

## INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION

UNITED STATES AND MEXICO

Mexico City  
July 31, 1930MINUTE No. 129Subject: Report on Rio Grande  
Rectification.

The Commission met in the conference room at the Department of Foreign Relations, Mexico City, at ten o'clock a. m. July 31, 1930, in accordance with Minute No. 128, to complete its action in reporting and recommending a plan for Rio Grande rectification.

(1) Each section of the International Boundary Commission has been requested by the Foreign Relations Department of its Government to study and develop an international plan for the removal of the flood menace of the Rio Grande from the El Paso-Juarez Valley. Studies and investigations have now reached the point where it is possible to report to the two Governments a definite plan with estimates of cost; and the following is the report of the International Boundary Commissioners, together with a joint report prepared by the consulting engineers and technical advisers. Minute No. 111 of the Joint Commission, dated December 21, 1928, outlined in a general way the necessities for international action, and gave a general description of the areas involved, a preliminary summary of the proposed plan, and recommended proceeding with the development of the final details of the plan and estimates. During the past few months a most important step taken by the Commission consisted in rendering decisions determining the national jurisdiction and dominion of a

## COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES

ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

México, D.F.,  
31 de Julio de 1930.ACTA NUMERO 129.Asunto: Informe sobre Rectificación  
del Río Bravo.

La Comisión se reunió en la Sala de conferencias de la Secretaría de Relaciones Exteriores en la Ciudad de México, a las 10 horas del día 31 de julio de 1930, de acuerdo con lo convenido en el Acta No. 128, para formalizar por medio de esta Acta su informe y recomendaciones a los dos Gobiernos sobre el proyecto de rectificación del Río Bravo.

(1). Cada una de las Secciones de la Comisión Internacional de Límites ha recibido instrucciones de la Secretaría de Relaciones Exteriores de su respectivo Gobierno para estudiar y preparar un proyecto de carácter internacional a fin de conjurar el peligro de inundación por aguas del Río Bravo, que se cierne sobre el Valle de Juárez-El Paso.- Los estudios y las investigaciones han llegado a un punto tal que permiten presentar a los dos Gobiernos un proyecto definido y un presupuesto de costos, y a continuación aparece el informe de los Comisionados de la Comisión Internacional de Límites, acompañado de un informe común preparado por los Ingenieros Consultores y los Asesores Técnicos.- En el Acta No. 111 de la Comisión Unida, de fecha 21 de Diciembre de 1928 se delineó, en términos generales, la necesidad de tomar medidas de carácter internacional y se hizo una descripción general de los terrenos afectados y un resumen preliminar del proyecto y se recomendó que se elaborara éste hasta sus detalles finales y costos. Durante los últimos meses la Comisión ha dado un paso muy importante al dictar sus decisio-



## INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION

UNITED STATES AND MEXICO

number of banco cases in the area under consideration.

(2) The plan prepared and developed by the Joint Commission is attached hereto as an exhibit to this minute. In transmitting it to the two Governments the Commissioners offer it as being both practical and feasible as an engineering and economic project. In general the plan consists of straightening the present river channel, effecting decrease in length from one hundred fifty-five (155) miles to eighty-eight (88) miles, and confining this channel between two parallel levees. In addition to this channel the plan includes the construction of a flood retention dam at the only available site, twenty-two (22) miles below Elephant Butte on the Rio Grande, creating reservoir storage of one hundred thousand (100,000) acre feet. Careful studies based on actual past flood performance show the advantage of reducing the flood flow reaching El Paso-Juarez by storage in the proposed reservoir. The reduction in flood flow thru the El Paso-Juarez Valley accomplished by such storage of flood waters effects a saving of a quarter of a million dollars in the works required thru the valley by decreasing the size of the channel and reducing the area required for right-of-way, and amount of yardage in levees.

(3) The meandering and uncontrolled Rio Grande below El Paso-Juarez has in recent years become a very serious menace to adjacent lands on both sides. Authorities of both countries have unsuccessfully attempted the protection of the improvements in the El Paso-Juarez Valley and the two cities.

## COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES

ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

nes determinando el dominio y --- jurisdicción nacionales correspondientes a varios bancos en la zona de que se trata.

(2) El proyecto elaborado por la Comisión Unida va agregado como un anexo a la presente Acta, y al enviarlo a los dos Gobiernos, los Comisionados lo presentan como un proyecto viable y práctico desde los puntos de vista económico y de ingeniería. En términos generales, el proyecto consiste en enderezar el cauce actual del Río y disminuir su longitud de 247 kilómetros (155 millas) a 141 kilómetros (88 millas), y confinar este cauce entre dos diques paralelos. El proyecto comprende, además de este cauce, la construcción de una Presa de retención de avenidas en el único lugar adecuado, que queda sobre el Río Grande a 35 kilómetros (22 millas) abajo de la Presa del Elefante, para formar un vaso de almacenamiento de 123.350.000 metros cúbicos (100.000 acres pies). El estudio cuidadoso de las crecientes e inundaciones pasadas aconseja la conveniencia de disminuir el gasto de creciente que llegue a Juárez-El Paso mediante el almacenamiento que se propone. La reducción en el gasto de crecientes en el Valle de El Paso-Juárez que se obtiene mediante este almacenamiento se traduce en un ahorro de cerca de \$250.000.00 dólares en las obras en el Valle, pues permite disminuir las dimensiones del cauce, la extensión necesaria para el derecho de vía y el volumen de terracerías de los diques.

(3) El Río Bravo, por la falta de control y por su carácter divagante abajo de Juárez-El Paso, ha llegado a constituir en los últimos años una seria amenaza para los terrenos ribereños en ambos lados. Las autoridades de ambos Países han tratado de proteger las mejoras materiales que existen en ambas ciudades y en



## INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION

UNITED STATES AND MEXICO

Considering the futility of providing adequate and proper protection on the present meandering river location, the two affected communities have expended the limit of a reasonable and justifiable amount in local flood protection works. A proper and sound plan for accomplishing desired results lies in a coordinated international project.

(4) Existing treaties provide for the center of the Rio Grande, except in isolated cases, being the International Boundary Line. The present river channel, with excessive length, was produced by natural conditions which no longer exist. Increase in settlement, cultivation and values justify both Governments in considering means of removing the flood menace and providing an adequate flood channel.

(5) Actual field surveys were continued in the location on the ground of a rectified channel subject, of course, to some later slight modification, but generally sufficiently definite to permit estimates of right-of-way and construction costs. With office and field location of this channel line which generally follows and straightens the present meandering river, it has been possible to estimate acreages and values of the relatively small areas that would be detached from one country and attached to the other - so balanced in area that neither country would gain nor lose national territory or area.

(6) At the present time the bed of the Rio Grande between El Paso and Juarez is at a higher elevation than some of the streets and other

## COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES

ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

el Valle, sin conseguirlo, y ambas comunidades han gastado una suma que consideran como el máximo razonable y justificado en obras de defensa de carácter local, pues reconocen la futilidad de pretender dar protección adecuada y completa siguiendo el actual cauce divigante del Río. Para alcanzar el resultado deseado la solución más adecuada requiere una programa coordinado de carácter internacional.

(4) De acuerdo con los Tratados en vigor, la Línea Divisoria Internacional es el centro del Río Bravo, con excepción de algunos casos aislados. La longitud excesiva del cauce actual del Río se produjo por condiciones naturales que ya no existen. Los aumentos en la población, en el cultivo y en el valor de la propiedad, justifican que ambos Gobiernos busquen los medios de conjurar el peligro de inundación y de crear un cauce adecuado para los crecientes.

(5) Se han continuado los trabajos en el campo para la localización sobre el terreno de un cauce rectificado - que, como es natural, podrá ser modificada ligeramente, pero que en general está suficientemente definida para poder hacer estimaciones de costos de derecho de vía de construcción. Estos trabajos de campo y de gabinete han tenido por objeto - hacer una localización del cauce proyectado, que en general sigue y rectifica el actual cauce divagante del Río, y han permitido hacer estimaciones de las áreas y de los valores de las parcelas (relativamente pequeñas) que resultarán segregadas de un País y adheridas al otro. La localización se ha hecho de modo que sean iguales las áreas de las parcelas cortadas de cada País, a fin de que ninguno pierda ni gane territorio.

(6) En la actualidad el lecho del Río Bravo frente a las Ciudades de Juárez y El Paso está más alto que algunas



## INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION

UNITED STATES AND MEXICO

properties of the two cities. Accumulations of sediment are continuing to aggravate this situation, and until proper grades and hydraulic conditions are introduced by artificial works, there are no means for carrying off these deposits which are encroaching upon the carrying capacity of the channel. The consensus of opinion of engineers who have studied the situation is that the correction lies in the plan proposed - of straightening and confining the channel. One of the principal requirements to permit such artificial rectification is the equitable adjustment of the areas which would be necessarily detached from one side of the river and attached to the other in the straightening process. The plan evolved, of having each Government acquire the private titles to these equal areas for later exchange, provides a feasible solution. These areas to be acquired are generally seeped and waterlogged, and so shaped and situated as to be unsusceptible of proper irrigation and drainage.

(7) The benefits to be derived from the straightened and rectified channel plans are mutual to the two Governments in affording flood protection and in permitting cultivation, improvement and settlement of even larger areas adjoining the Rio Grande than are now possible under the meandering river conditions. It is of utmost importance that the Governments own and control the flood channel in order that private encroachments be definitely prevented and eliminated. Such ownership and control will also be of great assistance in the enforcement of national immigration and customs laws of both countries.

## COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES

ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

de las calles y edificios de dichas poblaciones. La acumulación continua de azolve sigue agravando la situación, y no es posible lograr el acarreo de estos depósitos que reducen notablemente la capacidad del cauce, sino hasta que se modifiquen las condiciones hidráulicas y las pendientes en forma adecuada, mediante obras artificiales. En opinión general de los Ingenieros que han estudiado el problema, la solución -- consiste en rectificar y canalizar el cauce, que es lo que se propone hacer. Uno de los requisitos principales para realizar esta rectificación artificial es el de hacer un ajuste equitativo sobre las parcelas que forzosamente tienen que segregarse de un lado del Río y pasarse al otro lado al hacer la rectificación. Esto se logra mediante la adquisición por cada Gobierno de los títulos de propiedad particular sobre los terrenos por segregar, que son iguales en extensión, y que se canjearán al hacer las obras. Estas parcelas son terrenos ensalitrados y pantanosos, y por su forma y situación no pueden regarse ni drenarse debidamente.

(7) Ambos Países se beneficiarán por las ventajas que resultarán al rectificar y canalizar el Río, pues así se defiende la región de las inundaciones, se aumentan las extensiones cultivadas, las mejoras materiales y las posibilidades de colonización en las orillas del Río, lo que no es posible en las actuales condiciones divagantes de la corriente. Es de capital importancia que los Gobiernos sean dueños del cauce mayor del Río y tengan control sobre él a fin de evitar definitivamente su obstrucción u ocupación por intereses privados. Siendo los Gobiernos dueños del cauce, se facilitará la vigilancia de la frontera y el cumplimiento de las leyes aduanales y de migración de ambos Países.



## INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION

UNITED STATES AND MEXICO

(8) In giving consideration to the determination of proper and justifiable proration of costs between the two countries, conditions other than gross and irrigated areas are necessarily included. Economic features and values in the two countries are distinct and different. While the use of areas may be entirely proper in a distribution of costs for irrigation development, this unit of proration for an international flood control plan is unsuitable and produces serious irregularities. The Commission has taken into consideration the benefits that each country would receive according to the areas and their values to be protected rather than the benefits each would receive on the sole acreage basis. On the American side of the valley there are about fifty-three thousand (53,000) acres of land under the Rio Grande Federal Irrigation Project with water rights assured; the greater part of which is in full cultivation, and about seventeen thousand (17,000) acres in the lower portion of the valley below the project limits which are irrigated with project surplus water. The total irrigated area is seventy thousand (70,000) acres. This area is served with irrigation and drainage works, and first class roads. Finance companies facilitate the financing of the production and distribution of agricultural products.

(9) On the Mexican side of the valley there are about thirty-five thousand (35,000) acres of land in cultivation, of which twenty thousand (20,000) acres have assured water rights under the Rio Grande Federal Irrigation Project, provided for by the Water Treaty of 1906. Practically no drainage works have been constructed

## COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES

ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(8) Al analizar la forma de repartir los costos entre los dos Países en condiciones equitativas hay que tomar en cuenta forzosamente, además de las extensiones brutas de terrenos y de las extensiones regadas, algunas otras circunstancias. Las condiciones económicas y el valor de la propiedad son muy diferentes en los dos Países. Si bien es cierto que en la distribución del costo de un sistema de irrigación sería adecuado tomar como base las extensiones de terreno, si se adoptara esta misma base para el reparto del costo del proyecto internacional de obras de defensa se llegaría a conclusiones injustificadas e inaceptables. La Comisión ha tomado en cuenta al estimar los beneficios que cada País recibiría no solamente la proporción entre las superficies de los terrenos protegidos en cada margen sino el verdadero valor de ellos. En el lado americano del Valle hay 21.200 hectáras (53.000 acres) con derechos de agua asegurados dentro del Sistema Federal de Irrigación "Rio Grande", estando la mayor parte de esta extensión bajo cultivo; hay también 6.800 hectáras (17.000 acres) en la región inferior del Valle, y fuera de los límites del Sistema, que se riegan con las aguas sobrantes del mismo. El área total regada es de 28.000 hectáras (70.000 acres), que tienen obras de riego y de drenaje y caminos de primera clase. Existen además Compañías Refaccionarias que facilitan la producción agrícola y la distribución de los productos.

(9) En el lado mexicano del Valle hay aproximadamente 14.000 hectáras (35.000 acres) bajo cultivo, de las cuales 8.000 hectáras (20.000 acres) tienen derechos de agua seguros en el Sistema de Irrigación Federal "Rio Grande," según el Tratado de Aguas de 1906. Prácticamente no existen obras de drenaje y las de riego son



Joint Report -- Min 129

Convention of Feb 1, 1933  
Art. III & IV

Joint Report to Min 148 mentioning  
construction of Riverside  
Grade Control structure

Min 165 - DEM of Rectified Channel

Joint Report - Min 167 - Additional  
Grade Control Structures



INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION  
UNITED STATES AND MEXICO

and the irrigation works are largely insufficient. The productiveness of the lands on the Mexican side is under these circumstances much less than the corresponding lands on the north side of the river, and there are large areas with insignificant or no production. No major road improvements exist, and the finance companies organized to serve Mexican farmers are very limited in number and resources. The industrial plants and means for handling agricultural products are in very small proportion when compared with those in the valley in the United States.

(10) The estimated value of agricultural investments in the American part of the valley, according to figures assembled by the Bureau of Reclamation, including purchase of land and its preparation, farm improvements, equipment and live stock is seventeen million dollars (\$17,000,000) or thirty four million gold pesos. The value of agricultural improvements on the Mexican side as estimated by Engineer Salvador Arroyo, Chief of the Flood Protection work, is five million four hundred thousand (\$5,400,000) gold pesos. Comparing these agricultural values in one part of the valley with those in the other it is seen that the Mexican side represents thirteen per cent of the total and the American eighty-seven per cent. Valley lands on either side of the river without water rights and assured irrigation service have very nominal value as compared with the lands obtaining water service from project sources; a comparison of such areas on this basis results in twenty-seven per cent for Mexico and seventy-three per cent for the United States.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE LIMITES  
ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

inadecuadas. En estas circunstancias, la productividad de las tierras del lado mexicano es muy inferior a la correspondiente a las tierras de la margen Norte del Río, y hay grandes extensiones en que la producción es prácticamente nula. No existen buenos caminos y las Compañías Refaccionadoras organizadas para servir a los agricultores mexicanos son en número limitado y de escasos recursos. Las plantas industriales y los medios para la distribución de los productos agrícolas son inferiores a los que hay del lado de los Estados Unidos en este Valle.

(10) De acuerdo con los datos recopilados por el "Bureau of Reclamation", se estima en \$17,000,000.00 de dólares (\$34,000,000.00 de pesos oro nacional) el valor de las inversiones agrícolas en la parte americana del Valle, incluyendo precio de la tierra, su preparación, las mejoras materiales y edificios de los ranchos, los implementos y semovientes. El valor de las inversiones agrícolas en el lado mexicano es de \$5,400,000.00 oro nacional según el avalúo hecho por el Ingeniero Salvador Arroyo, Jefe de la Comisión de Obras de Defensa contra Inundaciones. Si se comparan las inversiones agrícolas en un lado del Valle con las del otro, puede verse que el lado mexicano representa el 13% del total, y el lado americano el 87%. Los terrenos en cada lado del Río que no tienen derechos de agua asegurados ni servicio de riego permanente, tienen un valor insignificante comparados con los terrenos que se surten de agua del Sistema de Riego, y al comparar las extensiones correspondientes a terrenos de esta categoría, resulta el 27% de ellos en México y el 73% en los Estados Unidos.



## INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION

UNITED STATES AND MEXICO

(11) As the cities and suburbs of El Paso and Juarez not only are included in the flood protection plan, but either directly or indirectly would receive a large part of the benefits of the rectification of the channel, the Commission has considered the proration of values which each city bears to the other and giving proper weights to various percentages, believes the justifiable proration to be twelve (12) percent for Mexico and eighty-eight (88) percent for the United States.

(12) With reference to the estimates (exhibit number five of the engineer's report) the grand total of six million one hundred six thousand five hundred dollars (\$6,106,500) includes certain items in which the Commissioners concur as being non-proratable and properly and practically chargeable to each Government separately. These are: rights-of-way four hundred twelve thousand five hundred dollars (\$412,500) for purchase of private channel rights above Cordova seventy-five thousand dollars (\$75,000), segregated tracts two hundred sixty-six thousand dollars (\$266,000), changes in irrigation works two hundred twenty-five thousand dollars (\$225,000). The total of these items, with twenty percent overhead and contingencies is one million one hundred seventy four thousand two hundred dollars (\$1,174,200). This amount subtracted from the grand total leaves a proratable total of

## COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES

ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(11) Puesto que las ciudades y los suburbios de Juárez y El Paso, además de quedar cubiertos por el Proyecto de Obras de Defensa contra las Inundaciones, reciben directa o indirectamente una gran parte de los beneficios de la rectificación del cauce, la Comisión ha tomado en cuenta los valores relativos de una y otra ciudad, y después de asignar a los --- varios porcentajes los pesos debidos, considera que el reparto equitativo de los costos puede hacerse a razón de 12% para México y 88% para los Estados Unidos.

(12) En cuanto al presupuesto contenido en el anexo No. 5 del informe de los Ingenieros, los Comisionados juzgan que del total de \$6.106.500.00 dólares, algunos gastos no deben repartirse a "pro-rata," sino cargarse a cada Gobierno separadamente, por razones de conveniencia práctica. -- Estas partidas son; Derecho de vía -- \$412.500.00 dólares; compra de -- propiedades particulares dentro del cauce del Río arriba de Córdoba -- \$75.000.00 dólares; terrenos ---- segregados, \$ 266.000.00 dólares -- y cambios en las obras de riego, -- \$ 225.000.00 dólares. El total -- de estas partidas, aumentado en un 20% por gastos de administración e imprevistos, es de \$1.174.200.00 dólares, que, deducido del gran total, arroja un total de \$ ---- \$4.932.300.00 dólares que repartidos en la proporción de 12% y de 88%, resulta que correspondería a México como participación en este proyecto, la cantidad de \$ --- 591.876.00 dólares y a los ---- Estados Unidos \$4.340.424.00. dó--- lares.



## INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION

UNITED STATES AND MEXICO

four million nine hundred thirty two thousand three hundred dollars (\$4,932,300). Using twelve percent (12%) and eighty-eight percent (88%) as the basis of proration Mexico's share of the cost of the project would be five hundred ninety one thousand eight hundred seventy six dollars (\$591,876) and that of the United States four million three hundred forty thousand four hundred twenty four dollars (\$4,340,424).

(13) On the basis that this report and the engineers' statement have been prepared and submitted with the view of generally straightening the present location between the International Dam above El Paso-Juarez and the Box Canyon below Fort Quitman, the question of using the present river at Fabens or following the boundary route on the south of the San Elizario area is left for later determination. From the data at hand, apparently there is argument in favor of both routes. Following either the present river or the boundary line route requires adjustment of detached areas, and the proposed channel below this section can be so located as to compensate for any inequalities of such areas.

(14) The following are the recommendations of the Commission:

(a) The Commissioners recommend that the two Governments approve the plan for river rectification as outlined in the attached engineering report, including the feature of a flood retention dam, the general straightening of the present river location, and the establishment of a flood channel which generally will follow and

## COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES

ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(13).-Partiendo de la base de que el presente informe y el estudio de los Ingenieros se han preparado y se presentan con la idea de rectificar en general el cauce -- actual del Río entre la Presa Internacional arriba de Juárez-El-Paso y el Cañón de Cajoncitos abajo de Fort Quitman, se ha dejado para decidirse en el futuro la elección entre los dos trazos en la Isla de San Elizario, es decir, si debe seguirse el cauce actual del Río que pasa por Fabens o si debe llevarse por el actual Límite Internacional al Sur de la Isla.- Con los datos de que se dispone hay razones en apoyo de cada uno de los dos trazos. Ya sea que se siga el trazo por el cauce actual del Río o el trazo por el Límite Internacional, es requisito esencial que se igualen las áreas segregadas, y con este objeto puede desalojarse el trazo proyectado abajo de la Isla de manera que haya compensación en dichas áreas.

(14).-RECOMENDACIONES.- A continuación constan las recomendaciones de la Comisión:

(a).-Los Comisionados recomiendan que los dos Gobiernos aprueben el proyecto de rectificación del Río descrito en el informe de los Ingenieros que se acompaña, y que comprende la construcción de una Presa de retención, la rectificación general del cauce actual del Río y la creación de un cauce mayor o de avenidas que, en general, siga y rectifique el Río actual desde la Presa Internacional hasta el Cañón de Cajoncitos abajo de Fort Quitman.

(b).-Que en vista de la seriedad de la situación, ambos Países celebren sin demora un arreglo



INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION

UNITED STATES AND MEXICO

straighten the present river from International Dam to the Box Canyon below Fort Quitman.

(b) That both countries in view of the serious situation proceed to an agreement, without delay, which will carry into effect the engineering and construction features as outlined in the attached report.

(c) That the International Boundary Commission be authorized to prepare detail plans, and to direct and supervise the construction and all other engineering operations, utilizing such established governmental agencies as each government may deem proper.

(d) That each section of the International Boundary Commission be authorized to acquire for its country the necessary rights-of-way and detached areas located within its territorial limits, thru the proper governmental agencies.

(e) That agreement between the two Governments provide for the exchange of one half of the area required for right-of-way and the total area of detached tracts of each country.

(f) That the total proratable cost of four million nine hundred thirty two thousand three hundred dollars (\$4,932,300) be divided between Mexico and the United States on the basis of twelve percent (12%) and eighty-eight percent (88%) respectively, and that each Government provide annually such required appropriations as will complete the work in four or five years.

(g) That the agreement between the two countries provide for

COMISIÓN INTERNACIONAL DE LÍMITES

ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

para ejecutar el proyecto de ingeniería y de construcción descrito en el informe adjunto.

(c).-Que se autorice a la Comisión Internacional de Límites para preparar los planos de detalle, y para dirigir e inspeccionar la construcción y todas las otras operaciones de ingeniería, utilizando las dependencias que cada Gobierno juzgue adecuadas.

(d).-Que se autorice a cada una de las Secciones de la Comisión Internacional de Límites para que, por los conductos debidos, adquiera dentro de su propio territorio y a nombre de su País, los terrenos necesarios para el derecho de vía y porciones segregadas.

(e).-Que el arreglo entre los dos Gobiernos estipule el canje entre los dos Países de la mitad del terreno ocupado por el derecho de vía y el de la totalidad de las parcelas segregadas de cada País.

(f).-Que el costo por repartir a "pro-rata" del proyecto, que es en total de \$4,932,300.00. dólares se distribuya entre México y los Estados Unidos en la proporción de doce por ciento y ochenta y ocho por ciento respectivamente, y que cada Gobierno proporcione cada año fondos suficientes para completar los trabajos en cuatro o cinco años.

(g).-Que el arreglo entre los dos Países otorgue jurisdicción a la Comisión Internacional de Límites sobre todos los asuntos relativos al cauce rectificado.



INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION

UNITED STATES AND MEXICO

the jurisdiction of the International Boundary Commission over all matters concerning the rectified channel.

(h) That this Commission be authorized to adopt such rules and regulations as it may deem necessary to the end that the preservation of the rectified channel may be perpetuated.

(i) That each country hold the other immune from all private or national claims arising from the construction and maintenance of the rectified channel or any other cause whatsoever in connection with this project.

Respectfully submitted.

The Commission adjourned to meet again at the call of either of the Commissioners.

*H. M. Reuson.*

Commissioner for the United States

*Gustavo P. Serrano*

Commissioner for Mexico

*Mervin B. Moore*

Acting Secretary of the United States Section.

*José Hernández Gada*  
Secretary of the Mexican Section.

COMISIÓN INTERNACIONAL DE LIMITES

ENTRE MÉXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

(h).-Que la Comisión quede autorizada para promulgar reglas y reglamentos adecuados y necesarios para la conservación a perpetuidad del cauce rectificado.

(i).-Que cada País otorgue indemnidad al otro contra toda reclamación privada o nacional que pueda resultar por la construcción y conservación del cauce rectificado, o por cualesquiera otras causas relacionadas con este proyecto.

Con todo respeto.

Se levantó la sesión para volver a reunirse a llamado de cualquiera de los Comisionados.

*Gustavo P. Serrano*

Comisionado de México.

*H. M. Reuson.*

Comisionado de los Estados Unidos.

*José Hernández Gada*  
Secretario de la Sección Mexicana.

*Mervin B. Moore*  
Secretario Auxiliar de la Sección de los Estados Unidos.



JOINT REPORT OF CONSULTING ENGINEERS  
RIO GRANDE RECTIFICATION--EL PASO-JUAREZ VALLEY

Mexico, D. F. July 16, 1930

I - INTRODUCTION

1. Outline of proposed plan

(a) It is proposed to reduce materially the flood flow at El Paso-Juarez by the construction of a detention dam with a one hundred thousand (100,000) acre foot (123,350,000 cubic meter) reservoir at Caballo, and to control this flood flow thru the El Paso-Juarez Valley in a shortened channel by the construction of parallel levees. The proposed artificial channel will follow and rectify, in a general way, the present river from Land Monument Number One to the Box Canyon below Fort Quitman, and is so located as to segregate the same area from each country.

(b) The general engineering features of this project involve: the reduction of river length from one hundred fifty five (155) miles (247 kilometers) to eighty eight (88) miles (141 kilometers); the establishment between levees of a floodway five hundred ninety (590) feet (180 meters) wide with a capacity of eleven thousand (11,000) second feet (314 cubic meters per second); and the increasing of the gradient from a slope of .00035 (1.82 feet per mile) to a slope of .00061 (3.20 feet per mile). The levees require the placement of eight million nine hundred eighty five thousand (8,985,000) cubic yards (6,870,000 cubic meters) of earth, their average height being 7.5 feet (2.25 meters). Four million seven hundred



seventy-five thousand (4,775,000) cubic yards (3,650,000 cubic meters) of earth are required to be excavated to provide the artificial channel. The areas required for right-of-way for this channel are four thousand and seventy-five (4,075) acres (1650 hectares) from the United States and also four thousand and seventy-five (4,075) acres (1650 hectares) from Mexico.

(c) The tentative proposed location of the rectified channel segregates three thousand four hundred sixty (3460) acres (1400 hectares) from the United States and also three thousand four hundred sixty (3,460) acres (1400 hectares) from Mexico.

(d) The estimated cost of the project, including Caballo Dam, is about six million (6,000,000) dollars.

(e) This project will eliminate the flood menace throughout the El Paso-Juarez Valley in both the United States and Mexico, will prevent channel changes and detachment of areas from one country to the other, and will permit the reclaiming of low-lying areas.

## 2. Present Conditions

(a) The Rio Grande forms generally the International Boundary between the United States and Mexico from Land Monument Number One to the Box Canyon below Fort Quitman in the El Paso-Juarez Valley, and is a meandering stream subject to changes, creating detached areas from one country to the other.

(b) The gross area of valley land in both the United States and Mexico, between El Paso-Juarez and the Box Canyon, is one



hundred sixty-five thousand (165,000) acres (66,000 hectares) of which ninety-six thousand (96,000) acres (38,400 hectares) are in the United States and sixty-nine thousand (69,000) acres (27,600 hectares) are in Mexico. Estimated values existing in the cities of El Paso and Juarez and their valleys, including irrigation and drainage works and improved roads, are in excess of one hundred million (100,000,000) dollars.

(c) Notwithstanding the fact that the present total amount of sediment annually carried thru this valley by the Rio Grande is only a very small percentage of that carried previous to the construction of the Elephant Butte Dam, the absence of the former large scouring floods has resulted in the silting up of the river channel to a point where rainfall discharges from arroyos entering the river between Elephant Butte and El Paso-Juarez menace the improved and developed properties of both cities and the valley lands. Only large floods of destructive proportions are capable of eroding accumulations of sediment as <sup>they</sup> ~~they~~ now occur in the meandering channel.

(d) The Mexican Department of Communications and Public Works and the city and county of El Paso have expended in the last few years over seven hundred fifty thousand (750,000) dollars to protect the city of El Paso-Juarez and the valley lands from floods. These works consist largely of levees built along the banks of the meandering channel, and require constant strengthening and repair on account of the raising of the river bed. A more substantial and effective plan must be adopted to secure permanent and efficient protection.



II - DETAIL REPORT

Since the joint preliminary report, dated December 1928, was submitted to the Commission, location surveys covering the entire length of river from the cities of El Paso and Juarez to Quitman Canyon have been completed. These surveys have furnished additional data, and form in a large measure, the basis for the report which follows.

1. DESCRIPTION

(a) The Rio Grande is a sediment bearing stream, and as such is constantly building up its bed, and would from this cause, in time of flood, change its channel to a lower location where it would again start building up its bed and repeat the cycle at some future flood stage. This phase of changing channel has been largely prevented thru El Paso-Juarez Valley by the construction of artificial works, such as railroad and road grades, canal and drain banks, and in late years, levees. Under these conditions the river bed has been continuously elevated. The Elephant Butte Dam was completed in the year 1916, and as a result of its function of providing an irrigation supply during years of low runoff, it stores the floods, which previous to its construction had passed on down the river. The action of these floods was to scour out the river channel, partly by carrying deposits on thru the valleys and partly by making deposits upon the valley floor whenever bank overflow stage was reached. The absence, since the completion of Elephant Butte Dam, of large scouring floods has changed the



characteristics of the river channel thru the El Paso-Juarez Valley. Although large floods have been controlled behind the Elephant Butte Dam, smaller floods from the runoff area lying between Elephant Butte and El Paso-Juarez are of annual occurrence. These usually occur during the rainy season, that is, in August and September, and are generally flashy in character, the peak lasting only a few hours, and would pass harmlessly thru the valley were it not for the elevated river bed.

(b) With the first release of clear water from Elephant Butte, a limited scouring of the river channel began immediately below the dam. The clear water picked up the finer particles of silt and sand and carried them downstream. This effect has reached some forty miles (64 kilometers) below Elephant Butte, and might eventually reach El Paso-Juarez and degrade the river thru the El Paso-Juarez Valley, were it not for the annual increment of sand, gravel and silt brought into the river channel from the many side arroyos which debouch into the stream along its course between the dam and El Paso-Juarez. Even this annual increment of sand might be carried on were it not for the need of diverting the flow onto lands for irrigation. Three diversions are made above El Paso, one each at the Percha, the Leasburg, and the Mesilla dams. The main diversions in the El Paso Valley are at the International Dam, where lands of both countries are served, and at the Riverside and Tornillo headings, where supplementary diversions to American lands are made. At each of these diversions sand skimming and canal sluicing devices are used so that a great percentage of the sand and silt is returned to the river bed, while a great percentage of the water is diverted for the irrigation of the lands. This process



continuously returns the sand to the river bed while also continuously depleting the volume, and hence the carrying capacity.

## 2. CABALLO DAM AND RESERVOIR

(a) The uncontrolled drainage areas which lie between Elephant Butte and El Paso-Juarez total about eight thousand (8,000) square miles (20,700 square kilometers). Large parts of this area have dead drainage with no direct outlet into the Rio Grande. About two thousand three hundred (2300) square miles (6,000 square kilometers) drain directly into the river, of which some one thousand two hundred (1200) square miles (3100 square kilometers) are above and would be controlled by a dam constructed at the Caballo site.

(b) This damsite is located in Sierra County, New Mexico, on the Rio Grande about twenty-two (22) miles (35 kilometers) below Elephant Butte Dam. Studies of the Caballo Dam and the resulting reservoir have been made by the Bureau of Reclamation, Department of the Interior, United States Government, in conjunction with the proposed water power development at Elephant Butte. These studies were begun in the year 1924 and included the surveying of the site, the testing of the foundation, the design and cost estimates of structures of various heights, and the effect on water supply and flood control. Two reports were written by the United States Bureau of Reclamation engineers, covering this dam and the related features, one dated December 15, 1924, and the other April 1925.



3. RIVER DISCHARGE AT EL PASO-JUAREZ

(a) Floods at El Paso-Juarez occurring since the completion of Elephant Butte Dam have been built up from the runoff of the area between Elephant Butte and El Paso-Juarez, supplemented by the concurrent irrigation discharge from the reservoir. There is a possibility that such floods would be increased at such times when the reservoir was full and water passing over the spillway.

4. PROBABLE SPILL AT ELEPHANT BUTTE DAM

(a) An estimate of the probable spill at Elephant Butte Dam has been made from a study of the spills as shown in the report of the Denver office of the Bureau of Reclamation, dated March 16, 1928 and entitled "Review of Quinton, Code and Hill Reports on Elephant Butte Power Development of July 2, 1927 and September 30, 1927." This review sets up the following assumptions:

(1) Irrigation storage is to be carried to elevation 4401, leaving six feet (1.83 meters), or the elevation 4407, for flood control storage. This six feet (1.83 meters) will store two hundred thirty-nine thousand (239,000) acre feet (294,866,000 cubic meters). Additional flood control storage of about one hundred thousand (100,000) acre feet (123,350,000 cubic meters) is available to elevation 4410, at which height a discharge of about four thousand five hundred (4500) second feet (128 cubic meters per second) will be passing over the spillway crest.

(2) Irrigation demand is to be limited to seven hundred thousand (700,000) acre feet (863,450,000 cubic meters) annually when on June 30 of any year the reservoir content is less than one million five hundred thousand (1,500,000) acre feet

(1,850,250,000 cubic meters). Irrigation demand is to be limited to seven hundred eighty-seven thousand (787,000) acre feet (970,764,000 cubic meters) annually when on June 30 of any year the reservoir content is more than one million five hundred thousand (1,500,000) acre feet (1,850,250,000 cubic meters).

(3) Reservoir capacity depletion thru silt deposit is at the average rate of twenty thousand (20,000) acre feet (24,670,000 cubic meters) per year.

(4) San Marcial, New Mexico inflow records are corrected for changed conditions above.

(5) The cycle of inflow, with the corrections, will repeat using the year 1898 as equal to 1930; the reservoir was full on January 1, 1898, and the irrigation storage capacity had been depleted by silt inflow to two million one hundred thousand (2,100,000) acre feet (2,580,350,000 cubic meters) on that date.

(b) These assumed conditions required the theoretical use of flood storage in the years 1930, 1937, 1944, 1948, 1953, 1954 and 1956, with the maximum requirements coming in 1956. If a flow of four thousand five hundred (4500) second feet (128 cubic meters per second) was started in 1956 at the time the water reached elevation 4401 or the limit of irrigation storage a flow over the spillway of 4500 second feet (128 cubic meters) would have been just reached at the end of the flood. This condition occurs but once in the assumed cycle of thirty years and spill has not been necessary during the fifteen years of actual reservoir operation - 1915-1930. Therefore, it seems



safe to assume that the probable spill from Elephant Butte Dam will not at any time be more than six thousand (6,000) second feet (171 cubic meters per second).

5. PROBABLE FLOODS AT EL PASO-JUAREZ

(a) The largest flood at El Paso-Juarez since the building of Elephant Butte Dam occurred on September 1, 1925 when a peak of thirteen thousand five hundred (13,500) second feet (382 cubic meters per second) passed the gaging station at Courchene<sup>5</sup>. This flood resulted from heavy rainfall in the Black Range between Elephant Butte and Leasburg, on top of a flow of two thousand (2000) second feet (57 cubic meters per second) already released from the reservoir. If a spill of six thousand (6000) second feet (170 cubic meters per second) was occurring at the time of this flood, a peak of about eighteen thousand (18,000) second feet (510 cubic meters per second) would have occurred at El Paso-Juarez. If the Caballo Dam and reservoir had been available at the time of this flood, and if the six thousand (6000) second feet (170 cubic meters per second) of spill was occurring at Elephant Butte, prior information of rain on the tributaries would have permitted the closing of the Caballo gates before the flow of the tributaries could have reached the Rio Grande, and the resulting peak at El Paso-Juarez could have been reduced to between ten thousand (10,000) and eleven thousand (11,000) second feet (283 and 314 cubic meters per second). The Caballo reservoir, by controlling one half of the direct drainage area, and by acting as a temporary check on the spills from Elephant Butte Dam will reduce by almost one half the probable peak at

El Paso-Juarez.

6. DRAINAGE AREA IN EL PASO-JUAREZ VALLEY

At El Paso-Juarez

(a) The Arroyo Colorado empties into the river immediately above the city of Juarez, Chihuahua, Mexico. This arroyo has been estimated to have had a peak flood of some three thousand (3000) second feet (85 cubic meters per second). Other smaller arroyos empty into the river directly above the International Dam. Their drainage areas are small, and their discharge, together with that of the Colorado Arroyo, cannot increase the peak floods in the Rio Grande except in the improbable event of their occurrence simultaneously with the peak flow past El Paso-Juarez. Additional freeboard has been allowed in the design to take care of this improbable occurrence.

Below El Paso-Juarez

(b) Practically no direct discharge of side drainage occurs below El Paso-Juarez until the Arroyo Alamo in Hudspeth County is reached. Below this point three large arroyos and many small ones empty directly into the river. The total drainage area on the American side between the Alamo Arroyo and Quitman Canyon is six hundred eighty (680) square miles (1760 square kilometers), of which four hundred ninety (490) square miles (1270 square kilometers) have direct discharge into the river and one hundred ninety (190) square miles (490 square kilometers) are indirectly discharged into the river. The drainage area on the Mexican side is considerably less, although, due to the absence of maps little detail knowledge is available. However, no arroyos empty directly into the river from the south until considerably below the town of



McNary, Texas, and observations of the arroyo channels below this point show that their drainage areas are probably limited and their discharges small.

(c) The three largest arroyos on the American side are: the Alamo, with a drainage area of one hundred forty-five (145) square miles (375 square kilometers); the Diablo, with a drainage area of sixty-two (62) square miles (160 square kilometers); and the Guayuco, with a drainage area of one hundred sixty-five (165) square miles (427 square kilometers). The Alamo and the Guayuco have been known to discharge in excess of five thousand (5000) second feet (142 cubic meters per second), and hearsay information gives probable peaks of twice that amount. If such flows should occur at the time the peak of a flood from upper river sources was passing, doubtless the designed channel would be overtaxed. Some additional safety has been provided by increasing the freeboard a short distance above and below these arroyos. However, as these arroyos empty into the river channel well below most of the area to be protected, it will be uneconomical to make any large expenditures against unlikely possibilities.

(d) The discharge from these arroyos must be taken into the channel and the location has been made at some distance from the present arroyo mouths to permit, in a measure, the deposit of detritus before the flows reach the channel.

#### 7. THE RIVER ABOVE EL PASO-JUAREZ

(a) The distance by the river between Elephant Butte Dam and El Paso-Juarez is about one hundred and fifty (150) miles

(241 kilometers), and the valley axial distance is about one hundred and twenty miles (193 kilometers). Immediately below the dam the river passes thru fifteen miles (24 kilometers) of canyon where the fall varies from .00037 (1.94 feet per mile) to .00080 (4.26 feet per mile) then thru the Palomas Valley for thirteen miles (21 kilometers) with a fall of .0008 (4.26 feet per mile), then thru three miles (5 kilometers) of canyon where the Caballo Damsite is located, then thru the Rincon Valley, the first seven miles (11 kilometers) of which have an average fall of .00074 (3.93 feet per mile), and the last fourteen miles (22 kilometers) a fall of .00064 (3.40 feet per mile). The river then traverses seven miles (11 kilometers) known as the Selden Canyon, where the average fall is .00064 (3.4 feet per mile), and then reaches the Leasburg Dam which is at the head of the Mesilla Valley. From Leasburg Dam to Mesilla Dam, a distance of twenty-four miles (39 kilometers), the river has a fall of .00073 (3.84 feet per mile). From Mesilla Dam to Canutillo bridge, a distance of twenty-eight miles (45 kilometers) the river has a fall of .00070 (3.67 feet per mile), and from the Canutillo bridge to the International Dam, some nineteen miles (30 kilometers) the river has a fall of .00048 (2.53 feet per mile).

(b) As previously stated, the effect of the release of clear water from Elephant Butte Dam has been to degrade the river bed in the upper reaches immediately below the dam, and to build it up thru the El Paso-Juarez Valley. There is necessarily a stretch of river between these two actions which is quiescent, where neither degradation nor building up is going on. Studies of river sections indicate that the river bed thru the lower Mesilla Valley rests in this state.



8. THE RIVER BELOW EL PASO-JUAREZ

(a) The length of the channel of the river between El Paso-Juarez and the Quitman Canyon is about one hundred fifty-five (155) miles (250 kilometers) while the length measured along the valley axis is eighty-five miles (85) (137 kilometers). The fall of the river is about .00034 (1.82 feet per mile) while the fall of the valley is .00061 (3.20 feet per mile). It is thus seen that if the alignment of the river can be straightened a fall of approximately .00061 (3.2 feet per mile) can be obtained. It will be noted that this fall is in excess of that in the last stretch of the Mesilla Valley, or between Canutillo bridge and the International Dam, where a fall of .00048 (2.53 feet per mile) was indicated and that this fall of .00061 (3.2 feet per mile) is somewhat under that of .00070 (3.67 feet per mile) for the upper part of the Mesilla Valley. If the lower stretch of the river in the Mesilla Valley is in equilibrium, that is, shows neither scour nor fill, with a gradient of .00048 (2.53 feet per mile) the river thru the El Paso-Juarez Valley must have a greater gradient to reach the same state of equilibrium since the quantities of water normally carried are greatly reduced at the International Dam.

III - PROPOSED PLAN

(a) The treatment to be given the river thru the valley to increase the fall from .00034 (1.82 feet per mile) to .00061 (3.2 feet per mile), in order to accelerate the velocity and to let the current of the river carry along the burden of sand and sediment, which has caused the rapid river bottom raising, so marked

since the construction of the Elephant Butte Dam, consists of a general straightening following the present channel of the river wherever possible, and cutting across the bends where necessary to decrease length. Along each side of the new channel, and also along each side of the present river where followed, levees will be built of sufficient height and far enough apart to pass the floods. The channel thus created will always be kept clear of brush or other obstructions which might retard the flow. In the alignment, due consideration has been given to the general principle of the compensation of the artificially segregated areas, in order to equalize the areas which will be cut from one country with those which will be cut from the other.

(b) This treatment brings about the result that the rights-of-way to be acquired by each nation will balance practically in area. In general, the water-way proposed will consist of a normal channel of similar size and capacity to the present river bed, with levees set back with a total distance of about five hundred ninety (590) feet (180 meters) between them. Levees will be wide enough on top to permit travel for inspection and repair. The alignment has been so chosen as to avoid as far as possible all highly improved and cultivated areas, but at many places this was impracticable due to the meanderings of the river channel.

(c) The above plan of shortening the river by cutoffs is feasible in this case because Elephant Butte Dam, in conjunction with the proposed Cabello Dam and reservoir, will give practically complete control of the floods. Consequently the river thru the El Paso-Juarez Valley will take on more the nature of a large central drain or canal than a river.



IV - BASIS OF ESTIMATE

1. Cost of Caballo Reservoir

(a) The cost of the Caballo Dam, including the purchase of the lands to be submerged, has been estimated by the Bureau of Reclamation at about one million two hundred fifty thousand (1,250,000) dollars for the one hundred thousand (100,000) acre foot (123,350,000 cubic meter) capacity.

(b) The volume of water passing the Caballo Damsite during the flood of September 1925 was in the neighborhood of twenty-five thousand (25,000) acre feet (30,837,000 cubic meters). Storage in excess of this amount must be provided to take care of possible larger floods and silt depletion. Provision must also be made to store the probable spill from Elephant Butte during times of flood runoff below the dam. Fifty thousand (50,000) acre feet (61,675,000 cubic meters) are allowed for this item and would probably store three or four days' spill. This would permit the floods entering below Caballo to have receded.

(c) Of the total proposed storage of one hundred thousand (100,000) acre feet (123,350,000 cubic meters) approximately fifty thousand (50,000) acre feet (61,675,000 cubic meters) are allowed for flood storage and silt depletion, and fifty thousand (50,000) acre feet (61,675,000 cubic meters) for the control of spill from Elephant Butte.

## 2. Segregated Tracts

(a) In order that neither nation shall sacrifice national area, it is required that the total land to be segregated or cut off from one country shall equal that to be segregated or cut off from the other. On the attached maps these tracts and their total areas have been shown. Fifty-nine (59) separate tracts will be cut from Mexico and sixty-five (65) separate tracts will be cut from the United States. Their areas vary from 0.10 hectares (.25 acre) to 151 hectares (377 acres). The approximate total area to be cut from Mexico is one thousand four hundred hectares (3460 acres) and the approximate total area to be cut from the United States is one thousand four hundred (1400) hectares (3460 acres).

## 3. San Elizario Island

(a) Two alternate routes for the location of the rectified channel along the San Elizario Island are shown on Exhibit No. 2. One route follows in a general way the present river while the other follows in a general way the present boundary. The two routes are almost identical in length, and have practically the same gradient and grade elevations.

(b) The river route, by following the present river, is located entirely in the United States and passes thru areas largely undrained and uncultivated, while the boundary route passes largely thru highly cultivated and valuable areas. Therefore, the costs of rights-of-way will be less with the river route and no areas will be segregated in the sense of changed.



national jurisdiction. The alignment possible with the boundary route is considerably better than that of the river route, especially at the lower end of the Island, where a sharp curve is necessary if the river route is used.

(c) The boundary route makes more feasible the carrying thru of irrigation and drainage works<sup>needed</sup>/by Mexico, as the present boundary in places is located practically against the toe of the mesa. On the other hand, the abandonment of the river requires the building in the United States of a feeder canal to reestablish water deliveries to the Tornillo Canal system.

(d) The boundary route is estimated to cost about seventy-five thousand (75,000) dollars more than the river route, due largely to the higher value of the lands required for the right-of-way and the segregated areas, and to the disestablishment of some of the irrigation and drainage works now constructed in the United States of America with the river in its present location. The equalizing of all the segregated tracts and the estimate submitted herewith both are based on following the boundary route along the San Elizario Island.

## V - GENERAL

### 1. Velocities

(a) The requirements of the project indicate two important limiting velocities; namely, that the maximum velocity in the flood channel at full flow must not entail expensive bank protection, and that the minimum velocity in the normal flow channel must be high<sup>enough</sup> to carry the annual increment of sand

and silt to prevent channel upbuilding.

(b) The increase in average gradient, which is from .00035 to .00061, or from 1.82 feet per mile to 3.2 feet per mile, and which is brought about by the shortening in river length, will produce velocities of from five to six feet (1.52 to 1.83 meters) per second at full flow, depending on the cross section and the gradient of the particular section considered.

(c) These velocities can be safely carried in the channel designed for this project where the alignment is reasonably straight and the cross-section relatively wide.

(d) The data on normal flow indicates that the low water channel will have a velocity of around three feet (0.91 meters) per second. Experience on the Rio Grande Irrigation Project, in the sluicing of canals and in the design of sand skimming devices, has shown that such velocities are capable of carrying the usual sand and silt borne by the Rio Grande.

## 2. Coefficient of Roughness

(a) The value of "n" in Kutter's Formula adopted for use on this project is  $n = .025$  for the normal flow channel and  $n = .030$  for the flood channel. These values follow closely those determined on the Miami Conservancy District at Dayton, Ohio, taking such tests as are believed to nearly duplicate the conditions to be encountered on this project. On one particular determination where the channel was covered with weeds, and the flow was around twenty-three thousand (23,000) second feet (6520 cubic meters per second) the value of "n" was determined to be .0298, whereas the values for the same channel when free from weeds varied from



.023 to .0255.

### 3. Cross-sections

(a) The cross-section adopted as best suited to the requirements of the project are shown on the attached exhibit No. 3. It will be noted that two cross-sections are shown. These are identical except in the placement of the normal flow channel. The one to be used from El Paso-Juarez to the lower end of the San Elizario Island places the normal flow channel in the center while the one to be used from the lower end of the San Elizario Island to the mouth of Quitman Canyon places the normal flow channel adjacent to the left levee. This different treatment of the two sections of the river is required because, in the upper part, the land passed thru in the making of cutoffs is generally low ground lying from only slightly above the proposed river grade to, in some cases, slightly below the proposed grade. Thru this section the amount of material to be excavated from the proposed new channel is small and can be wasted adjacent to the normal flow channel without seriously decreasing flood channel capacities. Throughout the lower section deeper cuts are encountered and spoiling into the flood channel is impracticable. This changed condition is met by placing the normal channel adjacent to the left levee where the material excavated can be placed to form the left levee or can be wasted beyond the flood channel.

(b) The proposed cross-section has levees spaced 180 meters (590 feet) apart with levee heights of about 2.2 meters (7.2 feet). In actual construction levee heights will vary from nothing, where bench lands are encountered, to four and a half meters (15 feet)

where the old river channel is crossed. The levee section proposed has a five meter (16.4 feet) crown with side slopes of two to one. This will permit the use of the levee top as a road for inspection and repair.

(c) The normal flow channel is designed with a bottom width of twenty meters (66 feet) as this channel width seems to best fit the present channel width of the river. Side slopes are 1:1 except throughout the lower section where 2:1 slope is proposed on the side adjacent to the left levee.

(d) Gradients vary from .00045 (2.38 feet per mile) to .0008 (4.26 feet per mile) and the levee heights have been changed to conform, always adding 0.6 meters (2 feet) as freeboard.

(e) The estimated capacity below the 0.6 meter (2 foot) freeboard varies from ten thousand seven hundred (10,700) second feet (3030 cubic meters per second) to eleven thousand five hundred (11,500) second feet (3260 cubic meters per second).

#### 4. Right-of-Way

(a) The total right-of-way required is eight thousand one hundred sixty (8,160) acres (3300 hectares). This is equally divided between the two countries - to Mexico four thousand eighty (4080) acres (1650 hectares) and to the United States four thousand and eighty (4080) acres (1650 hectares). In addition to the land actually occupied by the works, a strip fifteen meters (49 feet) wide outside the land toe of each levee has been included for use in levee maintenance or possible future levee widening.

#### 5. Clearing

(a) The area to be cleared is estimated as seventy percent of



the total area required for the right-of-way. A part of the right-of-way is now cleared and in cultivation, and in addition a considerable part is now occupied by the present river. Unit cost is sixty-two dollars and fifty cents per hectare, or about twenty-five dollars per acre. The work to be done consists of brush cutting, some grubbing, and the plowing of the area between the borrow pits and the normal channel.

#### 6. Earthwork

(a) All earthwork of both channel excavation and levee embankment is planned to be accomplished by machine methods, and the unit cost used in the estimates is eighteen cents per cubic meter, which is about that developed on similar work in that locality. The machines best suited to the work are draglines equipped with one hundred foot booms, with buckets from two to three cubic yards in capacity, although, on a great part of the levee work smaller equipment can be used economically. Proper provision has been made in the unit cost for full machine upkeep and depreciation, and for the hazards of the work such as untimely high water, soft and marshy ground and unusable soft material.

(b) It is planned to secure material for the levee embankment from the channel excavation in building the left levee from the lower end of San Elizario Island to the mouth of Quitman Canyon. At practically all the other locations the material will be secured from discontinuous borrow pits located on the channel side of the levees. Practically no material will require a second handling.

#### 7. Work near El Paso-Juarez

(a) The item of one hundred twenty-five thousand (125,000)

dollars covers contemplated work on the section of river between the International Dam and Cordova Island, and includes the extension and straightening of the present levees, the removal of existing obstructions, and purchase of title to all lands lying on the channel side of the present levees.

8. Changes in Canals and Drains

(a) The sum of two hundred twenty-five thousand (225,000) dollars is carried in the estimate to cover the cost of rebuilding all constructed irrigation and drainage works where they will be interfered with by the proposed river work. This work will include the rearrangement of the irrigation systems on both sides of the river, especially in the area below Monument No. 1 of San Elizario Island, and changed drain outlets on the United States side in the same area. The sum of seventy-five thousand (75,000) dollars has been allocated to Mexico and one hundred fifty thousand (150,000) dollars to the United States.

9. Bridges

(a) Present bridges will either have to be lengthened or moved, depending on how they fit with the new plan and probably several more bridges will have to be built. The estimate of the amount of this item is three hundred thousand (300,000) dollars.

10. Grade Controls

(a) Because the effects of the introduction of steeper gradients in the river channel are problematical, and considerable scour may develop, and because the irrigation supply must be diverted at



certain places, there has been set up in the estimate an amount of six hundred seventy-five thousand (\$75,000) dollars to meet the cost of grade control structures. This amount is deemed sufficient to build ten such structures. The immediate construction of three or four is contemplated - located at such places as the need of irrigation diversion dictates. The others will be built if their need becomes apparent.

11. Engineering, Contingencies and Overhead

(a) An allowance of twenty percent has been added to cover the cost of the above items. A relatively low engineering cost should result, due to the magnitude of the quantities involved. Contingencies are not serious, as the flow of the river is largely controlled by Elephant Butte Dam, and no long-lasting floods are probable. Overhead should be no higher than on other similar work.

VI-COST WITHOUT CABALLO DAM

(a) During December 1928, a report was made on the probable floods at El Paso-Juarez, <sup>with</sup> and without, the additional flood control of a retention reservoir at Caballo. The data then available indicated a maximum flood of eight thousand (8,000) second feet (226 cubic meters per second) with the Caballo Dam, and a maximum flood of eighteen thousand (18,000) second feet (510 cubic meters per second) without the Caballo Dam. Since that time additional data has been acquired, and restudies have shown that the assumed maximum flood with the Caballo Dam should be 11,000 second feet (314 cubic meters per second), and that the assumed

maximum flood without the Cabello Dam should be twenty thousand (20,000) second feet (576 cubic meters per second).

(b) In adopting a design for the twenty thousand (20,000) second foot (576 cubic meter per second) channel it was found necessary to increase the distance between levees from one hundred eighty meters (590 feet) to two hundred ninety (290) meters (950 feet) for the upper part of the valley, or from El Paso-Juarez to Alamo Arroyo. For the lower part, or from Alamo Arroyo to the end it was found necessary to increase the size of the excavated channel from a twenty (20) meter (66 foot) base to a thirty (30) meter (99 foot) base, and to raise the levees one meter (3.3 feet).

(c) Estimates show that the works required from Land Monument No. 1 to the mouth of the Canyon below Fort Quitman will cost about one million five hundred thousand (1,500,000) dollars more when designed for the twenty thousand (20,000) second foot (576 cubic meter per second) channel than when designed for the eleven thousand (11,000) second foot (314 cubic meter per second) channel. The principal items of difference are the increase in rights-of-way required due to the widening between levees in the upper part, or from El Paso-Juarez to the Alamo Arroyo; the increase in earthwork, due principally to the larger cross-section needed thru the deep cuts below the Alamo Arroyo, and to the lengthening of the grade control structures and the bridges. There is also an increase in the amount of clearing necessary.

(d) The additional area required for rights-of-way is about eight hundred (800) hectares (2000 acres) and will cost one hundred thousand (100,000) dollars. The additional earthwork required is



about four million one hundred fifty thousand (4,150,000) cubic meters (5,424,000 cubic yards) which at eighteen cents per cubic meter amounts to seven hundred forty-seven thousand (747,000) dollars. The lengthening of grade control structures and bridges will cost an additional three hundred fifty thousand (350,000) dollars. The additional clearing required will cost thirty-five thousand (35,000) dollars. The total of the above items is one million two hundred thirty-two thousand (1,232,000) dollars which, when increased by twenty percent allowed for engineering, overhead and contingencies, makes a total additional cost of one million four hundred eighty thousand (1,480,000) dollars.

(c) Therefore, the cost (1,250,000 dollars) of the Caballo Dam is more than offset by the economies made possible in the works from Land Monument No. 1 to the mouth of Quitman Canyon. Indeed, a saving of two hundred fifty thousand (250,000) dollars is achieved. This saving is in addition to a reduction of eight hundred (800) hectares (2000 acres) in the land used for the channel which would be otherwise irredeemably lost for cultivation, and to an unknown amount annually saved in less expensive maintenance.

#### VII - RECOMMENDATIONS

The following recommendations are respectfully submitted:

(a) That the rectified channel be constructed as described and outlined in this report and the attached exhibits.

(b) That a flood detention dam, with a reservoir of not less than one hundred thousand (100,000) acre feet (123,350,000 cubic meters) capacity be built at Caballo, New Mexico.

(c) That the areas to be detached from each country be brought into balance by such shifting of the river location as the commission may decide.

(d) That the areas to be detached and those required for right-of-way be acquired by each nation so that all private rights to these lands be extinguished.

(e) That the balanced detached tracts and the acquired rights-of-way be exchanged between the two nations so that each nation will have jurisdiction to the center of the rectified channel where it forms the boundary line.

(f) That the International Boundary Commission have full control over the work during its construction, and over its maintenance when completed.

#### VIII - EXHIBITS

Five exhibits are attached, as follows:

##### Exhibit No. 1 - River Gradients

This shows graphically the present river gradients between Elephant Butte and Quitman Canyon, and the proposed new gradient which the river shortening will bring about.

##### Exhibit No. 2 - Location Map

This is a map of the El Paso-Juarez Valley on which is shown the located line and the segregated areas in color and in numerical table. Two routes are shown at the San Elizario Island, one following generally the present river, and the other following generally the present boundary.

##### Exhibit No. 3 - Typical Cross-sections

This exhibit graphically illustrates the cross-sections



proposed for use, and gives the theoretical hydraulic functions.

Exhibit No. 4 - DRAINAGE AREAS

This exhibit indicates in color and in figures the drainage area controlled by Elephant Butte Dam, and that to be controlled by the Caballo Dam.

Exhibit No. 5 - Estimate of Cost

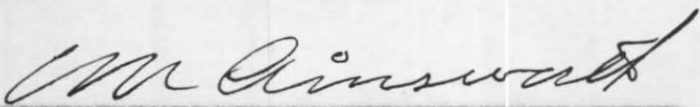
IX - ACKNOWLEDGEMENTS


In the preparation of this report the Consulting Engineers have been assisted by the technical advisers, Messrs. W. E. Robertson, Chairman of the El Paso Chamber of Commerce River Rectification Committee, and Salvador Arroyo, Chief Engineer of the Juarez Flood Control Commission; and have made use of the wealth of data contained in previous reports on this problem. Acknowledgement is made to the various engineers and agencies who collected this data and made the following reports:

1. "Report on Rio Grande Rectification"  
by  
Special Committee of Engineers, El Paso Chapter, American Association of Engineers, June 5, 1922.
2. "Report of Conditions of the Rio Grande on the Rio Grande Project"  
by  
L. M. Lawson, Engineer, United States Department of the Interior, March 10, 1925.
3. "Channel Improvement of the Rio Grande below El Paso"  
by  
Salvador Arroyo, Mexican Federal Civil Engineer, March 1925.
4. "Statement to the United States and Mexican Governments and the International Boundary Commission on Rectification of a Portion of the Rio Grande, Juarez and El Paso Valleys"  
by  
Salvador Arroyo and L. M. Lawson, April 25, 1925.

5. "Joint Report on the Preceding Report" (No. 4).  
by  
Armando Santacruz, Jr., and Randolph E. Fishburn,  
Consulting Engineers of the International Boundary  
Commission, May 12, 1925.
6. "Effect of Rio Grande Storage on River Erosion and Deposition"  
by  
L.M. Lawson, Project Superintendent, United States Bureau of  
Reclamation, El Paso, Texas, May 1928.
7. "The Present Regimen of the Upper Rio Grande and the Problem  
the River has Created in the El Paso-Juarez Valley"  
by  
Salvador Arroyo, Chief Engineer of Juarez Flood Control  
Commission, May 1928.
8. "Statement Regarding Rectification of the Rio Grande"  
by  
J. L. Savage, Designing Engineer, United States Bureau of  
Reclamation, November 28, 1928.
9. "Report on Preliminary Estimates, Rectification of the Rio  
Grande, El Paso-Juarez to Quitman Canyon"  
by  
Salvador Arroyo and C. M. Ainsworth, December 1928.
10. "Proposed Rectification of the Rio Grande from El Paso-Juarez  
to Quitman Canyon"  
by  
R. M. Priest, Superintendent of the Yuma Project, United  
States Bureau of Reclamation, May 2, 1929.

Respectfully submitted,

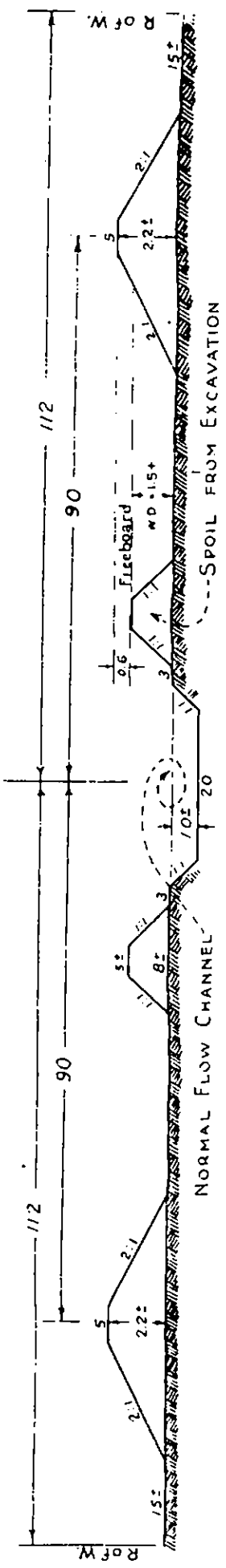
  
\_\_\_\_\_  
Consulting Engineer, United States  
Section.

  
\_\_\_\_\_  
Consulting Engineer, Mexican Section.

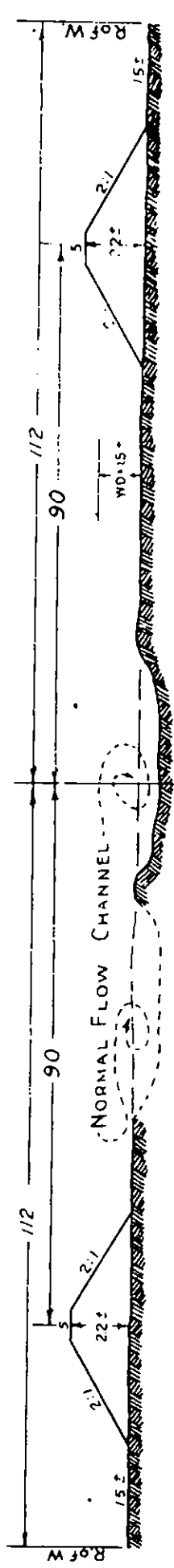
To the Honorable Commissioners,  
International Boundary Commission,  
United States and Mexico.

July 16, 1930.

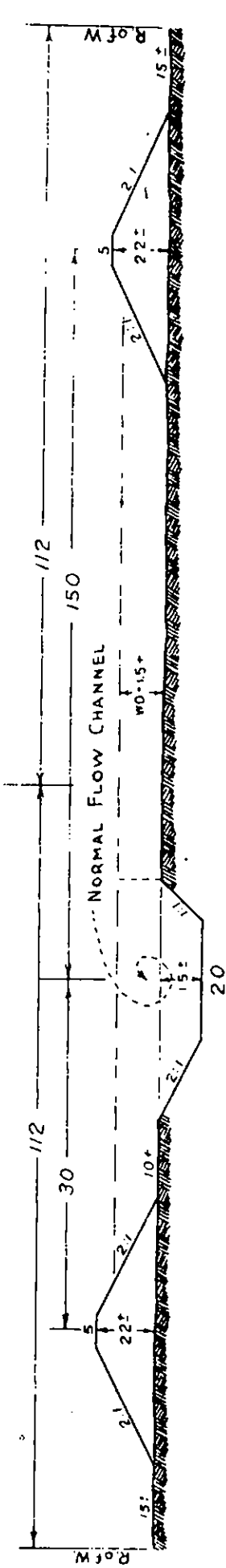




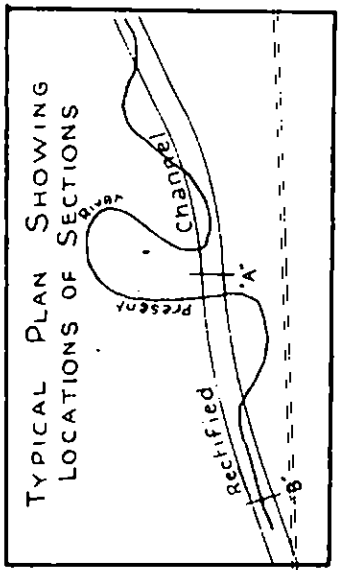
TYPICAL SECTION ABOVE TORNILLO - THRU CUTOFFS (SEC 'A')



TYPICAL SECTION FOLLOWING PRESENT RIVER (SEC 'B')



TYPICAL SECTION - BELOW TORNILLO - THRU CUTOFFS (SEC 'A')



TYPICAL PLAN SHOWING LOCATIONS OF SECTIONS

HYDRAULIC FUNCTIONS

- n = .025 - - NORMAL CHANNEL
- n = .030 - - SIDE OR FLOOD CHANNELS
- A 254 TO 287 W.P 158 TO 174 r 4.7 TO 7.5 V 32 TO 57.10' TO 17.0'
- S 500045 TO .0008 - Q\* 10700 TO 11600 SF - 303 TO 329 SEC METERS

NOTE ALL DIMENSIONS IN METERS

UNITED STATES & MEXICO
RIVER RECTIFICATION
EL PASO & JUAREZ
TO QUITMAN CANYON
11000 S.F. CHANNEL
TYPICAL CROSS SECTIONS
EL PASO, TEXAS 11-19-29

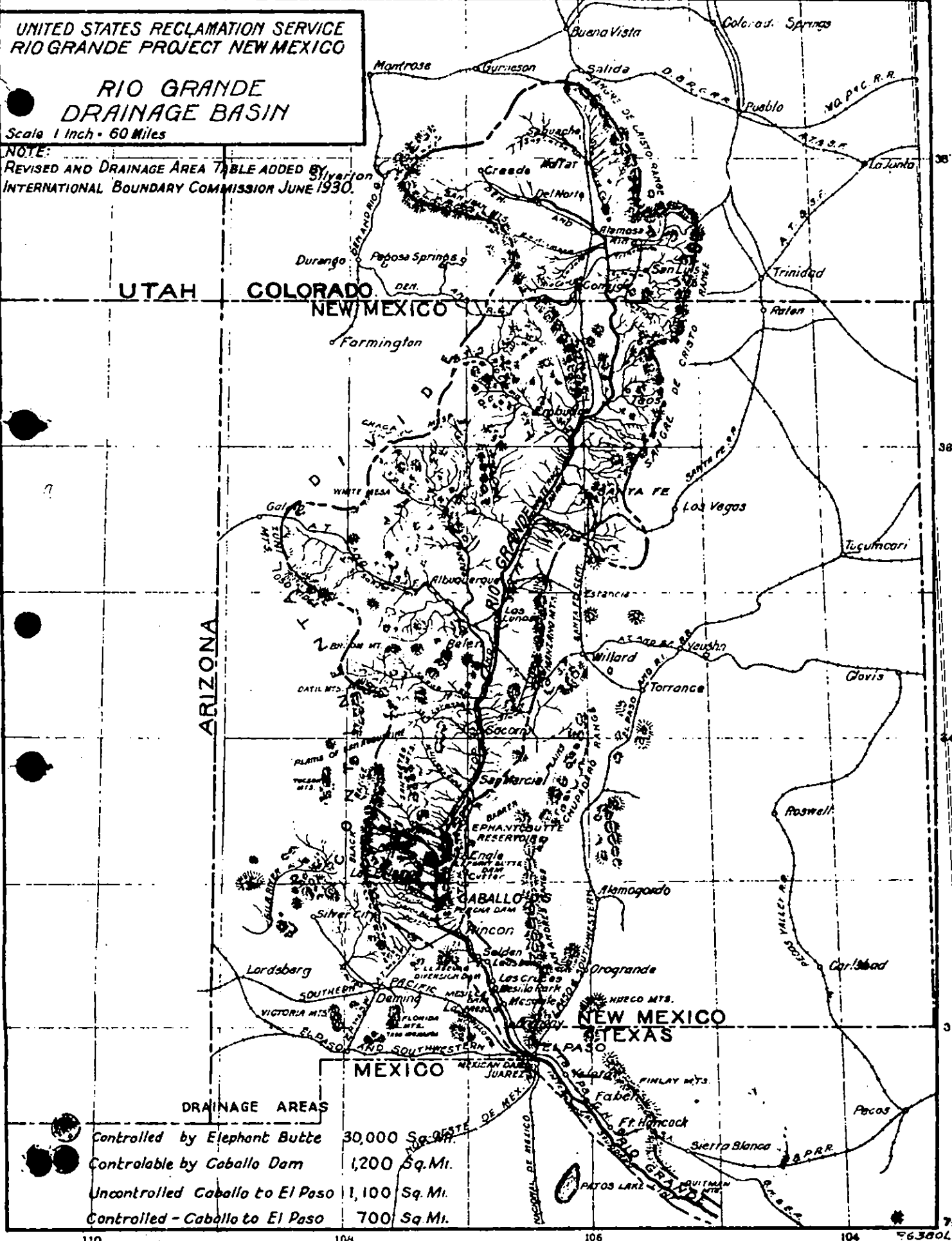
1 x 11-19-29

UNITED STATES RECLAMATION SERVICE  
RIO GRANDE PROJECT NEW MEXICO

**RIO GRANDE  
DRAINAGE BASIN**

Scale 1 Inch = 60 Miles

NOTE:  
REVISED AND DRAINAGE AREA TABLE ADDED BY  
INTERNATIONAL BOUNDARY COMMISSION JUNE 1930.



**DRAINAGE AREAS**

Controlled by Elephant Butte	30,000 Sq. Mi.
Controlable by Caballo Dam	1,200 Sq. Mi.
Uncontrolled Caballo to El Paso	1,100 Sq. Mi.
Controlled - Caballo to El Paso	700 Sq. Mi.



EXHIBIT NO. 5

RIVER RECTIFICATION  
KL PASO-JUAREZ to QUITMAN CANYON

ESTIMATE OF 11,000 SECOND FOOT CHANNEL

Mexico, D.F. July 16, 1930

Right of Way

Mexico:

1650 hectares at \$50 (Dollars) - \$82,500  
(4080 acres at \$20 " )

United States

1650 hectares at \$200 " - 330,000 \$412,500  
(4080 acres at \$81 " )

Segregated Tracts

Mexico:

1400 hectares at \$40 (Dollars) - 56,000  
(3480 acres at \$16 " )

United States:

1400 hectares at \$150 " - 210,000 266,000  
(3480 acres at \$60 " )

Earthwork

3,850,000 cu.mtr. excavation at \$0.18 657,000  
(4,775,000 cu.yd. at \$0.138)  
6,870,000 cu.mtr. embankment at \$0.18-1236,600 1,893,600  
(8,985,000 cu.yd. at \$0.138)

Clearing

2,400 hectares at \$62.50 (6000 acres at \$25.30) 150,000

Miscellaneous

Work above Cordova

Mexico - 25,000  
United States - 100,000

Changes in Irrigation Works

Mexico - 75,000  
United States - 150,000  
Grade Controls (6) - 675,000  
Bridges - (6) - 300,000 1,325,000

Sub-total - - \$ 4,047,100

20% engineering, overhead and contingencies - - 809,400

TOTAL - - - \$ 4,856,500

Caballo Dam - 100,000 acre foot reservoir - - - 1,250,000

GRAND TOTAL - - \$ 6,106,500 (dollars)

Note: The smaller unit price of the segregated tracts as compared with the rights-of-way is predicated on the resale value of those segregated.

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES  
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

INFORME COMUN DE LOS INGENIEROS CONSULTORES SOBRE EL  
PROYECTO DE RECTIFICACION DEL RIO BRAVO,  
EN EL VALLE DE JUAREZ -EL PASO.--

---

México, D.F. julio 16 de 1930.

I. INTRODUCCION.

1. - BOSQUEJO DEL PLAN PROPUESTO.

- (a) - Se propone disminuir de manera considerable el gasto de inundación en el Valle de Juárez-El Paso, construyendo al efecto una presa de retención de avenidas, con un vaso de 123,350,000 metros cúbicos (100,000 acres pies) de capacidad en Caballo, y confinar este gasto de crecientes a través del Valle de Juárez-El Paso en un cauce artificial, por medio de la construcción de diques paralelos. El cauce artificial en proyecto seguirá y rectificará, de manera general, el cauce actual del Río desde el monumento -- Número 1 de la línea divisoria terrestre hasta el cañón de Cajoncitos abajo de Fort Quitman y quedará localizado de manera de segregar la misma área -- de cada uno de los dos países.
- (b) Las principales características técnicas de este proyecto son: la reducción de la longitud del Río de 247 kilómetros (155 millas) a 141 kilómetros -- (88 millas); la formación de un cauce de crecientes de 180 metros de ancho (590 pies) con capacidad para 314 millones de metros cúbicos (11,000 millones de pies cúbicos) por segundo, mediante la construcción de diques paralelos; el incremento de la pendiente del Río de 0.00035 (1.62 pies por milla) a 0.00061 (3.20 pies por milla). La formación de los diques requiere la colocación de 6,570,000 -- millones de metros cúbicos (8,985,000 millones de yardas cúbicas) de tierra, siendo su altura media de 2.25 Mts. (7.5 pies). La formación del cauce artificial exige la excava-



COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES  
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

-2-

ción de 3,650,000 metros cúbicos (4,775,000 yardas cúbicas) de tierra. Para el derecho de vía de este cauce, son necesarias 1650 hectáras (4075 acres) en México y 1650 hectáras (4075 acres) en Estados Unidos.

- (c) La localización proyectada para el cauce rectificado corta 1400 hectáras (3,400 acres) de México y también 1400 hectáras (3400 acres) de Estados Unidos.
- (d) El costo del proyecto, incluyendo la presa en Caballo, es aproximadamente de Dls. 6,000,000.-
- (e) Este proyecto suprimirá la amenaza de inundaciones en el Valle de Juárez-El Paso, tanto en México como en Estados Unidos; evitará cambios de cauce y segregación de terrenos de un país al otro; y permitirá ganar para el cultivo muchas de las tierras bajas ribereñas.

2. CONDICIONES ACTUALES.

- (a) El Río Bravo (Grande) forma, en general, el Límite Internacional entre México y los Estados Unidos desde el monumento Número 1 al Cañón de Cajoncitos abajo de Fort Quitman en el Valle de Juárez-El Paso; es una corriente divagante cuyos cambios de cauce segregan terrenos de un País a otro.
- (b) El área total de terrenos en las vegas, tanto en México como en Estados Unidos, entre Juárez-El Paso y el Cañón de Cajoncitos es de 65,000 hectáras (165,000 acres), de las cuales 38,400 hectáras (96,000 acres) están en Estados Unidos y 27,000 hectáras (69,000 acres) están en México. El valor en que se estiman las ciudades de Juárez y El Paso y sus Valles, incluyendo las obras de riego, de drenaje, y caminos, excede de Dls. 100,000,000.-
- (c) A pesar de que la cantidad total de sedimento que al año acarrea actualmente el Río Bravo en este Valle, es sólo un tanto por ciento pequeño de la que - acarrea antes de la construcción de la Presa del Elefante, la carencia de fuertes crecientes de carácter excesivo ha determinado el depósito de sedimentos en el cauce del Río a un grado tal que las avenidas producidas por las -

lluvias en las cuencas de los arroyos que desembocan en el Río entre la Presa del Elefante y Juárez-El Paso, constituye una amenaza para ambas ciudades, así como para las mejoras y terrenos en ambas márgenes. La erosión y arrastre de los sedimentos acumulados actualmente en el cauce divagante del Río, es posible solamente por grandes crecientes de carácter destructivo.

- (d) Tanto la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas de México como la Ciudad y el Condado de El Paso, han gastado en unos cuantos años más de Dls.-- 750,000.- Para proteger contra inundaciones las ciudades de Juárez y El Paso, así como sus respectivos Valles. Estas obras de protección consisten en su mayor parte de diques construídos siguiendo las márgenes del cauce divagante, los cuales deben ser continuamente reforzados y reparados como consecuencia del ascenso del cauce del Río; siendo necesario adoptar un programa de trabajos coordinado y eficaz a fin de lograr una protección efectiva y permanente.

## II.- INFORME DETALLADO.

Después de que fué sometido a la Comisión el informe preliminar unido fechado en diciembre de 1938, se han efectuado los trabajos de localización del tramo del Río comprendido entre las Ciudades de Juárez-El Paso y el Cañón de Cajoncitos. Estos trabajos han proporcionado datos topográficos adicionales que, en -- gran parte, sirven de base al presente informe.

### 1. DESCRIPCION.

- (a) El Río Bravo (Grande), es una corriente de carácter sedimentario y por lo tanto sobre-eleva continuamente su lecho, lo que da lugar a que en épocas de creciente cambie de cauce pasando a localizaciones más bajas, donde vuelve a sobre-elevar su lecho, repitiéndose indefinidamente éste proceso. Esta fase de cambios de cauce, ha sido en gran parte prevenida, a través del Valle de Juárez-El Paso, por la construcción de obras artificiales como terraplenes de ferroca-



rriles y de caminos, bordos de canales de riego y drenaje y, en los últimos años, diques de protección contra inundaciones. En estas circunstancias el lecho del Río ha continuado sobre-elevándose. La presa del Elefante terminada el año de 1916, al llenar su objeto, que consiste en asegurar una dotación permanente para el riego de terrenos durante los años de poca precipitación, almacena las crecientes que, antes de su construcción, pasaban Río abajo. El efecto de estas crecientes era socavar el cauce del Río, arrastrando parte de los azolvos y depositando otra parte sobre los terrenos adyacentes al desbordarse la corriente. La carencia de fuertes crecientes erosivas después de la terminación de la Presa del Elefante, marcó el cambio del régimen de la corriente en el Valle de Juárez-El Paso. A pesar de que las grandes avenidas se almacenan en el vaso del Elefante, anualmente ocurren crecientes más pequeñas que provienen de la cuenca tributaria del Río entre el Elefante y Juárez-El Paso. Estas últimas crecientes se presentan durante la estación de lluvias, generalmente en los meses de agosto y septiembre; son repentinas y de poca duración y pasarían a través del Valle sin causar daños si no fuese por la posición elevada del cauce del Río con respecto a los terrenos adyacentes.

- (b) Al salir por primera vez de la Presa del Elefante una corriente de agua limpia se inició una socavación restringida del cauce del Río inmediatamente abajo de la Presa. El agua limpia arrastró consigo las partículas más finas de arena y sedimento. Este efecto se ha hecho sentir aproximadamente hasta a 64 kilómetros (40 millas) abajo de la Presa del Elefante y quizás hubiera llegado hasta Juárez y socavado el río a través del Valle de Juárez-El Paso, si no fuese por el incremento anual de arena, grava y sedimento descargado en el Río por los numerosos arroyos que desembocan en el tramo de su recorrido entre el Elefante y Juárez-El Paso. Quizás hubiese sido posible el acarreo de este incremento de arena, si no existiese la necesidad de derivar para riego una parte del gasto

de estiaje. Aguas arriba de El Paso se hacen tres derivaciones, en cada una de las Presas de Percha, Leasburg y Mesilla. Las principales derivaciones en el Valle de Juárez-El Paso, se hacen en la Presa Internacional, para regar terrenos en ambos países; y en las bocatomas de los canales Riverside y Tornillo para completar el riego de terrenos en Territorio Americano. En las obras de toma de los canales, en cada una de estas derivaciones, se usan dispositivos para desarenarlas y limpiarlas volviéndose al Río una gran parte de la arena y limo depositados en ellas, a la vez que un volumen considerable de agua se deriva para riego de terrenos.

Este proceso continuamente devuelve la arena al lecho del Río y disminuye continuamente el gasto de estiaje y, por lo tanto, la capacidad de transporte de la corriente.

2. FRESA Y VASO DE CABALLO.

- (a) La superficie no controlada de la cuenca del Río entre el Elefante y Juárez-El Paso, tiene aproximadamente 20,700 kilómetros cuadrados (8,000 millas cuadradas).- Una gran parte de esta área la forman cuencas cerradas que carecen de salida directa al Río Bravo (Grande).- De los 6000 kilómetros cuadrados (2300 millas cuadradas) que aproximadamente son tributarios directos del Río, 3,100 kilómetros cuadrados (1,200 millas cuadradas), quedan arriba del lugar denominado Caballo y el escurrimiento de esta última área podría controlarse por una presa que se construyera en dicho sitio.
- (b) La boquilla de "Caballo" está en el Río Grande, en el Condado de Sierra, del Estado de Nuevo México, aproximadamente a 35 kilómetros (22 millas) abajo de la Presa del Elefante, el "Bureau of Reclamation", dependiente del Departamento del Interior de los Estados Unidos, hizo los estudios de la Presa y Vaso de Caballo. Estos estudios se iniciaron el año de 1924 e incluyeron los trabajos de topografía del vaso, los experimentos del terreno de cimentación, y proyec-



tos y presupuestos para estructuras de diversas alturas, considerando sus efectos sobre el abastecimiento de agua y retención de la misma para fines de protección contra inundaciones. Los Ingenieros de la Oficina del "Reclamation" prepararon dos informes acerca del proyecto de esta Presa, fechados, uno el 15 de diciembre de 1924 y el otro en abril de 1925.

3. GASTOS DEL RIO EN JUAREZ EL PASO.

(a) Las crecientes que han pasado enfrente de Juárez-El Paso, después de la construcción de la Presa del Elefante, han provenido de precipitaciones en la cuenca tributaria del Río Grande entre el Elefante y El Paso, que se han sumado a la dotación para riego que proviene del vaso del Elefante. Estas crecientes hubieran sido mayores si el receptáculo se hubiera encontrado lleno y el agua estuviera derramándose por el Vertedor de Demasías.

4. PROBABLES DEMASIAS DE LA PRESA DEL ELEFANTE.

(a) En un estudio hecho por la Oficina de Denver del "Bureau of Reclamation" fechado el 10 de marzo de 1923 y titulado "Review of Quinton, Code and Hill Reports on Elephant Power Development of July 2, 1927 and September 30, 1927" se hace la estimación de las probables Demasías de la Presa del Elefante. Este estudio establece los siguientes supuestos:

1.- El almacenamiento para riego debe limitarse hasta la cota 4401, dejando 1.83. Mts. (6 pies), o hasta la cota 4407, para almacenamiento de protección contra inundaciones. En esta altura de 1.83. Mts. 6 pies) se almacenará un volumen de 294,606,000 metros cúbicos (239,000 acres pies). Puede obtenerse un almacenamiento adicional para protección contra inundaciones con volumen aproximado de 123,350,000 metros cúbicos (100,000 acres pies) hasta la cota 4410, altura a la cual ocurrirá sobre la Cresta del Vertedor de Demasías un gasto de 128 metros cúbicos por segundo (4500 pies cúbicos por segundo).

2.- El volumen necesario para cubrir las necesidades del riego debe limitarse -

COMISION INTERNACIONAL DE LIMITES  
ENTRE MEXICO Y LOS ESTADOS UNIDOS

-7-

a 863.450.000 metros cúbicos (700.000 acres pies) anualmente, cuando el contenido del receptáculo el 30 de junio de un año cualquiera sea menor de -----  
1.850.250.000 metros cúbicos (1.500.000 acres pies).- El volumen para riego --  
debe limitarse a 970.734.000 metros cúbicos (787.000. acres pies) anuales, cuando el contenido del receptáculo el 30 de junio de un año cualquiera, exceda de --  
1.850.250.000 metros cúbicos (1.500.000 acres pies).

3.- La disminución de la capacidad del vaso por azolve se estima a razón de ----  
24.870.000 metros cúbicos (20.000 acres pies) al año.

4.- Los registros de gastos de entrada en San Marcial, Nuevo México, han sido --  
corregidos de acuerdo con el cambio de las condiciones arriba de este punto.

5.- El ciclo de gasto de entrada, con sus correcciones, se repetirá considerando  
el año de 1933 igual al de 1930; considerando el vaso lleno en el primero de --  
enero de 1936, y su capacidad de almacenamiento en esa fecha, reducida por causa  
del azolve, a 2.530.350.000 metros cúbicos (2.100.000 acres pies).

(b) Estas condiciones que se han supuesto, exigieron el uso teórico del almacena-  
miento de protección contra inundaciones, en los años de 1930, 1937, 1944, 1948,  
1953, 1954 y 1956, correspondiendo las exigencias máximas al año de 1956. En --  
este año de 1956 el máximo de demasías al final de una creciente cualquiera no --  
excederá de 128 metros cúbicos (4500 pies cúbicos) por segundo, siempre que desde  
que el almacenamiento para riesgos llegue a su altura máxima, cota 4401, se deje  
salir por las compuertas de la Presa un gasto de 128 metros cúbicos (4500 pies) *cúbicos*  
por segundo y éste se regule hasta suprimirlo cuando el derrame por el vertedor  
de demasías llegue a su máximo de 128 metros cúbicos (4500 pies) cúbicos por --  
segundo. Esto no ocurre sino una vez en el ciclo de 30 años considerado; y du--  
rante los 15 años de funcionamiento del vaso, de 1915 a 1930, no ha habido derram-  
es por el vertedor de demasías. En consecuencia, se cree quedar del lado de la  
seguridad, suponiendo un gasto probable de demasías de la Presa del Elefante de  
170 metros cúbicos (6,000 pies cúbicos) por segundo.



5. GASTO PROBABLE DE CRECIENTES FRENTE DE JUÁREZ EL PASO.

(a) La mayor creciente frente a Juárez- El Paso, después de la construcción de la Presa del Elefante, se presentó el 1° de septiembre de 1925, habiendo alcanzado un gasto máximo de 362 metros cúbicos (13,500 pies cúbicos) por segundo en la Estación de Aforos de Courachena. Esta creciente fué el resultado de fuertes precipitaciones en la región de "Black Range" entre el Elefante y Leasburg que llegaron al Río cuando éste llevaba un gasto de 57 metros cúbicos (2000 pies cúbicos) por segundo que habían salido del vaso del Elefante. Si al llegar esta creciente hubiese estado pasando por el vertedor de Demasías de la Presa un gasto de 170 metros cúbicos (6,000 pies cúbicos) por segundo, la creciente frente a Juárez- El Paso habría llegado a un máximo de 510 metros cúbicos (18,000 pies cúbicos) por segundo. Si en la época de esta creciente hubiesen existido la presa y el vaso de Caballo, y si a la vez hubiesen estado derramando los 170 metros cúbicos (6000 pies cúbicos) por segundo de Demasías de la Presa del Elefante, el aviso previo de lluvias sobre los arroyos tributarios, habría permitido cerrar las compuertas en Caballo antes de que la creciente de los arroyos llegara al Río Grande; lo que habría permitido reducir el máximo de creciente en Juárez- El Paso hasta un gasto entre 285 y 314 metros cúbicos (10,000 y 11,000 pies cúbicos) por segundo. Como el vaso de Caballo controlará la mitad del área directamente tributaria del Río Grande abajo del Elefante, al retener temporalmente el volumen de Demasías de dicha Presa del Elefante, reducirá casi a la mitad el máximo de crecientes frente a Juárez- El Paso.

6. AREA TRIBUTARIA DEL RIO EN EL VALLE DE JUÁREZ EL PASO.

(a) Frente a Juárez-El Paso.

El Arroyo Colorado desemboca en el Río inmediatamente arriba de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Se considera que las crecientes de este arroyo han llegado

a 85 metros cúbicos (3,000 pies cúbicos) por segundo. Hay otros pequeños arroyos que desembocan en el Río inmediatamente aguas arriba de la Presa Internacional. Sus áreas de drenaje son pequeñas y sus gastos unidos al del Arroyo Colorado, no pueden aumentar al máximo de crecientes del Río Bravo, sino en el caso improbable de que se presenten simultáneamente con la cresta de las crecientes en frente de Juárez El Paso. Para tomar en consideración esta simultaneidad poco probable, se ha dado una sobre-elevación de seguridad a la corona de los bordos.

(b) Abajo de Juárez- El Paso.

Puede decirse que no hay ningún desagüe de arroyos abajo de Juárez-El Paso, sino hasta llegar al Arroyo del Alamo en el Condado de Húspeth. Abajo de este punto desembocan directamente en el Río tres arroyos grandes y otros muchos pequeños. El área total de drenaje en el lado Americano entre el Arroyo del Alamo y el Cañón de Quitman, es de 1760 kilómetros cuadrados (680 millas cuadradas), de los cuales 1270 kilómetros cuadrados (490 millas cuadradas), descargan directamente en el Río y 490 kilómetros (190 millas) cuadradas descargan indirectamente en la corriente. El área de drenaje en el lado Mexicano es mucho menor, sin que se conozca en detalle por la carencia de planos de esta región. Sin embargo, no hay arroyos que, del Sur, entren directamente al Río, sino hasta muy abajo de la población de McJary, Texas, pudiendo deducirse de la inspección de los cauces de los arroyos abajo de este lugar, que sus áreas de drenaje son probablemente limitadas y sus gastos pequeños.

(c) Los tres arroyos más grandes en el lado Americano, son: el del Alamo, con una área de drenaje de 575 kilómetros cuadrados (145 millas cuadradas); el del Diablo, con una área de drenaje de 160 kilómetros cuadrados (62 millas cuadradas); y el del Guayuco, con una área de drenaje de 427 kilómetros cuadrados (165 millas cuadradas). Se sabe que los gastos de los arroyos del Alamo y del Guayuco han excedido de 142 metros cúbicos (5000 pies cúbicos) por segundo y se dice que el



máximo puede ser del doble. Si estas crecientes ocurrieran al pasar la cresta de la avenida proveniente de la parte alta del Río, el canal proyectado indudablemente resultaría sobre-cargado. Se ha previsto un margen de seguridad adicional, sobre-elevando la corona de los bordes en ciertos tramos inmediatamente arriba y abajo de estos arroyos. Sin embargo, puesto que los arroyos de que se trata desembocan en el Río bastante abajo de la mayor parte del área por proteger, se considera anti-económico hacer una fuerte erogación para protegerse contra estas contingencias poco probables.

- (d) Como la corriente de estos arroyos debe admitirse dentro del cauce del Río, éste se ha localizado a alguna distancia de la desembocadura actual de los arroyos, a fin de permitir en cierto modo el depósito de detritus antes de que la corriente de dichos arroyos llegue al cauce del Río.

7. EL RÍO ARRIBA DE JUÁREZ EL PASO.

- (a) La distancia entre la Presa del Elefante y Juárez-El Paso es de cerca de 341 kilómetros (150 millas) a lo largo del Río, mientras que la distancia por el eje de los Valles es de 193 kilómetros (120 millas). Inmediatamente abajo de la Presa, el Río pasa por un cañón de 24 kilómetros (15 millas) de longitud, con una pendiente que varía entre 0.00037 y 0.00060 (de 1.94 a 4.26 pies por milla); recorre después el Valle de Palomas, con un desarrollo de 21 kilómetros (13 millas) y una pendiente de 0.00030 (4.26 pies por milla); sigue por un cañón de 5 kilómetros (3 millas), en el que está situada la Boquilla de Caballo; y pasa el Valle de Rincón, en el que la pendiente es de 0.00074 (3.93 pies por milla) en los primeros once kilómetros (7 millas) y de 0.00064 (3.40 pies por milla) en los últimos 22 kilómetros (14 millas). El Río atraviesa en seguida el cañón Selden de 11 kilómetros de longitud (7 millas) con una pendiente media de 0.00064 (3.40 pies por milla) y llega a la presa de Leasburg, situada en la parte alta del Valle de Mesilla. Desde la Presa de Leasburg hasta la de Mesilla,

el Río tiene 39 kilómetros de longitud (24 millas) con una pendiente de 0.00073 (3.84 pies por milla). Desde la Presa de Mesilla hasta el Puente de Cambillo, la longitud del Río es de 45 kilómetros (28 millas) con una pendiente de 0.00070 (3.67 pies por milla), y desde el Puente de Cambillo hasta la Presa Internacional, la longitud es de 30 kilómetros (19 millas) y la pendiente de 0.00048 (2.53 pies por milla).

- (b) Como se ha dicho antes, el efecto de la salida de agua clara de la Presa del Elefante ha sido <sup>de</sup> socavar el lecho del Río en la región inmediatamente abajo de la Presa, y azolverlo en el Valle de Juárez-El Paso. Debe existir forzosamente un tramo del Río en el que estas dos acciones se equilibren, y en el que, por lo tanto, no se verifica ni socavación ni azolve. Estas condiciones existen en la parte baja del Valle de Mesilla, según lo demuestra el estudio de las secciones del Río.

B. EL RÍO ABAJO DE JUÁREZ EL PASO.

- (a) La longitud aproximada del cauce del Río entre Juárez-El Paso y el cañón de Quitman es de 250 kilómetros (155 millas), mientras que la distancia medida a lo largo del eje del Valle es de 137 kilómetros (85 millas). La pendiente del Río es aproximadamente de 0.00034 (1.82 pies por milla), en tanto que la pendiente del Valle es de 0.00051 (3.20 pies por milla). Por lo tanto se ve que si se endereza el alineamiento del Río, puede obtenerse una pendiente aproximada de 0.00051 (3.20 pies por milla). Esta pendiente es mayor que la del tramo inferior del Valle de Mesilla y que la del tramo entre el Puente de Cambillo y la Presa Internacional, puesto que la pendiente en este último tramo es de 0.00048 (2.53 pies por milla); en cambio dicha pendiente de 0.00051 (3.20 pies por milla) es ligeramente inferior a la pendiente del tramo superior del Valle de Mesilla, que es de 0.00070 (3.67 pies por milla). Ahora bien, si con una pendiente de 0.00048 (2.53 pies por milla) el Río está en equilibrio en el tramo



inferior del Valle de Mesilla, puesto que no hay ni acervación ni azolve, debe darse al Río mayor pendiente en el Valle de Juárez-El Paso para llegar a alcanzar el mismo estado de equilibrio, ya que la cantidad de agua que escurre normalmente se reduce mucho en la Presa Internacional.

### III.- PROYECTO.

- (a) A fin de aumentar la pendiente del Río en el Valle de Juárez-El Paso de 0.00034 (1.82 pies por milla) a 0.00061 (3.20 pies por milla) y acelerar la velocidad de la corriente de modo que ésta pueda acarrear el azolve que ha determinado el ascenso rápido del fondo del Río, tan marcado desde la construcción de la Presa del Elefante, se proyecta modificar el Río enderezándolo en lo general, siguiendo el cauce actual en donde sea posible, y cortando las vueltas cuando sea necesario a fin de disminuir la longitud. A cada lado del cauce nuevo y a los lados del cauce actual del Río en donde se siga éste, se construirán diques de altura suficiente y a distancia conveniente para permitir el paso de las avenidas. El cauce así formado se conservará siempre libre de yerbas y obstrucciones que pudieran retardar el escurrimiento. Al hacer el trazo se ha atendido como principio fundamental a igualar las áreas que se segregan artificialmente, a fin de que la extensión total que se corte de un país, sea igual a la que se corte del otro.
- (b) El trazo hecho de acuerdo con este principio, dilatará a que los zonas de derecho de vía que debe adquirir cada Nación sean prácticamente iguales en extensión. En términos generales, el cauce artificial proyectado consistirá de un cauce de estiaje de dimensiones y capacidad semejantes a las del actual lecho menor del Río y de un cauce mayor limitado en ambos lados por diques distantes como 180 - metros (590 pies) uno de otro. Estos diques tendrán un ancho en corona bastante para permitir el tráfico para fines de inspección y reparación. El trazo se ha -





2. TERRENOS POR SEGREGAR.

- (a) A fin de que ninguno de los dos países sufra pérdida de territorio Nacional se ha establecido como requisito fundamental que la extensión total de terreno que se segregue de un país sea igual a la que se segregue del otro. En los planos adjuntos aparecen estos terrenos por segregarse y sus áreas totales, figurando 59 parcelas que deberán segregarse de México y 65 parcelas por segregarse de los Estados Unidos, con áreas variables desde 0.10 hectaras (0.25 acres) hasta 151 hectáras (377 acres). La extensión total aproximada que se segregará de México es de 1400 hectáras (3460 acres) y la extensión total aproximada que se segregará de los Estados Unidos es también de 1400 hectáras (3460 acres).

3. ISLA DE SAN ELIZARIO.

- (a) En el anexo No. 2. aparecen a lo largo de la Isla de San Elizario dos trazos para el cauce rectificado, de los cuales uno sigue en general, el cauce actual del Río, y el otro el actual Límite Internacional. Los dos trazos son prácticamente de las mismas longitud, pendiente y elevación.
- (b) Como el trazo por el Río sigue el cauce actual de la corriente, queda enteramente en los Estados Unidos, y atraviesa terrenos en su mayor parte incultos y sin drenaje, mientras que el trazo por el Límite Internacional cruza terrenos cultivados y valiosos. Por lo tanto, el costo del derecho de vía será menor si se sigue el trazo por el Río, y no habrá cambios de jurisdicción nacional en los terrenos por segregarse.- El trazo por el Límite Internacional es notablemente mejor que el trazo por el Río, principalmente en el extremo inferior de la Isla, en donde se requiere una curva pronunciada en caso de seguir el trazo por el Río.
- (c) El trazo por el Límite Internacional facilita la ejecución de obras de riego y de drenaje necesarias para México, pues el actual Límite Internacional en varios lugares toca el pie de las lomas. Por otra parte, el abandono del Río, exige la construcción en territorio de Estados Unidos, de un canal para abastecer de agua el actual sistema del canal de Tornillo.

- (d) El trazo por el Límite Internacional costará como 75.000 dólares más que el trazo por el Río, principalmente por el mayor valor de los terrenos destinados a derecho de vía y de las parcelas por segregarse, y por la inutilización de algunas obras de riego y de drenaje que actualmente existen en esta zona de los Estados Unidos. En el proyecto que se presenta, la compensación de las áreas por segregarse y el costo de las obras están estudiados para el trazo por el Límite Internacional en la Isla de San Elizario.

#### V. GENERAL.

##### 1. VELOCIDADES.

- (a) Las necesidades del proyecto establecen los siguientes límites de velocidad: la velocidad máxima en el cauce mayor a plena capacidad no debe motivar trabajos costosos de protección de los diques, y la velocidad mínima en el cauce de estiaje debe ser suficiente para acarrear el incremento anual de azolve a fin de evitar la elevación del cauce.
- (b) El aumento de pendiente media de 0.00035 a 0.00061 (de 1.62 a 3.20 pies por milla), que se obtendrá mediante el acortamiento de la longitud del Río, producirá velocidades a plena capacidad entre 1.52 y 1.65 metros por segundo (5 y 6 pies por segundo) de acuerdo con la sección transversal y la pendiente en el lugar que se considere.
- (c) Estas velocidades máximas pueden alcanzarse sin peligro en el cauce que se ha proyectado, en vista de que el trazo está constituido por numerosos tramos rectos y las secciones transversales son relativamente anchas.
- (d) Los cálculos hechos para el gasto de estiaje indican que la velocidad en el cauce menor será alrededor de 0.91 metros por segundo (3.0 pies por segundo). Por experiencia se ha visto en el Sistema de Irrigación del Río Grande que esta velocidad tiene capacidad bastante para acarrear los sedimentos que comúnmente lleva el Río Bravo.



## 2. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.

- (a) En los cálculos se han adoptado como valores de "n" en la fórmula de Kutter, para el cauce de estiaje  $n=0.025$  y para el cauce mayor  $n=0.030$ . Estos valores son semejantes a los que se determinaron experimentalmente en el Distrito de Miami, en Dayton, Ohio, para aquellos casos en que las condiciones eran casi las mismas que las del actual proyecto. En uno de los experimentos, estando el cauce cubierto de yurbas, y siendo el gasto de cerca de 652 metros cúbicos por segundo (23,000 pies cúbicos por segundo) se obtuvo para "n" el valor de 0.0296, y en el mismo cauce en el tramo en que se encontraba libre de vegetación, los valores de "n" variaron de 0.023 a 0.0255.

## 3. SECCIONES TRANSVERSALES.

- (a) Las secciones transversales adoptadas como más adecuadas para las exigencias de este proyecto, se muestran en el anexo No. 3. Podrá observarse que aparecen dos secciones transversales que difieren sólo en la posición del cauce de estiaje. En la Sección para el tramo comprendido entre Juárez-El Paso y el extremo inferior de la Isla de San Elizario, el cauce de estiaje está colocado en el centro, mientras que en la sección correspondiente al tramo comprendido entre el extremo inferior de la Isla de San Elizario y la entrada del cañón de Quitman, el cauce de estiaje queda situado junto al dique del lado izquierdo. Esta diferencia en las secciones obedece a que en la parte superior, el terreno en que se harán los cortes es en general bajo, queda un poco más alto que la plantilla del cauce proyectado y en algunos casos ligeramente más abajo. En este tramo el volumen de material que deberá excavarse para formar el cauce menor proyectado, es relativamente pequeño y puede depositarse a los lados del cauce de estiaje sin que por ellos disminuya seriamente la capacidad del cauce mayor. En cambio, en el tramo inferior los cortes son más profundos y no puede hacerse dentro del cauce mayor el depósito del material excavado, por lo que se ha

pensado colocar el cauce de estiaje adyacente al dique izquierdo y poder así aprovechar el material excavado en la construcción de este dique o moverlo hasta afuera del cauce mayor.

- (b) En las secciones transversales proyectadas, los diques distan 180 metros (590 pies) y su altura media <sup>es</sup> de 2.25 metros (7.2 pies). En la práctica, las alturas de los diques variarán desde cero, en donde haya terreno alto, hasta 4.5 metros (15 pies) en los cruceamientos del cauce viejo del Río. Según el proyecto, la sección de los diques tiene 5 metros en la corona (16.4 pies), con taludes de dos por uno. En estas condiciones se podrán usar las coronas como camino para fines de inspección y reparación.
- (c) El cauce de estiaje proyectado tiene un ancho en el fondo de 20 metros (66 pies), que es el que parece concordar mejor con el del cauce actual del Río. Los taludes son de uno por uno, y solamente en el tramo inferior se proyecta un talud de dos por uno en el lado adyacente al dique izquierdo.
- (d) Las pendientes varían desde 0.00045 hasta 0.00080 (de 2.37 a 4.26 pies por milla) y las alturas de los diques se han ajustado a la pendiente del cauce, aumentando siempre una altura de 0.50 metros (2 pies) como margen de seguridad.
- (e) La capacidad calculada para el cauce hasta una altura de 0.50 metros (2 pies) - abajo de la corona de los diques, varía entre 3030 y 3260 metros cúbicos por segundo (10,700 y 11,500 pies cúbicos por segundo).

#### 4. DERECHO DE VIA.

- (a) La extensión total necesaria de terreno para derecho de vía es de 3,300 hectáreas (8160 acres), repartida por mitad entre los dos países, correspondiendo a México 1650 hectáreas (4080 acres) y a los Estados Unidos 1650 hectáreas (4080 acres). El derecho de vía incluye, además del terreno ocupado por las obras, una faja de 15 metros (49) pies de ancho contada desde el pie del talud del lado de tierra de cada dique, y que se destina a la conservación o a la ampliación futura de los diques.



5. DESMENTE.

- (a) Se estima necesario desmentar el 70 por ciento de la extensión total de derecho de vía, pues parte de esa faja está actualmente en cultivo y otra parte considerable está ocupada por el cauce actual del Río. Se ha calculado un costo de --- 62.50 dólares por hectárea (25 dólares por acre) para este trabajo, que consistirá en cortar las yerbas, desmaiziser y arar la parte comprendida entre las zanjas de préstamo y el canal de estiaje.

6. TERRACERIAS.

- (a) Todo el trabajo de terracerías, tanto el correspondiente a la excavación del cauce como a los terraplenos de los diques se hará empleando excavadoras; habiéndose aceptado un costo unitario en el presupuesto, de 13 centavos de dólar por metro cúbico, costo análogo al obtenido en trabajos semejantes en la localidad. Las máquinas más adecuadas para el trabajo serán palas o dragas mecánicas provistas de plumas de cien pies de longitud y cucharones de dos a tres yardas cúbicas de capacidad, aunque en algunas partes de los diques puede usarse con economía equipo más chico. Al fijar el precio unitario se han incluido partidas correspondientes a reparaciones, depreciación de maquinaria y circunstancias imprevistas como crecientes atemporales, terreno bajo y pantanoso, y material escurrido o inútil.
- (b) En el tramo comprendido desde el extremo inferior de la Isla de San Elizario hasta la entrada del cañón de Quitman, se proyecta emplear el material de excavación del cauce para construir el dique izquierdo. En todos los demás casos, el material se tomará de zanjas de préstamo interrumpidas situadas del lado del Río de los diques. En la práctica no será necesario el doble traspaseo del material.

7. OBRAS CERCA DE JUAREZ EL PASO.

- (a) En el presupuesto figura una partida de 125.000 dólares destinada a las obras que se consideren necesarias en el tramo del Río comprendido entre la Presa Internacional y el Corte de Córdoba, tales como la prolongación y el refuerzo de los -

diques actuales y la remoción de las obstrucciones existentes y a la adquisición del título de propiedad sobre todos los terrenos particulares que ahora quedan dentro del cauce entre los diques.

8. CAMBIOS EN LOS CANALES Y EN LOS DRENES.

(a) En el presupuesto aparece la suma de 225,000 dólares para cubrir los gastos de reconstrucción de las obras de riego y drenaje ahora existentes que resulten afectadas con los trabajos de rectificación proyectados. Estas obras incluyen -- la re-adaptación de los sistemas de riego en ambos lados del Río, especialmente -- en la región abajo del monumento No. 1 de la Isla de San Elizario, y los cambios de desagües de los drenes en el lado Americano en la misma región. Se ha asignado a México la suma de 75,000 dólares y a los Estados Unidos 150,000 dólares.

9. PUNTES.

(a) Será necesario alargar o cambiar de sitio varios de los Puentes existentes para adaptarlos al nuevo cauce, y además será tal vez necesario construir varios puentes nuevos. Para estos objetos se ha incluido una partida de 300,000 dólares.

10. ESTRUCTURAS DE CONTROL DE LA PENDIENTE.

(a) Teniendo en cuenta que los efectos del aumento de pendiente del cauce del Río no pueden precisarse de ante-mano, y que pudieran ocurrir socavaciones; y considerando también que debe derivarse agua para riego en determinados lugares, se ha hecho figurar en el presupuesto la suma de 675,000 dólares destinada a la construcción de estructuras que permitan controlar la pendiente, estimándose que dicha suma, es suficiente para construir hasta diez estructuras. Por lo pronto se proyecta la construcción inmediata de tres o cuatro estructuras de control en aquellos lugares en que sea necesario derivar agua para riego; las demás se construirán si así lo exigen las necesidades.

11. DIRECCION TECNICA, ADMINISTRACION E INGENIEROS.

(a) Por estos conceptos se ha aumentado el costo de las obras el 20%. Los gastos por concepto de dirección técnica serán bajos debido a la magnitud de las obras. Las



contingencias no serán muy serias, dado que el Río está regularizado por la Presa del Elefante y no es probable que ocurran crecientes de larga duración.- Los gastos de administración no serán mayores que en obras semejantes.

#### VI. COSTO SIN LA PRESA DE CABALLO.

- (a) En diciembre de 1923 se hizo un estudio comparativo de gastos de crecientes - probables frente a Juárez-El Paso considerando dos casos: 1° Que se construyera el vaso de retención de Caballo y 2° - Que no se construyera este vaso. Los datos entonces disponibles indicaban que en caso de construirse la Presa de Caballo el gasto máximo de crecientes podría ser de 226 metros cúbicos (8.000 pies cúbicos) por segundo; y que en caso de no construirse esa presa el gasto máximo de crecientes podría ser de 510 metros cúbicos (18.000 pies cúbicos) por segundo. Datos recogidos posteriormente y estudios más recientes, han aconsejado tomar como gastos máximos de crecientes, los de 314 metros cúbicos (11.000 pies cúbicos) por segundo, con la presa de Caballo y 576 metros cúbicos (20.000 pies cúbicos) por segundo, sin la presa de Caballo.
- (b) Al hacer los estudios del proyecto para un cauce de 576 metros cúbicos (20.000 pies cúbicos) por segundo, se vió la necesidad de aumentar la distancia entre los diques de 190 metros (590 pies) a 290 metros (950 pies), en la parte alta del Valle comprendida entre Juárez-El Paso y el Arroyo del Alamo. En la parte inferior, es decir, desde el Arroyo del Alamo hasta el final, fué necesario aumentar el ancho del fondo del canal por excavar de 20 metros (66 pies) a 30 metros (99 pies) y aumentar en un metro (3.3 pies) la altura de los diques.
- (c) Estimaciones comparativas de costo, hacen ver que las obras necesarias en el tramo desde el monumento número uno de la línea terrestre hasta la entrada del cañón abajo de Fort Quitman implicaría un costo excedente como de 1.500.000 - dólares cuando se proveyera un cauce de 576 metros cúbicos (20.000 pies cúbicos)

por segundo, sobre el costo correspondiente a un cauce de 314 metros cúbicos - (11.000 pies cúbicos) por segundo. Esta diferencia se debe principalmente al aumento en la superficie del terreno destinado a derecho de vía, debido a la mayor distancia entre los diques, en la parte alta, entre Juárez-El Paso y el arroyo El Alamo; el aumento en el volumen de terracerías, debido principalmente a la mayor sección transversal requerida en los cortes profundos abajo del Arroyo del Alamo; y a la mayor longitud de los puentes y de las estructuras de control de la pendiente. También se aumenta el área por desmontar.

- (a) El área adicional para derecho de vía es como de 800 hectáreas (2000 acres), con un costo de 100,000 dólares. El volumen adicional de terracerías se estima en 4.150.000 metros cúbicos (5.424.000 yardas cúbicas), que, a razón de 0.18 dólares por metro cúbico importaría 747,000 dólares. El aumento de longitud de las estructuras de control de la pendiente y de los puentes importaría la suma adicional de 350,000 dólares. Por concepto de demontes se aumentarían 35,000 dólares. El total de las cantidades anteriores es de 1,232,000 dólares, y si a esta cantidad se agrega el 20% por concepto de dirección, administración e imprevistos, el costo total adicional sería de 1,480,000 dólares.
- (c) Así pues, se ve que el costo de la Presa de Caballo, que es de 1,350,000 dólares resulta ampliamente compensado por las economías que pueden hacerse en las obras entre el Monumento No. 1 de la línea terrestre y la entrada del Cañón de Quitman, lográndose un ahorro de 250,000 dólares. Además de este ahorro, se disminuye en 800 hectáreas (2000 acres) la extensión de terreno que, por formar parte del cauce, resultaría irremisiblemente perdida para el cultivo y a la vez se ahorra por concepto de gastos de conservación una cantidad anual cuyo monto no puede precisarse.

#### VII. RECOMENDACIONES.

Con todo respeto se hacen las siguientes recomendaciones:

- (a) Que se construya el cauce rectificado de acuerdo con los lineamientos estable-



cidos en este informe y en sus anexos.

- (b) Que se construya una presa de retención con un vaso de capacidad no menor de -- 123.350.000 Mts. cúbicos (100.000 acres pies) en Caballo, Nuevo México, E.U.A..
- (c) Que se igualen las áreas por segregarse de cada país modificando el trazo del cauce proyectado, en la forma que la Comisión estime conveniente.
- (d) Que cada país adquiera la parte que le corresponda de los terrenos por segregarse y de los necesarios para derecho de vía, a fin de extinguir los derechos de propiedad particular sobre dichos terrenos.
- (e) Que ambos países cambien entre sí las áreas iguales de terrenos segregados así -- como la parte respectiva de los terrenos adquiridos para derecho de vía, a fin -- de que cada país tenga, en el futuro, jurisdicción hasta el centro del cauce rec-- tificado en donde éste constituya el Límite Internacional.
- (f) Que la Comisión Internacional de Límites tenga a su cargo los trabajos de cons-- trucción de las obras y la conservación de ellas una vez terminadas.

#### VIII. ANEXOS.

Se acompañan los cinco anexos siguientes:

##### ANEXO NUMERO 1.- Perfiles del Río.

Muestra gráficamente el perfil actual del Río entre la Presa del Elefante y el Cañón de Quitman y el perfil que se obtendrá al hacer la rectificación del -- Río.

##### ANEXO NUMERO 2.- Plano de localización.

En un plano general del Valle de Juárez-El Paso se ha mostrado el trazo -- preliminar indicándose con colores y en una tabla numérica los terrenos por se-- gregar.- En la Isla de San Elizario se muestran dos trazos, uno que sigue en ge-- neral el cauce actual del Río y otro que sigue en general el actual Límite Inter-- nacional.

ANEXO NUMERO 3.- Secciones transversales tipos.

En este anexo aparecen gráficamente las secciones transversales proyectadas, con sus características hidráulicas.

ANEXO NUMERO 4.- Cuencas de drenaje.

En este anexo se han indicado con colores y con cifras numéricas las cuencas de drenaje controladas por la presa del Elefante y por la proyectada Presa de Caballo.

ANEXO NUMERO 5.- Presupuesto.

IX. COLABORACION.

(a) En la preparación de este informe colaboraron con los Ingenieros Consultores de la Comisión, Los Asesores Técnicos, Señores, Ingenieros Salvador Arroyo, Jefe de la Comisión de Obras de Defensa del Río Bravo en Juárez, Chih. y W.E. Robertson, Presidente del Comité de Rectificación del Río de la Cámara de Comercio de El Paso; habiéndose aprovechado los datos valiosos contenidos en informes previamente formulados sobre este problema por diversos ingenieros y Oficinas, principalmente los siguientes:

1.- "Informe sobre la Rectificación del Río Bravo", por el Comité especial de Ingenieros del Capítulo de El Paso de la Asociación Americana de Ingenieros. 5 de junio de 1922.

2.- "Informe sobre las condiciones del Río Bravo en el Sistema de Irrigación Río Grande", por L.M. Lawson, Ingeniero del Departamento del Interior de los Estados Unidos. 10 de marzo de 1925.

3.- "Mejoramiento del cauce del Río Bravo abajo de El Paso" por el Ingeniero Salvador Arroyo, del Gobierno de México. Marzo de 1925.

4.- "Memoria presentada a los Gobiernos de México y de los Estados Unidos y a la Comisión Internacional de Límites relativa a la rectificación de un tramo del Río Bravo en el Valle de Juárez El Paso", por los Ingenieros Salvador Arroyo y - L.M. Lawson. 25 de abril de 1925.



5.- Informe común sobre la "Memoria" anterior, por los señores Randolph E. Fishburn y Armando Santacruz Jr., Ingenieros Consultores de la Comisión Internacional de Límites. 12 de mayo de 1935.

6.- "Efectos del almacenamiento de las aguas del Río Grande sobre la erosión y el azolve de la corriente", por el Ingeniero L.M. Lawson, Superintendente del Sistema, Oficina de Irrigación de los Estados Unidos. El Paso, Texas, mayo de 1933.

7.- "El régimen actual del Alto Río Grande y el problema a que ha dado lugar en el Valle de Juárez-El Paso", por el Ingeniero Salvador Arroyo, Jefe de la Comisión de Obras de Defensa del Río Bravo en C. Juárez. Chih. Mayo de 1933.

8.- "Informe sobre la rectificación del Río Grande" por J.L. Savage, Ingeniero Proyectista en Jefe del "Bureau of Reclamation" de los Estados Unidos. 23 de noviembre de 1923.

9.- "Informe sobre presupuestos preliminares para la rectificación del Río Bravo de Juárez-El Paso al cañón de Quitman", por los Ingenieros Salvador Arroyo y C.M. Ainsworth. Diciembre de 1928.

10.- "Proyecto de rectificación del Río Bravo entre Juárez-El Paso y el Cañón de Quitman", por el Ingeniero R.M. Priest, Superintendente del Sistema de Yuma del "Bureau of Reclamation" de los Estados Unidos. 2 de mayo de 1929.

Con todo respeto,

México, D.F. julio 16 de 1930.

Prusand Plutacruz  
Ingeniero Consultor de la Sección Mexicana.-

W. Ainsworth  
Ingeniero Consultor de la Sección de Estados -  
Unidos.

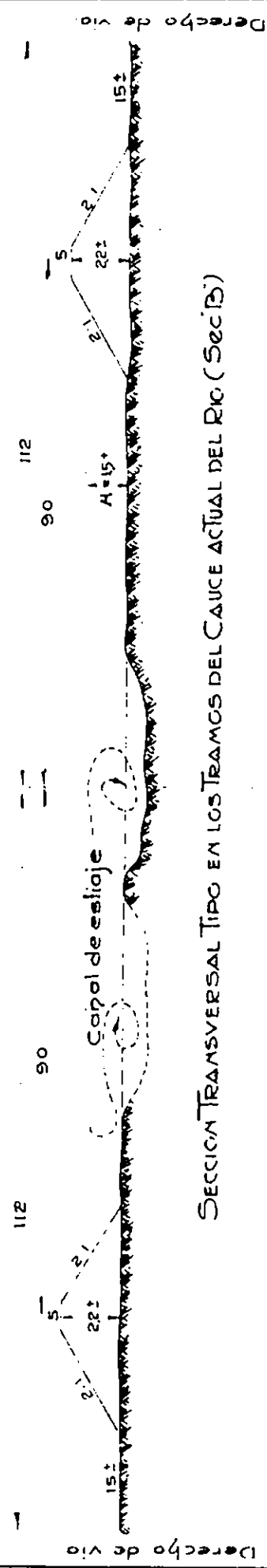
A los Honorables Comisionados de la  
Comisión Internacional de Límites  
Entre México y los Estados Unidos,

PRESENTE .

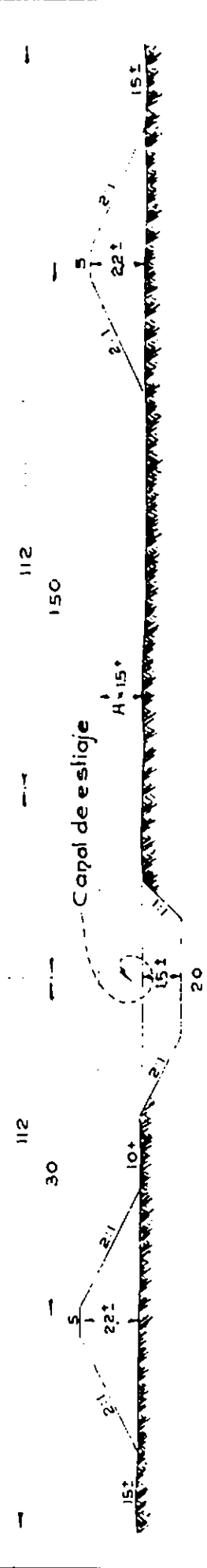




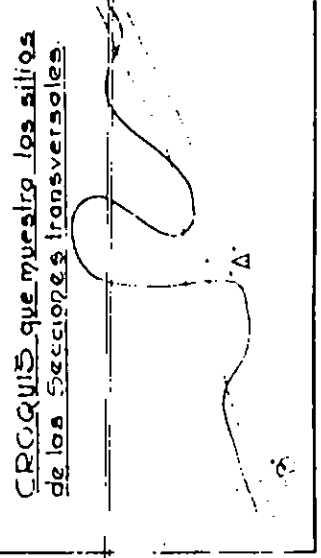
SECCION TRANSVERSAL TIPO EN LOS CORTES ARRIBA DE TORNILLO (Sec A)



SECCION TRANSVERSAL TIPO EN LOS TRAMOS DEL CAUCE ACTUAL DEL RIO (Sec B)



SECCION TRANSVERSAL TIPO EN LOS CORTES ABAJO DE TORNILLO (Sec A')



OFICINA DE DIBUJO Y FOTOGRAFIA

Comision Internacional de Limites entre Mexico y los E.E.U.U.  
 Proyecto de rectificacion del Rio Bravo entre Cuatrecasas, El Paso y el Cañon de Guzman.  
 Secciones Transversales Tipo/ para un galo de 314 pies<sup>2</sup> (1000 pies<sup>2</sup>)

FUNCIONES HIDRAULICAS  
 n = 0.025 ----- Canal Normal  
 n = 0.030 ----- Canal Mayor  
 A 254 a 287 P 158 a 174 r 47 a 75 V 32' a 57'-10" a 17"  
 S. 0.0045 a .0008 Q. 10700 a 11600 m<sup>3</sup>/s. 303 a 320 3.5 m/s  
 Molo Acolaciones en metros

Anexo # 3

UNITED STATES RECLAMATION SERVICE  
RIO GRANDE PROJECT NEW MEXICO

RIO GRANDE  
DRAINAGE BASIN

Scale 1 Inch = 60 Miles

*Nota:*  
En Junio de 1930 la Comisión Internacional  
de Límites agregó la tabla que se inclu  
ye sobre áreas de drenaje corregidas

UTAH COLORADO  
NEW MEXICO

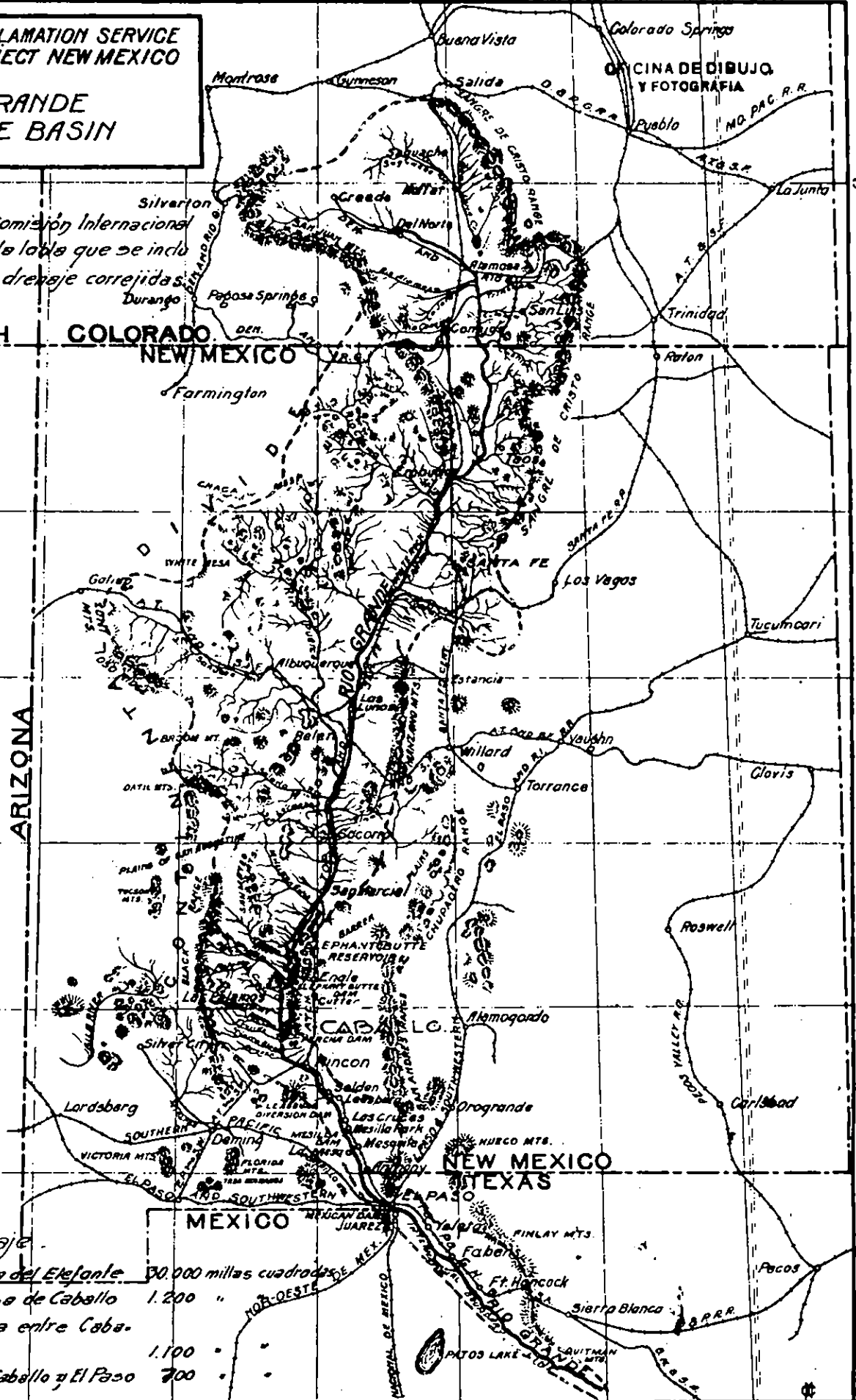
ARIZONA

MEXICO

NEW MEXICO  
TEXAS

Áreas de drenaje

- Controlada por la Presa del Elefante 30,000 millas cuadradas
- Controlada por la presa de Caballo 1,200 "
- Área no controlada entre Caba-  
llo y El Paso 1,100 "
- Área controlada entre Caballo y El Paso 700 "



H114011-4



PROYECTO DE RECTIFICACION  
DEL CAUCE DEL RIO BRAVO ENTRE JUAJAREZ, EL PASO Y EL CAÑON DE QUITMAN.  
PRESUPUESTO PARA UN CAUCE ARTIFICIAL DE 314 Mts. CUBICOS (11.000 pías)  
POR SEGURO.

<u>DESCRIPCION DE VIA.</u>	DOLARES.
<u>México.</u>	
1650 hectáras a Dls.50 (4080 acres a Dls.20)	\$ 82.500.
<u>Estados Unidos.</u>	
1650 hectáras a Dls. 200 (4080 acres a Dls.81)	" 330.000. \$ 412.500
 <u>AREAS SEGREGADAS.</u>	
<u>México.</u>	
1400 hectáras a Dls.40 (3460 acres a Dls.16)	" 56.000.
<u>Estados Unidos.</u>	
1400 hectáras a Dls.150 (3460 acres a Dls.60)	" 210.000. \$ 266.000
 <u>TERRACERIAS.</u>	
3.650.000 Mts. Cúbs. de excavación a Dls.0.18. \$ 657.000. (4.775.000 yds. cúbs. a Dls.0.138)	
6.870.000 Mts. Cúbs. en diques a Dls. 0.18. "1236.600 \$ 1893.600 (8.925.000 yds. cúbs. a Dls. 0.138).	
 <u>DESCARTE DEL DERRAMO DE VIA.</u>	
2.400. hectáras a Dls. 62.50.	
(6.000. acres a Dls.25.30. -----	150.000.
 <u>VARIOS.</u>	
<u>Trabajos arriba del Corte de Córdoba.</u>	
<u>México.</u> -----	25.000
<u>Estados Unidos</u> -----	100.000
 <u>MODIFICACIONES EN LAS OBRAS DE RIEGO Y DRENAJE.</u>	
<u>México.</u> -----	75.000
<u>Estados Unidos</u> -----	150.000
Estructuras para controlar la pendiente (10) --	675.000
Puentes ( 6 ) -----	300.000
SUB-TOTAL. -----	\$ 4047.100
Gastos de Dirección, Administración e Impro- vistos, 20% del sub-total -----	\$ 809.400.
TOTAL -----	\$ 4856.500.
 <u>PIESA EN CABALLO.</u>	
Vaso con capacidad de 123.350.000 Mts. cúbicos. (100.000 acres pías) -----	\$ 1250.000
GRAN TOTAL .-----	\$ 6106.500

NOTA:

Los valores unitarios menores de los terrenos segregados, en comparación - con los que figuran para el derecho de vía, provienen de que se ha supuesto que puede recobrase una parte del valor de los terrenos segregados, por venta - de los mismos después de hechas las obras.