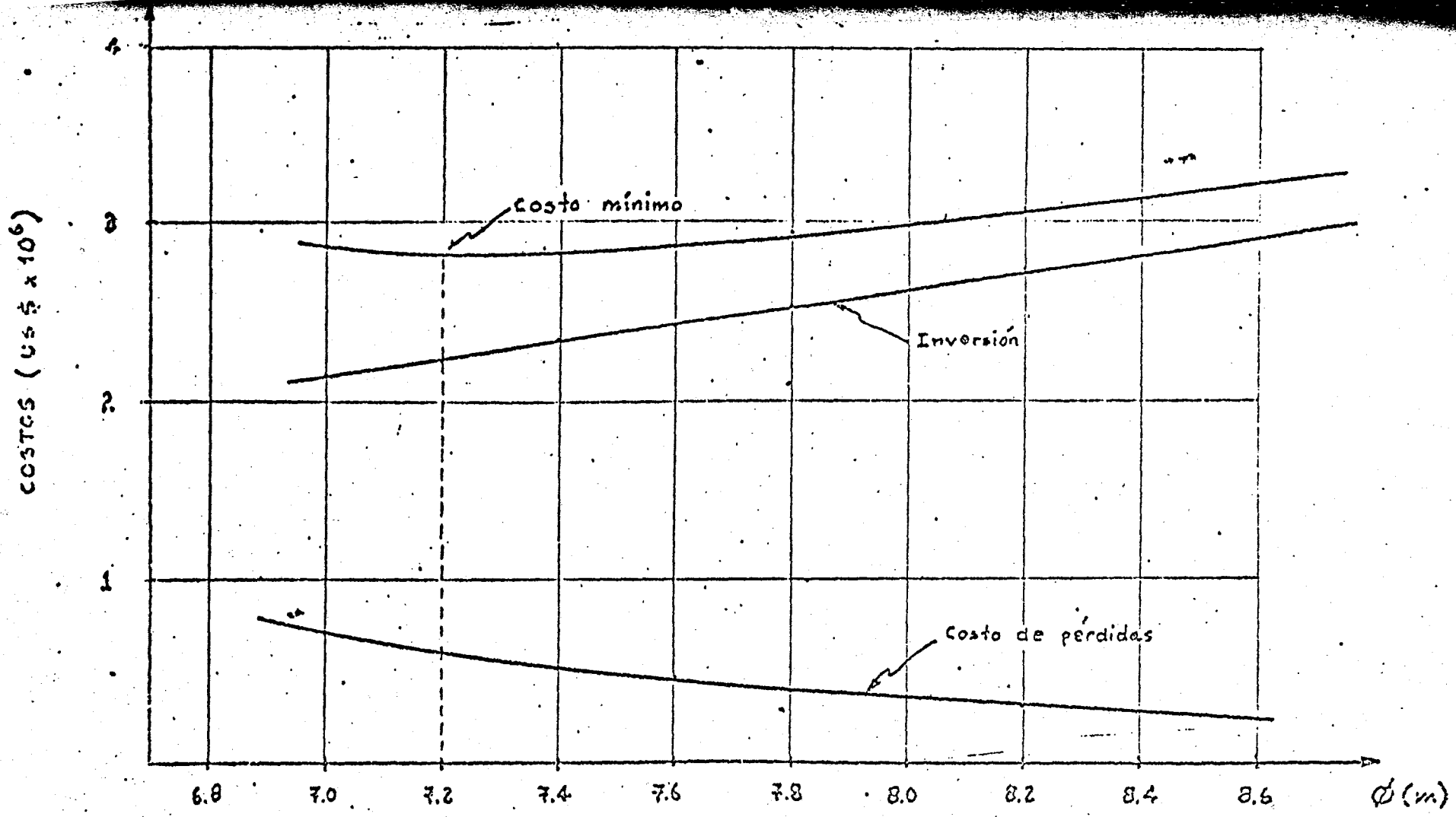
CAUCA RIVER REGULATION PROJECT
ROCKFILL DAM AND POWER PLANT
PROFILES AND SECTIONS

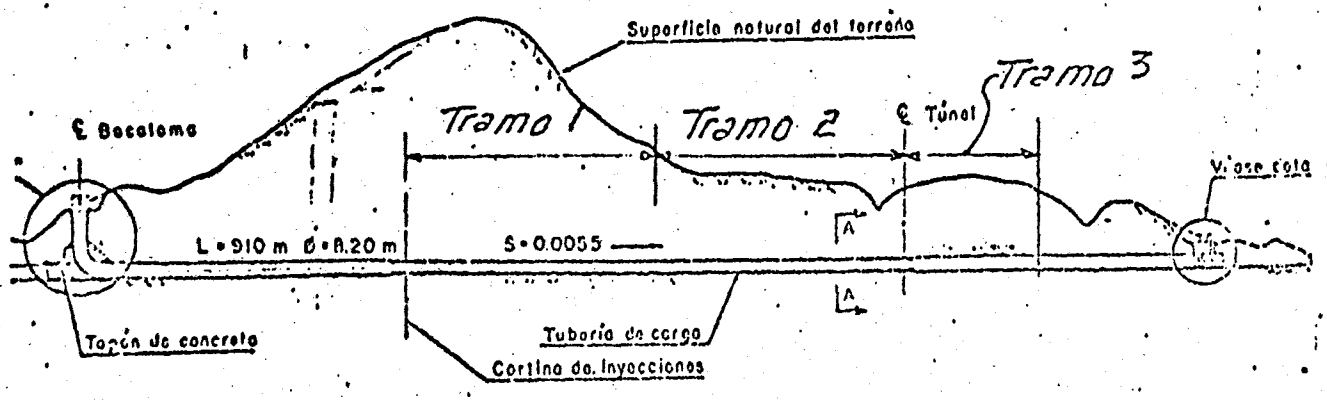
ELECTRIC POWER DEVELOPMENT CO., LTD.
TOKYO JAPAN

LOCATION	DATE	DESCRIPTION	BY
		REVISION	

M2-16-00-101A DEC 20, '60

APP 5 DWG NO 2

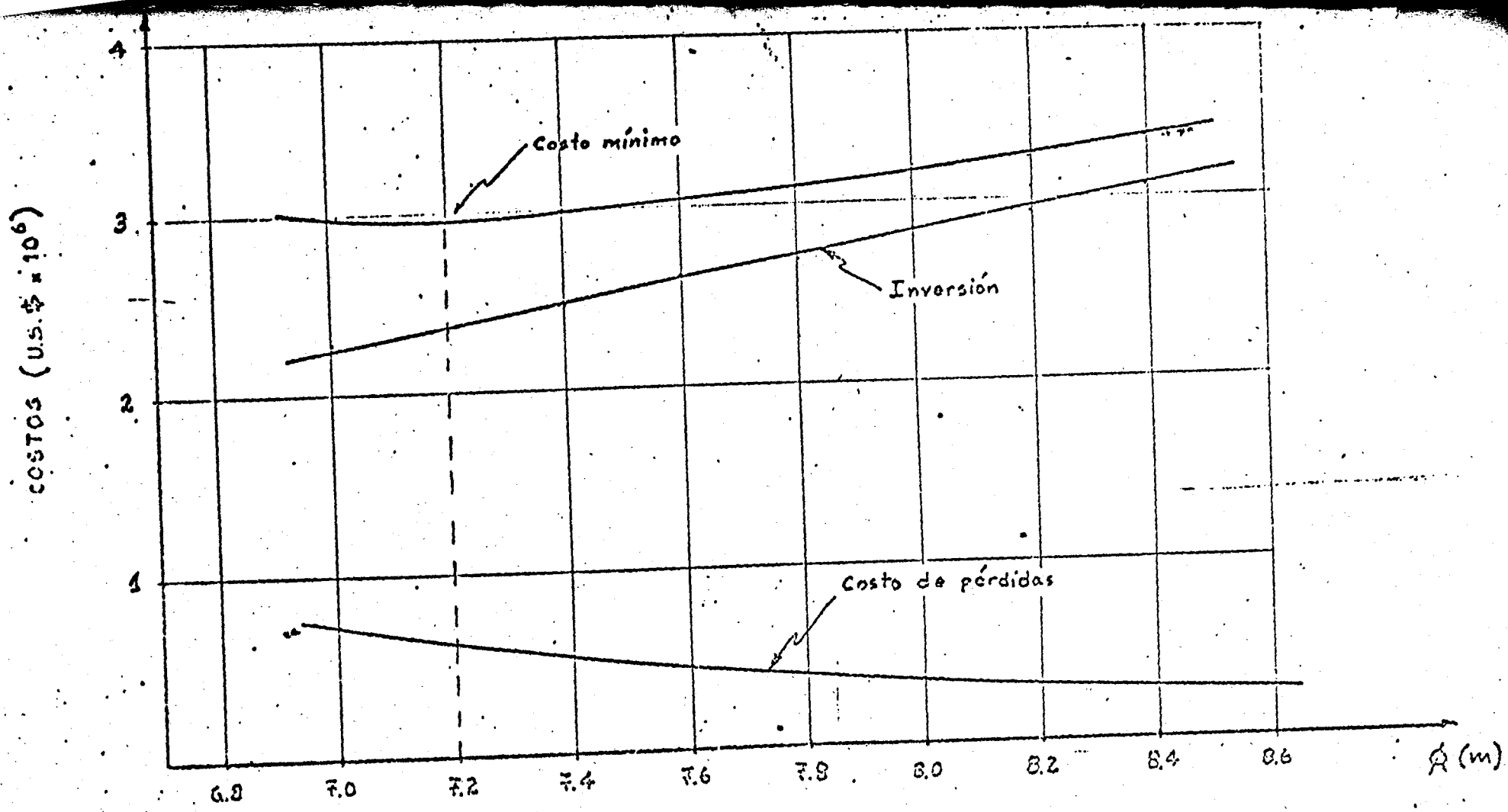




C V C

OBRAS DE SALVAJINA
BLINDAJE
DIAMETRO ECONOMICO
TRAMO 1

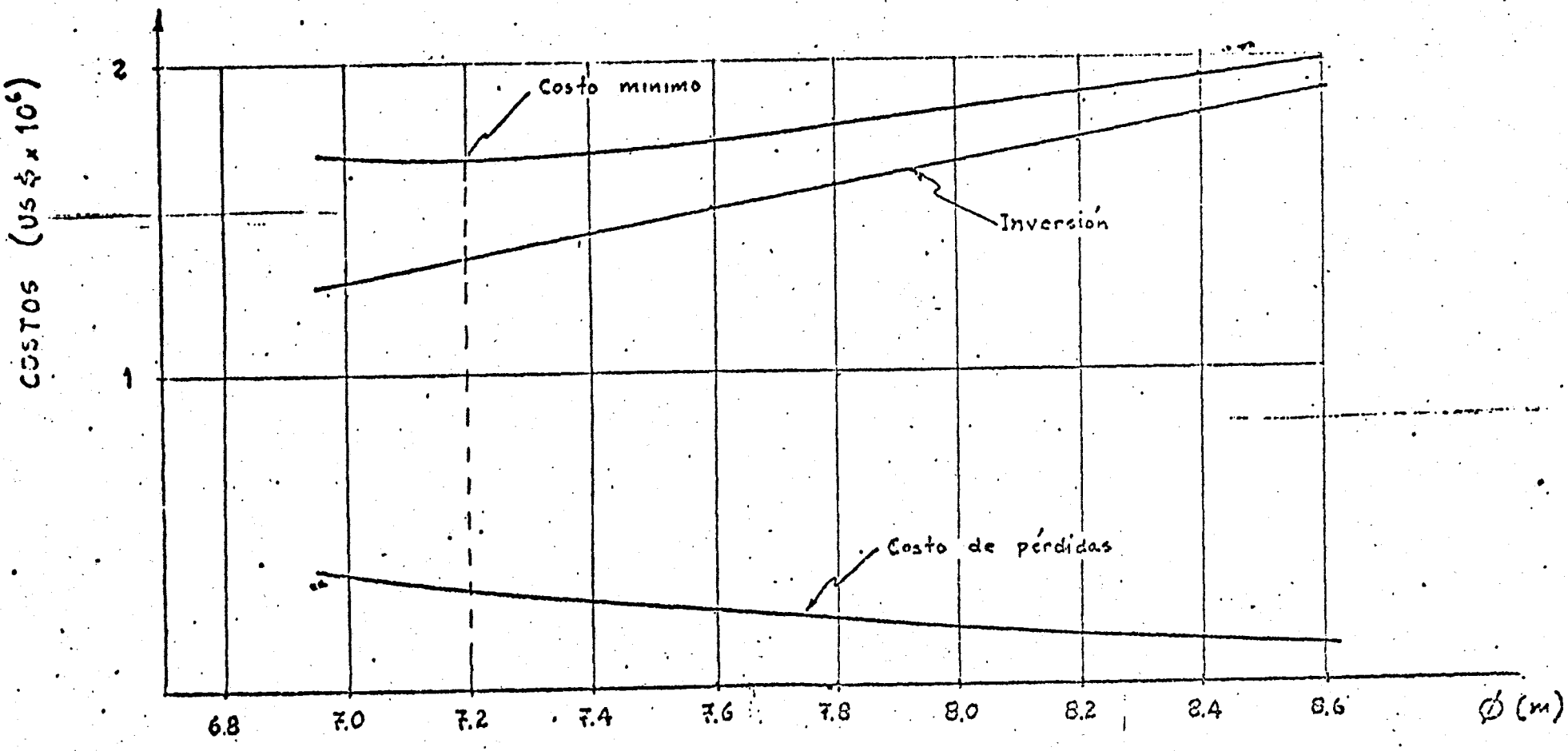
Sept. 74



C V C

OBRAS DE SALVAJINA
BLINDAJE
DIAMETRO ECONOMICO
TRAMO 2

Sept. 74



C V C

OBRAS DE SALVAJINA
BLINDAJE
DIAMETRO ECONOMICO
TRAMO 3

Sept. 74

FIGURA 1

C. POWER GENERATION

(1) The Ingetec-Inpasa May 1974 Report shows that a study was made of the Alternatives which have high dam-height, in order to pursue the economical merit of power generation, keeping for the flood control effect the same value as that of the Alternatives, of which dam-height is determined only for the flood control purpose.

We think also that this study is necessary.

And we actually did this study, five years ago, although we did not present its results in the 1970-Report. At that time, as a result, we obtained the same conclusion as presented in the New Report.

(2) In the New Report, it is decided, at first, that the optimum value of the plant factor for Salvajina Power Plant is 0.4, and that of max. discharge is 350 m3/s.

Usually, they are determined, after the economical comparison of several alternatives.

But, if I estimate the optimum of these values, without the above-said comparison, my opinion is as follows:

As the interconnection transmission line has not so bib a capacity, when we consider future situation, it will be favorable to have the supply-demand balance in the CVC by its own plants. And, because of it the plant factor of all combined plants in the CVC system is preferable to coincide with the load factor in this system.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
CALI - COLOMBIA

Obra No.
Proyecto
Trabajo

Hoja de 2
Fecha
Ejec. por
Rev. por

is as follows:

As the interconnection transmission line has not so big capacity, when we consider future situation, it will be favorable to have the supply-demand balance in the CVC system by its own plants. And generally the plant factor of all combined plants in the CVC system is preferable to coincide with the load factor in this system.

Now, in the CVC system, Calima No. 1 Power Plant has a suitable character for peak power station, considering the fact that in-flow amount is small and the reservoir capacity is big.

And consequently, the base load and intermediate load will be charged to Alto Anchicaya and Salvajina Power Plants.

Or, in the case where Calima No. 1 Power Plant will be used as the emergency power plant for the dry year, Alto Anchicaya and Salvajina will supply power for both the peak and base load demand.

From this fact, the plant factor of Salvajina Power Plant is preferably decided to accept

with the load factor of the system which has the value of 0.60 more or less, and...
Adopting the value of 0.6 for the plant factor, the installed capacity of Salvajina Power Plant becomes 234 MW, and max. discharge becomes 234 m³/s, for the Alternative-1159m (175 MW and 225 m³/s for the Alternative-1144m). In the EPPC REPORT, 210 MW and 270 m³/s were adopted after economical comparison of 4 Alternatives-1144m.

(3) In the New Report, only the proper firm generation which is produced by isolated operation is considered as the firm generation of Salvajina Power Plant. (457 GWh/year for the Alternative-1146m ~ 492 GWh/year for the Alternative-1159m presented in page 6-7 and in Figura VI-5 in the New Report).
But, when there are two or more reservoir-controlled power plants in an interconnected power system, it is possible to increase the firm energy output by taking advantage of the different hydrological conditions in the different drainage basins.
The firm generation of Calima I and Alto Anchicaya Power Plants by combined operation is 162 MW-year and that of 3 Plants including Salvajina (Alternative

CVC CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
CALI - COLOMBIA

Hoja ____ de 4
Fecha ____
Ejec. por ____
Rev. por ____
Clase No. ____
Proyecto ____
Trabajo ____

is 228 MW-year, as the result of (MW) calculation, done using the rule curve of Salvajina Reservoir Operation of the New Report. (period 1957 ~ 1959 is the critical).
So the firm generation of Salvajina Power Plant must be the difference of two values, and that is 66 MW-year (570 GWh/year) for the Alternative -1144M.

(4) The rule curve of Salvajina Reservoir Operation presented in the New Report is very good for flood control purpose.
Of course, the flood control is the main purpose of this project.
But in order to establish the most economical solution, it is favorable to study further the rule curve in order to augment energy output, as far as the flood control effect is not spoiled by power generation.

	J 1	F 2	M 3	A 4	M 5	J 6	J 7	A 8	S 9	O 10	N 11	D 12
River Flow Calima I						16.7	9.7	7.5	7.0	14.5	22.5	20.6
A. Anchi						150.5	95.4	12.7	62.1	207.3	246.0	202.7
Salvajina						140	76.0	52.5	28.8	35.1	58.4	91.3
total												
Reservoir Stor. Calima						0 270	0 270	-28 231	-55 185	114 184	123 246	33.6 279.6
A. Anchi						0 41	+6 47	-9 0	0 0	+11.9 11.9	29.1 41	0 41
Salv.						+28 114	-10.9 103	-40.1 50	-50 0	0 0	0 0	0 0
Water Level of Salv.						1137	1137	1125	1105	1105	1105	1105
Riv. Flow of Salv. m³/s						145	90	44	22	45	108	156
Conv. Factor						650	545	770	625	570	520	540
Power Gen. Calima						16.7	9.7	45.1	63.3	0	0	0
A. Anchi						150.5	127.4	119.7	88.7	191.9	162.8	127.7
Salv.						58.8	88.9	100.6	73.8	35.1	63.2	98.3
total						226	226	226	226	226	226	226
Riv. Flo. Calima I	12.9	10.0	10.2	14.8	24.1	18.4	11.6	12.9	7.8	12.2	17.7	20.2
A. Anchi	153.4	94.7	86	187.9	252.8	156.1	109.4	144.4	91.4	209.5	231.7	229.3
Salv.	60.5	46.5	35.2	61.5	85.5	57.2	62.0	54.0	27.2	30.3	71.2	87.
total												
Res. Stor. Calima	+12.9 250	-45.2 204	-102.2 101.5	+14.8 116.3	24.1 140.4	+18.4 158.8	+11.6 170.4	+12.2 182.6	-46.2 136.4	+12.2 148.6	+18.2 166.8	+20.2 186.8
A. Anchi	-12.1 28.1	-28.2 0	0 0	0 0	+39.2 39.2	-7.1 32.1	-32.1 0	0 0	0 0	+13.2 13.2	+27.2 41	0 41
Salv.	0 0	0 0	+11.5 11.5	+23.4 34.9	+19.1 114	0 114	-27.2 86.5	-27.4 58.1	-58.1 0	0 0	0 0	0 0
W. L. of Salv.	1105	1105	1111	1121	1139	1139	1134	1127	1105	1105	1105	1105
Riv. Flow of Salv. m³/s	112	86	68	94	129	91	96	71	42	56	133	161
Conv. Fact.	540	540	570	655	785	855	815	760	660	540	540	540
Pow. Gen. Calima I	0	55.9	13.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A. Anchi	165.5	123.6	86	197.9	213.6	140.2	136.5	144.4	91.4	195.7	154.3	137
Salv.	60.5	46.5	27.3	32.1	6.4	72.8	89.5	81.6	86.6	30.3	71.7	87
Total	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226	226

226 MW-years

Water Month: Mid-Month

1959

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pin Flo.	Calimal	15.8	9.4	8.5	17.4	25.3	20.[illegible]						
	A. Anchi	142.9	85.3	85.7	153.7	224.3	339.1						
	Salv.	59.7	50.4	41.6	51.5	90.[illegible]	107.[illegible]						
	total												
Res. stor.	Calimal	+15.8 212.6	-83.3 129.3	-90.2 39.1	-3.4 36	+25.3 [illegible]	30.[illegible] [illegible]						
	A. Anchi	-23.4 17.6	-17.6 0	0 0	0 0	0 0	+41 41						
	Salv.	0 0	+20 20	0 20	0 20	+[illegible] [illegible]	-5.[illegible] [illegible]						
W. L. of Salv.		1105	1116	1116	1116	1137	1137						
R. F. of Salv.		139	84	63	78	120	12[illegible]						
Convert Fact		540	600	660	660	450	840						
Pow. Gen	Calimal	0	92.7	98.7	20.8	0	0						
	A. Anchi	166.3	102.9	85.7	153.7	224.3	226						
	Salv.	59.7	30.4	41.6	51.5	1.7	0						
	total	226	226	226	226	226	226						

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fin Flo	Calimal						14.7	9.7	7.5	7.0	10.6	13.1	20.6
	A. Anchi						120.5	75.4	78.1	45.1	77.5	97.5	134.1
	Salv.						140	74.0	50.5	29.0	38.1	56.2	76.2
	total												
Fin Sta	Calimal						0 270	0 270	-21.2 270	-6.8 11.2	+4.6 13.8	+12.5 30.6	+22.6 20.6
	A. Anchi						0 41	-5.6 5	-3 0	0 0	4.9 9.6	-3.5 4.1	0 41
	Salv.						+28 114	-18.7 65	-50.1 50	-50 0	0 0	0 0	0 0
W.L. of	Salv.						1139	1139	1135	1105	1105	1105	1105
Fin Flo	Salv. %						165	90	64	44	68	104	132
Conv.	Fact						830	815	770	835	540	540	540
Fin. Gen.	Calimal						16.7	9.7	13.7	6.3	0	0	0
	A. Anchi						156.5	102.4	75.1	21.7	104.9	125.6	154.7
	Salv.						12.5	86.3	101.2	50.8	55.1	51.2	72.3
	total						230	230	230	230	230	230	230
Fin Flo	Calimal	12.7	10.0	10.2	14.8	24.1	17.4	11.6	12.7	7.8	12.8	16.7	20.2
	A. Anchi	152.4	94.7	86	187.9	258.3	136.1	104.4	144.4	91.4	206.2	204.9	256.1
	Salv.	60.5	46.5	36.7	53.6	78.6	74.6	56.3	46.8	25.2	30.3	71.7	87.2
	total												
Res Sta	Calimal	+12.9 25.8	-52.7 126.2	-9.7 87.1	+16.8 101.7	+24.1 126.0	+19.4 145.4	+11.6 157.0	-15.4 141.6	-6.6 135.0	+12.8 148.6	+18.7 167.3	-26.2 141.5
	A. Anchi	-16.1 24.7	-24.1 0	0 0	0 0	28.6 28.6	-19.3 9.5	0.4 10.3	-10.3 0	0 0	+9.8 9.8	+31.3 41	0 41
	Salv.	0 0	0 0	0 0	+11.5 11.5	+18.6 30.1	0 30.1	-6.7 20	0 20	-20 0	0 0	0 0	0 0
W.L. of	Salv.	1105	1105	1105	1111	1134	1134	1116	1116	1105	1105	1105	1105
Fin Flo	Salv. %	112	56	62	74	109	91	75	91	62	56	103	141
Conv.	Fact.	540	540	540	540	920	820	740	820	820	540	540	540
Fin. Gen.	Calimal	0	43.7	107.3	0	0	0	0	25.5	7.4	0	0	0
	A. Anchi	137.5	119.6	86	187.9	230	111.4	103.6	114.7	76.5	179.2	158.3	190.1
	Salv.	60.5	46.5	36.7	42.1	0	74.6	126.4	90.8	45.7	50.8	71.7	87.2
	total	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230

1949

		1		2		3		4	5	6
Riv Flo	Calimal	15.8		9.4		8.5				
	A. Anchi	142.9		85.3		85.7				
	Salv.	59.7		50.4		57.8				
	total									
Res. Stor	Calimal	+15.8	124.3	-91.3	33.0	-33	0			
	A. Anchi	-27.4	13.6	-13.6	0	0	0			
	Salv.	0	0	+20	20	-20	0			
N.L. of Salv.		1105		1116		1105				
Riv Flo of Salv m³/s		139		84		63				
Conv. Fact		540		600		600				
Pow. Gen	Calimal	0		100.7		41.5				
	A Anchi	170.3		98.9		85.7				
	Salv.	59.7		30.4		57.8				
	total	230		230		230				

Shortage 41.5 + 85.7 + 57.8 = 185 < 230

Ref. 21.b)

INGETEC
INGENIEROS CONSULTORES

CARRERA 9 Nº 17-46 BOGOTÁ, COLOMBIA
APARTADO AEREO 5030
APARTADO NACIONAL 4750
CABLES: INGETEC
TELEFONO: 521080

Bogotá, D.E.,
Agosto 22, 1974
No. DT. 72.1/5392

Señor doctor
Henry J. Eder
Director Ejecutivo
C V C
Cali

Ref. Proyecto de Regulación del Río Cauca.

Estimado doctor Eder:

Como conclusión a nuestros comentarios del memorando de EPDC sobre la revisión del informe de Ingetec-Inesco, de mayo de 1974, le enviamos la parte que se refiere a la generación eléctrica.

En nuestros comentarios sustentamos nuestra recomendación contenida en el informe de adoptar una capacidad de 270 MW.

En la etapa inicial del proyecto solo se instalarán dos unidades de 90 MW, quedando para un futuro la instalación de otra unidad.

Atentamente,

I N G E T E C

Carlos S. Osbina

cc:
Doctor Omar Julio Guerrero
Doctor Jorge Llanos
Doctor Héctor Hernández

Anexo: Lo anunciado
DP/404
FC/gdr.

INGETEC

Agosto 22, 1974

COMENTARIOS AL MEMORANDO DE EPDC

SOBRE LA REVISION DEL INFORME INGETEC - INESCO

DE MAYO DE 1974

C. GENERACION ELECTRICA.

La observación básica de EPDC se refiere al factor de capacidad.

En los informes de EPDC de 1970 y de Ingetec-Inesco de 1974 se presentan las siguientes cifras:

Informe de EPDC.

Generación media anual: 92 MW (813 Gwh/año)
Capacidad instalada: 210 MW
Factor de capacidad: 0.44

Informe de Ingetec-Inesco.

Generación media anual: 106 MW (930 Gwh/año)
Capacidad instalada: 270 MW
Factor de capacidad: 0.40

En el memorando de junio de 1974 EPDC aclara que la capacidad de

210 MW que propuso en el informe de 1970 es el resultado de un estudio económico de cuatro alternativas de presa en la cota 1144, pero que aconsejaría un factor de 0.60, igual al factor de carga del sistema, sino se tuviera en cuenta dicho resultado.

A continuación se hacen algunas consideraciones sobre el factor de capacidad, tanto en la etapa final de 270 MW como en la inicial de 180 MW que indican que el factor de 0.40 es adecuado para el proyecto.

1. Instalación nominal de 270 MW (tres unidades de 90 MW).

   a. Generación media anual: 106 MW (930 Gwh/año).

   b. Capacidad confiable: 180 MW

      Es la capacidad de las unidades de la planta durante los meses de noviembre, diciembre y enero, cuando el embalse deba mantenerse en el nivel mínimo (Véase la Figura IV-4 del informe de Ingetec-Inesco).

   c. Factor de capacidad respecto de la capacidad nominal:

$$\frac{106}{270} = 0.40$$

   d. Factor de capacidad respecto de la capacidad confiable:

      (1) Con la generación media anual:

$$\frac{106}{180} = 0.60$$

      (2) Con la generación promedia de los meses de noviembre, diciembre y enero:

$$\frac{144}{180} = 0.80$$

2. Instalación nominal de 180 MW (dos unidades de 90 MW).

a. Generación media anual: 100 MW

b. Capacidad confiable: 120 MW

c. Factor de capacidad respecto de la capacidad nominal:

$$\frac{100}{180} = 0.56$$

d. Factor de capacidad respecto de la capacidad confiable:

(1) Con la generación media anual:

$$\frac{100}{120} = 0.83$$

(2) Con la generación promedia de los meses de noviembre, diciembre y enero: mayor que 0.83 .

Como puede observarse, con la instalación inicial de dos unidades, se obtienen factores de capacidad muy altos respecto de la capacidad confiable, especialmente durante los meses de invierno. Siendo una planta de pie de embalse conviene dejar la posibilidad de instalar capacidad adicional que pueda necesitarse en el futuro.

Observación sobre la energía primaria.

EPDC calcula la energía primaria que agrega Salvajina al sistema CVC. El cálculo de Ingetec-Inesco es el de la energía primaria que agrega Salvajina al sistema interconectado. No hay discusión en este punto.

FC/gdr.

30.a

Archivos

J. Llanos

511B-01

20 de agosto de 1974

Memo : C-21369

Proyecto de Regulación del río Cauca. Cálculo de diques. Caudales en las diferentes estaciones de aforo.

En el proceso de definir la alternativa óptima de combinación de presa en Salvajina y diques a lo largo del río Cauca y sus tributarios, se estudiaron alternativas para cuatro condiciones de caudal en Juanchito a saber: 700, 800, 900 y 1.000 m3/s.

En la actualidad tanto Ingetec como EPDC recomiendan adoptar un caudal de 760 m3/s. en Juanchito. EPDC, además, fija la condición de que a ese caudal en Juanchito debe corresponder uno de 1.200 m3/s. en La Victoria.

Solicitados a Hidrología CVC los datos de caudales en las otras estaciones, correspondientes a $Q_{Juanchito}$ = 760 m3/s. y $Q_{La\ Victoria}$ = 1.200 m3/s., enviaron su memorándum No. DAG-H-125-74 con la siguiente información:

	Serie A Q_J = 760 m3/s.	Serie B Q_V = 1.200 m3/s.
La Balsa	610	684
Hormiguero	732	808
Juanchito	760	850
Mediacanoa	940	988
Riofrío	1.036	1.124
Guayabal	1.124	1.176
La Victoria	1.142	1.200
Anacaro	1.216	1.272
La Virginia	1.775	1.854

.../

Como la serie A da 760 m3/s. en Juanchito, y la serie B da 1.200 m3/s. en La Victoria, que es lo indicado por EPDC yo tomo para La Balsa, Hormiguero y Juanchito los datos de la serie A; y para La Victoria, Anacaro y La Virginia, tomo los datos de la serie B.

Para las estaciones de Mediacanoa, Riofrío y Guayabal, estudio dos alternativas a saber:

1. A los caudales de la serie A, para esas estaciones, les agrego la parte proporcional de distribuír los 58 m3/s. de diferencia entre los 1.200 m3/s. que quiero en La Victoria, y los 1.142 m3/s. que da la serie A; y

2. A los caudales de la serie B, para esas mismas estaciones, les substraigo la parte proporcional de distribuír los 90 m3/s. de diferencia entre los 850 m3/s. que la serie B da para Juanchito, y los 760 m3/s. que quiero en esa estación.

Los resultados son los siguientes :

	Serie A	Serie B
Juanchito	760 + 0 = 760	850 - 90 = 760
Mediacanoa	940 + 27 = 967	988 - 55 = 933
Riofrío	1.036 + 48 = 1.084	1.124 - 20 = 1.004
Guayabal	1.124 + 55 = 1.179	1.176 - 6 = 1.170
La Victoria	1.142 + 58 = 1.200	1.200 - 0 = 1.200

La operación con la serie A me da mayores caudales que con la serie B, y, por tanto adopto los de la serie A.

.../

En el cuadro siguiente muestro las series A y B, dadas por Hidrología CVC, y la adoptada como acaba de decirse; y doy los niveles de agua correspondientes, sacados de las curvas de calibración.

Estación	Hidrología CVC Memo DAG-H-125-74 Serie A Q_J = 760 m3/s.		Serie B Q_V = 1.200 m3/s.		Adoptado Q_J = 760 m3/s. Q_V = 1.200 m3/s.	
	Q (m3/s)	N.A.	Q (m3/s)	N.A.	Q(m3/s)	N.A.
La Balsa	610	989.35	684	989.49	610	989.35
Hormiguero	732	959.93	808	960.22	732	959.93
Juanchito	760	953.98	850	954.45	760	953.98
Mediacanoa	940	939.76	988	939.89	967	939.84
Riofrío	1.036	930.05	1.124	930.40	1.084	930.23
Guayabal	1.124	917.98	1.176	918.20	1.179	918.21
La Victoria	1.142	915.01	1.200	915.21	1.200	915.21
Anacaro	1.216	908.90	1.272	909.15	1.272	909.15
La Virginia	1.775	903.62	1.854	903.79	1.854	903.79

Analizando los datos de niveles de agua del Cauca correspondientes a los caudales de las tres series distintas y dando a los diques un bordo libre de 1.00 m. por encima de la serie adoptada, resultan los siguientes bordos libres para las otras dos series:

.../

	Serie A	Serie B
La Balsa	1.00	0.86
Hormiguero	1.00	0.71
Juanchito	1.00	0.53
Mediacanoa	1.08	0.95
Riofrío	1.18	0.83
Guayabal	1.23	1.01
La Victoria	1.20	1.00
Anacaro	1.25	1.00
La Virginia	1.17	1.00

De lo anterior se ve que con la serie adoptada y bordo libre de 1.00 no existe punto crítico puesto que, en la práctica, se está diseñando para la serie A (Q_J = 760 m3/s.) y dando bordos libres mayores hacia aguas abajo (serie A), en el supuesto de que con 760 m3/s. en Juanchito se presentaran 1.200 m3/s. en La Victoria.

Por tanto está del lado de seguridad el adoptar la serie modificada, como en efecto se adopta.

JHLL:mvm.
cc : Ing. Omar Julio Guerrero Y.
Ing. Guillermo Regalado.

Ref. 3.0.b

MEMORANDO (INTERNO)

Para : Omar Julio Guerrero Y.

De : J. Llanos

Fecha : 9 de septiembre de 1974

Archivo : 511B-01

Memo: C-21453.

Asunto : Proyecto Regulación Río Cauca. Volúmen de diques.

A. ANTECEDENTES

1. En el desarrollo de los estudios hechos para la preparación del informe técnico de Ingetec-Inesco de mayo de 1974, relativo al proyecto de Regulación del río Cauca, y en cuanto hace relación a alternativas de diques a lo largo del río Cauca y sus tributarios, se determinaron volúmenes de diques para cuatro condiciones de niveles de agua correspondientes a los siguientes caudales en Juanchito: 700; 800; 900 y 1.000 m3/s. Los resultados de tales estudios se consignaron en el memorándum CVC No. C-20943 del 10 de mayo de 1974 y fueron acogidos en el citado informe técnico de Ingetec-Inesco de mayo de 1974.

2. Con posterioridad a la presentación del informe técnico de Ingetec-Inesco estuvo en la CVC, durante el mes de junio, y a solicitud de la misma CVC, una misión de la EPDC con el fin de revisar los datos básicos y recomendaciones del informe técnico en cuestión. Los puntos de vista de dicha misión, en cuanto hace relación a la hidrología del proyecto, quedaron consignados en el memorándum CVC No. C-21156 del 2 de julio último. La misión recomienda que se construya en Salvajina una presa para regular la crecida de 10 años de recurrencia en tal sitio; y que los caudales a esperarse en el río Cauca, de frecuencia de una vez en 10 años, corresponderían a 760 m3/s. en Juanchito y 1.200 m3/s. en La Victoria. Ingetec, mediante su carta No. DT.72.1/4888 del 29 de julio pasado, y su documento anexo, acoge la recomendación de adoptar un caudal de 760 m3/s. en Juanchito. En el memorándum CVC No. C-21369 del 20 de agosto pasado se dan los antecedentes y datos de caudales y niveles que se adoptan para determinación de los volúmenes de diques a lo largo del río Cauca y sus tributarios para estas nuevas condiciones de caudales de 760 m3/s. en Juanchito y 1.200 m3/s. en La Victoria.

.../

B. NUEVOS VOLUMENES DE DIQUES

3. El Capítulo V, Sección C, numeral 1 (pp. 5-2 y 5-3) del antes citado informe de Ingetec-Inesco, describe la forma como se determinaron los volúmenes de diques a lo largo del río Cauca. Dicho texto es básicamente una versión del aparte D del memorándum arriba anotado CVC No. C-20943.

4. El perfil del río Cauca que en tal documento se menciona, y con el cual se trabajó para el cálculo de volúmenes de diques, fué elaborado por la sección de dibujo de la CVC con base en secciones del río efectuadas con ecosonda en julio de 1973. El espaciamiento de tales secciones es como sigue:

Distanc. entre secciones (km)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	24
Número de secciones	1	2	9	14	11	11	10	2	1	11	3	2	1

5. Es evidente que un perfil elaborado con base en datos de secciones así espaciadas, y usado para determinar volúmenes de diques, da un resultado cuyo grado de aproximación es imposible de estimar. Además los datos para tal perfil son los de la orilla del río, cuyas elevaciones de terreno son más altas que las correspondientes a los trazos más probables de diques.

6. En el aparte antes citado del informe Ingetec-Inesco (pp. 5-2 y 5-3) se dice también que puesto que los diques no siguen el desarrollo del río, su trazo real resulta más corto que el perfil del río y que, por tanto, los volúmenes de diques se determinaron estimándolos primero con el perfil del río y multiplicando luego la cifra resultante por la relación entre longitud estimada de diques y longitud correspondiente del río. Tal procedimiento, de nuevo, es fuente de error.

7. Por todo lo anterior se resolvió esta vez elaborar un perfil más realista como se anota a continuación: la CVC ha hecho levantamientos topográficos con plancheta a escala 1:2.500 de casi toda la zona bajo la influencia del río Cauca. Se hizo una reduc-

.../

ción de tal topografía a escala 1:10.000; y sobre ella se señaló un trazo tentativo de diques los cuales estarían espaciados uno de otro, río Cauca de por medio, como lo recomienda Ingetec-Inesco, así: 200 m. desde La Balsa hasta el río Guachal; 260 m. en el tramo siguiente hasta Mediacanoa; 350 m. desde allí hasta Anacaro; y finalmente 400 m. hasta La Virginia. Se dedujeron los perfiles correspondientes y, con los niveles de agua adoptados en el memorándum CVC No.C-21369 antes citado, se calcularon los volúmenes de diques correspondientes.

8. Cabe anotar que hay algunos tramos de la zona de diques del río Cauca que aún carecen de topografía a saber:

Margen izquierda:

Robles-Río Claro	(17 kms.)
La Meseta-Zanjón Guabinas	(3.0 kms.)
Zanjón Guabinas-Zanjón Rojas	(13.0 kms.)
Río Catarina-Río Cañaveral	(14.5 kms.)

Margen derecha:

Hda. Dunkerque-Paso del Comercio.	(3.5 kms.)
La Quebrada-Río Palo	(7.9 kms.)
Quinamayó-La Quebrada	(6.0 kms.)
La Balsa-La Teta	(5.0 kms.)

En tales tramos lo que se hizo fué suponer que el perfil del terreno por el trazo del dique era una línea de pendiente uniforme entre las dos zonas vecinas de elevaciones conocidas.

9. Conviene quizás anotar aquí de nuevo la forma como se determinaron los niveles del río Cauca. El procedimiento se describe en el Capítulo III, Sección C, numeral 3 (pp. 3-9 y 3-10) del aludido informe Ingetec-Inesco (cuyo texto es básicamente el mismo del aparte B del memorándum CVC No. C-20943 antes citado); y dice así:

> "Para la determinación de los niveles de agua del río Cauca correspondientes a los caudales"(regulados)"se tuvo en cuenta que las estaciones de control coinciden con puentes en los cuales de lado y lado existe una carretera alta, de modo que, en términos generales, todo el caudal pasa a través de la sección

.../

del puente. Por consiguiente, las curvas de calibración actuales, en principio, seguirán teniendo validez después de construídos los diques del río Cauca. En otras palabras, a cada caudal en una estación de control seguirá correspondiendo un determinado nivel de agua, cualquiera que sea la variación que pueda tener el perfil de agua entre estaciones en comparación con el tradicional. De hecho las curvas de calibración tienen información para todos los caudales" regulados. "Con base en las anteriores consideraciones y usando las curvas de calibración actuales se buscaron las elevaciones correspondientes a los caudales" regulados.

10. En concordancia con las anteriores consideraciones se revisaron los volúmenes de diques del río Cauca. Las restantes obras en la planicie inundable a saber, canales interceptores, drenajes primarios y plantas de bombas no varían y, por tanto, en los dos cuadros anexos esas cifras se tomaron del informe Ingetec-Inesco.

Los dos cuadros anexos son el resumen de cantidades de obras y costos para control de inundaciones y drenaje primario en la planicie inundable y su costo total, sin incluír, el 20% de ingeniería e imprevistos es de US$ 51'823.000.

JHLl:mvm.

M A R G E N I Z Q U I E R D A

ZONA	SUPER-FICIE (Ha.)	DIQUE RIO CAUCA		DIQUES TRIBUTARIOS				CANAL INTERCEPTOR			CANAL DRENAJE		PUENTES		BOMBA	
		LONGITUD (Km.)	VOLUMEN (M^3)	EXTREMO SUR		EXTREMO NORTE		LONGITUD (Km.)	EXCAVACION (M^3)	TERRAPLE. DIQUE (M^3)	LONGITUD (Km.)	EXCAVACION (M^3)	PASAGAN y PASAMAQ	H-15	Q (m^3/s)	IN
				LONGITUD	VOLUMEN	LONGITUD	VOLUMEN									
ROBLES - RIO CLARO	4.450	30	764.991			3	35.250	17	514.063	446.275	12.0	325.500	14.0	5.0	6.4	
RIO CLARO - RIO JAMUNDI	4.600	18 3/4	252.734	3 1/2	41.125	2 1/2	18.125	9	244.125	223.150	8.5	230.563	9.0	3.0	6.9	
R. JAMUNDI-INTERCEP. AGUABLAN.	3.700	16	94.176	2 1/2	18.125	6 1/2	22.750	10 1/2	287.438	262.525	7.5	203.438	9.0	3.0	5.30	
AGUABLANCA	5.000															
PASO DEL COMERCIO - RIO CALI	170	1 1/2	28.258			1 1/2	12.000	1	21.000	19.700			1.0			
R. CALI - R. ARROYO HONDO	310	2	14.442	1 1/2	12.000	1	2.750	3 1/2	85.315	73.775			1.0	1.0		
RIO ARROYO HONDO - YUMBO	460	7 1/2	82.700	1	2.750			4	99.750	91.900			2.0	1.0		
YUMBO - QUEBRADA SAN MARCOS	1.510	14	168.587			1	4.250	11 1/2	316.315	288.775			6.0	2.0		
SAN MARCOS	110	2 1/2	52.990	1	4.250			3/4	15.750	14.775			1.0			
SAN MARCOS - VIJES	90	2 1/2	41.248					2	42.000	39.400			1.0	1.0		
VIJES	250	3 1/2	62.987					4 1/2	114.190	105.025			2.0	1.0		
VIJES - EL GUABAL	70	2 1/2	65.856					2	42.000	39.400			1.0	1.0		
EL GUABAL - EL ESPINAL	370	5	135.211					5	128.625	118.150			2.0	1.0		
EL ESPINAL - HATO VIEJO	90	3	144.697					1	21.000	19.700			1.0			
HATO VIEJO SUR	350	4 1/2	156.339					4 1/2	114.190	39.400			2.0	1.0		
YOTOCO - MEDIACANOA	470	5 1/2	172.571			1	25.250	5	128.625	118.150			2.0	1.0		
NORTE DE MEDIACANOA	300	3 1/2	132.272	1	25.750			3	70.875	65.650			2.0	1.0		
CHIMBILACO	230	6 1/2	179.765	1	15.250			3 1/2	85.315	73.775			1.0	1.0		
SUR QUEBRADA LA NEGRA	160	4	133.068			1	15.250	1 1/4	26.250	24.625			1.0			
Q. LA NEGRA - RIO LAS PIEDRAS	980	15	478.278	1	15.250	1	20.250	6	157.500	144.400			3.0	1.0		
R. LAS PIEDRAS - ZO. SECO	250	3 1/2	103.631	1	20.250			4 1/2	114.190	105.025			2.0	1.0		
FRENTE A CIENAGA BURRIGA	100	2 1/2	75.481					1 1/2	31.500	29.550			1.0			
Q. CORONADO - R. RIOFRIO	280	5	76.619	1/2	10.125	2	16.000	2	42.000	39.400			1.0	1.0		
R. RIOFRIO - MADRIGAL	720	9	304.997	1 1/2	12.000			6	157.500	144.400			3.0	1.0		
Z. GARCIA - Z. CARRIZAL	180	2	64.172					1 1/2	31.500	29.550			1.0			
HATO VIEJO NORTE	70	2	90.445					1 1/2	31.500	29.550			1.0			
HUASANO - ROBLEDO	180	2	118.588			1/4	6.875	2 1/2	56.440	52.525			1.0	1.0		
NORTE DE ROBLEDO	100	2	76.447	1/4	6.875			1 1/2	31.500	29.550			1.0			
CARAMANTA - LA HERRADURA	140	4 1/2	173.851	1/4	8.000			2 1/2	56.440	52.525			1.0	1.0		
RICAURTE	230	3 1/2	100.725					3 1/2	85.315	73.775			1.0	1.0		
PTO. PEDRERO - RIO PESCADOR	240	4 1/2	174.795			2	81.000	2	42.000	39.400			1.0	1.0		
RIO PESCADOR - GUARE	280	5 1/2	171.538	1 1/2	60.750			3 1/2	85.315	73.775			1.0	1.0		
GUARE - SAN JOSE DEL HOBO	110	1 1/2	50.183					2	42.000	39.400			1.0	1.0		
TORO - SAN FRANCISCO	1.110	10	133.535	3/4	12.375			10	273.000	249.400			5.0	2.0		
LA MESETA - ZO. GUABINAS	120	2 1/2	21.436					2	42.000	39.400			1.0	1.0		
ZO. GUABINAS - ZO. ROJAS	820	13	193.755					8	215.255	196.900			4.0	1.0		
RIO CATARINA - RIO CAÑAVERAL	1.570	11 3/4	196.968			4 1/2	63.000	7 1/2	200.815	183.775			4.0	1.0		
R. CAÑAVERAL - R. RISARALDA	1.280	6	118.357	2 1/2	35.000	1	16.500	10	273.000	249.400			5.0	2.0		
SUB - TOTALES	31.450	238 1/2	5'406.693	20 3/4	299.875	28 1/4	339.250	165	4'325.596	3'865.850	28.0	759.501	96.0	40.0	18.60	1.414

I E R D A

UE	PUENTES		BOMBAS		RESUMEN VOLUMENES		COSTOS (1.000 US $)				
ACION	PASAGAN. y PASAMAQ.	H-15	Q (m^3/s)	KW INSTALADO	CAUCA Y TRIBUTAR.	CANALES	DIQUES	CANALES	PUENTES	BOMBAS	TOTAL
500	14.0	5.0	6.4	498	800.241	839.563	1.535	840	88	687	3.150
563	9.0	3.0	6.9	526	311.984	474.688	635	475	55	529	1.694
138	9.0	3.0	5.30	390	135.051	490.876	400	491	55	440	1.386
	1.0				40.258	21.000	75	21	4		100
	1.0	1.0			29.192	85.315	99	85	11		195
	2.0	1.0			85.450	99.750	197	100	15		312
	6.0	2.0			172.837	316.315	476	316	36		828
	1.0				57.240	15.750	97	16	4		117
	1.0	1.0			41.248	42.000	91	42	11		144
	2.0	1.0			62.987	114.190	173	114	15		302
	1.0	1.0			65.856	42.000	128	42	11		181
	2.0	1.0			135.211	128.625	291	129	15		435
	1.0				144.697	21.000	232	21	4		257
	2.0	1.0			156.339	114.190	264	114	15		393
	2.0	1.0			197.821	128.625	385	129	15		529
	2.0	1.0			158.022	70.875	286	71	15		372
	1.0	1.0			195.015	85.315	348	85	11		444
	1.0				148.318	26.250	241	26	4		271
	3.0	1.0			513.778	157.500	879	158	18		1.055
	2.0	1.0			123.881	114.190	265	114	15		394
	1.0				75.481	31.500	135	32	4		171
	1.0	1.0			102.744	42.000	184	42	11		237
	3.0	1.0			316.997	157.500	584	158	18		760
	1.0				64.172	31.500	118	32	4		154
	1.0				90.445	31.500	158	32	4		194
	1.0	1.0			125.463	56.440	228	56	11		295
	1.0				83.322	31.500	147	32	4		183
	1.0	1.0			181.851	56.440	312	56	11		379
	1.0	1.0			100.725	85.315	206	85	11		302
	1.0	1.0			255.795	42.000	413	42	11		466
	1.0	1.0			232.288	85.315	404	85	11		500
	1.0	1.0			50.183	42.000	105	42	11		158
	5.0	2.0			145.910	273.000	406	273	33		712
	1.0	1.0			21.436	42.000	62	42	11		115
	4.0	1.0			193.755	215.255	438	215	22		675
	4.0	1.0			259.968	200.815	528	201	22		751
	5.0	2.0			169.857	273.000	442	273	33		748
1	96.0	40.0	18.60	1.414	6'045.818	5'085.097	11.967	5.087	649	1.656	19.359

NOTAS :

1 — Los caudales regulados en el Cauca, usados para cálculo de diques de este cuadro son:

La Balsa	610 m^3/s
Hormiguero	732 "
Juanchito	760 "
Mediacanoa	967 "
Riofrío	1.084 "
Guayabal	1.179 "
La Victoria	1.200 "
Anacaro	1.272 "
La Virginia	1.854 "

2 — En cuanto a puentes se supuso que habrá un puente por cada 1½ Km. de canal; que 25% del total de puentes serán H-15 y el resto Pasaganado (PG) y Pasamaquinaria (PM).

3 — En la determinación de costos se usaron los siguientes datos:

Diques R. Cauca y tributarios a US $ 1,50 m^3

Diques de interceptores a US $ 0,75 m^3

Excavación canales a US $ 1,00 m^3

Puentes H-15 a US $ 7.700 c/u.

Puentes PG y PM a US $ 3.500 c/u.

4 — Los datos y costos de bombas son tomados del apéndice N del informe Ingetec-Inesco de Mayo de 1974.

Anexo a Memo C-21453

CVC CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
CALI-COLOMBIA

PROYECTO REGULACION RIO CAUCA

OBRAS EN LA PLANICIE INUNDABLE

Septiembre 1974 DISEÑO CIVIL

M A R G E N D E R E C H A

ZONA	SUPER-FICIE (Ha.)	DIQUE RIO CAUCA		DIQUES TRIBUTARIOS				CANAL INTERCEPTOR			CANAL DRENAJE		PUENTES		BOM
		LONGITUD (Km.)	VOLUMEN (M^3)	EXTREMO SUR		EXTREMO NORTE		LONGITUD (Km.)	EXCAVACION (M^3)	TERRAPLEN DIQUE (M^3)	LONGITUD (Km.)	EXCAVACION (M^3)	PASAGAN y PASAMAQ.	H-15	Q (m^3/s)
				LONGITUD	VOLUMEN	LONGITUD	VOLUMEN								
LA BALSA - RIO LA TETA	550	7	388.000	1	4.800	1 1/2	32.250	3	70.875	65.650			1.0	1.0	
R. LA TETA - RIO QUINAMAYO	610	2	88.400	1 1/2	32.250	2 1/2	47.500	3	70.875	65.650			1.0	1.0	
R. QUINAMAYO - R. LA QUEBRADA	1.660	10	338.350	1 1/2	28.500	2 1/2	20.500	7 1/2	200.815	183.775	5.5	149.188	6.0	2.0	2,30
R. LA QUEBRADA - RIO PALO	3.930	21 1/2	350.100	2 1/2	20.500	4	11.200	16 1/2	462.438	367.525	10.5	284.813	13.0	5.0	5.68
RIO PALO - RIO DESBARATADO	2.120	12 1/2	168.844	3	8.400	3		8	215.255	196.900	4.5	122.063	6.0	2.0	3,15
R. DESBARATADO - HDA. DUNQUERKE	1.020	3	7.056	2 1/2		2	14.400	4 1/2	114.190	105.025			2.0	1.0	
HDA. DUNQUERKE - PASO DEL COMERC.	4.190	17 1/2	74.860	2	14.400	4 1/2	40.500	9	244.125	223.150	13.0	352.625	11.0	4.0	5.80
PASO DEL COMERCIO - ZO. ROZO	2.710	20	226.066					15 1/2	451.063	393.775			8.0	2.0	
RIO FRAILE - RIO PALMIRA	4.170	9 1/2		5		4 1/2		11	305.375	275.650			5.0	2.0	
RIO PALMIRA - ZO. ROZO	1.840	6		4		3		7 1/2	200.815	183.775			4.0	1.0	
ZO. ROZO - PASO DE LA TORRE	740	4	63.315	2 1/2	5.000	2 1/2	16.250	2	42.000	39.400			1.0	1.0	
PASO DE LA TORRE - RIO AMAIME	1.420	8 1/2	183.791			1 1/2	18.000	6 1/2	171.937	157.525			3.0	1.0	
RIO AMAIME - RIO ZABALETAS	2.040	10 1/2	215.326	2 1/2	30.000	3 1/4	53.625	8	215.255	196.900			4.0	1.0	
RIO ZABALETAS - RIO GUABAS	670	4 1/2	104.705	3 1/2	57.750	2	18.000	5 1/2	143.062	131.275			3.0	1.0	
RIO GUABAS - RIO SONSO	700	5 1/2	128.398	2	18.000	2 1/2	28.750	5 1/2	143.062	131.275			3.0	1.0	
RIO SONSO - RIO GUADALAJARA	2.790	12 1/2	624.927	2 1/2	28.750	2 1/2	53.750	12 1/2	352.187	315.025			6.0	2.0	
RIO GUADALAJARA - Q. SAN PEDRO	4.010	21	671.725	2 1/2	53.750	1 1/2	28.500	15 1/2	451.063	393.775			8.0	2.0	
Q. SAN PEDRO - RIO TULUA	3.220	20	680.717	1 1/2	28.500	2	10.000	14 1/2	418.689	367.525			7.0	3.0	
RIO TULUA - RIO MORALES	410	4 3/4	36.555	2	10.000	3 1/2	38.500	2	42.000	39.400			1.0	1.0	
RIO MORALES - AC. QUINTANA	2.130	9	316.025	4	44.000	2	38.000	7	186.375	170.650	5.0	135.625	6.0	2.0	2,15
AC. QUINTANA - R. BUGALAGRANDE	3.170	14	497.424	2	38.000	6 1/2	208.000	6	157.500	144.400	7.5	203.438	7.0	2.0	3.16
R. BUGALAGRANDE - R. LA PAILA	5.910	5 1/4	81.193	7	224.000	7	192.500	14	402.502	354.400			7.0	2.0	
R. LA PAILA - Q. LAS CAÑAS (zona baja)	590	9	288.563	2 1/4	61.875	1/2	7.000	5	128.625	118.150			2.0	1.0	
R. LA PAILA - Q. LAS CAÑAS (zona alta)	1.220			5 1/4		4		1 1/2	31.500	29.550			1.0		
Q. LAS CAÑAS - Q. HONDA	3.970	15 3/4	399.791	4 1/2	59.500	2	10.400	14 1/2	418.689	367.525	6.0	162.750	10.00	3.0	1.58
Q. HONDA - Q. LOS MICOS	1.640	15	903.244	2	10.400	1 1/2	46.500	9 1/2	258.565	236.275					
Q. LOS MICOS - AGUAS PRIETAS	14.040	32	875.956	2 1/4	69.750	3	6.000	28	748.750	721.500	24.5	664.563	26	9.0	10.57
AGUAS PRIETAS - RIO LA VIEJA	1.720	12 1/2	350.572	3	6.000	3 1/2		4 1/2	114.190	105.025			2.0	1.0	
SUB - TOTALES	73.190	312 3/4	8'063.903	74 1/4	854.125	78 3/4	940.125	247 1/2	6'761.777	6'080.450	33 1/2	2'075.065	154	54	34.39

C H A

PUENTES		BOMBAS		RESUMEN VOLUMENES		COSTOS (1.000 US $)				
SAGAN y SAMAQ	H-15	Q (m³/s)	KW INSTALADO	CAUCA Y TRIBUTAR.	CANALES	DIQUES	CANALES	PUENTES	BOMBAS	TOTAL
1.0	1.0			425.050	70.875	687	71	11.0		769
1.0	1.0			168.150	70.875	301	71	11.0		383
6.0	2.0	2.30	182	387.350	350.003	719	350	36	300	1.405
13.0	5.0	5.68	428	381.800	747.251	848	747	84	628	2.307
6.0	2.0	3.15	246	177.244	337.318	414	337	36	338	1.125
2.0	1.0			21.456	114.190	111	114	15		240
11.0	4.0	5.80	436	129.760	596.750	362	597	69	465	1.493
8.0	2.0			226.066	451.063	634	451	43		1.128
5.0	2.0				305.375	207	305	33		545
4.0	1.0				200.815	138	201	22		361
1.0	1.0			84.565	42.000	156	42	11		209
3.0	1.0			201.791	171.937	421	172	18		611
4.0	1.0			298.951	215.255	596	215	22		833
3.0	1.0			180.455	143.062	369	143	18		530
3.0	1.0			175.148	143.062	361	143	18		522
6.0	2.0			707.427	352.187	1.297	352	36		1.685
8.0	2.0			753.975	451.063	1.426	451	43		1.920
7.0	3.0			719.217	418.689	1.354	419	48		1.821
1.0	1.0			85.055	42.000	157	42	11		210
6.0	2.0	2.15	182	398.025	322.000	725	322	36	300	1.383
7.0	2.0	3.16	246	743.424	360.938	1.223	361	40	338	1.962
7.0	2.0			497.693	402.502	1.012	403	40		1.455
2.0	1.0			357.438	128.625	625	129	15		769
1.0					31.500	22	32	4		58
0.00	3.0	1.58	136	469.691	581.439	980	581	58	272	1.891
				960.144	258.565	1.617	259			1.876
26	9.0	10.57	820	951.706	1'413.313	1.969	1.413	160	703	4.245
2.0	1.0			356.572	114.190	614	114			728
54	54	34.39	2.676	9'858.153	8'836.842	19.345	8.837	938	3.344	32.464

NOTAS :

1 — Los caudales regulados en el Cauca, usados para cálculo de diques de este cuadro son

La Balsa	610 m³/s
Hormiguero	732 "
Juanchito	760 "
Mediacanoa	967 "
Riofrío	1.084 "
Guayabal	1.179 "
La Victoria	1.200 "
Anacaro	1.272 "
La Virginia	1.854 "

2 — En cuanto a puentes se supuso que habrá un puente por cada 1 1/2 Km. de canal ; que 25% del total de puentes serán H-15 y el resto Pasaganado (PG) y Pasamaquinaria (PM).

3 — En la determinación de costos se usaron los siguientes datos :

Diques R Cauca y tributarios a US $ 1,50 m³

Diques de interceptores a US $ 0,75 m³

Excavación canales a US $ 1,00 m³

Puentes H-15 a US $ 7.700 c/u.

Puentes PG y PM a US $ 3.500 c/u

4 — Los datos y costos de bombas son tomados del apéndice N del informe Ingetec-Inesco de Mayo de 1974.

Anexo a Memo C-21453

CVC CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
CALI-COLOMBIA

PROYECTO REGULACION RIO CAUCA

OBRAS EN LA PLANICIE INUNDABLE

Septiembre 1974 DISEÑO CIVIL

34a

C. V. C.

MEMORANDO (INTERNO)

Para : Omar Julio Guerrero (Coordinador de Ing. Proyecto Regulación Río Cauca)

De : J. Llanos (Diseño Civil)

Archivo : 511.B-01

Fecha : 24 de septiembre de 1974

Memo : C-21524

Asunto : Proyecto de Regulación del Río Cauca.
Costos del Proyecto y Programa de construcción e inversiones.

A. COSTOS

Referencias:

a) Carta de Ingetec No. DT.72.1/4888 (julio 29 de 1974), en que recomiendan presa con corona a la elevación 1154.

b) Memorándum CVC No. C-21453 (septiembre 9 de 1974), de costo de obras en la planicie inundable.

1. En el documento de la referencia a) Ingetec recomienda presa en Salvajina con corona a la elevación 1154 y diques del río Cauca correspondientes a caudal de 760 m3/s. en Juanchito. El costo de obras en Salvajina (p. 2 del anexo a la ref. a), lo estima Ingetec en 95 millones de dólares.

2. En el memorándum de la ref. b) se dan los volúmenes de diques del río Cauca correspondientes a un caudal de 760 m3/s. en Juanchito y 1.200 m3/s. en La Victoria, con base a los niveles definidos en el memorándum CVC No. C-21369 de 20 de agosto de 1974; y se presenta además, un cuadro de costos del complejo de obras de diques, canales interceptores, drenajes primarios y plantas de bombas a construírse en la planicie inundable; cuadro que arroja un total de costos directos de 52 millones de dólares, sin incluír imprevistos e ingeniería; y de 62 millones de dólares, incluídos éstos.

3. En síntesis, el costo total del proyecto de regulación del río Cauca con presa en Salvajina de corona a elevación 1154 y diques a lo largo del río Cauca para caudales de 760 m3/s. en Juanchito y 1.200 m3/s. en La Victoria; incluído un 20% de imprevistos e ingeniería es como sigue:

.../

	Millones de US$
Obras en Salvajina	95
Obras en la planicie inundable. . . .	62
Total . . .	157

B. PROGRAMA DE CONSTRUCCION E INVERSIONES

Preámbulo.

4. El informe de Ingetec-Inesco de mayo de 1974, en su cuadro 7-2, presenta un programa de inversiones de 5 años para los costos de obras en Salvajina que expresados en porcentajes de inversiones anuales serían como sigue:

Año	1	2	3	4	5
% de inversión.	16,6	9,2	14,0	32,8	27,4

5. En cuanto a las obras en el Valle, el párrafo final de la página 7-7 de dicho informe dice que no se presenta programa de inversiones de las obras del Valle porque no se han definido aún las prioridades en cuanto a zonas de desarrollo; y que para efecto del estudio financiero se puede suponer, por el momento, una distribución uniforme de costos en el período de construcción que se escoja. Añade, en el párrafo primero de la página 7-7, que tentativamente podría pensarse en que la construcción de estas obras se iniciara uno o dos años antes de la terminación de las obras de Salvajina y que la duración de los trabajos no excediera de 10 años.

Alternativas.

6. En el gráfico anexo, se comparan los niveles del Cauca correspondientes a caudales regulados, con los niveles tradicionales de frecuencia de 10 años.

.../

7. Supongamos que la alternativa que se escogiera fuera la de empezar la construcción de obras en el Valle simultáneamente con la de obras en Salvajina. En términos generales habría que empezar entonces la construcción de obras en el norte del Valle y avanzar hacia el sur puesto que los diques para caudal de 760 m3/s. en Juanchito, y 1.200 m3/s. en La Victoria, y bordo libre de 1 m. nos daría en el norte protección también para las crecidas tradicionales de 10 años. Sin embargo, a medida que se avanza hacia el sur la diferencia entre niveles de agua tradicionales y los generados por caudal de 760 m3/s. en Juanchito y 1.200 m3/s. en La Victoria va aumentando de modo que a la altura de Mediacanoa no tendríamos prácticamente ningún bordo libre para los niveles tradicionales. En tal virtud las inversiones en obras en el Valle, durante los 5 años de período de construcción de la presa en Salvajina estarían limitados por la condición anotada. Si se adoptare este criterio habría pues que avanzar obras de norte a sur hasta un lugar en donde el bordo libre para los niveles tradicionales fuera por lo menos de 40 cms.
Tal condición se logra a la altura de Riofrío.

8. Otra alternativa sería la presentada en el programa de inversiones propuesto por la EPDC en el cuadro 11-1, capítulo 11 de su informe de 1970. Allí se propone empezar la construcción de diques 3 años antes de terminarse la construcción de la presa y realizar dicha construcción en el lapso de 8 años. Las obras de drenaje se empezarían 2 años después de iniciada la construcción de los diques y duraría también 8 años. De ello resultaría el siguiente programa de construcción:

	Lapso de construcción (años)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Obras en Salvajina												
Diques												
Obras de drenaje												

Prácticamente este mismo esquema se adoptó en el Informe CVC No. 72-10 (Cuadro III-1).

.../

Si se adoptara el programa de inversiones que se muestra en el gráfico anterior, y se usara la distribución de costos del cuadro 11.1 del informe de la EPDC, resultarían distribuciones de costos, durante los 5 años de construcción de obras de Salvajina, menores de lo que realmente podría invertirse en obras en el Valle avanzando de norte a sur, conforme se propone en la primera alternativa arriba expuesta, en el párrafo 7.

Conclusión.

9. De lo anterior aparece pues que el programa de construcción e inversión de obras en el Valle que más rápidamente logra la realización del proyecto es el presentado en la primera alternativa arriba propuesta (párrafo 7) ; y a ella corresponde el cuadro anexo de programa de inversiones. Los costos de obras en Salvajina que allí se dan, resultan de aplicar a los 95 millones de dólares, estimados por Ingetec para las obras de Salvajina con corona de presa a la elevación 1154, los porcentajes del párrafo 4.

Cabe anotar sin embargo que, de ser financieramente posible una mayor inversión en obras en el Valle durante los 5 años de construcción de obras en Salvajina se podría, luego de cerrar zonas del norte aguas abajo de un bordo libre de 0.40 m. para niveles tradicionales, avanzar con la construcción de canales interceptores; y tramos de diques, sin cerrar proyectos; y posponiendo la construcción de drenajes y cierre de diques hasta después de terminada la presa.

10. Es del caso hacer notar también que, terminada la construcción de la presa, es deseable trasladar la prioridad de construcción de obras en el Valle a la zona sur, puesto que el costo de obras en el sur, por unidad de superficie, será más bajo que en el norte debido al beneficio de la presa, y así se puede recuperar mucha más superficie con una misma inversión. La capacidad de pago en el sur se alcanzará más rápidamente que en el norte y la recuperación de la inversión, que en el sur sería casi inmediata, serviría para aplicarla hacia las zonas más al norte.

.../

Memo No. C-21524
Hoja No. 5.

Cuadro del programa de inversiones

(millones de dólares)

Datos básicos:

a) Costo de obras en Salvajina (millones US$) 95'0 (a invertir en 5 años).

b) Costo de obras en la planicie inundable:

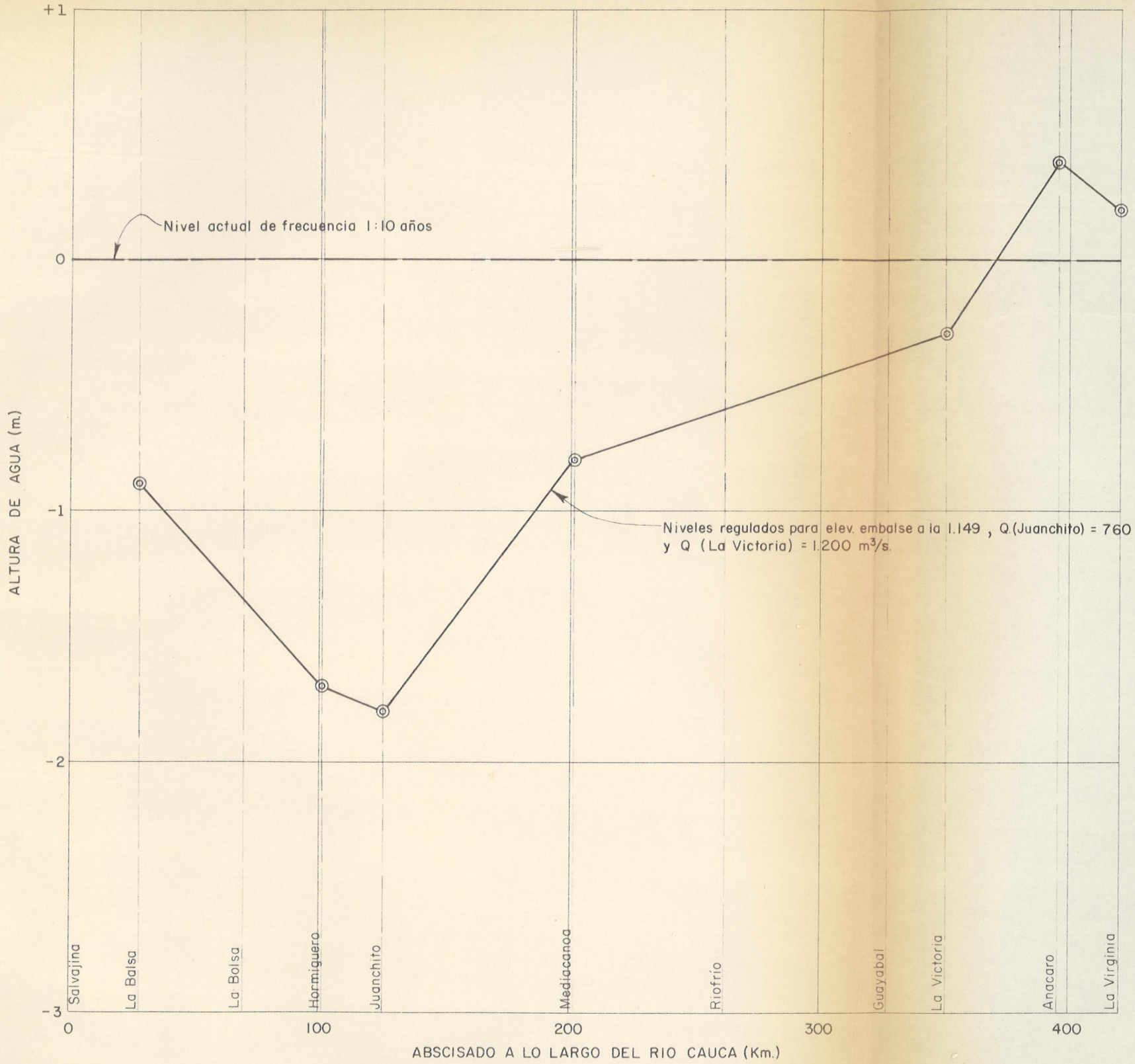
al norte de Riofrío y Tuluá (millones US$) 25'2 (a invertir en 5 años).

al sur de Riofrío y Tuluá (millones US$) 37'0

Total . . . . . (millones US$) 62'2

Año	Obras en Salvajina (5 años)	Obras en la planicie inundable		Total
		5 primeros años	años siguientes	
1	15'8	1'5		17'3
2	8'7	3'0		11'7
3	13'3	4'5		17'8
4	31'2	7'0		38'2
5	26'0	9'2		35'2
6			12'0	12'0
7			10'0	10'0
8			8'0	8'0
9			4'5	4'5
10			2'5	2'5
Total	95'0	25'2	37'0	157'2

JHLl:mvm.
cc : Dr. Alfredo Roa.



CUADRO DE NIVELES DE AGUA DEL RIO CAUCA

(A)	(B)	(C)	(D)
Estación	Niveles tradicionales (msm)	Niveles esperados (msm) *	Diferencias (B) – (C) (m)
LA BALSA	990,3	989,4	0,9
HORMIGUERO	961,6	959,9	1,7
JUANCHITO	955,8	954,0	1,8
MEDIACANOA	940,6	939,8	0,8
LA VICTORIA	915,5	915,2	0,3
ANACARO	908,8	909,2	-0,4
LA VIRGINIA	903,6	903,8	-0,2

* Q Juanchito = 760 m³/s.
Q La Victoria = 1.200 m³/s.

Ver Memo CVC – No. C-21369 (Agosto 20/74)

CVC CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA
CALI-COLOMBIA

PROYECTO REGULACION RIO CAUCA
(Frecuencia 1:10 años)

NIVELES DEL RIO CAUCA

FECHA	PRESENTADO	APROB.	APROB. CVC.	FIG.
Sept. de 1974				

C.H.R.