

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

ESTUDIOS PARA LA REHABILITACION DE OBRAS
HIDRAULICAS MINIMAS EN EL ESTADO
DE QUERETARO

Biblioteca Central

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE QUERETARO

T E S I S

Que para obtener el titulo de:

I N G E N I E R O C I V I L

p r e s e n t a n

ARTURO AVENDAÑO VEGA

RAUL JAIME LAJARA

Querétaro, Qro.

1973

No. Reg. 151982

TS

Clas. 625.84

R621d

1^o Ej.

A mis padres

Con agradecimiento.

A mi Padre.

A mi Madre.

A mis Hermanos:

Patricia

y

Alejandro.

A Cristina.

UNIVERSIDAD AUTONOMA
DE QUERETARO



OFICIO NUM: 75

ASUNTO: SE APROEBA TEMA
DE TESIS.

Agosto 4 de 1972.

SRES. PASANTES RAUL JAIME LAJARA Y
ARTURO AVENDAÑO VEGA
P R E S E N T E .-

En respuesta a su atenta Solicitud, relativa al Tema de sus Tesis Profesional, me permito comunicar a Ustedes, el que para tal efecto fué propuesto por el Sr. Ing. Angel Trejo Moedano. El Título de su Tesis será:

ESTUDIOS PARA LA REHABILITACION DE OBRAS HIDRAULICAS MINIMAS EN-
EL ESTADO DE QUERETARO.

- 1) Generalidades.
- 2) Estudio Socio-Económico: Obtención de información básica en la localidad para conocer las condiciones que prevalecen en la misma. Esta información comprende aspectos físicos, geográficos, demográficos sociales, agrícolas y económicos.
- 3) Estudio Topográfico: Los estudios topográficos que se llevarán a cabo son los siguientes:
 - a) Levantamiento del vaso
 - b) Levantamiento de la boquilla
 - c) Levantamiento de la zona de riego
- 4) Estudio Geológico: Levantamiento del plano de la geología superficial, abarcando boquilla y vaso, para determinar en forma general las características significativas de resistencia y permeabilidad de las formaciones de la zona.

##



- 5) Estudio Hidrológico: Se hará el estudio del regimen de Los escurrimientos y del volumen aprovechable, así como la determinación de la capacidad útil, capacidad de azolves y pérdidas, para poder determinar el almacenamiento más económico.
- 6) Estudio de Mecánica de Suelos: Se hará el estudio del material de los bancos de préstamo para conocer las constantes que intervienen en el cálculo de la estabilidad de las taludes, así como la determinación de las pruebas de control de la terracería durante la construcción.
- 7) Estudio Agrológico: Se realizará el estudio del suelo de la zona destinada al riego con objeto de dar recomendaciones de carácter general para la optimización de la agricultura.
- 8) Presupuesto: Una vez realizado el proyecto con base en los estudios anteriores, se realizará el presupuesto correspondiente para analizar la bondad económica de la obra y determinar la relación beneficio-costo.

También hago de su conocimiento las disposiciones de nuestra Escuela, en el sentido de que, antes de su Examen Profesional deberá cumplir el requisito del Servicio Social y de que el presente Oficio se imprima en todos los Ejemplares de su Tesis.



ATENTAMENTE
"EDUCO EN LA VERDAD Y EN EL HONOR"

ING. ANTONIO SANCHEZ HERNANDEZ
DIRECTOR

C.c.p.- El Sr. Ing. Angel Trejo Moedano.- Presente.-
C.c.p.- La Mesa de Profesiones de la U.A.Q.- Presente.-
C.c.p.- La Escuela de Ingeniería.- Archivo.-

I N T R O D U C C I O N .

La Secretaría de Recursos Hidráulicos a través del Plan Nacional de Pequeña Irrigación construye obras de caracter eminente social y cuya inversión dentro de ciertos límites no es recuperable, a este tipo de obra se le ha denominado como "Obra Mínima".

Se ha clasificado como obras mínima aquellas que sirvan para abrevadero y usos domésticos ó bien que permitan el riego de una superficie hasta de 25 Ha., mediante la construcción de pequeños almacenamientos, captación de manantiales, perforación de pozos, galerías filtrantes ó toda aquella obra en la que al invertir una pequeña cantidad reporte un beneficio en esos términos a la comunidad.

Una obra mínima requiere como cualquier otra obra de Pequeña Irrigación de todos los estudios necesarios; Topográficos, Agrológicos, Geohidrológicos, Geológicos y en base a su caracter eminentemente social, de estudios socioeconómicos que justifiquen plenamente las inversiones que se vayan a realizar en ella.

Este último estudio dará la pauta para saber las necesidades reales, con todos los problemas de la zona adyacente al proyecto y en el se debe hacer resaltar la necesidad urgente de agua, ya que está en función de ella la realización de las inversiones

que se efectúen para construir cualquier Obra Mínima.

Las limitantes para la ejecución de una Obra Mínima son las siguientes:

a).- Cuando la Obra Mínima esté destinada para abrevadero y sus domésticos el valor máximo del expediente no deberá exceder de -----
\$ 187,500.00 (CIENTO OCHENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS PESOS M.N.)

b).- Cuando la Obra Mínima proporciona riego hasta una superficie de 25 Ha., la inversión máxima por familia no deberá ser superior a -----
\$ 37,500.00 (TREINTA Y SIETE MIL QUINIENTOS PESOS M.N.)

procurando que el costo por hectárea beneficiada esté dentro de los costos medios por hectárea de las Obras de Pequeña Irrigación que se construye dentro de la entidad.

Tomando en cuenta las limitantes en superficie de riego, es recomendable que la explotación de la misma sea en forma colectiva, propugnando porque los usuarios se asocien, cooperen en su construcción, adviertan su utilidad, se interesen por ella y después la operen y la conserven en forma adecuada, debiendo ayudarseles en todas las fases de su desarrollo.

Esta Metodología tiene por objeto lograr que en expediente de una Obra Mínima queden asentadas las características primordiales en forma concisa, que pongan de manifiesto la necesidad de construir la obra; si el expediente cubre todas las necesidades de información, está bien presentado y no requiere ninguna modificación tanto en su formato como en su presupuesto; podrá --

presentarse inmediatamente ante la Institución Crediticia para su trámite de aprobación, por lo que su ejecución y su beneficio vendrá más rápidamente a propiciar las metas que se ha fijado la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

METODOLOGIA PARA INTEGRACION DE UN EXPEDIENTE DE OBRA
MINIMA DE USO DOMESTICO Y ABREVADERO O DE USO DOMESTI
CO ABREVADERO Y RIEGO.

- 1.- RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO.- (Aspectos Técnicos, aspectos socioeconómicos, aspectos generales, forma de ejecución y observaciones).
- 2.- PADRON DE USUARIOS.- (Ejidatarios, Colonos, ó pequeños Propietarios) se indicará cuando el proyecto sea de riego, la superficie de cada lote, la superficie dominada con el proyecto y la superficie de riego.
- 3.- SINOPSIS DEL PROYECTO.- Nombre del proyecto, Municipio y Estado.
- 4.- LOCALIZACION.
 - 4-1 Situación política.- Estado, Territorio, Municipio, Delegación.
 - 4-2 Situación Geográfica (Latitud, Longitud y Altitud).
- 5.- CARACTERISTICAS GENERALES DEL LUGAR.
 - 5-1 Ubicación del poblado ó del proyecto.- (Dentro de una cuenca, zona, región, etc.).
 - 5-2 Vías de comunicación.- (Carreteras, Caminos, Brechas, Vías Ferreas, etc.).

5-3 Clasificación del clima.

5-4 Análisis de datos climatológicos y pluviométricos.

6.- FUENTE ACTUAL DE ABASTECIMIENTO.- (Pozos, Norias, Manantiales, Laguna, Río; distancia del poblado a la fuente, uso de la --- fuente, insalubridad, etc.).

7.- PROYECTO.- Su descripción.- Aprovechamiento Subterráneo, se - dará profundidad de la perforación, diámetro de perforación y ademe, niveles estatico y dinámico, gasto que se pretende extraer.

Aprovechamiento Superficial.- Almacenamiento.- Tipo de Cortina, longitud de Corona, altura sobre el cauce, localización - del vertedor, obra de toma y capacidad de esta; capacidad total.

Derivadora.- Tipo, longitud de la cresta, localización y capa cidad de la obra de toma.

Captación de Manantial.- Gasto mínimo en estiaje, estructura de captación y tipo de conducción.

Planta de Bombeo.- Gasto que se pretende elevar y fuente de - abastecimiento, desnivel y estructura.

Beneficio.- (Uso doméstico, abrevadero y riego).

8.- ESTUDIOS REALIZADOS.- (Topográficos Agrológicos, Geológicos, Geohidrológicos, socio-económicos, etc.).

9.- RESUMEN DEL PRESUPUESTO.

9-1 Obras Civiles.- Imprevistos (7%), Dirección y Administra-
ción (15%).

92 Equipo.- (Bomba, Motor, Guimbalete, Aereo-Motor, Equipo de Bombeo, Apección ó goteo, instalación y fletes.).

10.- PLANOS.

10-1 Localización Grafica.- Dentro de la región correspondiente.

10-2 Planos de Proyecto.- (Tanque de almacenamiento, abrevadero, proyecto de cortina, zona de riego, etc.).

ESTUDIOS SOCIO-ECONOMICOS.

La escasez de recursos implica la realización de estudios Socio-económicos, para asegurar que la asignación que se haga de las mismas en Obras de Pequeña Irrigación se realice en la forma más óptima posible; su realización a niveles Regional Nacional y Local obedece a tener un amplio conocimiento de la situación económica local en la que habrán de actuar como generadores de alimentos y materias primas y como elemento de una utilización más eficiente, de los factores productivos que se ubican en el ámbito rural.

La elaboración de estudios en las localidades donde se proyecta la Construcción de obras de Riego, tiene por objeto un mayor y mejor aprovechamiento de la obra, por medio del conocimiento de las condiciones que prevalecen en la comunidad y su área de influencia, teniendo en ésta forma el instrumental que habrá de utilizarse y actuar en forma efectiva y coordinada, así como para poder ofrecer soluciones a los problemas de desarrollo que presenta la comunidad.

Como paso inicial para estos estudios se tiene la obtención de información básica, en la localidad para su análisis ó interpretación, su integración estará de acuerdo a cada uno de los aspectos físicos y geográficos, aspectos agrícolas de disponibilidad y uso actual de factores, aspectos demográficos y otros que se mencionan.

Los estudios Socio-Económicos generales ó específicos implican la exploración exhaustiva de los datos básicos que nos permitan integrarlos de acuerdo con los fines propuestos; Su utilización puede ser mayor ó menor, total ó parcial, estando de acuerdo a las características propias de cada localidad.

ESTUDIOS TECNICOS.

Estudios Topográficos.

Los estudios topográficos que deben llevarse a cabo y que estarán destinados a la planeación y desarrollo del proyecto, son los siguientes:

- a).- Levantamiento de la Cuenca de Captación.
- b).- Levantamiento del Vaso de Almacenamiento.
- c).- Levantamiento de la Boquilla.

Levantamiento de Cuencas de Captación.

El levantamiento topográfico de una cuenca de captación se hace generalmente para determinar su área y la forma de concentración de los escurrimientos, a fin de utilizar estos datos en la solución de problemas hidrológicos.

Al hacer el levantamiento de una cuenca, deben obtenerse los datos siguientes:

- a).- Area y forma de la cuenca.
 - b).- Forma de concentración de los escurrimientos (Cauces principales y pendientes de los mismos).
 - c).- Cubierta vegetal (Zonas forestales, areas cultivadas, pastisales).
 - d).- Geología superficial (Características generales de la zona).
- Datos que serán de mucha utilidad para estimar el coeficiente de escurrimientos.

Levantamiento de Vasos de Almacenamiento.

El levantamiento de un vaso tiene por objeto determinar su plano topográfico el cual servirá para:

- a).- Conocer su capacidad a diferentes elevaciones.
- b).- De apoyo a los estudios Geológicos.
- c).- Para determinar las áreas y distribuciones de las propiedades que puedan ser inundadas y poder valuar sus indemnizaciones.

Levantamiento de la Boquilla.

El levantamiento de las boquillas se hace con el siguiente proposito:

- a).- Contar con un apoyo para las exploraciones Geológicas.
- b).- Disponer de un plano Topográfico detallado, para el diseño de la cortina y obras auxiliares.
- c).- Establecer puntos de apoyo que serán utilizados para control de líneas y niveles durante la construcción.

ESTUDIOS GEOLOGICOS.

Los estudios geológicos para este tipo de aprovechamiento, revisten una capital importancia, en virtud de que pequeñas filtraciones puedan originar el fracaso de la obra, dado que los almacenamientos son pequeños.

Los estudios que se deban realizar previamente a los trabajos de exploración, son los siguientes:

Se levantará un plano de la geología superficial de la zona de la Presa en proyecto, abarcando boquilla y vaso, en el que deban de aparecer las condiciones generales de estructura y secuencia estratigráfica.

Estos levantamientos de geología superficial servirán de base para determinar en forma general, cuales son las características significativas de las estructuras geológicas y las de resistencia, compresibilidad y permabilidad de las formaciones de la zona.

Este programa de exploraciones en detalle, debe incluir una descripción de los objetivos que se persiguen con las perforaciones, pozos a cielo abierto, adicionales, de acuerdo con las características de geología que se determinaron en los levantamientos previos.

ESTUDIOS AGROLOGICOS.

En general los suelos se clasifican en 4 grupos según su adaptabilidad para riego, tomándose en cuenta para tal clasificación los siguientes factores: las características propias del suelo, la pendiente topográfica, su drenaje interno, su alcalini-

dad o salinidad, su propensión a las inundaciones y su grado de erosión.

Dentro del factor suelo se consideran las distintas características que puedan afectar la producción, como son: espesor, textura, capacidad, estructura, pedregosidad factores anteriores, permeabilidad.

En relación a los suelos se clasifican 1a., 2a., 3a., y 4a. clase, tomando en cuenta que tengan deficiencias ó problemas graves de 1 ó varios factores y de inversiones iniciales considerables, correspondientemente.

ESTUDIOS HIDROLOGICOS.

Para las obras de riego (Hidráulicas) y en particular para las presas de almacenamiento, el buen éxito de un proyecto se derivará fundamentalmente del estudio hidrológico que se realice y la bondad de este depende a su vez de la cantidad y veracidad de los datos disponibles.

Para llevar a cabo el estudio hidrológico, es necesario conocer el régimen de la corriente por aprovechar, durante un determinado periodo de tiempo.

A partir de datos hidrológicos, tales como precipitación media anual, volúmen escurrido, volúmen llovido, coeficiente de escurrimiento; se determinaran las características propias del estudio.

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

Es conveniente antes de entrar en los problemas de dise

ño de la Cortina, clasificar el tipo de suelo que se usará en su construcción, con objeto de estudiar los diversos factores que afectan a sus propiedades mecánicas.

Para tomar en cuenta los factores de los cuales dependen principalmente las propiedades mecánicas a saber: Granulometría; Graduación, forma de las partículas y plasticidad; describa a los suelos de tal manera que se puede asociar a cada tipo de suelo y enclavar en un cuadro del sistema unificado de clasificación de suelos; conociendose así las características mecánicas más importantes y por consiguiente su adaptabilidad a los diversos usos de la construcción.

PROYECTO.

En Capítulos anteriores se han expuesto los trabajos necesarios que deberán llevarse a cabo para el estudio de un pequeño almacenamiento, los resultados de cada uno serán concurrentes en la elaboración de su proyecto.

Tanto el cálculo como el diseño de la obra no presentan alto grado de dificultad, aún cuando el proyectista debe poner especial cuidado en la cimentación y el diseño del Vertedor de exedencias, aspectos principales de los que dependen el buen éxito de la obra.

Además de los aspectos técnicos el proyectista debe cuidar la economía del proyecto, localizando cuidadosamente las estructuras.

En relación a los pequeños almacenamientos se han sim--

plificado hasta donde es posible la realización de su proyecto.

El proyecto general de un pequeño almacenamiento se divide en:

- 1.- Proyecto del Vertedor de exedencias.
- 2.- Proyecto de la Cortina.
- 3.- Proyecto de la Obra de Toma.
- 4.- Proyecto de la Zona de Riego.

C A P I T U L O I
G E N E R A L I D A D E S .

El proyecto del almacenamiento que se pretende rehabilitar se localiza en el poblado de el Pozo, municipio del Centro, Estado de Queretaro, sus coordenadas geográficas son $20^{\circ} 38' 10''$ -- L.N. y $100^{\circ} 19' 17''$ L.W.G., la altura sobre el nivel del mar es de 1960.0 Mts.

El poblado del Ejido se encuentra dentro de la Cuenca -- del Río Lerma - Chapala - Santiago, correspondiente a una zona semi-arida, en donde sus habitantes se dedican a las actividades agropecuarias, las que no satisfacen plenamente sus necesidades.

La población actual del poblado es de 210 habitantes --- agrupados en 30 familias.

El acceso al sitio del proyecto se hace recorriendo 5 Km. hasta llegar al aeropuerto de la Cd. de Queretaro; de este sitio y por una brecha se recorren 3.5 Km. al N.E. para llegar al sitio -- del proyecto.

El clima es semi-arido con lluvias en verano y con las siguientes temperaturas:

Temperatura media anual 18.4° C.

Temperatura máxima media anual 25.9° C.

Temperatura mínima media anual 10.9° C.

En la actualidad los futuros usuarios de la obra se surten del agua más indispensable de un bordo existente en el Ejido que dista 300 Mts. del poblado.

Para satisfacer las necesidades primordiales de uso doméstico y de la actividad agropecuaria del ejido, se pretende rehabilitar y sobre-elevar un bordo, aprovechando los escurrimientos superficiales.

C A P I T U L O II

ESTUDIOS SOCIO ECONOMICOS.

Para asegurar que la asignación que se haga de los Estudios Económicos en Obras de Pequeña Irrigación, es necesario realizar estos estudios.

Teniendo un amplio conocimiento de la situación económica general en la que habrán de actuar como elemento de una utilización más eficiente de los factores productivos que se ubican en la zona rural.

Cada localidad cuenta con características propias y su conocimiento es fundamental para determinar, cual será el tipo de obra que habrá de ejecutarse desde el punto de vista técnico, económico y social.

Como primer paso para estos estudios se tiene la obtención de información básica de la localidad, para su análisis e interpretación.

Los estudios socio económicos implica la exploración exhaustiva de los básicos que nos permitan integrarlos de acuerdo con los fines propuestos; su utilización puede ser mayor ó menor, total ó parcial, estando de acuerdo a las características propias de cada localidad.

A continuación se dan a conocer una serie de indicado--

res de tipo social y económico, los cuales se presentan a fin de orientar en mayor grado la finalidad que persiguen los Estudios - Socio Económicos, ya que todos ellos están enfocados a diagnosticar y solucionar los problemas del desarrollo económico y social de las comunidades beneficiadas por Obras de Pequeña Irrigación.

ASPECTOS SOCIO ECONOMICOS.

Investigación de aspectos básicos a nivel de comunidad rural:

- 1.- Estado.- Querétaro
- 2.- Municipio.- Del Centro.
- 3.- Localidad.- El Pozo.
- 4.- Categoría Política.- Ejido.
- 5.- Población Total.- 210 habitantes.
- 6.- Familias Beneficiadas.- 30 Familias.
- 7.- Inversión por Familia.- \$ 6,250.00
- 8.- Ingresos medios familiares anuales:
 - a).- Actuales.- No se consideran por ser obra para uso domésticos y abrevadero.
 - b).- Futuros.- No se consideran por ser obra de uso domésticos y abrevadero.
- 9.- Cultivos recomendables.- Maíz y Frijol.
- 10.- Valor de la producción.- Es muy relativo debido a que es zona arida con cosechas de temporal.
- 11.- Relación beneficios costo.- El objeto de la Obra es para uso doméstico y abrevadero, por lo que no se determina esta relación.
- 12.- Servicios de extensión agrícola.- Solo en obra de riego las proporciona la Secretaría de Agricultura y Ganadería.

- 13.- Comercialización.- Local exclusivamente.
- 14.- Actividad ganadera.- Cría de ganado vacuno, porcino, aves de corral.
- 15.- Tenencia de la Tierra.
 - a).- Actual.- Ejidal.
 - b).- Proyectada.- Ejidal.
- 16.- Servicios de crédito agrícola.- Los usuarios podrán acudir al agente regional del Banco Agropecuario.
- 17.- En caso de inversión no recomendable.- Uso doméstico y abrevva dero.
 - a).- Fuente actual de aguas.- Bordo existente en el Ejido.
 - b).- Cantidad de aguas.- Indeterminada debido a que el bordo tiene fugas.
 - c).- Calidad de aguas.- Regular, pues es agua de lluvias alm cenada.
 - d).- Distancia al lugar de consumo.- 300 Mts.
- 18.- Principales problemas y necesidades.- Tanto la introducción - de agua potable, así como la electrificación son necesidades de primer orden.
- 19.- Obras en proyecto federales ó estatales.- Proyecto de rehabilitación del bordo El Cerro.

C A P I T U L O I I I
ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.

El estudio de un proyecto se origina con el fin de satisfacer necesidades especificas; al principio del estudio de reconocimiento se dispone de diversidad de datos, ya sea en forma de planos de la región, censos, estadísticas, etc.

Los cuales pueden ser complementados con datos adicionales aproximados y valorizados para concebir un plan de trabajo definitivo y compararlo con otras alternativas. Por medio de un razonamiento se pueden eliminar varias de esas alternativas y abreviar así un plan final aproximado, en el cual se incluyan los objetivos, localizaciones aproximadas, altura de la presa, capacidad del vaso y datos del mismo, tales como: topografía, alineaciones de control horizontal y vertical, etc.

Tomando en consideración lo anterior se procedió a efectuar:

Levantamiento del Vaso.

Levantamiento de la Boquilla.

Levantamiento de la zona de riego.

Levantamiento de la Poligonal.

Se establecieron los puntos del tránsito en posiciones

ventajosas al avanzar el levantamiento y se midieron las distancias entre los puntos de tránsito sucesivas.

Supongamos que el 1er. lado de nuestra Poligonal lo de-- terminan los puntos A y B, se clavan trompos que definan los puntos, se coloca en el punto B el tránsito, el vernier horizontal se fija en un valor angular dado, se hace un visual con la baliza en el punto A y se fija el movimiento inferior. Se mide la línea A B, al Ca-- denero de adelante alinea el Trazador y se registra la distancia A B, se elige la situación del siguiente punto o sea C y se establece la posición del punto de tránsito, se suelta el movimiento superior y se hace girar hasta visar C. se fija el movimiento superior se -- lee y se registra el valor angular; se mide la distancia B C y se -- registra de manera semejante que la de A B, se cambia el tránsito -- al punto C, se toma una visual a B, se elige el punto D, se hace -- una visual a D y se lee el ángulo, se mide la línea C D, se repite el proceso para todos los demás puntos seguidos, hasta que la Poli-- gonal llega al punto inicial A, donde se cierra.

Como comprobación se coloca el tránsito en el origen y -- se mide el ángulo que forma la primera y última línea de la poligo-- nal, de esta manera se determina el error angular de cierre que no debe exeder de $1'30''$ por $V_{\frac{1}{n}}$, en donde n = No. de estaciones y el -- error de cierre total no debe exeder de $1/1000$.

Cálculo de las Curvas de Nivel.

Las líneas de nivel son medios que permiten represan en planta las variaciones de la alturas de los terrenos. Una línea de nivel representa la intersección de una superficie de nivel con el

terreno.

El intervalo de las líneas de nivel o sea la diferencia de nivel entre líneas adyacentes varía de acuerdo con la escala -- del mapa y la naturaleza de la región. Cuando mayor sea la escala del plano y más montañosa la región, menor será el intervalo de -- las líneas de nivel.

En un plano o en una serie de planos afines, el intervalo de las líneas de nivel será igual, de otro modo se reducirá la facilidad para interpretar el plano.

Existen varios métodos para determinar las líneas de nivel que pueden dividirse en 2 grupos: los métodos directos y los indirectos; en nuestro caso nos basamos en el método indirecto de la cuadrícula (Lecturas aisladas) para el levantamiento de las líneas de nivel.

Método de la Cuadrícula.

Se cubre el area con una cuadrícula (Generalmente de -- cuadros de 20 Mts.) se toma una lectura separada en cada vértice -- de la cuadrícula y se interpolan las líneas de nivel.

Si se presentan cambios notables de nivel, entre las líneas de la cuadrícula se pueden nivelar puntos adicionales y de -- terminarse su posición con relación a las líneas de cuadrícula.

Levantamiento de la Boquilla.

Levantamiento de Perfiles.- Durante la localización y construcción de carreteras, ferrocarriles, presas, etc. se colocan estacas y -- otras marcas a intervalos regulares a lo largo del perfil.

En nuestro caso se colocaron estacas a cada 20 Mts. a lo largo de una línea establecida (Línea central de la Cortina).

Los puntos colocados a cada 20 Mts. exactamente desde el principio de la línea, se llaman estaciones completas y a todos los demás puntos se les llama sub-estaciones, así una estaca clavada a 40 Mts. del punto de origen se numera 0+040.

Las elevaciones con las que se construyen los perfiles se obtienen de las lecturas de estadal, tomadas en el terreno en cada estaca y en los puntos intermedios donde se presentan cambios marcados en la pendiente. Se coloca el instrumento en un lugar conveniente, no necesariamente en línea, se coloca el estadal en el Banco de Nivel, se toma lectura y se determina la altura del instrumento como en la nivelación diferencial, luego se toman lecturas de estadal siguiendo el terreno en las estaciones sucesivas a lo largo de la línea, determinando así la elevación de cada una de las estaciones completas y de las sub-estaciones.

C A P I T U L O I V

ESTUDIO HIDROLOGICO

Para las obras hidráulicas y en particular para almacenamiento, el buen éxito de un proyecto derivará fundamentalmente del estudio hidrológico que se realice y la bondad de este a su vez dependerá de la cantidad y veracidad de los datos disponibles.

Para lograr el estudio hidrológico es necesario conocer el régimen de la corriente por aprovechar durante un determinado periodo de tiempo.

En los procedimientos normales hay 2 formas, el método directo y el método indirecto. El método directo consiste en conocer directamente de los escurrimientos de aforo durante periodos de tiempo que a medida que sean más amplios serán más precisos.

Por otra parte, debido a que los pequeños almacenamientos por lo general se localizan en corrientes secundarias en donde no se tienen estaciones de aforo, los estudios hidrológicos se hacen en forma indirecta.

El método indirecto es aquel en que se deducen los volúmenes escurridos en función a los 3 factores que los producen: Precipitación pluvial, Area de la cunca y coeficiente de escurrimiento.

Los cálculos dados por el método indirecto son muy apro

ximados a los métodos exactos, si se tiene el criterio para determinarlos con precisión.

Tomando en cuenta la extensión de la cuenca:

<u>Extensión de la cuenca.</u>	<u>Coefficientes de escurrimiento.</u>
Hasta 10 Km. 2.	20 %
de 10 a 100 km. 2.	15 %
de 100 a 500 km. 2.	10 %
Mayores de 500 km. 2.	5 %

Tomando en cuenta la precipitación,

<u>Precipitación. (MM)</u>	<u>Coefficientes de escurrimientos.</u>
Hasta 800	0 a 5 %
de 800 a 1200	5 a 15 %
de 1200 a 1500	15 a 35 %
Mayores de 1500	35 a %

Tomando en cuenta la vegetación.

<u>Clase de Terreno.</u>	<u>Coefficiente de escurrimiento.</u>
Terrenos cultivados, pastos.	1 a 30 %
Arenas boscosas,	5 a 20 %
Terrenos sin cultivo.	25 a 50 %

El volúmen escurrido medio anual, es aquel que se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$V_m = A \times P_m \times C$$

V_m - Volúmen medio anual escurrido M³.

$$V_m = 2600000 \times 5.30 \times .13$$

A = Area de la cuenca de captación M²

$$V_m = 186.576 \text{ M}^3.$$

P = Precipitación media anual M.

C = Coeficiente de escurrimiento.

Cuenca de captación.- En la superficie del terreno limitada por la línea del parte aguas en la cual el agua de lluvia escurre para -- ser drenada por el río ó arroyo desde su nacimiento hasta el sitio de laboquilla.

Precipitación media anual.- Es el promedio de las precipitaciones medias mensuales en los periodos considerados, las que se obtiene a partir de datos pluviométricos recopilados diariamente en las estaciones climatológicas.

Coeficiente de escurrimiento.- El coeficiente de escurrimiento es la relación entre el volúmen escurrido y el volúmen llovido sobre el area de la cuenca.

$$C = \frac{\text{Volúmen escurrido}}{\text{Volúmen llovido}}$$

C = Coeficiente de escurrimiento.

El coeficiente de escurrimiento puede determinarse de 2 maneras:

a).- Determinación directa.- De los aforos de las corrientes se obtienen los volúmenes escurridos anualmente, cuyos porcentajes con respecto a los colúmenes llovidos manifiestan los coefi--cientos de escurrimiento anuales respectivos, los que pueden utilizarse en los proyectos situados en el lugar de la esta--ción hidrométrica ó en sus cercanías.

b).- Método de comparación.- Cuando hay que determinar el coeficiente de escurrimiento y en la corriente por estudiarse no hay estación hidrométrica, el coeficiente se determina comparando la cuenca de estudio, con otras semejantes.

Hay valores límites del coeficiente de escurrimiento en función de superficie de la cuenca, precipitación y vegetación y -- por medio de estos 3 valores y apegandose a la mayor versidad de -- los datos no obtiene el valor muy aproximado del coeficiente de escurrimiento.

Evaporación neta.- La evaporación neta de un vaso de almacenamiento es la evaporación media observada en el periodo de estudio afectado por un coeficiente reductor por magnitud de vaporómetro y disminuida con la precipitación pluvial deducida en el vaso.

Es decir mediante la expresión:

$$E.N. = E_m C_2 = P_m (1a_c)$$

Donde:

E.N. = Evaporación neta.

E_m = Evaporación media anual observada en mm.

C₂ = Coeficiente de reducción que depende del evaporómetro que se uso para la República Mexicana es de 0.77.

P_m = Precipitación media anual observada en mm.

c = Coeficiente de escurrimiento de la cuenca.

M_m C₂ = Evaporación real en mm.

En el estudio hidrológico, el aprovechamiento más conveniente dependerá del régimen de la corriente y de la capacidad del Vaso.

La existencia de factores de diverso indole Hidrológico, topográfico ó Geológico, puede restringir la capacidad total de un almacenamiento.

Cálculo de los Azolves.

La capacidad de los azolves depende de la cantidad de -- azolves que continuamente transporta la corriente y su magnitud de be cubrir el volúmen necesario para proteger el libre funcionamiento de la obra de Toma durante su vida útil.

Por estudios efectuados se ha aceptado considerar un porcentaje promedio anual de sedimentación del 0.15 % del escurrimiento medio anual.

Se a fijado para un pequeño almacenamiento una vida útil de 25 años; por tanto el volúmen de azolves para la vida útil del - pequeño almacenamiento es: $0.0015 \times 25 \times V_m$.

En relación a nuestro estudio y teniendo la información básica tenemos:

Datos Hidrológicos.

Coefficiente de escurrimiento $C = 13\%$

Volúmen medio anual escurrido = 186.576 M3

Precipitación media anual = 530 mm.

$CAL = 0.0015 \times 25 \times 186.576 \text{ M3.} = 6903 \text{ M3.}$

Esta capacidad se dispone por abajo del nivel de entrada a la obra de toma; con esto evitaremos que durante la vida útil del almacenamiento, sufra desperfectos o mal funcionamiento a causa de los azolves.

ESTUDIO HIDROLOGICO.

PEQUEÑO ALMACENAMIENTO.

Capacidad de Almacenamiento = 57400 M3.

Familias Beneficiadas = 30

Cálculo de la Curva de Areas Capacidades.

Elevación (MTS.)	Areas (HAS.)	A1+A2 (HAS.)	D/2 (MT.)	Volúmen (M3.)	Vols.Acumulados - (M3.)
94.00	0.03	0.03	0.25	75	75
94.50	0.09	0.11	0.25	275	350
95.00	0.20	0.29	0.25	725	1075
95.50	0.34	0.54	0.25	1350	2425
96.00	0.54	0.88	0.25	2200	4625
96.50	0.71	1.25	0.25	3125	7750
97.00	0.92	1.63	0.25	4075	11825
97.50	1.22	2.14	0.25	5350	17175
98.00	1.50	2.72	0.25	6800	25975
98.50	1.79	3.29	0.25	8225	32200
99.00	2.06	3.85	0.25	9625	41825
99.50	2.36	4.42	0.25	11050	52875
100.00	2.66	5.02	0.25	12550	654.25

Suponiendo:

A) Familias = 40 (250 personas)

B) Ganado = 300 (Cabezas)

A) Vaca Lechera = 45 Lts/día

$$VA = 45 \times 300 = 13500 \text{ Lts/día}$$

$$VA = 13.5 \times 30 = 405 \text{ M3./mes}$$

B) 1 Habitante = 50 Lts/día

$$VB = 50 \times 250 = 12500 \text{ Lts/día}$$

$$VB = 12.5 \times 30 = 375 \text{ M3./mes.}$$

Volúmen escurrido medio anual.

$$VM = A \times PM \times C$$

$$A = 2\,600\,000 \text{ M2. } PM = 552 \text{ MM.}$$

Coefficiente C:

Tomando en cuenta la Superf. de la cuenca 20.0 %

Tomando en cuenta la precipitación 3.5 %

Tomando en cuenta la vegetación 15.5 %
39.0 %

$$C = 13.0 \%$$

$$VM = 2\,600\,000 \times 0.13$$

$$VN = 186\,576 \text{ M3.}$$

Capacidad de Azolves.

Vida Útil = 25 años

$$CAZ = 0.0015 \times Vu \times VM.$$

$$CAZ = 0.0015 \times 25 \times 186576$$

$$CAZ = 6903 \text{ M3.}$$

Evaporación Neta.

$$E.N. = EM C2 - PM (1 - C).$$

$$E.N. = 1905 \text{ mm} \times 0.77 - 552 (1 - 0.13)$$

$$E.N. = 966.61 \text{ mm}.$$

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.

En el presente estudio se exponen las pruebas básicas de laboratorio para determinar las características del proyecto de la Cortina para un pequeño almacenamiento. Estos estudios están sujetos a las normas standar establecidas.

Clasificación de los suelos.

Es indispensable antes de entrar en los problemas de diseño de la Cortina, clasificar el tipo de suelo que se usará en su construcción; con objeto de estudiar los diversos factores que alteran sus propiedades mecánicas y ordenarlas en grupos de características semejantes conforme a una convención establecida.

De las convenciones diversas que existen para clasificar a los suelos, se ha seleccionado el sistema conocido como "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos" por ser uno de los más descriptivos y además por haber sido adoptado por varias organizaciones interesadas en esta rama.

Este sistema de la ventaja de adaptarse facilmente al campo y al laboratorio, requiriendose poca experiencia y unas cuantas pruebas de laboratorio para determinar el grupo al cual pertenece el suelo dado. Los factores principales para determinar las propiedades Mecánicas son: Granulometría, Graduación, Forma y Plasticidad; esto describe a un suelo de tal forma que es facil asociar a cada grupo de suelo las características mecánicas más importantes y por consiguiente su adaptabilidad a los diversos usos de la construcción.

Análisis Granulométrico.

El análisis granulométrico es latécnica que tiene por objeto estudiar la distribución de los tamaños, graduación y forma - de las partículas de un suelo a fin de juzgarlo con el uso que se le vaya a dar.

Las propiedades mecánicas de los suelos estan intimamente relacionadas con el tamaño y forma de las partículas que las integran.

Un suelo puede estar constituido predominantemente por - partículas de tamaño muy semejante ó bien puede encontrarse en él - una gran diversidad de tamaños. Si se hace pasar una porción de -- suelo, a travez de una serie de mallas ó tamices de aberturas conocidas, en cada una de ellas se irán deteniendo particuals cuyo tamaño es mayor que la malla que los retiene y menor que la inmediata superior. De esta manera puede establecerse la Proporción relativa en paso de los diversos rangos de tamaño que constituyen el - material en cuestión.

Cuando se tiene dichas proporciones para un suelo dado, se dice que se conoce su granulometría.

En la practica se emplean los términos de grava, arena, limo y arcilla para designar distintos rangos de tamaño, cuyos límites son convencionales y quedan comprendidos en la gráfica granulometrica.

Cuando un material contiene una baja proporción de particulas finas (limo y arcilla) ó carecen de ellas puede determinarse en el laboratorio su curva granulomatrica simplemente con el empleo

de mallas. Pero cuando por el contrario el Limo y la Arcilla forman una proporción importante (Mayor del 5 al 10%) es necesario lavar con agua los materiales en la mallas recogiendo el lavado que contiene a las partículas finas (Malla 200 abertura 0.075 mm) Sistema Taylor. La concentración de la suspensión puede determinarse midiendo la densidad de la suspensión, por medio de un hidrómetro.

Limites de Consistencia.

Es un hecho bien conocido que al humedecer una tierra constituida por Limo y Arcilla, se vuelve blanda formando lodo que al secarse se endurece en forma variable ó se vuelve polvo.

Estos sencillos fenómenos son en realidad de naturaleza físico química muy compleja y constituyen la base para las pruebas desarrolladas por Attenberg, para estudiar las variaciones de las consistencias de los suelos con los cambios de humedad.

Los límites de consistencia ó de Attenberg establecen las fronteras de los suelos en cuanto a su estado líquido y sólido, en función directa de su contenido de agua; indicando claramente la plasticidad que a cada uno de ellos les corresponde por diferencia del límite líquido y límite plástico definido, como índice de plasticidad.

Normalmente en suelos limo arcillosos a mayor índice de plasticidad se tendrá mayor cohesión.

Límite Líquido L.L.

Si a un suelo fino se le agrega agua con suficiente cantidad puede convertirse prácticamente en un líquido, es decir -

fluye facilmente bajo el efecto de un pequeño esfuerzo cortante, si se permite que el agua se evapore parcialmente, llega un momento en que el suelo empieza a ofrecer una resistencia al esfuerzo cortante y se comporta como un material plástico. El contenido de agua expresado en por ciento por peso de suelo seco, en este momento es el límite líquido.

Límite Plástico.- L.P.

Si se continúa evaporando el agua, amasando el suelo con las manos llega un momento en que se vuelve quebradizo y deja de comportarse como un plástico.

La diferencia entre el límite líquido y el plástico, se llama "Índice de plasticidad" (Símbolo I) y representa el rango de variación de la humedad dentro del cual el suelo se comporta plásticamente.

Prueba de Compactación Proctor.

Se entiende por compactación todo proceso que aumente el peso volumétrico de un material. En general es conveniente compactar un suelo, para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable.

El acomodo de las partículas de un suelo que se a tratado de compactar depende fundamentalmente de la humedad que tenga el material. Si las partículas están secas la fricción intergranular opone una resistencia mayor al desplazamiento relativo entre ellas, que si se encuentran lubricadas por una película de agua; por el contrario si la masa tiene una humedad elevada el agua lle

na vacíos que podrían ser ocupados por partículas en un arreglo más denso. Esto es cierto en suelos que tiene un alto porcentaje de finos y no en las arenas gruesas y gravas.

Por lo tanto, dado un proceso de compactación, para cada material existe un contenido de agua con el que se obtiene el máximo peso volumétrico.

DENSIDAD

La densidad (Gravedad específica) se define como la relación entre el peso seco de los sólidos de un suelo y el peso -- del volúmen de agua que desalojan. La densidad generalmente no es un índice importante en el comportamiento de los suelos, pero es necesaria para determinar otras propiedades.

En la mayoría de los suelos la densidad oscila entre -- 2.6 y 2.8 y cuando no se dispone de este dato se supone una densidad de 2.65.

Propiedades Mecánicas.

En la practica de los análisis de estabilidad de talu-- des se ha podido observar que normalmente para secciones homoge-- neas ú homogeneas Modificadas constituidas por material cohesivo, el caso más crítico generalmente ocurre al final de la construc-- ción, suponiendo el material saturado. Por lo tanto se considera que la revisión de ésta condición es suficiente para la selección de un talud estable en Cortinas de pequeña irrigación (Almacena-- miento).

En relación a suelos cohesivos, los valores obtenidos - para el ángulo de fricción interna mediante la prueba triaxial rá

vida no drenada, son pequeños y se ha considerado conveniente no hacerlos intervenir para el análisis de taludes, lo que asegurará una mayor estabilidad.

De anterior se desprende que podremos substituir la --- prueba triaxial rápida no drenada por una prueba de comprensión -

simple sin confinar ya que si no se toma en cuenta el ángulo de fricción interna, nos interesan exclusivamente los valores de la cohesión obtenidos por este tipo de prueba, la cual puede llevarse a cabo utilizando el aparato modelo V-160 SOIL TEST.

Los especímenes de prueba remoldeados y que se usarán para la prueba, serán elaborados con suelo pasado por la malla No. 4 con una compactación comprendida entre 93 y el 95 % cuando se trata de arcillas francas y no moneros del 93 % para materiales limosos ó arenas limosas ó arcillosas. En los 2 casos se tratarán con grados de saturación entre 93 % y 96 % no considerándose saturaciones mayores, debido a las pocas posibilidades de que los materiales de la cortina de los pequeños almacenamientos se sature totalmente, tanto por su impermeabilidad, como por las condiciones de funcionamiento de los Vasos los cuales permanecen llenos solo una parte del año.

El límite inferior de 93 % de compactación fijado en arcillas francas, surgió de la experiencia a través de las obras -- construídas con porcentajes de compactación inferiores, las cuales presentaron ligeros asentamientos que aunque sin trascendencia eran objetos de alarma teniendo que recurrir a estudios con las consiguientes erogaciones.

El porcentaje de compactación de los especímenes, se fijará de acuerdo con la compactación (Relación entre el peso volumétrico y el óptimo determinado por la prueba proctor) que se pueda alcanzar en el terraplén con el equipo de compactación usado, trabajando en construcciones normales y tomando en cuenta los re-

sultados obtenidos en el laboratorio con la calidad del material disponible.

Estabilidad de Taludes.

Los taludes de una cortina deben ser estables en cualquier condición de esfuerzo que pueda presentarse en la vida útil de ésta. Esto implica que los esfuerzos cortantes originados por el propio peso de la cortina y las fuerzas de filtración, no deben exceder a los esfuerzos cortantes que los materiales del terraplen y la cimentación puedan soportar. Debido a lo anterior el método de análisis de la estabilidad de taludes nos obliga a investigar la magnitud de los esfuerzos cortantes que actúan en la cortina y el valor de la resistencia al corte de los materiales de la misma.

Actualmente el método desarrollado por W. Fellenius (1926) denominado Método Sueco, constituye la base para el análisis de la estabilidad de taludes, en este método las superficies de falla se asume que son de forma cilíndrica y aparecen en cortes transversales como arcos de círculo.

El procedimiento consiste en dividir el círculo de falla en forma de fajas verticales llamadas dovelas y calcular para cada una de ellas sus momentos motor y máximo resistente.

Considerando una columna de ancho x (dx), de profundidad unitario, el material de esa columna pesará: $dw = \gamma h dx$, siendo γ el peso volumétrico de material. El peso de cada una de las fajitas que actúa en su centro de gravedad se descompone en una fuerza normal que pasa a través de centro de rotación que tiene valor: $dn = dw \cos \alpha$ y una tangencial normal a la anterior que tiene un valor: $dt = dw \sin \alpha$.

La fuerza que tiende a producir el deslizamiento es T, que es una fuerza cortante, la fuerza resistente es N, y se debe en parte a la fricción y en parte a la cohesión.

Se obtienen los diagramas de fuerzas tangenciales y normales siendo sus valores:

$$T = tdx = \gamma h \sin \alpha \, dx$$
$$N = ndx = \gamma h \cos \alpha \, dx$$

Lo anterior demuestra que se pueden obtener los valores de las normales y las tangenciales recorriendo las gráficas con un planímetro.

Se mide la longitud de la superficie del arco de falla y se multiplica por el valor de la cohesión respectiva. Finalmente se aplica la fórmula del factor de seguridad: $F_s = \frac{E_n \tan \alpha + L_c}{ET}$.

En virtud de que la aplicación de este método implica mucha experiencia en su manejo y calculos laboriosos se consideró conveniente no usar este procedimiento y optar por el que se funda en la aplicación del Abaco de Taylor para secciones homogéneas en suelos cohesivos.

Descripción y uso del Abaco.- Este Abaco contiene una síntesis de los resultados obtenidos al respecto por medio de investigaciones teóricas y está elaborado en función del ángulo B que el talud forma con la horizontal y el coeficiente de estabilidad N_s para un factor de profundidad N_d .

El factor de profundidad expresa la profundidad a la --

que el material impermeable descansa sobre una base firme, o sea que es la relación que existe entre la altura del terraplen sobre el terreno firme de cimentación NdH y la altura de la corona de la cortina sobre su desplante H.

En la sección máxima la limpia deberá efectuarse hasta la elevación 91.35 mt, por lo que conociendo la elevación de la corona 100.35 mt., la altura del terraplen en la sección máxima sobre la estación 0+100 será de 9.00 mt; por lo que el factor de seguridad Nd = 1.22.

El coeficiente de estabilidad está dado mediante la expresión: $Ns = \frac{\gamma H c}{c} = 6.3$

Donde:

- γ = Peso volumétrico
- Hc = Altura crítica
- c = Cohesión.

Del Abaco de Taylor se deduce que al tipo y la posición del círculo de falla dependen del ángulo B del talud y del factor de profundidad Nd, por lo que, para efectuar el análisis de estabilidad se procede por tanteos eligiendo valores distintos de B y obteniendo los correspondientes factores de seguridad hasta encontrar aquel que satisfaga la estabilidad de la sección.

En este caso se empezó por elegir un talud tentativo de 1.5:1, para este talud el ángulo de inclinación B = 33.5°, haciendo uso del Abaco se traza una horizontal por el punto B = 33.5°, hasta cortar el círculo de talud que corresponde a un factor de

profundidad $N_d = 1.22$; por ese punto se baja una vertical hasta el eje de las abscisas, que corresponde a los valores del coeficiente de estabilidad N_s , este valor resulta de $N_s = \frac{\gamma H c}{c}$.

La altura crítica está dada por la relación $H_c = \frac{N_c C}{\gamma} = 17.1$

Donde:

H_c = Altura crítica

N_s = Coeficiente de Estabilidad

c = Cohesión

γ = Peso volumetrico humedo.

El factor de seguridad es la relación entre la altura crítica y la altura real de la cortina, por lo que:

$$F_s = \frac{H_c}{H} = 1.9 > 1.5$$

El resultado obtenido indica que el terraplén será establecida contra el deslizamiento puesto que es mayor que el mínimo recomendado en este tipo de estructuras.

COMPRESION SIN CONFINAR

Muestra; Ig No. 1 Procedencia: _____ Fecha: 21 de Julio - 72

CALCULO DE LAS PROBETAS

Datos:

Densidad (Ss) = 2.642

Peso vol. para el % de comp. prop. (γ_p)

Peso Vol. δ pt. ($\gamma_{\delta pt}$) = 1240

$\gamma_p = \gamma_{\delta pt} \times (\%p) = \frac{1240 \times 95}{1178}$

Humedad δ pt. ($w_{\delta pt}$) = 36.2

% comp. propuesto (%p) = 25

Grado sat. prop. (Gp) = 23

Cálculos

$$e_{\delta pt} = \frac{Ss}{\gamma_{\delta pt}} - 1 = \frac{2.642}{1.130} - 1 = 1.130$$

$$G(\delta pt) = \frac{Ss \times \delta pt}{e_{\delta pt}} = \frac{2.642 \times 36.2}{1.130} = 84.64$$

% hum. necesario para obtener Gp, (w_g) =

$$w_g = \frac{1000 - \frac{P}{Ss}}{p} \times Gp = \frac{1000 - \frac{1178}{2.642}}{1178} \times 93 = \frac{554.13}{1178} \times 93 = \frac{43.75}{6\%}$$

Cálculo de la cantidad de agua (c.c.) que se debe añadir al material para 6% obtener Gp:

$$W_s = \frac{W_h}{1 + w} = \frac{1200}{1.06} = \frac{1132}{100}$$

W_s = Peso seco del mat.

W_h = Peso mat. húmedo.

w = Humedad nat. del material

$$\text{Agua} = W_s \times (w_g - w) = \frac{1132 (37.75)}{100} = \frac{427}{100} = \text{c.c.}$$

Cálculo de las capas para elaboración de probetas:

$$\text{Peso seco probeta (Ws)} = \frac{p \times 79.60}{1000} = \frac{1178 \times 79.60}{1000} = \frac{93.77}{1000} = \text{grs.}$$

$$\text{Peso hum. probeta (Wh)} = \text{Ws} \left(1 + \frac{Wg}{100}\right) = \frac{93.77 (1.4375)}{100} = \frac{134.79}{100} = \text{grs.}$$

En 5 capas:

$$\frac{W \text{ hum.}}{5} = \frac{134.79}{5} = 26.96 \text{ grs.}$$

$$\text{Tara (T)} = \text{---} = \frac{33.15}{100.55} \text{ grs.}$$

$$\text{Peso x capa} = 60.11$$

En 2 capas:

$$\frac{134.79}{2} = 67.40$$

$$T = \frac{33.15}{100.55}$$

En dos capas:

$$\frac{w \text{ hum.}}{2} = \frac{134.79}{2} = 67.40 \text{ grs.}$$

$$\text{Tara (T)} = \text{---} = \frac{33.15}{100.55}$$

Peso por capa =

Comparación de humedad:

Al horno

Rápida

$$Wh + T = \text{---} \quad Wh = \text{---} \text{ grs.}$$

$$Ws + T = \text{---} \quad Ws = \text{---} \text{ grs.}$$

$$Ww = \text{---} \quad Ww = Wh - Ws = \text{---}$$

$$\text{Peso T} = \text{---} \text{ grs.}$$

$$w\% = \frac{Ww}{Ws} = \text{---} \%$$

$$Ws = \text{---}$$

$$W\% = \frac{Ww}{Ws} = \text{---} \%$$

Observaciones _____

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
 DIRECCION DE PEQUEÑA IRRIGACION
LABORATORIO MOVIL

ENSAYE DE PROBETAS

Identificación de la muestra: Ig

DEFOR- MA- CION	C A R G A					
	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
0	0	0	0	0	0	0
10						
20	26	15	20	14	27	
30						
40	43	32	39	32	44	
50						
60	55	46	52	47	56	
70						
80	60	55	60	55	62	
90						
100	64	60	65	60	66	
110						
120	67	64	67	64	68	
130						
140	68	66	69	66	69	
150						
160	69	68	70	69	70	
170						
180	70	69	71	70	71	
190						
200	71	71	71	70	71	
210						
220	70	71	71	69	72	
230						
240	70	71	70		70	
250						
260		71				
270						
280		70				
290						

DEFOR- MA- CION	C A R G A					
	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
300						
310						
320						
330						
340						
350						
360						
370						
380						
390						
400						
410						
420						
430						
440						
450						
460						
470						
480						
490						
500						
510						
520						
530						
540						
550						
560						
570						
580						
590						
600						

Operador _____ Anotó _____

Hora _____ Fecha 21-JUL-72

Observaciones _____

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS
DIRECCION DE PEQUEÑA IRRIGACION
LABORATORIO MOVIL

COMPRESION SIN CONFINAR

Procedencia: El Cerrn, Oro Prueba N° 1 Operador: A.A. y J.R.
Muestra: No. 1 Fecha: 21 - Julio - 72

DATOS:

U_s Optimo próctor: 1290 N° de capas: 5 Cte. aparato N° 3502 = 1391
W% Optimo próctor: 36.5 % comp. deseado: 90.0 % comp. obtenido: 86.98

$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{1.434}{\quad} \quad G = \frac{W_w}{V_v} = \frac{W_h - W_s}{V_v} = \frac{98.40}{\quad} \quad \%$ Croquis de la falla

Densidad de la muestra (S_s) 2.731
Altura de la probeta (h) 8100 dl= 3.63 d4= 3.63
Diámetro de la probeta (d) 3.56 d2= 3.73 d5= 3.69
Area de la probeta (A) = 9.95 d3= 3.59 d6= 3.64
Vol. de la probeta (Vt) = (Axd) 79.60
Vol. de sólidos (V_s) = $\frac{W_s}{S_s} = \frac{32.70}{\quad}$
Vol. de vacíos (V_v) = Vt - V_s = 46.90 Tipo de falla: Plástica

HUMEDAD DE ELABORACION DE LA PROBETA					W=100 $\frac{W_w}{W_s}$	$\frac{W_s - W_s^2}{V}$	
T A R A		T + Mues. húmeda	T + M ^o es. seca	Ww Peso agua	Ws Peso seco	cont.en% de agua	Peso Volum seco kg/m ³
N°	Peso						
A	32.60	168.05	121.90	46.15	89.30	51.68	-1122

Peso vol. húmedo = $\frac{\text{Muestra húmeda}}{V_t} = \frac{1702}{\quad}$

Peso Vol. sat. = $\frac{W_s + V_v}{V_t} = \frac{1711}{\quad}$

(1) C A R G A		(2) D E F O R M A C I O N		(3) D E F O R M . U N I T A R I A (%)	(4) 100-E	(5) (A _o) área Corregida	(6) (V _i) Esfuerzo kg/cm ² .
Lec.Mic. 10-4	Kgn.	Lec.Mic. 10-3	mm.				

(1) (1)x Cto $\frac{3 \times 25.4}{1000} \quad \frac{4 \times 100}{h} \quad \frac{A \times 100}{6} \quad \frac{2}{7}$
 $d_m = \frac{d_1 + 2d_2 + d_3 + d_4 + 2d_5 + d_6}{8} = d_m = \frac{29.33 (3.67)^2 \cdot 13.47}{0.63} = \frac{0.7854 \times 13.47}{\quad} = 10.58$

Area corregida = $9.95 + \frac{A_f - 9.95}{d_t} (d_x) = 9.95 + \frac{10.58 - 9.95}{240} \times 9.95 = 10.48$

Esfuerzo = $\frac{\text{Carga}}{A_c} = \frac{9.876}{10.48} = 0.942$ dt= Def. final.
dx= Def. para esf. máx.

Cohesión (C) = (V_i) máx. x 5 = 4.710 ton/m².

OBSERVACIONES _____

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS
DIRECCION DE PEQUEÑA IRRIGACION
LABORATORIO MOVIL

COMPRESION SIN CONFINAR

Procedencia: El Cerro Oro. Prueba N° 2 Operador: A.A. y R.I.
Muestra: No. 1 Fecha: 21 - Julio - 72.

DATOS:

$\% S$ Optimo próctor: 1290 N° de capas: 5 Cte. aparato N° 3502 = 1391
 $\% W$ Optimo próctor: 36.5 % comp. deseado: 90.0 % comp. obtenido: 87.67

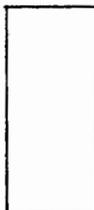
$e = \frac{V_v}{V_s} = \underline{1.414}$ $G = \frac{W_w}{V_v} = \frac{W_h}{V_v} = \frac{W_s}{V_v} = \underline{97.67}$ % Croquis de la falla

Densidad de la muestra (Ss) 2.731
Altura de la probeta (h) 8.01
Diámetro de la probeta (d) 3.56
Area de la probeta (A) = 9.95
Vol. de la probeta (Vt) = (A x d) 79.70
Vol. de sólidos (Vs) = $\frac{W_s}{S_s} = \underline{33.01}$

d1 = 3.70 d4 = 3.67
d2 = 3.72 d5 = 3.73
d3 = 3.63 d6 = 3.58

Vol. de vacíos (Vv) = Vt - Vs = 46.69

Tipo de falla: Plástica



HUMEDAD DE ELABORACION DE LA PROBETA					W=100	$\frac{W_w}{W_s}$	$\frac{W_s^2}{V}$
T A R A		T + Mues. húmeda	T + M. seca	Ww	Ws	cont.en% de agua	Peso Volum seco kg/m ³
N°	Peso			Peso agua	Peso seco		
B	33.10	168.85	123.25	45.60	90.15	50.58	1131

Peso vol. húmedo = $\frac{\text{Muestra húmeda}}{V_t} = \underline{1703}$

Peso Vol. sat. = $\frac{W_s + V_v}{V_t} = \underline{1717}$

(1) C A R G A		(2) D E F O R M A C I O N		(3) D E F O R M . UNITARIA (8%)	(4) 100-ε	(5) (Ac) área Corregida	(6) (V _i) Esfuerzo kg/cm ² .
Lec.Mic. 10-4	Kgs.	Lec.Mic 10-3	mm.				

(1) (1) x Cte $\frac{3 \times 25.4}{1000}$ $\frac{4 \times 100}{h}$ $\frac{A \times 100}{6}$ $\frac{2}{7}$

$d_m = \frac{d_1 + 2d_2 + d_3 + d_4 + 2d_5 + d_6}{8} = d_m = \frac{29.48 + (3.69)^2 \cdot 13.62}{0.75} = \underline{10.70}$

Area corregida = $9.95 + \frac{A_f - 9.95}{dt} (dx) = 9.95 + \frac{10.70 - 9.95}{280} \times \frac{220}{220} = 9.95 + 0.59 = \underline{10.54}$

Esfuerzo = $\frac{\text{Carga}}{Ac} = \frac{9.876}{10.54} = 0.937$ dt = Def. final.
dx = Def. para esf. máx.

Cohesión (C) = (V_i) máx. x 5 = 4.685 ton/m².

OBSERVACIONES _____

EDL/mdr

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS
DIRECCION DE PEQUEÑA IRRIGACION
LABORATORIO MOVIL

COMPRESION SIN CONFINAR

Procedencia: El Cerro Oro. Prueba N° 3 Operador: A.A. y R.J.
Muestra: No.1 Fecha: 21 - Julio - 72

DATOS:

V_s Optimo próctor: 1200 N° de capas: 5 Cte. aparato N° 3502 - 1391
W% Optimo próctor: 36.5 % comp. deseado: 90.0 % comp. obtenido: 87.98

$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{1.406}{1.406} = 1.00$ $G = \frac{W_w}{V_v} = \frac{13.47}{1.406} = 9.57$ % Croquis de la falla

Densidad de la muestra (Ss) 2.731
Altura de la probeta (h) 8.01 $d_1 = 3.62$ $d_4 = 3.62$
Diámetro de la probeta (d) 3.56 $d_2 = 3.75$ $d_5 = 3.76$
Area de la probeta (A) = 9.95 $d_3 = 3.61$ $d_6 = 3.58$
Vol. de la probeta (Vt) = (Ard) 79.70
Vol. de sólidos (Vs) = $\frac{W_s}{S_s} = \frac{33.12}{2.731} = 12.13$
Vol. de vacíos (Vv) = $V_t - V_s = 79.70 - 12.13 = 67.57$ Tipo de falla: Plástica

HUMEDAD DE ELABORACION DE LA PROBETA						$\frac{W-100}{W_s}$	$\frac{W_w}{W_s}$	$\frac{W_s - W_w}{V}$
T A R A		T + Mues.	T + M s.	Ww	Ws	cont.en%	Peso Volum	
N°	Peso	húmeda	saca	Peso agua	Peso seco	de agua	seco kg/m ³	
I	31.60	167.45	122.05	45.40	90.45	50.19	1.135	

Peso vol. húmedo = $\frac{\text{Muestra húmeda}}{V_t} = \frac{1704}{1.406} = 1212$

Peso Vol. sat. = $\frac{W_s + V_v}{V_t} = \frac{1719}{1.406} = 1222$

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
C A R G A		DEFORMACION		DEFORM. UNITARIA	100-E	(A _c) área Corregida	(V _i) Esfuerzo
Lec.Mic. 10-4	Kgs.	Lec.Mic 10-3	mm.	(%)			kg/cm ² .

(1) (1) x Cte $\frac{3 \times 25.4}{1000}$ $\frac{4 \times 100}{h}$ $\frac{A \times 100}{6}$ $\frac{2}{7}$
 $d_m = \frac{d_1 + 2d_2 + d_3 + d_4 + 2d_5 + d_6}{8} = \frac{29.45(3.67)^2 + 13.47 + 0.7854 \times 13.47}{8} = 10.58$
 Area corregida = $9.95 + \frac{A_f - 9.95}{d_t} (d_x) = 9.95 + \frac{10.58 - 9.95}{2.40} \times 180 = 9.95 + 0.47 = 10.42$
 Esfuerzo = $\frac{\text{Carga}}{A_c} = \frac{9.876}{10.42} = 0.948$ dt = Def. final.
 Cohesión (C) = (V_i) máx. x 5 = 4.740 ton/m². dx = Def. para esf. máx.

OBSERVACIONES _____

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS
DIRECCION DE PEQUEÑA IRRIGACION
LABORATORIO MOVIL

COMPRESION SIN CONFINAR

Procedencia: El Cerro Qro Prueba N° 4 Operador: A.A. y R.L.
Muestra: No. 1 Fecha: 21- Julio - 72.

DATOS:

U_o Optimo próctor: 1290 N° de capas: 5 Cte. aparato N° 3502 = 1391
W_o Optimo próctor: 36.5 % comp. deseado: 90.0 % comp. obtenido: 87.75

$e = \frac{V_v}{V_s} = \underline{1.411}$ $G = \frac{W_w}{V_v} = \frac{W_h - W_s}{V_v} = \underline{97.21}$ % Croquis de la falla

Densidad de la muestra (S_s) 2.731
Altura de la probeta (h) 8.01 d1= 3.63 d4= 3.59
Diámetro de la probeta (d) 3.56 d2= 3.64 d5= 3.69
Area de la probeta (A) = 9.95 d3= 3.65 d6= 3.63
Vol. de la probeta (Vt) = (A x d) 79.70
Vol. de sólidos (V_s) = $\frac{W_s}{S_s} = \underline{33.05}$
Vol. de vacíos (V_v) = Vt - V_s = 46.65 Tipo de falla: Plástica



HUMEDAD DE ELABORACION DE LA PROBETA					W=100 $\frac{W_w}{W_s}$	$\frac{W_s - W_s^2}{V}$	
T A R A		T + Mue. húmeda	T + M. es. seca	Ww Peso agua	Ws Peso seco	cont.en% de agua	Peso Volum seco kg/m ³
N°	Peso						
F	32.05	167.65	122.30	45.35	90.25	50.25	1132

Peso vol. húmedo = $\frac{\text{Muestra húmeda}}{V_t} = \underline{1701}$

Peso Vol. sat. = $\frac{W_s + V_v}{V_t} = \underline{1718}$

(1) C A R G A		(2) D E F O R M A C I O N		(3) D E F O R M . UNITARIA (%)	(4) 100-E	(5) (A _c) área Corregida	(6) (V _i) Esfuerzo kg/cm ² .
Lec.Mic. 10-4	Kgo.	Lec.Mic. 10-3	mm.				

(1) (1) x Cto $\frac{3 \times 25.14}{1000}$ $\frac{4 \times 100}{h}$ $\frac{A \times 100}{6}$ $\frac{2}{7}$

$d_m = \frac{d1+2d2+d3+d4+2d5+d6}{8} = \frac{29.16 + (3.65)^2 \times 13.32}{8} = \frac{0.7854 \times 13.32}{0.51} = \underline{10.46}$

Area corregida = $9.95 + \frac{A_f - 9.95}{dt} (d_x) = 9.95 + \frac{10.46 - 9.95}{220} \times 180 = \underline{9.95 + 0.42 = 10.37}$

Esfuerzo = $\frac{\text{Carga}}{A_c} = \frac{9.737}{10.37} = 0.939$ dt= Def. final.
dx= Def. para esf. máx.

Cohesión (C) = (V_i) máx. x 5 = 4.695 ton/m².

OBSERVACIONES _____

EDL/mdr

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS
IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS
DIRECCION DE PEQUEÑA IRRIGACION
LABORATORIO MOVIL

COMPRESION SIN CONFINAR

Procedencia: El Cerro Qro. Prueba N° 5 Operador: A.A. y R.L.
Muestra: No. 1 Fecha: 21 - Julio - 72

DATOS:

W_s Optimo próctor: 18.90 N° de capas: 5 Cte. aparato N° 3502 - 1391
W% Optimo próctor: 36.5 % comp. deseado: 90.0 % comp. obtenido: 87.75

$e = \frac{V_v}{V_s} = \underline{1.413}$ $G = \frac{W_w}{V_v} = \frac{W_h - W_s}{V_v} = \underline{97.08}$ % Croquis de la falla

Densidad de la muestra (S_s) 2.731
Altura de la probeta (h) 8.00
Diámetro de la probeta (d) 3.56
Area de la probeta (A) = 9.95
Vol. de la probeta (V_t) = (A x d) 79.60
Vol. de sólidos (V_s) = $\frac{W_s}{S_s} = \underline{32.99}$

d₁ = 3.67 d₄ = 3.61
d₂ = 3.78 d₅ = 3.74
d₃ = 3.63 d₆ = 3.59

Vol. de vacíos (V_v) = V_t - V_s = 46.61

Tipo de falla: Plástica



HUMEDAD DE ELABORACION DE LA PROBETA						W=100 $\frac{W_w}{W_s}$ cont.en% de agua	$\frac{W_s - W_s^2}{V}$ Peso Volum seco kg/m ³		
T	A	R	A	T + Mues. húmeda	T + M. es. saca				
N°	Peso								
F	33.20			168.55	123.30	45.25	90.10	50.22	1132

Peso vol. húmedo = $\frac{\text{Muestra húmeda}}{V_t} = \underline{1700}$

Peso Vol. sat. = $\frac{W_s + V_v}{V_t} = \underline{1717}$

(1) C A R G A		(2) D E F O R M A C I O N		(3) D E F O R M . UNITARIA (%)	(4) 100-ε	(5) (A _c) área Corregida	(6) (V _i) Esfuerzo kg/cm ² .
Lec.Mic. 10-4	Kgn.	Lec.Mic. 10-3	mm.				

(1) (1) x Cto $\frac{3 \times 25 \times 4}{1000}$ $\frac{4 \times 100}{h}$ $\frac{A \times 100}{6}$ $\frac{2}{7}$

dm = $\frac{d_1 + 2d_2 + d_3 + d_4 + 2d_5 + d_6}{8} = \frac{29.54 + (3.69) \times 2 + 13.62}{8} = \frac{0.7854 \times 13.62}{0.75} = \underline{10.70}$

Area corregida = $9.95 + \frac{A_f - 9.95}{dt} (dx) = 9.95 + \frac{-9.95}{240} \times \frac{2}{220} = \underline{9.95 + 0.69 - 10.64}$

Esfuerzo = $\frac{\text{Carga}}{A_c} = \frac{10.015}{10.64} = 0.941$ dt = Def. final.
dx = Def. para enf. máx.

Cohesión (C) = (V_i) máx. x 5 = 4.705 ton/m².

OBSERVACIONES

KDL/mdr

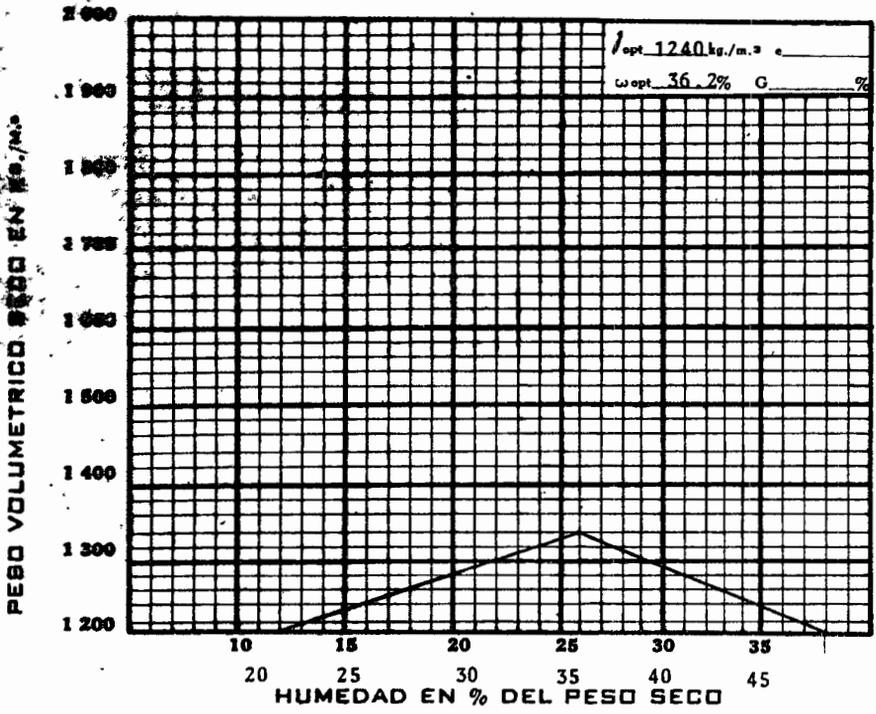
S.R.H.

JEFATURA DE IRRIGACION Y CONTROL DE RIOS
DIRECCION DE PEQUEÑA IRRIGACION
LABORATORIO MOVIL

COMPACTACION PROCTOR

Procedente Proyecto El Cerro Mpio. El Centro Identificación de Lab. 1
 Banco Unico Duro 1 Profundidad 2.00 Mts.
 Muestra Integral Est. 0.940 Fecha 19-Julio-72
 Equipo usado Cilindro No. _____ Volumen V = 0.940 lts. Peso T = 4.270 Kgs.

MNO. CILIN. + TIERRA W _s = T + W _w	T. HUMEDA COMPAC. W _s = W _T	MUESTRA PARA OBTENCION DEL CONT. DE AGUA						ω = 100 $\frac{W_w}{W_s}$ Contenido de agua en %	W _s = $\frac{W_m}{1 + \omega}$ Tierra seca compactada	γ _s = $\frac{W_s}{V}$ Peso Vol. Seco kg./m. ³
		TARA	PESO TARA	T _s + Mues. Húmeda	T _s + Mues. SECA	W _w Peso agua	W _s Peso seco			
5.590	1.320	0	10.98	100.00	82.60	17.40	71.62	24.29	1062	1130
5.600	1.410	2	10.63	100.00	80.20	19.80	69.57	28.46	1098	1164
5.790	1.520	28	10.97	100.00	77.80	22.20	66.85	33.22	1141	1214
5.850	1.580	43	11.84	100.00	74.75	25.25	63.27	39.85	1130	1202
5.840	1.570	5	11.00	100.00	73.50	26.50	62.50	42.40	1103	1173



Observaciones _____
 Operador A.A. Y R.J. Calculó _____ Fecha Julio de 1972.

S.R.H.

**DIRECCION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EXPERIMENTAL
MECANICA DE SUELOS
ANALISIS GRANULOMETRICO**

Procedencia El Cerro Identificación de Lab. _____
 Banco 1 Pozo 1 Profundidad _____
 Muestra 1 Esf. _____ Fecha 21-Julio-72

VIA SECA

MALLA	ABERTURA EN mm.	PESO RETENIDO Kg.	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULATIVO QUE PASA		OBSERVACIONES
				100.00 %		
3"	76.2					Análisis efectuado con la muestra total de _____ kg. Humedad testigo Grava ω = _____ % Tierra ω = _____ %
2"	50.8					
1 1/2"	38.1					
1"	25.4					
3/4"	19.1					
1/2"	12.7					
3/8"	9.5					
No. 4	1.69					
Sumas =						% DE GRAVA
MALLA	ABERTURA EN mm.	PESO REF. gr.	% PARCIAL RETENIDO	% ACUMULAT. QUE PASA		OBSERVACIONES
				Muestra (No. 4)	Muestra Total	
8	2.38	0.95	0.19	100.00 %		Análisis efectuado con muestra de _____ gr. del material menor que la malla No. 4
14	1.19	1.35	0.27	99.81		
28	0.59	0.85	0.17	99.37		
48	0.297	0.90	0.18	99.19		
100	0.149	0.55	0.11	99.08		
200	0.074	6.10	1.22	97.86		% MAT. FINO M. QUE 200
Sumas		10.70	2.14			97.86 %
Charola		489.30	97.86			CHAROLA No. _____
Suma =		500.00	100.00	Cheque con muestra seca		

HIDROMETRO No. _____

Análisis efectuado con 50 gr. secas, de material lavada y pasado por malla No. 200, S_p = 2.642

VIA HUMEDA

HORA	TIEMPO	Lectura Hidr.	Lectura Corr. R'	TEMP.	R	R + $\frac{MS}{S+1}$	W % ACUMULATIVO			ALTURA de CAIDA cm.	DIAMETRO EN mm.
							Pasa 200	Pasa 4	TOTAL		
	20 seg.	47.0		20.2		44.4	88.8	86.90			0.064
	40 "	46.0				43.5	87.0	85.14			0.047
	1.20 min.	44.5				42.1	84.2	82.40			0.033
	2.50 "	41.5				39.2	78.4	76.72			0.023
9:30	5 "	38.0				35.9	71.8	70.26			0.018
9:35	10 "	33.5				31.6	63.2	61.85			0.013
9:40	15 "	31.0		20.3		29.1	58.2	56.90			0.0115
9:45	20 "	30.0				28.0	56.0	54.80			0.0095
9:50	25 "	29.0		20.4		27.3	54.6	53.43			0.0085
9:55	30 "	28.0				26.1	52.2	51.08			0.0075
10:25	1 hora	26.0		20.9		24.3	48.6	47.56			0.0056
10:55	1 1/2 "	23.5		21.3		22.2	44.4	43.45			0.0046
11:25	2 "	22.0		22.3		21.0	42.0	41.10			0.0039
12:25	3 "	19.5		23.7		19.0	38.0	37.19			0.0033
9:25	24 "										

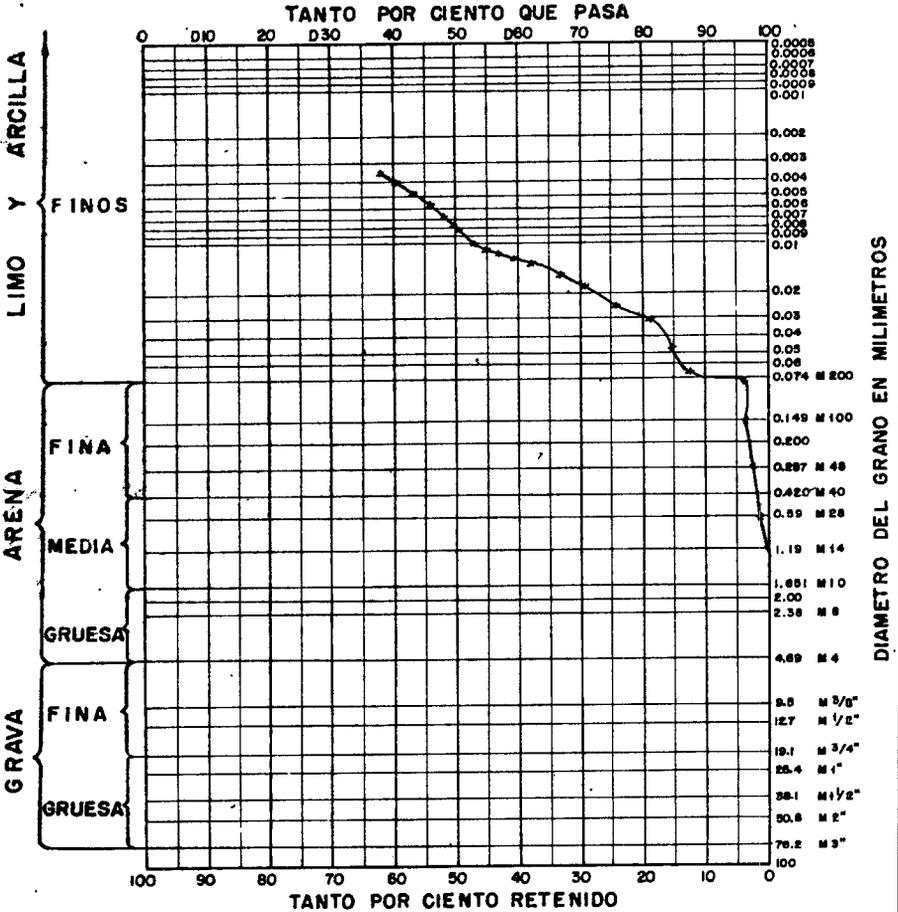
Observaciones _____
 Operador A.A. y R.J. Calcú _____ Fecha Julio de 1972.



DIRECCION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EXPERIMENTAL
MECANICA DE SUELOS

GRAFICA GRANULOMETRICA

Procedencia El Cerro Identificación de Lab. No. 1
Barco No. 1 Pozo No. 1 Profundidad 2.00 Mts.
Muestra Integro. Est. Fecha Julio de 1972.



TOTAL, % Grava % Arena % Finos $C_u = D_{60}/D_{10}$

PASA 4, % Arena 2.14 % Finos 97.86

D_{10} D_{30} $D_{50} = 0.0069$ D_{60} $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$

Observaciones

Operador A.A. y R.J. Cálculo Fecha Julio de 1972.



DIRECCION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA EXPERIMENTAL
MECANICA DE SUELOS

DENSIDAD DE SOLIDOS

Procedencia... Proyecto. El Cerro. Mpio. Centra..... Identificación de Lab.....
Banco I Pozo Profundidad ... 2.00 Mts.
Muestra Integral Est. Fecha Julio de 1972.....

Material < que la malla N° 4				Mat. > que la malla N° 4	
Prueba N°	1	2		Peso grava húmeda	
Matraz N°	14	12		Peso grava seca	
W _{mws} gr.	668.20	666.50		Peso agua absorbida	
Temperatura	27.4	26.8		Volumen desalojado	
W _{mw}	630.84	629.28		% de absorción	
W _{ms}	292.80	288.80		Volumen real de sólidos	
W _m	232.80	228.80		Densidad de masa S _m	
W _s = W _{ms} - W _m	60	60		Densidad de sólidos S _s	
W _s + W _{mw} - W _{mws}	22.64	22.78			
S _s	2.650	2.633			

$2 = 2.642$

W_m = Peso del matraz antes de agregar los sólidos

W_{ms} = Peso del matraz después de agregar los sólidos.

W_{mws} = Peso del matraz + agua + muestra a t°

W_{mw} = Peso del matraz + agua a t° (de la curva de calibración)

W_s = Peso del suelo seco.

$S_s = \text{Densidad de sólidos} = \frac{W_s}{W_s + W_{mw} - W_{mws}} = 2.642$

Observaciones
Operador A.A. Y. R. J. Cálculo Fecha

S.R.H. LIMITE DE ATTERBERG.

Obra Proyecto Ejido El Pozo Mpio. Préstamo _____

Pozo el Centro Profundidad 2.00 Mts.

Fecha 20-Julio-72. Operador A.A. y R.J.

LIMITE LIQUIDO

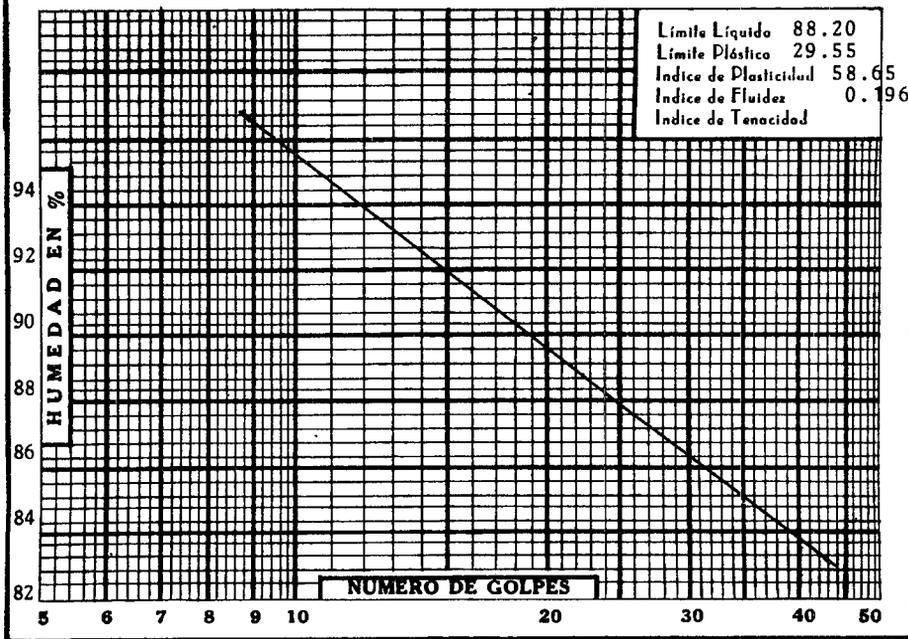
TARA No.	Tara+Muestra HUMEDA	Tara+Muestra SECA	PESO TARA	PESO AGUA	PESO SECO	Cantidad de Agua en %	NUMERO DE GOLPES
13	16.55	13.75	9.53	3.40	3.62	93.92	12
26	19.96	15.37	10.29	4.59	5.08	90.35	20
37	18.81	14.75	10.23	4.06	4.52	89.82	30
48	17.91	14.08	9.79	3.83	4.28	89.49	34
28	16.63	13.39	9.53	3.24	3.86	83.94	40

LIMITE PLASTICO

TARA No.	Tara+Muestra HUMEDA	Tara+Muestra SECA	PESO TARA	PESO AGUA	PESO SECO	Cantidad de Agua en %
41	13.37	12.53	9.70	0.84	2.83	29.68
22	13.04	12.24	9.52	0.80	2.72	29.41

Observaciones: Arcilla Inorganica de Alta Plasticidad (BC)

_____ % con respecto al total, del material menor que la malla No. 40.



PROYECTO

EL VERTEDOR DE EXEDENCIAS ó Vertedor, es la estructura - que tiene por objeto proteger a la cortina y a otras partes de la obra, del agua exedente del almacenamiento normal.

En nuestro caso el tipo de vertedor propuesto es de crestta libre con perfil creager y de descarga directa, construido de - mamposteria.

Las razones principales que se tomaron en cuenta para su aceptación son las siguientes:

- a.- Facilidad de diseño.
- b.- Buen funcionamiento Hidráulico.
- c.- Facilidad de construcción.
- d.- Economía.

Los conceptos que intervienen en el proyecto del verte--dor son:

- a.- Gasto Máximo del proyecto y características del vertedor.
- b.- Cimacio.
- c.- Colchón Amortiguador.
- d.- Canales de acceso y descarga.

Gasto Máximo de proyecto y características hidráulicas - del vertedor se determinaron a partir de la siguiente expresión:

$$Q = CLH^{3/2}$$

DONDE:

Q = Gasto Máximo de proyecto.

C = Coeficiente de descarga (C = 2 en Creager descarga directa).

L = Longitud de cresta.

H = Carga sobre la cresta vertedora.

Cimacio.

El cimacio es la parte de la estructura por la que derrama el agua exedente de la presa. El cimacio tendra un perfil creager que por economía se construye generalmente de mampostería.

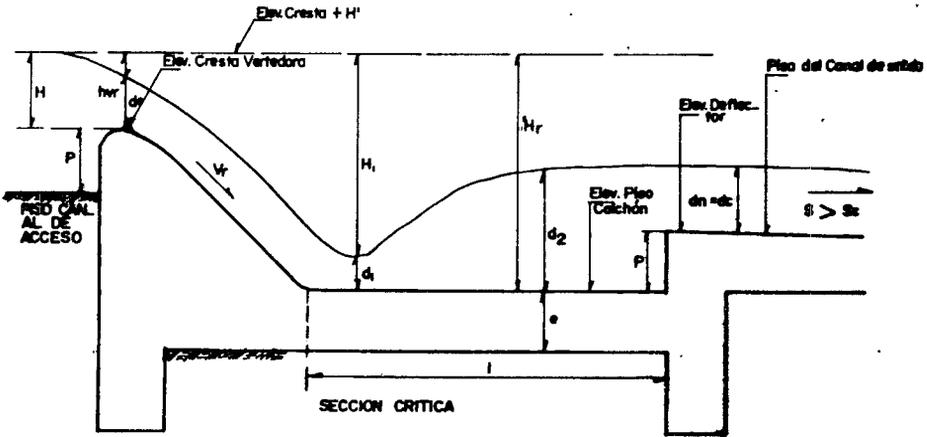
W.P. Creager propuso el método para proyectar el perfil más conveniente para la sección vertedora y proporciona un sistema de coordenadas calculadas para una carga unitaria de 1.00 Mts. Para otra carga de proyecto sobre el vertedor multiplicar ésta por los valores de las coordenadas unitarias, para obtener su perfil correspondiente.

COLCHON AMORTIGUADOR.

El colchón amortiguador es el dispositivo aguas abajo de la sección vertedora que tiene por objeto disipar la mayor parte posible de energía que trae consigo el agua al caer por el cimacio para la protección del mismo.

Su dimensionamiento se reduce a la determinación de su longitud y profundidad.

CALCULO HIDRAULICO DEL VERTEDOR



$Q = CLH^{3/2} =$ Gasto de Avenida máxima de diseño.

$q = \frac{Q}{L} =$ Gasto Unitario

$d_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} =$ Tirante crítico

$h_{vt} = \frac{d_c}{2} =$ Carga de Velocidad

$H_1 = H_t - d_1 =$ Altura total de caída

$v_t = \sqrt{2gh'} =$ Velocidad del agua al pie del cimacio

$A_1 =$ Area Hidráulica

$d_1 = \frac{A_1}{L} =$ tirante al pie del cimacio

$d_2 = \frac{d_1}{2} + \sqrt{\frac{2d_1 v_t}{g} + \frac{d_1^2}{4}} =$ Tirante Conjugado

COORDENADAS DEL PERFIL CREAGER

X	Y
0.000	0.02777
0.022	0.00792
0.044	0.00152
0.056	0.000000
0.088	0.01320
0.0132	0.03124

$L = 5 (d_2 - d_1) =$ LONGITUD DEL DELANTAL

$P = 1.15 d_2 - d_n =$ PROFUNDIDAD del colchon Amortiguador.

CALCULO DEL VERTEDOR DE DEMASIAS

Cálculo de la Avenida Máxima Probable

Con el área de la cuenca, estación 85-21 Cuenca General del río Panuco, corriente A de la D, del libro de gastos máximos de la República Mexicana:

$$Q = 0.65 \text{ M}^3 / \text{Seg.}$$

$$Q_{\text{Max.}} = Q \times A = 0.65 \times 2.6 = 1.69 \text{ M}^3 / \text{Seg.}$$

Por Sección y por pendiente

$$Q_{\text{Max.}} = 2.06 \text{ M}^3 / \text{Seg.}$$

$$L = 10.00 \text{ Mts.}$$

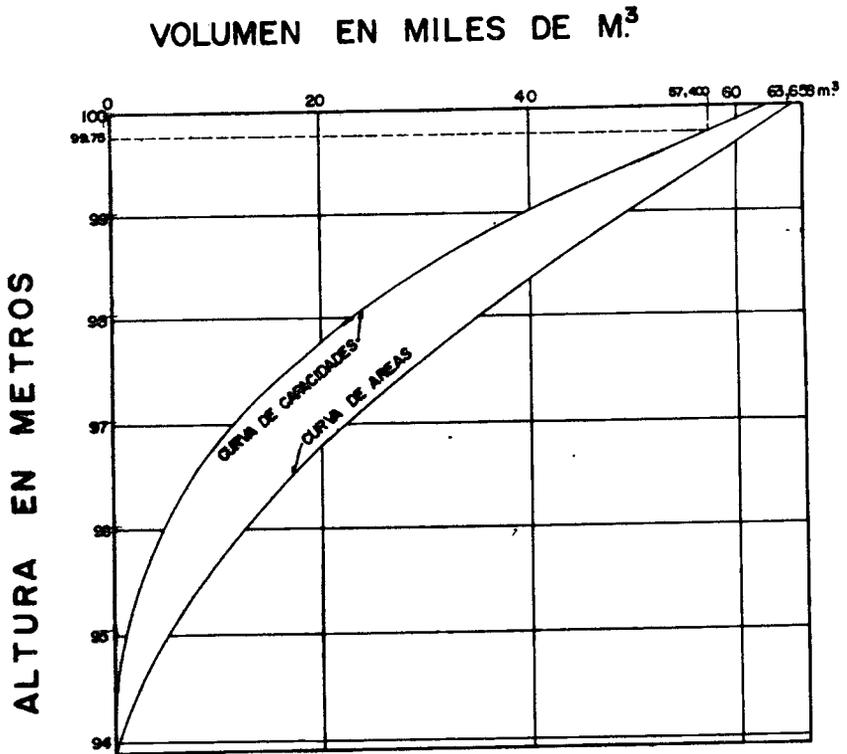
$C = 2$ (Creager de descarga directa)

$$Q = CLH^{3/2}$$

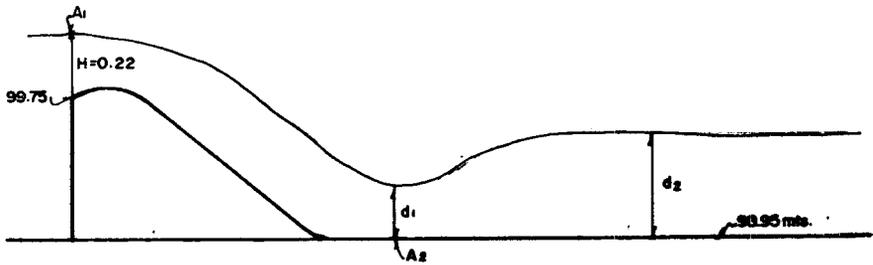
$$\therefore H^{3/2} = \frac{Q}{CL} ; H^{3/2} = \frac{2.06}{20} = 0.103$$

$$H = \sqrt[3]{0.103^2} = \sqrt[3]{0.0106}$$

$$H = 0.22 \text{ Mts.}$$



CURVAS DE AREAS Y CAPACIDADES



Aplicando Bernoulli entre A_1 y A_2

$$H_1 + \frac{v_1^2}{2g} + Z_1 = d_1 + \frac{v_2^2}{2g} + Z_2$$

$$H_1 = 0 \text{ y } \frac{v_1^2}{2g} = 0$$

$$Z_1 - Z_2 = d_1 + \frac{v_2^2}{2g} \text{ ----- (1)}$$

Elev. Cresta = 99.75

H_t = Elev. Cresta = H - piso del colchón

Sup. piso del colchón = 98.95

$$H_t = 00.75 + 0.22 - 98.95$$

$$H_t = 1.02 \text{ Mts.}$$

$$\frac{v_2^2}{2g} = \frac{(q/d_1)^2}{2g} ; \quad q = \frac{Q}{L} = \frac{2.06}{10.00} = 0.206$$

$$q = 0.206 \text{ M}^3/\text{seg}/\text{M.1.}$$

SUBSTITUYENDO EN (1)

$$1.02 = d_1 + \frac{\left(\frac{0.206}{d_1}\right)^2}{19.62}$$

Por Tanteos.

$$1.02 = 0.047 + \frac{0.206}{0.047} \\ \frac{0.206}{0.047} \\ 19.62$$

$$1.02 = 0.047 + 0.972$$

$$1.02 = 1.019$$

$$\therefore d_1 = 0.047 \text{ Mts.}$$

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{0.206^2}{9.81}} = \sqrt[3]{\frac{0.042}{9.81}}$$

$$d_c = \sqrt[3]{0.00428}$$

$$d_c = 0.163 \text{ Mts.}$$

$$H_{vt} = \frac{dc}{2} = \frac{0.163}{2} = 0.081 \text{ Mts.}$$

$$H' = 1.5 d_c = 1.5 (0.163) = 0.24 \text{ Mts.}$$

$$H_1 = H_t - d_1$$

$$H_1 = 1.02 - 0.047 = 0.973$$

$$H_1 = 0.973$$

$$V_t = \sqrt{2gh_1} = \sqrt{2 (9.81) 0.973} = \sqrt{18.2}$$

$$\underline{V_t = 4.26 \text{ m/seg.}}$$

El Area de la sección vertedora será por metro linial

$$A = \frac{Q}{V_t} = \frac{2.06}{4.26} = 0.481 \text{ m}^2$$

y El Tirante Supuesto debe ser:

$$d_1 = \frac{A_1}{L} = \frac{0.481}{10} = 0.0481 \text{ Mts.} \approx 0.047 \text{ Mts.}$$

EL TIRANTE CONJUGADO SE CALCULARA APLICANDO LA SIGUIENTE FOR-

$$\text{MULA: } d_2 = \frac{-d_1}{2} \pm \sqrt{\frac{2d_1 v_t^2}{g} \pm \frac{d_1^2}{4}}$$

$$d_2 = - \frac{0.048}{2} \pm \sqrt{\frac{2(0.048)(4.26)^2}{9.81} \pm \frac{(0.048)^2}{4}}$$

$$d_2 = - 0.024 \pm 0.42$$

$$d_2 = 0.444 \text{ Mts.}$$

La Profundidad del colchón amortiguador será:

$$P = 1.15 d_2 - d_n = 1.15 (0.444) - 0.163$$

$$P = 0.0347$$

La longitud del delantal para que se produzca el salto Hidráulico será:

$$L = 5 (d_2 - d_1) = 5 (0.444 - 0.048)$$

$$L = 1.98 \text{ Mts.}$$

Se debe calcular el espesor (E), del delantal para contrarestar el efecto de la subpresión y revisar si se cuenta con suficiente longitud de filtración sobre todo cuando el vertedor esta desplanado sobre material permeable ó semipermeable.

Lh = Suma de recorridos horizontales de la filtración.

Lv = Suma de los recorridos verticales.

Log. de Filtración compensada $L = 1/3 (Lh + Lv)$

Relación de carga de Filtración $C = \frac{\text{Long. de filtración compensada (L)}}{\text{Carga Hidráulica Efectiva (H)}}$

De lo Anterior resulta:

$$\text{Relación de Carga de filtración } C = \frac{1/3 (L_h + L_v)}{H}$$

donde $C = 3$ para Arcilla Blanda

$$L_h = 0.30 + 4.00 + 0.30 = 4.60 \text{ Mts.}$$

$$L_v = 0.50 + 0.50 + 0.50 + 0.75 = 2.25 \text{ Mts.}$$

$$L = 1/3 (4.60 + 2.25)$$

$$L = 1/3 (6.85) = 2.28 \text{ Mts.}$$

Una vez obtenida la longitud del paso de filtración com pensada que debe tener la cortina para seguridad contra tubificación se procedera a determinar el valor de la subpresión S_x .

$$S_x = H_x - \frac{L_x}{L} H \text{ (Mts.)}$$

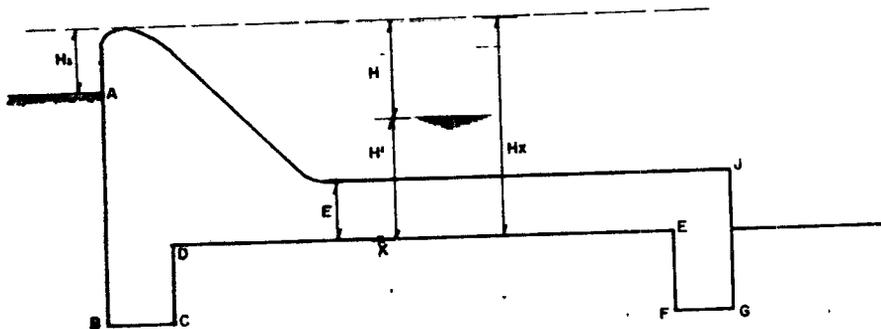
Donde;

$H_x = H + H' =$ Carga total en el punto considerado

$L_x / L =$ factor de reducción de subpresión por paso de filtración

$L =$ long. total del paso de filtración compensada

$L_x =$ Recorrido de la filtración compensada hasta el punto considerado (x)



$H =$ carga efectiva para la filtración, igual al desnivel Hidrestático entre las aguas arriba de la cortina y las de aguas abajo.

$H' =$ diferencia entre el nivel del agua abajo de la cortina y la cota del punto considerado.

Luego la subpresión expresada en Kg/m^2 es:

$$S_x = \left(H - \frac{L_x}{L} (H + H') \right) w_a$$

donde $w_a =$ Peso Volumétrico del agua.

$$LH = BC + DE + FG = 4.60$$

$$LV = AB + CD + EF + GJ = 2.25$$

$$L = LH + LV = 6.85$$

PROYECTO DE LA OBRA DE TOMA

DEMANDA DIARIA = 26000 lts/día = $2.6 \text{ M}^3/\text{día}$

La Toma deberá tener capacidad para proporcionar el gasto normal con la carga correspondiente al almacenamiento mínimo - determinado mediante la siguiente expresión:

$$AM = C_a + 0.1 C_u$$

donde:

AM = Almacenamiento mínimo

C_a = Capacidad de azolves

C_u = Capacidad útil.

$$AM = 6900 + 0.1 (51100)$$

$$AM = 12010 \text{ M}^3$$

El Proyecto de la Obra de toma se resuelve en relación a la formula de: $Q = a \cdot c \sqrt{2gh}$

donde:

Q = gasto en M^3/seg .

a = Area del Tubo en M^2

c = coeficiente que incluye las perdidas de carga, de entrada, salida y fricción a lo largo del tubo.

h = diferencia de niveles de agua del almacenamiento mínimo en el vaso y a la salida de la tubería de la Toma.

VOLUMEN DE OBRA Y PRESUPUESTO.

Diseñadas cada una de las partes en que se ha dividido el proyecto general de un pequeño almacenamiento se elaborarán -- los planos siguientes:

A.- De Cortina y Vertedor

B.- De Obra de Toma

En base a los planos se determinaran las cantidades ó - volúmenes de obra, a los que se les aplicaran los precios unita-- rios correspondientes para obtener finalmente el costo total de - la obra.

Análisis del Costo Total del pequeño almacenamiento "el Cerro"

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	IMPORTE
Excavación	M ³	216	\$ 10.00	\$ 2,160.00
Arcila para for- mación de Bordo	M ³	4000	16.00	64,000.00
Enrocamiento Ace modado	M ³	290	75.00	21,750.00
Mampostería de 3 ^a	M ³	34	200.00	6,800.00
Concreto simple	M ³	8	400.00	3,200.00
Tepetate Compac- tado	M ³	41	25.00	1,025.00
Zampeado Seco	M ³	10	80.00	800.00
Postes	Pza.	146	23.00	3,350.00
Alambre de Puas	M.L.	2190	0.42/m	919.80

\$ 104,004.80

OBRA DE TOMA

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	IMPORTE
Mampostería	M ³	20	\$ 200.00	\$ 4,000.00
Concreto Armado	M ³	16	\$ 700.00	\$11,200.00
Concreto Simple	M ³	1.5	\$ 400.00	\$ 600.00
Aplanado	M ²	71	\$ 15.00	\$ 1,065.00
Zampeado	M ³	52.5	\$ 80.00	\$ 4,200.00
Tubería de 4 ² Ø	M.L.	1.5	\$ 101.20	\$ 152.50
Tubería de 2" Ø	M.L.	30.00	\$ 36.50	\$ 1,095.00
Tubería de 1" Ø	M.L.	9	\$ 12.00	\$ 108.00
Pzas.Especiales y Rejillas	Lote			\$ 545.00
				<hr/>
				\$ 22,965.50

CORTINA ----- \$ 104,004.80
Obra de Toma ----- \$ 22,965.50

\$ 126,970.30

Imprevistos 7 % 8,887.90

\$ 135,858.20

Dirección y Adminis-
tración. 15 % 20,378.70

\$ 156,236.90

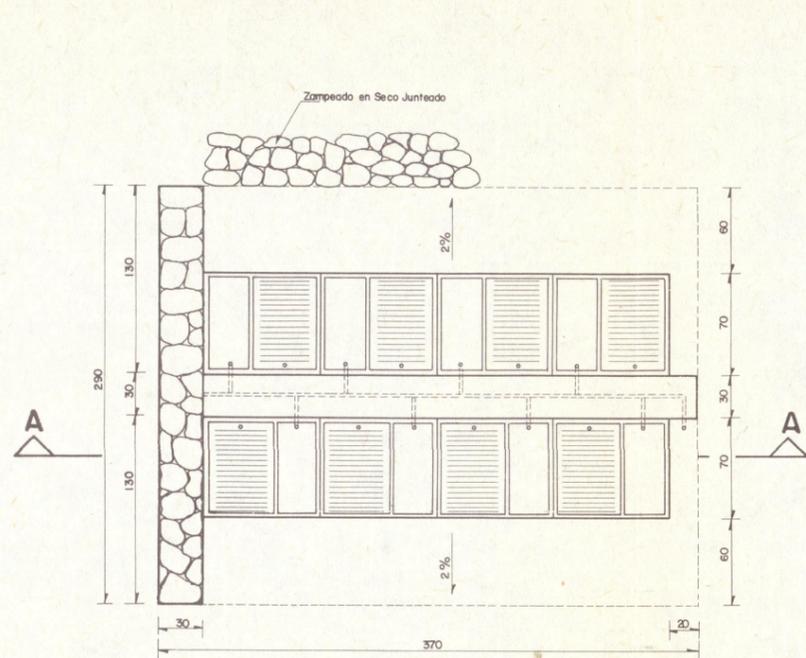
COSTO TOTAL DE LA OBRA.

C O N C L U S I O N E S

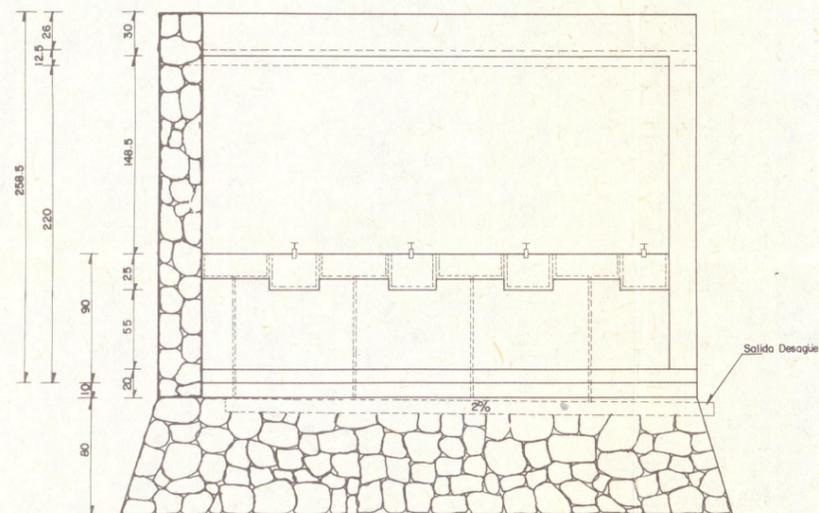
- 1.- Los indicadores Económicos - Sociales justifican Plenamente la inversión que se realice.
- 2.- La realización del presente proyecto permitira - Mediante la inversión de una pequeña cantidad -- Reportar un beneficio a la Comunidad.
- 3.- Durante los estudios Preliminares se advirtio -- gran interes para la realización de la obra.
- 4.- Las necesidades de aguas de la población requieren una atención inmediata del problema.

B I B L I O G R A F I A

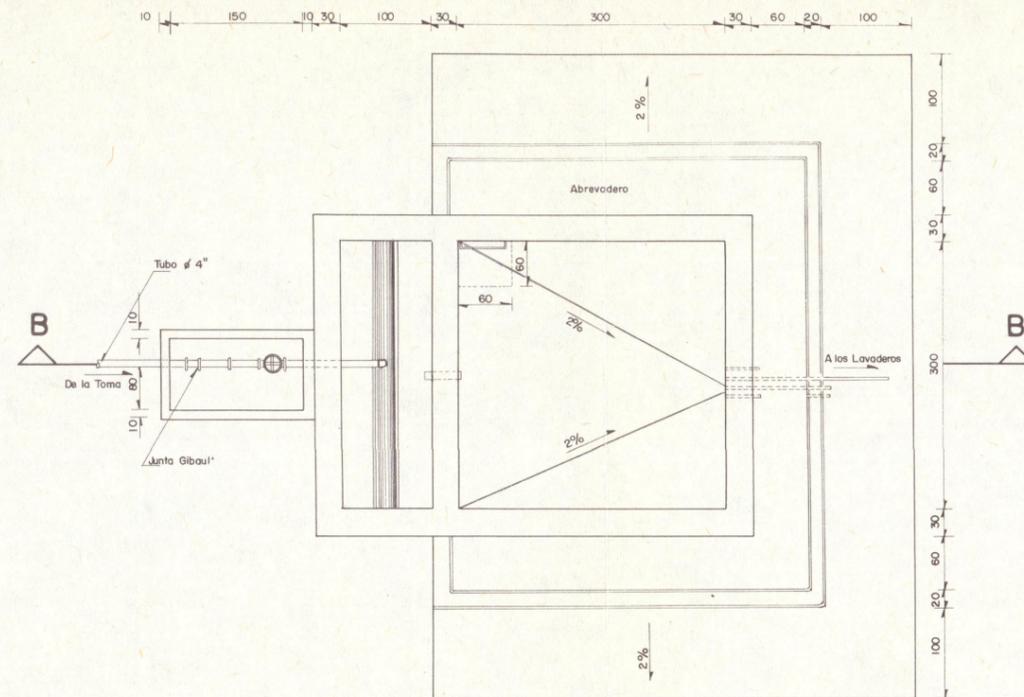
- | | |
|--|--|
| Pequeños Almacенamientos | Instructivo para estudios
proyecto y Construcción
S.R.H. |
| DISEÑO DE PRESAS | Departamento del interior
de los EE.UU. |
| HIDRAULICA | Ing. Samuel Trueba C. |
| Topograffa IV | Ing. Miguel Montes de O. |
| Apuntes de Mecánica de
Suelos | Ing. Angel Trejo M. |
| Mecánica de Suelos | Instructivo para ensaye de
Suelos. S.R.H. |
| Metodología para Integra
ción de Expedientes de -
Obras Minimas. | S.R.H. |
| Mecánica de Suelos | Tezzaghi. |



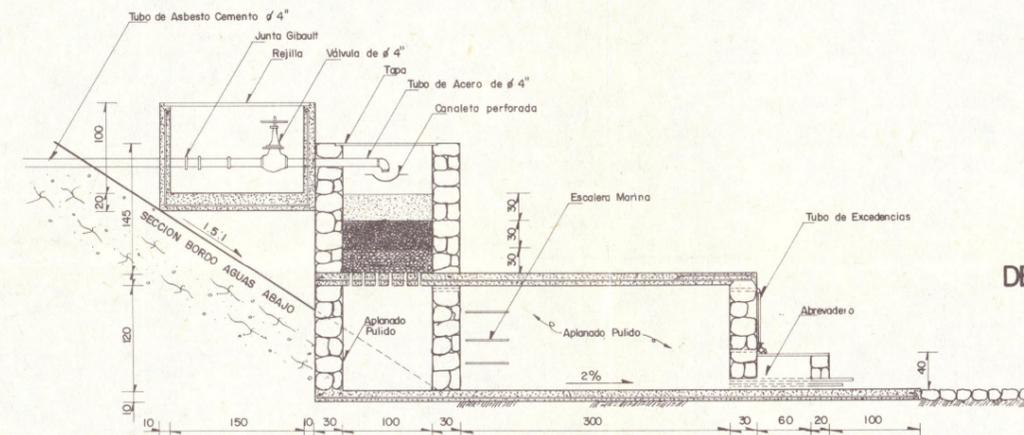
PLANTA ACCESORIOS USO DOMESTICO
ESCALA = 1:25



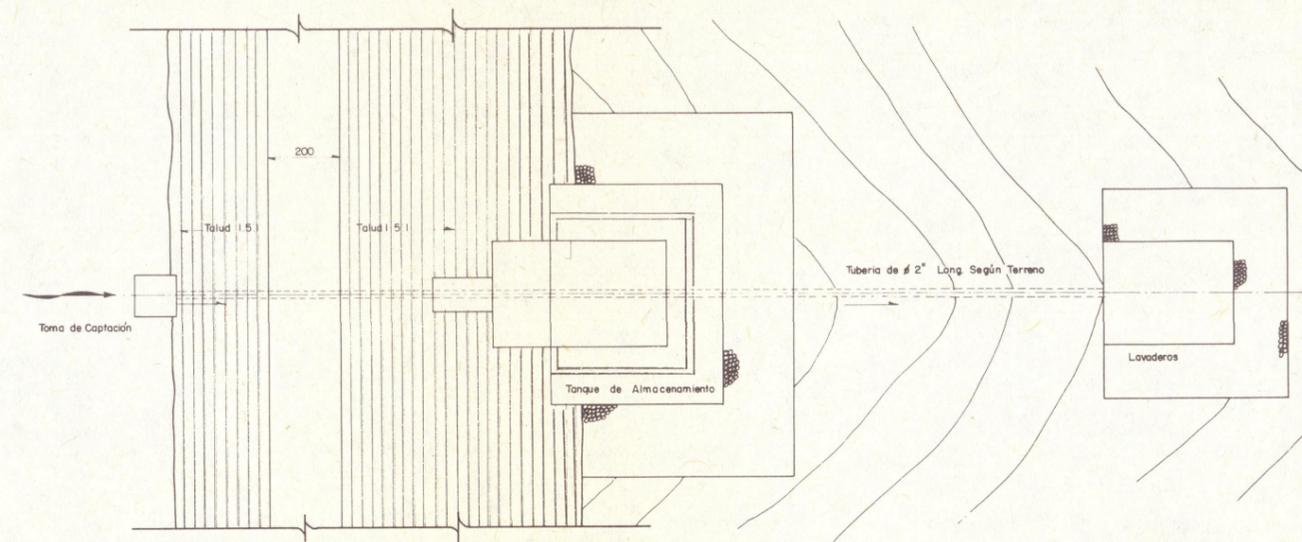
CORTE A-A
ESCALA = 1:25



PLANTA TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y ABREVADEROS
ESCALA = 1:40

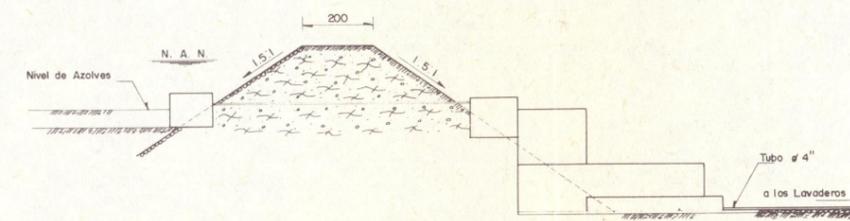


CORTE B-B
ESCALA = 1:40



PLANTA DE COLOCACION

ESCALA = 1:10



DET. SECCION BORDO Y COLOCACION OBRA DE TOMA Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO
ESCALA = 1:10

NOTAS.—
Anotaciones en centímetros excepto las indicadas en otra unidad.
Se usará concreto $f_c = 140 \text{ Kgs/cm}^2$ y $f_c = 160 \text{ Kgs/cm}^2$ según se indica.
Mampostería de 3a. con mortero de cemento 1.5
Aplanados con mortero de cemento.

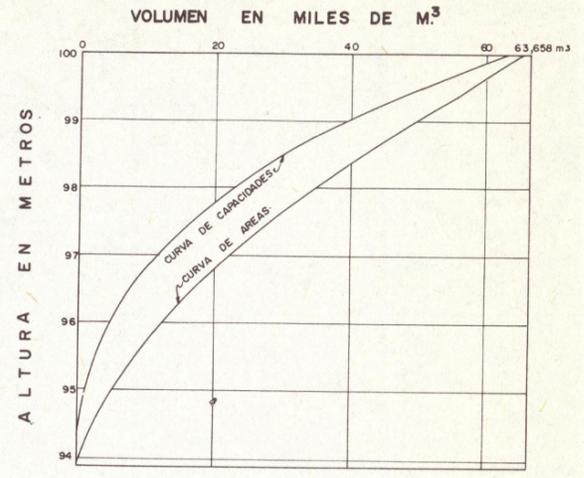
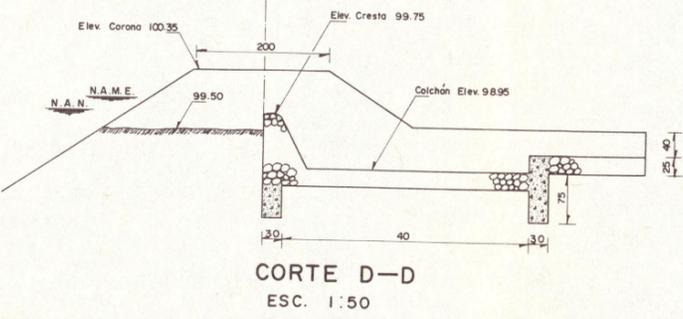
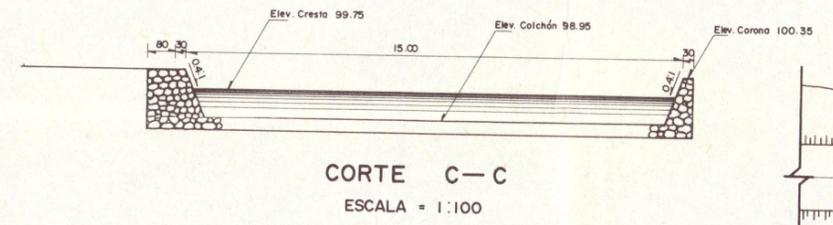
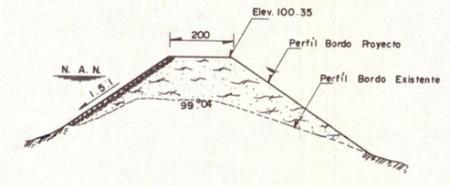
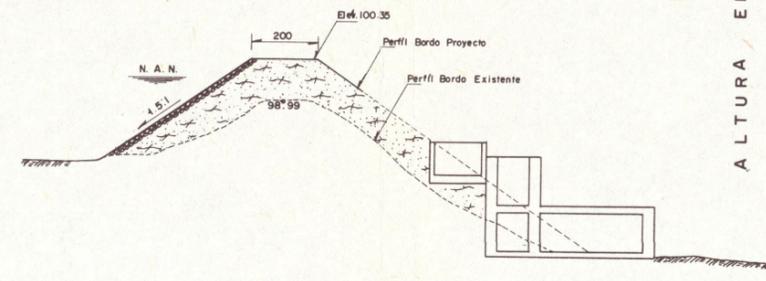
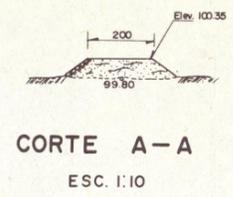
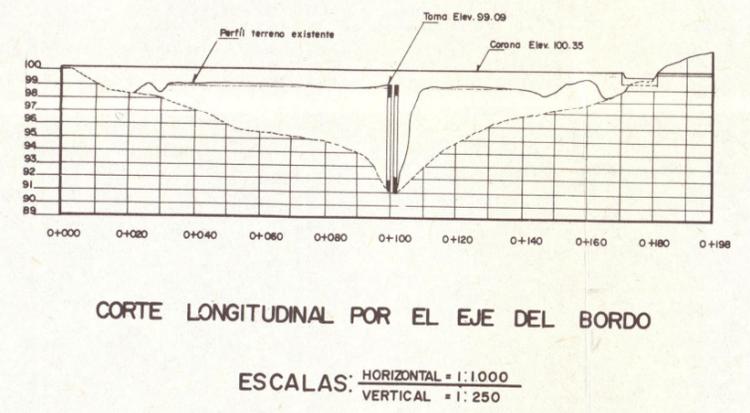
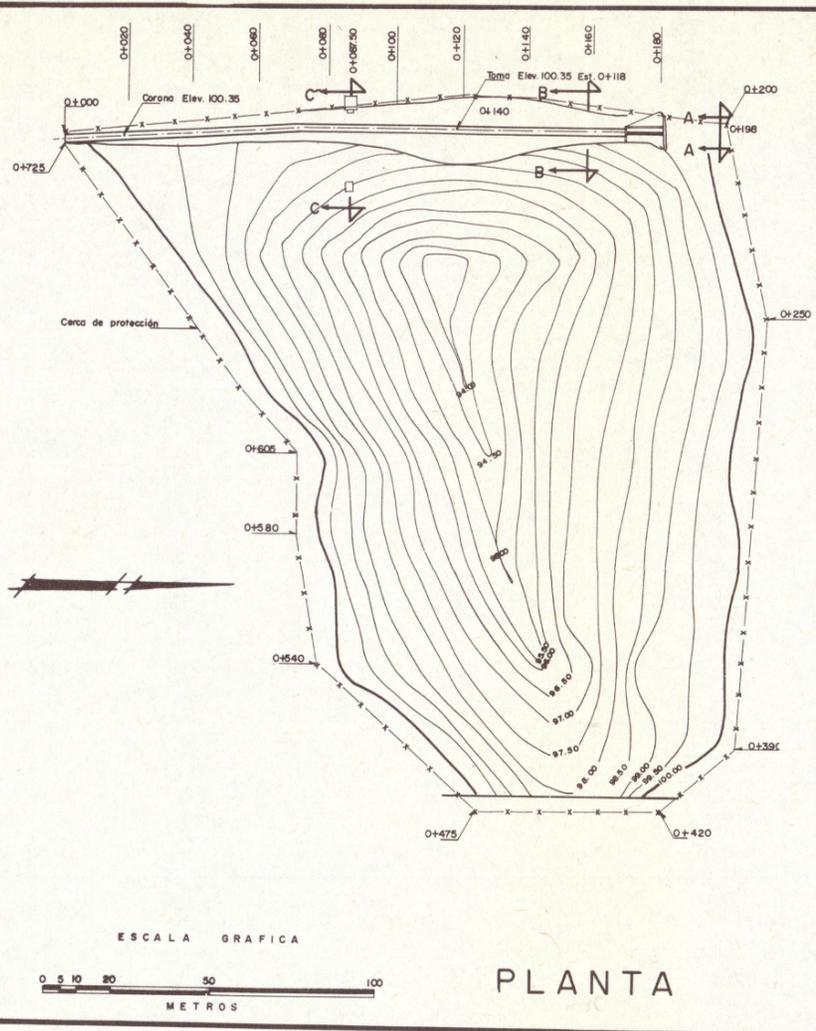
CANTIDADES	ESTIMADAS
Mampostería	20.00 m ³
Concreto Armado	16.10 m ³
Concreto Simple	1.50 m ³
Aplanado	71.00 m ²
Zampeado juntado	52.50 m ³
Tubería 4"	15.00 m.l.
" " 2"	30.00 m.l.
" " 1"	9.00 m.l.
Vars. # 3/8"	1,280.00 Kgs.

U. A. Q.
ESCUELA DE INGENIERIA

**PLANO TANQUE DE ALMACENAMIENTO
Y LAVADEROS**

TESIS PROFESIONAL DE LOS PASANTES
ARTURO AVENDAÑO V. Y RAUL JAIME L.

QUERETARO, Q.R.O.
AGOSTO DE 1972

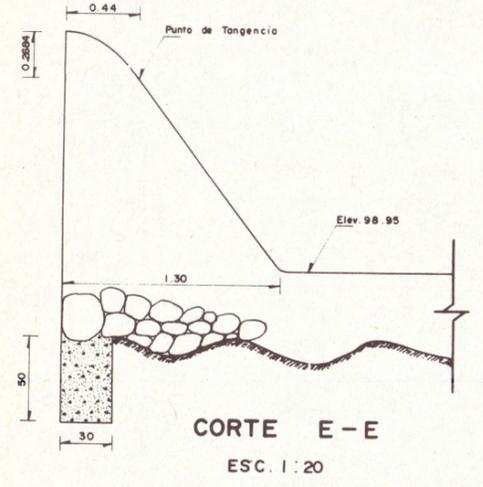
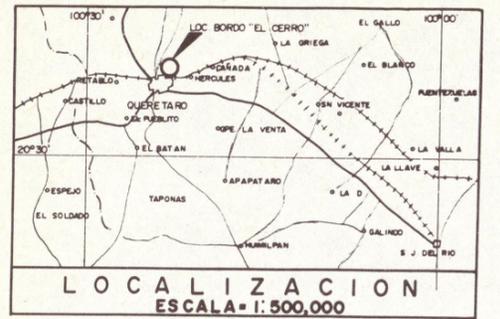


CURVAS DE AREAS Y CAPACIDADES

ESCALAS: HOR. = 1:20
VER. = 1:50

COORDENADAS DEL PERFIL CREA-
GER PARA CIMACIO CON CARGA=0.22 MT.

X	Y
0.000	0.02772
0.022	0.00792
0.044	0.00152
0.056	0.00000
0.088	0.01320
0.132	0.03124



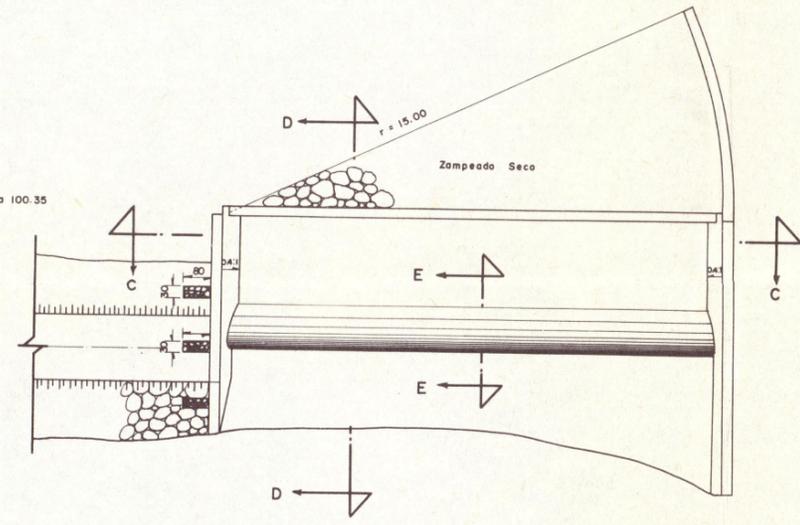
DATOS DEL PROYECTO

CAPACIDAD TOTAL DE ALMACENAMIENTO	57,400.00 m ³
CAPACIDAD DE AZOVLES	21,230.00 m ³
ELEV. CORONA DEL BORDO	100.35 m
ELEV. AGUAS MAXIMAS	99.97 m
ELEV. CRESTA VERTEDEDORA	99.75 m
GASTO MAXIMO DEL VERTEDEDOR	2.5 m ³ /seg.
LONGITUD DEL VERTEDEDOR	2.00 m
AREA DE LA CUENCA	2.6 km ²

CANTIDADES ESTIMADAS

EXCAVACION	216.00 m ³
TERRAPIEN FORMACION BORDO	4,000.00 m ³
ENROCAMIENTO ACOMODADO	29.00 m ³
CONCRETO SIMPLE	8.00 m ³
MAMPOSTERIA DE 3a CLASE	34.00 m ³
TEPETATE	41.00 m ³
POSTES	146.00 Pies
ALAMBRE DE PUAS	2,190 m

NOTAS:—
LAS ACOTACIONES ESTAN EN CENTIMETROS, EXCEPTO LAS INDICADAS EN OTRA UNIDAD.— ESTACIONES Y ELEVACIONES EN METROS



U. A. Q.
ESCUELA DE INGENIERIA
MUNICIPIO DEL CENTRO, QRO.
REHABILITACION BORDO "EL CERRO"
PLANO GENERAL

TESIS PROFESIONAL DE LOS PASANTES
ARTURO AVENDAÑO V. Y RAUL JAIME L.

QUERETARO, QRO.
AGOSTO DE 1972

