

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE MONTERREY

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL.

“CALCULO DE UN TANQUE IMHOFF PARA
UN DETERMINADO NUMERO DE PERSONAS”

TESIS PROFESIONAL

Que presenta el Sr. FRANCISCO OLAVARRIETA RODRIGUEZ.

para obtener el título de INGENIERO CIVIL.

MONTERREY, N. L., MAYO DE 1957.

750
38
7

MEC

I
“C
U

TL
TD750
.O538
1957
c.1

11FC



1080110894

I. T. E. S. M.
BIBLIOTECA

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE
ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY

660553

DONATIVO DE Francisco

Olavarieta R \$5.00

28 de Mayo de 1957

De: Sr. Ing. Pablo Quílez Araque Fecha: 14 de Noviembre de 1956

A: Sr. Francisco Olavarieta Rodríguez Referencia: _____

Asunto: Relacionado con su tesis. Recordatorio: _____

De acuerdo con la Junta de Profesores del Departamento, ha sido aprobada su solicitud de Graduación, siendo el tema de su tesis "Calculo de un Tanque Imhoff para un determinado número de personas".

Se le han asignado como Asesor el Ing. Luis Miguel Sepúlveda y como Consejeros el Ing. Alberto Robles Gil e Ing. Pablo Quílez Araque.

Las características fundamentales y los puntos a estudiar por usted le serán fijados por el Ingeniero Asesor, estando incluidas en las características el que, los datos de los cuales parta deberán comunicárselo los alumnos que están estudiando el Aprovechamiento de Aguas residuales del Tecnológico.

Atentamente,

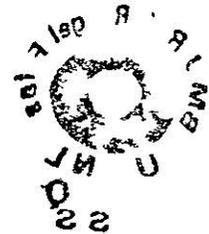
- c. c. Ing. Luis Miguel Sepúlveda
- c. c. Ing. Alberto Robles Gil.
- c. c. Dirección Escolar.

Ing. Pablo Quílez Araque.

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE MONTERREY

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL.

"CÁLCULO DE UN TANQUE IMHOFF PARA
UN DETERMINADO NÚMERO DE PERSONAS"



TESIS PROFESIONAL

Que presenta el Sr. FRANCISCO OLAVARRIETA RODRIGUEZ.

para obtener el título de INGENIERO CIVIL

MONTERREY, N.L., MAYO DE 1957.



A MIS PADRES.

A MIS MAESTROS •

I N D I C E

PAG.

PORQUE SE SELECCIONO EL TANQUE IMHOFF EN EL PROCESO..	1
PARTES CONSTITUTIVAS DEL TANQUE.....	2
TEORIA DE LA SEDIMENTACION Y SU APLICACION EN LOS - TANQUES IMHOFF.....	2
DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA CAMARA DE SEDIMENTA- CION.....	4
DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA CAMARA DE DIGESTION...	5
AREA NECESARIA PARA LA CAMARA DE GASES.....	9
INSTALACIONES ANEXAS A LAS CAMARAS.....	9
COLOCACION DE LAS CAMPANAS PARA GASES.....	11
FUNCIONAMIENTO DE LA TUBERIA PARA LA EXTRACCION DEL CIENO.....	12
CALCULO DE LA ESTRUCTURA RESISTENTE CONSIDERANDO LAS PAREDES COMO MUROS DE RETENCION.....	13
CALCULO DE LA ESTRUCTURA RESISTENTE CONSIDERANDO EL TANQUE COMO TUBO (SOLUCION POR METODO DE CROSS)	24
COMPARACION DE AREAS DE FIERRO NECESARIAS EN DIFEREN TES SECCIONES EN UNO Y OTRO SISTEMA.....	33
CALCULO DE LAS LOSAS DE LA CAMARA DE SEDIMENTACION...	36
IMPERMEABILIDAD.....	40
COSTO APROXIMADO, CONSIDERADO COMO MURO DE RETENCION.	44
COSTO APROXIMADO CONSIDERADO COMO TUBO.....	45
BIBLIOGRAFIA.....	46

Los datos de los cuales se parte para el cálculo del tanque fueron proporcionados por los alumnos encargados del estudio general de la planta de Tratamiento de Aguas Residuales para el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores.

Población Servida ----- 2,000 habitantes.

Temperatura Promedio ----- 21.8° C.

Gasto ----- 10 lts/seg.

Temperatura Máxima ----- 39° C.

Debido a que en una planta de tratamiento de aguas residuales el tiempo desecado del cieno es entre otros factores de gran importancia, pues permite utilizar un campo menor para la etapa de secado debemos buscar un tanque de sedimentación del cuál el cieno obtenido presente las mayores ventajas para la facilidad del proceso. Con los tanques sépticos éstas son bastantes buenas pero un Tanque Imhoff las mejora notablemente pues presenta las siguientes ventajas:

- a) El cieno digerido se seca más rápidamente y tiene menos olor.
- b) El líquido que sale del tanque lleva menos materia suspendida debido principalmente a la separación completa de las cámaras de sedimentación y digestión.
- c) Su estado es más fresco pues permanece menos tiempo en el tanque y produce menos olores al rociarlo en los filtros que el proveniente de los tanques sépticos.

Desventajas:

- a) Se forma por lo general espuma remediando se ésto con una lechada de cal.
- b) Requieren mayor atención.

Partes Constitutivas del tanque:

Se cuenta con tubo de entrada y salida de las aguas, una cámara de sedimentación, una con su correspondiente cámara de digestión; cuenta con cámaras para el aprovechamiento de los gases, pantalla reductora de velocidad que evita perturbaciones por corrientes horizontales a la entrada de la cámara de sedimentación; a la salida de la cámara un deflector es conveniente pues nos proporciona una velocidad uniforme de fluencia.

Teoría de la sedimentación. Los sólidos contenidos en suspensión en el agua mientras esta se encuentra en movimiento; tienden a posarse cuando esta se encuentra en reposo o llega a tener una baja velocidad. La velocidad de caída de los sólidos en suspensión depende de su propio peso específico, de su tamaño y forma así como del peso específico y viscosidad del líquido.

La característica de sedimentarse de los sólidos en suspensión se aprovecha para separar de las aguas negras por reducción de la velocidad una parte importante de dichos sólidos.

Teóricamente para el proyecto de un tanque de sedimentación se necesita hallar primeramente el tamaño y peso de la partícula más pequeña que se desea eliminar y hallar

su velocidad de sedimentación. Luego es necesario retener el líquido en el tanque solamente el tiempo necesario para que la partícula más pequeña se pose; de lo cuál deducimos que cuanto menos hondo sea el tanque menor será el período de retención necesario ó inversamente el tanque menos profundo será el más eficaz. Prácticamente esto no es posible pués el agua no está en reposo y además la acción del viento en este tanque sería perjudicial ya que removería los sólidos sedimentados.

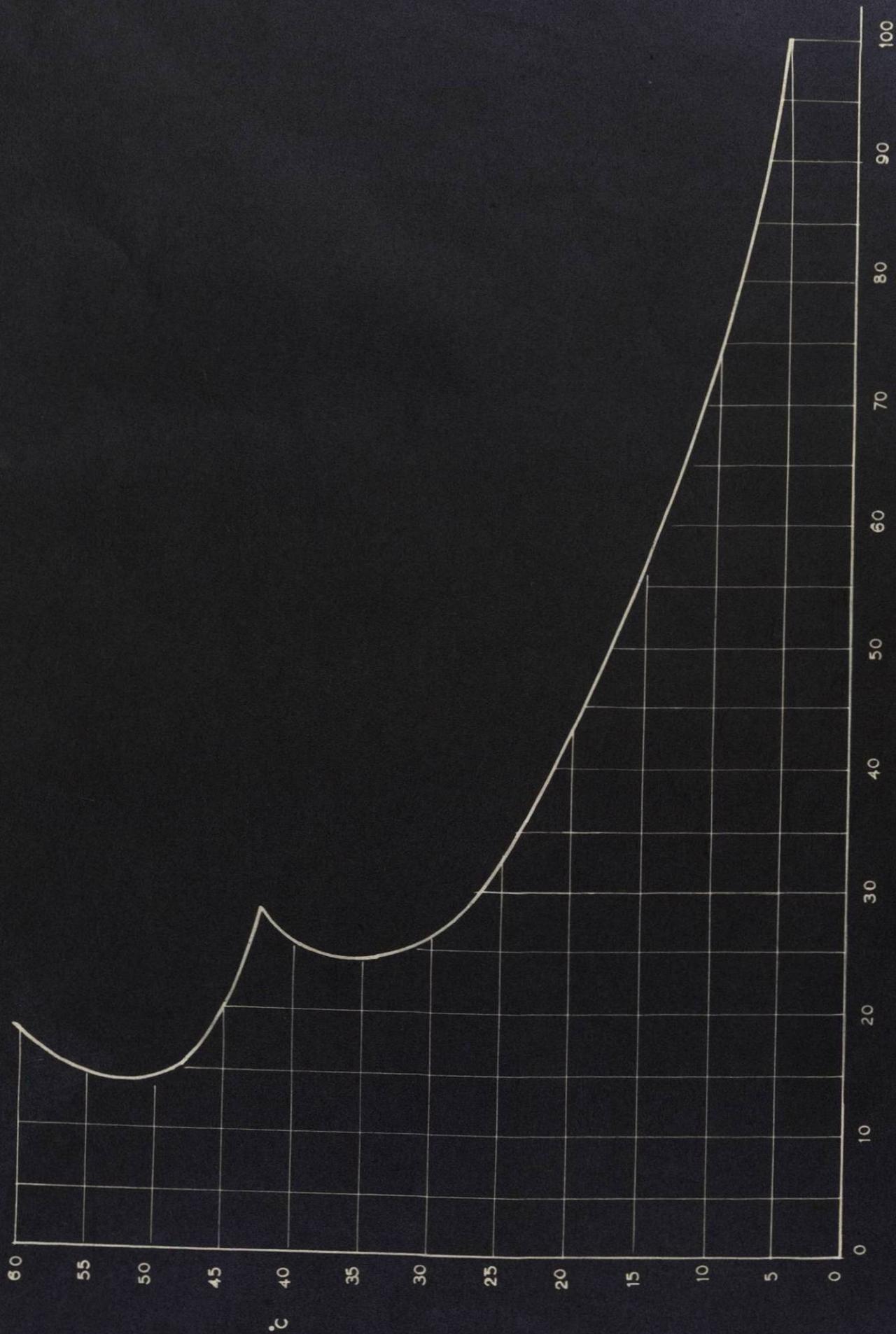
La forma conveniente de calcular los tanques de sedimentación es a través del período de detención; relación de la capacidad del tanque al caudal correspondiente:

$$\text{Período de Retención} = D = \frac{\text{Cap. m}^3}{\text{caudal m}^3/\text{seg.}}$$

Clasificación de los tanques de sedimentación:

Se clasifican, según la dirección de la corriente en horizontales y verticales, si dependen del flujo en continuos e intermitentes. Los de corriente vertical se emplean rara vez pués debido a la corriente ascendente que se forma se dificulta la sedimentación de las partículas en suspensión.

Esta es una de las ventajas principales por las que



T I E M P O
 TIEMPO REQUERIDO PARA 90% DE DIGESTION DE AGUAS RESIDUALES

para obtener un mayor rendimiento el flujo dentro del tanque será horizontal en la cámara de sedimentación y se evitarán corrientes perturbadoras en la cámara de digestión.

Determinación del tamaño de la cámara de sedimentación.

El proceso que se sigue al calcular la cámara de sedimentación es el siguiente:

1).- Determinación teórica del tiempo necesario - que debe de retenerse el agua residual para obtener una buena eficiencia. Como puede apreciarse de la gráfica de eficiencia contra tiempo de retención aquella para las condiciones medias varía entre 1 y 2 horas. La eficiencia necesaria para nuestro caso la alcanzamos perfectamente con un período de retención entre 1 y 1.5 horas.

$$\text{Período de retención} = \frac{\text{Capacidad del tanque}}{\text{Caudal}}$$

$$\text{Capacidad del tanque } m^3 = 10 \frac{\text{lbs.}}{\text{seg.}} \times \frac{3600 \text{ seg.}}{\text{hora}} \times \frac{1 m^3}{1000 \text{ lbs.}} = 36 m^3$$

Como ya anteriormente habíamos asentado la profundidad de la cámara de sedimentación debe ser tal que no la afecte el aire. Imhoff recomienda que esta sea entre 6ft y 10ft. Por lo tanto fijamos la profundidad en 7ft. El área de la cámara de sedimentación será compuesta por un triángulo y un rectángulo en la parte superior.

$$\text{Vol. del paralelepipedo rect.} = 0.3 \times 3 \times 10 = 9 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. del prisma triangular} = 1.5 \times 1.8 \times 10 = 27 \text{ m}^3$$

$$\text{Cap.} = \underline{36 \text{ m}^3}$$

Determinación del tamaño de la cámara de digestión.

Es lógico determinar la capacidad en función de la población servida. Contaremos con dos fosas para la mejor repartición del cieno cuando se necesite cambiar el sentido del agua.

CAPACIDAD DE LAS FOSAS.

Población servida 2000 habitantes. De acuerdo con -- los estudios desarrollados por E.W.Steel para el sur del estado de Texas en donde se presentan condiciones similares -- del temperatura a las de la ciudad de Monterrey; la capacidad de dichas fosas deberá de calcularse partiendo del dato de 32 lts. por persona.

$$\text{Capacidad} = 2000 \text{ hab.} \times 32 \frac{\text{lts.}}{\text{hab.}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts.}} = 64 \text{ m}^3$$

Capacidad de cada fosa = 32 metros cúbicos.

Vol. de la piramide que sirve de fondo;

$$1/3 \times 20 \times 2.5 = 17.4 \text{ m}^3$$

Vol. del paralelepípedo rectangular;

$$4 \times 5 \times h = 36 - 17.4 = 18.6$$

$$h = 0.93 \text{ m.}$$

La inclinación de las tolvas de cieno de la fosa de digestión es de 45° ; la mínima recomendada por Imhoff es de 30° con la horizontal.

Otra manera de determinar la capacidad de las fosas de digestión es de acuerdo con las fluctuaciones de temperatura y para la nuestra obtenemos 1/20 gal/día (1).

$$\text{Cieno digerido} = \frac{1 \text{ gal}}{20 \text{ día}} \times 60 \text{ días} = 3 \text{ gal./hab.}$$

$$\text{Por fluctuaciones} = 1 \text{ gal./hab.}$$

Margen para incremento de vol.

$$\text{que es mayor durante digestión} = \frac{3 \text{ gal./hab.}}{7 \text{ gal./hab.}}$$

Este dato de 7 GAL. B.I. por persona corresponde a - 31.78 litros por habitante, dato bastante aceptable comparandolo con el proporcionado por Steel. (2).

DISPOSITIVO PARA LA ENTRADA Y SALIDA DEL AGUA DE LA CARA - DE SEDIMENTACION.

Tanto al entrar el agua en la cámara de sedimenta- -

(1) Datos tomados del Arithmetic of Sewage Treatments. - -
Temp. media.-

(2) GAL. B. I. = Galones British Imperial. 1 gal. = 4.54 lts.

ción como al salir de ella debe de preverse la formación de corrientes en sentido diferente al de la corriente de la cámara de sedimentación. Como viene el líquido turbio al entrar a la cámara de sedimentación tiende a caer por tener mayor peso y crearía con esto una corriente descendente en la entrada y otra ascendente que evitaría la correcta sedimentación de los sólidos. Para evitar la formación de estas corrientes debe de hacerse uso de pantallas tanto a la entrada como a la salida, estarán colocadas a 50 cm. debajo de la superficie del agua. En nuestro trabajo emplearemos pantallas tipo Sacramento por ser muy eficientes y de fácil construcción. Se colocaran en iguales condiciones tanto a la entrada como a la salida y tendrán las características anotadas en el plano de conjunto. Con este dispositivo conseguiremos un movimiento uniforme del agua a través del tanque.

ZONA NEUTRA.

Es conveniente contar con una zona para variaciones entre ambas cámaras, dicha zona recibe el nombre de zona neutra y se encuentra colocada 50 cm. debajo de la cámara de sedimentación. El volúmen correspondiente a esta zona no deberá de tomarse en cuenta al calcular la capacidad de la cámara de digestión. El objeto de esta zona es controlar los incrementos de cieno que se produzcan por causas -

extrañas o condiciones anormales en la cámara de digestión.

TEMPERATURA.

El factor temperatura tiene una importancia decisiva en el proceso de digestión la cifra de 32 litros por habitante o sea cuarenta días de digestión se refiere a una temperatura promedio de 22°C. En la gráfica de tiempo requerido para 90% de digestión puede verse la influencia grande según Imhoff que tiene la temperatura en dicho período y por lo tanto en la capacidad del tanque. La línea punteada nos indica la digestión completa y la línea llena nos indica el límite técnico de la digestión o sea el período de tiempo que en la práctica debe adoptarse. Al proyectar un tanque de digestión nunca debiera irse; teniendo en cuenta el factor economía, más allá del LIMITE TECNICO DE DIGESTION que es el período que el cieno precisa para llegar a un estado de mineralización tal que no produzca malos olores y que rápidamente se desequie.

D. B. O.

Demanda bioquímica de oxígeno. Es la cantidad de oxígeno necesaria para la reducción bioquímica de la materia orgánica que el agua contiene en el proceso aeróbico. Se emplea para medir la concentración de materia orgánica en el agua en relación con la demanda de oxígeno.

Area necesaria para la cámara de gases.

Los gases provenientes de la digestión de los cienos son uno de los productos más utilizados del tratamiento de las aguas residuales. Entre los componentes de los gases y para un líquido residual de composición media el 75% del gas producido es metano; contiene además nitrógeno y bióxido de carbono. Si la digestión es completa la cantidad de los gases producidos por un kilogramo de materia orgánica es 700 litros pero como nosotros únicamente llevaremos la digestión hasta el límite técnico podemos esperar alrededor de 500 lts. Con una concentración media de aguas negras y para 32 litros por habitante y día la cantidad de gases que se obtiene es de 2 litros por habitante y día. Para evitar los efectos debidos a la concentración de espumas el area necesaria que debe darse a los respiraderos de gas deberá ser de 15 al 25% de la total de la fosa.

$$\text{Area total de la fosa} = 4 \times 5 = 20 \text{ m}^2$$

$$\text{Area respiraderos} = 0.5 \times 5 = 2.5 \times 2 \text{ resp} = 5 \text{ m}^2$$

que es el 25% del area total.

Instalaciones anexas a las cámaras de gases y de digestión.

Los gases se recogen utilizando campanas de forma adecuada las cuáles deben de estar colocadas debajo del nivel del agua ya que debe evitarse la mezcla del metano con el -

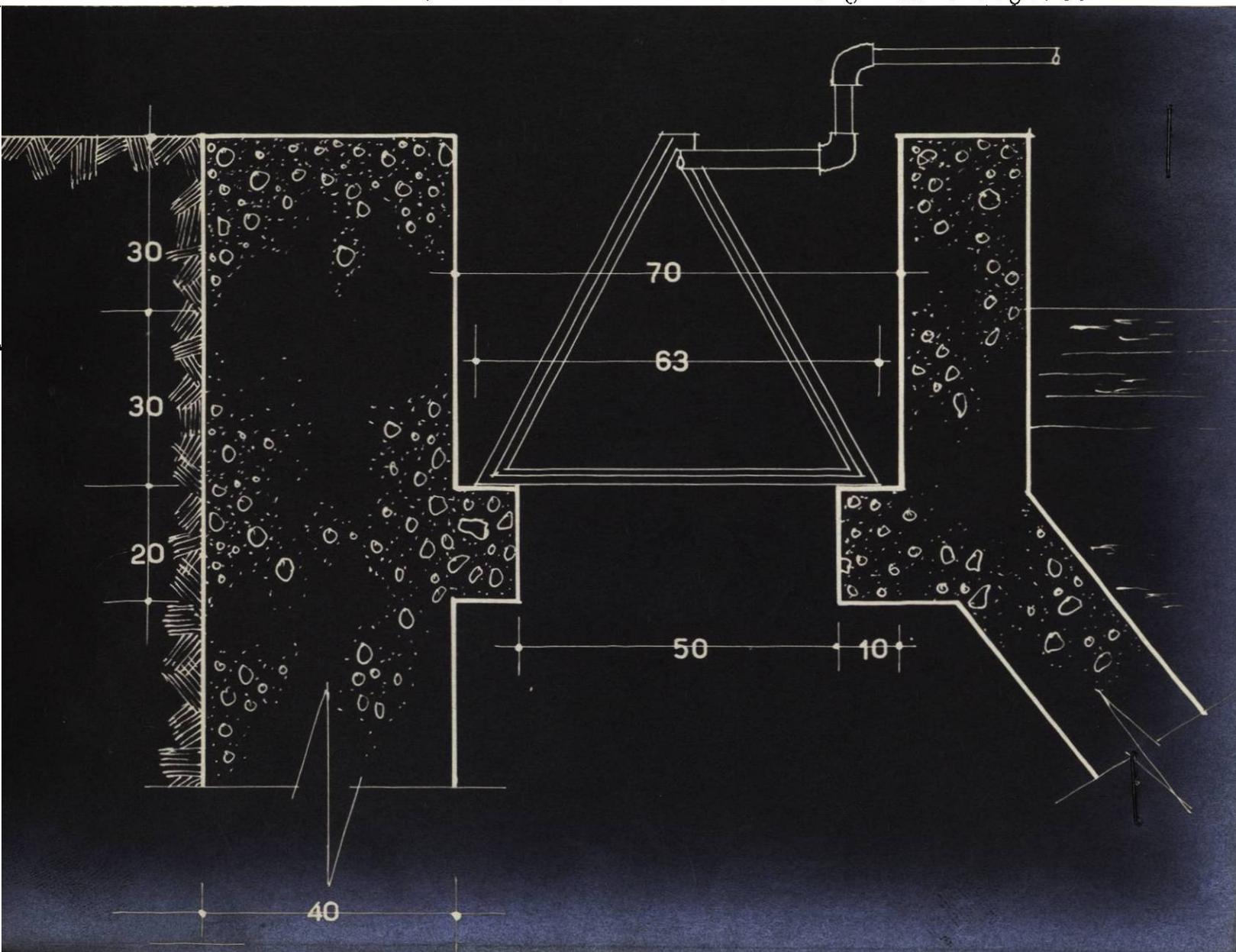
aire pues produce mezclas explosivas. Las campanas para recoger el gas podemos fabricarlas de concreto y en su parte inferior deben tener una placa porosa o filtro que permita el paso de los gases impidiendo el paso de la espuma de la superficie.

La cámara de digestión debe contar con una tubería para la extracción de los cienos la cual es conveniente tenga en su parte superior un dispositivo que nos permita la ex--tracción de la espuma por medio de una válvula. La tubería funciona debido a la diferencia de presiones que tiene en - el fondo y a la salida del tanque.

Colocación de las campanas para gases.

Para el mejor aprovechamiento del gas producido por la descomposición del cieno y debido a que la mayor acumulación del cieno sera en la parte más baja de cada cámara de digestión las campanas colectoras irán colocadas a la altura de la parte media y se pondran dos para cada fosa.

La colocación de las campanas será sobre unas cejas - de concreto tal y como se muestra en la siguiente figura:



Funcionamiento de la tubería para la extracción del cieno.

La extracción del cieno se hará aprovechando la carga de agua que actúa en la base del tanque y la diferencia de presiones que crea tanto a la entrada como a la salida del cieno de la tubería.

Tubería mínima especificada, tendrá 20 cm. de diám.

$$\text{Area} = 314 \text{ cm}^2$$

Coefficiente de fricción del cieno = 1.5 coef. fricción del agua

Usando fierro galvanizado y de acuerdo con la fig. #III pág.

211 del Elementary Mechanics of Fluids de Rouse encontramos:

$$D/K = 1310 \text{ de donde obtenemos } f_{\text{agua}} = 0.019; f_{\text{cieno}} = 1.5 \times 0.019 \\ = 0.0285$$

$$h_f = f \frac{L v^2}{D 2g} = 6.3 - 12.5\% \text{ de } \underline{6.3} = 5.51 = 0.0285 \times 630 \times v^2 / 20 \times 2g$$

$$v^2 = 5.51 \times 20 \times 2 / 0.0285 \times 630 = 12.3 \text{ cm}^2 / \text{seg}^2 = v^2$$

$$v = 3.46 \text{ cm. / seg.}$$

$$Q = v A = 3.46 \times 314 = 1090 \text{ cm}^3 / \text{seg.} = 3.78 \text{ m}^3 / \text{hora.}$$

Es muy conveniente el uso de tubería de este diámetro pues nos permite casi vaciar la fosa de digestión en un solo turno de 8 horas de trabajo.

Cálculo del tanque.

Cargas por considerar ; Peso propio.

Peso del líquido.

Empujón lateral de la tierra sobre las paredes.

Empuje del agua sobre las pa redes.

Las condiciones críticas se presentan cuando el tanque esta vacío pues no tenemos en ese momento ningún empuje que se oponga al de la tierra. Se calcularan las paredes como muros de retención independientes con cimentación propia, independiente de las tolvas.

Profundidad de las paredes verticales = 3.8m . El terreno para el cuál se va a construir es una tierra arcillosa seca que tiene las siguientes características.

$$\text{Peso volúmetrico} = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ang. fricc. interna} = 36^\circ$$

$$\text{Resistencia} = 1 \text{ kg/cm}^2$$

Para el cálculo de las paredes como muros de retención usaremos la teoría de Rankine que para el caso de presión activa es muy recomendable pues nos mantiene siempre dentro de la seguridad. El Concrete reinforcing steel --

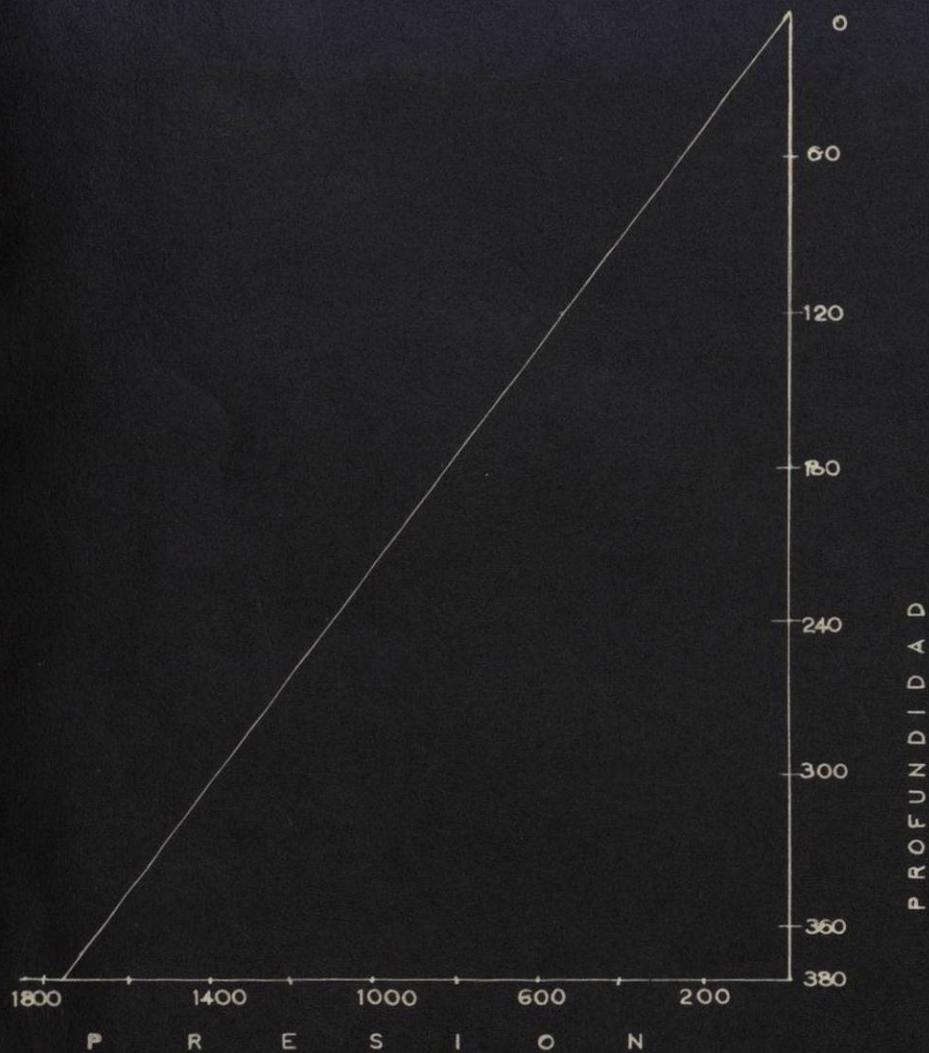


DIAGRAMA PRESIONES

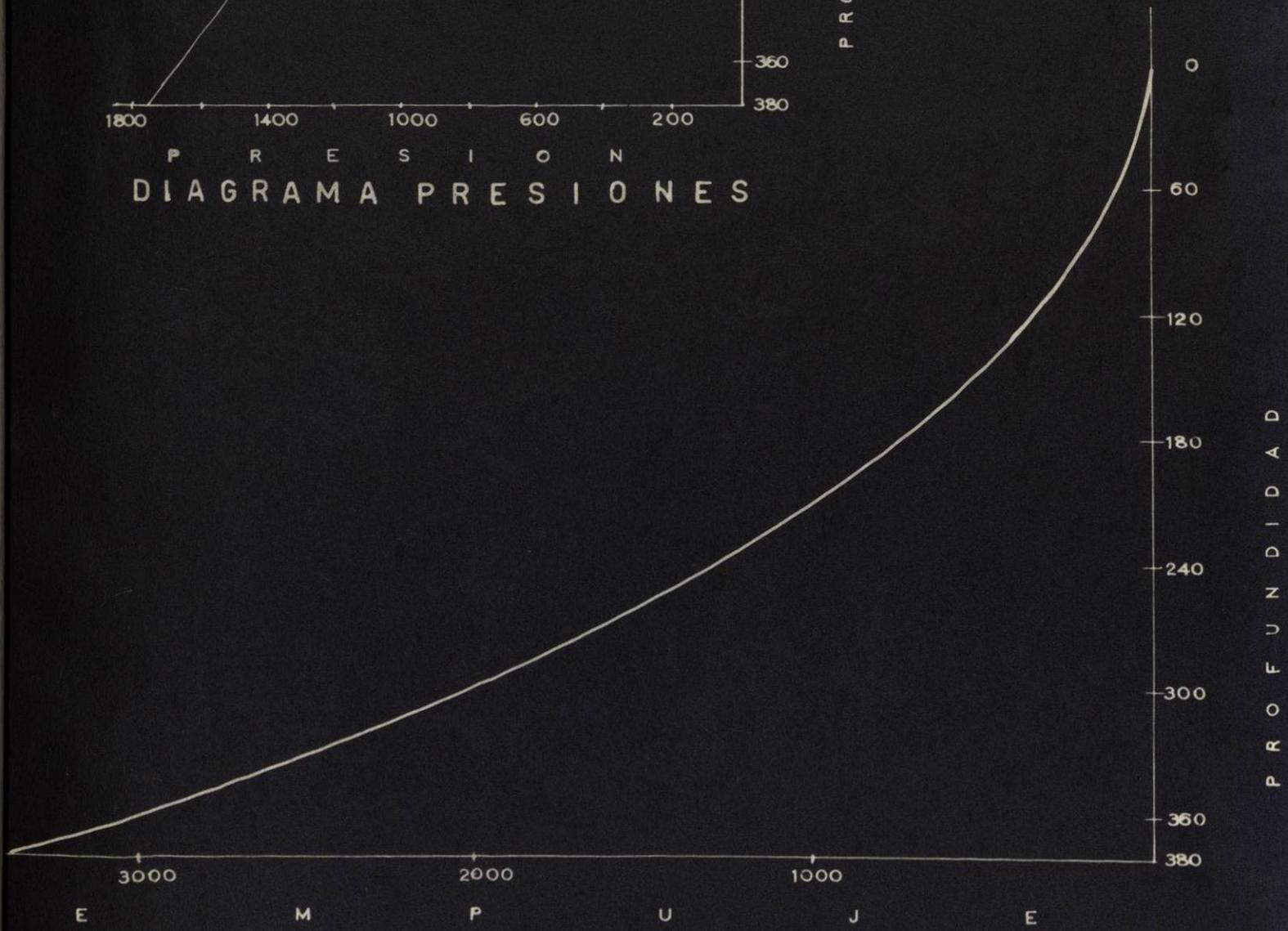


DIAGRAMA EMPUJES

Institúete la recomendación para este tipo de empujes.

$$P = h N_{\phi} \quad N_{\phi} = \operatorname{tg}^2 \left(45^{\circ} - \frac{\phi^{\circ}}{2} \right)$$

$$N_{\phi} = \operatorname{tg}^2 \left(45 - \frac{36}{2} \right)$$

$$N_{\phi} = 0.26$$

Obtención de la presión a diferentes profundidades.

XN_{ϕ}	h metros.	P. Kg/m^2
468	0.6	281
468	1.2	562
468	1.8	844
468	2.4	1125
468	3.0	1405
468	3.6	1685
468	3.8	1780
468	4.0	1875

El empuje se obtiene multiplicando la presión por la mitad de la altura correspondiente.

P. Kg/m ²	h/2 por metro de long.	Emp. Kg por mto. lineal
281	0.30	84.5
562	0.60	336.5
844	0.90	758.0
1125	1.20	1350.0
1405	1.50	2110.0
1685	1.80	3150.0
1780	1.90	3380.0
1875	2.00	3750.0

Debido al empuje máximo se calculara la sección resistente en la base del muro. Supondremos un ancho de muro uniforme de 40cm. trabajando como mensula apoyado en una zapata de 50cm. de espesor por una longitud de 1.80m.

El empuje actúa a un tercio de la altura del muro y el momento máximo que produce es; $3750 \times 4/3 = 5000$ kg-m. El diseño de este tipo de muros se hace considerando esfuerzos en las secciones así como prevención al volcamiento y deslizamiento.

Tanque lleno.

El empuje máximo ejercido por el líquido en contra

de las paredes del recipiente vale:

$E = 1/2 H^2 = 1/2 \times 1000 \times 14.4 = 3600 \text{ Kg/m}^2$ siendo la mínima debida a tierras = 3750 como se muestra en la tabla # 2 y siendo evidente que el tanque trabajara en condiciones más favorables al estar lleno no se necesita efectuar el cálculo para este caso.

VOLCAMIENTO.

Se evita este por medio del momento resistente que es dado por el peso propio del muro, el de la zapata y principalmente por el momento producido por el peso de la tierra que descansa sobre la zapata tomando con relación al paramento exterior del muro.

Considerado el peso del concreto de 2500 Kg/m^3 tenemos:

Momento resistente:

$$W \quad X \quad x = M$$

$$\text{Muro.} \quad 0.40 \times 4 \times 1 \times 2500 = 4000 \text{ kg.} \quad 0.2 \quad 800 \quad \text{kg-m}$$

$$\text{Zapata.} \quad 0.40 \times L \times 1 \times 2500 = 1000 \times L \text{ kg.} \quad L/2 \quad 500L^2 \text{ kg-m}$$

$$\text{Tierra.} \quad L \times 4 \times 1 \times 1800 = 7200 \times L \text{ kg.} \quad L/2 \quad \underline{3600L^2 \text{ kg-m}}$$

$$\text{Momento resistente} = 4100L^2 / 800$$

Momento de volcamiento = 5000 kg-m.

Momento de volcamiento x Factor seguridad = Momento resistente.

Momento resistente = 2.5×5000 ; Momento resistente = 2.5×5000

Momento volcamiento $4100 L^2 + 800 = 12500$

$$L^2 = 2.85$$

$L =$ Longitud necesaria de la zapata $= 1.69$

DESLIZAMIENTO.

Es producido por el empuje que ocasionan las tierras sobre el muro y se evita ya sea por medio del peso propio de ellas sobre la zapata de cimentación y poniendo en la parte inferior de esta cuñas que eviten el corrimiento. En nuestro caso el valor del empuje es de 3750 kg. por metro de muro y el peso propio de la tierra es de $1.69 \times 4 \times 1 \times 1800$ que da un valor de 12170 kg. que es más que suficiente para evitar el deslizamiento sin necesidad de cuñas.

Presiones sobre el suelo.

Necesitamos comprobar si la resultante pasa dentro del tercio medio de la base:

Tomando suma de momentos de los pesos propios del muro y la zapata con respecto al paramento exterior del muro e igualando esta suma a la que debe dar la resultante por su brazo de palanca obtendremos la posición de la resultante.

$$4000 \times 0.2 + 1690 \times 0.835 + 12170 \times 0.835 = 17860 \times L$$

$$800 + 1410 + 10150 = 12360 = 17860 \times L ; L = 0.69\text{m.}$$

$$\text{Empuje} = 3750 \text{ kg} ; \text{Tg } a = \frac{3750}{17860} = 0.21$$

La resultante de los pesos queda a 14 cm. dentro del tercio medio $0.21 = X / 1.33 ; X = 0.44$ cm. por lo tanto la resultante se sale del tercio medio. Como solución necesitamos prolongar la longitud de la zapata de cimentación.

Longitud necesaria de la zapata para lograr que la resultante pase dentro del tercio medio.

$$\text{Peso total para 2.2m de long} = 22050 \text{ kg.}$$

La resultante de los pesos pasa a 0.98m - del paramento.
y queda a 25 cm. dentro del tercio medio.

$$\text{tg. } a = \frac{3750}{22050} = 0.17 ; X = 0.17 \times 1.33 = 0.226 \text{ menor}$$

que 0.25 por lo tanto la resultante pasa dentro del tercio medio.

Presiones en la base:

$$P = \frac{P}{A} + \frac{Mc}{I} = \frac{P}{bh} + \frac{6Pe}{bh^2}$$

$$P_1 = \frac{22050}{1 \times 2.2} + \frac{6 \times 22050 \times 0.34}{1 \times 2.2^2} =$$

$$10000 + 9300 = 19300 \text{ Kg/m}^2$$

$$P_2 = 10000 - 9300 = 700 \text{ Kg/m}^2$$

Cálculo de los muros que sirven de pared al tanque.

Usaremos concreto de las siguientes características:

$$a = 15, f_c = 50, f_s = 1200, k = 0.384, j = 0.872, \text{ --}$$

Profundidad. 4 metros.

$$M = \text{Empuje} \times h/3 ; 3750 \times 4/3 = 5000 \text{ kg-m} = 500000 \text{ kg-cm.}$$

$$M = 500\ 000 = \frac{1}{2} f_c k j b d^2 + \quad d = 24.5 \text{ cm.}$$

$$V = 3750 \text{ kg} ; v = \frac{V}{b j d} = 1.76 \text{ que es menor que } \text{ -- } \\ 0.02 f_c \text{ por lo que no ne-} \\ \text{cesita armadura para re-} \\ \text{sistir el corte.}$$

$$M = A_s f_s j d ; A_s = 500\ 000 / 1200 \times 0.872 \times 24.5$$

$$A_s = 500\ 000 / 25600 = 19.5 \text{ cm}^2$$

Var. corrugada de 1/2", area=1.267, diam=1.27 cm.

$$\# \text{ var} = 19.5 / 1.267 = 16 \text{ a cada } 6.26 \text{ cm. c.a.c.}$$

$$\text{Separación mínima} = 2.5 \times \text{diam.} = 3.04$$

$$\text{Adherencia} = u = 0.05 f_c = 5.55 \text{ kg/cm}^2, \text{ lo permisible.}$$

$$\text{Longitud de anclaje} = 150 \text{ cm.} = L$$

$$u = f_s D/4l = 1200 \times 1.27 / 4 \times 150 = 5.08 \quad 5.55 \text{ p.l.q.e.b.}$$

Diam. máximo según especificaciones del Joint-C.

$$D = 2 \times 150 \times 5.5 / 1200 = 1.3 \text{ cm. } \therefore \text{ está bien}$$

$$\begin{aligned} \text{Acero de temperatura. } A_s &= 0.003 \text{ bd} = 0.003 \times 100 \times 24.5 \\ &= 7.35 \text{ cm}^2. \end{aligned}$$

Var. cor. de 3/8", area=0.712, #var= 11 a cada 9 cm.

Profundidad. 3.80 metros.

$$M = 3380 \times 3.8/3 = 4270 \text{ Kg-m.}$$

Debido a que el ancho mínimo permisible para muros en estas condiciones es de 20 cm. conservaremos a lo alto de todo el muro el ancho de 24.5 cm.

$$V = 3380, \quad v = \frac{V}{b_j d} = 3380 / 2135 = 1.59 \quad 0.02 f'_c$$

$$A_s = M / f_s j d = 427000 / 25600 = 15.8 \text{ cm}^2$$

Var. corrugada de 1/2", Area = 1.267, diám.=1.27

#varilla=15.8/1.267=13 a cada 7.7 cm. centro a centro.

Separación mínima permisible = 2.5 D = 3.04 cm.

Longitud de anclaje = 150 cm.

$$\text{Adherencia} = 1200 \times 1.27 / 4 \times 150 = 5.08 \quad 5.5 \text{ kg/cm}^2$$

Diámetro máximo permisible 1.3 cm.

$$\text{Acero de temperatura. } A_s = 0.003 \text{ bd} = 7.35 \text{ cm}^2$$

Var. 3/8, area= 0.712, se pondran 11 varillas a -
9 cm. centro a centro.

Profundidad. 3.60 metros.

$$M = 3150 \times 3.6/3 = 3780 \text{ Kg-m} = 378\ 000 \text{ Kg-cm.}$$

Se conservara sección de 24.5 cm.

$$V = 3150; v = V/bjd = 3150/2135 = 1.48 + 0.02 f_c'$$

$$A_s = 378\ 000 / 25600 = 14.8 \text{ cm}^2$$

ϕ 1/2" , # varillas = 12 a cada 8.35 cm. c. a. c.

Mínima separación permisible = 3.04 cm.

Longitud de anclaje = 150 cm.

$$\text{Adherencia} = u = 5.08 \quad 5.5 \text{ Kg/cm}^2$$

Máximo diámetro permisible = 1.3 cm.

ϕ 3/8", $A_s = 0.003bd = 7.35 \text{ cm}^2$, se pondran 11
var. a c 9 cm.

Profundidad 3.00 m.

$$M = 2110 \times 3/3 = 2110 \text{ Kgm} = 211\ 000 \text{ Kgcm.}$$

Se conservara sección de concreto de 24.5 cm.

$$V = 2110, v = 2110 / 100 \times 0.872 \times 24.5 = 0.99 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 211\ 000 / 25600 = 8.2 \text{ cm}^2$$

ϕ 1/2", # varillas = 7 a cada 14 cm. centro a centro.

Longitud de anclaje = 150 cm.

$$\text{Adherencia} = u = f_s D / 4 L = 5.08$$

$$\text{Máximo diámetro permisible} = 1.3 \text{ cm.}$$

$$A_s = 0.003 bd = 7.35 \text{ cm}^2, \text{ se pondrán 11 varillas} \\ \text{a cada 9 cm.}$$

Profundidad. 2.40 metros.

$$M = 1350 \times 2.4 / 3 = 1080 \text{ kgm} = 108\,000 \text{ kgcm.}$$

$$V = 1350, v = 1350 / 2135 \text{ menor que } 0.02 f'_c$$

$$A_s = 108\,000 / 25600 = 4.22 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla cor. de } 3/8", \text{ area} = 0.712, \text{ diám} = 0.9525 \text{ cm.}$$

$$\# \text{ varillas} = 6 \text{ a cada } 16.6 \text{ cm. centro a centro.}$$

Profundidad. 1.80 metros.

$$M = 758 \times 1.8 / 3 = 455 \text{ kgm} = 45\,500 \text{ Kgcm.}$$

$$V = 758, v = 758 / 2135 + 0.02 f'_c$$

$$A_s = 45\,500 / 25600 = 1.78 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla de } 3/8", \# \text{ varillas} = 3 \text{ varillas.}$$

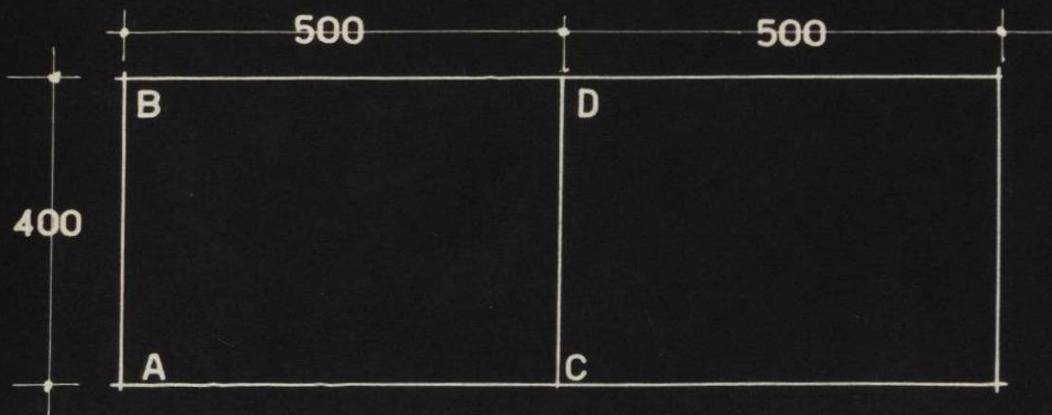
De esta profundidad hacia arriba se colocara el arma do correspondiente a la profundidad de 1.8m facilitandose con esto la colocación y el armado de la sección.

Cálculo considerando el tanque como un tubo (METODO DE - - CROSS).

Como se observará en la planta siguiente tenemos el caso de una estructura simétrica con carga simétrica ("q" es cte. a una misma profundidad)*

Debido a esto para la obtención de los momentos totales que actúan en la estructura nos basta obtener los - de los nudos A y C.

Se procedió empleando el método de Cross tal y como sigue.



$$* q = \frac{1}{2} \times H^2 + g^2 (45 - \phi/2) \frac{Kq}{m^2}$$

$$U_{AB} = -\frac{1}{12} q l_1^2 ; U_{AC} = \frac{1}{12} q l_2^2$$

$$M_{AB} = U_{AB} - k_{AB} (U_{AB} + U_{AC})$$

$$M_{BA} = -M_{AB}$$

$$M_{AC} = U_{AC} - k_{AC} (U_{AB} + U_{AC})$$

$$M_{CA} = -M_{AC}$$

$$M_{CA} = U_{CA} + B (M_{AC} - U_{AC})$$

$$M_{DB} = -M_{CA}$$

$$K_{AB} = \frac{4 E I}{L} ; K_{ABV} = K_{AB} (1 - B)$$

$$K_{ABV} = \frac{K_{ABV}}{K_{ABV} + K_{AC}} = 0.384$$

$$K_{AC} = \frac{K_{AC}}{K_{AC} + K_{ABV}} = 0.616$$

$$U_{AB} = -\frac{1}{12} q l_1^2 = \frac{1}{12} q 16 = -\frac{16}{12} q = -1.335 q$$

$$U_{AC} = + \frac{1}{12} q \cdot 12^2 = + \frac{25}{12} q = + 2.082 q$$

$$\begin{aligned} M_{AB} &= - 1.335 q - 0.384 (-1.335 q + 2.082 q) \\ &= - 1.335 q - 0.384 (+ 0.747 q) = - 1.335 q - (0.286 q) \end{aligned}$$

$$M_{AB} = \underline{- 1.621 q} =$$

$$M_{AC} = - M_{AB}$$

Comprob.:

$$\begin{aligned} M_{AC} &= 2.082 q - 0.616 (-1.335 q + 2.082 q) \\ &= 2.082 q - 0.616 (+0.747 q) = + 2.082 q - 0.461 q \end{aligned}$$

$$M_{AC} = \underline{+ 1.621 q}$$

$$\begin{aligned} M_{CA} &= U_{CA} + 0.5 (1.621 q - 2.082 q) \\ &= - 2.082 q + 0.5 (-0.461 q) \\ &= - 2.082 q - 0.2305 q = - 2.3125 q = M_{CA} \end{aligned}$$

$$M_{CA} = \underline{- 2.3125 q}$$

$$M_{DB} = M_{CA}$$

Se tomarán vigas de un metro de alto calculándose - cada una de ellas con la carga máxima de la parte más pro funda a la menos profunda.

$$q = 3380 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{Prof. 3.80}$$

$$M_{AB} = - 1.621 \times 3380 = - 1.63 \times 3380 = - 5500$$

$$M_{AC} = - M_{AB}$$

$$M_{CA} = - 2.3125 \times 3380 = - 2.32 \times 3380 = - 7800$$

$$q = 1850 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{Prof. 2.80}$$

$$M_{AB} = - 1.630 \times 1850 = - 3000$$

$$M_{CA} = - 2.32 \times 1850 = - 4226$$

$$q = 758 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{Prof. 1.80}$$

$$M_{AB} = - 1.63 \times 758 = - 1240$$

$$M_{CA} = - 2.32 \times 758 = - 1750$$

$$q = 150 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad \text{Prof. 0.80}$$

$$M_{AB} = - 1.63 \times 150 = - 245$$

$$M_{CA} = - 2.32 \times 150 = - 346$$

VIGA (CA)

Profundidad 3.80 metros.

$$M = 2.3125 q = 2.3125 \times 3380 = 780000 \text{ kg/cm.}$$

$$M = \frac{1}{2} tckjbd^2$$

$$d^2 = \frac{M}{837} = \frac{780000}{837} = 930$$

$$\underline{d = 30.5 \text{ cm.}}$$

$$M = A_s t_s j d$$

$$A_s = \frac{780000}{33600} = 23.3 \text{ cm}^2 \neq \frac{1}{2} C 5.3 \text{ cm.}$$

$$V = 3380; \quad v = \frac{V}{b j d} = \frac{3380}{87.2 \times 30.5} = 1.28$$

que es menor que $0.02 f'_c$ por lo que no necesita arma dura especial para resistir el corte.

$$A'_s = 0.003 bd = 0.003 \times 100 \times 30.5 = 9.15 \text{ cm}^2$$

$$\neq 3/8 \quad 9 \text{ cm.}$$

Adherencia $U = 0.05 f'_c = 5.55 \text{ kg/cm}^2$ lo permisible.

Longitud de anclaje = 150 cm = L

$$U = \frac{f_s D}{4 L} = \frac{1200 \times 1.27}{4 \times 150} = 5.08 \quad 5.55 \text{ p.l.q.c.b.}$$

Diámetro máximo según especificaciones del Joint-C.

$$D = 2 \times 150 \times 5.5 / 1200 = 1.3 \text{ . . . está bien.}$$

VIGA (CA)

$$\text{Profundidad } 2.80 \quad q = 1850 \frac{\text{kg}}{\text{m.}}$$

$$M = 2.3125 \times q = 422.600 \text{ kg/cm.}$$

Conservaremos a todo lo alto muro de sección constante. $d = 30.5 \text{ cm.}$

$$A_s = \frac{422600}{33600} = 12.6 \text{ cm}^2 \quad \phi \frac{1}{2} \quad 10 \text{ cm.}-$$

$$V = 1850 \text{ kg} \quad v = \frac{V}{b j d} = \frac{1850}{2560} \quad 0.02 f'_c$$

$$A'_s = 0.003 b d = 9.15 \text{ cm}^2 \quad \phi 3/8 \quad 9 \text{ cm.}-$$

Adherencia $U = 0.05 f'_c = 5.55 \text{ kg/cm}^2$ lo permisible.

Longitud de anclaje = 150 cm = L

$$U = \frac{f_s D}{4 L} = \frac{1200 \times 1.27}{4 \times 150} = 5.08 \quad 5.55 \text{ p.l.q.c.b.}$$

Diámetro máximo según especificaciones del Joint-C.

$$D = 2 \times 150 \times 5.5/1200 = 1.3 \text{ . . } \text{ está bien.}-$$

Profundidad 1.80

$$q = 758 \text{ kg/m}$$

$$M = 2.3125 \times 758 = 175000 \text{ kg/cm}$$

conservamos $d = 30.5$

$$A_s = \frac{175000}{33600} = 5.2 \text{ cm}^2 \quad \phi \frac{1}{2} \quad 20 \text{ cm.}$$

$$V = 750 \text{ kg} ; \quad v = \frac{V}{b j d} = \frac{750}{2560} \quad 0.02 f'_c$$

$$A'_s = 0.003 b d = 9.15 \text{ cm}^2 \quad \phi 3/8 \quad 9 \text{ cm.}-$$

Adherencia $U = 0.05 f'_c = 5.55 \text{ kg/cm}^2$ lo permisible.

Longitud de anclaje = 150 cm = L

$$U = \frac{f_s D}{4 L} = \frac{1200 \times 1.27}{4 \times 150} = 5.08 \quad 5.55 \text{ p.l.q.c.b.}$$

Diámetro máximo según especificaciones del Joint-C.

$$D = 2 \times 150 \times 5.5/1200 = 1.3 \text{ . . } \text{ está bien.}-$$

Profundidad 0.80 $q = \text{kg/m}$

$$M = 2.3125 \times 150 = 34600 \text{ kg/cm.}$$

conservamos $d = 30.5$

$$A_s = \frac{34600}{33000} = 1.03 \text{ cm}^2 \text{ se pondrá } \phi \text{ 30 cm según}$$

especificaciones.

$$A'_s = 9.15 \text{ cm}^2 \phi \text{ 3/8 } 9 \text{ cm.}$$

Adherencia $U = 0.05 f'_c = 5.55 \text{ kg/cm}^2$ lo permisible.

Longitud de anclaje = 150 cm = L

$$U = \frac{f_s D}{4 L} = \frac{1200 \times 1.27}{4 \times 150} = 5.08 \quad 5.55 \text{ p.l.q.c.b.}$$

Diámetro máximo según especificaciones del Joint-C.

$$D = 2 \times 150 \times 5.5/1200 = 1.3 \text{ " está bien.}$$

VIGA AB: Profundidad 3.80 $q = 3380 \text{ kg/m}$

$$M = 1.621 \times 3380 = 555000 \text{ kg/cm}$$

$$M = \frac{1}{2} f_c k j b d^2 = d^2 = \frac{555000}{837} = 660.00$$

$$d = 25.6 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{555000}{28000} = 19.85 \text{ cm}^2 \phi \frac{1}{2} \quad 6.26 \text{ cm.}$$

$$V = 3380 \text{ kg ; } v = \frac{3380}{100 \times 0.972 \times 25.6} = \frac{3380}{2240} =$$

$$= 1.51 \quad 0.02 f'_c$$

$$A'_s = 0.003bd = 0.3 \times d = 0.3 \times 25.6 = 7.68 \phi \text{ 3/8 } 9 \text{ cm}$$

Adherencia $U = 0.05 f_c' = 5.55 \text{ kg/cm}^2$ lo permisible.

Longitud de anclaje $= 150 \text{ cm} = L$

$$U = \frac{f_s D}{4 L} = \frac{1200 \times 1.27}{4 \times 150} = 5.08 \quad 5.55 \text{ p.l.q.c.b.}$$

Diámetro máximo según especificaciones del Joint-C.

$$D = 2 \times 150 \times 5.5/1200 = 1.3 \text{ "}. \text{ está bien.}$$

Profundidad 2.80

$$q = 1850 \text{ kg/m}$$

$$M = 1.621 \times 1850 = 300.000 \text{ kg/cm}$$

conservamos $d = 25.6 \text{ cm.}$

$$A_s = \frac{300000}{28000} = 10.7 \text{ cm}^2 \neq \frac{1}{2} \quad 11 \text{ cm.c.a.c.}$$

$$v = 1850 \quad v = \frac{1850}{2240} \quad 0.02 f_c'$$

$$A_s' = 0.003 bd = 7.68 \neq 3/8 \quad 9 \text{ cm.}$$

Adherencia $U = 0.05 f_c' = 5.55 \text{ kg/cm}^2$ lo permisible.

Longitud de anclaje $= 150 \text{ cm} = L$

$$U = \frac{f_s D}{4 L} = \frac{1200 \times 1.27}{4 \times 150} = 5.08 \quad 5.55 \text{ p.l.q.c.b.}$$

Diámetro máximo según especificaciones del Joint-C

$$D = 2 \times 150 \times 5.5/1200 = 1.3 \text{ "}. \text{ está bien.}$$

Profundidad 1.80

$$q = 758 \text{ kg/m}$$

$$M = 1.621 \times 758 = 124000 \text{ kg/cm.}$$

conservamos $d = 25.6$

$$A_s \frac{124000}{28000} = 4.44 \text{ cm}^2 \quad \phi \frac{1}{2} \quad 25 \text{ cm.}$$

$$v = \frac{758}{2240} \quad 0.02 f'_c$$

$$A'_s = 7.68 \text{ cm}^2 \quad \phi 3/8 \quad 9 \text{ cm.}$$

Adherencia $U = 0.05 f'_c = 5.55 \text{ kg/cm}^2$ lo permisible.

Longitud de anclaje = 150 cm = L

$$U = \frac{f_s D}{4 L} = \frac{1200 \times 1.27}{4 \times 150} = 5.08 \quad 5.55 \text{ p.l.q.c.b.}$$

Diámetro máximo según especificaciones del Joint-C

$$D = 2 \times 150 \times 5.5/1200 = 1.3 \text{ . . . } \text{ está bien.}$$

Profundidad 0.80 $q = 150 \text{ kg/m.}$

$$M = 1.621 \times 150 = 24500 \text{ kg/cm.}$$

Conservamos $d = 25.6$

$$A_s = \frac{24500}{28000} = 0.875 \text{ cm}^2 \text{ se pondrá } \phi 3/8 \quad 30 \text{ cm.}$$

según especificaciones.

$$A'_s = 7.68 \text{ cm}^2 \quad \phi 3/8 \quad 9 \text{ cm.}$$

Adherencia $U = 0.05 f'_c = 5.55 \text{ kg/cm}^2$ lo permisible.

Longitud de anclaje = 150 cm = L

$$U = \frac{f_s D}{4 L} = \frac{1200 \times 1.27}{4 \times 150} = 5.08 \quad 5.55 \text{ p.l.q.c.b.}$$

Diámetro máximo según especificaciones del Joint-C

$$D = 2 \times 150 \times 5.5/1200 = 1.3 \text{ . . . } \text{ está bien.}$$

PROFUNDIDAD	CONSIDERADO COMO MURO DE RETENCION. ARMADURA PRINCIPAL VERTICAL.	CONSIDERADO COMO TUBO ARMADURA PRINCIPAL HORIZONTAL.
	A_s	A_s
3.80 m	15.8 cm ²	23.3 cm ²
2.80 m	5.0 cm ²	12.6 cm ²
1.80 m	3.0 cm ²	5.2 cm ²
0.80 m	2 cm ²	3.66 cm ²

Aparentemente de la tabla anterior se desprende que la cantidad de acero correspondiente al armado principal del tanque resulta menor calculando este como muro de retención. En realidad el considerarlo como tubo nos ahorra por una parte la excavación de la zapata y por otra - el acero que dicha zapata lleva por lo que la cantidad total de acero empleada en el tanque resulta finalmente menor al considerar este como tubo.

CIMENTACION MUROS:

Peso del muro de 40 cm. de concreto por metro lineal
 $= 0.40 \times 1 \times 3.8 \times 2500 = 3800 \text{ kg/m.l.}$

Resistencia real del terreno $= 5500 \text{ kg/m}^2$

Peso cimiento $0.20 \times 2500 = 500 \text{ kg/m}^2$

5000 kg/m²

$$\text{Area} = \frac{3800}{5000} = 0.76 \text{ m}^2$$

$$\text{Ancho cimiento} = \frac{0.76}{1.00} = 0.76 = 0.76 \text{ m} = 0.8 \text{ m.}$$

$$L = 0.8 \text{ m}; \quad w = 5000 \text{ kg/m.l.}; \quad f'_c = 140$$

$$A_s = \phi 3/8 \quad 10 \text{ cm} \quad A_s = 7.12 \text{ cm}^2/\text{m.l.}$$

Fatigas concreto:

$$f_c = 0.45 f'_c = 63 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$v = 0.02 f'_c = 2.8 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$u = 0.05 f'_c = 7 \quad \text{kg/cm}^2$$

$$f_s = \frac{2 u l}{D} = \frac{2 \times 7 \times 20}{0.95} = \frac{14 \times 20}{0.95} = \frac{280}{0.95} = 295 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = 0.647; \quad = 0.782; \quad K = \frac{f_c}{2} \quad k_j = 15.9$$

$$M = \frac{w l^2}{2} = \frac{5000 \times 0.2^2}{2} = \frac{50 \times 4}{2} = 100 \text{ kg/m.}$$

$$d = \frac{10000}{7.1 \times 516 \times 0.782} = 3.5 \text{ cm. pondremos } 8$$

$$V = 5000 \times 0.2 = 1000 \quad v = \frac{1000}{100 \times 0.782 \times 8.0} = \frac{10}{8 \times 0.782} = 1.6 \text{ kg/m}^2$$

menor que v admisible.

$$d = \left(\frac{M}{KB} \right)^{1/2} = \left(\frac{10000}{15.9 \times 100} \right)^{1/2} = (6.3)^{1/2} = 2.6 \text{ cm.}$$

$$A_s' = 0.003 b d = 0.003 \times 100 \times 8 = 2.4 \text{ cm}^2$$

$$\phi 3/8 ; \frac{2.4}{0.712} = 4 \quad 25 \text{ cm. c.a.c.}$$

RESULTADOS FINALES

$$d = 8 \text{ cm.}$$

$$r = 7.5 \text{ cm.}$$

$$L = 0.8 \text{ m.}$$

$$A_s = \phi 3/8 \quad 10 \text{ cm. c.a.c.}$$

$$A_c' = \phi 3/8 \quad 25 \text{ cm. c.a.c.}$$

CALCULO DE LAS LOSAS DE LA CAMARA DE SEDIMENTACION.

Se considerarán estos miembros empotrados tanto en -- los extremos como en la parte media, siendo esto posible en virtud de la simetría de carga y simetría de estructura.

Características de la losa:

Ancho = 2.35 metros, Largo = 5.00 metros, se consideran cargas debidas al peso propio y a la carga de agua que actúa sobre dicho miembro.

$$\text{Peso propio} = 0.2 \times 2.35 \times 1 \times 2500 = 1185 \text{ kg por metro.}$$

$$\text{Carga de agua} = 2.10 \times 1.50 \times 1 \times 1000 = \underline{3150} \text{ kg por metro.}$$

$$\text{Carga total} = 4335 \text{ kg/m} = q$$

El momento máximo se presenta en los extremos y vale $M = \frac{q L^2}{12}$

$$M = \frac{4335 \times 25}{12} = 9000 \text{ kg/m} = 900000 \text{ kg/cm.}$$

$$M = \frac{1}{2} f_c k_j b d^2, \quad d^2 = \frac{900,000 \times 2}{50 \times 0.384 \times 0.87 \times 235} = 458 \text{ cm}^2$$

$$d = 21.3 \text{ cm.}$$

$$A_s = \frac{900,000}{1200 \times 0.872 \times 21.3} = 40.4 \text{ cm}^2$$

$$\text{Varilla corrugada de } 3/8", \quad \# \text{ varillas} = 40.4 / 0.712 = 56$$

$$\text{Separación entre varillas} = 235 / 56 = 4.2 \text{ cm.c.a.c.}$$

Separación mínima = $2.5 D = 2.5 \times 0.952 = 2.31 \text{ cm.}$

Fierro temperatura = $A_s = 0.03bd = 0.003 \times 100 \times 21.3 = 6.38 \text{ cm}^2$

$\phi 3/8'' = \# \text{ varillas} = 6.38 / 0.712 = 9 \text{ a cada } 11.1 \text{ cm.c.a.c.}$

Corte.-

$$V = \frac{q l}{2} = 4335 \times 5/2 = 10830 \text{ kg.}$$

$$v = V/bjd = 10830 / 235 \times 0.872 \times 25.0 = 10830 / 5120 = 2.12 \text{ kg/cm}^2$$

Como el máximo esfuerzo de corte es $0.02f'_c = 2.2 \text{ kg/cm}^2$

y el esfuerzo que se presenta es menor no necesitamos armado especial para resistir el corte.

Cálculo de las vigas que nos sirven para formar la cámara de gases.

Con las mismas consideraciones de sollicitación que las losas de la cámara de sedimentación y estructura simétrica el ancho de estas vigas es el siguiente;

Peralte obligado por cámara de gases = 0.6m suponemos un ancho $b = \text{cm.}$

$$\text{Peso propio} = 0.15 \times 1 \times 0.60 \times 2500 = 225 \text{ kg/m.}$$

$$\begin{array}{r} \text{cargas varias} = 100 \\ \hline = 100 \text{ kg/m} \\ \hline 325 \text{ kg/m.} \end{array}$$

$$f_c = \frac{2 \times M}{k j b d^2} = \frac{2 \times M}{0.394 \times 0.872 \times 15 \times 3600}$$

$$M = \frac{q l^2}{12} = 325 \times 25/12 = 812 \text{ kg/m.}$$

$$f_c = 162.400/18.100 = 9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Area de acero} = A_s = 81.200/1200 \times 0.872 \times 60 = 1.6 \text{ cm}^2$$

$$\phi 3/8", \# \text{ varillas} = 1.6/0.712 = 3 \text{ varillas a cada } 5 \text{ cm.c.a.c.}$$

$$\text{Separación mínima} = 2.5 \times 0.95 = 2.36 \text{ cm.}$$

De lo que vemos que con un ancho de 15 con la viga trabaja perfectamente.

Cálculo del muro que servirá de apoyo tanto a las losas de la cámara de sedimentación como a las vigas de la cámara de gases en la sección que divide las fosas de digestión.

$$\text{Peso losas} = 0.2 \times 2.35 \times 5 \times 2500 = 5900 \times 2 = 11800 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso vigas} = 0.15 \times 0.60 \times 5 \times 2500 = 1125 \times 4 = 4500 \text{ kg}$$

$$\text{Peso agua} = 5 \times 2.10 \times 3 \times 1000 = 31500 = 31500 \text{ kg.}$$

$$47800 \text{ kg.}$$

La fibra más fatigada será la inferior del muro.

$$\text{Peso del muro} = 3.23 \times 0.2 \times 1 \times 2500 = 1610 \text{ kg.}$$

$$\text{En la fibra más fatigada } f = \frac{P}{A} = \frac{16010}{20 \times 100} = 8 \text{ kg/cm}^2$$

Este muro de separación llevará únicamente armado de temperatura en ambos sentidos.

CIRCULO DEL MIEMBRO DE CIMENTACION.

$$\text{Carga de tierra} = 1.8 \times 4 \times 1 \times 1800 = 13000 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso Zapata} = 1.8 \times 0.5 \times 1 \times 2500 = 2250 \text{ kg.}$$

$$\underline{15250 \text{ kg.}}$$

$$\text{Resultante de las presiones} = 1.8 \times 1 \times \frac{(18500 + 700)}{2} = 17300 \text{ kg.}$$

Actúa a una distancia X del paramento interior del muro =

$$X = \frac{1.8 (18500 + 2 \times 700)}{3 (18500 + 700)} = 0.62$$

Momentos con relación al paramento; $15250 \times 1.8/2 = 13800$

$$17300 \times 0.62 = 11300$$

$$\underline{2500 \text{ kgm.}}$$

$$\text{Area de acero} = A_s = \frac{250.000}{1200 \times 0.872 \times 50} = \frac{250}{52} = 4.8 \text{ cm}^2$$

Usando varilla de 3/8, # varillas = 7 a cada 14 cm.

Corte.

$$\frac{17300 - 15250}{100 \times 0.872 \times 50} = \frac{2050}{4350} = 0.47 \text{ kg/cm}^2 + 0.02 \text{ f' c}$$

Limentación debajo del muro.

El terreno puede resistir 0.81 kg/cm^2

$$\text{Peso} = 0.35 \times 4 \times 1 \times 2500 = 3500 \text{ kg.}$$

Peso total = $3500 + 0.05 \times 3500 = 3675$ kg tomando en cuenta el peso propio de la zapata.

$$\text{Ancho Zapata} = \frac{3675}{100 \times 0.81} = 45.5 \text{ cm.}$$

Tolvas de la cámara de digestión.

Se encontrarán directamente apoyadas descansando sobre el terreno.

Se armarán únicamente para efectos de temperatura en ambos sentidos. Se usará fierro corrugado de $3/8''$ a una separación:

$$A'_s = 0.003bd = 0.003 \times 100 \times 20 \text{ cm}^2 \text{ empleando - - fierro de } 3/8'' \text{ a una separación de } 9 \text{ cm. c.a.c.}$$

Se dejarán en la parte inferior de las losas un recubrimiento de 7.5 cm y de 5 cm. en la expuesta al agua del tanque, la losa será de 20 cm. de espesor.

IMPERMEABILIDAD.

No es suficiente para alcanzar la impermeabilidad el haber evitado esfuerzos de tracción excesivos que impiden la formación de grietas sino que deben tomarse en cuenta - las siguientes precauciones:

La dosificación del hormigón debiera ser de una gran riqueza de cemento, 300 a 400 kg, pero sin pasar de los 400 kg. pues podría darse lugar a importantes retracciones.

Se utilizara una arena bien lavada y a ser posible silicea formada por granos de tamaño medio.

La piedra empleada sera una gravilla de la mejor calidad posible.

El hormigón debiera ser muy plastico para que pueda moldearse bien pero cuidando que no exista exceso de agua.

Se evitaran las juntas de hormigonado siempre que sea posible, en caso contrario se haran muy irregulares y antes de verter de nuevo el hormigón se lava y se embadurna con una lechada de cemento pudiendo verter de nuevo el hormigón.

Sera conveniente recubrir toda la superficie interior con un enlucido de mortero rico (una parte de cemento por una parte de arena de 15 a 20 mm. de espesor que se ejecutara en dos capas cuidando que la segunda quede perfectamente alisada.

Para lograr una impermeabilización permanente cualquiera que sea la presión que se soporte, se recomienda el emplear el sistema ENBECO. Especificaciones:

1.- Limpieza de la superficie.

Estando rugosa la superficie debe limpiarse completamente del polvo y partículas sueltas, saturandose de agua - por 24 horas.

2.- Lechada de Sello.

Sobre la superficie húmeda se debe aplicar con cepillo de alambre una lechada formada por Embeco (1kg) y cemento (1kg) y mantenerse húmeda regandola con agua para lograr la Oxidación de Embeco.

3.- Capa Impremeabilizante.

Estando aún húmeda la lechada se debe aplicar una capa de mortero de 2 cm. de espesor con la siguiente mezcla.

POR VOLUMEN	MATERIALES	POR PESO
1 saco	Cemento	50 kg.
3 sacos	Arena	150 kg.
4 litros	Embeco	12.5 kg.

Se debe mantener húmeda la superficie por 24 horas como mínimo.

4.- Segunda lechada de sello.

Sobre la superficie húmeda del mortero del punto 3 de-

be repetirse la operación descrita en el punto 2. Cuando - existan fugas de agua a presión que impidan la colocación - de la lechada o la capa de mortero se debe tapar primeramente con una mezcla de QUICKSETTING LIQUID y cemento, obte- - niéndose con esto un rápido endurecimiento del mortero. -- Después se procede en forma ordinaria.

_____ • _____

COSTO APROXIMADO:

EXCAVACION EN TEPETATE.

Precio.....	\$ 6.00 M ³
Vol. a excavar.....	90.0 M ³
Costo excavación.....	\$ 540.00

CONCRETO.

Precio, Concreto de 400 Kg.de cemento.....	\$ 160 M ³
Precio Fierro Fundidora.....	1800.0 ton.
Costo M ³ de concreto armado teniendo como promedio 80 Kg/m ³	304.00
Metros cúbicos de concreto a emplear.....	53.00M ³
Costo Concreto.....	\$ 16112.00

TUBERIA.

Precio Tubo fierro galvanizado de 8".	\$ 155 mto.
Longitud de la tuberia en las 2 fosas.....	12 mts.
Costo tuberia ext. de cienos.....	\$ 1860.00
Precio tuberia cobre de 1/2".	\$ 9.85 mto.
Longitud tuberia ext. de gases.....	10 mts.
Costo tuberia gases.....	\$ 98.50

VARIOS.

Costo aproximado campanas para gases.....	\$ 100.00
Cubiertas de concreto para dirigir el gas hacia las campanas.....	\$ 300.00
TOTAL.....	\$ 19010.50

COSTO APROXIMADO:**EXCAVACION EN TEPETATE.**

Precio.....	\$ 6.00 M ³	
Vol. a excavar.....	68.4 M ³	
Costo excavación.....	\$	410.40

CONCRETO.

Precio. Concreto de 400 Kg.de cemento.	\$ 160 M ³	
Precio Fierro Fundidora.....	1800.0 ton.	
Costo M ³ de concreto armado teniendo - como promedio 80 Kg/m ³	304.00	
Metros cúbicos de concreto a emplear..	32.8M ³	
Costo Concreto.....	\$	9971.20

TUBERIA.

Precio Tubo fierro galvanizado de 8".	\$ 155 mto.	
Longitud de la tubería en las 2 fosas.	12 mts.	
Costo tubería ext. de cienos.....	\$	1860.00
Precio tubería cobre de 1/2".	\$ 9.85 mto.	
Longitud tubería ext. de gases.....	10 mts.	
Costo tubería gases.....	\$	98.50

VARIOS.

Costo aproximado campanas para gases.....	\$	100.00
Cubiertas de concreto para dirigir el gas hacia las campanas.....	\$	<u>300.00</u>
TOTAL.....	\$	12740.10

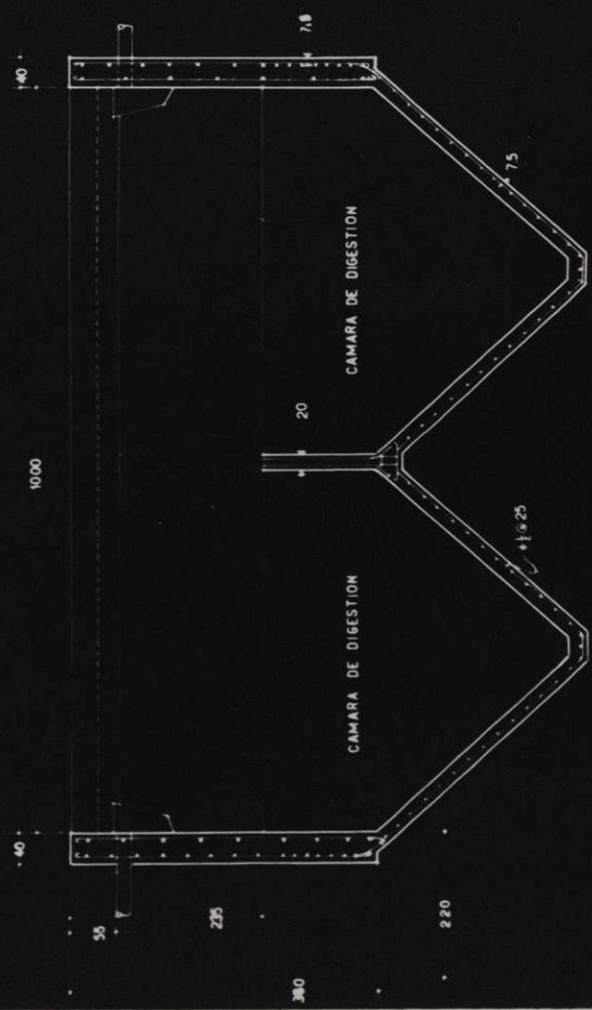
B I B L I O G R A F I A

- Sewage Treatment..... IMHOFF.
- Saneamiento de Poblaciones y depuración de aguas residuarias..... J. L. ESCARIC.
- Arithmetic of Sewage Treatments..... IMHOFF.
- Tratamiento aguas residuales..... INSTITUTO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE MEXICO.
- Abastecimiento de Agua y Alcantarillado..... E. W. STEEL.

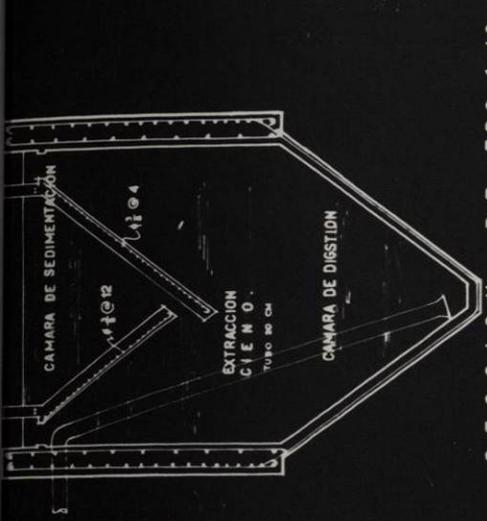




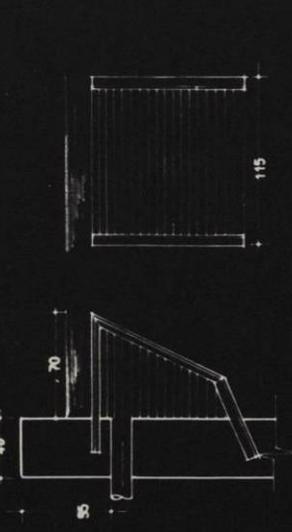
P L A N T A E S C : 1 : 4 0



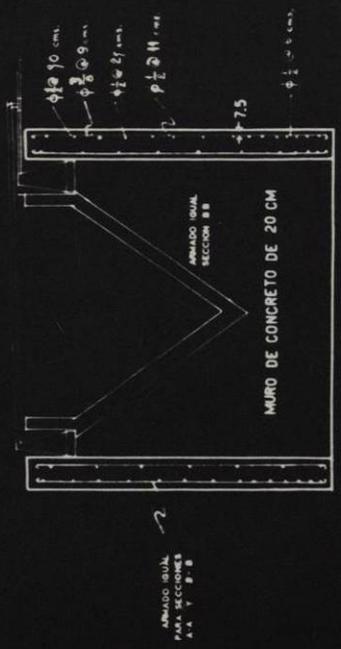
S E C C I O N A - A E S C : 1 : 4 0



S E C C I O N B - B E S C 1 : 4 0



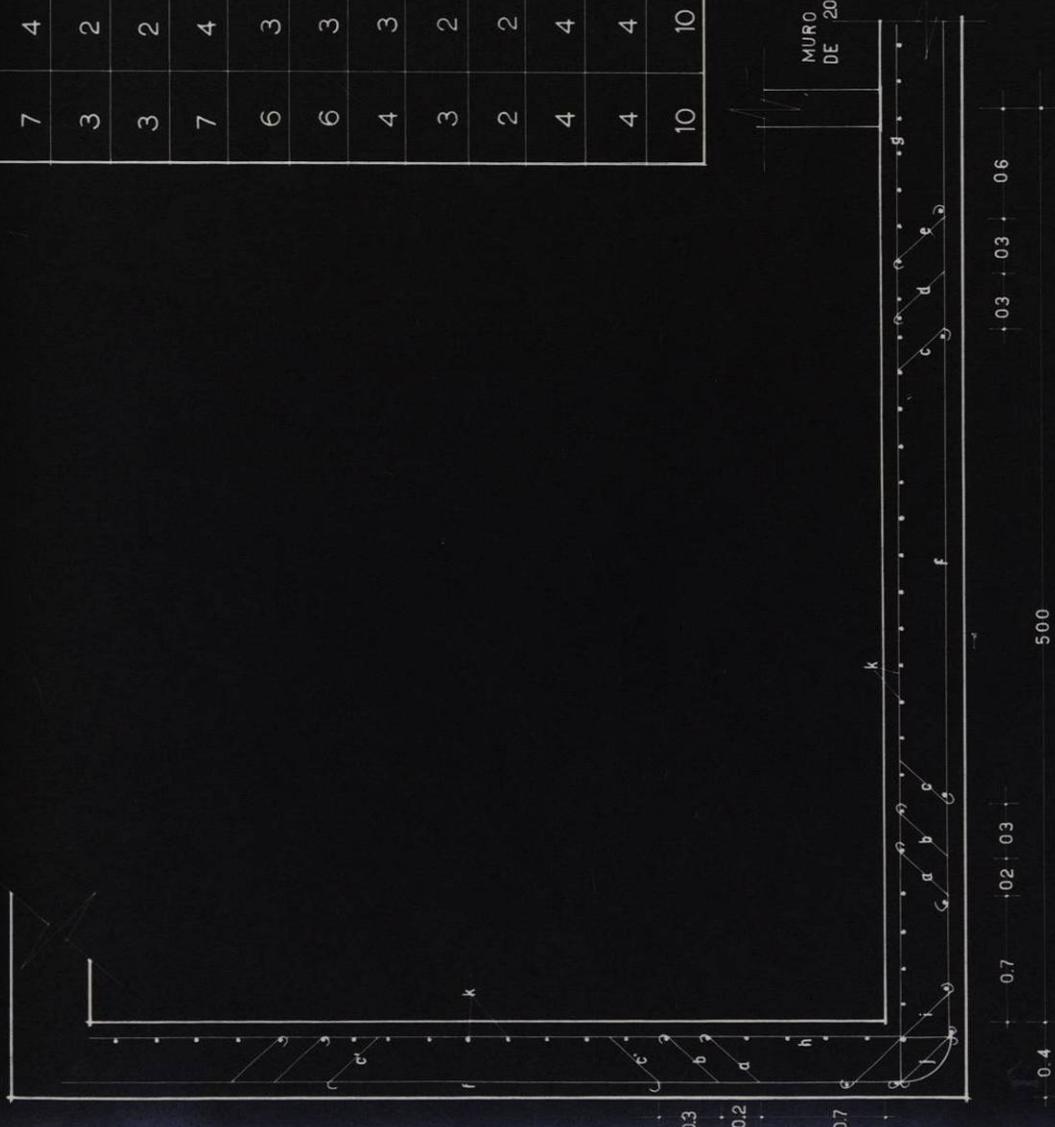
D E T A L L E P A N T A L L A E N T R A D A O S A L I D A E S C 1 : 2 0



S E C C I O N C - C E S C 1 : 4 0

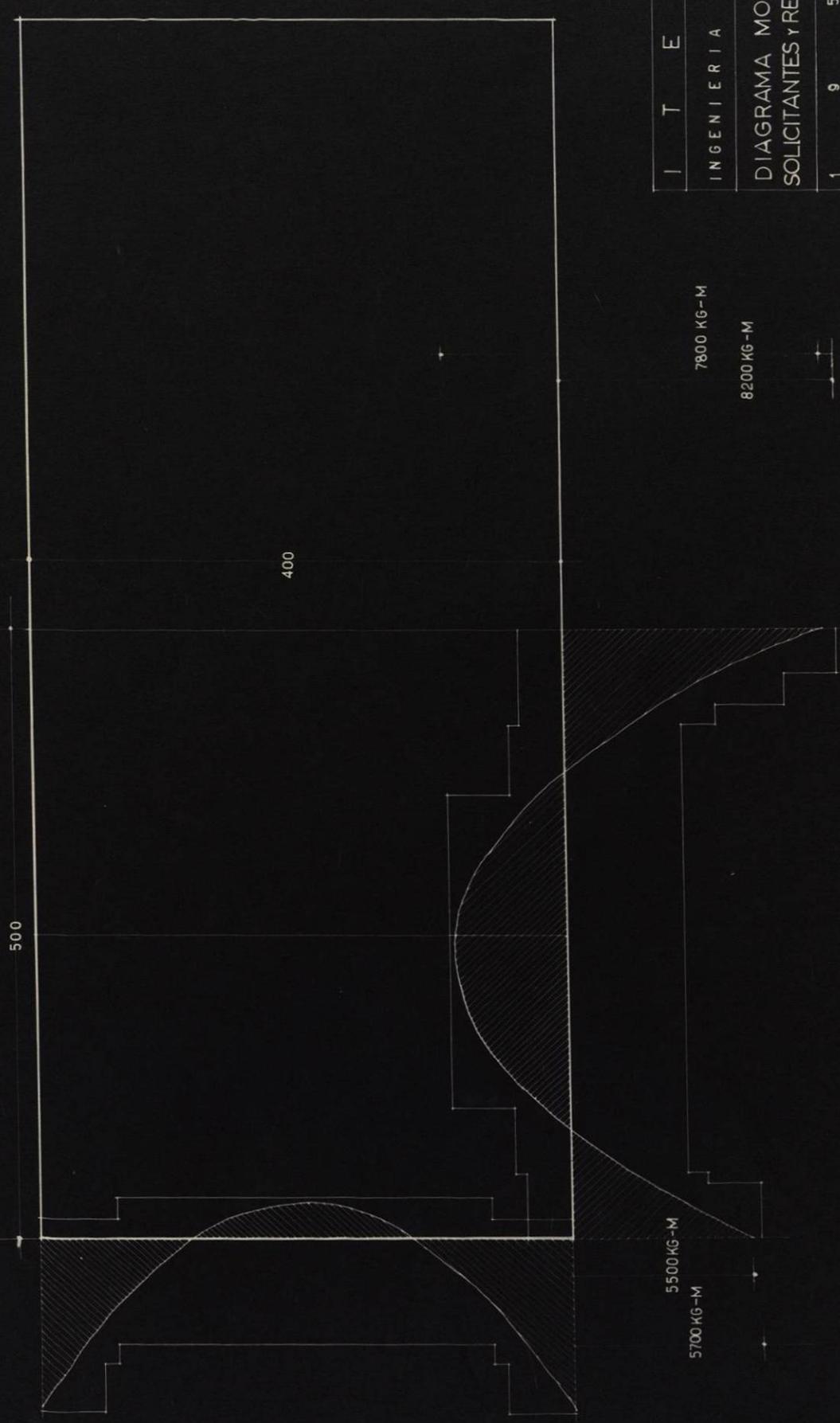
I	T	E	S	M
INGENIERIA CIVIL				
TANQUE IMHOFF				
1	0	5	7	

PROFUNDIDAD			TIPO	φ	LONGITUD TOTAL	PESO
280 a 380	180 a 280	080 a 180				
Nº Varillas	Nº Varillas	Nº Varillas	Nº Varillas			
6	4	1	1	1/2	3.06	147
7	4	2	2	1/2	3.48	208.8
3	2	2	2	1/2	2.40	86.4
3	2	2	2	1/2	2.15	40.5
7	4	2	2	1/2	3.20	96
6	3	1	1	1/2	2.50	55
6	3	2	1	1/2	9.20	221
4	3	3	2	1/2	3.10	80.5
3	2	1	1	1/2	11.00	154
2	2	1	1	1/2	4.90	58.7
4	4	4	4	1/2	1.00	14
4	4	4	4	1/2	0.65	9.1
10	10	10	10	3/8	3.70	627



I T E S M
INGENIERIA CIVIL
ARMADO DEL TANQUE
1 9 5 7

P L A N T A A R M A D O



J	T	E	S	M
I	N	G	E	R
I	A	C	I	V
I	L			
DIAGRAMA MOMENTOS				
SOLICITANTES Y RESISTENTES				
1	9	5	7	

