

2585

DESCRIPCIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA

U. N. A. M.

"PROYECTO DE LA ESTRUCTURA DE CRUCE DEL CANAL
PRINCIPAL DE EL HUMAYA, CON EL ARROYO GRANDE,
PARA UNA CAPACIDAD DE 100 $m.^3/seg.$ "

T E S I S

que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a :

CARLOS VALENCIA JUAREZ Y EVIA

México, D. F.

1962





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A mis Papás y Hermanos,
con cariño y agradecimiento.**

**Al Ing. Gmo. Alvarez de la Cadena,
por su valiosa ayuda para la realización
de este trabajo.**

A mi prometida:
Srita. Aurora Ortiz Flores,
con todo mi amor.

A mi Escuela y Maestros,
con profundo agradecimiento.

A mis compañeros y amigos,
con afecto y estimación.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMIA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
Dirección
Núm. 73-
Exp. Núm. 73/214.2/1.

Al Pasante señor Carlos VALENCIA JUAREZ Y REVIA
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Guillermo Alvarez de la Cadena, para que lo desarrolle como tesis en su examen profesional de Ingeniero CIVIL.

PROYECTO DE LA ESTRUCTURA DE CRUCE DEL ARROYO GRANDE CON EL
CANAL PRINCIPAL DE "EL HUMAYA" PARA UNA CAPACIDAD DE 100 m³/seg.

"El desarrollo del tema deberá comprender los siguientes puntos:

- 1).- Descripción general del Distrito de Riego del Río Culiacán, S.L.
- 2).- Planeación General del aprovechamiento del Río Culiacán.
- 3).- Selección del tipo de estructura para efectuar el cruce del Canal del Humaya, con el Arroyo Grande.
- 4).- Diseño detallado de la estructura que se elija de acuerdo con el punto anterior."

La Tesis constará de las memorias, diseños, cálculos, planos y un programa general para la construcción de la obra.

En caso a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar examen profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Muy atentamente,

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F. 11 de Julio de 1962.
EL DIRECTOR

Antonio Dovalí Jaime
Ing. Antonio Dovalí Jaime

[Firma]
ADJ'EMO' e ag

INDICE:

CAPITULO I.-

Descripción General del Distrito de Riego del Río Culiacán, Sin.

CAPITULO II.-

Planeación General del Aprovechamiento del Río Culiacán.

CAPITULO III.-

Selección del Tipo de Estructura para efectuar el cruce del Canal Principal de El Humaya con el Arroyo Grande.

CAPITULO IV.-

Diseño Detallado del Sifón de Arroyo Grande. Cálculos Hidráulicos. Cálculos Estructurales. Presupuesto y Programa de Construcción de la Obra.

C A P I T U L O I

DISTRITO DE RIEGO DEL RIO CULIACAN, SIN.

1).- Situación:

Este Distrito de Riego ocupa la parte central del Estado de Sinaloa, al suroeste y noroeste de la Ciudad de Culiacán. Principia en las inmediaciones de esa ciudad, y termina a unos cuantos kilómetros del mar. Comprende los terrenos de ambas márgenes del Río Culiacán, limitados por los paralelos 24°27' y 24°58' norte, y los meridianos 107°27' y 107°50' al oeste del meridiano de Greenwich.

La altitud sobre el nivel del mar, vá desde 40 metros en las cercanías de Culiacán hasta 6 ó 7 en las inmediaciones de la costa.

En general, los terrenos son planos, de buena calidad, y de drenaje deficiente.

2).- Límites:

El Distrito de Riego de Culiacán, en su zona cultivable, queda limitado, al norte, por la línea del ferrocarril Sud-Pacífico de México, Lomeríos de Culiacán (Cerros de la Chiva, de La Cofradía, etc.); al sur, por las marismas y Bahía de Altata en el Golfo de California; al este, por el Cerro Colorado, la línea del ferrocarril Sud-Pacífico de México y las marismas, y, al oeste, por las marismas, el Oceano Pacífico y el Golfo de California.

3).- Corrientes aprovechables:

Se aprovechan las aguas del Río Culiacán, formado por sus dos afluentes principales, El Humaya y el Tamasula. Las características hidrológicas de estos ríos, están resumidas en la tabla de la hoja 2.

RIO:	HASTA:	CUENCA: (Km ²)	VOLUMENES ANUALES millones de m ³			GASTO MAXIMO: (m ³ /seg.)	PERIODO:
			Medio:	Máx.: (1926)	Mín.: (1929)		
Culliacán	Pte. S. Pac.	16300	3878	6277 (1926)	1602 (1929)	11000 9 dic. 43	1924 a 1944
Tamasula	Picachos	3212	1029	1405 (1943)	598 (1940)	1704 24 sep. 43	1938 a 1943
Tamasula	Pte. Cañedo	3922	1144	1979 (1935)	599 (1937)	2276 30 ago. 44	1933 a 1944
Humaya	Tierra Blanca	12350	2536	4085 (1938)	1904 (1934)	3434 24 dic. 39	1933 a 1939
Humaya	Palos Blancos	12260	2190	3572 (1943)	1564 (1940)	8340 9 dic. 43	1939 a 1944

4).- Creación del Distrito de Riego de Culiacán.

El actual Distrito de Culiacán fué iniciado en el año de 1920, con las gestiones del C. Gobernador del Estado, C. General Angel-Flores para obtener del Gobierno Federal un préstamo de dos y medio millones de pesos, que se dedicarían a la creación de un sistema de riego denominado Rosales o Canal Rosales; este sistema se abrió en los años de 1921-1922. En su origen, el sistema carecía de concesiones federales para el uso de las aguas del río Culiacán, y fué necesaria la formación de una Sociedad Civil, cuyo fin expreso era el de adquirir estas concesiones. La sociedad que se formó fué denominada "Compañía Irrigadora del Humaya, S. C." y en ella el Gobierno del Estado de Sinaloa mantenía la mayoría de representación, con una inversión inicial a la formación de \$ 2 265 000.00, cuya representación sería ampliada hasta \$ 2 500 000.00.

Los propietarios de las tierras beneficiadas por la irrigación, aportarían a la mencionada Empresa \$ 500 000.00 representados por 10 000 acciones, con valor nominal de \$ 50.00 cada una. Además, se pactó que cada hectárea de tierra regada quedaría representada por una acción. De esta manera se inició la venta de las acciones, llamadas pagadoras. Los propietarios de terrenos habían suscrito hasta el año de 1931, 7 900 acciones. Desde la iniciación del Sistema de Riego-Canal Rosales, se presentaron muchas dificultades en su operación; la obra se inició a la operación, al inaugurarse, en octubre de 1922, el Canal del mismo nombre que el Distrito. Empero, su servicio fué bastante deficiente, hasta que la estructura de la bocatoma fué concluida, en julio de 1924; en esta época, la Compañía del ferrocarril Sud-Pacífico de México terminaba la construcción del puente de dicha línea sobre el Río Culiacán. La bocatoma queda ligada al machón norte del referido puente.

A unos 13 kilómetros aguas abajo de la bocatoma, cerca de Culiacancito, el Canal Rosales se bifurca en dos ramales principales: el llamado Canal del Norte y el llamado Canal del Sur. El Canal del Norte, solo se inició en unos cuantos kilómetros, no habiendo sido posible que rindiera ningún servicio. El Canal del Sur se terminó en una

4).- Creación del Distrito de Riego de Culiacán.

El actual Distrito de Culiacán fué iniciado en el año de 1920, con las gestiones del C. Gobernador del Estado, C. General Angel-Flores para obtener del Gobierno Federal un préstamo de dos y medio millones de pesos, que se dedicarían a la creación de un sistema de riego denominado Rosales o Canal Rosales; este sistema se abrió en los años de 1921-1922. En su origen, el sistema carecía de concesiones federales para el uso de las aguas del río Culiacán, y fué necesaria la formación de una Sociedad Civil, cuyo fin expreso era el de adquirir estas concesiones. La sociedad que se formó fué denominada "Compañía Irrigadora del Humaya, S. C." y en ella el Gobierno del Estado de Sinaloa mantenía la mayoría de representación, con una inversión inicial a la formación de \$ 2 265 000.00, cuya representación sería ampliada hasta \$ 2 500 000.00.

Los propietarios de las tierras beneficiadas por la irrigación, aportarían a la mencionada Empresa \$ 500 000.00 representados por 10 000 acciones, con valor nominal de \$ 50.00 cada una. Además, se pactó que cada hectárea de tierra regada quedaría representada por una acción. De esta manera se inició la venta de las acciones, llamadas pagadoras. Los propietarios de terrenos habían suscrito hasta el año de 1931, 7 900 acciones. Desde la iniciación del Sistema de Riego-Canal Rosales, se presentaron muchas dificultades en su operación; la obra se inició a la operación, al inaugurarse, en octubre de 1922, el Canal del mismo nombre que el Distrito. Espero, su servicio fué bastante deficiente, hasta que la estructura de la bocatoma fué concluida, en julio de 1924; en esta época, la Compañía del ferrocarril Sud-Pacífico de México terminaba la construcción del puente de dicha línea sobre el Río Culiacán. La bocatoma queda ligada al machón norte del referido puente.

A unos 13 kilómetros aguas abajo de la bocatoma, cerca de Culiacancito, el Canal Rosales se bifurca en dos ramales principales:-- el llamado Canal del Norte y el llamado Canal del Sur. El Canal del Norte, solo se inició en unos cuantos kilómetros, no habiendo sido posible que rindiera ningún servicio. El Canal del Sur se terminó en una

distancia de 36 kilómetros a lo largo de las tierras aluviales que siguen por la orilla derecha del río, y hasta un límite por el norte que liga a estas tierras con los bajíos del Estero del Tule. El trazo del canal indudablemente obedeció al propósito de regar la máxima extensión de tierras cultivables; sin embargo, debido a las deficiencias de construcción de las obras iniciadas por el Gobierno del Estado de Sinaloa, hubo de reconocerse que en lo general el sistema del Canal Rosales estaba constituido por obras de carácter provisional, y, en consecuencia, -adolecía de todos los defectos ocasionados por las exigencias impuestas al Ingeniero constructor para que terminara con la mayor rapidez la planeación, proyectos y ejecución de las referidas obras. Los defectos - más notables aparecieron en la falta de perfiles, en la ausencia de datos de las secciones, tanto de los canales principales como de los secundarios, y, en una palabra, en deficiencia de trazos que reunieran la condición de un proyecto de conjunto para el riego de la mayor superficie posible de dominarse con las aguas derivables, en la bocatoma del machón norte del puente del ferrocarril Sud-Pacífico.

Según una serie de informes rendidos desde el año de 1930 ya por esas fechas el sistema de riego del Canal Rosales había degenerado no solo en su aspecto técnico relativo a la operación y conservación de las obras realizadas, sino que la Compañía Irrigadora del Humaya, - S. C., constituía un centro dispensador de canonjías y privilegios para los influentes, y, en consecuencia, estaba a punto de fenecer por graves deficiencias económicas, ya en las postrimerías de 1931.

Por la misma época en que se proyectaba el Canal Rosales, se organizó la Compañía Azucarera Almada, empresa particular que obtuvo del Gobierno Federal en 1902, las concesiones necesarias para utilizar parte de las aguas del Río Culiacán en el riego de tierras localizadas en la margen izquierda de dicho río. Para este fin, proyectó y construyó, antes de la iniciación de las obras del Canal Rosales, el denominado Canal Cañedo, el cual tiene su bocatoma exactamente enfrente al del Canal Rosales, es decir, en el machón sur del puente del ferrocarril - Sud-Pacífico.

La capacidad del Canal Cañedo es suficiente para abastecer de riego a unas 9 000 hectáreas. Su desarrollo es paralelo al curso del Río Culiacán, por la margen izquierda llegando hasta el pueblo de Navolato, en donde se encuentra establecido el Ingenio Azucarero — "La Primavera", propiedad de la Compañía Almada; las tierras que se riegan con las aguas de este canal, son circundantes al pueblo de Navolato, y están principalmente dedicadas al cultivo de la caña de azúcar. De la superficie dominada por el Canal Cañedo, aproximadamente unas 4 a 5 000 hectáreas se cultivan actualmente con caña de azúcar.

5).- Intervención del Gobierno Federal en la construcción del Sistema de Riego del Canal Rosales.

Con motivo de los informes obtenidos por la Comisión Nacional de Irrigación (actual Secretaría de Recursos Hidráulicos) respecto a los desarreglos, tanto en la operación como en el mantenimiento, del antiguo sistema de riego del Canal Rosales, y por gestiones de prominentes accionistas del mencionado sistema, quienes solicitaban del Gobierno Federal que este se adjudicara en traspaso las obras, el activo y pasivo de la Compañía Irrigadora del Humaya, S. C., para ser explotada como Sistema Nacional de Riego, de acuerdo con las normas y bases establecidas por la Comisión Nacional de Irrigación, en Decreto del Ejecutivo Federal del 15 de diciembre de 1932, se autorizó a la Comisión Nacional de Irrigación para recibir de la Compañía Irrigadora del Humaya, el sistema creado por el Gobierno del Estado de Sinaloa y, asimismo se autorizó a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para abonar a la cuenta del Gobierno del Estado de Sinaloa, la cantidad de \$ 2 273 379.27 como inversión reconocida en las obras del Canal Rosales

A su vez, el Gobierno del Estado de Sinaloa, en el Decreto número 19 del 27 de octubre de 1932, aprobaba el traspaso del sistema de riego del Canal Rosales a la Comisión Nacional de Irrigación., En acta levantada el 26 de diciembre de 1942, ante representantes del Gobierno del Estado de Sinaloa, y en reunión del Consejo Directivo de la Compañía Irrigadora del Humaya, S. C., la Comisión Nacional de Irrigación, por medio de sus representantes, recibió el sistema de riego ac -

tualmente denominado "Distrito de Riego del Río Culiacán, Sin."

El C. Ing. Adolfo Orive Alba, en un informe que presentó en diciembre de 1932, hizo una descripción de la situación del actual - Distrito de Riego, puntualizando las obras que era necesario realizar - para conservar las ya existentes, y las necesarias para la ampliación - del área cultivable.

Posteriormente, en junio de 1933, el Ing. Consultor - Andrew Weiss rindió un informe, describiendo y aconsejando las obras - de inmediata realización para poner bajo cultivo 8 000 hectáreas de las tierras dominadas por el Canal Rosales, con sus derivaciones Canal del Norte y Canal del Sur. Por lo restringido de los presupuestos de la - Comisión Nacional de Irrigación, dedicables al ensanchamiento del sistema de riego del Canal Rosales, no pudieron sino realizarse obras de - protección a las ya existentes, y las necesarias de conservación de canales y drenes en operación. En todo esto, siempre se siguió y hasta - la fecha continúan realizándose los estudios y los consejos indicados - como más ventajosos dados por el Ing. Weiss.

6).- Estudios realizados por la Comisión Nacional de Irrigación.

Como consecuencia de la intervención del Gobierno Federal por conducto de la Comisión Nacional de Irrigación, en la operación y - conservación del antiguo sistema de Riego Canal Rosales, la misma Comisión Nacional de Irrigación hizo un estudio respecto de las características de las obras realizadas por iniciativa del Gobierno del Estado de Sinaloa, y en consecuencia, determinó, al recibirlas, que tales obras, - por las ampliaciones susceptibles de hacer para beneficiar el riego de las tierras en las márgenes del río Culiacán, podrían constituir un sistema nacional de riego, habiéndose originalmente denominado por la misma Comisión Nacional de Irrigación, Sistema Nacional de Riego No. 10. - Al cambio de denominación de los sistemas de riego, después de que estos fueron traspasados al Banco Nacional de Crédito Agrícola, pasó a - llamarse Distrito de Riego del Río Culiacán, Sin., con el que se le conoce en la actualidad.

Los primeros estudios encaminados a la transformación de la zona cultivable, fueron reconocimientos de la región, y los levantamientos topográficos que sirvieron para la realización de los estudios agronómicos con los que de una manera definitiva han podido determinarse las superficies de tierras de alta calidad y que quedan comprendidas dentro de las clasificaciones primera, segunda y tercera clases.

Al mismo tiempo que se realizaron los estudios topográficos y agronómicos del Distrito de Riego de Culiacán, se hicieron estudios relacionados con la red de canales y su operación eficiente. Se hizo también el estudio correspondiente para el drenaje de las tierras, pues como se indicó en las características que antes se mencionaron, la superficie de los terrenos regables en el Distrito de Riego de Culiacán es muy plana, con una ligera inclinación hacia el mar, — condición ésta que es algo favorable a la formación de salitres etc., por el mal drenaje natural, por lo que para su cultivo, dentro de bases técnicas, se hace indispensable una buena red de drenes, que permitan eliminar la gran cantidad de sales que en ocasiones presentan algunas zonas de terrenos de magnífica composición.

La Comisión Nacional de Irrigación, orientada con los informes de sus ingenieros Consultores y del Ing. Adolfo Orive Alba, encontró razonable hacer un estudio sustancial de las cuencas de los ríos Humaya y Tamazula, a fin de determinar en cual de dichos ríos, ó si en ambos a la vez, debería promoverse la construcción de vasos de almacenamiento que permitieran aumentar la superficie cultivable en el Distrito; pues por razones de grandes deficiencias de los ríos Humaya y Tamazula, y consecuentemente del río Culiacán, durante las épocas de estiaje, no era posible considerar una extensión de cultivo mayor de 20 000 hectáreas.

Después de que los estudios de reconocimiento de las cuencas de los ríos arriba mencionados quedaron terminados, se hicieron los levantamientos topográficos correspondientes, encontrándose aconsejable y técnicamente correcto construir, en primer término, un vaso de

almacenamiento aguas abajo del punto denominado Picachos, sobre el río - Tamazula, y construir un dique en el Puerto de Sanalona, con el cual - - y con el dique secundario del Puerto del Tlacuache, podrían almacenarse en el río Tamazula alrededor de 500 millones de m³.

El Ingeniero Consultor Andrew Weiss, en su informe de Junio de 1933, dice que siempre y cuando se deseen, aprovechar las extracciones en el vaso de Sanalona para propósitos de generación de energía eléctrica, convendrá estudiar la construcción de otro vaso de almacenamiento aguas arriba del de Sanalona, y cerca del punto denominado Tamazula, con lo cual el vaso de Sanalona se utilizaría para cambiar el régimen de extracciones para generación en Tamazula, a régimen de riego en Sanalona. Los levantamientos topográficos han demostrado posibilidades de almacenar hasta 270 millones de m³ en el vaso de Tamazula. Este almacenamiento, aprovechado exclusivamente para generación, o en un tipo de extracciones para complementar la generación posible de obtenerse en Sanalona, podría significar una atractiva y barata fuente de generación de energía eléctrica, que permitiría, en cualquier caso impulsar o incrementar el consumo eléctrico para usos domésticos en el Distrito de Riego — de Culiacán, y asimismo, favorecer el desarrollo industrial con el abastecimiento de energía barata.

C A P I T U L O II

PLANEACION GENERAL DEL APROVECHAMIENTO DEL RIO CULIACAN

El programa para el aprovechamiento integral de los recursos hidráulicos del río Culiacán en usos múltiples, se está realizando en varias etapas sucesivas, respondiendo a las crecientes demandas regionales y nacionales, y teniendo como objetivo básico el desarrollo armónico de la región.

El aprovechamiento de las aguas de estiaje y avenidas — del río Culiacán, se fué haciendo paulatinamente durante un largo periodo iniciado a fines del siglo pasado, llegándose a regar con obras rudimentarias un área de 13 000 hectáreas, localizada en ambos márgenes de la corriente. A partir de 1933 la Comisión Nacional de Irrigación se hizo cargo del sistema consiguiendo hacer el aprovechamiento máximo del régimen natural del río Culiacán, para regar 31 400 hectáreas, con las limitaciones impuestas por el irregular escurrimiento de la corriente.— En estas condiciones se inició en 1942, el desarrollo del Distrito, planeado en tres etapas:

PRIMERA ETAPA:

Los estudios hidrológicos efectuados, señalan la necesidad que había, de complementar el régimen del río Culiacán en el sitio de la derivación, por medio de un almacenamiento para atender las demandas de la zona entonces regada, más las ampliaciones que se proyectaban en el Distrito. Esto se ha logrado mediante la construcción de la Presa de Sanalona.

Como el escurrimiento del río Culiacán en el sitio de la derivación, está formado por el río Humaya, que aporta casi las dos terceras partes del volumen total, y por el del Tamazula, que aporta una tercera parte, durante varios meses del año, no será necesario extraer agua de la presa de Sanalona, porque el río Humaya aporta la necesaria para satisfacer las demandas de riego. Como resultado del último estu-

dio hidrológico, se construyó la Presa de Sanalona, con una capacidad total de 845 millones de metros cúbicos, de los cuales 100 millones es tán destinados al depósito de azolves, y 745 para almacenamiento útil, con los cuales se puede asegurar un aprovechamiento medio anual de — 1 168 millones de metros cúbicos en la derivación, que permitirá el — riego de una superficie de 95 000 hectáreas con una lámina bruta de — 1.25 metros.

OBRAS CONSTRUIDAS

Bocatoma y Canal Rosales

La obra de toma se encuentra en la margen derecha del — río Culiacán, inmediatamente aguas abajo del puente del ferrocarril — Sud-Pacífico. La toma está formada por una batería de cinco tubos de concreto de 1.80 m. de diámetro y 340 m. de longitud. Tiene capacidad para derivar hasta $36 \text{ m}^3/\text{seg.}$, pero debido a las condiciones actuales de la estructura, se ha recomendado derivar únicamente de $25 \text{ a } 28 \text{ m}^3/\text{seg.}$, como máximo. El canal tiene una plantilla de 10 m., con taludes 1.5:1 y con capacidad de $36 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y una longitud de 13 kilómetros, — después de los cuales se bifurca en los canales Norte y Sur. El Canal Norte está construido en una longitud de 12 kilómetros con capacidad — inicial de $6 \text{ m}^3/\text{seg.}$ El Canal Sur, se encuentra en servicio en una — longitud de 32 kilómetros con una capacidad inicial de $25 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Bocatoma y Canal Cañedo.

La obra de toma se encuentra en la margen izquierda del — río, inmediatamente aguas abajo del puente del ferrocarril Sud-Pacífico tiene capacidad para derivar $11 \text{ m}^3/\text{seg.}$, y es propiedad de la Com — pañía Azucarera Antonio Almada.

El canal tiene una capacidad inicial de $11 \text{ m}^3/\text{seg.}$ En — algunos lugares se encuentra en muy mal estado, azolvado, y en otros, — en que se acerca mucho al río, ha sido destruido por las avenidas, es — pecialmente la de diciembre de 1943, que causó muchos perjuicios.

El sistema Cañedo beneficia en la actualidad unas 9 000 — hectáreas.

Derivación:

Durante las avenidas, el río tiene un tirante suficiente para dar el gasto máximo que pueden derivar las bocatomas. En tiempo de estiaje, la derivación se hace mediante un dique localizado inmediatamente aguas abajo de las bocatomas, que se construye anualmente, después de las avenidas, cuando el río tiene un gasto de unos $60 \text{ m}^3/\text{seg.}$, con tendencia a disminuir, y en el que se utilizan principalmente grava y arena del propio cauce del río.

PRESA DE SANALONA:

Está construida en el río Tamazula, afluente del Culiacán, a unos 35 kilómetros aguas arriba de la Ciudad de Culiacán, hasta donde se tiene una cuenca de captación de 3 212 kilómetros cuadrados. Las principales características de esta obra, a más de las hidrológicas indicadas anteriormente, son las siguientes:

Tipo de Cortina:

La cortina es de tipo mixto, de tierra con materiales -- graduados; tiene un corazón impermeable de tierra compactada, con taludes de grava, revestidos de enrocamiento; el talud de aguas arriba es de 3:1 y el de aguas abajo, de 2:1. La corona tiene 10 m. de ancho.

Elevación de la Corona	165.00 m. s. n. m.
Elevación máxima de embalse	162.00 m. s. n. m.
Elevación del cauce del río	85.00 m. s. n. m.
Altura máxima de la cortina	89.00 m. s. n. m.

Obra de Toma:

Las extracciones que se hacen a la Presa de Sanalona, -- son únicamente las necesarias para complementar el régimen generado en la cuenca del río Culiacán hasta el puente del Ferrocarril Sud-Pacífico, sitio en donde quedará localizada la presa de derivación de ambas márgenes.

Vertedor de Demasías:

El vertedor de demasías está localizado en el puerto que existe en la margen derecha. Es de cresta libre, con planta en curva, de perfil Creager, con una longitud de cresta de 100 m. y una carga — máxima de 3.00 m. Tiene una capacidad de descarga de $6\ 320\ m^3/seg.$

SEGUNDA ETAPA

Como la derivación se hacía en malas condiciones, debido a la falta de una presa derivadora de carácter definitivo, desperdi — ciándose grandes cantidades de agua, fué necesario, conforme se iba ampliando la superficie de riego, construir una derivadora definitiva — y completar y ampliar las obras de distribución del agua. Todas estas obras se describen a continuación.

Presa Derivadora.

La presa derivadora se localiza inmediatamente aguas aba — jo del puente del ferrocarril Sud-Pacífico. Es del tipo flotante, ver — tedora, de concreto simple con un revestimiento de concreto reforzado. Está desplantada sobre la grava y arena del cauce del río; el coeficien — te de Bligh para el paso de filtración, se consideró igual a 12. La co — rona se proyectó a la elevación 33.00 m. s. n. m., y tiene 5 metros de ancho, para utilizarse como vado para el paso de vehículos. La cresta vertedora tiene 490 m. de largo, y puede derramar un gasto de $9\ 000\ m^3/seg.$, con una carga de 5 m. Tiene dos tomas una en cada margen; la de la margen derecha se proyectó con una capacidad de $38\ m^3/seg.$, para servir 34 000 hectáreas, y la cota del agua a la salida de la toma es — de 32.59 m. s. n. m.; la de la margen izquierda tiene una capacidad de $80\ m^3/seg.$, para servir 64 000 hectáreas, con el agua a la elevación — 32.59 a la salida de la toma.

OBRAS EN LA ZONA DE RIEGO

Márgen Derecha.

En la margen derecha se riegan actualmente unas 34 000 — hectáreas, en las que únicamente se hicieron algunas mejoras a las — obras antiguas, principalmente, completar el sistema de drenaje y eje — cutar los trabajos de conservación y adaptaciones necesarias que re —

quiere la operación de cualquier sistema de riego.

Márgen Izquierda:

En la márgen izquierda, existe una gran extensión de terrenos agrícolas susceptibles de aprovecharse, de los cuales solamente se regaban unas 9 000 hectáreas. Los estudios agrológicos efectuados en esta márgen, cubren el total de terrenos disponibles.

Se cuenta con los levantamientos topográficos de esta márgen, con el objeto de ampliar la zona regable hasta 80 000 hectáreas.

El desarrollo de esta gran extensión se ha dividido en varias etapas, consistiendo la primera en las obras necesarias para asegurar, el riego de las 29 000 hectáreas ya abiertas al cultivo en ambas márgenes, y abrir además 15 000 hectáreas nuevas en la márgen izquierda, que se dedicarán al cultivo de caña de azúcar para abastecer a un Ingenio que se pretende establecer en las cercanías de San Rafael

Características Hidráulicas:

La topografía general de la zona de riego y los planos agrológicos, demuestran la conveniencia de llevar el trazo del canal tan alto como sea posible, con objeto de completar la superficie de 78 000 hectáreas que deben regarse en la márgen izquierda del río. Por otra parte, la sección del canal estará alojada en toda su longitud en tierra, que será menos compacta en su primer tramo a lo largo del barrrote del río.

Estas dos condiciones señalan la necesidad de adoptar una pendiente tan pequeña como sea posible, habiéndose fijado para la misma un valor de 0.0001, que es usual en canales de estas dimensiones. Por tratarse de un canal alojado en tierra, los taludes de la excavación serán de 1.5:1.

Las demás características de la sección propuesta, son las siguientes:

b = 20 m.	n = 0.0001
d = 3.84 m.	n = 0.025
A = 98.92 m ²	v = 0.80 m/seg.
r = 2.93 m.	Q = 79.14 m ³ /seg.

Capacidades de los canales:

La capacidad de los canales laterales fué determinada en función de las superficies que riegan, para cada uno de sus tramos, de acuerdo con la tabla G-C-1540 que ha adoptado la Secretaría de Recursos Hidráulicos en la planeación de la mayor parte de los Distritos de Riego. La capacidad del Canal Principal también se determinó con esa tabla.

Según el estudio hidrológico aceptado en noviembre de 1945, la superficie total regable con las aguas regularizadas del río Tamasula, en la Presa de Sanalona y con el régimen natural del río Humaya, sería de 112 000 hectáreas distribuidas, 34 000 en la margen derecha y 78 000 en la margen izquierda.

De acuerdo con esta última superficie, se propusieron 79 m³/seg. para la capacidad inicial del Canal Principal en la margen izquierda. Posteriormente, en abril de 1946, se hizo un estudio hidrológico tomando en cuenta la generación de energía hidroeléctrica en la Presa de Sanalona, con lo cual se redujo la superficie regable a 95 000 hectáreas, no variándose la superficie de 34 000 hectáreas consideradas para la margen derecha, por contar con obras de distribución, por lo que en la margen izquierda se consideró únicamente 61 000 hectáreas por beneficiar.

Teniendo en cuenta que en el futuro podrían emprenderse otras obras de almacenamiento, que permitan la ampliación de la zona regable, se aumentó la capacidad del Canal Principal. También se tomó en cuenta que si se iba a cultivar caña de azúcar, en un momento dado se necesitaría regar simultáneamente una gran extensión de terrenos.

Criterio para la lotificación:

Para facilitar la operación de los Distritos de Riego, se forman lotes comprendidos entre 15 y 35 hectáreas de extensión, dotados de una toma independiente cada uno. Se ha procurado, siempre que las condiciones del terreno lo permiten, tener lotes de forma regular de 25 hectáreas de extensión, y cuyos linderos queden definidos ya sea por canales, drenes o caminos, evitando, en lo posible, atravesar lotes con canales, drenes o caminos de servicio general.

Sistema de Caminos:

Al proyectar la red de caminos, se tuvo en cuenta que cada lote debe tener comunicación independiente por medio de caminos de uso general; además se consideró que la ciudad de Culiacán será el centro económico de toda la zona de riego, y por lo tanto los caminos principales deberán facilitar la comunicación entre dicha ciudad y los diferentes núcleos de la zona de riego. Los caminos, según su importancia, se subdividieron en cuatro clases: troncales, de primer orden de segundo y de tercer orden.

Caminos Troncales:

Se consideraron como troncales, el ya existente que va de Culiacán a Navolato y otro que va de Culiacán a El Dorado, siguiendo un trazo paralelo a la vía del ferrocarril en los primeros 11 kilómetros. A cualquiera de estos caminos quedaron conectados todos los de primer orden de la zona de riego, y algunos de los de segundo y tercer orden.

La sección transversal típica adoptada es la marcada con el número 1 en los proyectos tipo de la Dirección Nacional de Caminos, con un ancho total de 10 m. El ancho de la parte revestida es de 6.50 m. y el de la pavimentada, de 6 m., quedando por lo tanto, 2 m. de ancho de acotamiento a cada lado del camino.

Caminos de Primer Orden:

Se proyectó una cruz de caminos de Primer Orden, que conectan por el norte, con el camino troncal de Culiacán a Navolato, y -

por el oriente, con el troncal de Culiacán a El Dorado. La sección típica es igual a la de los caminos troncales, únicamente que los de primer orden serán revestidos, pudiéndose pavimentar en el futuro, si llega a ser necesario.

Camino de Segundo Orden:

Se procuró localizarlos formando cuadros de 4 kilómetros por lado, y conectando con los caminos troncales y los de primer orden. El ancho del revestimiento es solo de 3.00 m. Claro está que si llega a ser necesario, pueden ampliarse o hasta pavimentarse.

Camino de Tercer Orden:

Estos caminos, se proyectaron de tal manera que cada lote tenga su salida independiente y que no sea necesario caminar por ellos más de 2 kilómetros para conectar con un camino de segundo orden. La sección típica se considera igual a los de segundo orden, pero se construirá al ras del terreno, únicamente desmontando y conformando la parte ocupada por la cama del camino.

Bordo de Defensa:

Con el objeto de evitar las inundaciones que periódicamente ocurrían, principalmente en las zonas cultivadas en las vegas del Canal Cañedo, se construyó un bordo de defensa, compactado con el tránsito de camiones, a lo largo de la margen izquierda que se hizo con préstamos hechos en el propio cauce del río. Este bordo de defensa, tiene una corona de 6 m. de ancho, para que pueda utilizarse como camino, con una altura media de 3 m. Los taludes son de 1.5:1 y el talud del lado del río, queda protegido por un enrocamiento a volteo, de un metro de espesor.

Obras en Construcción:

Comprende la construcción de las obras para el control y aprovechamiento del Río Humaya en usos múltiples, incluyendo la Presa de almacenamiento "Presidente Adolfo López Mateos" con capacidad total de 3 150 millones de m³, la presa derivadora de El Rincón, el canal --

de El Humaya, con capacidad inicial de $100 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y las obras complementarias para regar 120 000 hectáreas de terrenos distribuidos en los Valles de Pericos, Guámuchil y Sinaloa, así como para asegurar el riego de 35 000 hectáreas del Valle de Culiacán, donde se presentan frecuentes deficiencias (véase plano No. 1 de esta Tesis, "Plano General del Distrito de Riego del Río Culiacán, Sin.") Cuando quede terminada esta etapa, se regarán un área de 215 000 hectáreas y el Valle de Culiacán quedará protegido contra inundaciones producidas por desbordamientos de los ríos.

Presa "Presidente Adolfo López Mateos".

Se están construyendo actualmente en la boquilla de El Varejonal, situada a unos 30 kilómetros al norte de la Ciudad De Culiacán. La cuenca de captación, se extiende hasta los Estados de Chihuahua y Durango y cubre un área total de $11\,570 \text{ km}^2$.

El vaso tiene una capacidad total de 3 150 millones de metros cúbicos, distribuidos como sigue: 135 millones de metros cúbicos para depósito de azolves, 2365 millones de m^3 para riego y generación de energía y 650 millones de m^3 para control de avenidas, siendo el área de embalse, de 11 340 hectáreas.

La boquilla está abierta en una formación de tobas brechoideas estratificadas, compacta e impermeable, conocida regionalmente como formación Baucarit. El fondo del cauce está cubierto por una capa de acarreo fluvial de 9 m. de espesor.

Cortina: De materiales graduados. Consta esencialmente de 3 zonas de materiales seleccionados:

1).- La central, que constituye el núcleo impermeable, con taludes de 0.5:1 en ambas caras; se emplea para esta zona material arcilloso colocado en capas de 20 cm. de espesor, compactada con 10 pasadas de rodillo pata de cabra.

2).- Las zonas de filtros, dispuestas entre el núcleo impermeable y los materiales permeables, están formados con grava y arena del río con taludes de 1:1 y compactadas en capas de 30 cm. de espe-

sor, con 4 pasadas de tractor.

3).- Las zonas permeables, formadas con roca proveniente de las excavaciones para alojar las estructuras y los bancos de préstamos, tienen taludes de 1.75:1 desde la corona hasta la elevación 176 m., continuando en el lado de aguas arriba con talud de 2.2:1 hasta la elevación 112.25 m., para terminar con talud de 3:1 hasta el terreno natural. En el lado de aguas abajo, tiene talud de 2:1, de la elevación 176 m. hasta la elevación 125 m., siguiendo con 3:1 hasta el terreno natural. Ambas caras, se protegerán con capas de roca seleccionada de 3 m. de espesor colocada a volteo, cubriendo en el lado de aguas arriba, desde la corona hasta la elevación 114 m. y en el lado de aguas abajo, todo el talud.

Para la cimentación de la cortina, se hizo una limpieza general del área de contacto quitando los materiales sueltos intermedios. En el cauce del río, se excavó una amplia trinchera de unos 9 m. de profundidad hasta descubrir la roca sana, tiene unos 80 m. de ancho en la base y taludes de 1.5:1, que se rellenó con tierra compactada para interceptar la capa de acarreo del río. En el centro de la trinchera y a lo largo del eje, se construyó un dentellón de concreto, de profundidad variable, que penetra en la roca sana de cimentación y en el corazón impermeable de la cortina. Apoyándose en el dentellón, se hicieron inyecciones profundas, que en general, tomaron poca lechada de cemento por lo cerrado de la formación. El promedio de lechada admitida fué de 1.16 sacos por metro lineal de perforación para inyección.

La cortina tiene 106.50 m. de altura total, 750 m. de longitud, 10 m. de ancho de corona y 472 m. de base. Cubica en total 7 093 332 m³ de materiales, correspondiendo 1 581 744 m³ a tierra compactada y 5 511 588 m³ a arena, grava y roca.

Propiedades Mecánicas: Corazón impermeable: Arcillas - poco compresibles, con 14% de grava, 24% de arena y 62% de finos, límite líquido, 45.1%; índice plasticidad, 26.3% densidad de sólidos, 2.690; peso volumétrico seco, 1720 Kg/m³; humedad óptima, 20%; resis -

tencia al corte en prueba triaxial rápida, $s = 0.59$ en Kg/cm^2 , y en ensayo triaxial consolidado rápido, $s = 0.45 + p \tan 16^\circ$ en Kg/cm^2 . Respaldos permeables: Grava y arena del río, con 77% de grava, 22% de arena y 1% de finos. Peso volumétrico seco $2\ 000\ \text{Kg}/\text{m}^3$; resistencia al corte, $s = p \tan 45^\circ$.

Dique. Para cerrar el vaso se está construyendo un dique en el puerto denominado Los Patos; situado a unos 3.5 kilómetros a la derecha de la boquilla. La sección adoptada es del tipo de materiales graduados; consta de un corazón impermeable con taludes de 0.5:1, respaldos permeables formados con grava y arena del río, que tiene taludes variables y, por último, protecciones de roca. Tiene 36.5 m. de altura total, 160 m. de longitud, 10 m. de anchura en la corona y 188 m. en la base.

Los materiales empleados en la construcción del dique proceden de los mismos bancos usados para la construcción de la cortina. Cubicación total, $212\ 624\ \text{m}^3$.

Vertedor. Está alojado en el puerto de la Chutama, localizado a unos 8 kilómetros a la derecha de la cortina. Es del tipo de abanico, de cresta libre, circular simétrico de 2 centros en planta y cimacio Creager, convergiendo en un canal de descarga que conducirá las aguas al cauce del río Humaya. La cresta vertedora tiene una longitud de 160 m. y la avenida de diseño, de $15\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$. ya regularizada en el vaso a solo $5\ 600\ \text{m}^3/\text{s}$. pasa con una carga de 7.48 m., quedando un bordo libre de 3.02 m. Para alojar la estructura fué necesario excavar un volumen de $1\ 246\ 200\ \text{m}^3$ y en la construcción se utilizaron $17\ 170\ \text{m}^3$ de concreto.

Obra de Toma.- Se alojará en la ladera derecha y quedará constituida esencialmente por dos túneles denominados respectivamente Núm. 1 y Núm. 2, con secciones revestidas de concreto simple o reforzado de acuerdo con la consistencia de la formación Baucarit en que están alojados. Se destinarán respectivamente para riego y para alimentar las turbinas de la planta hidroeléctrica. El Túnel Núm. 1 se proveerá en su parte media de un tapón de concreto donde quedará embebida inicialmente una tubería de acero en cuyo extremo se instalará una trifurcación de

válvulas de mariposa, seguidas de reducciones y tramos rectos rematados en válvulas de descarga de chorro hueco. El Túnel Núm. 2 quedará provisto de un tapón de concreto donde quedará ahogado un tramo de tubería de acero, un abocinamiento y un tramo de tubería de acero sellado con una tapa ciega, en tanto se define el proyecto de la planta hidroeléctrica. En los extremos de aguas arriba de los túneles se instalarán rejillas, montadas sobre estructuras especiales de forma cilíndrica, que sirven de transición de entrada a los túneles con los que enlazan por medio de codos, y en cuya base descansarán compuertas para emergencia, de tipo deslizante, mediante las cuales será posible inspeccionar los túneles. En la parte inferior de las estructuras se instalarán compuertas deslizantes con su umbral a la elevación 91.94 m.

Los túneles tienen sección circular de 7 m. de diámetro, - 0.004 de pendiente, unos 575 m. de longitud y están revestidos de concreto simple o reforzado de acuerdo con la calidad de la roca.

Las rejillas son estructuras de jaula, de planta octagonal, con bóveda de casquete esférico sustentada por 8 columnas. Consta de 17 claros de 5.04 m. de anchura por 3.60 m. de altura. El desplante se encuentra a la elevación 114 m.

En el Túnel Núm. 1 se alojará una tubería de acero de 4.90 m. de diámetro y 320 m. de longitud, provista de una trifurcación en cuyos extremos se montarán válvulas de mariposa de 3.15 m. de diámetro seguidas de reducciones a 2.50 m. de diámetro, con válvulas Howell-Bunger de ese diámetro para carga estática de 90.06 m. y gasto para carga mínima de 43.71 m., de 105 m³/s. por válvula.

En el Túnel Núm. 2 se alojará un tramo de tubería de acero, cerrado con tapa ciega.

La obra de toma tiene capacidad para extraer normalmente 130 m³/s. para riego y 300 m³/s. para control de avenidas.

Para la construcción de los tajos y galerías de compuertas se excavaron 917 084 m³ y para los túneles 78 415 m³. La construc -

ción de la obra de toma requirió $14\ 275\ m^3$ de concreto simple y $47\ 187\ m^3$ de concreto reforzado.

Obra de desvío. Consiste esencialmente en un tajo que se dejó entre la ladera izquierda y un atagüía formada por una sección escalonada de banquetas angostas y taludes de 1.5:1 de la cortina, así como en los dos túneles que posteriormente se adaptarán para la obra de toma. Actualmente se trabaja en el cierre de este tajo, a fin de hacer la desviación de la corriente a través de los túneles mencionados.

La presa "Presidente Adolfo López Mateos", tiene un costo total de \$ 275 750 000.00 y se espera terminarla el año próximo.

Presa derivadora de "El Rincón.

Las aguas extraídas de la presa "Presidente Adolfo López Mateos" para fines de riego, después de generar energía en la planta hidroeléctrica se conducirán por el cauce del río Humaya en un tramo de 13 kilómetros, hasta el sitio de El Rincón, donde se proyecta construir la presa derivadora del mismo nombre, para distribuir el agua destinada al riego de los valles de Culiacán, Pericos, Guámuchil y Sinaloa.

De acuerdo con los diseños preliminares, la presa derivadora de El Rincón será del tipo de enrocamiento, consistiendo esencialmente en una sección vertedora formada por un muro de concreto de 7 m. de altura y unos 220 m. de longitud, desplantado en el lecho del río, con un relleno de tierra compactada protegida con roca, en el lado de aguas arriba, y un amplio delantal de roca en el lado de aguas abajo. En el extremo derecho de la sección vertedora estará localizada la obra de toma con capacidad de $100\ m^3/s$. con su respectiva estructura de limpia.

Canal de El Humaya.

El Canal de El Humaya se inicia en la obra de toma de la presa derivadora de El Rincón y dominará los terrenos de la margen derecha, situados en los valles de Pericos, Guámuchil y Sinaloa.

El canal de El Humaya tendrá una capacidad de $100 \text{ m}^3/\text{s}$. y un desarrollo total de 190 kilómetros, de los cuales 25 kilómetros son de canal muerto y están localizados en una región accidentada.

Para conducir el agua hasta la zona de riego se requiere la construcción de algunas estructuras muy importantes como el sifón de Guásimas, para cruce del arroyo del mismo nombre, de 143 m. de longitud, el Túnel de Tecorito de 980 m. de longitud y el Sifón de Arroyo Grande.

En el kilómetro 25 el canal entra en la zona de riego de Pericos, desviándose hacia el noroeste y regando una superficie de 45 000 hectáreas netas, que se extiende por el sur hasta los terrenos regados actualmente en el valle de Culiacán. Aproximadamente en el kilómetro 88, el canal de El Humaya cruza el puerto llamado de El Zapotillo para entrar en la zona de Guámuchil, donde riega otras 40 000 hectáreas netas. En el kilómetro 159, el canal cruza el río Moocrito para regar 35 000 hectáreas más en el valle de Sinaloa, llegando al arroyo de El Mezquitillo con un desarrollo total de 190 km.

Para reducir al mínimo las pérdidas de conducción a fin de hacer el aprovechamiento óptimo de las aguas extraídas a la presa, así como para reducir los volúmenes de excavación y construir una obra más económica y de mayor rendimiento, se decidió revestir de concreto el canal de El Humaya en toda su longitud.

El Canal de El Humaya regará una superficie total de 120 000 hectáreas quedando disponible suficiente agua para asegurar en el valle de Culiacán el riego de 95 000 hectáreas complementando así el área de 215 000 hectáreas regables con los ríos Tamazula y Humaya.

Para la construcción del canal de El Humaya se requieren unos 12 millones de m^3 de excavación, 1.5 millones de m^3 de préstamos y cerca de 500 000 m^3 de concreto en el revestimiento.

El sistema de distribución de las aguas, constituido por canales laterales, sublaterales y regaderas se revestirá también en toda su longitud.

Un completo sistema de drenaje cubrirá todo el área be-

neficiada, para eliminar en la forma más rápida y directa las aguas sobrantes.

Como complemento indispensable de estas obras, una red de caminos de servicio comunicará cada parcela con el camino troncal - Guadalajara-Nogales, que crusa transversalmente los terrenos de riego -

El importe de la presa derivadora, el canal principal y los sistemas de distribución, drenes y caminos asciende a \$ 800 000 000.00

BENEFICIOS

El principal beneficio derivado de la construcción de - la presa "Presidente Adolfo López Mateos" y obras complementarias, es - el riego de una área de 120 000 hectáreas nuevas y el mejoramiento de - una área adicional de 35 000 hectáreas.

La obra que está realizando la Secretaría de Recursos - Hidráulicos para controlar y aprovechar el río Humaya, creará una eco - nomía regional basada en una cosecha con valor estimado en 650 millones de pesos anuales, con la consiguiente repercusión comercial e industrial en esta zona del país.

Los beneficios producidos por las obras se derramarán - en una población de más de 300 mil personas, de las cuales unas 100 mil personas constituirán la población agrícola, o sea la que tiene como - único medio de sustento el cultivo de su parcela.

La energía generada en las plantas hidroeléctricas de - Sanalona y El Humaya, además de electrificar la región, sentarán las ba ses firmes para su desarrollo industrial.

Las industrias que surgirán a medida que se desarrolle el distrito se cimentarán en una actividad rural estable, capaz de producir un abastecimiento continuo de materias primas que permitan absorber en lo futuro la producción de otras ramas industriales, fortaleciendo así el desarrollo de la región.

Culiacán, ubicada en el centro de gravedad de las actividades presentes y futuras de la región, recibirá directamente la re -

percusión económica resultante de las obras.

Las avenidas del río Humaya se regularizarán en tal forma que, aunque detarrme el vertedor, no llegarán a presentarse inundaciones desastrosas como las courridas en 1943, 1953 y 1958.

TERCERA ETAPA:

Se ha planeado el aprovechamiento integral del río Cuiliacán, que consistirá en el desarrollo de energía firme mediante plantas hidroeléctricas que se instalarán al pié de las cortinas de las presas de Sanalona y de Adolfo López Mateos (El Humaya).

Ahora bien, como las extracciones, tanto en la presa de Adolfo López Mateos como en la de Sanalona deberán efectuarse para cubrir demandas de riego, y no de energía eléctrica, se ha pensado en construir, la presa de Tamazula y otras en la parte superior de la cuenca de los ríos Humaya y Tamazula, que se dedicarán únicamente a generación de electricidad para cubrir las diferencias entre los regímenes de demandas de riego y de energía.

Simultáneamente, se hará el aprovechamiento intensivo de los recursos hidráulicos de la región, para el riego de zonas adyacentes.

C A P I T U L O I I I

SELECCION DEL TIPO DE ESTRUCTURA PARA EFECTUAR EL CRUCE DEL CANAL DEL HUMAYA CON EL ARROYO GRANDE

Las estructuras que se pueden utilizar para el cruce de un canal con un río o con una depresión, son:

- 1).- "Descabezar" la depresión
- 2).- Construcción de diques, para formar un vaso
- 3).- Construcción de un Puente Canal.
- 4).- Construcción de un Sifón.
- 5).- Construcción de alcantarillas para la corriente.

Analicemos cada una de estas soluciones.

Como se trata de un canal de gran capacidad, y en consecuencia de considerables dimensiones, el costo por metro de canal es elevado. Además, en el primer tramo, el canal vá cruzando una zona montañosa, en la que en partes la roca está en la superficie, y por lo tanto — si alargamos el canal siguiendo la topografía natural del terreno, la — excavación aumenta el costo. La topografía de la zona es bastante accidentada, y el trazo de las curvas, con el grado máximo que permiten las especificaciones, hace que aumente más la excavación. Además sería de todos modos necesaria una estructura en el punto donde se decidiera cruzar el arroyo, pues trae gran cantidad de azolve, que al introducirse — al canal, como éste lleva una pendiente muy pequeña (0.00015) se depositaría en el fondo. Esto ocasionaría fallas del canal, y por lo tanto, — no es aconsejable hacerlo.

Respecto a los diques, aún cuando posiblemente salieran más baratos que un sifón o un puente canal, se tienen varias desventajas: —

- 1).- Al formarse un vaso, habría pérdidas por infiltración y por evaporación. Sería necesario un estudio de las capas geológicas — por medio de sondeos, para ver qué tan impermeable resultaría el vaso —

formado.

2).-- No se cuenta con aforos del Arroyo Grande, y por lo tanto, no podemos saber para qué capacidad habría de diseñarse la obra de excedencias.

3).-- En caso de falla del dique, su reparación, aún cuando no fuera muy costosa, siempre existe el peligro de que se pierdan cosechas por valor de muchos millones de pesos.

Considerando la razón tercera, podemos desechar esta segunda alternativa. Necesitamos una estructura segura, y que nos dé una economía razonable.

Entre Sifón y Puente Canal, este último requiere una conservación constante en las juntas, pues con frecuencia se acaban. Otra desventaja que tiene el Puente Canal, es que como la sección del canal es grande, se requeriría una superestructura pesada, y pilas que soportaran la carga del agua, y el peso de aquélla. Habría que hacer estudios relativos a la socavación y resistencia máxima del terreno, para diseñar la profundidad de cimentación y las pilas. La socavación puede ser peligrosa, pues el Arroyo Grande, afluente del Humaya, tiene, como este, avenidas mucho muy fuertes en tiempo de lluvias. (véase plano No. 1 de esta Tesis.- Plano General del Distrito de Riego del Río Culiacán. Sin.

En cuanto al Sifón, su construcción se deberá llevar a cabo durante la época de estiaje, con el objeto de reducir a un mínimo, o quizás anular, el bombeo. La desventaja que tiene, es que las pérdidas hidráulicas bajan un poquito la rasante del canal. Su construcción se facilita, por poderse usar una cimbra metálica móvil, ya que la sección es constante. Su forma de apoyo, en forma de carga uniformemente distribuida, produce menores fatigas sobre el terreno que el puente canal. No reduce, como lo hace el puente canal, con las pilas el área hidráulica del Arroyo Grande. En cuanto a seguridad, es muy difícil que llegue a fallar; podemos decir que es una estructura segura.

Puede hacerse de tubos de acero o de concreto.

Su costo, tal vez mayor que la construcción de diques,— nos dá una seguridad incomparablemente mayor que aquéllos, y, teniendo en cuenta que la falla podría ocasionar pérdidas, repito, hasta de varios millones de pesos, más vale construir una estructura más cara, — pero más segura.

No contando con datos reales de las avenidas del Arroyo-Grande, no es posible utilizar el 5o. concepto.

CAPITULO IV

CALCULOS DEL SIFON PARA EL CRUCE DEL CANAL DEL HUMAYA
CON EL ARROYO GRANDE

CALCULOS HIDRAULICOS:

DATOS DEL CANAL:

$Q = 100 \text{ m}^3/\text{seg.}$	$n = 0.014$
$b = 6 \text{ m.}$	$r = 2.381 \text{ m.}$
$d = 4.09 \text{ m.}$	$s = 0.0003$
$m = 1.25:1$	$v = 2.20 \text{ m/seg.}$
$A = 45.45 \text{ m}^2$	$h_v = 0.247 \text{ m.}$

DATOS HIDRAULICOS DE LOS CONDUCTOS

Consideremos dos conductos circulares

$$\text{Gasto por conducto} = 50 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$\text{Velocidad máxima permisible} = 2.50 \text{ m/seg.}$$

$$\text{Area requerida por conducto} = \frac{50}{2.50} = 20 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = 0.7854 d^2$$

$$d^2 = \frac{20}{0.7854} = 25.4647$$

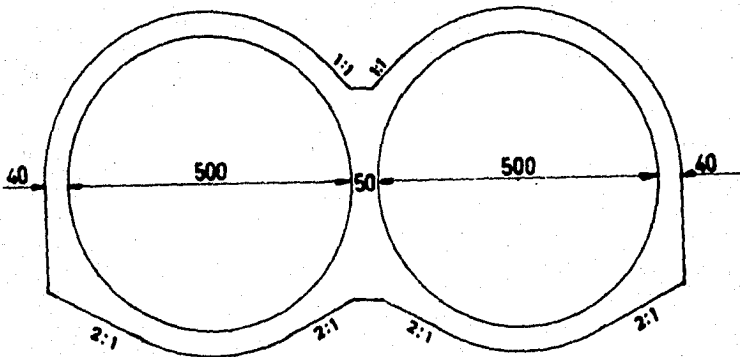
$$d = \sqrt{25.4647} = 5.046 \text{ m.}$$

Si $d = 5 \text{ m.}$

$$A = 0.7854 \times 5^2 = 19.635 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{50}{19.635} = 2.546 \text{ M/seg.} \approx 2.50 \text{ m/seg.}$$

SECCION DE LOS CONDUCTOS:



La sección anterior está tomada de una publicación del — U. S. Bureau of Reclamation, Sección de Estudios Especiales, Laboratorios de Foto-elasticidad.

CALCULO DE LA LONGITUD DE LAS TRANSICIONES ABIERTAS:

La longitud en la transición de entrada es igual a la de salida. Siguiendo el criterio de Hinds, y de las experiencias de la Secretaría de Recursos Hidráulicos,

$$L = \frac{T - t}{2 \tan \beta}$$

$$\beta = 22^{\circ}30'$$

$$t = 10.50 \text{ m.}$$

$$L = \frac{16.23}{2 \times 0.414} = 6.92 \text{ m.}$$

$$T = b + 2.5 d = 16.23 \text{ m}$$

Adoptaremos 7.00 m. para la longitud de la transición.

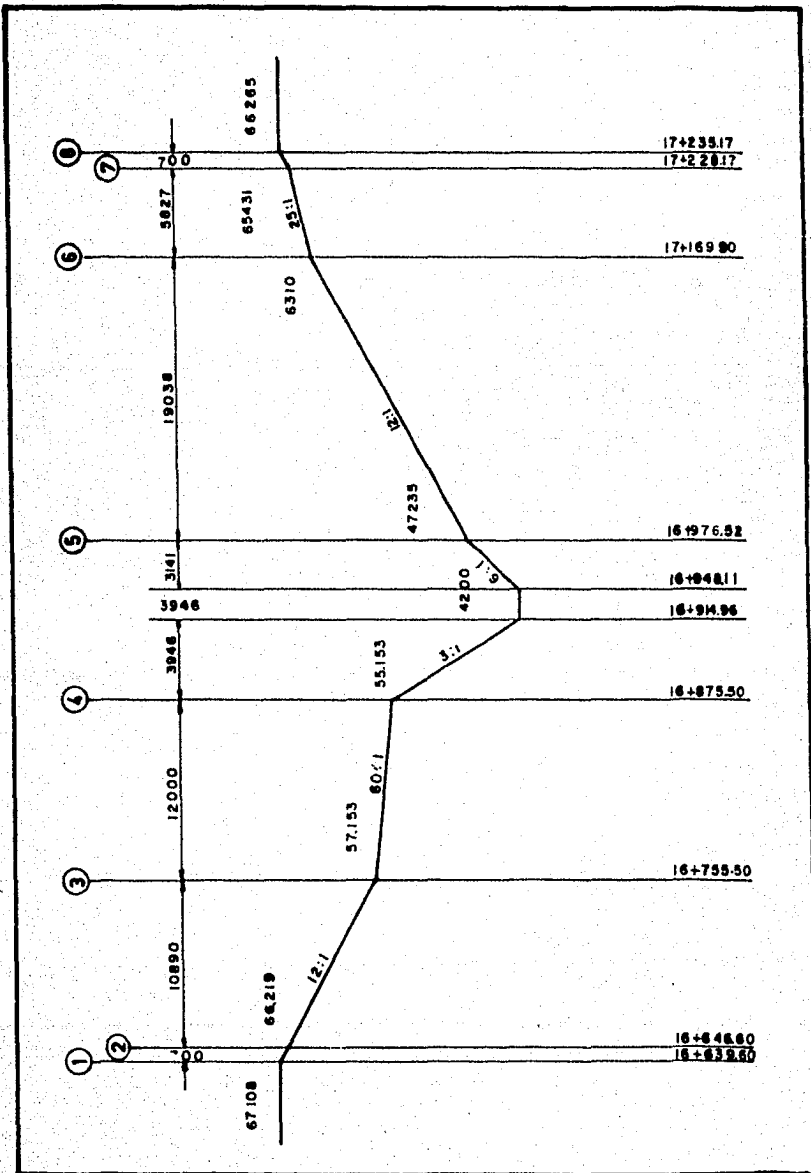
APLICACION DEL TEOREMA DE BERNOULLI:

Entre secciones 8 y 7 (véase hoja siguiente)

$$\Delta_8 + d_8 + hv_8 + 0.2 \Delta h_v = d_7 + hv_7 \quad (1)$$

$$d_7 = 5 \text{ sec. } 2^{\circ}17' = 5 \times 1.00079 = 5.00 \text{ m.}$$

$$A_7 = 10.5 \times 5 = 52.5 \text{ m}^2$$



$$v_7 = \frac{100}{52.5} = 1.90 \text{ m/seg.}$$

$$hv_7 = \frac{3.61}{19.62} = 0.184 \text{ m.}$$

Dando valores a (1), nos queda:

$$\Delta_8 + 4.09 + 0.247 + 0.2 \times 0.063 = 5.00 + 0.184$$

$$\Delta_8 = 0.834 \text{ m.}$$

$$\text{cota } 7 = 66.265 - 0.834 = 65.431$$

Entre secciones 7 y 2:

$$d_7 + hv_7 + 0.1 \Delta h_v + 0.2 \Delta h_v + h_f + h_o = d_2 + hv_2 + y \quad (2)$$

$$d_2 = 5 \text{ sec. } 4^{\circ}46' = 5 \times 1.00347 = 5.02 \text{ m.}$$

$$A_2 = 10.5 \times 5.02 = 52.71 \text{ m}^2$$

$$v_2 = \frac{100}{52.71} = 1.89 \text{ m/seg.}$$

$$hv_2 = \frac{3.57}{19.62} = 0.182 \text{ m.}$$

$$h_f = 8 L = 0.00108 \times 568.53 = 0.614 \text{ m.}$$

$$h_o = 0.25 \times 0.329 \times 1.803 = 0.148 \text{ m.}$$

Sustituyendo en (2), queda:

$$5.00 + 0.184 + 0.1 \times 0.147 + 0.2 \times 0.145 + 0.614 + 0.148 = 5.02 + 0.182 + y$$

$$y = 0.788 \text{ m.}$$

$$\text{Cota de (2)} = 65.431 + 0.788 = 66.219 \text{ m.}$$

$$\Delta_1 = 67.108 - 66.219 = 0.889 \text{ m.}$$

Entre secciones (2) y (1):

$$d_2 + hv_2 + 0.1 \Delta h_v = \Delta_1 + d_1 + hv_1 \quad (3)$$

$$\text{Si } d_1 = 4.07 \text{ m.}$$

$$A_1 = 6 \times 4.07 + 1.25 \times 16.56 = 45.12 \text{ m}^2$$

$$v_1 = \frac{100.00}{45.12} = 2.216 \text{ m/seg.}$$

$$h_{v_1} = \frac{4.91}{19.62} = 0.250 \text{ m.}$$

Dando valores a (3), nos queda:

$$5.02 + 0.182 + 0.1 \times 0.068 = 0.889 + 4.07 + 0.259; \quad 5.209 = 5.209 \text{ —}$$

(está bien).

PERDIDAS DE CARGA:

Entrada	0.022 m.
Fricción	0.614 m.
Codos	0.148 m.
Salida	0.042 m.
	<u>0.826 m.</u>

PERDIDA DISPONIBLE:

$$\begin{array}{r}
 67.108 \\
 - 66.265 \\
 \hline
 0.843 > 0.826 \text{ (está bien).}
 \end{array}$$

CALCULO ESTRUCTURAL

El Sifón, para su estudio, se divide en 3 partes: transiciones exteriores, transiciones interiores y el propio conducto o barril.

Para el cálculo de los conductos se analizan, cuando menos dos secciones, en donde se considera que obran las mayores cargas. En nuestro caso, como la longitud total del conducto es de casi 600 metros, obtendremos los momentos flexionantes y fuerzas cortantes de varias secciones, con el objeto de lograr economía en el acero de refuerzo.

Para el análisis de los elementos mecánicos, pueden seguirse dos caminos, uno teórico, aplicando la ecuación de barra por incrementos finitos y un método práctico en el que se aprovecha un estudio hecho con el deformómetro de Beggs y publicado por el Bureau of Reclamation.

CARGAS EN LOS CONDUCTOS:

1).- Carga de tierra $h_1 = 1.00 \text{ m.}$

Peso volumétrico de la tierra saturada = 1800 kg/m^3 .

2).- Carga de agua $h_2 = 5.00 \text{ m.}$ (se adoptó el mismo tirante que se tomó en la Secretaría de Recursos Hidráulicos para el cruce del Canal Principal de El Humaya con el Arroyo Guásimas.

Carga de agua reducida a carga de tierra saturada.

$$h_3 = \frac{5.00}{1.8} = 2.78 \text{ m.} \approx 2.80 \text{ m.}$$

$$h_4 = \text{carga total de tierra saturada} = 1.00 + 2.80 = 3.80 \text{ m}$$

3).- Presión Hidrostática Interna.

Elevación corona bordo = 71.848

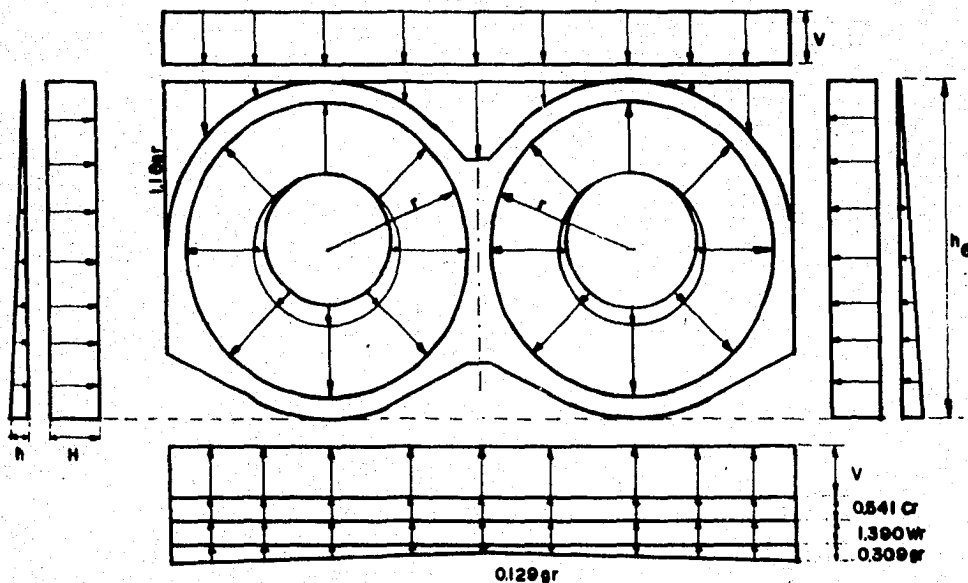
Elevación clave conducto = 47.000

$$h_5 = \text{carga hidrostática} = 24.848 \approx 24.85 \text{ m.}$$

Se considerarán 2 alternativas:

- 1a.- Cargas exteriores y conductos vacíos.
- 2a.- Sin cargas exteriores y conductos llenos.

La determinación de los esfuerzos en los conductos, se hará por medio de los Diagramas del Memorándum "Beggs Deformeter - Stress Analysis of double barrel conduit Columbia Basin Feeder Canal" del Laboratorio de Foto-elasticidad del Bureau of Reclamation.



NOMENCLATURA:

- V = Carga uniforme vertical
- H = Carga uniforme lateral
- h = Intensidad máxima de la carga triangular lateral
- p = Presión hidrostática interior.
- g = Peso volumétrico de la tierra = 1800 Kg/m^3 (saturada).
- W = Peso volumétrico del agua = 1000 kg/m^3
- C = Peso volumétrico del concreto = 2400 Kg/m^3
- r = Radio interior del conducto = 2.50 m.

VALUACION DE LAS FUERZAS:

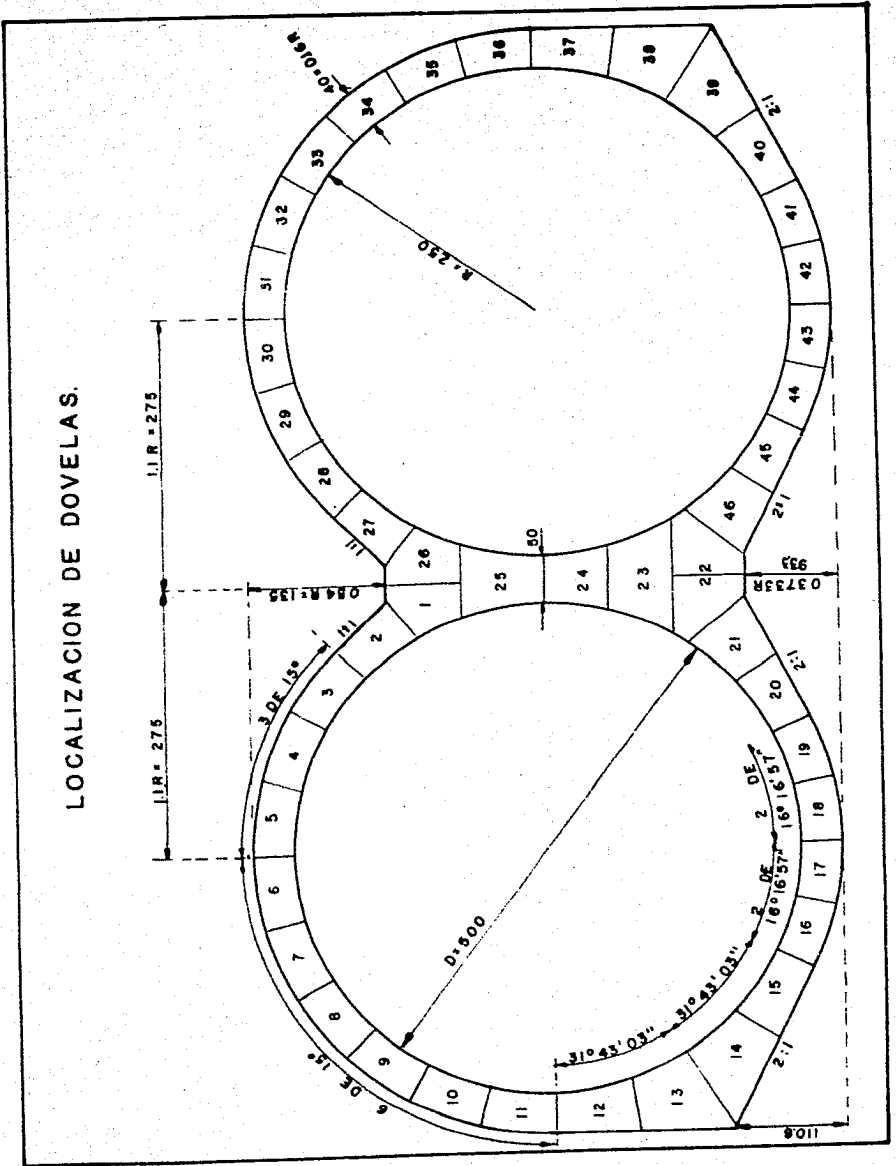
$$\begin{aligned}
 V &= h_4 g = 3.8 \times 1800 = 6840 \text{ Kg/m}^2 \\
 H &= 0.286 gh_4 = 514.8 \times 3.8 = 1856 \text{ Kg/m}^2 \\
 h &= 0.286 gh_6 = 514.8 \times 5.8 = 2986 \text{ Kg/m}^2 \\
 p &= W h_5 = 1000 \times 24.85 = 24850 \text{ Kg/m}^2 \\
 g &= 1800 \text{ Kg/m}^3 \\
 W &= 1000 \text{ kg/m}^3 ; 2 W_r = 2 \times 1000 \times 2.5 = 5000 \text{ Kg/m}^2 \\
 C &= 2400 \text{ kg/m}^3 ; 0.541 C_r = 0.541 \times 2400 \times 2.5 = \\
 &= 3246 \text{ Kg/m}^2 \\
 \\
 V_r &= 17100 \text{ Kg/m.} & V_r^2 &= 42750 \text{ Kg.} \\
 H_r &= 4890 \text{ Kg/m.} & H_r^2 &= 12225 \text{ Kg.} \\
 h_r &= 7465 \text{ Kg/m.} & h_r^2 &= 18663 \text{ Kg.} \\
 p_r &= 62125 \text{ Kg/m.} & p_r^2 &= 155313 \text{ Kg.} \\
 g_r^2 &= 11250 \text{ Kg/m.} & g_r^3 &= 28125 \text{ Kg.} \\
 W_r^2 &= 6250 \text{ Kg/m.} & W_r^3 &= 15625 \text{ Kg.} \\
 C_r^2 &= 15000 \text{ Kg/m.} & C_r^3 &= 37500 \text{ Kg.}
 \end{aligned}$$

REACCION DEL TERRENO

(Conducto lleno y cargas exteriores)

- 1).- $0.541 C_r = 3246 \text{ Kg/m}^2 =$ Reacción por peso propio conductos.
- 2).- $1.390 W_r = 3475 \text{ Kg/m}^2 =$ Reacción por agua en los conductos.
- 3).- $0.309 g_r = 1391 \text{ Kg/m}^2 =$ Reacción por tierra no uniforme, sobre los conductos.
- 4).- $v = \frac{6840}{14952} \text{ Kg/m}^2 = 1.5 \text{ Kg/cm}^2 =$ reacción del terreno.

LOCALIZACION DE DOVELAS.



Sección:	Espesor: (m)
1	0.489
12 y 14	0.517
13	0.909
20	0.485
21	0.742
22	1.189
23	0.663
25	0.780

(Las que no se anotan, tienen espesor de 40 cm.)

AREA DE ACERO:

Comenzaremos con el análisis de la sección 17, alternativa 2, por ser la más fatigada.

$$\begin{array}{ll}
 M = 11463 \text{ Kg.m.} & n = 15 \\
 N = -70279 \text{ Kg.} & b = 100 \text{ cm.} \\
 v = 1042 \text{ Kg.} & h = 40 \text{ cm.} \\
 f_o' = 140 \text{ Kg/cm}^2 & d = 35 \text{ cm.} \\
 f_o = 63 \text{ Kg/cm}^2 & d' = 5 \text{ cm.} \\
 f_s = 1265 \text{ Kg/cm}^2 &
 \end{array}$$

Si suponemos el 3% de acero:

$$A = 100 \times 40 = 4000$$

$$A_s + A_s' = 0.03 \times 4000 = 120 \text{ cm}^2$$

(Vars. 1 1/4" ϕ a 13 cm. en dos capas).

REVISION:

$$e = \frac{1146300}{-70279} = -16.31 \text{ cm.}$$

$$C_o = \frac{b}{2} \text{ kd } f_o = 50 \text{ kd } f_o$$

EMPUJES en kg									
Seccion	Va	Ha	ha	Dio	gr	W12	C14	Alternativa	
	Vr	Hr	hr	pr	gr ²	Wr ²	Cr ²	1	2
	17100	4890	7465	62125	11250	6250	15000		
1	+15527	+1418	+978	-62249	+1620	-1494	+2415	+21958	-61328
2	+11474	+2460	+1433	-62871	+833	-1850	+1620	+17820	-63101
3	+6002	+4039	+2068	-62808	+214	-2519	+680	+12983	-64667
4	+1778	+5247	+2501	-62746	-45	-3081	-45	+9436	-65872
5	-171	+5804	+2732	-62622	-146	-3444	-405	+7814	-66471
6	+547	+5589	+2770	-62498	-225	-3581	-390	+8291	-66469
7	+3625	+4704	+2590	-62311	-146	-3488	0	+10773	-65799
8	+8123	+3399	+2172	-62125	+326	-3213	+690	+14710	-64648
9	+12740	+2059	+1545	-61939	-1271	-2850	+1590	+19205	-63199
10	+16160	+1056	+903	-61814	+2340	-2506	+2550	+23009	-61770
11	+17459	+665	+523	-61628	+2891	-2306	+3420	+24958	-60514
12	+17305	+861	+635	-60820	+2880	-2213	+4245	+25926	-58788
13	+14945	+2337	+1986	-61442	+2543	-2900	+4920	+26731	-59422
14	+6635	+3863	+3835	-60758	+1103	-5963	+2580	+17816	-64141
15	+3061	+4719	+4740	-61380	+518	-7769	+1455	+14493	-67694
16	+667	+5399	+5666	-61504	+180	-8819	+630	+12542	-69693
17	+171	+5540	+5927	-61628	+146	-9056	+405	+12189	-70279
18	+1761	+5090	+5427	-61690	+416	-8375	+885	+13579	-69180
19	+5181	+4122	+4277	-61877	+889	-6900	+1965	+16454	-66812
20	+9337	+3105	+3038	-60015	+1384	-4863	+3240	+20104	-61836
21	+12962	+2396	+2225	-59869	+1766	-2931	+4215	+23564	-58605
22	+42374	-1330	-1045	-107973	+5344	+5063	+11730	+57073	-91180
23	+42374	-1330	-1045	-121144	+5344	+613	+10365	+55708	-110166
24	+42374	-1330	-1045	-125368	+5344	-750	+9510	+54853	-116608
25	+42374	-1330	-1045	-118286	+5344	-213	+8340	+53683	-110159

$$C_B = (n - 1) A s^* \frac{kd - d^*}{kd} f_o = 847 \frac{kd - 5}{kd} f_o$$

$$T = n A s \frac{d - kd}{kd} f_o = 907.5 \frac{35 - kd}{kd} f_o$$

Para hallar kd , usaremos la fórmula (7.23.a) del Dunham:

$$\frac{b}{6} (kd)^3 + b \left(\frac{e}{2} - \frac{D}{4} \right) (kd)^2 + [A s n (e + d - \frac{D}{2}) + A s^* (n - 1) (e + d^* - \frac{D}{2})] kd - A s n d (e + d - \frac{D}{2}) - A s^* (n - 1) d^* (e + d^* - \frac{D}{2}) = 0$$

Sustituyendo los valores correspondientes y simplificando, nos queda:

$$(kd)^3 - 108.9 (kd)^2 - 1662.5 kd + 10452.4 = 0$$

Resolviéndola, nos queda:

$$kd \approx 4.83 \text{ cm.}$$

Entonces:

$$C_c = 50 \times 4.83 f_o = 241.5 f_o$$

$$C_B = 14 \times 60.5 \frac{0.17}{4.83} f_o = 29.8 f_o$$

$$T = 15 \times 60.5 \frac{30.17}{4.83} f_o = 5678.9 f_o$$

$$c/ \sum H = 0 :$$

$$- N + T - C_c - C_B = 0$$

$$- 70279 + (5678.9 - 241.5 - 29.8) f_o = 0$$

$$f_o = 13 \text{ Kg/cm}^2 \quad 63 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_B = 15 \times 13 \times \frac{3017}{483} = 1218 \text{ Kg/cm}^2 \quad 1265 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_B^* = 15 \times 13 \frac{17}{483} = 7 \text{ Kg/cm}^2 \quad 1265 \text{ Kg/cm}^2$$

Como V es pequeño, no revisaremos esfuerzo cortante ni adherencia.

Sección 24.- Alternativa 2

$$M = 0$$

$$N = - 116608 \text{ Kg.}$$

$$V = 0$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$t = 50 \text{ cm.}$$

$$A_g = 121 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 100 \times 50 = 5000 \text{ cm}^2$$

$$P_g = \frac{A_s}{A_g} = \frac{121}{5000} = 0.0242$$

$$P = 0.18 f_o A_g + 0.8 A_s f_s$$

$$= 0.18 \times 140 \times 5000 + 0.8 \times 121 \times 1125$$

$$= 234900 \text{ kg.} > 116608 \text{ kg.}$$

(está sobrada)

Como esta Sección 24 es la de menor peralte y está sobrada, no será necesario analizar las secciones 22, 23 y 25.

Sección 1.- Alternativa 1

$$M = - 17574 \text{ Kg.m.}$$

$$N = 21958 \text{ Kg.}$$

$$V = 11136 \text{ Kg.}$$

$$A_g = A'_g = 60.5 \text{ cm}^2$$

$$b = 100 \text{ cm.}$$

$$h = 48.9 \text{ cm.}$$

$$d = 43.9 \text{ cm.}$$

$$d' = 5 \text{ cm.}$$

(Vars. 1 1/4" ϕ a 13 cm.)

$$e = \frac{1757400}{21958} = 80.03 \text{ cm.}$$

Utilizando la fórmula que empleamos en la Sección 17, alternativa 2, nos queda:

$$(kd)^3 + 166.74 (kd)^2 + 8495.36 kd - 253185.89 = 0$$

de cuya solución nos queda:

$$kd = 20.52 \text{ cm.}$$

$$C_c = 50 \times 20.52 f_o = 1026 f_o$$

$$C_s = 14 \times 60.5 \frac{1552}{2052} f_o = 640.6 f_o$$

$$T = 15 \times 60.5 \frac{2338}{2052} f_o = 1034 f_o$$

$$21958 + (1034 - 1026 - 640.6) f_c = 0$$

$$f_c = \frac{219580}{6326} = 34.7 \text{ Kg/cm}^2 < 63 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_B = 15 \times 34.7 \frac{2338}{2052} = 554 \text{ Kg/cm}^2 < 1265 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_B = 520.5 \frac{1552}{2052} = 394 \text{ Kg/cm}^2$$

FUERZA CORTANTE Y ADHERENCIA:

$$v = \frac{11136}{100 \times 0.86 \times 43.9} = 2.9 \text{ Kg/cm}^2 < 4.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$u = \frac{11136}{76.8 \times 0.86 \times 43.9} = 3.8 \text{ Kg/cm}^2 < 10.5 \text{ Kg/cm}^2$$

REFUERZO POR TEMPERATURA:

$$\text{Area concreto (un conducto)} = 7.615 \text{ m}^2$$

$$h \text{ media} = \frac{A_c}{\pi D_m} = \frac{7.615}{3.1416 \times 5.4} = 0.45 \text{ cm.}$$

$$A_{s_t} = 0.003 \times 100 \times 45 = 13.5 \text{ cm}^2$$

Se pondrán vars. 3/4" ϕ a 40, en dos capas.

T R A M O

REFUERZO

TRANSVERSAL

16 + 654.75	a	16 + 704.58	Vars. 1" ϕ a 18
16 + 704.58	a	16 + 852.06	Vars. 1" ϕ a 14
16 + 852.06	a	16 + 889.37	Vars. 1 1/4" ϕ a 18
16 + 889.37	a	16 + 908.34	Vars. 1 1/4" ϕ a 15
16 + 908.34	a	16 + 970.29	Vars. 1 1/4" ϕ a 13
16 + 970.29	a	17 + 024.88	Vars. 1 1/4" ϕ a 15
17 + 024.88	a	17 + 084.68	Vars. 1 1/4" ϕ a 18
17 + 084.68	a	17 + 144.47	Vars. 1" ϕ a 14
17 + 144.47	a	17 + 219.81	Vars. 1" ϕ a 18

TRANSICIONES EXTERIORES;

Est. 16 + 646.60

Datos:

$$h = 6.62 \text{ m.}$$

$$w = 1600 \text{ Kg/m}^3$$

$$H = 228.8 \times 6.62^2 = 10027 \text{ Kg/m.}$$

$$y = \frac{6.62}{3} = 2.207 \text{ m.}$$

$$M_A = 10027 \times 2.207 = 22130 \text{ Kg.m.}$$

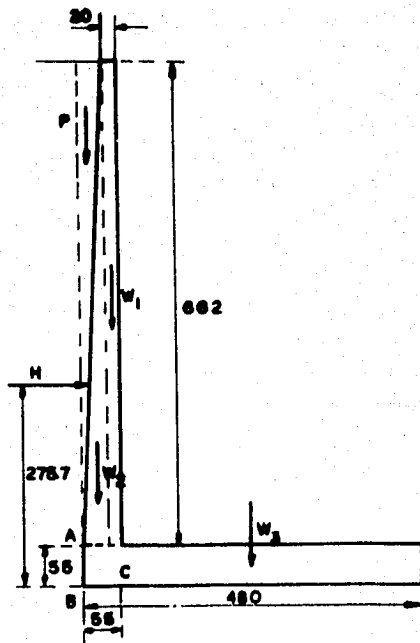
$$d_n = 0.294 \sqrt{22130} = 43.7 \text{ cm.}$$

Usando:

$$d = 50 \text{ cm.}$$

$$r = 5 \text{ cm.}$$

$$b = 4.80 \text{ m.}$$



FUERZAS:

$$W_1 = 0.2 \times 6.62 \times 2400 = 3178 \text{ Kg.}$$

$$W_2 = 0.35 \times 6.62 \times \frac{1}{2} \times 2400 = 2780 \text{ Kg.}$$

$$W_3 = 0.55 \times 4.8 \times 2400 = 6336 \text{ Kg.}$$

$$P = 0.35 \times 6.62 \times \frac{1}{2} \times 1600 = 1854 \text{ Kg.}$$

$$H = 10027 \text{ Kg.}$$

Brazos (con respecto a B):

$$b_1 = 0.45 \text{ m.}$$

$$b_2 = \frac{2}{3} \times 0.35 = 0.23 \text{ m.}$$

$$b_3 = 2.40 \text{ m.}$$

$$b_p = \frac{0.35}{3} = 0.12 \text{ m.}$$

$$b_H = \frac{6.62}{3} + 0.55 = 2.757 \text{ m.}$$

Momento en B:

$$M_B = 3178 \times 0.45 + 2780 \times 0.23 + 6336 \times 2.4 + 1854 \times 0.12 + 10027 \times 2.757 = 45145 \text{ Kg.m.}$$

$$N = W_1 + W_2 + W_3 + P = 3178 + 2780 + 6336 + 1854 = 14148 \text{ Kg.}$$

$$e' = \frac{M_B}{N} = \frac{45145}{14148} = 3.191 \text{ m.}$$

$$e = 3.191 - \frac{4.8}{2} = 0.791 \text{ m.} < \frac{4.8}{6} = 0.8$$

Fatigas sobre el terreno:

$$f_x = \frac{N}{b} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{b} \right) = \frac{14148}{4.8} \left(1 \pm \frac{6 \times 0.791}{4.8} \right) = 2947.5 (1 \pm 0.989)$$

$$f_D = 5863 \text{ Kg/m}^2$$

$$f_B = 32 \text{ Kg/m}^2$$

$$f_o = \frac{55}{480} \times 5831 + 32 = 700 \text{ Kg/m}^2$$

Momento en C:

$$M_o = - 5163 \times \frac{1}{2} \times 2/3 \times 4.25^2 - 700 \times \frac{1}{2} \times 4.25^2 + 0.55 \times 2400 \times \frac{1}{2} \times 4.25^2 = - 25487 \text{ Kg.m.}$$

$$d_m = 0.294 \sqrt{25487} = 46.9 \text{ cm.} < 50$$

Refuerzo en la Rama Horizontal:

$$A_s = 0.0922 \times \frac{25487}{50} = 47 \text{ cm}^2$$

(Vars. 1 1/4" ϕ a 16 dan $A_s = 49.2 \text{ cm}^2$)

Reducción del Refuerzo:

La ecuación de Momento flexionante es:

$$M_x = 2271.5 x^2 - 202.47 x^3 \quad (a)$$

Ahora bien:

$$M_R = A_s f_s j d$$

$$A_s = \frac{49.2}{2} = 24.6 \text{ cm}^2 \text{ (Vars. 1 1/4" } \phi \text{ a 32)}$$

$$M_R = 24.6 \times 1084 \times 50 = 1\,333\,443 \text{ Kg.cm.} \\ = 13334 \text{ Kg.m.}$$

Sustituyendo este valor en la ecuación (A), y resolviéndola, nos queda:

$$x = 2.80 \text{ m.}$$

$$l_1 = 4.25 - 2.80 + 12 \phi = 1.83 \approx 1.80 \text{ m.}$$

Segundo Corte:

$$A_s = \frac{49.2}{4} = 12.3 \text{ cm}^2 \text{ (vars. 1 1/4" } \phi \text{ a 64)}$$

$$M_R = 12.3 \times 1084 \times 50 = 6667 \text{ Kg.m.}$$

Sustituyendo la ecuación (A), y resolviéndola, obtenemos

$$x = 1.88 \text{ m.}$$

$$l_2 = 4.25 - 1.88 + 12 \phi = 2.73 \div 2.70 \text{ m.}$$

REFUERZO EN LA RAMA VERTICAL

$$\frac{35x}{662} + 20 = d_x + 5$$

$$d_x = \frac{35x}{662} + 15 =$$

$$= 0.05287 X + 15$$

(X en cm).

$$W_1 = 0.2 X \times 2400 = 480 X$$

$$W_2 = 0.026435 X^2 \times 2400 = 63.444 X^2$$

$$P_x = 0.026435 X^2 \times 1600 = 42.296 X^2$$

$$H_x = 228.8 X^2$$

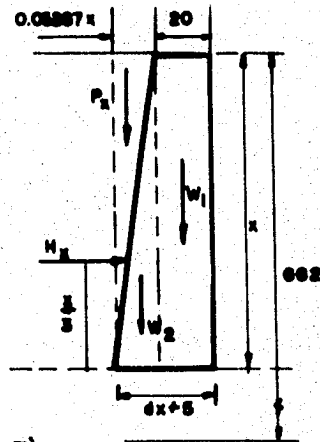
Brazos (con respecto al centro de la sección X)

$$b_1 = 0.026435 X + 0.1 - 0.1 = 0.026435 X$$

$$b_2 = 0.026435 X + 0.1 - \frac{2}{3} x 0.05287 X = -0.00881 X + 0.1$$

$$b_p = 0.026435 X + 0.1 - \frac{1}{3} x 0.05287 X = 0.00881 X + 0.1$$

$$b_H = \frac{X}{3}$$



La ecuación de momentos flexionantes en este caso es:

$$7645 x^3 + 2.11 X^2 \quad (B)$$

$$M_R = A_s f_s j d$$

$$\text{Para } A_s = \frac{49.2}{2} = 24.6 \text{ cm}^2 \text{ (Vars. 1 1/4" } \phi \text{ a 32)}$$

$$M_R = 24.6 x 1084.1 (0.05287 X + 15)$$

$$M_R = 1410 X + 4000 \text{ kg.m. (X en m). (C)}$$

Igualando (B) y (C) y pasando los términos al primer miembro, nos queda la ecuación:

$$X^3 + 0.0276 X^2 - 18.44 X - 52.32 = 0$$

de cuya solución resulta:

$$X = 5.31 \text{ m.}$$

$$l_1 = 5.31 - 12 \phi = 5.31 - 0.38 = 4.93 \text{ m.} \approx 4.90 \text{ m.}$$

Segundo Corte:

$$\text{Para } A_s = \frac{49.2}{4} = 12.3 \text{ cm}^2$$

$$M_R = 705 X + 2000 \quad (d)$$

Igualando las ecuaciones (B) y (D).

$$76.45 X^3 + 2.11 X^2 = 705 X + 200$$

De cuya solución resulta:

$$X = 3.96 \text{ m.}$$

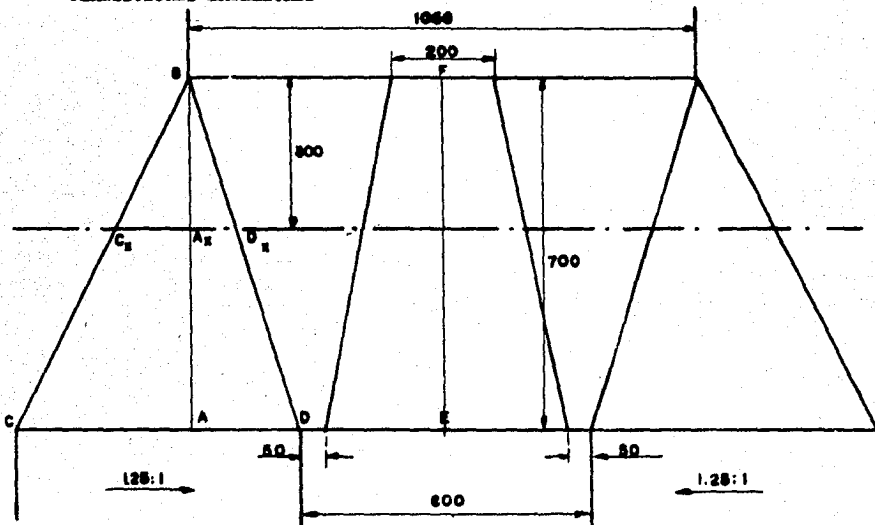
$$l_2 = 3.96 - 0.38 = 3.58 \approx 3.60 \text{ m.}$$

REFUERZO POR TEMPERATURA

$$p = 0.0025 \times 100 \times \frac{20 + 55}{2} = 9.4 \text{ cm}^2/\text{m.}$$

Vars. $3/4"$ ϕ a 30.

TRANSICIONES EXTERIORES



FUERZAS:

$$W_1 = 480 \text{ L} = 480 \times 6.345 = 3046 \text{ Kg.}$$

$$W_2 = 1200 \text{ L} (d_x - 0.2) = 1200 \times 6.345 \times 0.2 = 1523 \text{ Kg.}$$

$$W_3 = 0.1047 \times 2400 = 251 \text{ Kg.}$$

$$W_4 = 2.643 \times 0.4 \times 2400 = 2537 \text{ Kg.}$$

$$H = \frac{1}{2} \times 5.814^2 \times 0.144 \times 1600 = 3894 \text{ Kg.}$$

Brasos: (con respecto a L).

$$b_1 = 0.1 \times 0.91636 + 2.643 + \frac{6.345}{2} \times 0.40035 = 4.005 \text{ m.}$$

$$b_2 = \frac{6.345}{3} \times 0.40035 + \frac{0.4 + 0.4}{3} \times 0.91636 + 2.643 = 3.734 \text{ m.}$$

$$b_3 = 0.148 + 2.643 = 2.791 \text{ m.}$$

$$b_4 = \frac{2.643}{2} = 1.3215 \text{ m.}$$

$$b_H = \frac{5.814}{3} + 0.4 = 2.338 \text{ m.}$$

Momentos (con respecto a L):

$$M_L = -3046 \times 4.005 - 1523 \times 3.734 - 251 \times 2.791 - 2537 \times 1.3215 + \\ + 3894 \times 2.338 = -12836 \text{ Kg.m.}$$

$$N = 3046 + 1523 + 251 + 2537 = 7357 \text{ Kg.}$$

$$e^1 = \frac{M}{N} = \frac{-12836}{7357} = -1.745 \text{ m.}$$

$$e = \frac{2.905}{2} - 1.745 = -0.2925 \text{ m.} < \frac{2.905}{6} = 0.484$$

FATIGAS SOBRE EL TERRENO:

$$f = \frac{N}{b} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{b} \right) = \frac{7357}{2.905} \left[1 \pm \frac{6 (-0.2925)}{2.905} \right]$$

$$= 2532.5 (1 \pm 0.604)$$

$$f_L = 2532.5 \times 0.396 = 1003 \text{ Kg/m}^2$$

$$f_j = 2532.5 \times 1.604 = 4062 \text{ Kg/m}^2$$

$$f_K = \frac{2643}{2905} \times 3059 + 1003 = 3786 \text{ Kg/m}^2$$

Momento en la Sección A K:

$$M_K = -2783 \times \frac{2.643^2}{6} - 1003 \frac{2.643^2}{2} + 2537 \times \frac{2.643}{2} =$$

$$= -3240 - 3503 + 3353 = -3390 \text{ Kg.m.}$$

Momento resistente:

$$d = d_x - 5 = 40 - 5 = 35 \text{ cm.}$$

$$\text{Para } A_B = 9.5 \text{ cm}^2 \text{ (varillas } 3/4'' \text{ } \phi \text{ a } 30)$$

$$50 (kd)^2 = 15 \times 9.5 (35 - kd)$$

Resolviendo esta ecuación:

$$kd = 8.64 \text{ cm.}$$

$$jd = 35 - \frac{8.64}{3} = 32.12 \text{ cm.}$$

$$M_R = 9.5 \times 1265 \times 32.12 = 386002 \text{ Kg.cm.}$$

$$= 3860 \text{ Kg.m.} > 3390 \text{.- Está bien.}$$

ESFUERZO CORTANTE Y ADHERENCIA:

$$V = -2783 \times \frac{2.643}{2} - 1003 \times 2.643 + 2537$$

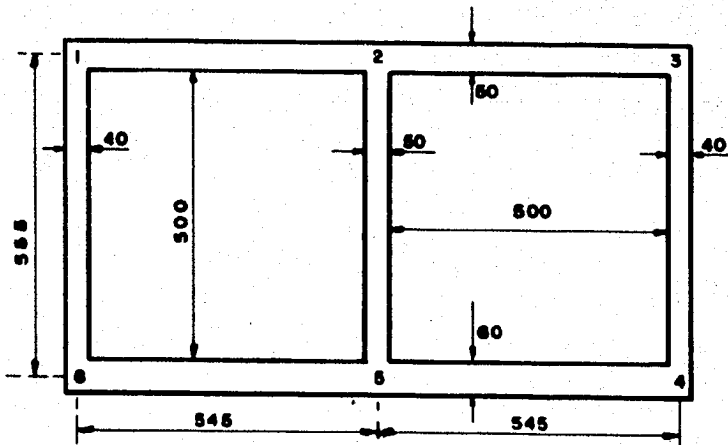
$$= -3678 - 2651 + 2537 = -3792 \text{ Kg.}$$

$$v = \frac{3792}{3212} = 1.2 \text{ Kg/cm}^2 < 4.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$u = \frac{3792}{19.9 \times 32.12} = 5.9 \text{ Kg/cm}^2 < 10.5 \text{ Kg/cm}^2$$

TRANSICIONES INTERIORES:

Estación 16 + 650.78



$$v = 1.83 \times 1800 = 3294 \text{ Kg/m}^2$$

$$= 2.384 \times 1800 = 4291 \text{ Kg/m}^2$$

$$H = 0.286 \times 1800 (0.249 + 1.837 + 0.60) = 1383 \text{ Kg/m}^2$$

$$h = 0.286 \times 1800 \times (0.25 + 5 + 0.3) = 2847 \text{ Kg/m}^2$$

Reacción del terreno por peso propio:

$$P_p \text{ losa superior} = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_p \text{ paredes} = \frac{(0.8 + 0.5) \times 5 \times 2400}{11.3} = 1381 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_p \text{ losa inferior} = 0.6 \times 2400 = 1440 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga al terreno} = 4021 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_p \text{ losa inferior} = -1440 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Reacción neta del terreno} = 2581 \text{ Kg/m}^2$$

Carga sobre la losa superior = $V + pp.$ =

$$= 3294 + 1196 = 4490 \text{ Kg/m}^2 = w_1$$

Carga sobre la losa inferior = $V + \text{reacción neta}$ =

$$= 3294 + 2572 = 5866 \text{ Kg/m}^2 = w_2$$

Para el análisis de elementos mecánicos, vamos a recurrir —
al Método de Cross.

MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO:

$$M_{\bullet 12} = M_{\bullet 21} = M_{\bullet 32} = \frac{4490 \times 5.45^2}{12} = 13591 \text{ Kg.m.}$$

$$M_{\bullet 16} = M_{\bullet 34} = \frac{1383 \times 5.55^2}{12} + \frac{2847 \times 5.55^2}{2 \times 15} =$$

$$= 3550 + 2923 = 6473 \text{ Kg.m.}$$

$$M_{\bullet 43} = M_{\bullet 6.1} = 3550 + 1.5 \times 2923 = 3550 + 4385 = 7935 \text{ Kg.m.}$$

$$M_{\bullet 65} = M_{\bullet 5.6} = M_{\bullet 5.4} = M_{\bullet 4.5} = \frac{5866 \times 5.45^2}{12} = 14520 \text{ Kg.m}$$

RIGIDEZES DE LAS BARRAS:

$$r_{12} = r_{23} = \frac{4 E I}{L} = \frac{4 E \times 1 \times 0.5^3}{5.45 \times 12} = 4 E \times 0.001911$$

$$r_{45} = r_{56} = \frac{4 E I}{L} = \frac{4 E \times 1 \times 0.6^3}{5.45 \times 12} = 4 E \times 0.003303$$

$$r_{16} = r_{34} = \frac{4 E I}{L} = \frac{4 E \times 1 \times 0.4^3}{5.55 \times 12} = 4 E \times 0.000961$$

$$r_{25} = \frac{4 E I}{L} = \frac{4 E \times 1 \times 0.5^3}{5.55 \times 12} = 4 E \times 0.001877$$

FACTORES DE DISTRIBUCION:

Nudo 1:

$$\text{Barra } \overline{12} : \frac{1911}{1911 + 961} = 0.665$$

$$\text{Barra } \overline{16} : \frac{961}{2872} = 0.335$$

$$\text{Revisión: } 0.665 + 0.335 = 1$$

Nudo 2;

$$\text{Barra } \overline{24} : \frac{1911}{1911 + 1877 + 1911} = 0.335$$

$$\text{Barra } \overline{25} : \frac{1877}{1911 + 1877 + 1911} = 0.330$$

$$\text{Barra } \overline{23} : \frac{1911}{1911 + 1877 + 1911} = 0.335$$

$$\text{Revisión: } 0.335 + 0.330 + 0.335 = 1$$

Nudo 3: (simétrico al nudo 1)

$$\text{Barra } \overline{32} : 0.665$$

$$\text{Barra } \overline{34} : 0.335$$

Nudo 4:

$$\text{Barra } \overline{43} : \frac{961}{961 + 3303} = 0.225$$

$$\text{Barra } \overline{45} : \frac{3303}{961 + 3303} = 0.775$$

$$\text{Revisión: } 0.225 + 0.775 = 1$$

Nudo 5:

$$\text{Barra } \overline{56} : \frac{3303}{3303 + 1877 + 3303} = 0.389$$

$$\text{Barra } \overline{52} : \frac{1877}{3303 + 1877 + 3303} = 0.222$$

$$\text{Barra } \overline{54} : \frac{3303}{3303 + 1877 + 3303} = 0.389$$

$$\text{Revisión: } 0.389 + 0.222 + 0.389 = 1$$

Nudo 6.- (simétrico al nudo 4)

$$\text{Barra } \overline{61} : 0.225$$

$$\text{Barra } \overline{65} : 0.775$$

Como todas las barras se consideran doblemente empotradas, - el factor de transporte en todas ellas vale + $\frac{1}{2}$

FUERZAS CORTANTES:

Pieza $\overline{12}$

$$\text{Fuerza cortante de 1 hacia 2: } V = \frac{M_2 - M_1}{L} + \frac{w_1 L}{2} - w_1 x$$

$$V_{12} = \frac{-12934 + 7467}{5.45} + \frac{4490 \times 5.45}{2} - 0 = -1003 + 12235 = 11232 \text{ Kg.}$$

$$V_{12_p} = 11232 - 4490 \times 0.2 = 11232 - 898 = 10334 \text{ Kg.}$$

$$V_{21_p} = 11232 - 4490 \times 5.2 = 11232 - 23348 = -12116 \text{ Kg.}$$

$$V_{21} = 11232 - 4490 \times 5.45 = 11232 - 24471 = -13239 \text{ Kg.}$$

Pieza $\overline{23}$

$$V_{32} = -11232 \text{ Kg.}$$

$$V_{23_p} = 12116 \text{ Kg.}$$

$$V_{32_p} = -10334 \text{ Kg.}$$

$$V_{23} = 13239 \text{ Kg.}$$

Pieza 65 :

Fuerza cortante de 6 hacia 5:

$$V = \frac{M_6 - M_5}{L} + \frac{W_2 L}{2} - W_2 X$$

$$V_{65} = \frac{8706 - 17422}{5.45} + \frac{5866 \times 5.45}{2} - 0 =$$

$$= -1599 + 15985 = 14386 \text{ Kg.}$$

$$V_{65_p} = 14386 - 5866 \times 0.2 = 14386 - 1173 = 13213 \text{ Kg.}$$

$$V_{56_p} = 14386 - 5866 \times 5.2 = 14386 - 30503 = -16117 \text{ Kg.}$$

$$V_{56} = 14386 - 5866 \times 5.45 = 14386 - 31970 = -17584 \text{ Kg.}$$

Pieza 54 :

$$V_{45} = -14386 \text{ Kg.}$$

$$V_{54_p} = 16117 \text{ Kg.}$$

$$V_{45_p} = 13213 \text{ Kg.}$$

$$V_{54} = 17584 \text{ Kg.}$$

Pieza 16 : Fuerza cortante del 1 hacia el 6:

$$V = \frac{M_1 - M_6}{L} + \frac{H L}{2} + \frac{h L}{6} - H_x - h \frac{x^2}{2L}$$

$$V_{16} = \frac{7467 - 8706}{5.55} + \frac{1383 \times 5.55}{2} + \frac{2847 \times 5.55}{6} - 0 - 0 =$$

$$= 223 + 3838 + 2633 = 6248 \text{ Kg.}$$

$$V_{16_p} = 6248 - 1383 \times 0.25 - \frac{2847 \times 0.25^2}{2 \times 5.55} =$$

$$= 6248 - 346 - 16 = 5886 \text{ Kg.}$$

$$V_{61} = 6248 - 1383 \times 5.55 - \frac{2847 \times 5.55^2}{11.1} = 6248 - 7676 - 7$$

$$= 6248 - 7676 - 7900 = - 9328 \text{ Kg.}$$

Pieza $\overline{34}$:

$$V_{34} = - 6248 \text{ Kg.}$$

$$V_{34_p} = - 5886 \text{ Kg.}$$

$$V_{43_p} = 8082 \text{ Kg.}$$

$$V_{43} = 9328 \text{ Kg.}$$

MOMENTOS MAXIMOS POSITIVOS:

Pieza $\overline{12}$:

$$X = \frac{V_{12}}{w_1} = \frac{11232}{4490} = 2.502 \text{ m.}$$

$$M = V_{12} X - \frac{w_1 X^2}{2} + M_1 = 11232 \times 2.502 - \frac{4490 \times 2.502^2}{2} - 7467 =$$

$$= 28102 - 14054 - 7467 = + 6581 \text{ Kg.m.}$$

Pieza $\overline{65}$:

$$X = \frac{V_{65}}{w_2} = \frac{14386}{5866} = 2.452 \text{ m.}$$

$$M = V_{65} X - \frac{w_2 X^2}{2} + M_6 = 14386 \times 2.452 - \frac{5866 \times 2.452^2}{2} - 8706$$

$$= 35274 - 17634 - 8706 = + 8934 \text{ Kg.m.}$$

Pieza $\overline{16}$:

$$X = - \frac{H l}{h} \pm \sqrt{\left(\frac{H l}{h}\right)^2 + \frac{2 V_{16} L}{h}} =$$

$$= - \frac{1383 \times 5.55}{2847} \pm \sqrt{2.696^2 + \frac{2 \times 6248 \times 5.55}{2847}} =$$

$$= - 2.696 + 5.624 = 2.928$$

$$M = V_{16} X = \frac{H x^2}{2} - \frac{h x^3}{6 L} + M_1 =$$

$$= 6248 x 2.928 - \frac{1383 x 2.928^2}{2} - \frac{2847 x 2.928^2}{6 x 5.55} - 7467 =$$

$$= 18294 - 5928 - 2146 - 7467 = + 2753 \text{ Kg.m.}$$

MOMENTOS NEGATIVOS AL PAÑO:

Pieza 12 :

$$\text{Apoyo 1 : } X = 0.2 \text{ m.}$$

$$M = 11232 x 0.2 - \frac{4490 x 0.2^2}{2} - 7467 = 2246 - 90 - 7467 = - 5311 \text{ Kg.m.}$$

$$\text{Apoyo 2 : } X = 5.2 \text{ m.}$$

$$M = 11232 x 5.2 - \frac{4490 x 5.2^2}{2} - 7467 = 58406 - 60705 - 7467 = - 9766$$

$$= - 9766 \text{ Kg.m.}$$

Pieza 65

$$\text{Apoyo 6 : } X = 0.2 \text{ m.}$$

$$M = 14386 x 0.2 - \frac{5866 x 0.2^2}{2} - 8706 = 2877 - 117 - 8706 =$$

$$= - 5946 \text{ Kg.m.}$$

$$\text{Apoyo 5 : } X = 5.2 \text{ m.}$$

$$M = 14386 x 5.2 - \frac{5866 x 5.2^2}{2} - 8706 = 74807 - 79308 - 8706 =$$

$$= - 13207 \text{ Kg.m.}$$

Pieza 16

$$\text{Apoyo 1 : } X = 0.25 \text{ m.}$$

$$M = 6248 \times 0.25 - \frac{1383 \times 0.25^2}{2} - \frac{2847 \times 0.25^3}{6 \times 5.55} - 7467 =$$

$$= 1562 - 43 - 1 - 7467 = - 5949 \text{ Kg.m.}$$

Apoyo 6 : $X = 5.25 \text{ m.}$

$$M = 6248 \times 5.25 - \frac{1383 \times 5.25^2}{2} - \frac{2847 \times 5.25^3}{6 \times 5.55} - 7467 =$$

$$= 32802 - 19059 - 12371 - 7467 = - 6095 \text{ Kg.m.}$$

Vamos a ver como andan los peraltes supuestos, con respecto a los peraltes necesarios, tanto por fuerza cortante como por momento flexionante:

Pieza:	Fuerza Cortante	Momento Máximo.	d_M	d_V	d supuesto
$\overline{12}$	12116	9766	29.1	33.7	45
$\overline{16}$	8082	6095	23.0	22.5	35
$\overline{65}$	16117	13207	33.8	44.8	55

Valores de j - (Ver tabla GC-3583 de la Secretaría de Recursos Hidráulicos).

Barra $\overline{12}$:

Al centro del claro:

$$\alpha = \frac{45}{\sqrt{6584}} = 0.555 \quad ; \quad j = 0.917 \quad ; \quad f_c = 28 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 1 :

$$\alpha = \frac{45}{\sqrt{5391}} = 0.617 \quad ; \quad j' = 0.924 \quad ; \quad f_c = 25 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 2 :

$$\alpha = \frac{45}{\sqrt{9766}} = 0.455 ; j = 0.900 ; f_o = 36 \text{ Kg/cm}^2$$

Barra $\overline{16}$:

Al centro del claro:

$$\alpha = \frac{35}{\sqrt{2753}} = 0.667 ; j = 0.929 ; f_o = 23 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 1 :

$$\alpha = \frac{35}{\sqrt{5949}} = 0.454 ; j = 0.900 ; f_o = 36 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\alpha = \frac{35}{\sqrt{6095}} = 0.448 ; j = 0.899 ; f_o = 37 \text{ Kg/cm}^2$$

Barra $\overline{65}$:

Al centro del claro:

$$\alpha = \frac{55}{\sqrt{8934}} = 0.582 ; j = 0.919 ; f_o = 27 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 6 :

$$\alpha = \frac{55}{\sqrt{5946}} = 0.723 ; j = 0.934 ; f_o = 21 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 5 :

$$\alpha = \frac{55}{\sqrt{13207}} = 0.479 ; j = 0.904 ; f_o = 34 \text{ Kg/cm}^2$$

REFUERZO:

Barra $\overline{12}$:

Al centro del claro:

$$A_s = \frac{658100}{1265 \times 0.917 \times 45} = 12.6 \text{ cm}^2$$

Al paño del apoyo 1 :

$$A_s = \frac{53110}{1265 \times 45 \times 0.924} = 10.1 \text{ cm}^2 ; \Sigma_o = \frac{10334}{10.5 \times 0.924 \times 45} = 23.7 \text{ cm.}$$

Al paño del apoyo 2 :

$$A_s = \frac{976600}{1265 \times 45 \times 0.9} = 19.1 \text{ cm}^2 ; \Sigma_o = \frac{12116}{472.5 \times 0.9} = 28.5 \text{ cm.}$$

Barra $\overline{16}$:

Al centro del claro:

$$A_s = \frac{2753000}{1265 \times 35 \times 0.929} = 6.7 \text{ cm}^2$$

Al paño del apoyo 1 :

$$A_s = \frac{594900}{1265 \times 35 \times 0.9} = 14.9 \text{ cm}^2 ; \Sigma_o = \frac{5886}{10.5 \times 0.9 \times 35} = 17.8 \text{ cm.}$$

Al paño del apoyo 6 :

$$A_s = \frac{609500}{1265 \times 35 \times 0.899} = 15.3 \text{ cm}^2 ; \Sigma_o = \frac{8082}{367.5 \times 0.899} = 24.5 \text{ cm.}$$

Barra $\overline{65}$:

Al centro del claro:

$$A_s = \frac{893400}{1265 \times 0.919 \times 55} = 14 \text{ cm}^2$$

Al paño del apoyo 6 :

$$A_s = \frac{594600}{1265 \times 55 \times 0.934} = 9.1 \text{ cm}^2 ; \Sigma o = \frac{13213}{10.5 \times 0.9 \times 35} = 17.8 \text{ cm.}$$

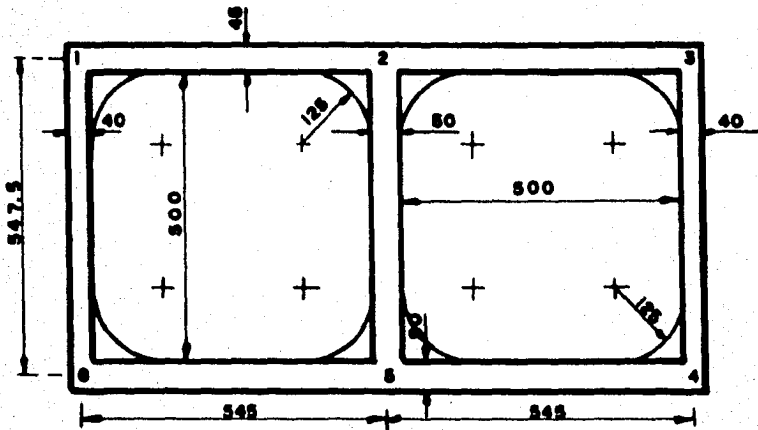
Al paño del apoyo 5 :

$$A_s = \frac{1320700}{1265 \times 55 \times 0.904} = 21.0 \text{ cm}^2 ; \Sigma o = \frac{8082}{10.5 \times 35 \times 0.899} = 24.5 \text{ cm.}$$

Separación de Vars. de 1 1/4" ϕ :

Barra $\overline{12}$	Por flexión:	Por adherencia
Al centro del claro	62	
Apoyo 1	78	42
Apoyo 2	41	35
Barra $\overline{16}$		
Al centro del claro	117	
Apoyo 1	53	56
Apoyo 6	51	41
Barra $\overline{65}$		
Al centro del claro	56	
Apoyo 6	86	41
Apoyo 5	37	33

Analicemos a continuación, el marco que se forma en la estación 16 + 654.27



$$V = 2.17 \times 1800 = 3906 \text{ Kg/m}^2$$

$$H = 0.286 \times 1800 (0.224 + 2.178 + 0.60) = 1544 \text{ Kg/m}^2$$

$$h = 0.286 \times 1800 \times 5.46 = 2811 \text{ Kg/m}^2$$

Reacción del terreno por peso propio:

$$P_p \text{ losa superior} = 0.45 \times 2400 = 1080 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_p \text{ paredes} = \frac{(0.4 + 0.5 + 0.4) \times 5 \times 2400}{11.3} = 1381 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_p \text{ losa inferior} = 0.5 \times 2400 = 1200 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga al terreno} = 3661 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_p \text{ losa inferior} = -1200$$

$$\text{Reacción neta terreno} = 2461 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Carga sobre losa sup: } V + pp. = 3906 + 1076 = 4982 \text{ Kg/m}^2 = w_1$$

$$\begin{aligned} \text{Carga sobre losa inf: } V + \text{reacción neta} &= 3906 + 2452 = \\ &= 6358 \text{ Kg/m}^2 = w_2 \end{aligned}$$

Como en el caso anterior, analizaremos por el método de --

Cross:

MOMENTOS DE EMPOTRAMIENTO:

$$M_{e12} = \frac{4982 \times 5.45^2}{12} = 12331 \text{ Kg.m.}$$

$$M_{e16} = \frac{1544 \times 5.475^2}{12} + \frac{2811 \times 5.475^2}{2 \times 15} = 3857 + 2809 = 6666 \text{ Kg.m.}$$

$$M_{e43} = 3857 + 1.5 \times 2809 = 3857 + 4214 = 8071 \text{ Kg.m.}$$

$$M_{e65} = \frac{6358 \times 5.45^2}{12} = 15737 \text{ Kg.m.}$$

RIGIDECES DE LAS BARRAS:

$$r_{12} = \frac{4 E \times 1 \times 0.45^3}{5.45 \times 12} = 4 E \times 0.0013933$$

$$r_{45} = \frac{4 E \times 1 \times 0.5^3}{5.45 \times 12} = 4 E \times 0.0019113$$

$$r_{16} = \frac{4 E \times 1 \times 0.4^3}{5.475 \times 12} = 4 E \times 0.0009741$$

$$r_{25} = \frac{4 E \times 1 \times 0.5^3}{5.475 \times 12} = 4 E \times 0.0019026$$

FACTORES DE DISTRIBUCION:

Nudo 1 :

$$\text{Barra } \overline{12} : \frac{13933}{13933 + 9741} = 0.589$$

$$\text{Barra } \overline{16} : \frac{9741}{13933 + 9741} = 0.411$$

Revisión : 0.589 + 0.411 = 1

Nudo 6 :

$$\text{Barra } \overline{61} : \frac{9741}{9741 + 19113} = 0.338$$

$$\text{Barra } \overline{65} : \frac{19113}{9741 + 19113} = 0.662$$

Nudo 2 :

$$\text{Barra } \overline{21} : \frac{13933}{13933 + 19026 + 13933} = 0.297$$

$$\text{Barra } \overline{25} : \frac{19026}{13933 + 19026 + 13993} = 0.406$$

$$\text{Barra } \overline{23} : \frac{13933}{13933 + 19026 + 13933} = 0.297$$

$$\text{Revisión: } 0.297 + 0.406 + 0.297 = 1$$

Nudo 5 :

$$\text{Barra } \overline{56} : \frac{19113}{19113 + 19026 + 19113} = 0.334$$

$$\text{Barra } \overline{52} : \frac{19026}{19113 + 19026 + 19113} = 0.332$$

$$\text{Barra } \overline{54} : \frac{19113}{19113 + 19026 + 19113} = 0.334$$

$$\text{Revisión: } 0.334 + 0.332 + 0.334 = 1$$

Nuestro factor de transporte, como todas las piezas se consideran doblemente empotradas, será de $+\frac{1}{2}$ en todas ellas.

+ 8088
 - 27
 0
 - 116
 0
 - 763
 0
 - 337
 + 1233

0.599

0.411

- 8888
 + 1228
 - 6235
 + 197
 - 81
 + 48
 - 8088

0.297

0.406

- 1233
 0
 - 1668
 0
 - 382
 - 58
 0
 - 14440

00000000

0.599

0.411

0.338

+ 8071
 - 2584
 + 1184
 + 383
 + 287
 + 280
 - 41
 + 14
 + 8887

0.332

0.334

+ 15737
 + 2638
 0
 + 386
 0
 + 89
 0
 + 18760

0.338

0.667

0.662

- 18737
 + 5076
 + 770
 + 177
 + 27
 - 9687

FUERZAS CORTANTES:Pieza $\overline{12}$:

Fuerza cortante del 1 hacia 2:

$$V = \frac{M_2 - M_1}{L} + \frac{w_1 L}{2} - w_1 X$$

$$V_{12} = - \frac{14440 + 8088}{5.45} + \frac{4982 \times 5.45}{2} - 0 = - 1166 + 13576 = 12410 \text{ Kg.}$$

$$V_{12_p} = 12410 - 4982 \times 0.2 = 12410 - 996 = 11414 \text{ Kg.}$$

$$V_{21_p} = 12410 - 4982 \times 5.2 = 12410 - 25906 = - 13496 \text{ Kg.}$$

$$V_{21} = 12410 - 4982 \times 5.45 = 12410 - 27152 = - 14742 \text{ Kg.}$$

Pieza $\overline{23}$:

$$V_{32} = - 12410 \text{ Kg.}$$

$$V_{23_p} = 13496 \text{ Kg.}$$

$$V_{32_p} = - 11414 \text{ Kg.}$$

$$V_{23} = 14742 \text{ Kg.}$$

Pieza $\overline{65}$:

Fuerza cortante de 6 hacia 5 :

$$V = \frac{M_6 - M_5}{L} + \frac{w_2 L}{2} - w_2 X$$

$$V_{65} = \frac{9687 - 18750}{5.45} + \frac{6358 \times 5.45}{2} - 0 = - 1663 + 17326 = 15663 \text{ Kg.}$$

$$V_{65_p} = 15663 - 6358 \times 0.2 = 15663 - 1272 = 14391 \text{ Kg.}$$

$$V_{56_p} = 15663 - 6358 \times 5.2 = 15663 - 33062 = - 17399 \text{ Kg.}$$

$$V_{56} = 15663 - 6358 \times 5.45 = 15663 - 34651 = - 18988 \text{ Kg.}$$

Pieza 54 :

$$V_{45} = - 15663 \text{ Kg.}$$

$$V_{54_p} = 17399 \text{ Kg.}$$

$$V_{45_p} = - 14391 \text{ Kg.}$$

$$V_{54} = 18988 \text{ Kg.}$$

Pieza 16 :

Fuerza cortante de 1 hacia 6 :

$$V = \frac{M_1 - M_6}{L} + \frac{H \cdot L}{2} + \frac{h \cdot L}{6} - H \cdot X - h \cdot \frac{X^2}{2L}$$

$$V_{16} = \frac{8088 - 9687}{5.475} + \frac{1544 \times 5.475}{2} + \frac{2811 \times 5.475}{6} - 0 - 0 =$$

$$= - 292 + 4227 + 2565 = 6500 \text{ Kg.}$$

$$V_{16_p} = 6500 - 1544 \times 0.225 - \frac{2811 \times 0.225^2}{2 \times 5.475} =$$

$$= 6500 - 347 - 13 = 6140 \text{ Kg.}$$

$$V_{61_p} = 6500 - 1544 \times 5.225 - \frac{2811 \times 5.225^2}{10.95} =$$

$$= 6500 - 8067 - 7008 = - 8575 \text{ Kg.}$$

$$V_{61} = 6500 - 1544 \times 5.475 - \frac{2811 \times 5.475^2}{10.95} =$$

$$= 6500 - 8453 - 7695 = - 9648 \text{ Kg.}$$

Pieza 34 :

$$V_{34} = - 6500 \text{ Kg.}$$

$$V_{43_p} = 8575 \text{ Kg.}$$

$$V_{34_p} = - 6140 \text{ Kg.}$$

$$V_{43} = 9648 \text{ Kg.}$$

MOMENTOS MAXIMOS POSITIVOS:

Pieza 12 :

$$X = \frac{V_{12}}{w_1} = \frac{12410}{4982} = 2.491 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} M &= V_{12} X - \frac{w_1 X^2}{2} + M_1 = 12410 \times 2.491 - \frac{4982 \times 2.491^2}{2} - 8088 = \\ &= 30913 - 15457 - 8088 = + 7368 \text{ Kg.m.} \end{aligned}$$

Pieza 65 :

$$X = \frac{V_{65}}{w_2} = \frac{15663}{6358} = 2.464 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} M &= V_{65} X - \frac{w_2 X^2}{2} + M_6 = 15663 \times 2.464 - \frac{6358 \times 2.464^2}{2} - 9687 = \\ &= 38594 - 19301 - 9687 = + 9606 \text{ Kg.m.} \end{aligned}$$

Pieza 16 :

$$\begin{aligned} X &= - \frac{H L}{h} \pm \sqrt{\left(\frac{H L}{h}\right)^2 + \frac{2 V_{16} L}{h}} = \\ &= - \frac{1544 \times 5.475}{2811} \pm \sqrt{3.007^2 + \frac{2 \times 6500 \times 5.475}{2811}} = \\ &= - 3.007 + 5.862 = 2.855 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M &= V_{16} X - \frac{H X^2}{2} - \frac{h X^3}{6 L} + M_1 = \\ &= 6500 \times 2.855 - \frac{1544 \times 2.855^2}{2} - \frac{2811 \times 2.855^3}{6 \times 5.475} - 8088 = \\ &= 18558 - 6293 - 1991 - 8088 = 2186 \text{ Kg.m.} \end{aligned}$$

MOMENTOS NEGATIVOS AL PAÑO:

Pieza 12 :

Apoyo 1.- $X = 0.2$ m.

$$M = 12410 \times 0.2 - \frac{4982 \times 0.2^2}{2} - 8088 =$$

$$= 2482 - 100 - 8088 = - 5706 \text{ Kg.m.}$$

Apoyo 2.- $X = 5.2$ m.

$$M = 12410 \times 5.2 - \frac{4982 \times 5.2^2}{2} - 8088 =$$

$$= 64532 - 67357 - 8088 = - 10913 \text{ Kg.m.}$$

Pieza 65 :

Apoyo 6.- $X = 0.2$ m.

$$M = 15663 \times 0.2 - \frac{6358 \times 0.2^2}{2} - 9687 =$$

$$= 3133 - 127 - 9687 = - 6691 \text{ Kg.m.}$$

Apoyo 5.- $X = 5.2$ m.

$$M = 15663 \times 5.2 - \frac{6358 \times 5.2^2}{2} - 9687 =$$

$$= 81448 - 85960 - 9687 = - 14199 \text{ Kg.m.}$$

Pieza 76 :

Apoyo 1.- $X = 0.225$ m.

$$M = 6500 \times 0.225 - \frac{1544 \times 0.225^2}{2} - \frac{2811 \times 0.225^3}{6 \times 5.475} - 8088 =$$

$$= 1463 - 39 - 1 - 8088 = - 6665 \text{ Kg.m.}$$

Apoyo 6.- X = 5.225 m.

$$M = 6500 \times 5.225 - \frac{1544 \times 5.225^2}{2} - \frac{2811 \times 5.225^3}{6 \times 5.475} - 8088 =$$

$$= 33963 - 21076 - 12206 - 8088 = - 7407 \text{ Kg.m.}$$

Comparemos ahora los peraltes supuestos con los que son —
necesarios:

Pieza	Fuerza Cortante	Momento Máximo.	d_M	d_V	d Supuesto.
12	13496	10913	30.7	37.5	40
16	8575	7407	25.3	23.8	35
65	17399	14199	35.0	48.3	45

Valores de j: (Ver tabla GC-3583 de la Secretaría de Recursos Hidráulicos).

Barra 12 :

Al centro del claro:

$$\alpha = \frac{40}{\sqrt{7368}} = 0.466 ; j = 0.902 ; f_c = 35 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 1 :

$$\alpha = \frac{40}{\sqrt{5706}} = 0.530 ; j = 0.913 ; f_c = 30 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 2 :

$$\alpha = \frac{40}{\sqrt{10913}} = 0.383 ; j = 0.885 ; f_c = 45 \text{ Kg/cm}^2$$

Barra 16 :

Al centro del claro:

$$\alpha = \frac{35}{\sqrt{2186}} = 0.749 ; j = 0.936 ; f_o = 20 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 1 :

$$\alpha = \frac{35}{\sqrt{6665}} = 0.429 ; j = 0.895 ; f_o = 39 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 6 :

$$\alpha = \frac{35}{\sqrt{7407}} = 0.407 ; j = 0.891 ; f_o = 41 \text{ Kg/cm}^2$$

Barra $\overline{65}$:

Al centro del claro:

$$\alpha = \frac{45}{\sqrt{9506}} = 0.459 ; j = 0.901 ; f_o = 36 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 6 :

$$\alpha = \frac{45}{\sqrt{6691}} = 0.550 ; j = 0.916 ; f_o = 29 \text{ Kg/cm}^2$$

Al paño del apoyo 5 :

$$\alpha = \frac{45}{\sqrt{14199}} = 0.378 ; j = 0.884 ; f_o = 45 \text{ Kg/cm}^2$$

REFUERZO:

Barra $\overline{12}$:

Al centro del claro:

$$A_s = \frac{736800}{1265 \times 0.902 \times 40} = 16.1 \text{ cm}^2$$

Al paño del apoyo 1 :

$$A_s = \frac{570600}{1265 \times 40 \times 0.913} = 12.4 \text{ cm}^2 ; \Sigma_o = \frac{11414}{10.5 \times 0.913 \times 40} = 29.8 \text{ cm}.$$

Al paño del apoyo 2 :

$$A_s = \frac{1091300}{1265 \times 40 \times 0.885} = 24.4 \text{ cm}^2 ; \Sigma o = \frac{13496}{420 \times 0.885} = 36.3 \text{ cm.}$$

Barra $\overline{16}$:

Al centro del claro:

$$A_s = \frac{218600}{1265 \times 35 \times 0.936} = 5.3 \text{ cm}^2$$

Al paño del apoyo 1 :

$$A_s = \frac{666500}{1265 \times 35 \times 0.895} = 16.8 \text{ cm}^2 ; \Sigma o = \frac{6140}{10.5 \times 0.895 \times 35} = 18.7 \text{ cm.}$$

Al paño del apoyo 6 :

$$A_s = \frac{740700}{1265 \times 35 \times 0.891} = 18.8 \text{ cm}^2 ; \Sigma o = \frac{8575}{10.5 \times 35 \times 0.891} = 26.2 \text{ cm.}$$

Barra $\overline{65}$:

Al centro del claro:

$$A_s = \frac{960600}{1265 \times 45 \times 0.901} = 18.7 \text{ cm}^2$$

Al paño del apoyo 6 :

$$A_s = \frac{669100}{1265 \times 45 \times 0.916} = 12.8 \text{ cm}^2 ; \Sigma o = \frac{14391}{10.5 \times 0.916 \times 45} = 33.2 \text{ cm.}$$

Al paño del apoyo 5 :

$$A_s = \frac{1419900}{1265 \times 45 \times 0.884} = 28.2 \text{ cm}^2 ; \Sigma o = \frac{17399}{10.5 \times 45 \times 0.884} = 41.6 \text{ cm.}$$

Como hicimos en el caso anterior, vamos ahora a comparar los armados necesarios, por flexión y por adherencia, usando varillas de $1\frac{1}{4}" \phi$.

Separación de Varillas de $1\frac{1}{4}" \phi$

	Por Flexión	Por Adherencia
Barra $\overline{12}$:		
Al centro del claro	49	
Apoyo 1	63	33
Apoyo 2	32	27
Barra $\overline{16}$:		
Al centro del claro	150	
Apoyo 1	47	54
Apoyo 6	42	38
Barra $\overline{65}$:		
Al centro del claro	42	
Apoyo 6	61	30
Apoyo 5	28	24

Desde la entrada de la transición interior, hasta la estación $16 + 651.27$ se pondrán anillos exteriores con varillas de $1\frac{1}{4}" \phi$ a 25, y anillos interiores de varilla de $1\frac{1}{4}" \phi$ a 50.

Desde la estación $16 + 651.27$ hasta la junta de la transición con los conductos, se pondrán anillos interiores y exteriores de varillas de $1\frac{1}{4}" \phi$ a 25.

Barra $\overline{25}$:

Revisión por fuerza normal:

$$A_s = 4 \text{ vars. de } 1\frac{1}{4}" \phi = 31.5 \text{ cm}^2$$

$$A_g = 100 \times 50 = 5000 \text{ cm}^2$$

$$P = 0.18 f'_c A_g + 0.8 A_s f_s =$$

$$= 0.18 \times 140 \times 5000 + 0.8 \times 31.5 \times 928 =$$

$$= 126000 + 23386 = 149\,386 \text{ Kg. (Queda muy sobrada).}$$

REFUERZO POR TEMPERATURA:

Usando vars. $3/4'' \phi$ a 40, en dos capas se tiene:

$$l = 2 \times 11.3 + 2 \times 6 + 8 \times 5.1 = 75.4 \text{ m.}$$

$$n = \frac{75.4}{0.40} = 189 \text{ Vars. de } 3/4'' \phi$$

$$A_c = 11.3 (0.5 + 0.6) + 2 \times 5 \times 0.4 + 5 \times 0.5 = 18.93 \text{ m}^2 = 189\,300 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 189 \times 2.84 = 536.76 \text{ cm}^2$$

$$p = \frac{536.76}{189300} = 0.0028 \approx 0.0030$$

PRESUPUESTO

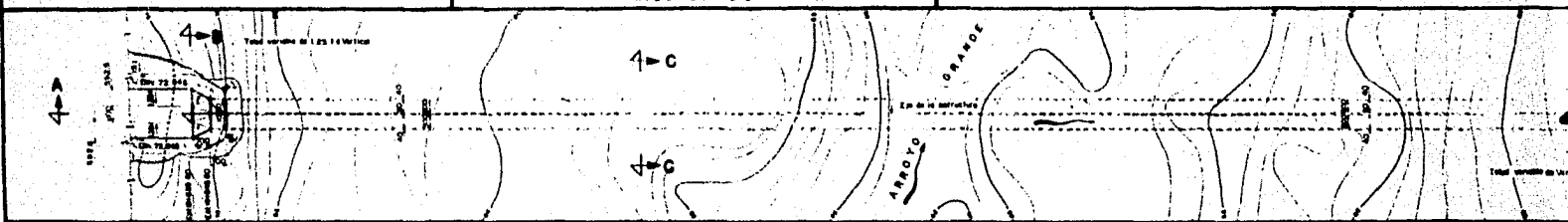
Concepto	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Excavación en material suelto	11 130	m ³ .	\$ 10.00	\$ 111 300.00
Excavación en roca.	5 750	m ³ .	" 30.00	" 172 500.00
Relleno compactado.	10 500	m ³ .	" 20.00	" 210 000.00
Concreto.	9 025	m ³	" 900.00	" 8 122 500.00
Acero de refuerzo	1 655	Ton.	" 5 000.00	" 8 275 000.00
Placa de acero	10 383	Kg.	" 4.00	" 41 532.00
Total:	-----			\$ 16 932 832.00
Imprevistos 5%	-----			" 846 641.60
				\$ 17 779 473.60
Dirección Técnica y Administración 15%	-----			" 2 666 921.04
Costo total:	-----			\$ 20 446 394.64



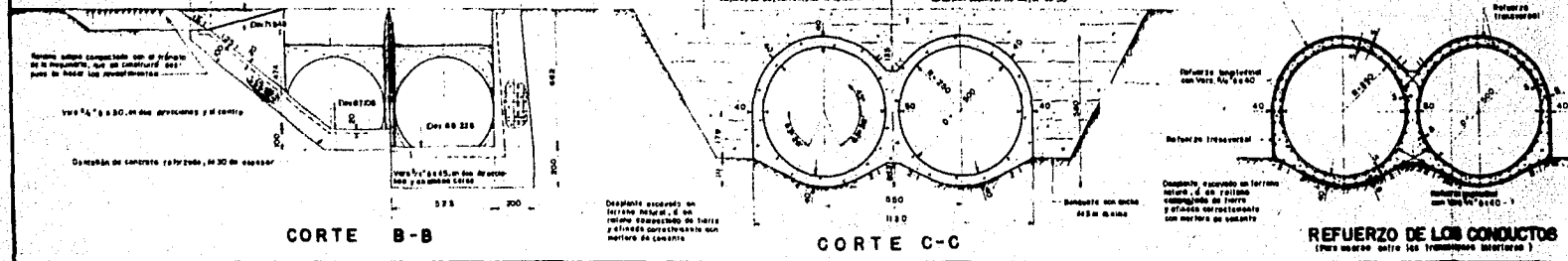
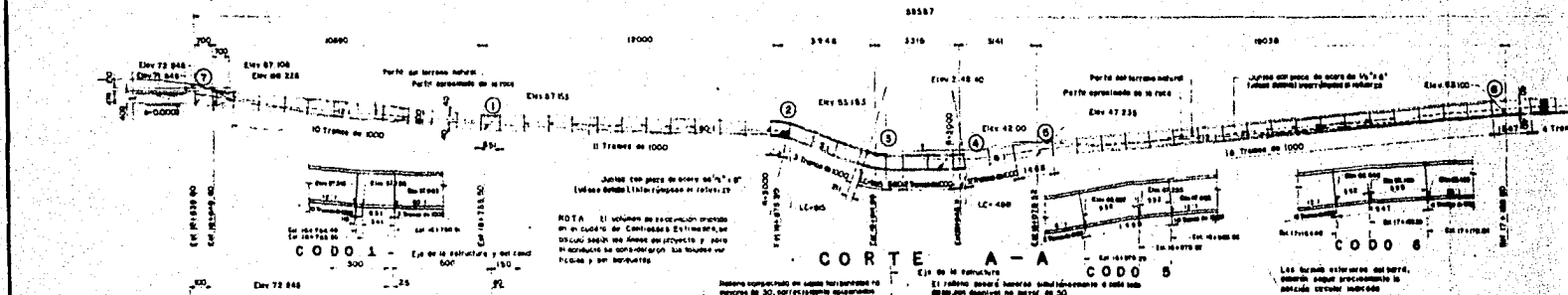
LOCALIZACION

KILOMETROS

TRAZO VERTICAL									
(Tabla la plantilla del concreto)									
CURVA	PC	PT	PI	ETS	ETC	ETD	ETS	ETS	R
1	164970.88	82.229	164979.90	65.153	164979.88	53.894	17423'		3000
2	164970.84	48.559	164974.88	42.000	164974.88	42.000	16720'		3000
3	164948.60	48.000	164948.17	42.000	164948.50	42.400	8720'		3000
4			164948.80	71.245			8714'		3000
5			174238.17	70.428			8743'		3000
CORDO									
	Principio	Fin	PT	ETS	ETC	ETD	ETS		
1	164734.40	87.248	164733.50	57.183	164730.01	37.023	3740'		
2	164970.88	48.007	164979.82	47.235	164985.02	47.693	4740'		
3	174164.40	82.642	174169.80	83.100	174170.40	82.498	8720'		



P L A N T A



TRAZO VERTICAL
(Sobre la plantilla del concreto)

CURVA	P ₁		P ₂		P ₃		L	R
	Est.	Elev.	Est.	Elev.	Est.	Elev.		
1	101870.00	83.229	101875.00	83.153	101879.00	83.094	177.20	3000
2	101870.00	83.229	101875.00	83.000	101879.00	82.000	187.20	3000
3	101870.00	83.000	101875.00	82.000	101879.00	81.000	187.20	3000
4	101870.00	82.000	101875.00	71.248	101879.00	81.147	187.20	3000
5	101870.00	81.248	101875.00	70.438	101879.00	81.437	187.20	3000

CODO	P ₁		P ₂		P ₃		L	R
	Est.	Elev.	Est.	Elev.	Est.	Elev.		
1	101754.40	87.848	101755.00	87.183	101760.00	87.063	37.40	3000
2	101754.40	87.848	101755.00	87.238	101760.00	87.063	37.40	3000
3	101754.40	87.848	101755.00	83.100	101760.00	83.000	37.40	3000



SECCION NORMAL

PERDIDAS DE CARGA

Entrada	10.20 m
Fricción	1.81 m
Codos	1.48 m
Salida	0.50 m
Total	14.00 m

DATOS HIDRAULICOS

DEL CANAL		DEL BIFON	
Q=100.00 m ³ /s	n=0.014	Q=100.00 m ³ /s	n=0.015
A=15.45 m ²	V=2.581 m/s	A=20.27 m ²	V=1.76 m/s
V=2.300 m/s	n=0.0003	D=0.00 m	n=0.0000
d=4.00 m		D=0.00 m	

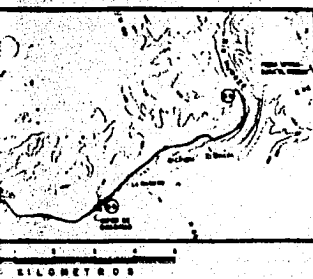
CANTIDADES ESTIMADAS

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Excavación (Apex)	m ³	15.000
Concreto	m ³	9.000
Ferros de refuerzo de:		
1/2" φ	m	207.120
3/4" φ	m	400.000
1" φ	m	707.000
Plano de obra de "1/16"	m	2.000

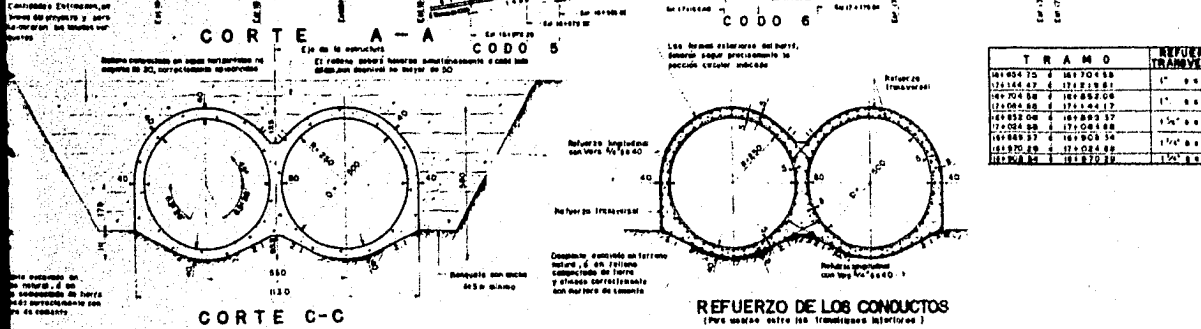
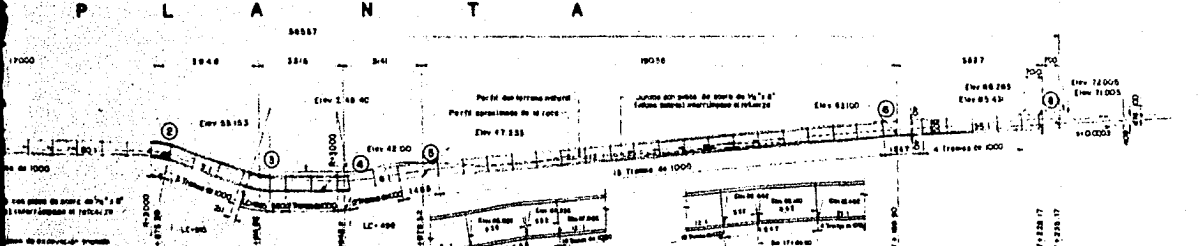
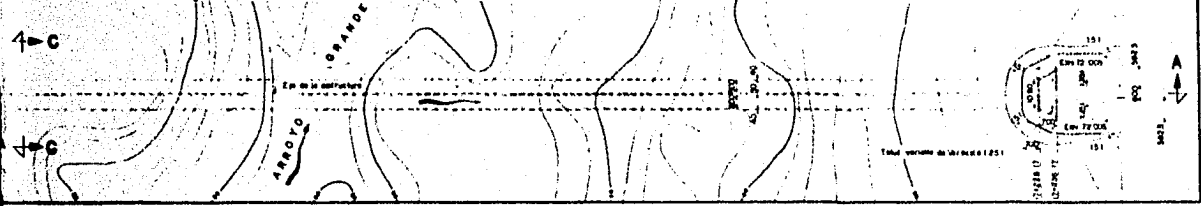
NOTAS: Sección normal en el centro, relaciones y dimensiones en metros. Usar concreto de 140 kg/cm². Los datos de los planos y los trabajos de los planos están basados en el plano del terreno. Las juntas de construcción se harán y pondrán perfectamente sobre el nivel de acabado. Con 10% de los trabajos se harán los detalles de construcción y detalles. Las cantidades estimadas son las totales de la estructura.

TRAMO TRANSVERSAL

101870.00	101870.00	1" φ 10
101870.00	101870.00	1" φ 10
101870.00	101870.00	1" φ 10
101870.00	101870.00	1" φ 10
101870.00	101870.00	1" φ 10
101870.00	101870.00	1" φ 10
101870.00	101870.00	1" φ 10
101870.00	101870.00	1" φ 10
101870.00	101870.00	1" φ 10
101870.00	101870.00	1" φ 10

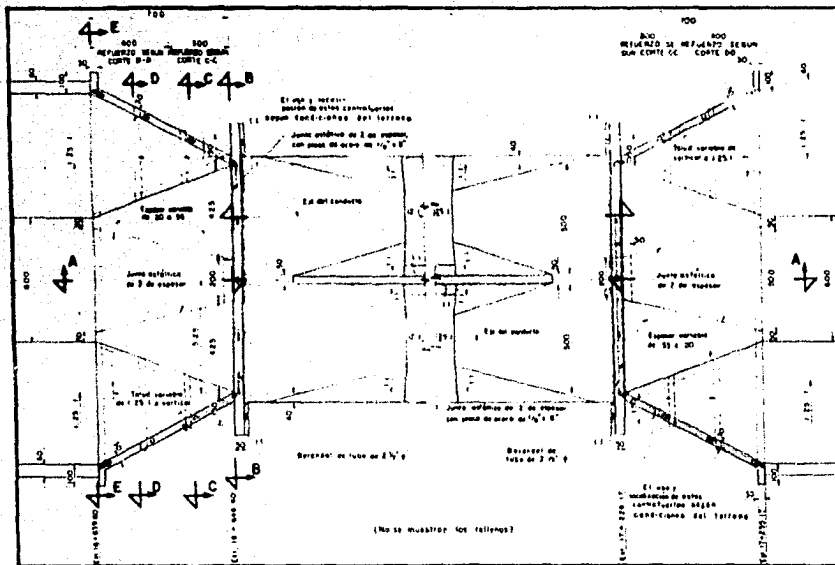


KILOMETROS

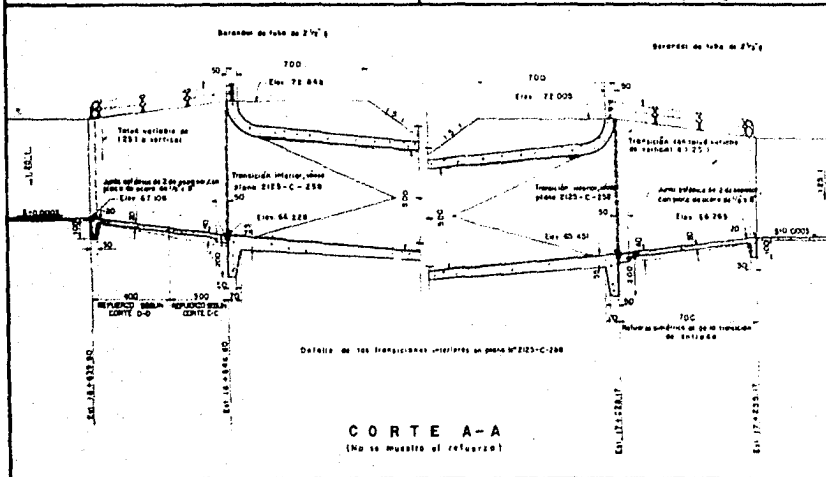


REFUERZO DE LOS CONDUCTOS
(Ver unidos entre los tramos de tuberías)

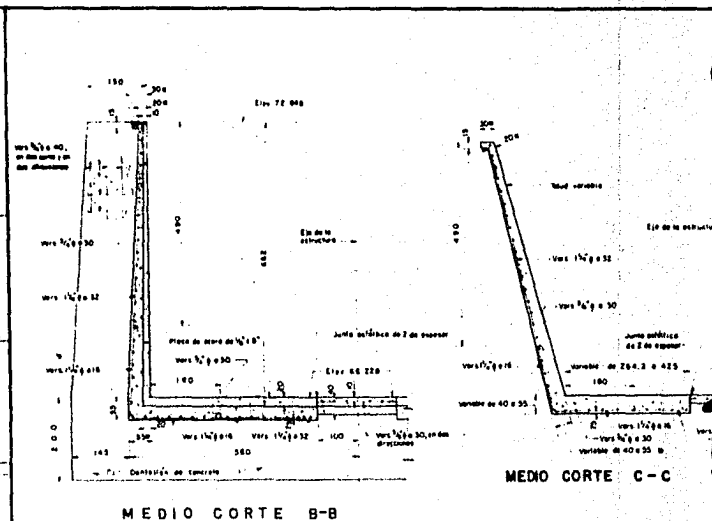
U	FACULTAD DE INGENIERIA
N	DISTRITO DE RIEGO DEL RIO CULIACAN, S.R.
A	SIFON DE ARROYO GRANDE PLANO GENERAL
M	TESIS PROFESIONAL CARLOS VALENTIN JUAREZ T. ESTE
	MEXICO, D.F. 1987 PLANO No. 2



PLANTA

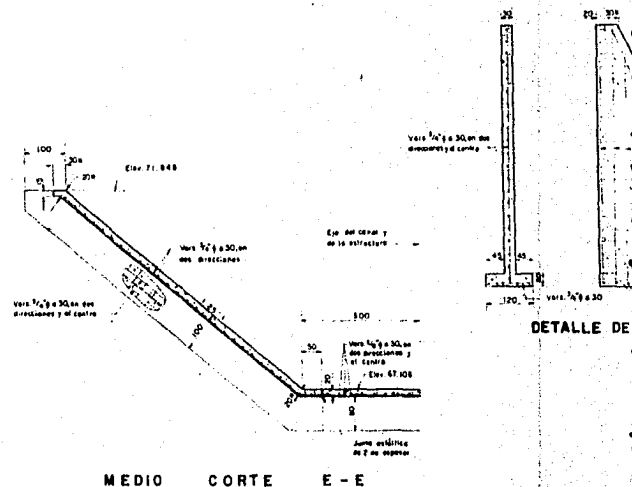


CORTE A-A
(No se muestra el refuerzo)



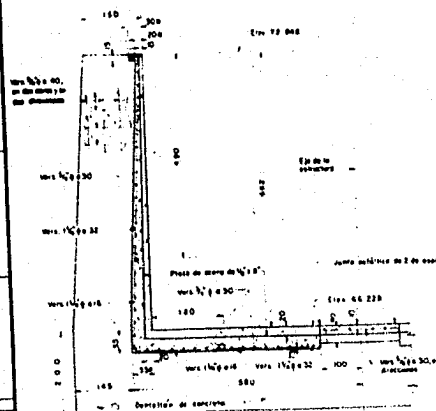
MEDIO CORTE B-B

(El refuerzo que se muestra para los pilares es el de su correspondiente planta que se muestra en el corte C-C)



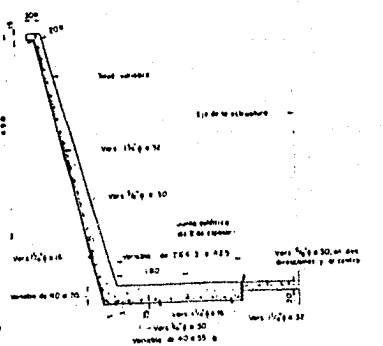
MEDIO CORTE E-E

DETALLE DE

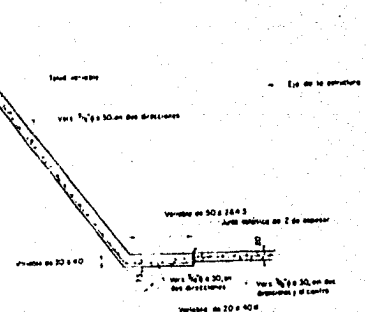


MEDIO CORTE B-B

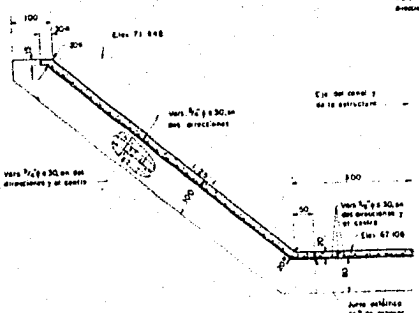
(E) referencias del plano sobre los ejes de L y R y del centro de gravedad y otros datos de ingeniería.



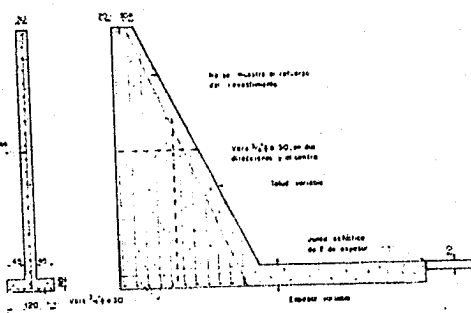
MEDIO CORTE C-C



MEDIO CORTE D-D



MEDIO CORTE E-E



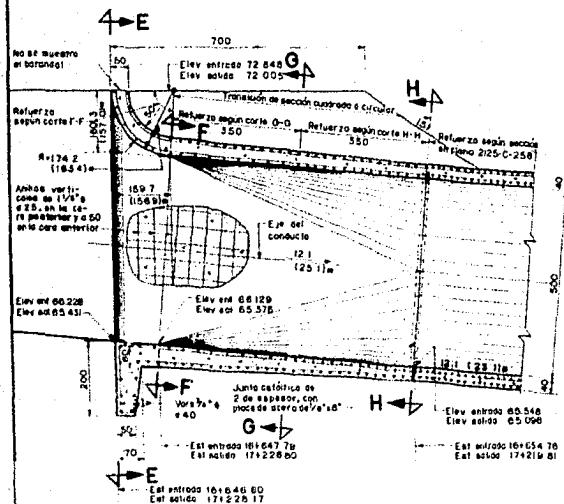
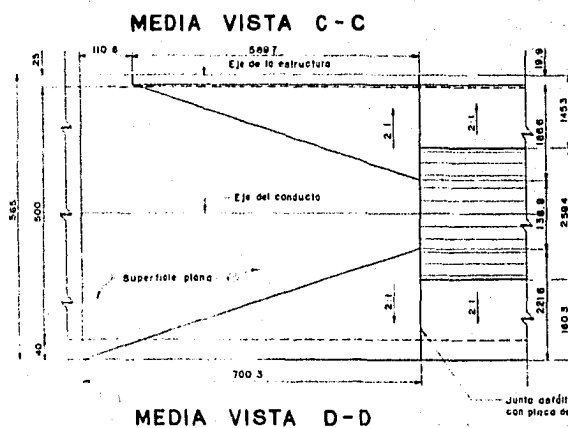
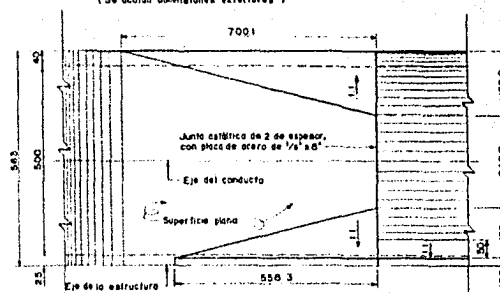
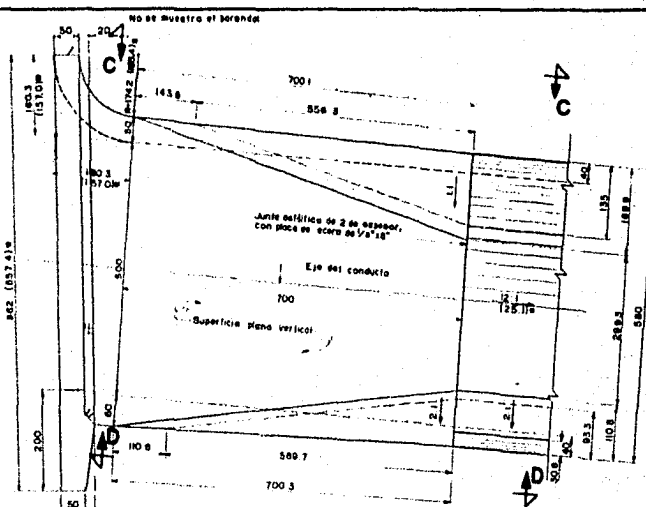
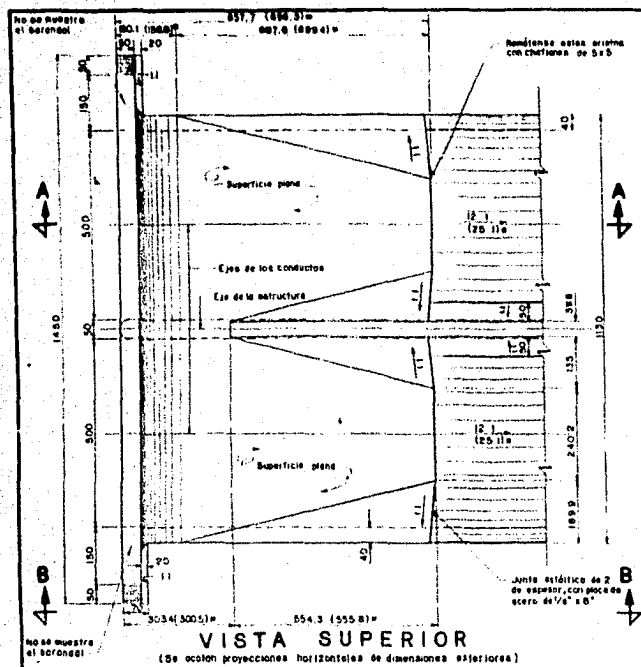
DETALLE DE UN CONTRAFUERTE DE APOYO

CANTIDADES ESTIMADAS		
CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD
Ensayado (aprox.)	m ³	9.82
Reforma (aprox.)	m ³	1.35
Concreto reforzado de 1:1.50 kg/cm ²	m ³	5.60
Acero de refuerzo de:	kg	35.20
1/2"	kg	40.70
3/4"	kg	5.0
Tabla de 7/8" para barridos	m	1.42

NOTAS:

Aplicaciones en condiciones, estructuras y materiales en norma. Usar concreto de 1:1.50 kg/cm². El acero será: rebarrado, corrugado, galvanizado, en caliente y templado de 43 mm de espesor y 5 mm de espesor.

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	DISTRITO DE REGO DEL RIO CULIACAN, SIN CANAL PRINCIPAL - TRAMO MUERTO SIFON DE ARROYO GRANDE TRANSICIONES EXTERIORES
	TESIS PROFESIONAL CARLOS VALENCIA JUAREZ Y CIA
	MEXICO, D.F. 1982 PLANO No. 2



CORTE A-A

MEDIA VISTA D-D

