

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

El Paso, Texas,
19 de junio de 1958.

ACTA NUM. 207.

CONSIDERACION DEL INFORME COMUN DE LOS INGENIEROS PRINCIPALES ACERCA DE LOCALIZACION, CAPACIDAD Y TIPO DE CONSTRUCCION DE LA SEGUNDA PRESA INTERNACIONAL PRINCIPAL DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL RIO BRAVO.

La Comisión se reunió en las Oficinas de la Sección de los Estados Unidos en El Paso, Texas, a las diez horas del día 19 de junio de 1958, para considerar los estudios de ingeniería que han sido hechos por las dos Secciones de acuerdo con el Artículo 5 del Tratado de Aguas de 1944, que están descritos en el "Informe Común de los Ingenieros Principales acerca de la Localización, Capacidad y Tipo de Construcción de la Segunda Presa Internacional Principal de Almacenamiento sobre el Río Bravo", fechado el 16 de junio de 1958. Se anexan a esta Acta, y forman parte de ella, los textos en español y en inglés de dicho Informe Común.

En la discusión del Informe Común, resultó que los dos Comisionados están de acuerdo con el mismo, quedando entendido que es un informe preliminar de la factibilidad del proyecto descrito desde el punto de vista de ingeniería, pero que no están en condición de unirse para recomendar su construcción a los dos Gobiernos antes de consultar en sus respectivos países con varias dependencias competentes. En este entendimiento la Comisión adoptó la resolución siguiente:

1. La Comisión está de acuerdo con los siguientes resultados de ingeniería asentados en el 'Informe Común de los Ingenieros Principales acerca de la Localización, Capacidad y Tipo de Construcción de la Segunda Presa Internacional Principal sobre el Río Bravo':

(Continúa en la hoja 2)

INTERNATIONAL BOUNDARY AND WATER
COMMISSION UNITED STATES AND MEXICO

El Paso, Texas,
June 19, 1958.

MINUTE NO. 207.

CONSIDERATION OF JOINT REPORT OF THE PRINCIPAL ENGINEERS ON SITE, CAPACITIES AND TYPE OF DAM FOR THE SECOND MAJOR INTERNATIONAL STORAGE DAM ON THE RIO GRANDE.

The Commission met in the offices of the United States Section at El Paso, Texas, on June 19, 1958, at 10:00 a.m., to consider engineering studies which have been made by the two Sections pursuant to Article 5 of the Water Treaty of 1944 and which are described in the "Joint Report of the Principal Engineers on Site, Capacities and Type of Dam for the Second Major International Storage Dam on the Rio Grande", dated June 16, 1958. Copies of the English and Spanish texts of said Joint Report are attached hereto and form part hereof.

In the discussion of the Joint Report it developed that both Commissioners are in accord therewith, with the understanding that it is a preliminary report of engineering feasibility of the project described therein, but that pending consultation with interested agencies of their respective countries, they are not in position to join in a recommendation to the two Governments for construction of such a project. With this understanding the Commission adopted the following resolution:

1. The Commission concurs in the following engineering findings stated in the 'Joint Report of the Principal Engineers on Site, Capacities and Type of Dam for the Second Major International Storage Dam on the Rio Grande':

(Continued on Sheet No. 2)

(Continúa de la hoja 1)

- (a) Que el sitio de El Diablo es completamente satisfactorio, desde el punto de vista de ingeniería y de geología, para la construcción de una presa principal internacional de almacenamiento, y es el más favorable de los muchos sitios estudiados aguas arriba de la Presa Falcón para el control de avenidas y para el almacenamiento de aguas.
- (b) Que sobre las bases de los estudios preliminares que comprende el Informe Común se requerirían las siguientes capacidades aproximadas en el sitio de El Diablo para proporcionar en la forma óptima factible, y en combinación con el Vaso Falcón, el control de avenidas y el almacenamiento y regularización de las aguas pertenecientes a cada país arriba de la Presa Falcón:

	<u>Millones</u> <u>de m³.</u>
Almacenamiento útil:	
México	1,620
Estados Unidos	2,080
Suma	3,700
Control de Avenidas	2,190
Superalmacenamiento	412
Retención de azolves	678
Total	<u>6,980</u>

- (c) Que el tipo de presa recomendado en el Informe Común, a saber: una estructura de gravedad de concreto con vertedor de compuertas en el cauce y con terraplenes a ambos lados, sería el tipo de construcción más conveniente en el sitio de El Diablo para las capacidades arriba mencionadas.

(Continúa en la hoja 3)

(Continued from Sheet No. 1)

- (a) That the Diablo site is entirely satisfactory from engineering and geologic standpoints for construction of a major international storage dam and is the most favorable of the many sites investigated upstream from Falcón Dam for flood control and conservation of waters.
- (b) That on the basis of the preliminary studies covered by the Joint Report the following approximate capacities would be required at the Diablo site to provide, in combination with Falcón Reservoir, optimum feasible control of floods and conservation and regulation of waters belonging to each country above Falcón Dam:

	<u>Acre-Feet</u>
Conservation:	
United States	1,686,000
Mexico	1,314,000
Total	<u>3,000,000</u>
Flood Control	1,775,000
Superstorage	335,000
Silt Storage	550,000
Total	<u>5,660,000</u>

- (c) That the type of dam recommended in the Joint Report, i.e., a concrete gravity structure with gated spillway, all in the channel section, flanked by earth embankments, would be the most suitable type of construction with the above-mentioned capacities at the Diablo site.

(Continued on Sheet No. 3)

(Continúa de la hoja 2)

"2. La Comisión también está de acuerdo con los resultados asentados en el Informe Común con respecto a las potencialidades hidroeléctricas en una presa de la naturaleza descrita en el mismo. La Comisión opina que debido a las diferencias con que los dos países requieren la energía en el sitio de El Diablo, los intereses de ambos quedarían mejor satisfechos si cada uno construyera, operara y mantuviera su propia planta. La Comisión, por lo tanto, está de acuerdo en que cada Comisionado consulte con las dependencias correspondientes de su país sobre la conveniencia y factibilidad de formular un acuerdo conforme con los principios del Tratado de Aguas que permita que en el caso de construir una presa de la naturaleza considerada para el sitio El Diablo cada país pueda, si así lo desea, construir, operar y mantener sus propias instalaciones hidroeléctricas.

"3. Aunque los Comisionados están de acuerdo con los resultados de ingeniería asentados arriba, cada uno desea emprender estudios más detallados de los costos y beneficios para su país de un proyecto de la naturaleza del que se estudia, y en seguida consultar con las dependencias competentes de su país antes de tomar una decisión sobre si tal proyecto debería recomendarse a la consideración definitiva de los dos Gobiernos. Por lo tanto, queda entendido y convenido que la adopción de esta Acta no compromete a ninguno de los dos Gobiernos a acción alguna.

"4. Queda además entendido y convenido, que esta Acta es de una naturaleza que requiere aprobación específica de los dos Gobiernos y que, por lo

(Continúa en la hoja 4)

(Continued from Sheet No. 2)

"2. The Commission also concurs in the findings stated in the Joint Report with respect to hydroelectric power potentialities of a dam of the nature described therein. It is the opinion of the Commission that due to the dissimilar requirements of the two countries for power at the Diablo site, the interests of both would be better served if each were to construct, operate and maintain its own plant. The Commission therefore agrees that each Commissioner will consult the appropriate agencies of his country regarding the desirability and feasibility of an arrangement consistent with the principles of the Water Treaty whereby, in the event of construction of a dam of the nature considered for the Diablo site, each country may, if it so desires, construct, operate and maintain its own hydroelectric power facilities.

"3. Although the Commissioners concur in the above engineering findings, each desires to make more detailed studies of the costs and benefits to his country of a project of the nature under study, and thereafter consult the interested agencies of his country before reaching decision whether such a project should be recommended for definitive consideration by the two Governments. It is therefore understood and agreed that the adoption of this Minute does not commit either Government to any action whatsoever.

"4. It is further understood and agreed that this Minute is of a nature requiring specific approval of the two Governments and that, therefore,

(Continued on Sheet No. 4)

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(Continúa de la hoja 3)

tanto, conforme a las estipulaciones del Artículo 25 del Tratado de Aguas de 1944, no se considerará aprobada sino hasta que los dos Gobiernos hayan expresado su aprobación específica".

Se levantó la sesión.



Comisionado de Mexico



Comisionado de los Estados Unidos



Secretario de la Sección de Mexico



Secretario de la Sección de los Estados Unidos

INTERNATIONAL BOUNDARY AND WATER
COMMISSION UNITED STATES AND MEXICO

(Continued from Sheet No. 3)

pursuant to the provisions of Article 25 of the Water Treaty of 1944 - it will not be considered to have been approved until both Governments shall have expressed their specific approval".

The meeting then adjourned.



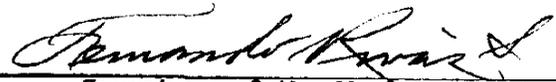
Commissioner of the United States



Commissioner of Mexico



Secretary of the United States Section



Secretary of the Mexican Section

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

INFORME COMUN DE LOS INGENIEROS PRINCIPALES ACERCA DE LO-
CALIZACION, CAPACIDAD Y TIPO DE CONSTRUCCION DE LA SEGUNDA
PRESA INTERNACIONAL DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL RIO BRAVO.

Ciudad Juárez, Chih.,
16 de junio de 1958.

A los Honorables Comisionados,
Comisión Internacional de Límites y Aguas
entre México y los Estados Unidos,
Ciudad Juárez, Chih. y El Paso, Texas.

Señores:

Respetuosamente presentamos a su consideración el siguiente informe acerca de las investigaciones geológicas, de ingeniería y conexas, así como nuestras conclusiones con respecto a la segunda presa internacional principal de almacenamiento sobre el Río Bravo prevista en el Tratado de Aguas Internacionales de 1944. Las investigaciones se llevaron a cabo para determinar el sitio de presa más favorable aguas arriba de la primera presa internacional de almacenamiento, la Presa Falcón terminada en 1953, con el fin de obtener, en combinación con esa presa, los máximos beneficios factibles para ambos países con respecto al control de avenidas y conservación de las aguas del Río Bravo arriba de Falcón, así como para determinar las capacidades de almacenamiento requeridas en dicho sitio para lograr ese objetivo, y el tipo de presa más apropiado para proporcionar los almacenamientos necesarios.

Durante varios años antes de que se firmara el Tratado de Aguas Internacionales el 3 de febrero de 1944, las dos Secciones habían efectuado reconocimiento y estudios preliminares de las posibilidades de construir presas de almacenamiento tanto en el tramo

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(2)

superior del río como en el inferior. Después de firmado el Tratado, y de acuerdo con las recomendaciones de las juntas de ingenieros y asesores técnicos de la Comisión efectuadas en Ciudad Juárez y El Paso en agosto de 1945 y en la ciudad de México en marzo de 1946, se inició un programa intenso de estudios e investigaciones. Conforme al avance de estos estudios e investigaciones, se vinieron efectuando juntas de los ingenieros y asesores técnicos de la Comisión para revisar los trabajos desarrollados y para recomendar planes y procedimientos para el desarrollo de los trabajos pendientes dentro del programa.

Además de los ingenieros de ambas Secciones participaron en las distintas juntas los siguientes asesores técnicos:

Por México:

Ing. Antonio Coria, Jefe del Consultivo Técnico de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Ing. Aurelio Benassini, Ingeniero en Jefe de Irrigación y Control de Ríos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Ing. Oscar Vega Argüelles, Director de Estudios y Proyectos de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Ing. Alfonso de la O. Carreño, Geólogo Consultor de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Dr. Paul Waitz, Geólogo Consultor de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Por los Estados Unidos:

Ing. Royce J. Tipton, Ingeniero Consultor.

Ing. Walker R. Young, Ingeniero Consultor.

Sr. Roger Rhoades, Geólogo Consultor.

Sr. W. H. Irwin, Geólogo en Jefe del Bureau of Reclamation.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(3)

Investigación de los Sitios Superiores.

El primero de los sitios superiores que se investigó detalladamente fué el de Agua Verde, a unos 195 kilómetros aguas arriba de Ciudad Acuña-Del Río. Este sitio es el inferior de los numerosos sitios para una presa alta que se habían escogido como resultado de reconocimientos anteriores, y se menciona en el Acta 182 fechada el 23 de septiembre de 1946. Como resultado de las investigaciones que se terminaron a fines de 1947 se encontró dudosa la conveniencia de este sitio para la construcción de una presa alta. Sin embargo, su conveniencia para una presa baja es considerablemente menos dudosa. Como consecuencia de lo anterior, se fijó la atención de la Comisión en otros sitios en el tramo superior del río, pero como se sabía que su ambiente geológico era semejante al del sitio de Agua Verde, se consideró dudoso que se pudiera encontrar un sitio favorable para una presa con la capacidad requerida. Entonces se decidió hacer un estudio completo para determinar la mejor combinación de presas que se pudieran construir en la región de la Gran Comba del Bravo para proporcionar el almacenamiento necesario e incidentalmente permitir el aprovechamiento óptimo de la energía hidroeléctrica inherente en la caída de 450 metros en este tramo del río.

En el verano de 1948 se iniciaron investigaciones de todo el tramo del río comprendido desde Ciudad Acuña-Del Río hasta un punto a 11 kilómetros aguas arriba de Lajitas, Texas. La longitud del tramo es de 552 kilómetros. (Véase Anexo 1). Las investigaciones de campo consistieron principalmente en levantamientos aerofototopográ-

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(4)

ficos, levantamientos geológicos y estudios de aguas subterráneas. En virtud del ambiente calizo de todo el tramo, fué necesario hacer estudios especialmente detallados de la geología y de las aguas subterráneas, suplementados con exploraciones del subsuelo por medio de perforaciones con extracción de corazones y por medio de métodos geofísicos en algunas áreas críticas.

Durante el curso de estas investigaciones se seleccionaron 45 sitios para estudio posterior. De éstos se desecharon 32 ya fuera por condiciones geológicas adversas reveladas por estudios geológicos adicionales, por insuficiencia de capacidad de almacenamiento o por costos de construcción prohibitivos. Al terminarse estas investigaciones los datos acerca de los 13 sitios restantes y de varias combinaciones de los mismos (véase Anexo 2) se revisaron y se analizaron en una junta de ingenieros y asesores técnicos de la Comisión en septiembre de 1953.

En opinión de los ingenieros y asesores técnicos, parece factible la construcción de una presa sola con suficiente capacidad en cualquiera de los trece sitios considerados. Sin embargo, en vista de que una presa en alguno de los sitios inferiores denominados Sitios Diablo estaría situada en posición más estratégica, abajo de las confluencias de los ríos Pecos y Devils, fuentes de las mayores crecientes registradas en el Río Bravo, y por consiguiente proporcionaría los mayores beneficios para el control de avenidas y para conservación de agua, la Junta recomendó que se hicieran investigaciones adicionales más detalladas en este grupo de sitios a fin

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(5)

de establecer definitivamente su adaptabilidad y para permitir la selección del más favorable entre ellos.

Las investigaciones de campo iniciadas inmediatamente después incluyeron el levantamiento geológico detallado de la zona ocupada por los cuatro ejes preliminares, así como levantamientos topográficos a gran escala de esa zona. Además parte de la zona adyacente a los ejes fué objeto de un estudio geofísico preliminar empleando el método de caída de potencial, con el fin de localizar las cavidades de disolución que pudieran existir en ciertos lugares específicos. En combinación con el estudio geofísico se hicieron 7,983 metros lineales de perforaciones con extracción de corazones para investigar las características subterráneas de las fallas y de los sumideros superficialmente aparentes en las cercanías de los sitios.

En septiembre de 1954 los geólogos consultores de la Comisión revisaron los datos obtenidos e hicieron una inspección en el terreno, llegando a la conclusión tentativa, sujeta a modificación como resultado de exploraciones más detalladas, de que, desde el punto de vista geológico, sería factible construir una presa segura y efectiva en cualquiera de los sitios Diablo, sin dificultades desmedidas y recomendando que se le diera preferencia al Eje No. 1, localizado a 1 1/2 Km. aguas abajo de la desembocadura del Río Devils, y a unos 19 Km. aguas arriba de Ciudad Acuña-Del Río. (Véase Anexo 3).

En virtud de que los estudios económicos y de ingeniería, efectuados en combinación con los de campo, demostraron que el Eje No. 1 sería el más ventajoso desde el punto de vista de economía en

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(6)

la construcción, las investigaciones detalladas subsiguientes fueron dedicadas a dicho eje. En estas investigaciones específicas del sitio quedó incluido un levantamiento geofísico detallado empleando el método de Caída de Potencial y abarcando una faja de 800 metros a cada lado del eje No. 1 y además algunos puntos de especial interés en los límites del vaso cerca de los extremos del eje. Estos trabajos geofísicos se efectuaron con el fin de localizar fallas u otros cambios estructurales desconocidos en la formación caliza, a lo largo de las cuales pudieran desarrollarse estructuras cavernosas que permitieran filtraciones del vaso a través o alrededor de la presa. Como los efectos de la disolución tienden a ser más intensos cerca del cauce del río, se llevó al cabo un programa intenso de perforaciones a lo largo del eje, unos 2,400 metros a cada lado del río. Se hicieron perforaciones como se muestra en el Anexo 4, con inclinación de 45 grados de tal manera que se interceptaran cualesquiera fallas que pudiera haber en la cimentación. Además se interpolaron entre éstas algunas perforaciones verticales. Se hicieron otras perforaciones cerca del eje para investigar con más detalle ciertas condiciones reveladas por las perforaciones sobre el eje, y algunas en dos puertos en el extremo del eje del lado de los Estados Unidos para determinar la profundidad de los efectos de la intemperie y los efectos de la disolución en estas zonas críticas. El total de perforaciones fué de unos 10,120 metros lineales, lográndose la recuperación de un porcentaje extraordinariamente alto de corazones, siendo ésta de 95 a 97 por ciento. Los resultados de estas exploraciones indican que la cimentación es entera-

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(7)

mente adecuada desde el punto de vista de estabilidad, y aunque se descubrieron algunas fallas menores, como se muestra en el Anexo 5, se encontró que éstas estaban cicatrizadas con calcita y las oquedades de disolución que se encontraron son de poca importancia y enteramente susceptibles de ser selladas por inyectado, como lo demuestran los corazones y las pruebas a presión.

Se efectuó además un estudio excepcionalmente completo de muestreo y análisis de laboratorio sobre los materiales disponibles para terracerías, encontrándose que a distancias económicas se encuentran cantidades suficientes de materiales adecuados. Al mismo tiempo que se hacían estos trabajos se efectuó un levantamiento geológico superficial especialmente detallado en la vecindad del eje y a lo largo del borde del vaso.

Al completarse las exploraciones de campo del Eje No. 1 se convocó a junta de Geólogos Consultores en Del Río en julio de 1956 para revisar los resultados. Después de estudiar los datos obtenidos y de examinar el sitio los geólogos declararon que el sitio Diablo número 1 es enteramente apropiado para la construcción de una presa segura y adecuadamente impermeable.

Estudios de Capacidad de Almacenamiento.

Relacionados con los reconocimientos primitivos, se habían hecho estimaciones toscas preliminares de la capacidad de almacenamiento requerida en este tramo superior para el aprovechamiento óptimo de los escurrimientos del Río Bravo arriba de Falcón, y en 1944, después de firmado el Tratado de Aguas Internacionales se empezaron los amplios

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(8)

estudios indispensables para ese fin.

Estos estudios, hechos en conjunto por ambas Secciones incluyeron análisis del escurrimiento histórico para el período 1900-1942 y la estimación del uso consuntivo para el desarrollo agrícola existente y probable a lo largo del Río Bravo y de sus afluentes abajo de Fort Quitman, y fueron la base de las estimaciones contenidas en el Acta 182 del 23 de septiembre de 1946.

Los estudios se intensificaron después de las juntas de agosto de 1945 y de marzo de 1946, en las cuales se estudió y se hicieron recomendaciones acerca de los estudios hidrológicos que deberían hacerse para determinar la capacidad apropiada para conservación, control de avenidas, retención de azolves y para estimar las capacidades de vertedor que serían necesarias tanto para la presa inferior, o sea la Presa Falcón como para la presa superior que entonces se pensaba construir en el sitio de Agua Verde o en alguno de los numerosos sitios más aguas arriba dentro de la Gran Comba del río. Estos estudios, basados en registros de escurrimientos y de usos consuntivos en el período de 1900 a 1944, inclusive, se terminaron a fines de 1947 y se presentaron en resumen en el Informe Común anexo al Acta No. 187 del día 20 de diciembre de 1947.

Al concentrar los estudios a los sitios Diablo en 1953 y al efectuar los correspondientes estudios de capacidad de almacenamiento, fué necesario poner al día los estudios de abastecimiento potencial, especialmente con el fin de tomar en cuenta la sequía sin precedente que se había sentido en los últimos diez años, así como la

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(9)

máxima avenida registrada en el Río Bravo, la cual se presentó en junio y julio de 1954. Como base para la determinación de las capacidades óptimas factibles para conservación y control de avenidas en el sitio Diablo, se usaron los registros de escurrimientos de todo el período de 1900 a 1956, modificados para tomar en cuenta los escurrimientos futuros probables.

Los estudios de operación para determinar la capacidad óptima factible para conservación se hicieron a base de operación coordinada de los vasos de Diablo y Falcón. Con la capacidad para control de avenidas que más adelante se especifica para la presa Diablo, la capacidad para conservación en el Vaso Falcón se aumentaría de 2,590 millones de metros cúbicos a 3,084 millones de metros cúbicos, como se había previsto en el Acta No. 187 fechada el 20 de diciembre de 1947. Como se dispone en el Artículo 8 (a) del Tratado de Aguas, se supuso que el almacenamiento en el Vaso Diablo se mantendría al nivel máximo consistente con el control de avenidas, con los usos para riego y con las necesidades para producción de energía. Los estudios comprobaron que esta disposición presenta la importante ventaja de reducir al mínimo los derrames de la Presa Falcón, así como de reducir otras pérdidas que son mayores en Falcón que en el sitio Diablo.

En los estudios las extracciones de los vasos fueron las que se estimó necesario para llenar las demandas domésticas y de riego en los dos países. Subordinadas a estas demandas se supusieron descargas del Vaso Diablo para generación de energía hidroeléctrica, quedando de nuevo regularizadas en el vaso de Falcón. Las pérdidas por

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(10)

evaporación se estimaron basándose en los registros disponibles de los evaporómetros que se encuentran en las cercanías del sitio y que cubren el período de 1926 a 1956. Los estudios de operación de los vasos se hicieron por meses, excepto en los casos de avenidas, en cuyos casos se estudiaron períodos más cortos. Se hicieron tanteos con distintas capacidades para conservación, variando desde 1,788 millones de metros cúbicos hasta 6,784 millones de metros cúbicos, cada una con distintas demandas de riego.

Los estudios los efectuó cada Sección independientemente, pero usando los mismos datos básicos de abastecimiento, y tomando en cuenta sus asignaciones de agua según el Tratado de Aguas de 1944 y el régimen de dichas asignaciones, para determinar la capacidad óptima de conservación en proporción con el costo para su país.

El resultado de dichos estudios indicó que México necesitaría 1,620 millones de m^3 de almacenamiento y los Estados Unidos - - 2,080 millones de m^3 , resultando una capacidad total para conservación de 3,700 millones de metros cúbicos, divididos en proporción de 43.8% y 56.2% para cada país, respectivamente.

Aplicando este almacenamiento en el sitio Diablo a los escurrimientos registrados en el período 1900 a 1956, se eliminarían virtualmente los derrames de Falcón al Golfo de México y así permitiría un control casi completo del Río Bravo arriba de la Fresa Falcón; además se ahorrarían las grandes pérdidas de conducción que sufren los escurrimientos de avenidas entre las desembocaduras de

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(11)

los ríos Pecos y Devils y el Vaso Falcón. El aumento resultante en el abastecimiento regularizado sería por lo menos 148 millones de metros cúbicos anuales adicionales al volumen disponible con la Presa Falcón sola.

El cálculo de la capacidad óptima para retención de azolves se basó en el muestreo de los sedimentos del Río Bravo en Langtry desde 1944 y en Piedras Negras-Eagle Pass desde 1934, y en el muestreo del Río Pecos cerca de su desembocadura desde 1943. El análisis de estos datos indica que en el sitio Diablo hay una aportación media anual de azolves en suspensión y acarreos de 12,766,000 metros cúbicos. De acuerdo con esto, y con el factor de retención de 100% recomendado en la Junta de Ingenieros de diciembre de 1954, se necesitará una capacidad para retención de azolves de unos 678,400,000 de metros cúbicos para una vida de 50 años para la obra.

Los estudios de operación del vaso para determinar la capacidad necesaria para control de avenidas se basaron en el hidrograma de la avenida de junio y julio de 1954, la cual tuvo un volumen de 3,293 millones de metros cúbicos, y cuyo gasto máximo fué de -- 32,770 metros cúbicos por segundo en el sitio de presa, o sea el gasto máximo registrado en el Río Bravo. Se estudió el paso de esta avenida por el vaso suponiendo llenas las capacidades para retención de azolves y para conservación, y manteniendo un gasto de salida de 3,962 metros cúbicos por segundo, el cual se había fijado, después de estudio cuidadoso, como gasto máximo que el cauce del río podría admitir con seguridad en el tramo entre el sitio Diablo y

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(12)

Falcón en condiciones actuales y en las condiciones probables futuras. El resultado de estos estudios indica que en el Vaso Diablo se necesitará una capacidad de 2,189 millones de metros cúbicos para control de avenidas.

La avenida de diseño para el vertedor se calculó con las estimaciones de la precipitación máxima posible en la cuenca del Río Bravo abajo de Fort Quitman, Texas, proporcionadas por la Sección Hidrometeorológica del United States Weather Bureau. El hidrograma mostrado en el Anexo 6 se construyó empleando estos datos y el sistema del hidrógrafo-unidad con coeficientes de escurrimiento determinados por medio de observaciones hechas durante tormentas ocurridas en varias subdivisiones del área pertinente durante el período de registros. La avenida de diseño tendría un gasto máximo de -- 53,770 metros cúbicos por segundo aproximadamente y un volumen total de 5,920 millones de metros cúbicos. De acuerdo con los consejos del Weather Bureau se supuso que esta avenida podría presentarse en el sitio Diablo tres días después de una avenida igual a la avenida máxima registrada que ocurrió en junio y julio de 1954, y por lo tanto podría presentarse con la capacidad normal para control de avenidas ya llena. Sobre esta base, y con capacidad máxima de vertedor de 43,920 metros cúbicos por segundo, se estudió el paso de la avenida por el vaso, llegándose a la conclusión de que se necesitarían 413 millones de metros cúbicos de super-capacidad.

En resumen, se considera que las capacidades requeridas en el vaso del Diablo para el control óptimo factible de avenidas y para

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(13)

conservación de las aguas de los dos países son las siguientes:

	Millones de m ³ .
Capacidad de Conservación	3,700
Capacidad para Control Avenidas	2,190
Super-capacidad	412
Capacidad para retención de azolves	<u>678</u>
Capacidad Total	6,980

Como se muestra en el Anexo No. 7, la curva de embalse para la capacidad máxima de 6,980 millones de metros cúbicos estaría a la elevación 348.78 metros, o sea a 75.07 metros sobre el nivel del río en el sitio de presa.

Estudios Preliminares para el Diseño de la Presa.

Para determinar el tipo de presa más apropiado para el sitio Diablo se hicieron numerosos diseños preliminares así como los correspondientes estudios económicos. Estos estudios abarcan numerosas variantes de dos diseños básicos, a saber:

- 1) Cortina completa de tierra
- 2) Cortina vertedora de concreto en el cauce del río, con bordos de tierra en los flancos.

a) Diseños de Cortina de Tierra. Las partes principales de los estudios de la cortina de tierra fueron los siguientes: diseños de distintas zonificaciones interiores con diversos taludes exteriores en distintas combinaciones desde un mínimo de 2 1/2 a 1 aguas arriba y de 2 a 1 aguas abajo hasta 3 a 1 aguas arriba y 2 1/2 a 1 aguas abajo; varios tipos de vertedor de servicio; vertedores de emergencia no controlados alojados en puertos separados del eje de la cortina tanto en México como en los Estados Unidos y vertedores

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(14)

de emergencia no controlados en los extremos de la cortina en cada país.

Después de un estudio cuidadoso, y en vista de todos los factores pertinentes, los asesores técnicos y los ingenieros de la Comisión llegaron al acuerdo de que el diseño más satisfactorio para la cortina de tierra consistiría en un terraplén con talud aguas arriba de 3 a 1 y talud aguas abajo de 2 1/2 a 1, con vertedor de servicio del tipo de embudo con diámetro de 13 metros, con capacidad de 3,960 m³/s. y con torre de toma con compuertas; un vertedor de emergencia no controlado fuera del cauce, con longitud de 1,052 metros, con su cresta fijada a manera de permitir una descarga de 3,960 m³/s. con la capacidad para control de avenidas llena, y tomas para riego en cada lado del río con capacidad de 170 m³/s. cada una.

b) Diseños de Cortina Vertedora de Concreto en el Cauce.

Para determinar el diseño más favorable para una cortina vertedora de concreto en el cauce del río, combinada con cortinas de tierra a los lados se hicieron numerosas variantes del diseño para análisis comparativos económicos. Estos diseños fueron de dos categorías generales: 1) una sección vertedora de concreto en el cauce del río con compuertas y con capacidad máxima suficiente para descargar la avenida de diseño. 2) una sección vertedora de concreto con compuertas en el cauce y un vertedor fuera del cauce con capacidad suficiente para la descarga de la avenida de diseño. Las principales variantes en los diseños fueron relacionadas con estudios de distintos tipos de compuertas de diseño convencional; de variantes en el número de com-

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(15)

puertas, desde 10 hasta 24; de distintas concentraciones de descargas, desde $21 \text{ m}^3/\text{s}$. (750 pies cúbicos por segundo) hasta $41 \text{ m}^3/\text{s}$ (1450 pies cúbicos por segundo) por pie lineal de vertedor y de varias longitudes de vertedor fuera del cauce, con las crestas a las elevaciones necesarias para permitir el paso no controlado de 3960 metros cúbicos por segundo con el vaso a la elevación máxima normal para retención de avenidas.

En la junta de ingenieros y asesores de junio de 1957 se acordó que, de los diseños estudiados, el más favorable es el de una sección vertedora de concreto con 18 compuertas, con descargas de $41 \text{ m}^3/\text{s}$ por pie lineal y sin vertedor auxiliar fuera del cauce.

c) Ventajas Comparativas de los Dos Diseños Básicos. Con las condiciones físicas existentes, y con materiales adecuados disponibles, podría esperarse que fuera más económica una presa enteramente de tierra que una de concreto con extremos de tierra, pero las estimaciones preliminares indican que el diseño más favorable de presa de tierra será más costoso, debido esto principalmente a la magnitud de la avenida de diseño para el vertedor y al alto costo de un vertedor auxiliar de la capacidad necesaria. Además de esto, el peligro que existe en el sitio Diablo de que se presenten avenidas de gran magnitud con escaso aviso significaría un gran riesgo durante la construcción de una cortina de tierra en el cauce del río, en cambio se podría construir una cortina vertedora de concreto sin riesgo de perjuicios serios por las avenidas durante

la construcción ya que en este tipo de estructura las grandes avenidas se podrían desviar sin dificultad y sin obras costosas de protección.

En vista de los factores anteriores, y tomando especialmente en cuenta que el vertedor de compuertas en el cauce ofrecería mayor flexibilidad para la operación y mejor regulación de descargas y control de avenidas, los ingenieros y asesores que asistieron a la junta del 10 y 11 de junio de 1957 acordaron unánimemente que el tipo de presa más apropiado para el sitio Diablo es el de una sección vertedora de concreto en el cauce, con extremos de tierra, del diseño general descrito en los párrafos siguientes.

Detalles Principales del Diseño General para una Presa en el Sitio Diablo.

a. Sección de Concreto en el Cauce. La sección de concreto de gravedad tendría una longitud total de corona de 595 metros y bordo libre de 2.10 m. La elevación de la corona sería 350.92 m. o sea 77.2 m. arriba del lecho del río. La sección de la cortina sería aproximadamente triangular, con el paramento de aguas arriba vertical, tanto en la parte vertedora como en la no vertedora, arriba de la elevación 310.0. Abajo de esta elevación el paramento de aguas arriba tendría un talud de 0.06 a 1 (véase Anexo 8). El paramento de aguas abajo tendría un talud de 0.75 a 1 tanto en la parte vertedora como en la no vertedora. El vertedor tendría longitud de 326 m. entre los muros laterales de encauzamiento y quedaría controlado por 18 compuertas radiales (véase Anexo 9).

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(17)

b. Vertedor. El gasto máximo del vertedor, de $43,937 \text{ m}^3/\text{s}$. quedaría controlado por 18 compuertas radiales de 15.24 m. de anchura por 16.71 m. de altura, separadas por pilas de 3 metros de espesor. El gasto máximo, correspondiente a la avenida de diseño, daría una concentración de $41 \text{ m}^3/\text{s}$. por pie lineal de vertedor. El borde superior de las compuertas quedaría a la elevación 347.59 m. o sea al límite superior del espacio destinado a retención de avenidas, permitiendo así la completa regularización de las avenidas históricas a gastos máximos de $3960 \text{ m}^3/\text{s}$.

c. Cubeta de Remolino del Vertedor. Tentativamente se han diseñado tres claros en cada extremo del vertedor con una cubeta de remolino (véase Anexo 8). Con el agua a la elevación 340.46 m. o sea al nivel máximo de conservación, estos seis claros podrían descargar $3,960 \text{ m}^3/\text{s}$. Así pues, podrían manejar las descargas de las avenidas históricas. Cada cubeta tendría una longitud de 51.8 m. y tendría muros verticales a cada lado, quedando adyacente a un tramo de doce claros de cubeta deflectora. El fondo de la cubeta de remolino quedaría a la elevación 265.18 m. y el borde a la elevación 273.71 m.

d. Cubeta deflectora. Los doce claros centrales del vertedor llevarían una cubeta deflectora con el borde a la elevación 281.94 m., que funcionaría en combinación con los tres claros a cada lado para descargar gastos mayores a 3,960 metros cúbicos por segundo, hasta llegar a la descarga máxima correspondiente a la avenida de diseño. La longitud de este tramo, entre los muros laterales,

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(18)

sería de 219 m. El deflector está diseñado para lanzar el agua a distancia considerable hacia aguas abajo.

e. Desfogues para riego. A cada lado del vertedor se instalarían tres tuberías de 2.49 m. con sección de herradura para descargas para riego, localizadas de tal manera que descargaran en las cubetas de remolino (véase Anexo 8). Cada tubería se diseñó para descargas aproximadamente $56 \text{ m}^3/\text{s}$ con el nivel del vaso a la elevación 303.88, o sea con almacenamiento de 246 millones de metros cúbicos, dando una descarga total de $336 \text{ m}^3/\text{s}$ para los 6 tubos. Cada tubería quedaría controlada por una válvula de chiflón de 1.96 m. diseñada para controlar los desfogues con cualquier carga. Cada válvula de chiflón tendría una válvula de guarda aguas arriba, del tipo de compuerta con anillo corredor, de 2.44 m.

f. Galerías. Para el fácil acceso a las cámaras de operación de las válvulas de riego, se construirían galerías de acceso horizontales con entradas en las caras de agua abajo de las secciones no vertedoras. Además se construirían otras galerías, túneles y pozos para la inspección, inyectado, drenaje, operación y mantenimiento de los servicios.

g. Camino de Acceso y Puente sobre el Vertedor. El puente de servicio sobre el vertedor tendría un ancho de 7.92 m. y consistiría de 18 claros de 17 m. Sobre cada claro se colocarían tres traveses de planchas remachadas, con viguetas transversales y polines y una losa de concreto reforzado de 30 cm. con parapetos y una banqueta voladiza de 76 cm. El puente de servicio serviría como camino sobre

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(19)

la presa, y podría emplearse como cruce internacional si los dos gobiernos lo desearan.

h. Equipo de servicio. El equipo de servicio suplementario consistiría en sistema de agua potable, sistema sanitario, drenaje interior, y sistemas de acondicionamiento de aire, de aire comprimido y de protección contra incendios.

i. Terraplenes. El alero del lado de los Estados Unidos sería un terraplén con longitud de 3.2 Km. aproximadamente, y el del lado de México sería de 6.7 Km. Además se necesitaría un dique auxiliar de 2 m. de altura máxima y con longitud aproximada de 210 m. para cerrar un puerto aislado en el lado de los Estados Unidos. Los terraplenes tendrían taludes de aguas abajo de 2 a 1 en toda su extensión, mientras que en el lado de aguas arriba tendrían taludes uniformes de 3 a 1 donde el nivel natural del terreno en el eje fuera inferior a la cota de embalse de conservación (340.46 m.) y de 2 1/2 a 1 donde el nivel del terreno fuera superior (véase Anexo 8). Se emplearía una zona central de material impermeable, con taludes de 0.6 a 1 aguas arriba y aguas abajo, protegido por zonas de material semipermeable con taludes de 1 a 1 aguas arriba y aguas abajo. La sección se completaría con material permeable, con 90 cm. de enrocamiento para protección del talud de aguas arriba y 45 cm. de roca al volteo para protección del talud de aguas abajo. En las juntas de los terraplenes con la sección de concreto se proveerán muros de sostenimiento de cantilever y de contra-fuertes, con alturas desde unos cuantos metros hasta 20 m.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(20)

Beneficios de la Presa Propuesta en el Sitio Diablo.

a. Control de Avenidas. Una capacidad de 2,189 millones de metros cúbicos para retención de avenidas en la presa Diablo podría regularizar a gastos apropiados a la capacidad del cauce aguas abajo una avenida igual a la de junio-julio de 1954, la más grande y más desastrosa en la historia del Río Bravo y que causó tantas pérdidas de vidas y perjuicios por cientos de millones de pesos tanto en zonas urbanas como rurales en ambos lados del río entre el sitio Diablo y la Presa Falcón.

b. Conservación. Se considera que con una capacidad total para conservación y retención de azolves de 4,378 millones de metros cúbicos, repartida en 43.8% para México y 56.2% para Estados Unidos permitiría, según los datos de escurrimientos históricos, el aprovechamiento para usos domésticos, municipales y de riego en los 2 países como mínimo, un volumen medio anual de aproximadamente 148 millones de metros cúbicos adicionales al aprovechamiento medio anual obtenido con la Presa Falcón sola. Esta regularización adicional del río en el sitio Diablo reduciría al mínimo factible los desperdicios de agua del Vaso Falcón al Golfo de México. Además aseguraría un abastecimiento seguro para usos municipales y eliminaría las condiciones como las que se presentaron en Nuevo Laredo, Tamps. y Laredo, Texas en el verano de 1953, cuando el abastecimiento de agua llegó a un punto de escasez crítica como resultado de los bajos escurrimientos en el río, y también reduciría el peligro de contaminación del agua para usos domésticos en

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(21)

las ciudades de aguas abajo durante períodos de bajo escurrimiento en el río.

c. Energía Hidroeléctrica Potencial. Con un vaso de 1378 millones de metros cúbicos al nivel máximo de conservación, los estudios preliminares de operación basados en los registros de escurrimientos de 1900 a 1956 indican que, con la recaptación en el vaso Falcón existe la posibilidad de generar en el sitio Diablo un promedio anual aproximado de 275 millones de KWH incidentalmente a las extracciones de agua para usos domésticos, municipales y de riego.

d. Desarrollos de Caza y Pesca y Recreativos. La Presa Diablo formaría un lago de agua dulce con longitud de 118 Km. al nivel de conservación, apropiado para el desarrollo de la fauna. El vaso, que quedaría a distancias convenientes de numerosas comunidades tanto de México como de Estados Unidos, permitiría el desarrollo intenso de usos recreativos.

e. Beneficios Incidentales. Entre los beneficios incidentales que proporcionaría la Presa Diablo se cuentan la prolongación de la vida efectiva del vaso de Falcón debida a la reducción de la sedimentación y la mejoría económica de Ciudad Acuña-Del Río y de comunidades vecinas debida a la intensificación del turismo. Además, durante su construcción, proporcionaría un gran número de empleos y un mercado para distintos tipos de equipos y materiales de construcción producidos en ambos países.

División de Costos.

De acuerdo con el Artículo 5 del Tratado de Aguas de 1944, el costo de construcción, operación y mantenimiento de la Presa

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(22)

Diablo se dividiría entre ambos países en proporción a la capacidad para conservación asignada a cada uno, o sea 43,8% para México y -- 56.2% para los Estados Unidos. Habría además algunos conceptos de cuyo costo se encargaría cada país separadamente. Estos conceptos incluyen las instalaciones dentro del territorio de cada país, tales como relocalización de ferrocarriles, carreteras y servicios públicos, construcción de campamentos y caminos de acceso para la construcción y operación, limpia o desmonte del vaso y la adquisición de los terrenos necesarios para la presa y el vaso, que al nivel máximo cubriría una superficie de 35,200 hectáreas como se muestra en el Anexo 3.

Conclusiones.

1. Los resultados de un amplio programa de exploraciones de campo, de estudios hidrológicos, económicos y de ingeniería, abarcando numerosos sitios para la segunda presa principal internacional de almacenamiento en el río Bravo indican que el sitio Diablo, localizado unos 20 Km. aguas arriba de Ciudad Acuña-Del Río, es enteramente satisfactorio desde el punto de vista de sus aspectos geológicos y factible desde el punto de vista de ingeniería. Debido a su posición estratégica inmediatamente abajo de la desembocadura del Río Devils, el sitio es decididamente el más favorable con respecto a control de avenidas y conservación.
2. Los numerosos estudios de operación basados en datos hidrológicos para el período 1900-1956, inclusive, indican que

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(23)

para la óptima conservación y regularización de las aguas del Río Bravo en el sitio Diablo en combinación con la Presa Falcón se requerirá un almacenamiento total de -- 6,980 millones de metros cúbicos, repartidos como sigue:

Conservación:

México	1,620
Estados Unidos	2,080
<u>Total</u>	<u>3,700</u>

Control de Avenidas: 2,190

Super-almacenamiento: 412

Almacenamiento para retención de azolves: 678

Almacenamiento Total: 6,980 millones de m³.

3. Los resultados de un amplio programa de diseños preliminar demuestran que el tipo de presa más adaptable al sitio Diablo es el de una cortina de gravedad de concreto con vertedor de compuertas en el cauce del río y con aleros de tierra, como se ha descrito en este informe.
4. Los beneficios principales que se obtendrían de esta presa son los siguientes:
 - a. Mediante la regularización de la avenida máxima histórica, así como de las avenidas menores, a gastos ajustados a la capacidad del río aguas abajo, se evitarían los grandes perjuicios y pérdidas de vida causados por las avenidas en tiempos pasados.
 - b. Se conservaría, para usos benéficos aguas abajo por los dos países, un promedio anual no menor de 148 millones de metros

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(24)

- cúbicos de agua, adicionales a los volúmenes anuales aprovechables con la Presa Falcón sola.
- c. Se contaría con una producción potencial media de aproximadamente 275 millones de KWH anuales de energía hidroeléctrica.
 - d. Se crearía un gran lago de agua dulce muy adecuado para el desarrollo de peces y para usos recreativos.
 - e. Con la construcción de esta presa se obtendrían además varios beneficios adicionales para ambos países, inclusive la disminución del azolvamiento del vaso Falcón, prolongando así su vida útil, y el mejoramiento económico de Ciudad Acuña, Del Río y las comunidades vecinas.
5. De acuerdo con el Artículo 5 del Tratado de Aguas de 1944, el costo de construcción, operación y mantenimiento de la presa se repartirá entre los dos países en proporción a la capacidad de almacenamiento para conservación asignado a cada uno, que sería de 1,620 millones de metros cúbicos, o 43.8% a México y 2,080 millones de metros cúbicos o -- 56.2% a los Estados Unidos. Además, cada país cubriría separadamente el costo de las obras accesorias y conexas dentro de su propio país, como la adquisición de terrenos, la relocalización de ferrocarriles, carreteras y líneas de servicios públicos dentro de su propio país,

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES Y AGUAS
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(25)

la limpia o desmonte del vaso y la construcción de caminos de acceso y de campamentos para el alojamiento del personal de construcción y de operación y mantenimiento.

A t e n t a m e n t e ,



J. C. Bustamante
Ingeniero Principal
Sección Mexicana.



L. H. Henderson
Ingeniero Principal (Planeación)
Sección de los Estados Unidos.

A N E X O S.

- 1.- Plano General del Río Bravo mostrando localización de la Presa Diablo.
- 2.- Plano General - Gran Comba del Río Bravo (Fotografía)
- 3.- Presa Diablo - Vaso de Almacenamiento.
- 4.- Presa Diablo - Perfil de Perforaciones.
- 5.- Presa Diablo - Geología de la Región y Corte Geológico.
- 6.- Presa Diablo - Hidrograma de Avenidas.
- 7.- Presa Diablo - Curvas de Areas - Capacidades.
- 8.- Presa Diablo - Perfil y Secciones.
- 9.- Presa Diablo - Planta.