



FES ARAGON



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES "ARAGÓN"

**"PROYECTO DEL POZO DE ABSORCIÓN TL-A-079 DEL  
PROGRAMA DE INFILTRACIÓN PARA RECARGA DEL  
ACUÍFERO DEL DISTRITO FEDERAL"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**JOSÉ ANTONIO BELMUDEZ ESTRADA**

**ASESOR:**

**M. en I. DANIEL VELÁZQUEZ VÁZQUEZ**



**SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO**

**FEBRERO DE 2007**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



## UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Gracias por permitir que sea parte de ti, por darme educación, formación y amigos que me diste oportunidad de conocer y por el orgullo de poder decir:

*“Por mi raza hablará el espíritu”*





El presente trabajo se realizo en la Subdirección de Proyectos del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, con la asesoría del M. en I. Daniel Velázquez Vázquez.

---



## **AGRADECIMIENTOS**

### **AL SISTEMA DE AGUAS DE LA CIUDAD DE MÉXICO.**

**Por el apoyo en todos los aspectos, para realizar el presente trabajo.**

**A mi asesor: Maestro en Ingeniería Daniel Velázquez Vázquez.**

**Por la paciencia, interés y confianza que deposito en mi, pero sobre todo por su gran amistad.**

**A mis sinodales:**

**Ing. Patrocinio Arroyo Hernández.**

**Ing. Zarate Morales Maribel.**

**Ing. Gutiérrez Vázquez Karla Ivonne.**

**Ing. Viguera Muños Luis Pomposo.**

**Por los conocimientos y la amistad que me brindaron.**

**A mis profesores:**

**Ing. Gustavo Jiménez Villegas.**

**Ing. Armando Vargas Bernabé.**

**Por su apoyo y amistad mas allá de las aulas.**

---



A: Ausencio Belmudez y Maria Elena Estrada

Por que lo que fui, soy y seré se lo debo a ustedes, admiro su paciencia, sabiduría y cariño.

Los amo papás

A: Luis, Ricardo, Ángel, Daniel, Alejandra y Karina.

Gracias por ser los mejores hermanos que alguien pueda tener.

Los adoro

A: Carlos Alberto Estrada

Por ser un ejemplo a seguir, un hermano mayor y amigo hasta el ultimo día

Te quiero primo

A: Alma Delia

Por llegar a mi vida, apoyarme en todo y demostrarme que el amor si existe

Te amo mi vida

A: Carlos, Bárbara, Armando, Rafael, Ledjair, Aldo, Andrea, Hugo, Mario, Alejandra, Sandro y

Rodrigo.

Porque son los mejores amigo que alguien puede tener y que con ustedes el tiempo no pasa

Los quiero

A: Mary, Lalo, Max y Ramón.

Por que su amistad vale más que todo en este mundo.

Los quiero

A: Jonathan y Jacob.

Por los momentos buenos y malos en que no solo fueron mis mejores amigos sino mis

hermanos.

Los quiero

Y a todas las personas que no pude nombrar por falta de espacio, pero que saben que estoy

infinitamente agradecido por su ayuda, consejos y buenos momentos

Gracias donde quiera que estén



## CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ANTECEDENTES.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN.....</b>  | <b>4</b>  |
| <b>I CONSIDERACIONES PRÁCTICAS Y TEÓRICAS DEL PROYECTO.....</b> | <b>10</b> |
| I.1 Recopilación y análisis de información.....                 | 11        |
| I.2 Recorridos de campo .....                                   | 11        |
| I.3 Estudio hidrológico.....                                    | 13        |
| I.4 Cálculo de gasto pluvial.....                               | 13        |
| I.5 Prueba de infiltración .....                                | 24        |
| I.6 Diseño de las estructuras.....                              | 30        |
| I.7 Proyecto ejecutivo.....                                     | 30        |
| I.8 Análisis y diseño estructural.....                          | 32        |
| I.9 Catálogo de conceptos.....                                  | 51        |
| <b>II DESARROLLO.....</b>                                       | <b>52</b> |
| II.1 Recopilación de información.....                           | 53        |
| II.2 Recorrido de campo .....                                   | 53        |
| II.3 Delimitación de microcuenca .....                          | 54        |
| II.4 Cálculo de gasto pluvial de diseño.....                    | 55        |
| II.5 Prueba de infiltración .....                               | 60        |
| II.6 Muros del depurador.....                                   | 62        |
| II.7 Catálogo de conceptos .....                                | 84        |
| <b>CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....</b>                          | <b>82</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>  | <b>87</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>  | <b>89</b> |



## ANTECEDENTES





## ANTECEDENTES

Desde la época prehispánica previa a la llegada de los españoles la cuenca de México fue el hogar de los mexicas quienes fundaron la Ciudad de Tenochtitlan usando grandes técnicas para ganarle terreno al lago y estableciendo una de las más grandes civilizaciones de América,

Tras la conquista la Ciudad fue destruida casi en su totalidad y sobre sus restos se construyó una nueva Ciudad usando las ruinas de los templos y pirámides como cimientos para las nuevas edificaciones.

Desde entonces la Ciudad de México es uno de los sitios más importantes del país, no sólo porque ahí se encuentra el origen del nombre de nuestra Ciudad y de nuestra Nación, sino porque en ella se han ido acumulando a lo largo de los siglos valores sociales, simbólicos, económicos y funcionales de la cultura urbana de los mexicanos. En la Ciudad de México se localizan los principales edificios del gobierno, muchos recintos de culto religioso y numerosos espacios públicos que concentran multitudes de personas, en días festivos o de reclamo social, en esta ciudad se encuentra la mayor concentración del patrimonio edificado de los últimos cuatro siglos, también están instituciones financieras y la gama más amplia de la actividad comercial. Por su importante concentración de edificios y sitios de valor patrimonial, en 1980 se expidió un decreto presidencial que declara al Centro Histórico de la Ciudad de México “Zona Monumental” y en 1987 la UNESCO lo declaró “Patrimonio Cultural de la Humanidad”.

Sin embargo, la sobreexplotación del acuífero ha causado, entre otros, el daño de las edificaciones y monumentos que son parte de nuestra historia.



# INTRODUCCIÓN



## INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento sin precedentes que han presentado las 16 Delegaciones Políticas que componen el Distrito Federal, durante las últimas décadas la Ciudad de México se ha convertido en el centro de todas las actividades del país, así como la concentración de las decisiones políticas, administrativas y económicas, de los recursos financieros, de la industria y de los servicios especializados, dando además como resultado una conurbación dramática. A consecuencia de este acelerado crecimiento del área urbana, actualmente la Ciudad de México afronta serios problemas para dotar de servicios a su población: el abasto de alimentos, el transporte, el suministro de agua potable, el desalojo de las aguas pluviales y residuales y su tratamiento, además del equipamiento e infraestructura urbanas que requieren de soluciones cada vez más complejas y costosas.

El suministro de agua potable se agudiza debido a que la problemática de proporcionar el servicio radica no sólo en aspectos técnicos y económicos, sino en la escasez de este recurso en el Valle de México. El agotamiento de las fuentes de abastecimiento y la posible degradación de la calidad del agua, como consecuencia de la explotación del acuífero que ha generado un grave impacto ecológico, agotamiento de manantiales, desaparición de lagos, así como el asentamiento y hundimiento del terreno, por lo que cada día es más complicado el abastecimiento de agua a la Ciudad, obligando a utilizar fuentes cada vez más alejadas para contribuir a satisfacer los requerimientos de la población.

El alto costo, la dificultad para seguir incrementando la cantidad de agua suministrada y la carencia de fuentes de abastecimiento adicionales en el corto plazo, motivaron al

Gobierno del Distrito Federal, para que a través del Sistema de Aguas de la Ciudad de México dependiente de la Secretaría del Medio Ambiente; realice acciones para captar y aprovechar el agua de lluvia donde el terreno lo permita, convirtiéndola en un recurso útil mediante la infiltración al subsuelo, para recuperar los niveles freáticos y al mismo tiempo atenuar los encharcamientos en vialidades principales provocados por las deficiencias de los desagües, principalmente en la temporada de lluvias.

## **PROBLEMÁTICA**

En la Ciudad de México, a partir de 1960 se registró un desmedido crecimiento urbano, lo que originó que se invadieran zonas de recarga natural al acuífero, por lo que se empezó a tener una mayor demanda de servicios como el de agua potable.



**CIUDAD DE MÉXICO HACE 30 AÑOS.**



Esta situación ocasionó paulatinamente la disminución en el nivel de infiltración a los mantos freáticos, lo que al cabo de varios años ha implicado un déficit en el caudal de agua, ya que la sobreexplotación del mismo cada vez es mayor y el agua que se infiltra es menor.



CIUDAD DE MÉXICO EN LA EPOCA ACTUAL.

La pérdida de infiltración ha reducido considerablemente la alimentación del acuífero que subyace la Ciudad, el cual ha sido objeto de una extracción permanente, que ha provocado su sobreexplotación.



EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO PARA CONSUMO HUMANO.



Esta situación ha traído como consecuencia que la Ciudad tenga asentamientos diferenciales en algunas partes, lo que trae como consecuencia el daño de algunas construcciones y estructuras (drenaje, agua potable, luz, teléfono, etc.) que provocan deficiencia que dañan el suministro a la sociedad.

Lo anterior despertó el interés del Gobierno del Distrito Federal por lo que solicitó el apoyo del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, para que se diera a la tarea de realizar el programa de infiltración al acuífero mediante pozos de infiltración para tratar de dar solución al problema.

Dada la importancia de los proyectos del anterior programa se presenta dicha información para realizar un diagnóstico objetivo de la problemática, se considera conveniente desarrollar el siguiente trabajo cuyos objetivos principales son los siguientes:

## **OBJETIVOS**

- Recopilar la información relativa al programa de infiltración al acuífero mediante pozos de absorción.
- Revisar las diferentes actividades a seguir para realizar un proyecto de pozo de absorción.
- Evaluar las actividades anteriores mediante un caso práctico para su mayor comprensión.



## **METODOLOGÍA**

Se realizó una búsqueda bibliográfica y de antecedentes referentes a métodos y antecedentes aplicados en otros países.

Se analizaron levantamientos topográficos, proyectos de colectores de aguas negras, redes de agua potable, libros y manuales bajo el resguardo de instituciones como: el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, Comisión Nacional del Agua y el acervo bibliográfico de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Por ultimo se efectuó el proyecto ejecutivo para los diferentes pozos de absorción de los cuales se presenta el proyecto del pozo de absorción TL-A-079 del programa de infiltración para recarga del acuífero del Distrito Federal, ubicado en la calle Hopoelchen casi esquina con la calle Chemax, colonia Héroes de Padierna, delegación Tlalpan.



# **I.- CONSIDERACIONES PRÁCTICAS Y TEÓRICAS DEL PROYECTO.**





## **I.- CONSIDERACIONES PRÁCTICAS Y TEÓRICAS DEL PROYECTO.**

Con el propósito del mejor entendimiento de este capítulo se dividió en apartados que presentan las diferentes etapas para desarrollar un proyecto de un pozo de absorción.

### **1.1 Recopilación y análisis de información.**

Se recopilará la información existente en la biblioteca y mapoteca del Sistema de Aguas de la Ciudad de México, a fin de contar con elementos suficientes para la realización de los proyectos ejecutivos, se analizará dicha información a fin de verificar la existencia de proyectos similares anteriores en la misma zona de estudio de la Ciudad de México, así como determinar la localización de Bancos de Nivel cercanos al lugar y, en general, analizar toda la información disponible de la zona de estudio que pueda servir de apoyo para los objetivos que se persiguen.

### **1.2 Recorridos de campo.**

Estos recorridos se llevarán a cabo a los sitios donde se pueden realizar los pozos de absorción y así tratar de localizar los sitios mas aptos para lo cual se debe definir la zona del proyecto ejecutivo a realizarse y definir los criterios a seguir en la realización de los proyectos.

Además en estos recorridos se determinará el planteamiento de la metodología a emplear en la realización de los trabajos, tomando en cuenta la topografía de cada sitio y la complejidad en la realización de los proyectos, debido principalmente a las interferencias



de obras inducidas, hidráulicas y en general todo el equipamiento urbano existente en la zona de proyecto.



**SITIO QUE PRESENTA ENCHARCAMIENTOS ADECUADO PARA POSIBLE PROYECTO DE POZO DE ABSORCIÓN**



**SITIO QUE PRESENTA ENCHARCAMIENTOS ADECUADO PARA POSIBLE PROYECTO DE POZO DE ABSORCIÓN**



### **1.3 Estudio hidrológico de cuencas para determinar el gasto, número y dimensiones de pozos de infiltración.**

Se examinarán las cartas topográficas de la zona de estudio para identificar las cuencas principales que colectan las aguas pluviales durante una tormenta, para posteriormente identificar los límites de las microcuencas, es decir, el área de aportación para cada uno de los pozos propuestos, con la finalidad de determinar el gasto de diseño de cada uno de los pozos de infiltración, a partir del área y tipo de urbanización de la microcuenca y la intensidad de la tormenta de diseño. Los valores para el coeficiente de escurrimiento para determinar el gasto de diseño de cada una de las microcuencas, estarán basados en la Fórmula Racional Americana, recomendada por el Manual de Hidráulica Urbana, editada por el Gobierno del Distrito Federal.

Con la representación de las microcuencas en plano, se realizarán los recorridos de campo, donde se identificarán los sitios de posible construcción de los pozos de infiltración, tomando en cuenta factores como depresiones en el terreno, reportes de encharcamientos de los habitantes, rastros de fuertes corrientes a lo largo de calles y avenidas, existencia de estructuras hidráulicas y estado de las mismas y puntos de convergencia de distintos escurrimientos.

### **1.4 Cálculo de gastos pluviales:**

El método de la fórmula racional se basa en la hipótesis de que, sobre el área de aportación y hasta un sitio determinado, se presenta una lluvia con intensidad uniforme, durante un tiempo suficiente para que la lluvia caída en el punto más alejado contribuya al



escurrimiento (tiempo de concentración). El gasto máximo o de pico en el sitio de entrega será:

$$Q_p = \frac{1}{360} C i A$$

Donde:

**i** Intensidad media de la lluvia para una duración original al tiempo de concentración, en mm/ h.

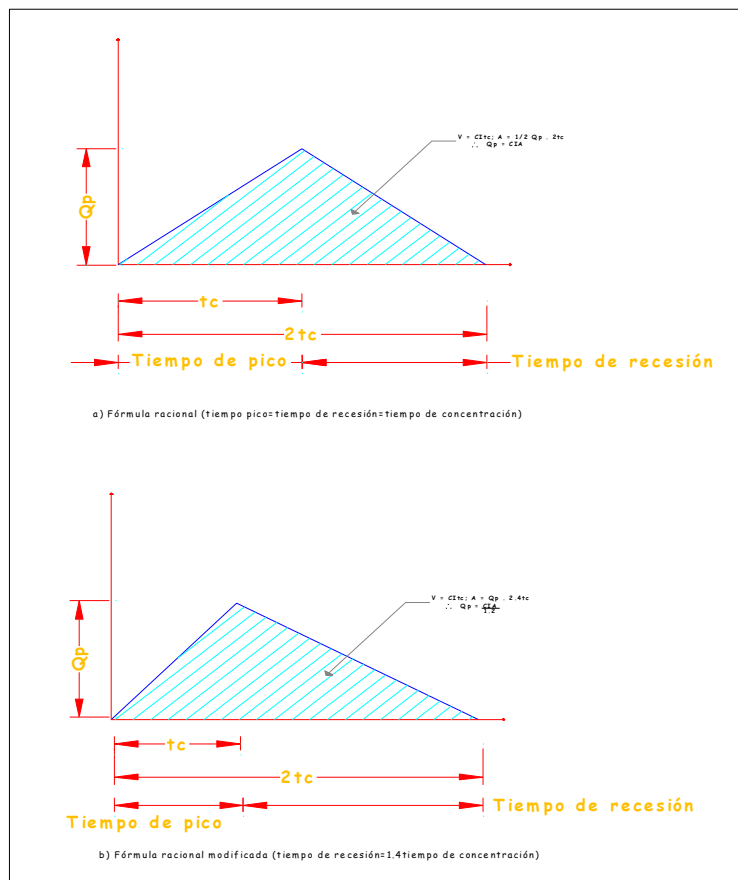
**A** Área de aportación, en Ha

**C** Coeficiente de escurrimiento

**Q<sub>p</sub>** Gasto pluvial de pico, en m<sup>3</sup> / seg.

$\frac{1}{360}$  Coeficiente que toma en cuenta las unidades

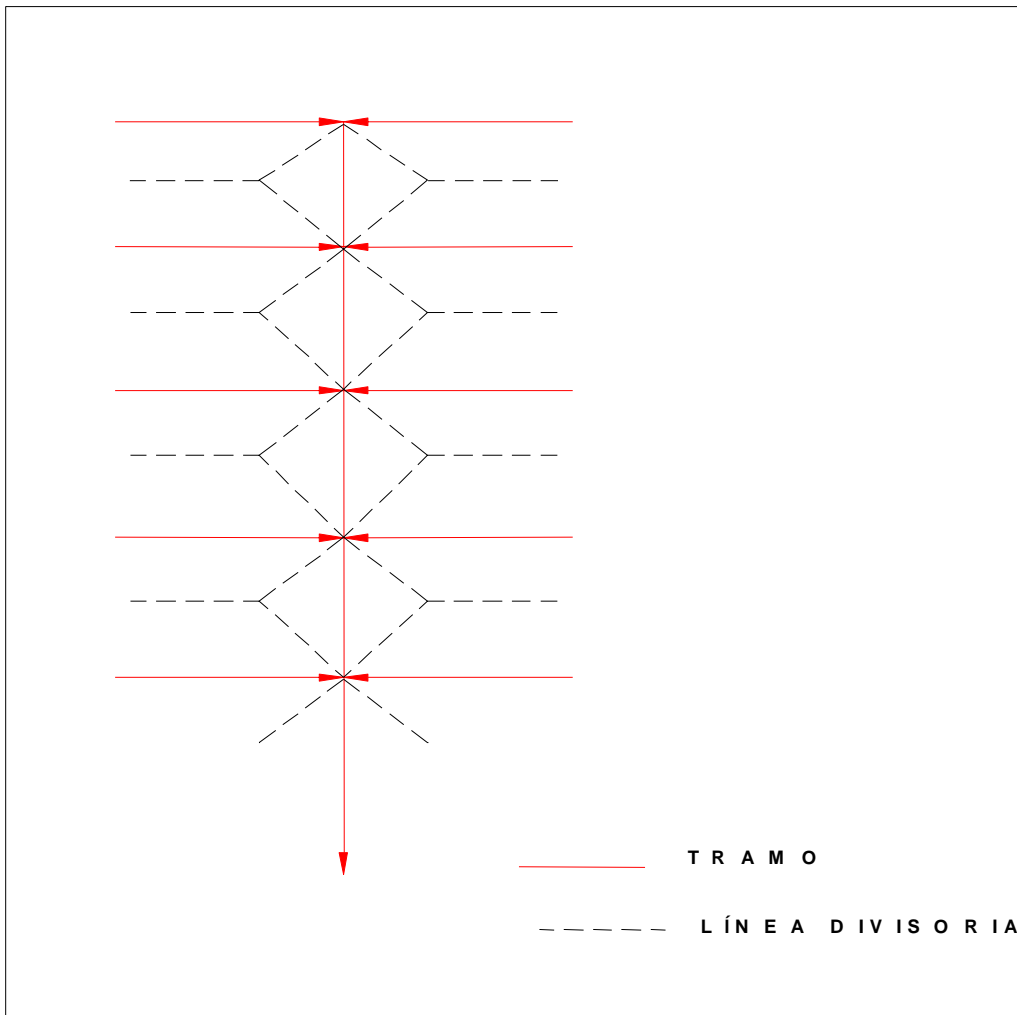
La ecuación anterior puede obtenerse considerando que la lluvia caída en un tiempo  $t_c$  (tiempo de concentración) escurre, formando un hidrograma triangular con tiempos pico y de secesión iguales al tiempo de concentración (ver figura en la pagina 15) .



#### DEDUCCIÓN DE LA FORMULA RACIONAL A TRAVÉS DEL HIDROGRAMA TRIANGULAR.

#### Áreas de aportación:

Las áreas de aportación a cada tramo se definirán a partir del diseño en la planta de la red, de acuerdo con la topografía de la zona. Las áreas habitacionales quedaran delimitadas por los proyectos de conexión del drenaje domiciliario, si estos se desconocen, las áreas de aportación habitacionales se definirán trazando líneas divisorias de tal forma que cada punto de la zona aporte al tramo mas cercano (ver figura en la pagina 16).

**LÍNEAS DIVISORIAS PARA LAS ÁREAS DOMICILIARIAS DE APORTACIÓN.**

Para efectos del cálculo del gasto de diseño de un tramo cualquiera, se consideran todas las áreas situadas aguas arriba, sin incluir la asociada al propio tramo. Al no incluir en el cálculo del tramo el área que le aporta directamente, ni considerar en el tiempo de concentración, el tiempo de traslado por el tramo que se diseña, se logra, por un lado, evitar cálculos iterativos y, por otro lado, se balancea el diseño de tal forma que en caso



de que las aportaciones sobrepasen la capacidad de la red, los desbordamientos se concentraran en las zonas mas bajas.

Coeficiente de escurrimiento.

El coeficiente de escurrimiento define la proporción de la lluvia que contribuye al escurrimiento superficial y se estima con la ecuación.

$$C = \frac{C_n A_n}{A_t} + 0.45 \frac{A_u}{A_t} I_u$$

Donde:

$A_n$  Área no urbanizada.

$A_t$  Area total

$A_u$  Area urbanizada

$C$  Coeficiente de escurrimiento

$C_n$  Coeficiente de escurrimiento del área no urbanizada, que se determina mediante la figura 1.3

$I_u$  Índice urbanizado

El índice de urbanización se determina con estos criterios:

- Zonas residenciales, comerciales o industriales con urbanización compacta:  $I_u = 1.0$
- Zonas similares, pero con urbanización espaciada (zonas verdes, campos deportivos, etc.):  $I_u = 0.8$



- Zonas semiurbanas:  $lu = 0.6$

La ecuación anterior se planteo buscando, por una parte, utilizar al máximo las mediciones de lluvias y escurrimientos realizadas en el Valle de México; por otra se intenta evitar incongruencias en los diseños, proporcionadas por el uso de tablas que permitan muchas interpretaciones subjetivas.

El índice de urbanización a partir de mediciones en las cuencas de Ciudad Satélite y Ciudad Universitaria.

En ambos casos, los valores pueden afinarse conforme se disponga a mas mediciones.

Los valores de Cn fueron obtenidos a partir de las mediciones disponibles en la actualidad. Se efectuó una regionalización del Distrito Federal. A partir de datos de precipitación y escurrimiento, se obtuvieron los siguientes Cn:

| Región | A1    | A2    | B     | C     | D     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Cn     | 0.020 | 0.120 | 0.025 | 0.080 | 0.100 |

No existe información de la zona norte del valle, de la zona plana, ni de la Sierra de Guadalupe que permita estimar el coeficiente Cn directamente de mediciones. En tanto no se disponga de estos coeficientes, se siguiere utilizar los siguientes valores.

- Norte del valle. Se propone utilizar un coeficiente entre los valores recomendados para las zonas A1 y D. El valor que se utilice dependerá de las semejanzas que se





encuentren entre las zonas A1 y D y el sitio específico del norte de valle que se esta analizando.

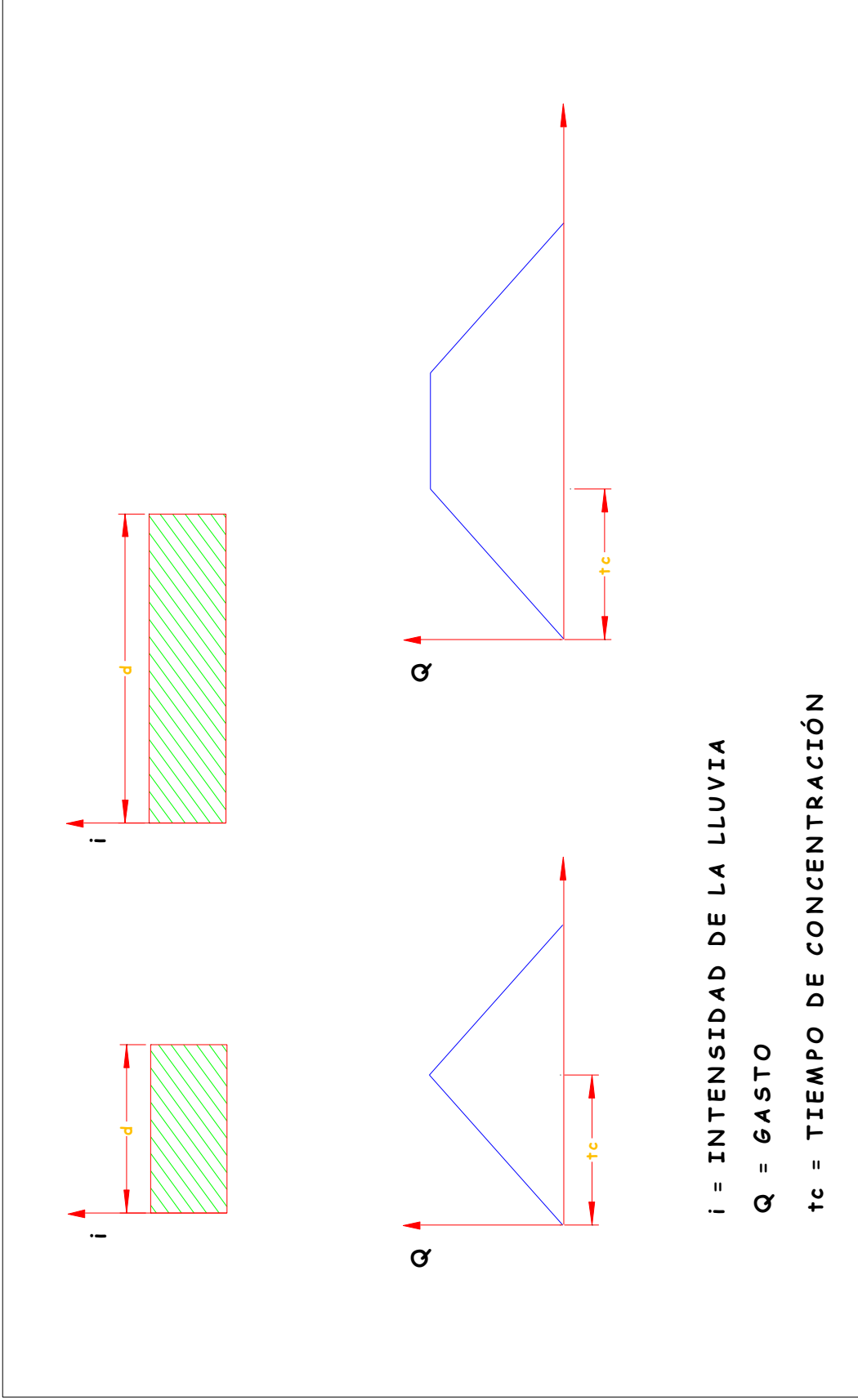
- Zona plana (en cualquier parte del Valle, pero debajo de la cota 2250 msnm). Los suelos de esta zona están formados en su mayor parte por arcillas, por lo que, a pesar de su baja pendiente, se sugiere utilizar un valor de  $C_n = 0.15$ .
- Sierra de Guadalupe. Por la alta pendiente de las cuencas y su estado de deforestación, se recomienda también un valor de  $C_n = 0.15$ .

#### Tiempo de concentración.

El tiempo de concentración asociado a un tramo cualquiera de la red es el tiempo que tarda una partícula de agua en viajar desde el punto mas alejado de la cuenca hasta el extremo aguas arriba del tramo. De acuerdo con esta definición, si se presenta una lluvia de intensidad constante, distribuida uniformemente en el área de aportación, al inicio del proceso solamente aportaran escurrimiento al tramo, bajo análisis, las zonas mas cercanas a el; pero, poco a poco, el área de aportación se incrementara hasta que, cuando la duración de la lluvia alcance el tiempo de concentración, contribuya toda el área con un gasto

$Q = C_i A$ . Si la lluvia se mantiene un tiempo mayor que el de concentración, la descarga se mantendrá hasta que la lluvia cese como se muestra en la figura de la pagina 20.

En la practica, es muy difícil calcular con precisión el tiempo que tarda el agua en escurrir por la superficie hasta llegar a las captaciones, por lo que se recomienda considerar un tiempo de 20 min. De esta forma, se evita sobre diseñar los primeros tramos, únicamente se corre el riesgo de que ocurran encharcamientos con una duración de 5 a 10 min.



REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL EFECTO DE LA DURACIÓN DE LA LLUVIA (D) EN EL ESCURRIMIENTO.



Para la obtención del tiempo de concentración se considera entonces:

1.- En los tramos que son captación el tiempo de concentración,  $t_c$ , se supondrá de 20 min.

2.- Para el tramo siguiente aguas abajo, el valor del tiempo de concentración se obtendrá sumando el inicial mas el tiempo de recorrido en el primer tramo. Este tiempo puede obtenerse una vez conocida la velocidad media en el tramo mediante la siguiente ecuación:

$$t = \frac{L}{60V}$$

Donde:

- t Tiempo de concentración.
- L Longitud del primer tramo, en m.
- V Velocidad media en el primer tramo, en m/s, de la ecuación.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

- n Coeficiente de rugosidad de Manning
- R Radio hidraulico, en m.
- S Pendiente del tramo.



Intensidad de la precipitación.

El cálculo de intensidad de lluvia para una duración  $d_1$  igual al tiempo de concentración, se efectuara mediante el siguiente procedimiento:

1.- conocida la ubicación de la cuenca se determina la precipitación (en mm) asociada con una duración de 30 min. y un periodo de retorno de 5 años

2.- para obtener los valores de las precipitaciones asociadas con otros periodos de retorno y otras duraciones, se utilizan factores de ajuste que son independientes del punto en estudio. De la misma forma, se proponen factores de reducción para pasar de la precipitación máxima en un punto a la precipitación en una superficie.

Por lo tanto, la obtención de la precipitación media se resume en la siguiente expresión:

$$hp (tr, d) = hp(5, 30) \times Ftr \times Fd \times Fa$$

Donde:

Fa Factor de reducción por área, adimensional.

Fd Factor de ajuste que afecta la duración de la tormenta, adimensional.

Ftr Factor de ajuste del periodo de retorno, adimensional.

$hp (tr, d)$  Altura de precipitación, en mm, para un periodo de retorno, duración y área determinadas.

$hp (5,30)$  Altura de precipitación, en mm, para un periodo de retorno de 5 años y una duración de 30 min.



Para la aplicación de la ecuación, se han establecido los siguientes criterios:

1.- Factor de ajuste por periodo de retorno (Ftr). En el diseño de tuberías secundarias (diámetros menores o iguales que 1.22m), el periodo de retorno se fijara de acuerdo con el uso de suelo y tipo de vialidad. se utilizara el valor mayor obtenido en ambas tablas.

Según el periodo de retorno seleccionado.

2.- Factor de ajuste por duración (Fd). El factor de ajuste por duración se obtendrá utilizando la grafica inferior

3.- Factor de ajuste por área (Fa). El factor de ajuste por área se obtendrá mediante la aplicación de esta tabla:

|                   |     |      |      |      |      |
|-------------------|-----|------|------|------|------|
| <b>Área (Km2)</b> | 2   | 10   | 20   | 50   | 100  |
| <b>Fa</b>         | 1.0 | 0.96 | 0.87 | 0.78 | 0.70 |

Finalmente, la intensidad de precipitación asociada con el tiempo de concentración se calcula con:

$$I (tc) = \frac{60 \text{ hp} (tr, tc)}{tc}$$

Donde:

- hp (tr, tc)      Precipitación media para el periodo de retorno tr y la duración tc, en mm
- tc                Tiempo de concentración, en min
- I (tc)            Intensidad, en mm / h.



## 1.5 Prueba de infiltración.

Las pruebas de infiltración se realizan par determinar si el suelo donde se decidió construir el pozo de absorción es el indicado, esto se decide después de que la prueba arroja resultados en cuanto a cuanta agua se va por la grietas que hay en el basalto.

Procedimiento empírico para realizar pruebas de absorción en sondeos preliminares de 76.2 mm (3") de diámetro.

Material, equipo y personal requerido:

A) Brigada con un mínimo de 6 personas

B) Un vehículo tanque (pipa) de 8 m<sup>3</sup> de capacidad como mínimo y descarga por gravedad con una manguera de 50.8 mm (2") de diámetro.

C) Sonda eléctrica calibrada de 25 m como mínimo.

D) Tubo de PVC rígido de una pulgada de diámetro segmentado en tramos de 3 metros con uniones roscadas, que conformen una longitud total de 15 metros o la profundidad del pozo.

E) Un Cronometro.

F) Dos Flexometros.



Procedimiento:

1) Primeramente se deberá contar con una valoración del pozo, indicando la litología que se detectó durante el sondeo, y si existen estratos en donde se presentó la pérdida de circulación.

2) Para conocer el caudal que se inyectará por medio del vehículo tanque, con respecto al tiempo que dure la prueba, dependerá del diámetro de la manguera instalada (2" Ø) y de la carga que exista en el tanque del vehículo, por lo que deberá de instalarse un estadal graduado al centímetro dentro del tanque, para medir la variación de las cargas del tirante en los mismos intervalos de tiempo en que se midan los niveles del pozo, A fin de estar en condiciones de correlacionar, el gasto real que se está ingresando contra los niveles alcanzados en el pozo, para lo cual deberá utilizarse la siguiente tabla.

PRUEBA DE INFILTRACIÓN  
TABLA 1

Pozo No.: \_\_\_\_\_  
Ubicación: \_\_\_\_\_  
Fecha (dd/mm/aa): \_\_\_\_\_ Hora de inicio: \_\_\_\_\_  
Diámetro y profundidad de la perforación: \_\_\_\_\_

CARRO TANQUE 1

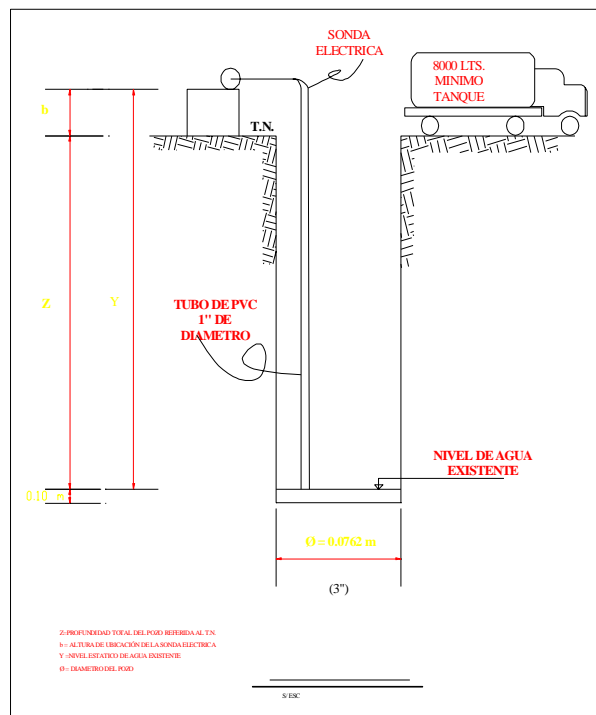
| LECTURA No. | TIEMPO (seg.) | TIRANTE h (m) | ÁREA m <sup>2</sup> | Q s <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q s <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q s <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q s <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q total (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 2           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 3           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 4           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 5           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 6           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 7           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 8           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 9           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 10          |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |

**CARRO TANQUE 2**

| LECTURA No. | TIEMPO (seg.) | TIRANTE h (m) | ÁREA m <sup>2</sup> | Q S <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q S <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q S <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q S <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q TOTAL (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 2           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 3           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 4           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 5           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 6           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 7           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 8           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 9           |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 10          |               |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |

3) Antes de iniciar la prueba, deberá de calibrarse la sonda eléctrica, verificando la ubicación de las marcas con cinta metálica.

4) Antes de iniciar la prueba, deberá medirse el nivel de agua existente dentro del pozo y referirla a la profundidad total. (Ver figura)



**MEDICIÓN DE AGUA EN LA PERFORACIÓN ANTES DE LLENAR CON LA PIPA.**





5) Se colocará el tubo de PVC de 25 mm (1") desplantado a 10 cm máximo del fondo del pozo, considerando esta diferencia del nivel en las lecturas tomadas de las variaciones de nivel que se presentan durante el tiempo de la prueba.

6) Se procederá a vaciar el tanque, iniciando simultáneamente las lecturas tanto en el tanque como en el pozo, de los niveles medidos para los mismos intervalos de tiempo considerados durante la prueba, se recomienda lecturas en los intervalos marcados en la tabla de la página 26.

7) Una vez descargado el 100 % del volumen del tanque, se deberá continuar observando las lecturas del nivel dentro del pozo, hasta que recupere el nivel original del tirante de agua, con que contaba al inicio de la prueba.

8) Con los datos obtenidos en la tabla de la pagina 25, calcular las variaciones de los gastos de descarga del tanque, utilizando la ecuación del gasto sobre un orificio, para cada incremento de carga en los intervalos de tiempo señalados en la tabla, dibujando la curva del comportamiento de descarga del tanque.

$$Q = CdA\sqrt{2gh}$$

Donde:

Q = Gasto sobre un orificio (m<sup>3</sup>/s)

Cd = Coeficiente de descarga (Adimensional)

A = Area hidráulica (m<sup>2</sup>)

g = Gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

h = Carga hidráulica (m)

9) Con los incrementos de niveles obtenidos en el pozo para cada incremento de tiempo, (ver figura de gradiente hidráulico). Calcular los gradientes hidráulicos generados en el área hidráulica correspondiente a la infiltración y con el gasto conocido evaluados en la tabla de la pagina25 para cada instante de tiempo, calcular la velocidad de infiltración utilizando la ecuación de Darcy :

$$k = \frac{Q}{A * i}$$

Donde:

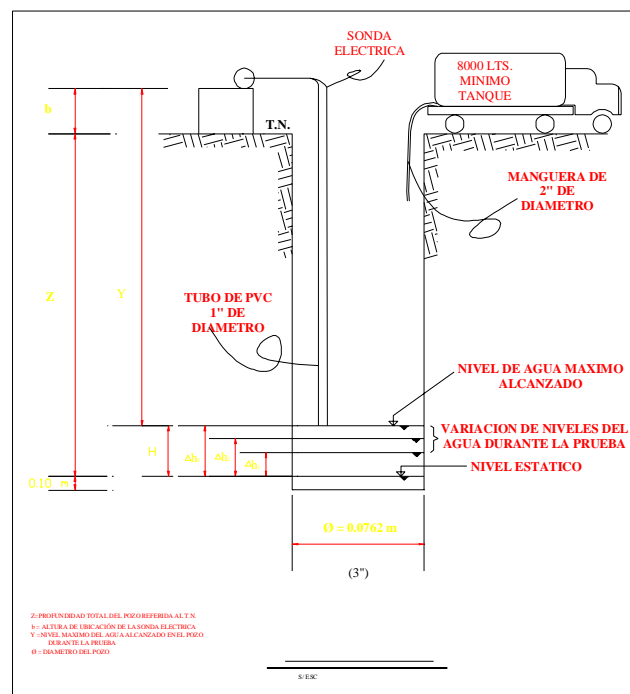
K = Permeabilidad (m/s)

Q = Gasto sobre un orificio (m<sup>3</sup>/s)

A = Area hidráulica (m<sup>2</sup>)

i = Gradiente hidráulico (adimensional).

$$i = \frac{\Delta h}{H}$$

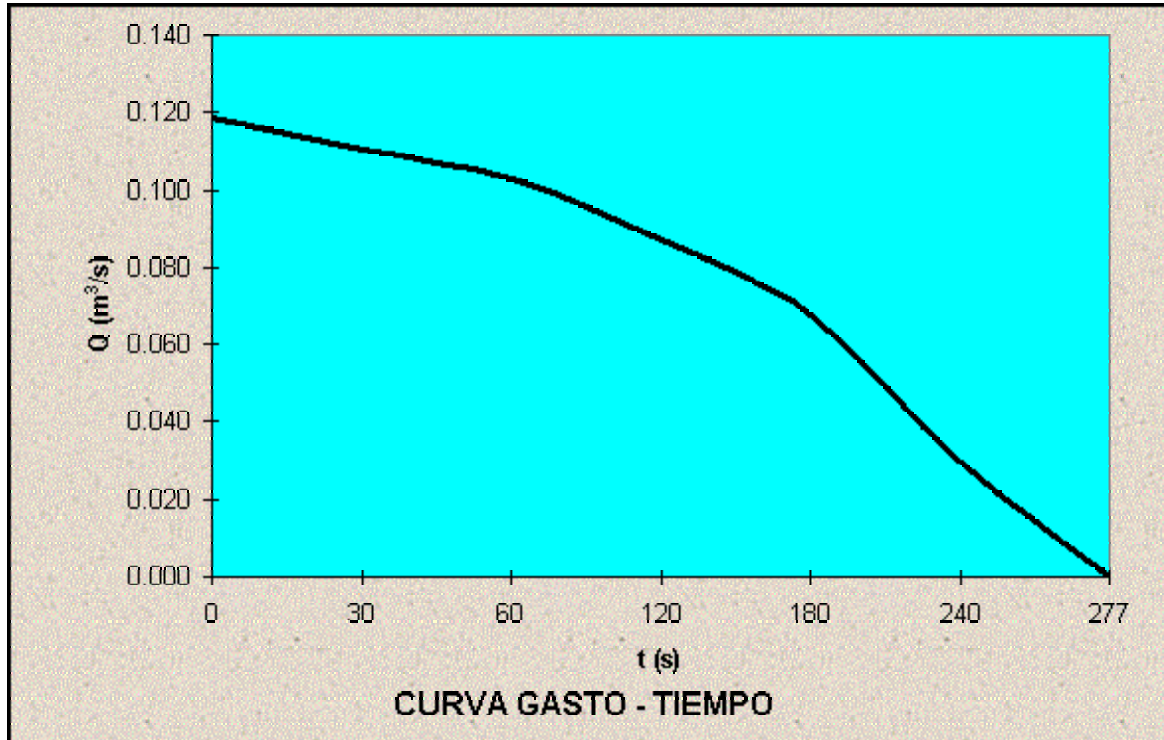


GRADIENTE HIDRÁULICO



10) Con los datos obtenidos de la siguiente tabla, evaluar la permeabilidad promedio de toda la columna del pozo.

| LECTURA No. | TIEMPO (seg.) | Q TOTAL (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------|---------------|-----------------------------|
| 1           |               |                             |
| 2           |               |                             |
| 3           |               |                             |
| 4           |               |                             |
| 5           |               |                             |
| 6           |               |                             |
| 7           |               |                             |
| 8           |               |                             |
| 9           |               |                             |
| 10          |               |                             |

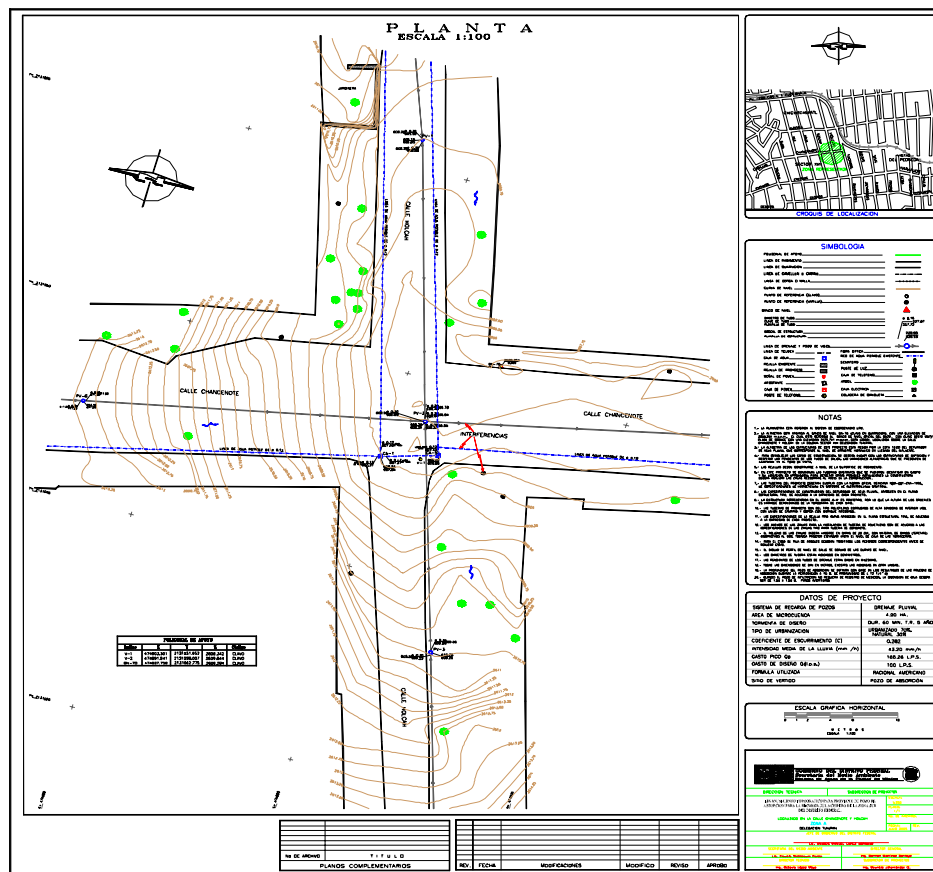


### 1.6 Diseño de las estructuras a ocupar en un pozo de absorción.

Esta actividad consiste en la visita al sitio previamente localizado para la construcción del pozo de infiltración, con la finalidad de determinar con precisión la ubicación física de las estructuras de captación, sedimentador pluvial y pozos de infiltración.

### 1.7 Elaboración del proyecto ejecutivo.

En la elaboración del proyecto ejecutivo apoyados en planos de los levantamientos topográficos, planimétricos y altimétricos se deberá considerar toda la problemática que pudiera presentarse como son interferencias hidráulicas, de energía eléctrica, líneas telefónicas, líneas de gas, entre otras.



SITIO DE PROYECTO



### Consideraciones generales del proyecto:

Captar y aprovechar los escurrimientos pluviales generados en las zonas urbanas.

Aprovechar el alto índice de permeabilidad que nos ofrecen las formaciones volcánicas del sur de la ciudad, para infiltrar volúmenes considerables. Retener al máximo los desechos sólidos que conducen los escurrimientos pluviales.

Separar mediante decantación los sólidos sedimentables de los escurrimientos pluviales.

Separar las grasas y aceites que conducen los escurrimientos sobre las vialidades. Ubicar los pozos de absorción y sus estructuras de captación y sedimentación, en sitios estratégicos de cada microcuenca, a fin de resolver también problemas de encharcamientos generados por los escurrimientos superficiales. No interconectar las redes sanitarias a los sistemas de captación pluvial.

Perforar someramente sobre basaltos (10-20 m de profundidad) para inducir la infiltración

### Estructura de captación.

Conformada con rejillas transversales a las vialidades (TIPO IRVING) y un desarenador, a fin de permitir el paso del agua y retener basura y sólidos gruesos.

### Conducciones.

Líneas de conducción e interconexión entre la captación y el sedimentador, con tuberías de P.A.D. para drenaje.

### Sedimentador.

Estructura de pretratamiento, conformada con rejillas de cribado, charola de secado y un sedimentador de baja tasa, provista de una mampara que permite una reducción de las



velocidades de entrada y salida del flujo, provocando la trampa de grasas y aceites, así como la sedimentación de un porcentaje de sólidos en suspensión interconectada al pozo de absorción.

Pozo de absorción.

Perforación de 10 a 20 m de profundidad en basaltos con un diámetro de 0.66 m (26"), ademado con tubería de acero al carbón ranurada de 0.45 m (18") de diámetro y ranura tipo IV, filtro de grava de cuarzo con diámetro promedio de 1.25 cm (1/2").

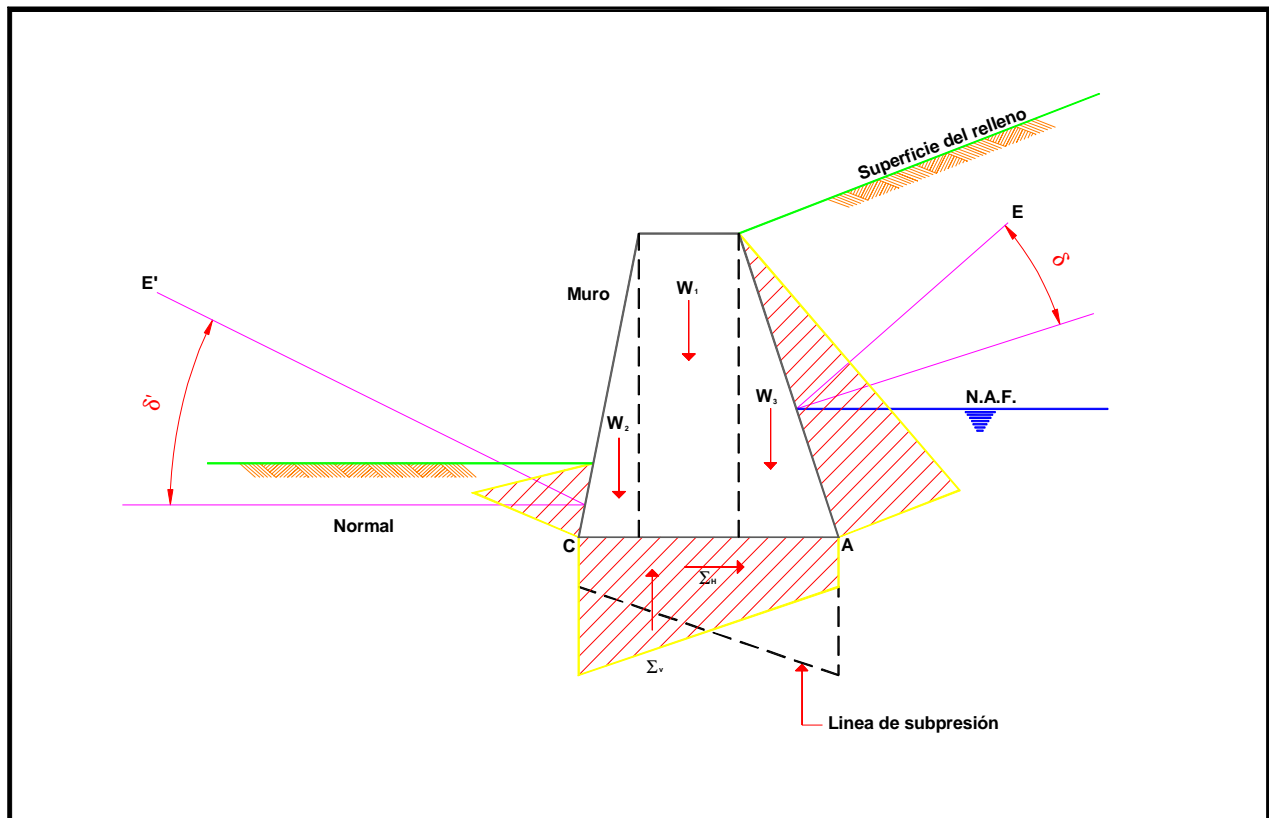
### **1.8 Análisis y diseño estructural.**

En esta etapa se trata el tema de las presiones que ejerce el suelo sobre los muros de los pozos, estos muros al mantener una diferencia en los niveles del suelo trabajan en forma similar a los muros de retención. Con la interpretación actual referente a los parámetros de resistencia, las teorías de presión de tierras clásicas permanecen en la actualidad en la aplicación de la Mecánica de Suelos a los problemas prácticos. Es frecuente en nuestros días ver estructuras de soporte que han sido diseñadas a partir de las teorías expuestas por Rankine.

El empuje de tierras no es una propiedad que depende únicamente del suelo o la roca, si no que es una función del material de la estructura de sostenimiento, de las cargas aplicadas al suelo situado detrás de la estructura de sostenimiento, de las condiciones del agua subterránea y de la magnitud de la flecha que inevitablemente se presenta en la estructura de sostenimiento.

Las diferentes fuerzas que deben tomarse en cuenta en el cálculo de un muro son:

- El peso propio del muro.
- La presión de relleno contra el respaldo del muro.
- La componente normal de las presiones de la cimentación.
- La componente horizontal de las presiones de la cimentación.
- La presión de tierra contra el frente del muro.



Esquema que muestra las fuerzas principales que actúan sobre un muro.

- La sobrecarga actuante sobre el relleno.
- Las fuerzas de filtración y otras debidas al agua.
- Las subpresiones.
- La vibración.
- El impacto de fuerzas.

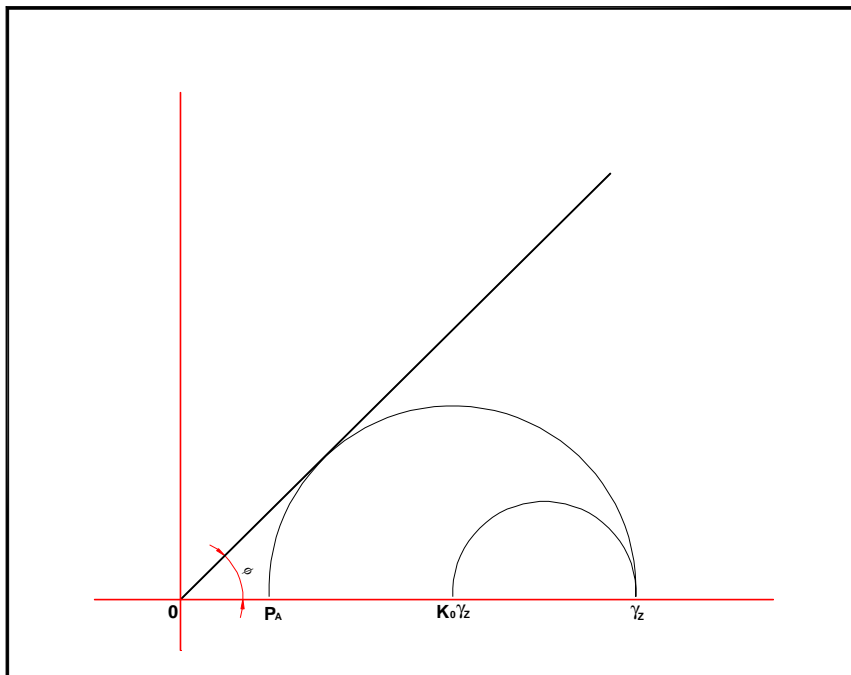
- Los temblores.
- La acción de las heladas.
- Las expansiones debidas a cambios de humedad en el relleno

Por lo anteriormente mencionado solo se van a calcular los empujes laterales que pueden ejercer entre el relleno y el muro sin considerar otras fuerzas.

La teoría general de empujes se puede desarrollar partiendo de los esfuerzos de una masa de suelo extremadamente y a nivel. El esfuerzo vertical total es una mas de suelo a la profundidad  $z$  es igual al peso de la tierra hasta esa profundidad. Cuando existen aguas freáticas, el esfuerzo se puede separar en dos componentes: esfuerzo neutro y esfuerzo efectivo.

$$\sigma_v = \gamma z$$

$$\sigma'_v = \gamma z - u$$



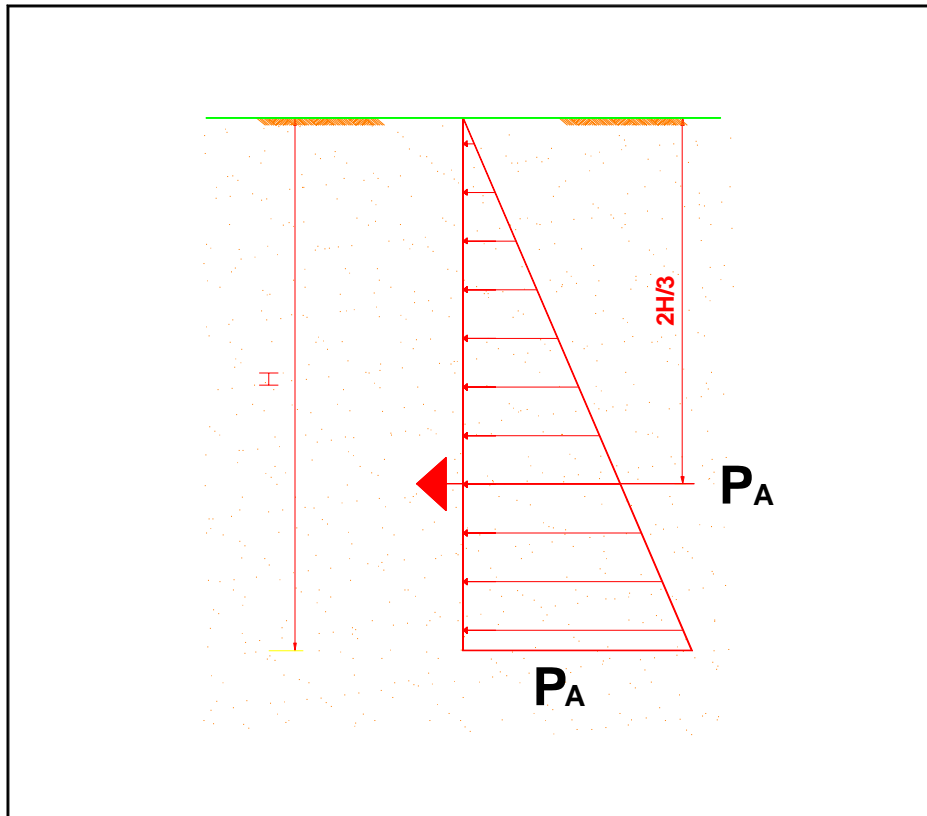
Empuje activo en suelos no cohesivos, arenas y gravas circunferencia de Mohr.



La expresión  $\tan^2 [45 - (\varphi / 2)]$  se llama coeficiente de empuje activo de tierras y se representa por el símbolo  $K_A$ . El estudio de falla por cortante que acompaña al empuje mínimo se llama estado activo. La fuerza o empuje resultante  $P_A$  por unidad de longitud de muro, para arena seca, se puede hallar por la expresión de empuje activo o por el área del diagrama de empujes:

$$P_A = \frac{\gamma H^2 k_a}{2}$$

La línea de acción está en el centroide a la profundidad  $2H/3$ .



DISTRIBUCIÓN DEL EMPUJE HORIZONTAL Y PUNTO DE APLICACIÓN DE LA RESULTANTE,  $P_A$ .



Si la arena está bajo el agua hay que considerar el esfuerzo neutro. El empuje efectivo se calcula por la presión vertical efectiva y  $K_A$ . El total es la suma de los esfuerzos efectivo y neutro:

$$P_A = (\gamma z - u) K_A$$

$$P_A = (\gamma z - u) K_A + u$$

Cuando un suelo seco no cohesivo se inunda, porque se eleva el nivel freático, el empuje efectivo se reduce a cerca de la mitad de su valor original; sin embargo, el empuje total se triplica, aproximadamente. La magnitud y punto de aplicación de la resultante, para suelos cohesivos bajo el agua, se halla combinando los diagramas de empujes efectivo y neutro.

Un análisis semejante para la arcilla saturada con carga y sin drenaje, usando la circunferencia de Mohr, da la siguiente fórmula para el empuje activo:

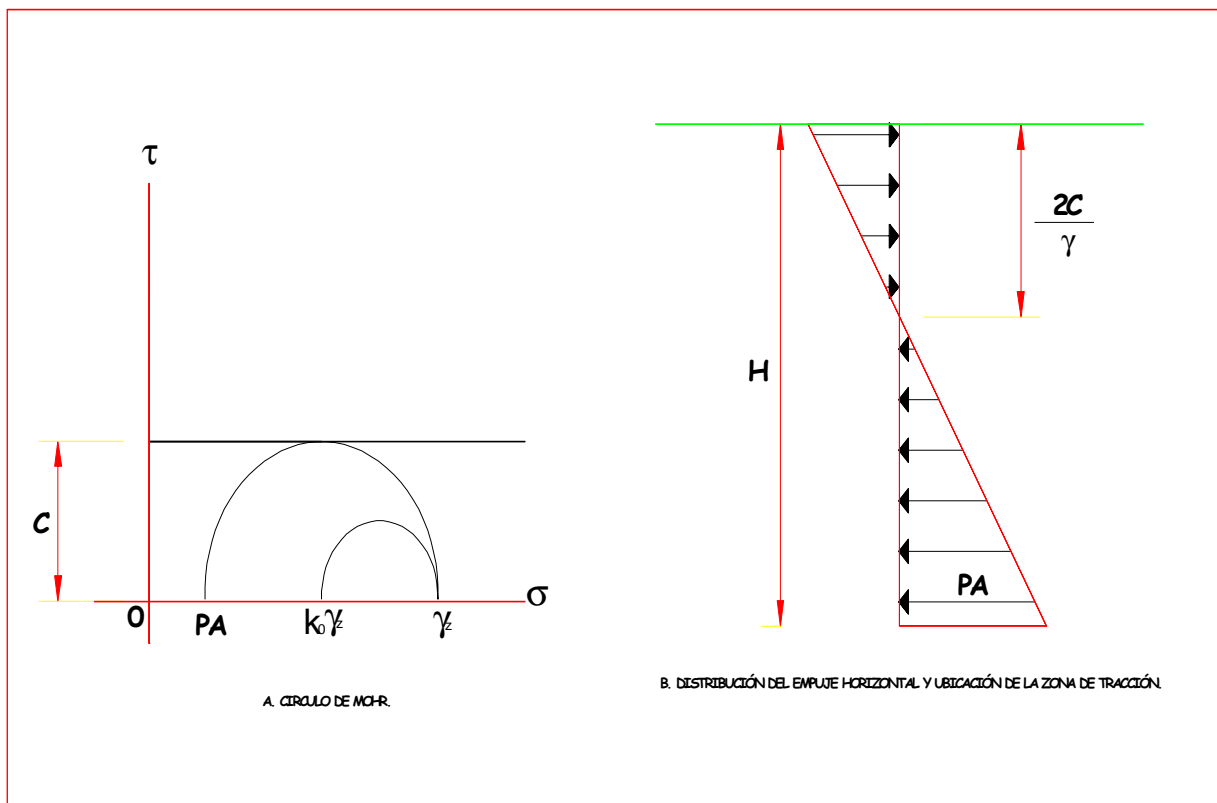
$$P_A = \gamma z - 2c$$

La fuerza o empuje total por metro de longitud de muro,  $P_A$  está dada por la siguiente expresión:

$$P_A = \frac{\gamma H^2}{2} - 2cH$$

De acuerdo con esta fórmula la resultante del empuje de tierras será igual a cero cuando la altura del muro sea igual a  $4c/\gamma$ , aunque el suelo está en equilibrio plástico. Esto explica por qué las arcillas se mantienen, frecuentemente, en altos taludes verticales. El diagrama

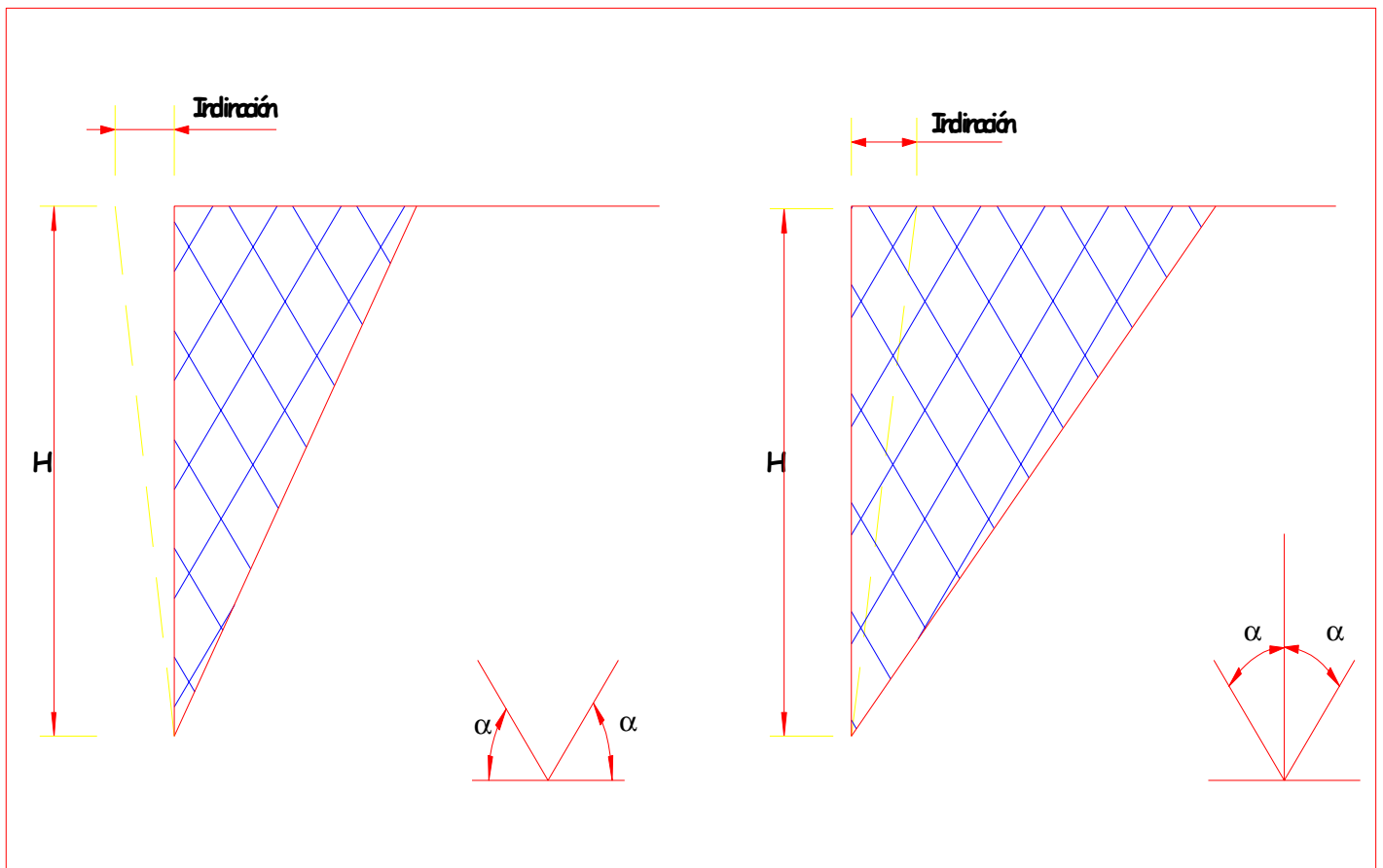
de empujes (figuras A y B) indica que la arcilla está en tensión hasta la profundidad  $2c/\gamma$ . La tensión produce grietas verticales y hace que la arcilla se separe del muro. La parte en tracción del diagrama de empujes desaparece por el agrietamiento del suelo, quedando solo un empuje positivo en la parte inferior del muro; por consiguiente, un muro de escasa altura hasta la profundidad  $2c/\gamma$ , soportaría técnicamente la arcilla a pesar del agrietamiento. Sin embargo, el agua que se acumula en las grietas aumentará el empuje horizontal, necesiéndose, por tanto, mayor soporte. La formación de estas grietas de tensión explica por qué los cortes en arcilla muchas veces fallan sin aviso, después de semanas de haber sido hechos y por qué muchas de estas fallas ocurren en tiempos de lluvia.



**EMPUJE EN SUELOS COHESIVOS SATURADOS: ARCILLAS SUJETAS A ESFUERZO CORTANTE SIN DRENAJE.**

### Deformación y condiciones de frontera.

En el estado activo como en el pasivo existen zonas de suelo adyacentes a un muro sin fricción, que están en estado de falla por equilibrio plástico o cortante. Como el ángulo entre el plano de falla y el plano principal mayor es  $\alpha = [45 - (\varphi / 2)]$ , la cuña esta limitada en el estado activo por un plano que forma el ángulo  $\alpha$  en un plano horizontal y en el estado pasivo por un plano que forma el ángulo  $\alpha$  con el plano vertical. En ambos casos existe dentro de las cuñas un infinito número de planos de falla que forman ángulos  $\alpha$  con el plano principal mayor.



CUÑAS DE FALLA POR CORTANTE.



El movimiento horizontal de cualquier parte del muro que es necesario para que se produzca el estado activo o pasivo es proporcional al ancho de la zona de esfuerzo cortante adyacente a ese punto. Como se muestra en la figura anterior, el movimiento consiste en un giro del muro sobre su base. El giro es pequeño y depende de la rigidez del suelo y la altura  $H$  del muro, como se indica en la siguiente tabla.

| Suelo                | Estado Activo | Estado Pasivo |
|----------------------|---------------|---------------|
| No cohesivo compacto | 0.0005H       | 0.005H        |
| No cohesivo suelto   | 0.002H        | 0.01H         |
| Cohesivo duro        | 0.01H         | 0.02H         |
| Cohesivo blando      | 0.02H         | 0.04H         |

INCLINACIÓN TÍPICA MÍNIMA NECESARIA PARA PRODUCIR LOS ESTADOS ACTIVO Y PASIVO

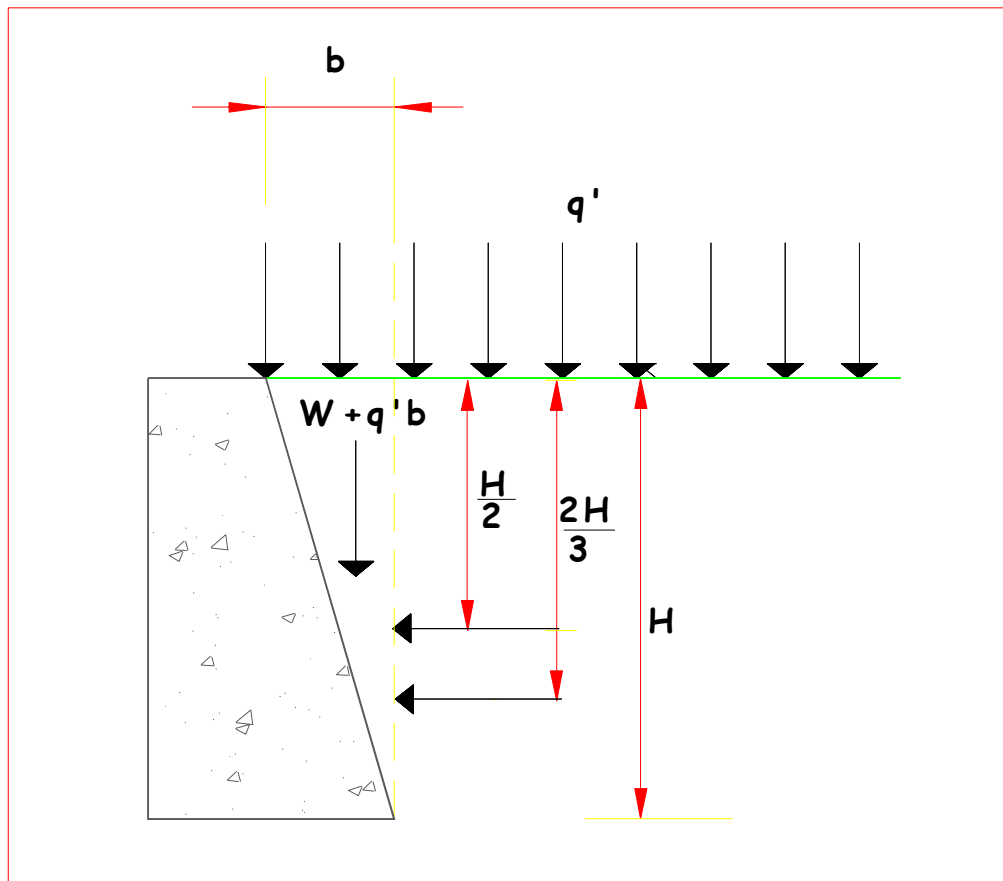
Los suelos cohesivos blandos no permanecen en el estado activo o pasivo por largo tiempo. Una deformación lenta del suelo (llamada con frecuencia Fluencia) tiende a retornar la masa de suelo al estado de “reposo”. En el caso de muro que soportan rellenos de arcilla blanda esto significa que el muro tendrá un movimiento lento y continuo hacia la fuerza, si fue proyectado para soportar el empuje activo solamente. Sin embargo, después de unos meses, debido al empuje debido a la fluencia es generalmente mínimo.

Efecto de fricción en el respaldo del muro.

El análisis de Rankine considera una extensa zona en equilibrio en la que la forma de distribución de los esfuerzos cortantes no ha sido distorsionada por la obra de ingeniería. Esto equivale a suponer que el suelo el muro no ofrece resistencia a la fricción o dicho de otra forma no se produce esfuerzo cortante entre el suelo y el muro.

Efecto de las sobrecargas.

Si una sobrecarga “ $q$ ” actúa en el suelo que se encuentra detrás del muro, produce un empuje adicional al muro como se muestra en la siguiente figura.



MURO CON CARGA UNIFORME  $q'$  APLICADA SOBRE EL RELLENO.

En el estado activo la resultante en kilogramo por metro de longitud de muro, de este empuje “ $P_s$ ” es:

$$P_A = q' H \tan^2 \left[ 45 - \frac{\varphi}{2} \right]$$

Este empuje actúa a la mitad de la distancia entre la parte superior y la base del muro.



Las sobrecargas con pendientes, como las pilas de materiales colada sobre un relleno horizontal, se pueden aproximar a una sobrecarga uniforme equivalente a que tuviera una altura igual al promedio de alturas del material dentro de la zona de esfuerzo cortante.

Elementos sujetos a flexión simple.

En la práctica son muy frecuentes los elementos estructurales sujetos a flexión, tales como losas o vigas que trabajan en una sola dirección. Generalmente, la flexión se presenta acompañada de fuerza cortante. Sin embargo, la resistencia a flexión se puede estimar con precisión despreciando el efecto de la fuerza cortante.

Según la cantidad de acero longitudinal con que está reforzada la pieza, este puede fluir o no antes de que se alcance la carga máxima. Cuando el acero fluye, el comportamiento del miembro es dúctil, es decir, se producen deflexiones considerables antes del colapso final, en este caso se dice que el elemento es sobreforzado. Por otra parte si la cantidad de acero de tensión es grande, este no fluye antes del aplastamiento y se dice entonces que el elemento está sobre reforzado. Puede suceder que el elemento alcance su resistencia precisamente cuando el acero comienza a fluir, en este caso se dice que el elemento está balanceado.

### **Hipótesis generales en elementos sujetos a flexión.**

La resistencia en elementos sujetos a flexión simple pueden determinarse a través de una serie de hipótesis simplificadas ligadas al comportamiento básico y al mecanismo acción-respuesta.



Las hipótesis que comúnmente se hacen son las siguientes:

- A) Existe adherencia entre el concreto y el acero de tal manera que la deformación unitaria del acero es igual a la del concreto adyacente.
- B) La distribución de deformaciones unitarias en la sección transversal de un elemento es plana. Esta hipótesis ha sido verificada mediante mediciones y es correcta, excepto para longitudes de medición muy pequeñas y en la rama descendente de la grafica carga-deflexión.
- C) La deformación unitaria del concreto cuando se alcanza la resistencia de la sección es 0.003.
- D) El concreto no resiste esfuerzos de tensión.
- E) La distribución de esfuerzos de compresión en el concreto cuando se alcanza la resistencia es uniforme en una zona cuya profundidad es 0.80 veces la del eje neutro, definido este de acuerdo con las hipótesis anteriores. El esfuerzo uniforme se tomará igual a  $0.85f^*c$  si:

$$f^*c \leq 250 \text{ Kg./cm}^2$$

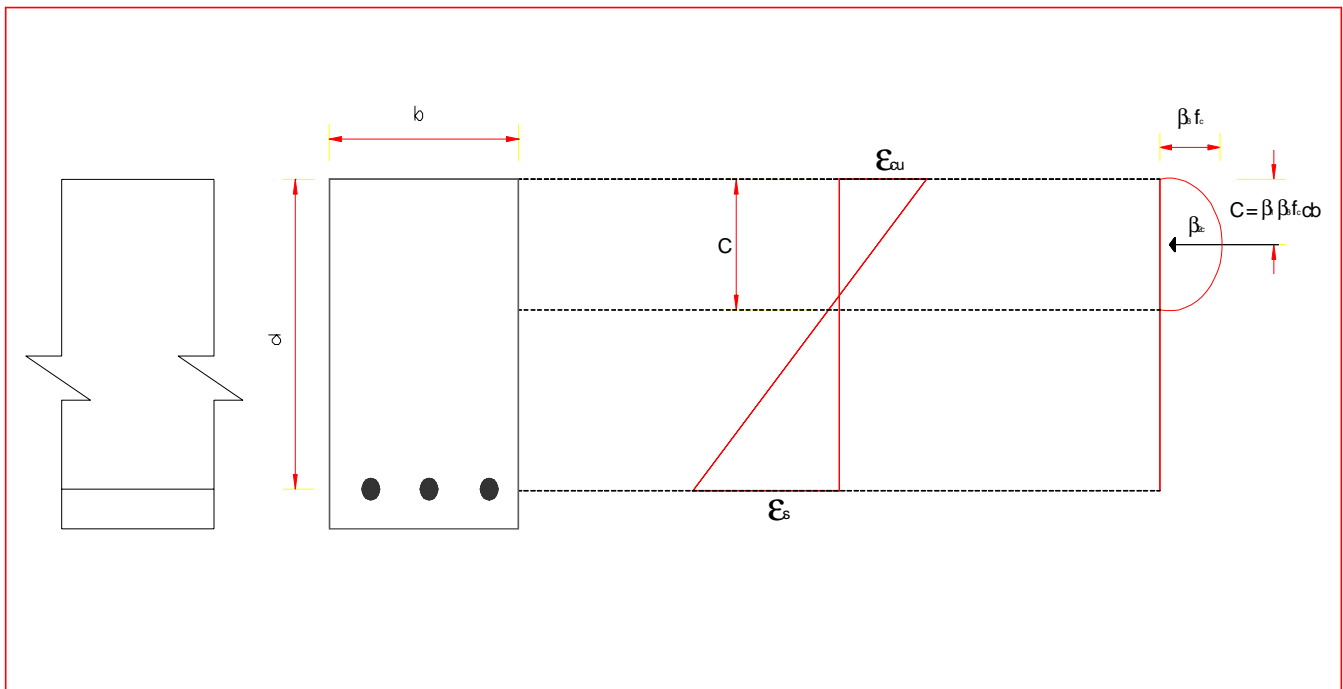
e igual a:

$$\left[ 1.05 - \frac{f^*c}{1250} \right] f^*c = f^*c > 250 \text{ Kg./cm}^2$$

En la siguiente figura se muestran los estados de deformaciones y esfuerzos en la sección transversal de una viga sujeta a flexión. Se puede aplicar que la forma del diagrama de esfuerzos de compresión es similar a la curva esfuerzo-deformación de un espécimen ensayado a compresión. El área del diagrama de esfuerzos de compresión puede determinarse a partir de tres parámetros adicionales,  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ . El parámetro  $\beta_3$



relaciona el esfuerzo máximo en flexión con la resistencia de los cilindros de control. El parámetro  $\beta_1$  indica la relación entre el esfuerzo promedio y el esfuerzo máximo en la zona de compresión, y el parámetro  $\beta_2$  indica la posición resultante de compresión. El área del diagrama de compresiones y la posición de la resultante pueden definirse también establecido expresiones matemáticas que permiten idealizar el diagrama de esfuerzos de compresión.



DISTRIBUCIÓN DE DEFORMACIONES Y ESFUERZOS EN UNA SECCIÓN SUJETA A FLEXIÓN

Con el objetivo de desarrollar métodos más sencillos de cálculo, los reglamentos de construcción recurren a hipótesis en las cuales se fija un valor de deformación unitaria máxima útil del concreto.



### Refuerzo mínimo.

El refuerzo mínimo de tensión en secciones de concreto reforzado, excepto en losas perimetralmente apoyadas, será el requerido para que el momento resistente de la sección sea por lo menos 1.5 veces el momento de agrietamiento de la sección transformada no agrietada.

El área mínima de refuerzo de secciones rectangulares de concreto reforzado de peso normal, puede calcularse con la siguiente expresión aproximada:

$$A_s \text{ min.} = \frac{0.7\sqrt{f'_c}}{f_y} b d$$

Donde b y d son el ancho y el peralte efectivo, no reducidos de la sección.

### Refuerzo máximo.

El área máxima de acero de tensión en secciones de concreto reforzado que no debe resistir fuerzas sísmicas será la que corresponda a la falla balanceada, ocurre cuando simultáneamente el acero llega al esfuerzo de fluencia y el concreto alcanza el estado de deformación máxima de 0.003 de la deformación por compresión. Este criterio es general y se aplica a secciones de cualquier forma sin acero de compresión o con el.

Las secciones rectangulares sin acero de compresión tiene falla balanceada cuando su área es igual a:



$$\frac{f''c}{f_y} = \frac{4800}{f_y + 6000} b d$$

donde

$$f''c = 0.85 f^*c \quad \text{si } f^*c \leq 250 \text{kg/cm}^2$$

$$f''c = \left[ 1.05 - \frac{f^*c}{1250} \right] \quad \text{si } f^*c > 250 \text{kg/cm}^2$$

b y d son el ancho y el peralte efectivo de la sección, reducidos. El peralte efectivo, d, de una sección es la distancia del centroide del acero de tensión a la fibra extrema de compresión.

Fórmulas para calcular resistencias.

Las condiciones de equilibrio y las hipótesis mencionadas anteriormente conducen a las siguientes expresiones para resistencia a flexión,  $M_R$ . En dichas expresiones  $F_R = 0.9$ .

Secciones rectangulares sin acero de compresión.

$$M_R = F_R b d f''c q (1 - 0.5q)$$

o bien:



$$M_R = F_R A_S f_y d (1 - 0.5q)$$

donde

b ancho de la sección.

d peralte efectivo.

$$f''c = \left(1.05 - \frac{f^*c}{1250}\right) f^*c \leq 0.85 f^*c$$

$$p = \frac{A_s}{bd}$$

$$q = \frac{pf_y}{f''c}$$

$A_s$  es el área de acero de refuerzo en tensión.

Secciones rectangulares con acero de compresión.

$$M_R = F_R \left[ (A_s - A's) f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) + A's f_y (d - d') \right]$$

donde

$$a = \frac{(A_s - A's) f_y}{f''cb}$$

$A_s$  área del acero de tensión.

$A's$  área del acero de compresión.

$d'$  distancia entre el centroide del acero a compresión y la fibra extrema a compresión.



La ecuación del momento resistente es válida sólo si el acero de compresión fluye cuando se alcanza la resistencia de la sección. Esto se cumple si

$$(p - p') \geq \frac{4800}{6000 - f_y} \frac{d'}{d} \frac{f'' c}{f_y}$$

donde

$$p' = \frac{A' s}{bd}$$

Losas apoyadas en su perímetro.

Los momentos en estas losas se calculan con los coeficientes de la siguiente tabla si se satisfacen las siguientes limitaciones:

1. los tableros son aproximadamente rectangulares.
2. la distribución de las cargas es aproximadamente uniforme en cada tablero.
3. los momentos negativos en el apoyo común de dos tableros adyacentes difieren entre sí en una cantidad no mayor que 50% del menor de ellos.
4. la relación entre carga viva y muerta no es mayor que 2.5 para losas monolíticas con sus apoyos, ni mayor de 1.5 en otros casos.

Para valores intermedios de la relación,  $m$ , entre el claro corto,  $a_1$ , y el claro largo,  $a_2$ , se interpolará linealmente.



COEFICIENTES DE MOMENTOS PARA TABLEROS RECTANGULARES, FRANJAS CENTRALES.

PARA LAS FRANJAS MULTIPLIQUESE LOS COEFICIENTES POR 0.60

| TABLERO   | MOMENTO  | CLARO | RELACION DE LADOS CORTO A LARGO $m = a1/a2$ |      |     |      |     |      |     |      |     |      |     |     |  |  |  |  |  |  |
|---|--|-------|---|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|-----|--|--|--|--|--|--|
|   |  |       | 0   |      | 0.5 |      | 0.6 |      | 0.7 |      | 0.8 |      | 0.9 |     |  |  |  |  |  |  |
|   |  |       | I   | II   | I   | II   | I   | II   | I   | II   | I   | II   | I   | II  |  |  |  |  |  |  |
| INTERIOR<br>TODOS LOS<br>BORDES<br>CONTINUOS          | NEG. EN BORDES<br>INTERIORES<br>POSITIVO                       | CORTO | 998   | 1018 | 553 | 565  | 489 | 498  | 432 | 438  | 381 | 387  | 333 | 338 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 516   | 544  | 409 | 431  | 391 | 412  | 372 | 388  | 347 | 361  | 320 | 330 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | CORTO | 630   | 668  | 312 | 322  | 268 | 268  | 228 | 236  | 192 | 199  | 158 | 164 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 175   | 181  | 139 | 144  | 134 | 134  | 130 | 135  | 128 | 133  | 127 | 131 |  |  |  |  |  |  |
| DE BORDE UN<br>LADO LARGO<br>DISCONTINUO              | NEG. EN BORDES<br>INTERIORES NEG.<br>EN BORDES<br>DIS.POSITIVO | CORTO | 998   | 1018 | 568 | 594  | 506 | 533  | 451 | 478  | 403 | 431  | 357 | 388 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 516   | 544  | 409 | 431  | 391 | 412  | 372 | 392  | 350 | 369  | 326 | 341 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 326   | 0    | 258 | 0    | 248 | 0    | 236 | 0    | 222 | 0    | 206 | 0   |  |  |  |  |  |  |
|   |  | CORTO | 630   | 668  | 329 | 356  | 292 | 306  | 240 | 261  | 202 | 219  | 167 | 181 |  |  |  |  |  |  |
| DE BORDE UN<br>LADO LARGO<br>DISCONTINUO              | NEG. EN BORDES<br>INTERIORES NEG.<br>EN BORDES<br>DIS.POSITIVO | CORTO | 179   | 187  | 142 | 149  | 137 | 143  | 133 | 140  | 131 | 137  | 129 | 136 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | CORTO | 1060  | 1143 | 583 | 624  | 514 | 548  | 453 | 481  | 397 | 420  | 346 | 364 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 587   | 687  | 465 | 545  | 442 | 513  | 411 | 470  | 379 | 426  | 347 | 384 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | CORTO | 651   | 0    | 362 | 0    | 321 | 0    | 283 | 0    | 250 | 0    | 219 | 0   |  |  |  |  |  |  |
| DE ESQUINA<br>DOS LADOS<br>ADYACENTES<br>DISCONTINUOS | NEG. EN BORDES<br>INERIORES<br>DISCONTINUOS<br>POSITIVO        | CORTO | 751   | 912  | 334 | 366  | 285 | 312  | 241 | 263  | 202 | 218  | 164 | 175 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 185   | 200  | 147 | 158  | 142 | 153  | 138 | 149  | 135 | 146  | 134 | 145 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | CORTO | 1060  | 1143 | 598 | 653  | 530 | 582  | 471 | 520  | 419 | 464  | 371 | 412 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 600   | 713  | 475 | 564  | 455 | 541  | 429 | 506  | 394 | 457  | 360 | 410 |  |  |  |  |  |  |
| AISLADO<br>CUATRO LADOS<br>DISCONTINUOS               | NEG. EN BORDES<br>DISCONTINUOS<br>POSITIVO                     | CORTO | 326   | 0    | 258 | 0    | 248 | 0    | 236 | 0    | 222 | 0    | 206 | 0   |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 751   | 912  | 358 | 416  | 306 | 354  | 259 | 298  | 216 | 247  | 176 | 199 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 191   | 212  | 152 | 168  | 146 | 163  | 142 | 158  | 140 | 156  | 438 | 154 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | CORTO | 570   | 0    | 550 | 0    | 530 | 0    | 470 | 0    | 430 | 0    | 380 | 0   |  |  |  |  |  |  |
| AISLADO<br>CUATRO LADOS<br>DISCONTINUOS               | NEG. EN BORDES<br>DISCONTINUOS<br>POSITIVO                     | LARGO | 330   | 0    | 330 | 0    | 330 | 0    | 330 | 0    | 330 | 0    | 330 | 0   |  |  |  |  |  |  |
|   |  | CORTO | 1100  | 1670 | 830 | 1380 | 800 | 1330 | 720 | 1190 | 640 | 1070 | 570 | 950 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 200   | 250  | 500 | 830  | 500 | 830  | 500 | 830  | 500 | 830  | 500 | 830 |  |  |  |  |  |  |
|   |  | LARGO | 200   | 250  | 500 | 830  | 500 | 830  | 500 | 830  | 500 | 830  | 500 | 830 |  |  |  |  |  |  |

CASO I. LOSA COLADA MONOLITICAMENTE CON SUS APOYOS.

CASO II. LOSA NO COLADA MONOLITICAMENTE CON SUS APOYOS.

LOS COEFICIENTES MULTIPLICADOS POR 104  $wa2$  1 DAN MOMENTOS POR UNIDAD DE ANCHO.

PARA EL CASO I,  $a1$  Y  $a2$  PUEDEN TOMARSE COMO CLAROS LIBRES ENTRE PAÑOS DE VIGAS; PARA EL CASO II SE TOMARAN COMO CLAROS ENTRE EJES, PERO SIN EXCEDER DEL CLARO LIB ESPESOR DE LA LOSA.



### Secciones críticas y franjas de refuerzo.

Para momentos negativos, las secciones se toman en los bordes de los tableros, y para positivo, en las líneas medias.

Para colocación del refuerzo la losa se considera dividida, en cada dirección, en dos franjas extremas y una central. Para relaciones de claro corto a largo mayores de 0.5, las franjas centrales tendrán un ancho igual a la mitad del claro perpendicular a ellas, y cada franja extrema igual a la cuarta parte del mismo. Para relaciones  $a_1/a_2$ , menores de 0.5, la franja central perpendicular al lado largo, tendrá ancho igual a  $a_2 - a_1$ , y cada franja extrema, igual a  $a_1/2$ .

### Distribución de momentos entre tableros adyacentes.

Cuando los momentos obtenidos en el borde común de dos tableros adyacentes sean distintos, se distribuirán dos tercios del momento desequilibrado entre los dos tableros si estos son monolíticos con sus apoyos, o la totalidad de dicho momento si no lo son. Para la distribución se supondrá que la rigidez del tablero es proporcional a  $d^3/a_1$ .

### Peralte mínimo.

Cuando sea aplicable la tabla anterior se podrá omitir el calculo de deflexiones si el peralte efectivo no es menor que el perímetro del tablero entre 300. Para este calculo, la longitud de lados discontinuos se incrementara en 50% si los apoyos de la losa no son monolíticos con ella, y 25% cuando lo sean. En losas alargadas no es necesario tomar un peralte mayor que el que corresponde a un tablero con  $a_2 = 2a_1$ .



Las limitaciones que dispone el párrafo anterior es aplicable a las losas en que

$$f_s = 2000 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad w \leq 380 \text{ kg/cm}^2,$$

para otras combinaciones de  $f_s$  y  $w$ , el peralte efectivo mínimo se obtendrá multiplicando por el

$$0.034 \sqrt[4]{f_s w}$$

valor obtenido según el párrafo anterior. En esta expresión  $f_s$  es el refuerzo en el acero en condiciones de servicio, en  $\text{kg/cm}^2$  (puede suponerse igual a  $0.6f_y$ ) y  $w$  en condiciones de servicio, en  $\text{kg/cm}^2$ .

### Revisión de la resistencia a la fuerza cortante.

Se supondrá que la sección crítica se encuentra a un peralte efectivo del paño. La fuerza cortante que actúa en un ancho unitario se calculara con la expresión.

$$V = \left( \frac{a_1}{2} - d \right) \left( \frac{w}{1 + \left( \frac{a_1}{a_2} \right)^6} \right)$$

a menos que se haga un análisis mas preciso. Cuando haya bordes continuos y bordes discontinuos,  $v$  se incrementa en 15%. La resistencia de la losa a fuerza cortante se supondrá igual a

$$0.5F_R b d \sqrt{f^* c}$$





## **1.9 CATÁLOGO DE CONCEPTOS.**

Se realizara un catalogo de conceptos basado en precios establecidos en el tabulador de precios unitarios del Distrito Federal, en el cual se desglosaran las actividades a realizar en obra, tomando en cuenta la unidad en que se cuantifiquen así como la cantidad requerida para saber el costo de la obra del pozo de absorción.



## II. DESARROLLO



## II. DESARROLLO

### II.1 Recopilación de información.

En el sitio ubicado en la calle Hopoelchen, entre las calles Chemax y Sinanche se registra un problema de encharcamiento provocado por la irregularidad del terreno lo que provoca que en época de lluvias ocasione problemas graves a los vecinos del lugar, en especial a los predios donde existe la zona mas baja de este sitio a las que prácticamente se les inunda su casa, por tal motivo se realizo un proyecto ejecutivo de un pozo de absorción que contribuirá tanto a la solución del problema de estas personas, así como la captación de la misma para infiltrarla al subsuelo y así aliviar un poco el problema de la sobreexplotación del acuífero de la ciudad.

Revisando la biblioteca y mapoteca del SACM no se encontró drenaje existente en esta zona, solo los planos de altimetria y planimetría, ya que al ser una zona muy irregular y eso aunado a que el suelo existente en esa zona en su mayoría es basalto no se construyo ningún tipo de drenaje por lo que es una zona con muchos problemas de inundaciones y que hasta hace algunos años era el sitio de infiltración natural en la ciudad, por lo que se recurrió a visitar el sitio para observar las problemáticas reales.

### II.2 Recorrido a campo.

En el recorrido se pudo constatar que el lugar si tenia un problema de inundación ya que si era muy visible que el sito estaba confinado naturalmente al estar la parte mas baja en el centro de la calle e ir aumentando la altura hacia las esquinas por lo que los vecinos de

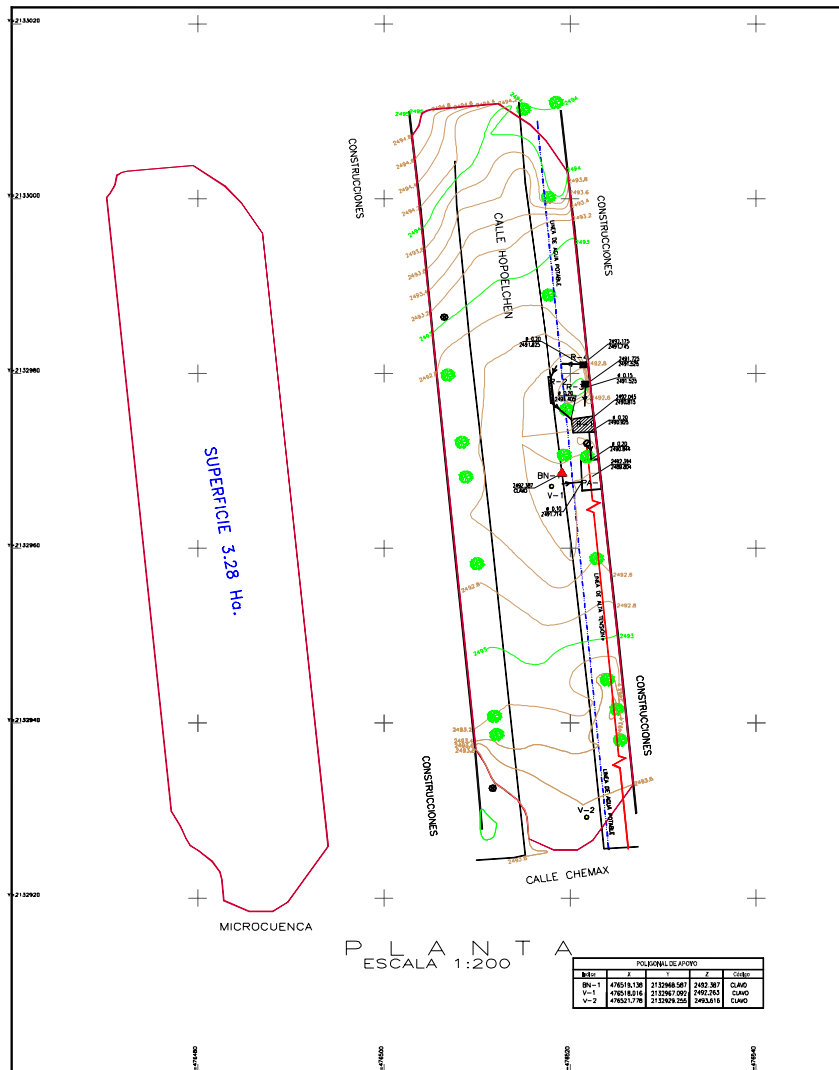
dos viviendas tuvieron que acondicionar unas rejillas en las entradas de sus casas para impedir el paso del agua al interior de sus casas, las cuales fueron insuficientes, por lo cual se propuso la ubicación de las estructuras que conforman el pozo de absorción y que se muestra en la siguiente imagen.



**LUGAR DONDE SE UBICARÁ EL POZO DE ABSORCIÓN.**

### **II.3 Delimitación de microcuenca.**

Para determinar la microcuenca se utilizó un plano con las curvas de nivel del sitio donde se determinaron los parteaguas que en campo son muy evidentes, el área se determinó mediante la digitalización del plano del sitio, pero se puede obtener mediante el uso del planímetro.



## II.4 Cálculo del gasto de diseño.

Determinación del coeficiente de escurrimiento.

Este coeficiente de escurrimiento se obtiene como un valor ponderado de los coeficientes típicos de escurrimiento para las diversas superficies en contacto con el agua de lluvia,



considerando que toda la superficie de contacto (a captar) es de material netamente impermeable utilizaremos un coeficiente de escurrimiento  $C=0.95$

| SUPERFICIE  | COEF.TIPICO | %DE AREA | COEFICIENTE |
|-------------|-------------|----------|-------------|
| MICROCUENCA | 0.95        | 100      | 0.95        |
|             |             |          | 0.95        |

Coeficiente de Escurrimiento = 0.95.

Cálculo de intensidad de lluvia.

Considerando las recomendaciones de diseño para el alcantarillado del SACM (tomo: AL-100-85), se determinó la intensidad de lluvia para diseño, aplicando la siguiente expresión:

$$I(tr,d) = \frac{60Hp(tr,d)}{tc}$$

Para aplicar la expresión anterior fue necesario primeramente determinar la Duración (d) y el Periodo de Retorno (tr) para la tormenta de diseño, según la importancia de las obras y las duraciones promedio de las tormentas que se presentan en el Valle de México, por lo cual con el apoyo de la tabla anexa del Manual de Hidráulica Urbana, se determino que el periodo de retorno recomendado para este tipo de obras en zonas multifamiliares de alta densidad, es de 5 años y una duración de 60 minutos.



Una vez determinados estos parámetros, se procedió a determinar la Precipitación Pluvial Base, con el apoyo de la gráfica de curvas de igual altura de lluvia en el D.F., (anexa), calculada para una duración de 30 minutos y 5 años de periodo de retorno, dándonos como resultado lo siguiente:

$$H_{p_{base}} = 32 \text{ mm}$$

La cual se ajusta a los parámetros de diseño como a continuación se detalla con la expresión siguiente:

$$H_{p_{(5,60)}} = H_{p_{base}} \times F_{rt} \times F_d \times F_a$$

En donde:

$H_{p_{(5,60)}}$  = Lluvia asociada a un período de retorno de cinco años y sesenta minutos de duración.

$H_{p_{base}}$  = Lluvia media asociada a un período de retorno de cinco años y treinta minutos de duración de la tormenta.

$F_{rt}$  = Factor de ajuste por período de retorno.

$F_d$  = Factor de ajuste por duración.

$F_a$  = Factor de ajuste por área, la cual es igual a 1 para áreas menores a 10 Km<sup>2</sup>.



Sustituyendo los valores de los factores de ajuste obtenidos mediante las gráficas anexas, se obtiene:

$$Hp_{(5,60)} = 32.00 \times 1.00 \times 1.20 \times 1.00$$

$$Hp_{(5,60)} = 38.40 \text{ mm.}$$

Aplicando la expresión de la intensidad de lluvia, se obtiene :

$$I(tr,d) = \frac{60Hp(tr,d)}{tc}$$

Donde:

I = Intensidad de lluvia en mm/hr

Hp = Altura de precipitación en mm.

60 = Factor de conversión en horas.

tc = Tiempo de concentración en minutos ( que para fines de este presente cálculo se considera igual a la duración de la tormenta de diseño).

Sustituyendo el valor de  $Hp_{(tr,d)} = Hp_{(5,60)}$  y haciendo la consideración de que la duración efectiva sea igual al tiempo de concentración (60 minutos = tc), resulta:





$$I_{(5,60)} = \frac{60(38.40)}{60}$$

$$I_{(5,60)} = 38.40 \text{ mm/hr.}$$

Cálculo del gasto pluvial de diseño.

Para determinar el gasto pluvial que se capta en el interior del predio, se empleará el Método Racional Americano recomendado por el S.A.C.M., en su Manual de Hidráulica Urbana; la expresión es la siguiente:

$$Q_p = \frac{1}{360} C i A$$

En donde:

- Q Gasto pico pluvial, en l.p.s.
- 1/360 Constante para conversión de unidades
- C Coeficiente de escurrimiento, adimensional
- i Intensidad de lluvia, en mm/hr
- A Área de captación de microcuenca, en Ha

Por lo tanto:

Con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento de la regularización del agua pluvial captada, se considerara el área total de la microcuenca:

$$Q_p = 1/360 \times 0.95 \times 38.40 \times 3.28$$

$$Q_p = 0.332 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

**II. 5 Prueba de infiltración.**

|   |
|---|
| <b>PRUEBA DE INFILTRACION</b><br><b>TABLA 1</b> |
|---|

|   |                 |
|---|-----------------|
| Pozo No.:                                 | TL-A-079        |
| Ubicación:                                |                 |
| Fecha (dd/mm/aa):                         | Hora de inicio: |
| Diámetro y profundidad de la perforación: |                 |

**CARRO TANQUE 1**

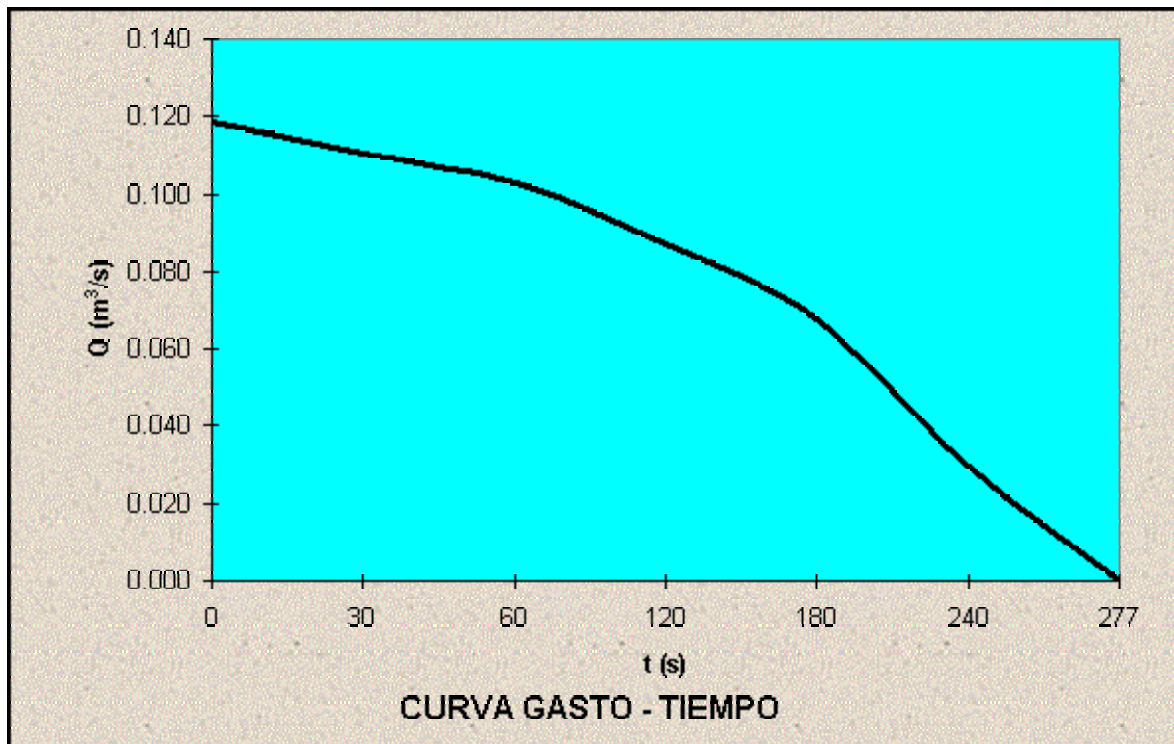
| LECTURA No. | TIEMPO (seg.) | TIRANTE h (m) | ÁREA m <sup>2</sup> | Q s <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q s <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q s <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q s <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q total (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1           | 0             | 1.5           | 0.005               | 0.015                                | 0.015                                | 0.015                                | 0.015                                | 0.059                       |
| 2           | 30            | 1.29          | 0.005               | 0.014                                | 0.014                                | 0.014                                | 0.014                                | 0.055                       |
| 3           | 60            | 1.13          | 0.005               | 0.013                                | 0.013                                | 0.013                                | 0.013                                | 0.052                       |
| 4           | 120           | 0.79          | 0.005               | 0.011                                | 0.011                                | 0.011                                | 0.011                                | 0.043                       |
| 5           | 180           | 0.45          | 0.005               | 0.008                                | 0.008                                | 0.008                                | 0.008                                | 0.033                       |
| 6           | 240           | 0.01          | 0.005               | 0.001                                | 0.001                                | 0.001                                | 0.001                                | 0.005                       |
| 7           | 245           | 0             | 0.005               | 0.000                                | 0.000                                | 0.000                                | 0.000                                | 0.000                       |
| 8           | -             |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 9           | -             |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 10          | -             |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |

**CARRO TANQUE 2**

| LECTURA No. | TIEMPO (seg.) | TIRANTE h (m) | ÁREA m <sup>2</sup> | Q s <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q s <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q s <sub>3</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q s <sub>4</sub> (m <sup>3</sup> /s) | Q TOTAL (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------|---------------|---------------|---------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1           | 0             | 1.5           | 0.005               | 0.015                                | 0.015                                | 0.015                                | 0.015                                | 0.059                       |
| 2           | 30            | 1.3           | 0.005               | 0.014                                | 0.014                                | 0.014                                | 0.014                                | 0.055                       |
| 3           | 60            | 1.13          | 0.005               | 0.013                                | 0.013                                | 0.013                                | 0.013                                | 0.052                       |
| 4           | 120           | 0.83          | 0.005               | 0.011                                | 0.011                                | 0.011                                | 0.011                                | 0.044                       |
| 5           | 180           | 0.52          | 0.005               | 0.009                                | 0.009                                | 0.009                                | 0.009                                | 0.035                       |
| 6           | 240           | 0.26          | 0.005               | 0.006                                | 0.006                                | 0.006                                | 0.006                                | 0.025                       |
| 7           | 277           | 0             | 0.005               | 0.000                                | 0.000                                | 0.000                                | 0.000                                | 0.000                       |
| 8           | -             |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 9           | -             |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |
| 10          | -             |               |                     |                                      |                                      |                                      |                                      |                             |



| LECTURA No. | TIEMPO (seg.) | Q TOTAL (m <sup>3</sup> /s) |
|-------------|---------------|-----------------------------|
| 1           | 0             | 0.119                       |
| 2           | 30            | 0.110                       |
| 3           | 60            | 0.103                       |
| 4           | 120           | 0.087                       |
| 5           | 180           | 0.067                       |
| 6           | 240           | 0.030                       |
| 7           | 277           | 0.000                       |
| 8           | -             |                             |
| 9           | -             |                             |
| 10          | -             |                             |



## II.6 Muros del depurador.

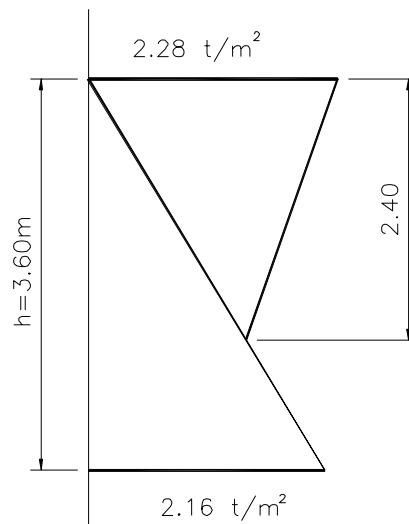
Determinación de las cargas

Empuje de tierra

Considerando un coeficiente de empuje activo  $K_0 = 0.33$  y un peso volumétrico del suelo que confina el depurador  $= 1.8 \text{ t/m}^3$  resulta:

$$P1 = K_0 \cdot g \cdot h = 0.33 \times 1.8 \times 3.60$$

$$P1 = 2.16 \text{ t/m}^2$$

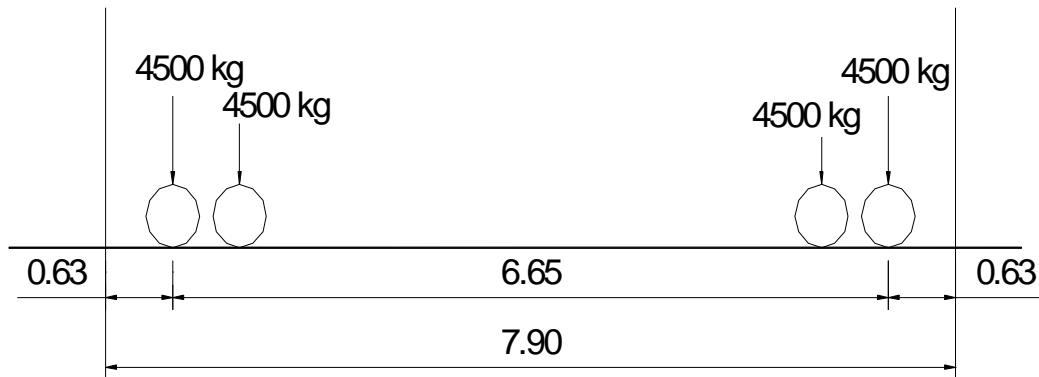


**CARGA VIVA SOBRE MURO LONGITUDINAL**

Sobrecarga

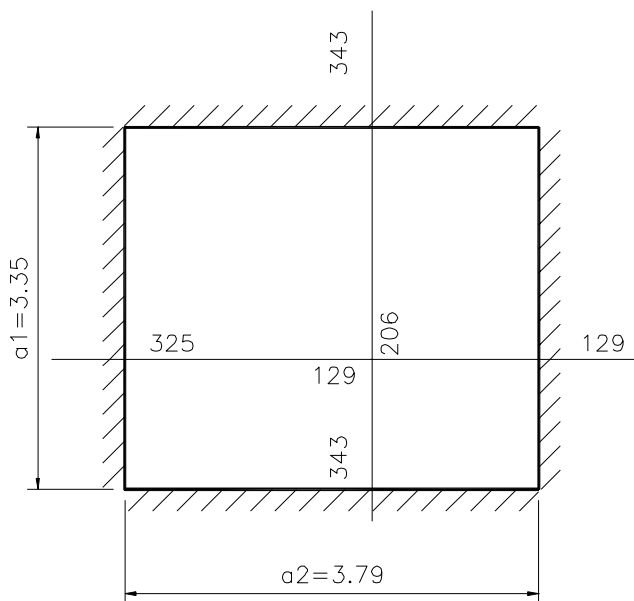
Considerando una sobrecarga superficial de  $2.28 \text{ t/m}^2$  que equivale al paso de un camión T3-S2-R4 (H-20 de AASHTO), que se disipa hasta una profundidad de  $2/3 h = 2.40 \text{ m}$

$$W = 18000 / 6.65 = 2.28 \text{ t/m}$$



## Flexión

Utilizando los coeficientes de momentos que aparecen en la tabla 4.1 de las NTC para diseño y construcciones de estructuras de concreto del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, para el tablero interior se tiene:





$$a_1/a_2=3.35/3.80 = 0.88$$

| 0.8 | 0.9 | 0.88 |
|-----|-----|------|
| 381 | 333 | 343  |
| 347 | 320 | 325  |
| 236 | 199 | 206  |
| 135 | 127 | 129  |

CASO 1 (coeficientes)

### Refuerzo Vertical

$$M_y = cx10^{-4} wa^2$$

$$M_{y(\max)} = 343x10^{-4} x2.28x3.35^2$$

$$M_{y(\max)} = 0.88t.m / m$$

$$M_{uy(\max)} = 1.7x1.3x0.88$$

$$M_{uy(\max)} = 1.94t.m / m$$

Para  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$

$$d=15\text{cm} \quad \rho=0.0023 < \rho_{\min}$$

$$\rho_{\min}=0.0033$$

$$A_s=0.0033x1500=4.95\text{cm}^2$$

usar F1/2" @ 20 cm

## Refuerzo horizontal

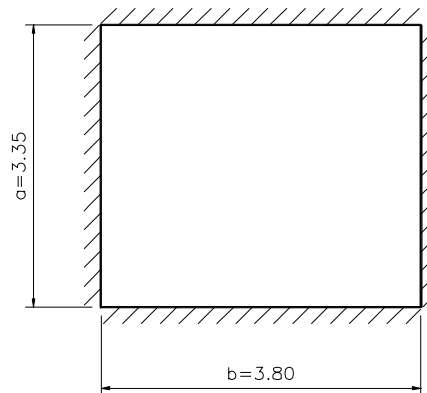
$$Mx_{(\max)} = 325 \times 10^{-4} \times 2.28 \times 3.35^2 = 0.83 \text{ t.m/m}$$

$$Mux_{(\max)} = 0.83 \times 1.7 \times 1.3 = 1.83 \text{ t.m/m}$$

de manera semejante con  $d = 13.7$  por encontrarse en el lecho interior  $\rho = 0.0027$

Debido a que este refuerzo se requiere para repartición de las cargas y para absorber cambios volumétricos se colocará  $F1/2'' @ 30\text{cm}$

## Revisión de la Deflexión



$$A/b = 3.80/3.35 = 1.13$$

| a/b       | 1.0 | 1.20 | 1.13 |
|-----------|-----|------|------|
| $\beta_1$ | 333 | 343  | 343  |
| $\beta_2$ | 320 | 325  | 325  |
| $\alpha$  | 199 | 206  | 206  |



$$y_{\max} = \frac{\alpha q b^4}{Et^3}$$

q= carga por unidad de área = 2.28 t/m<sup>2</sup>

E= módulo de elasticidad  $E = 14,000\sqrt{f'c} = 221359 \times 10^4$  t/m<sup>2</sup>

t= Espesor del muro = 0.20 m

$$y_{\max} = \frac{0.0171 \times 2.28 \times 3.35^4}{221359 \times 10^4 \times (0.2)^3} = 0.0003m = 0.3mm \quad \text{SATISFACTORIO}$$

Aunque la sobrecarga considerada corresponde al efecto de cargas vivas de aplicación variable, i.e., tránsito de camiones pesados, es conveniente que la deflexión de los elementos se mantenga debajo de valores pequeños, lo cual evita la propagación de agrietamientos, que con el tiempo causan gran deterioro estructural.

Las estructuras de concreto reforzado se diseñarán de acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias para el diseño y construcción de Estructuras de Concreto.

Las cargas vivas corresponden al peso de un camión T3-S2-R4 (77,500 Kg), cuya distribución de ejes se muestra en la figura correspondiente. Cabe mencionar que equivale a la denominada carga tipo H-20 de la American Association Society of State Highway Transportation Officials (AASHTO).



El acero de refuerzo de los elementos que solo lo requieren por cambios volumétricos, se proporcionó de acuerdo con la fórmula:

$$a_s = (660 x_1) / [f_y (x_1 + 100)]$$

donde  $a_s$  está expresado en  $\text{cm}^2/\text{cm}$

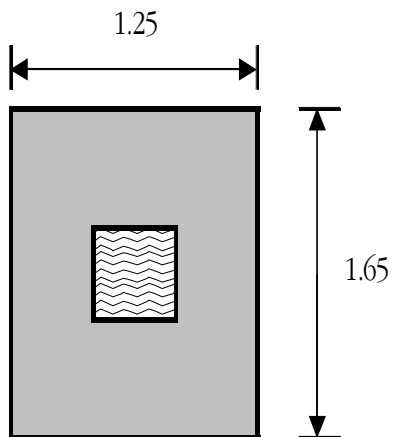
asi mismo se consideró como área mínima de refuerzo la siguiente:

$$a_{s \text{ min}} = \frac{0.7 \sqrt{f_c} bd}{f_y} \quad \text{que para el caso resulta}$$
$$a_{s \text{ min}} = 0.0029 bd$$

A continuación se presentan los cálculos de elementos representativos del proyecto.

#### ESTRUCTURA TIPO 1

#### TABLERO CENTRAL DE LOSA TAPA



Considerando un par de llantas de eje pesado (9,000 Kg)

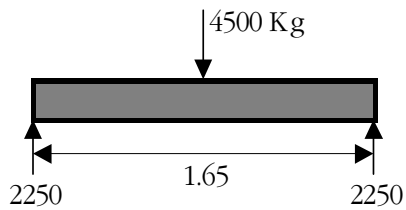
Factor de Carga = 1.7

Coficiente de impacto = 30%

$$M_{\text{MAX}} = 2250 \times 1.65 / 2 = 1856.3 \text{ Kg-m}$$

$$M_U = FC \times CI \times M_{\text{MAX}}$$

$$M_U = 1.7 \times 1.3 \times 1.856 = 4.10 \text{ t-m}$$



$$P = \frac{f''c}{fy} \left[ 1 - \sqrt{1 - (2M_U / FRbd^2 f''c)} \right]$$

Con valores

$$f''c = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

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

$$d = 22 \text{ cm}$$

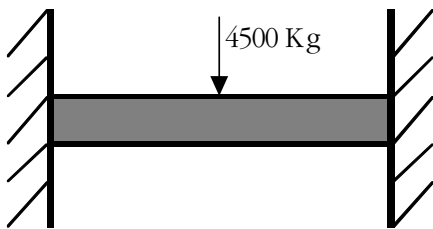
Se obtiene

$$P = 0.0023 < P_{\min} = 0.0029$$

$$A_s = P b d = 0.0029 \times 100 \times 22 = 6.38 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{Usar } \varnothing 1/2'' @ 0.20 \text{ m} \quad (A_s = 6.35 \text{ cm}^2/\text{m})$$

TABLERO DE ORILLA DE LOSA TAPA



$$M(-)_{\text{MAX}} = P L / 8$$

$$M(-)_{\text{MAX}} = 4500 \times 1.13^2 / 8 = 718 \text{ Kg-m}$$

$$M_U = FC \times CI \times M_{\text{MAX}}$$

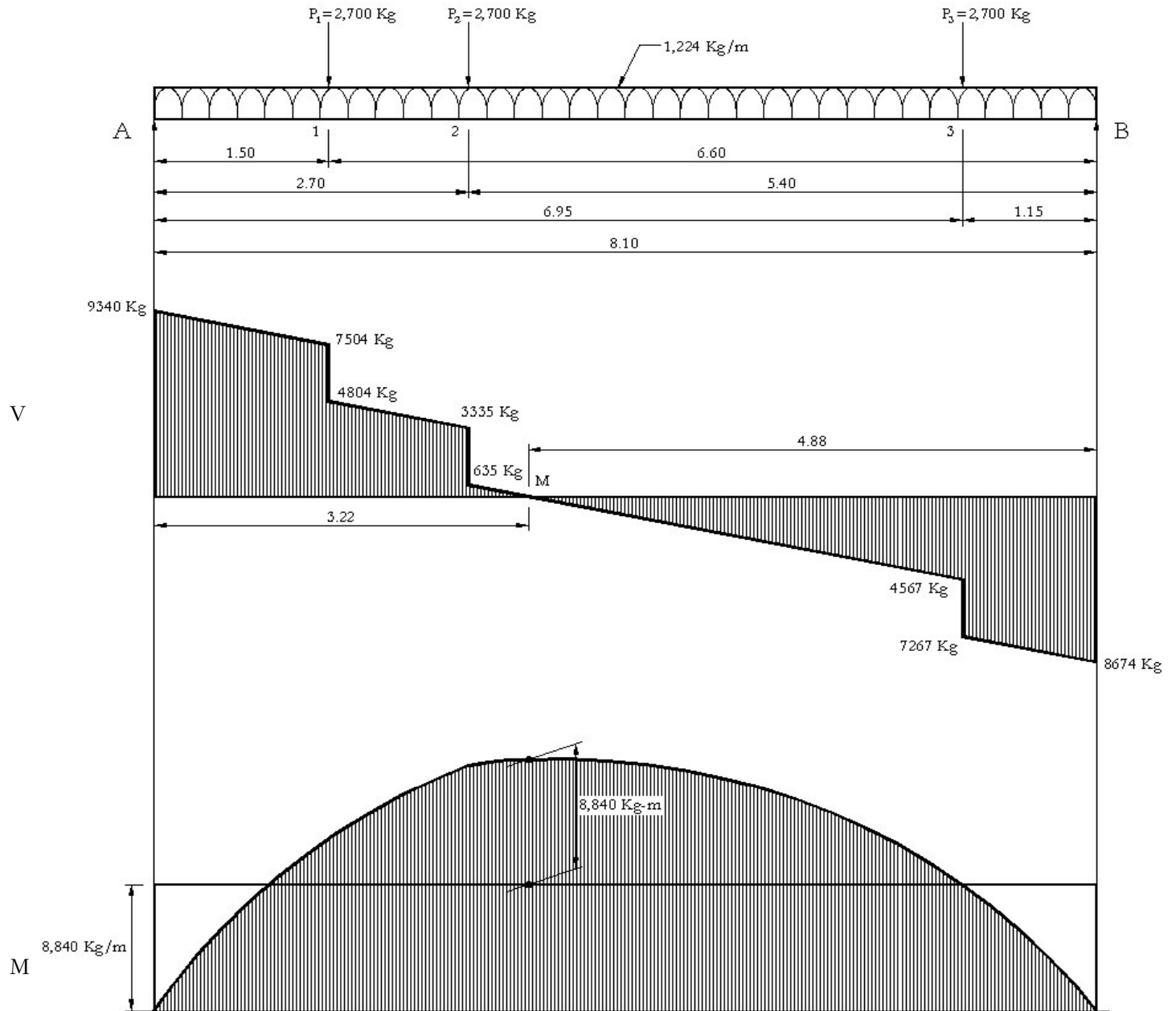
$$M_U = 1.7 \times 1.3 \times 0.718 = 1.59 \text{ t-m}$$

Se armará con  $\varnothing 1/2'' @ 0.20 \text{ m}$

Igual que para momento positivo



TRABE T-1 (LONGITUDINAL)





### Flexión

$$M_{MAX} = 8,840 \text{ Kg-m}$$

$$M_U = 1.7 \times 1.3 \times 8.84 = 19.54 \text{ t-m}$$

Utilizando el programa "POR" para valores

$$f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2 \quad b = 35 \text{ cm} \quad d = 46 \text{ cm}$$

Se obtiene

$$p = 0.0076 \quad A_s = 12.2 \text{ cm}^2 \quad \text{Usar } 4 \text{ } \emptyset \text{ } 3/4 \text{ " } \quad (A_s = 11.5 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Se acepta un déficit de 6% en el área de refuerzo, ya que el factor de carga y el coeficiente de impacto aplicados son significativamente altos.

### Cortante

$$V_{MAX} = 9340 \text{ Kg} \quad V_U = 1.7 \times 1.3 \times 9340 = 20,641 \text{ Kg}$$

Capacidad del concreto

$$\emptyset V_C = 0.45 \sqrt{f_c} b d = 0.45 \sqrt{300} \times 35 \times 46 = 12,549 \text{ Kg}$$

Cortante que debe tomarse con refuerzo

$$\emptyset V_S = V_U - \emptyset V_C = 20,641 - 12,549 = 8,093 \text{ Kg} \quad (\text{requerido})$$

Se proporcionarán estribos  $\emptyset 3/8'' @ 15\text{cm}$

$$\emptyset V_S = (0.85 \times 2 \times 0.71 \times 4,200 \times 46) / 15 = 15,546 \text{ Kg} \quad (\text{proporcionado})$$

SE ACEPTA



Cálculo de la deflexión al "centro" del

Resistencia del concreto  $f'c = 300 \text{ Kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad del

$E_c = 14,000 \sqrt{f'c} = 242,487 \text{ Kg/cm}^2 = 2.4248 \text{ E9 Kg/m}^2$

Claro de la trabe L=

Momento de inercia de la

$I = \frac{0.35 \times 0.46^3}{12} = 0.002839 = 2.839 \text{ E3 m}^4$

Cargas

$W = 1224 \text{ Kg/m}$

$a = 1.5 \text{ m} \quad P = 2700 \text{ Kg}$

$a = 2.7 \text{ m} \quad P = 2700 \text{ Kg}$

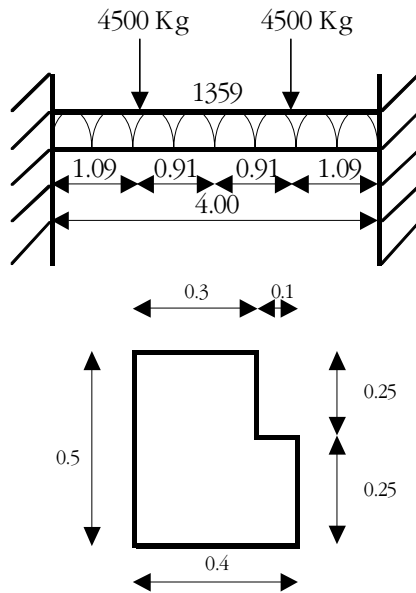
$a = 6.95 \text{ m} \quad P = 2700 \text{ Kg}$

Se obtienen los siguientes

| x,m  | y,m    |
|------|--------|
| 3.5  | 0.0033 |
| 3.65 | 0.0033 |
| 3.9  | 0.0034 |
| 4.2  | 0.0033 |
| 4.5  | 0.0032 |

Por lo tanto la deflexión máxima es de

SE ACEPTA

**TRABE T-2**


$$W_{LOSA} = 1.0 \times 0.25 \times 2400 = 600 \text{ Kg/m}^2$$

Peso Propio

$$W_{TRIB} = 600 \left( \frac{1.68 + 1.25}{2} \right) = 879 \text{ Kg/m}$$

$$W_{PP} = [(0.35 \times 0.50) + (0.10 \times 0.25)] \times 2,400 = 480 \text{ Kg/m}$$

$$W_{PP} = 879 + 480 = 1359 \text{ Kg/m}$$

$$M(+)_W = (1359 \times 4^2) / 8 = 2718 \text{ Kg-m}$$

$$M(+)_p = 4500 \times 1.09 = 4905 \text{ Kg-m}$$

$$M(+)_MAX = 2718 + 4905 = 7623 \text{ Kg-m}$$

$$M_{U MAX} = 1.7 \times 1.3 \times 7.62 = 16.85 \text{ t-m}$$

$$f_c = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$d = 46 \text{ cm}$$

Se obtiene

$$\rho = 0.0076$$

$$A_s = 10.5 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar } 4 \text{ } \varnothing \text{ } 3/4 \text{ " } (A_s = 11.5 \text{ cm}^2/\text{m})$$

Cortante

$$V_{MAX} = 4500 + (1359 \times 2) = 7218 \text{ Kg}$$

$$V_U = 1.7 \times 1.3 \times 7218 = 15,952 \text{ Kg}$$

Capacidad del concreto

$$\varnothing V_c = 0.45 \sqrt{f_c} b d = 0.45 \sqrt{300} \times 30 \times 46 = 10,756 \text{ Kg}$$

Cortante que debe tomarse con refuerzo

$$\varnothing V_s = V_U - \varnothing V_c = 15,952 - 10,756 = 5,196 \text{ Kg (requerido)}$$

Se proporcionarán estribos  $\varnothing 3/8 \text{ " @ } 15 \text{ cm}$

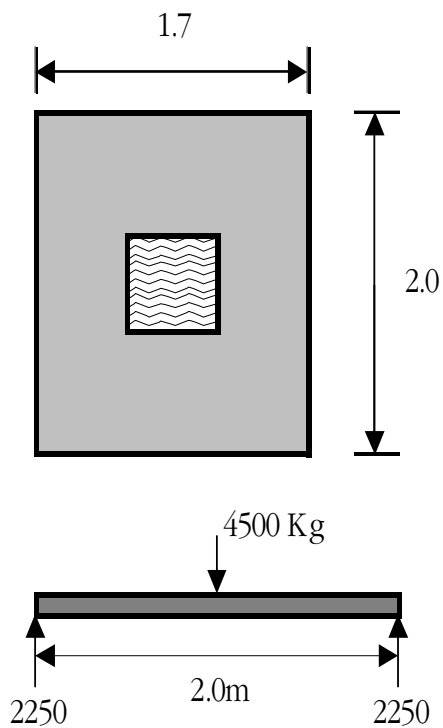
$$\varnothing V_s = 0.85 A_{vfyd}/s = 0.85 (2 \times 0.71 \times 4200 \times 46) / 15 = 15,546 \text{ Kg (proporcionado)}$$

Colocar estribos  $\varnothing 3/8 \text{ " @ } 15 \text{ cm}$  según detalle

SATISFACTORIO

## ESTRUCTURA TIPO 2

## TABLERO DE LOSA ENTRE TRABES T-1



$$M_{MAX} = 2250 \times 1 = 2250 \text{ Kg-m}$$

$$M_U = FC \times CI \times M_{MAX}$$

$$M_U = 1.7 \times 1.3 \times 2.25 = 4.97 \text{ t-m}$$

$$p = 0.0020$$

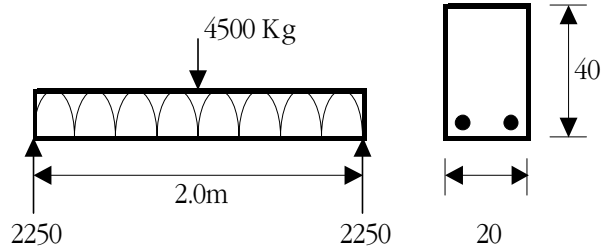
$$A_s = 5.2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usar  $\varnothing$  1/2" @ 20 cm

$$A_s = 6.4 \text{ cm}^2/\text{m} > 5.2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

SE ACEPTA

## TRABE T-1



$$W_{\text{LOSA}} = 1.1 \times 0.3 \times 2.4 \times 1.27$$

$$W_{\text{LOSA}} = 1.01 \text{ t/m}$$

Peso Propio

$$W_{\text{TRABE}} = 0.2 \times 0.4 \times 2.4$$

$$W_{\text{TRABE}} = 0.19 \text{ t/m}$$

$$W_T = 1.20 \text{ t/m}$$

## Flexión

$$M_{\text{MAX}} = (2250 \times 1) + (1.2 \times 2^2/8) = 2250.6 \text{ Kg-m}$$

$$M_U = 1.7 \times 1.3 \times 2.251 = 4.97 \text{ t-m}$$

$$f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$d = 36 \text{ cm}$$

Se obtiene

$$p = 0.0054$$

$$A_s = 3.9 \text{ cm}^2$$

$$\text{Usar } 2 \text{ } \varnothing \text{ } 3/4 \text{ ''}$$

No rige la flexión, pero se acepta para evitar efectos de fatiga, proporcionados por las cargas repetidas

## Cortante

$$V_{\text{MAX}} = 4500 \text{ Kg}$$

$$V_U = 1.7 \times 1.3 \times 4500 = 9,945 \text{ Kg}$$

$$\varnothing V_C = 0.45 \sqrt{f_c} b d = 0.45 \sqrt{250} \times 20 \times 36 = 5,123 \text{ Kg}$$

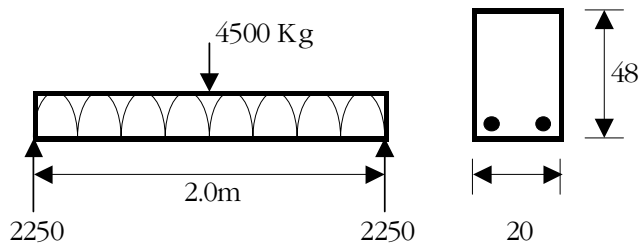
$$\varnothing V_S = V_U - \varnothing V_C = 9,945 - 5,123 = 4,822 \text{ Kg}$$

Se proporcionarán estribos  $\varnothing 3/8'' @ 20\text{cm}$ 

$$\varnothing V_S = 10.14 \text{ t} > 4.82$$

**SE ACEPTA YA QUE RIGE EL CORTANTE**



**TRABE T-2**

$$\text{Ancho tributario} = 2.00/2 = 1.00\text{m}$$

$$W_{\text{LOSA}} = 1.0 \times 0.3 \times 2.4$$

$$W_{\text{LOSA}} = 0.72 \text{ t/m}$$

Peso Propio

$$W_{\text{TRABE}} = 0.2 \times 0.48 \times 2.4$$

$$W_{\text{TRABE}} = 0.23 \text{ t/m}$$

$$W_T = 0.95 \text{ t/m}$$

**Flexión**

$$M_{\text{MAX}} = (2250)0.7 + (0.95)1.4^2/8 = 1575.2 \text{ Kg-m}$$

$$M_U = 1.7 \times 1.3 \times 1.575 = 3.48 \text{ t-m}$$

$$f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$d = 44 \text{ cm}$$

Se obtiene

$$p = 0.0011 < p_{\text{min}} \quad p_{\text{flexión}} = 0.0033 \quad \text{Usar } 2 \text{ } \varnothing \text{ } 3/4 \text{ ''}$$

No rige la flexión, pero se acepta para evitar efectos de fatiga, proporcionados por las cargas repetidas

**Cortante**

$$V_{\text{MAX}} = 4500 \text{ Kg}$$

$$V_U = 1.7 \times 1.3 \times 4500 = 9,945 \text{ Kg}$$

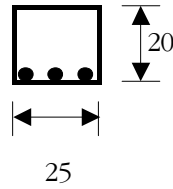
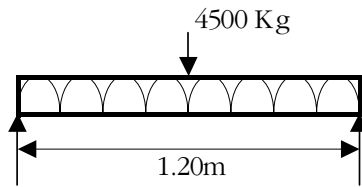
$$\varnothing V_C = 0.45 \sqrt{f_c} b d = 0.45 \sqrt{250} \times 20 \times 44 = 6,261 \text{ Kg}$$

$$\varnothing V_S = V_U - \varnothing V_C = 9,945 - 6,261 = 3,684 \text{ Kg}$$

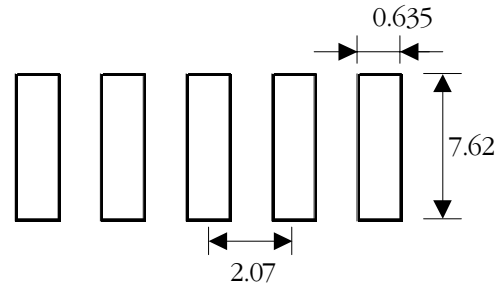
Se proporcionarán estribos  $\varnothing 3/8'' @ 20\text{cm}$

$$\varnothing V_S = 0.85 A_v f_y d / s = 0.85 (2 \times 0.71 \times 4200 \times 44) / 20 = 11.153$$

$$\varnothing V_S = 11.15 \text{ t} > 3.68 \quad \text{SE ACEPTA YA QUE RIGE EL CORTANTE}$$

**TRABE T-3**

Rejilla Irving IS-02 3" x 1/4"



cm

Número de soleras / m

$$N = 100 / 2.07 = 48.31$$

$$B = 0.59 \text{ m}$$

$$W_{\text{PLACA}} = 0.00635 \times 0.0762 \times 7850 \times 1 = 3.80 \text{ Kg/m}$$

$$W_t = 3.80 \times 0.59 \times 48.31 = 108 \text{ Kg/m} \quad d = 17 \text{ cm}$$

Flexión

$$M_{\text{MAX}} = (2250)0.6 + (0.108)1.20^2/8 = 1.37 \text{ t-m}$$

$$M_U = 1.7 \times 1.3 \times 1.37 = 3.03 \text{ t-m}$$

Se obtiene

$$p = 0.0133 \quad A_s = 5.6 \text{ cm}^2 \quad \text{Usar } 3 \text{ } \varnothing \text{ } 3/4 \text{ ''}$$

No rige la flexión, pero se acepta para evitar efectos de fatiga, proporcionados por las cargas repetidas

Cortante

$$V_{\text{MAX}} = 4500 \text{ Kg} \quad V_U = 1.7 \times 1.3 \times 4500 = 9,945 \text{ Kg}$$

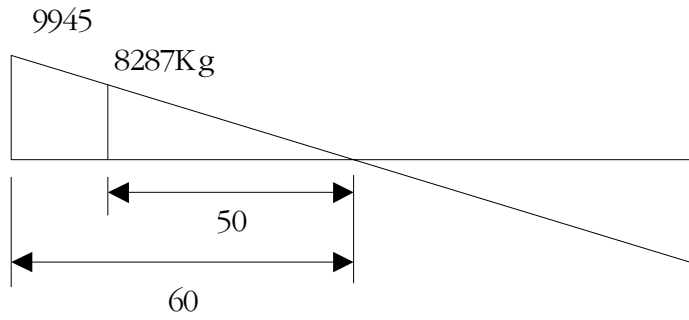
$$\varnothing V_c = 0.45 \sqrt{f'_c} b d = 0.45 \sqrt{250} \times 25 \times 17 = 3,024 \text{ Kg}$$

$$\varnothing V_s = V_U - \varnothing V_c = 9,945 - 3,024 = 6,921 \text{ Kg}$$

Se proporcionarán estribos  $\varnothing 3/8'' @ 15\text{cm}$ 

$$\varnothing V_s = 0.85 A_{vfyd}/s = 0.85 (3 \times 0.71 \times 4200 \times 17)/15 = 8.618$$

$$\varnothing V_s = 8.62 \text{ t} > 6.92 \quad \text{CUMPLE}$$



Revisando el paño del muro y considerando solo dos ramas

$$V_U = 8287 \text{ Kg} \quad \emptyset V_C = 3024 \text{ Kg}$$

$$\emptyset V_S = V_U - \emptyset V_C = 8,287 - 3,024 = 5,263 \text{ Kg}$$

Se proporcionarán estribos  $\emptyset 3/8'' @ 15\text{cm}$

$$\emptyset V_S = 0.85 \quad Avfyd/s = 0.85 \quad (2 \times 0.71 \times 4200 \times 17) / 15 = 5.745$$

$$\emptyset V_S = 5.75 \text{ t} > 5.26 \quad \text{SE ACEPTA}$$



**MURO LONGITUDINAL ENTRE T-3 Y T-4**

Refuerzo vertical

$$k = 0.33 \times 1.8 \times 1.8 = 1.07 \text{ t/m}^2$$

Sobrecarga  $q_s = 2 \text{ t/m}^2$

Empuje de Tierras

$$W = \frac{1.07 \times 1.8}{2} = 0.96 \text{ t/m}^2 \qquad E_1 = \frac{1.07 \times 1.8}{2} = 0.96 \text{ t/m}^2$$

Caso 15

$$M_{MAX} = 0.128 Wl = 0.128 \times 0.96 \times 1.8 = 0.22 \text{ t-m}$$

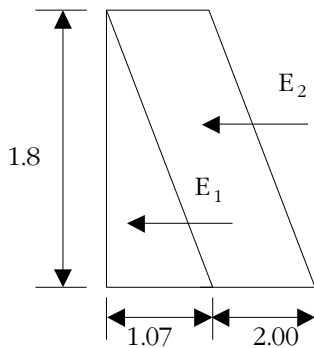
$$E_2 = 2 \times 1.8 = 3.6 \text{ t}$$

Caso 13

$$M_{MAX} = (2 \times 1.8^2)/8 = 0.81 \text{ t-m}$$

$$\text{Suma} = 1.03 \text{ t-m}$$

$$M_U = 1.7 \times 1.3 \times 1.03 = 2.28 \text{ t-m}$$



$$p = 0.0024 \qquad A_s = 5.6 \text{ cm}^2$$

< A<sub>s</sub> MIN POR FLEXION

$$\text{con } p = 0.0033$$

$$A_s = 0.0033 \times 100 \times 16 = 5.28 \text{ cm}^2/\text{m}$$

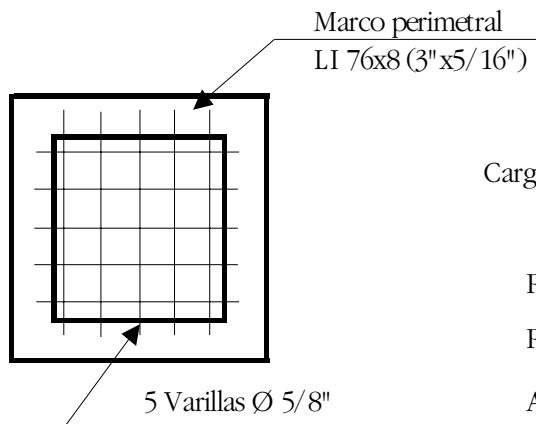
Usar  $\varnothing 1/2" @ 20\text{cm}$

Refuerzo horizontal

En direccion longitudinal se poporcionará acero de refuerzo mínimo por cambios volumetricos:

$$A_{S\text{ MIN}} = \frac{0.7 \sqrt{f_c} b d}{f_y} = \frac{0.7 \sqrt{250} \times 100 \times 16}{4200} = 4.22 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Usar  $\varnothing 1/2" @ 30\text{cm}$  (A<sub>s</sub> = 4.23)

**TAPA DE REGISTRO**

En cada dirección, soldadas en ambos extremos

Carga Viva

$$P = 4500 \text{ Kg} \quad (\text{Par de ruedas de un eje pesado})$$

$$P_u = (P)(FC)(CI) = 4500 \times 1.6 \times 1.3$$

$$P_u = 9360 \text{ Kg}$$

$$A_v = 5 \times 1.99 = 9.95 \text{ cm}^2$$

$$A_v = 9360 / 9.95 = 940.7 \text{ Kg/cm}^2 < 0.45 \text{ fy}$$

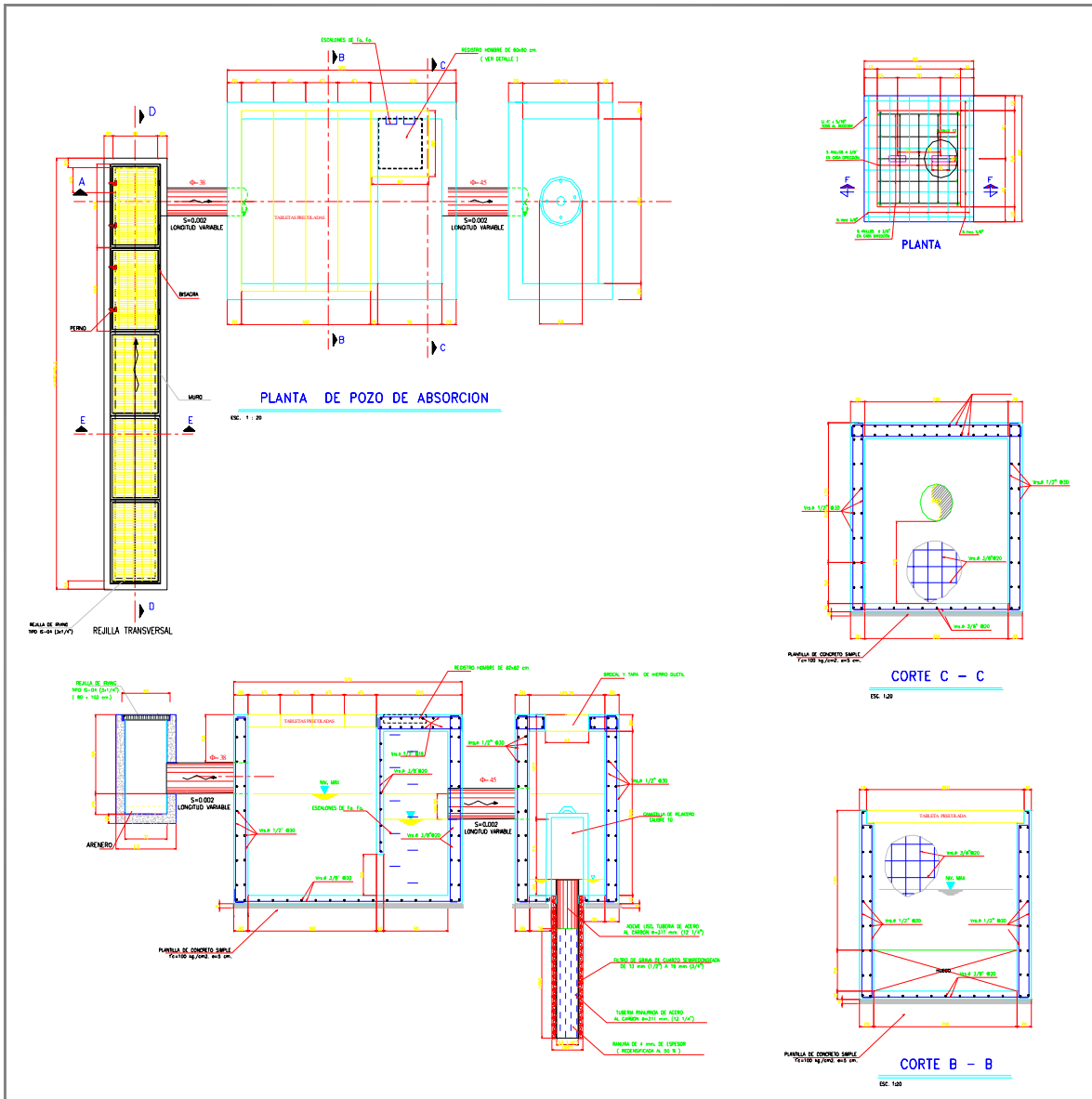
Notas:

- 1.- Los marcos deben fabricarse con ángulo perimetral soldado a tope en las cuatro esquinas
- 2.- Todas las varillas deberán soldarse en ambos extremos
- 3.- El Concreto deberá compactarse eficientemente para evitar porosidades
- 4.- Las tapas deberán curarse por inmersión en tinas de agua o por medio de vapor hasta que el concreto alcance el 0.70 f'c.

Definiciones:

FC ————— FACTOR DE CARGA

CI ————— COEFICIENTE DE IMPACTO



PLANO ESTRUCTURAL DEL POZO DE ABSORCIÓN.





## II.7 Catálogo de conceptos.

El catalogo de conceptos se realizo con las unidades y conceptos que aparecen en el tabulador de precios unitarios del Gobierno del Distrito Federal, el cual se presenta a continuación:

| CLAVE  | CONCEPTO  | UNIDAD | CANTIDAD | P.U.   | IMPORTE   |
|--------|---|--------|----------|--------|-----------|
| AF13DD | TRAZO Y NIVELACIÓN PARA OBRAS HIDRAULICAS, CON EQUIPO DE TOPOGRAFIA, INCLUYE: MATERIALES PARA SEÑALAMIENTO, MANO DE OBRA, EQUIPO Y LO NECESARIO PARA SU EJECUCIÓN.                                      | M2     | 56.12    | 2.61   | 146.47    |
| BI12BF | CORTE CON SIERRA EN PAVIMENTO DE CONCRETO ASFALTICO CON PROFUNDIDAD MAYOR A 5CM.  | M      | 63.00    | 9.55   | 601.78    |
| BL12DC | DEMOLICION MANUAL DE PAVIMENTO ASFALTICO, INCLUYE: BASE GRAVA CEMENTADA, PARA TRABAJOS DE BACHEO, MATERIALES, MANO DE OBRA, EQUIPO, HERRAMIENTA Y LO NECESARIO PARA SU EJECUCIÓN.                       | M3     | 7.35     | 131.75 | 968.35    |
| BN16EB | CARGA MECANICA Y ACARREO LIBRE DE UN KM, EN CAMION, DE MATERIAL DE DEMOLICIÓN DE CARPETA ASFALTICA.   | M3     | 7.35     | 20.00  | 147.03    |
| BN16EC | SOBRE ACARREO POR CADA ESTACION DE UN KM, POSTERORES AL ACARREO LIBRE, EN CAMION, ZONA URBANA, DE MATERIAL DE DEMOLICION DE CARPETA ASFALTICA.  | M3-KM  | 147.00   | 4.87   | 716.18    |
| BF16EB | EXCAVACION CON ROMPEDORA, MATERIAL III DE 0.00 A 2.00M DE PROFUNDIDAD.  | M3     | 91.53    | 372.16 | 34063.44  |
| BN16BB | CARGA MECANICA Y ACARREO LIBRE DE UN KM, EN CAMION, DE MATERIAL FINO O GRANULAR SECO, SATURADO MATERIAL MIXTO, INCLUYE: MATERIALES, MANO DE OBRA, HERRAMIENTA, EQUIPO Y LO NECESARIO PARA SU EJECUCION. | M3     | 91.53    | 18.59  | 1701.36   |
| BN16BC | SOBRE ACARREO POR CADA ESTACION DE UN KM, POSTERORES AL ACARREO LIBRE, EN CAMION, ZONA URBANA, DE MATERIAL FINO O GRANULAR.   | M3-KM  | 1830.60  | 4.51   | 8259.67   |
| BP12DC | RELLENO DE EXCAVACION CON TEPETATE PARA VOLUMENES MAYORES DE 50M3, COMPACTADO AL 90% PROCTOR.   | M3     | 7.85     | 195.91 | 1537.9092 |
| ND12DB | CAMA DE ARENA PARA ASIENTO DE DUCTOS, INCLUYE: ACARREO LIBRE HASTA 20.00M.  | M3     | 1.04     | 213.89 | 222.44352 |
| S/C    | SUMUNISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD DE 38"(380MM) DE DIAMETRO.  | M      | 7.20     | 636.00 | 4579.2    |





| CLAVE  | CONCEPTO  | UNIDAD | CANTIDAD | P.U.     | IMPORTE    |
|--------|---|--------|----------|----------|------------|
| FC13BB | PLANTILLA DE CONCRETO SIMPLE DE 5CM. DE ESPESOR $F'_{c}= 100$ KG /CM2, AGREGADO MAXIMO DE 40MM, INCLUYE: PREPARACION DEL DESPLANTE, NIVELACION Y COMPACTACION.  | M3     | 1.39     | 61.87    | 86.00208   |
| DB12CD | SUMINISTRO, HABILITADO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO $F_y = 4200$ KG/CM2, INCLUYE: ACARREOS, ENDEREZADO, TRAZO, CORTES, AMARRES, SILETAS, GENCHOS, TRASLAPES Y DESPERDICIOS, EN CUALQUIER ELEMENTO ESTRUCTURAL. | TON    | 1.53     | 12022.47 | 18394.3791 |
| FE16CB | -----<br>= 250 KG/CM2 T.M.A. 20MM, PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES.  | M3     | 17.53    | 1972.86  | 34584.24   |
| S/C    | CIMBRA METALICA RECUPERABLE EN MUROS HASTA UNA ALTURA MAXIMA DE 4.00M.  | M2     | 110.69   | 136.14   | 15069.34   |
| S/C    | SUMINISTRO Y COLOCACION DE REJILLA TIPO IRVING IS-04 DE 0.80 X 1.20 M. DE 3" X 1/4". INCLUYE ELEMENTOS DE FIJACION, BISAGRAS, MARCOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU EJECUCION.   | PZA    | 15.00    | 7018.80  | 105282     |
| QG12BB | RIEGO DE IMPREGNACION CON EMULSION ASFALTICA, INCLUYE: ACARREO AL PRIMER KM.  | LITRO  | 2.77     | 4.12     | 11.40132   |
| QG12CB | RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA, INCLUYE: ACARREO LIBRE AL PRIMER KM.  | LITRO  | 2.77     | 4.12     | 11.4124    |
| QH12FH | CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO DE 10 CM. DE ESPESOR CON CARGA Y ACARREO DEL MATERIAL AL PRIMER KILOMETRO.  | M2     | 12.80    | 121.34   | 1553.2032  |
| QJ12BB | SELLO CON CEMENTO PORTLAND TIPO I A RAZON DE 0.50 KG. DE CEMENTO POR M2.  | M2     | 1.40     | 1.67     | 2.3352     |
| S/C    | PLACA DE ACERO A-36 PARA PASO VEHICULAR DE 19MM. (3/4"), INCLUYE ACARREO LIBRE A UNA ESTACION DE 20M.   | KG/USO | 78.00    | 2.82     | 219.96     |
| PB15BL | PERFORACION DE POZO, EN MATERIAL III DE 0.00 A 100.00M DE PROFUNDIDAD DE 305 MM (12") DE DIAMETRO.  | M      | 10.00    | 3160.32  | 31603.2    |
| S/C    | PRUEBA DE ABSORCION EN EXPLORACION DESCARGANDO A BOCA DE POZO UNA PIPA CON CAPACIDAD DE 6 M3.   | LOTE   | 1.00     | 1227.14  | 1227.14    |



| CLAVE  | CONCEPTO  | UNIDAD | CANTIDAD | P.U.            | IMPORTE           |
|--------|---|--------|----------|-----------------|-------------------|
| S/C    | AMPLIACION DE POZO EN MATERIAL III DE 0.00 A 100.00 DE PROFUNDIDAD DE 445 MM (17 1/2") DE DIAMETRO.   | M      | 10.00    | 2228.88         | 22288.8           |
| S/C    | AMPLIACION DE POZO EN MATERIAL III DE 0.00 A 100.00 DE PROFUNDIDAD DE 559 MM (22") DE DIAMETRO.   | M      | 10.00    | 2228.88         | 22288.8           |
| S/C    | AMPLIACION DE POZO EN MATERIAL III DE 0.00 A 100.00 DE PROFUNDIDAD DE 660 MM (26") DE DIAMETRO.   | M      | 10.00    | 2228.88         | 22288.8           |
| S/C    | SUMINISTRO E INSTALACION DE ADEME CON TUBERIA LISA DE ACERO Y UNION DE TRAMOS CON SOLDADURA ELECTRICA DE (18") 457 MM DE DIAMETRO.  | M      | 6.00     | 840.00          | 5040              |
| S/C    | SUMINISTRO DE ADEME CON TUBERIA RANURADA DE ACERO DE 0.94 MM (5/16") DE ESPESOR Y 762 MM DE DIAMETRO.   | M      | 7.00     | 936.00          | 6552              |
| PC12BB | MOVIMIENTO DE EQUIPO DE PERFORACION HASTA UNA DISTANCIA DE 15 KM. INCLUYE:DESMANTELAMIENTO DONDE ESTA INSTALADA,CARGA DE LOS VEHICULOS DE TRANSPORTE, DESCARGA Y MONTAJE EN LA NUEVA INSTALACION. | LOTE   | 1.00     | 13952.04        | 13952.04          |
| PB12BC | TRANSPORTE DE EQUIPO DE PERFORACION EN KILOMETROS SUBSECUENTES A LOS 15 KILOMETROS  | KM     | 20.00    | 38.16           | 763.2             |
| UC12BB | SEÑAL PREVENTIVA DE 86 X 86 CM CON REFLEJANTE SCOTCHLITE Y POSTE.   | PZA    | 4.00     | 1157.02         | 4628.06           |
| UC12DF | SUMINISTRO DE TRANSICONOS DE 45 CM DE ALTURA Y 25 CM DE BASE DE PVC, COLOR NARANJA.   | PZA    | 20.00    | 210.56          | 4211.28           |
| UC13GC | SEÑAL RESTRICTIVA DE 60 X 80 CM SIN REFLEJANTE Y CON POSTE  | PZA    | 6.00     | 757.22          | 4543.34           |
|        |   |        |          | <b>SUBTOTAL</b> | <b>367,544.77</b> |
|        |   |        |          | <b>IVA</b>      | <b>55,131.71</b>  |
|        |   |        |          | <b>TOTAL</b>    | <b>422,676.48</b> |

En general este es el costo de construcción del pozo de absorción.



## **CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.**



## CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.

Los pozos de absorción son parte de un programa para la rehabilitación del acuífero, en el caso de este trabajo, el pozo de absorción se propuso en una zona donde existían problemas de encharcamiento y así canalizar esas aguas pluviales hacia la estructura de infiltración para su almacenamiento y así infiltrarla al subsuelo para tratar de generar el equilibrio hidráulico de  $1 \text{ m}^3$  extraído igual a  $1 \text{ m}^3$  infiltrado.

Este tipo de estructuras contruidas en diferentes zonas de la ciudad donde se se tengan las características para poder infiltrar hacia el subsuelo generarían el equilibrio que se busca, desafortunadamente las autoridades aun no se concientizan de que este tipo de programas son eficientes y piensan que son solo un desperdicio de los recursos de la Ciudad, sin saber que el problema de escases de agua es cada vez mayor en la Ciudad y por eso este tipo de programas deberían tener mayor difusión entre las generaciones futuras.

En conclusión, los pozos de absorción son estructuras que tienen dos funciones: la de solucionar los problemas de encharcamientos que también son un problema de la Ciudad y el de infiltrar las aguas de lluvia hacia el subsuelo.



## **BIBLIOGRAFÍA.**



## BIBLIOGRAFÍA.

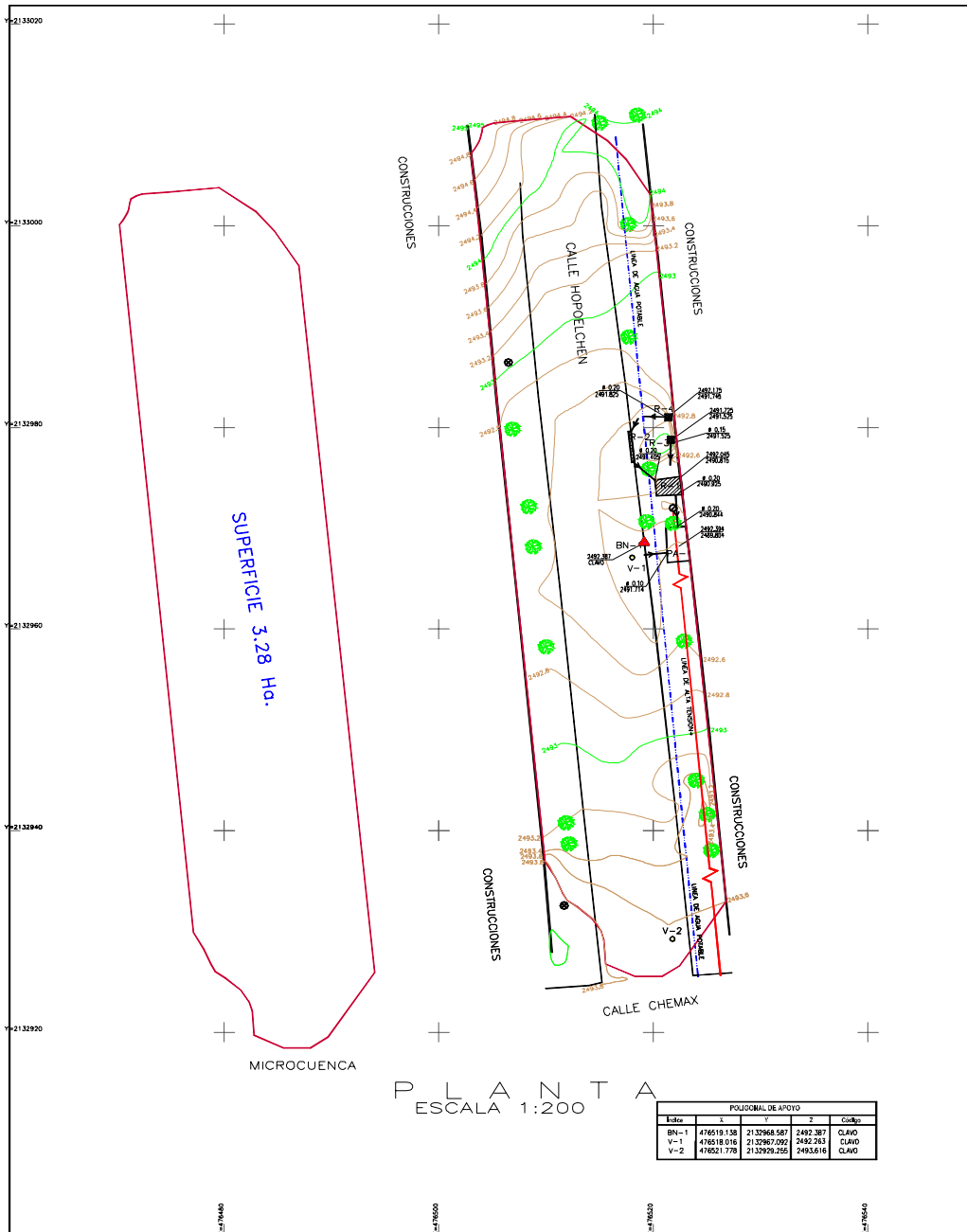
- Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica.  
“Cálculo de ingresos pluviales y sanitarios a las redes de alcantarillado”.  
México, 1998.
- Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez.  
“Mecánica de Suelos Tomo I, Fundamentos de la Mecánica de Suelos”  
Editorial LIMUSA  
México, 1981.
- Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez.  
“Mecánica de Suelos Tomo II, Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos”  
Editorial LIMUSA  
México, 1981.
- Gobierno del Distrito Federal.  
“Tabulador General de Precios Unitarios del Departamento del Distrito Federal”  
México, 2006.
- Instituto de Ingeniería de la UNAM.  
Comentarios y Ayuda de Diseño y Ejemplo de las Normas Técnicas Complementarias en el Diseño de Cimentaciones.  
México, 2004.



## ANEXOS

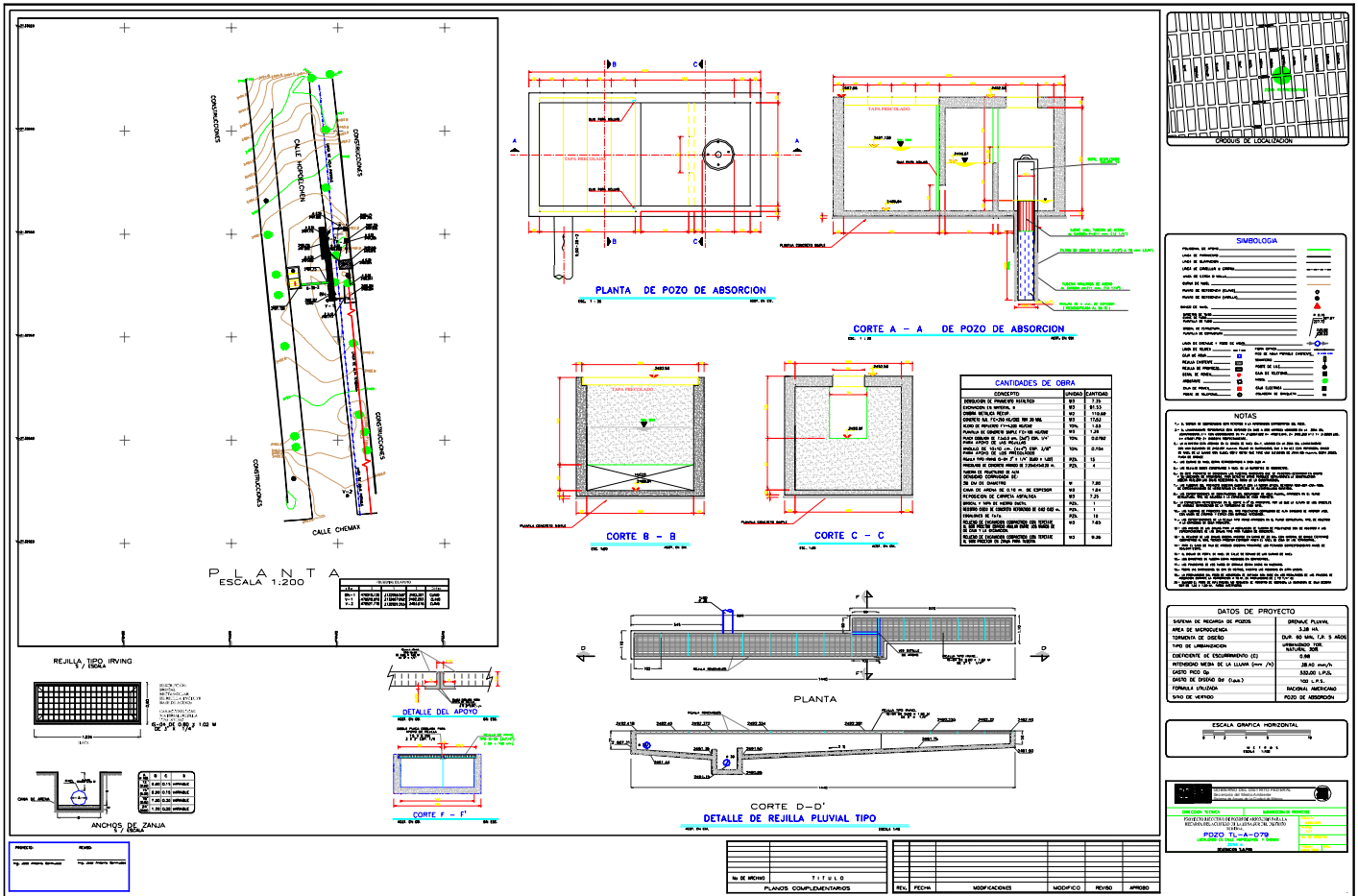






PLANO DE UBICACIÓN Y CUENCA DEL SITIO DE PROYECTO.





PLANO GEOMÉTRICO DEL PROYECTO.

## ANEXO II. FOTOGRAFICO.



PANORÁMICA DE LA CIUDAD HACE 30 AÑOS



PANORÁMICA DE LA CIUDAD EN LA EPOCA ACTUAL.



POZO DE EXTRACCIÓN DE AGUA DEL SUBSUELO.



DEMANDA DE AGUA EN LA CIUDAD.



DEMANDA DE AGUA EN LA CIUDAD.



ÁREA NATURAL DE INFILTRACIÓN.



EJEMPLO DE SITIO DE PROYECTO 1



EJEMPLO DE SITIO DE PROYECTO 2



SITIO DE PROYECTO DE POZO DE ABSORCIÓN 1



SITIO DE PROYECTO DE POZO DE ABSORCIÓN 2





SITIO DE PROYECTO DE POZO DE ABSORCIÓN 3



SITIO DE PROYECTO DE POZO DE ABSORCIÓN 4