



2. MECÁNICA DE SUELOS E INGENIERÍA DE CIMENTACIONES

2.1 Información General.

Geología

El predio se localiza en la llamada Zona de Lagos, en la parte correspondiente al Lago de Texcoco, la cual se caracteriza por tener un subsuelo con grandes espesores de arcilla lacustre de origen volcánico, con intercalaciones delgadas de pómez, arena negra y vidrio volcánico, muy compresible, de baja resistencia al corte y contenidos de agua altos.

Sismicidad

De acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, los módulos que forman el edificio se clasifican dentro del grupo B (edificio para viviendas), subgrupo B2. Por encontrarse el predio en la Zona III, el coeficiente sísmico es de 0.40

Trabajos de Campo

Los trabajos de campo consistieron en la realización de un sondeo de tipo mixto (SM-1) y dos pozos a cielo abierto (PCA-1 y 2). En la Fig. 18 se muestra la localización del sondeo y de los PCA's.

Sondeo de tipo mixto. La exploración del sondeo de tipo mixto (SM-1), se realizó con recuperación continua de muestras, alternando el uso de la herramienta de penetración estándar y el muestreo con tubo Shelby de 10 cm de diámetro, hasta 30.50 m de profundidad

Pozos a cielo abierto. Los pozos a cielo abierto PCA-1 y 2 se excavaron a 4.50 y 2.10 m de profundidad, respectivamente, para determinar la estratigrafía y las propiedades del suelo superficial. De las paredes de los pozos se tomaron muestras representativas del material encontrado a cada 50 cm y se extrajeron muestras cúbicas de suelo inalterado.

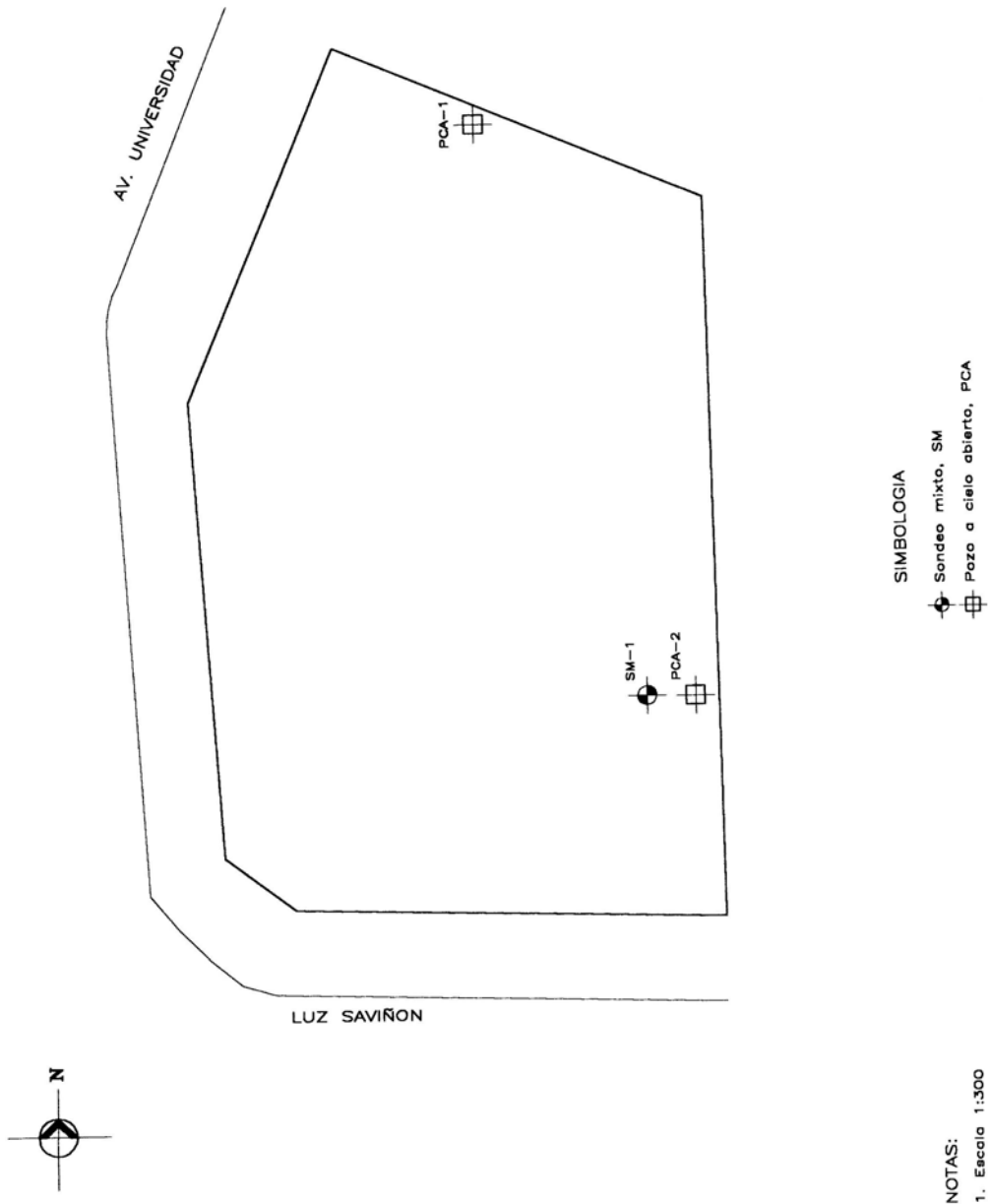


Figura 18. Localización de los sondeos.



Trabajos de Laboratorio

Con las muestras de suelo inalteradas, se llevaron a cabo las pruebas índice y mecánicas de laboratorio siguientes:

- Descripción visual y manual.
- Contenido de agua natural.
- Densidad de Sólidos.
- Porcentaje de finos.
- Compresión triaxial.
- Consolidación unidimensional.

2.2 Características Geotécnicas.

Estratigrafía

El suelo del sitio donde se realizó el sondeo SM-1, está compuesto por una capa superficial de material de relleno, de 0.70 m de espesor con contenido de agua promedio de $w = 30\%$; de 0.70 y hasta 1.70 m de profundidad, se localizó un estrato de limo arenoso café oscuro y $w = 30\%$; le sigue una capa de 1.00 m de espesor de arena limosa café grisáceo y $w = 20\%$; a continuación y hasta 6.00 m de profundidad se presentó un estrato de limo arcilloso café oscuro con lentes de arena y $w = 100\%$; entre 6.00 y 6.75 m, se localizó un estrato de arena limosa gris oscuro y $w = 50\%$; continúa, un estrato de 2.25 m de espesor de limo arcilloso gris verdoso y $w = 150\%$, el cual, sobreyace a un estrato de 3.00 m de espesor de arcilla café con fósiles y lentes de arena y $w = 350\%$; entre 15.50 y 21.00 m de profundidad, se localizó un estrato de arcilla café rojizo con lentes de arena y vidrio volcánico y $w = 200\%$; posteriormente, se encontró un estrato de 2.50 m de espesor de arcilla gris verdoso con fósiles, lentes de arena y vidrio volcánico con $w = 250\%$; de 23.50 a 27.00 m de profundidad, se detectó una capa de limo arenoso gris verdoso y $w = 40\%$; le sigue, un estrato de 2.50 m de espesor de arcilla gris verdoso y $w = 220\%$. A continuación y hasta la máxima profundidad explorada 30.50 m, se detectó limo arenoso gris oscuro y $w = 40\%$.

Por lo expuesto anteriormente, el predio se ubica en la Zona III, de Lagos de la Ciudad de México (Ref. 1 y 2).

El nivel de agua freática se encontró 4.40 m de profundidad con respecto a nivel del terreno actual del predio, el cual, puede variar en función de la temporada de lluvias.



En las siguientes dos páginas se presentan los perfiles estratigráficos del pozo a cielo abierto PCA-1 y del obtenido del sondeo mixto SM-1 y que ya fue descrito en el párrafo anterior.

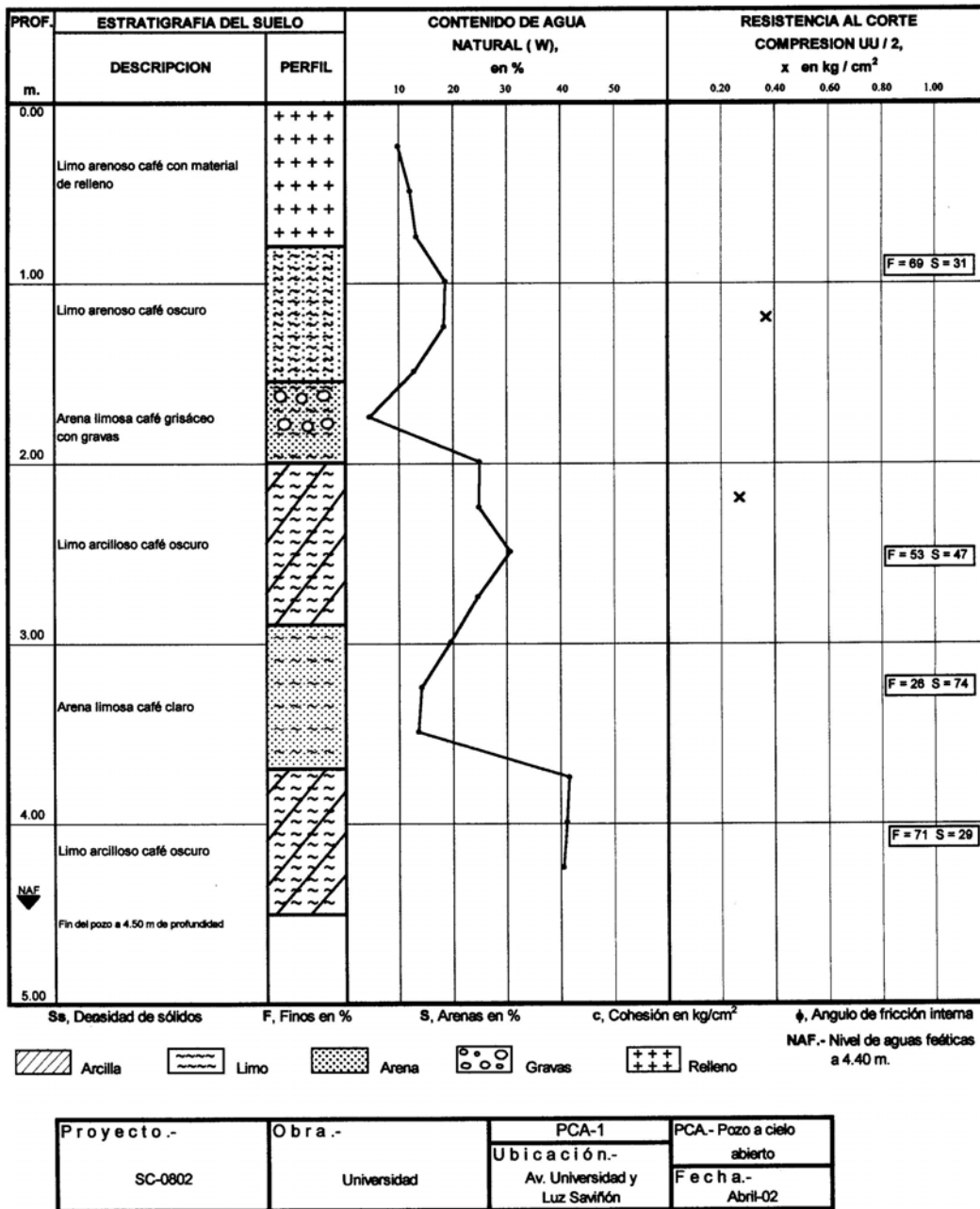


Figura 19. Perfil estratigráfico PCA-1



2.3 Análisis de la Cimentación.

Cargas Estructurales

De acuerdo al proyecto arquitectónico, el edificio a construir estará integrado por dos módulos (A y B). Cada módulo constará de dos sótanos, planta baja y cinco niveles; los sótanos serán destinados para estacionamiento y ocuparán toda el área del predio y los demás niveles para alojar departamentos. Los módulos que forman el edificio serán estructuralmente independientes desligados por una junta constructiva, localizada entre los ejes 4 y 5, tanto en la cimentación como en la estructura. La posición en planta de la junta constructiva se puede observar en los planos arquitectónicos presentados en el capítulo anterior.

Los módulos del edificio estarán resueltos estructuralmente con columnas, traveses y losas de concreto. Las principales características arquitectónicas y los cortes del edificio, fueron mostrados en el capítulo anterior.

Las cargas fueron proporcionadas por el responsable del diseño estructural, incluyen el peso de la losa de piso del sótano 2 y sus traveses de rigidización. Enseguida se resumen las cargas estructurales totales para cada uno de los módulos que forman el edificio:

Las cargas anteriores deberán afectarse por los factores de carga correspondientes, según la ref. 1.

Módulo	Carga permanente más carga viva con intensidad máxima Ton	Carga permanente más carga viva con intensidad media Ton	Carga permanente más carga viva instantánea Ton	Momento de volteo Ton-m
A	3525.90	3205.36	3365.63	8066.00
B	5394.32	4903.93	5149.12	12354.00



Cimentación

Con base en las características estratigráficas, arquitectónicas, las cargas estructurales y de servicio de los módulos que forman el edificio, se desprenden que la cimentación que puede cumplir con las condiciones de seguridad y funcionalidad de las estructuras y con el Reglamento de Construcciones de para el D.F., es aprovechar la estructura de los sótanos como cajón de cimentación de los módulos que forman el edificio. La losa de cimentación será la losa de piso del sótano 2, la cual será rigidizada por traveses invertidas en ambas direcciones. La profundidad de desplante de la losa será al nivel arquitectónico -4.25 m, y el de las traveses de rigidización será al nivel -5.40 m; tomando como referencia el nivel de banqueta actual. Los muros perimetrales del semisótano deberán ser diseñados como muros de contención y serán de concreto. Las dimensiones, geometría y características de las cimentaciones se indican en las Fig. 19 y 20.

Las dimensiones, geometría y características de las losas de cimentación, así como de las traveses de rigidización de la cimentación (altura y anchos), y la junta constructiva entre los módulos serán proporcionadas por el estructurista.

El nivel ± 0.00 arquitectónico corresponde con el nivel de banqueta actual. El nivel arquitectónico -3.90 m corresponde con el nivel de piso terminado del sótano 2, por lo que el nivel de desplante de la losa de cimentación será el -4.25 m. En lo que sigue se hará referencia a la profundidad de desplante de la losa de cimentación, con respecto al nivel de banqueta actual.

En todos los casos los asentamientos totales son menores que el máximo admitido por reglamento, 30 cm (Ref. 1). Por lo anterior, si las cimentaciones fueran aisladas o flexibles, en los módulos se tendrían asentamientos relativos mayores al máximo admitido por el reglamento (0.004). Se recomienda que las losas de cimentación sean rígidas, de esta manera los asentamientos totales serán uniformes y los diferenciales serán menores.

Debe tomarse en cuenta que en el análisis de asentamientos no se consideró el asentamiento regional por abatimiento de las presiones del agua intersticial, debido al bombeo. Dicho de otra manera, la cimentación fue diseñada parcialmente compensada de tal forma que los incrementos de esfuerzo en los distintos estratos sean tales que no se rebase la carga de preconsolidación de los suelos arcillosos. Sin



embargo, un abatimiento en la presión de poro implica un incremento de esfuerzo efectivo (el cual desconocemos, y está fuera de nuestro control, ya que es por bombeo de los acuíferos). Este incremento más el esfuerzo neto de la estructura puede rebasar la carga de preconsolidación de las arcillas y someterlas a esfuerzos correspondientes a la rama virgen de la curva de compresibilidad, aumentando, consecuentemente, los asentamientos totales.

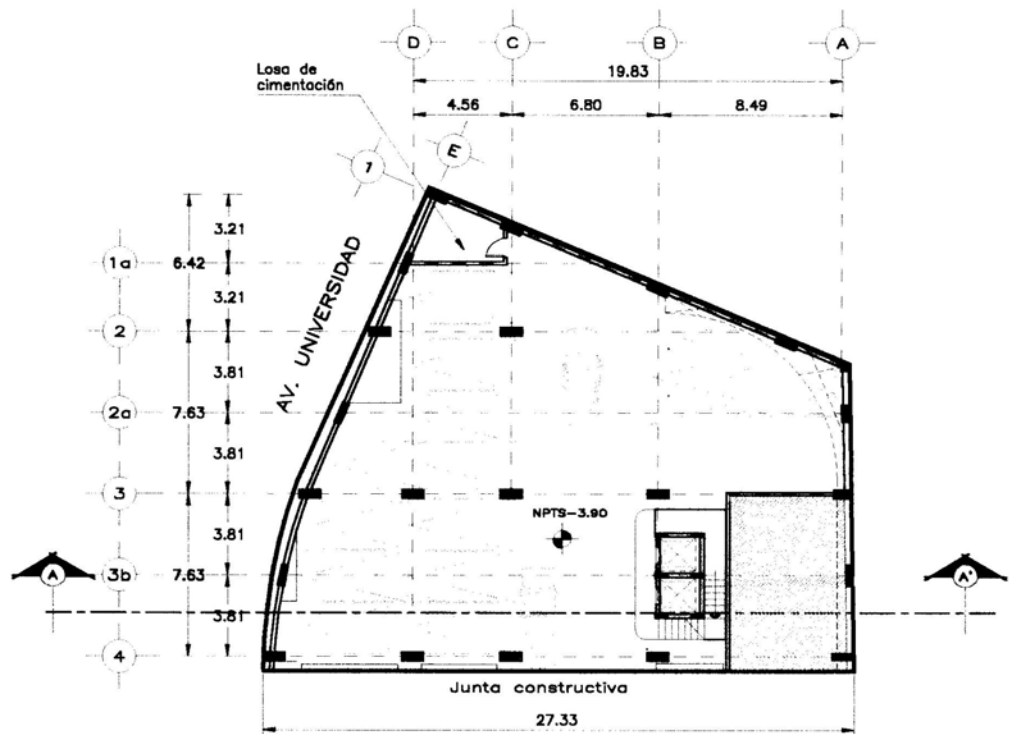
Lo discutido en el párrafo anterior es también razón para recomendar que los cajones de la cimentación sean rígidos.

Estabilidad de la excavación

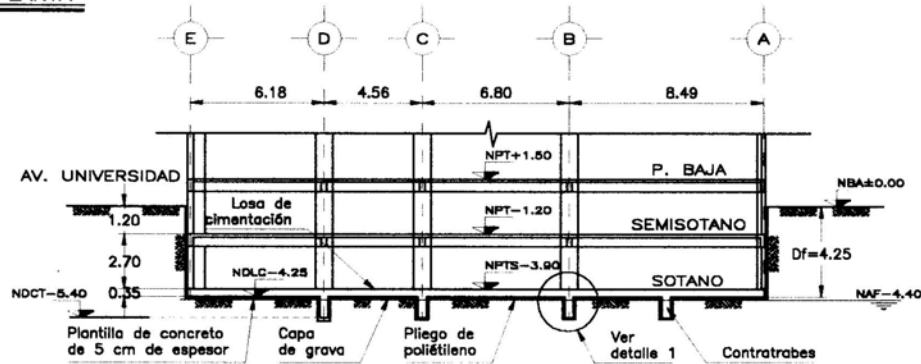
Para determinar la inclinación que deberán tener los taludes durante la excavación para alojar los sótanos de las estructuras, se efectuó un análisis de taludes, tomando en cuenta que los materiales localizados hasta la máxima profundidad de excavación son de tipo cohesivo friccionante, no presentan variaciones importantes de su resistencia, por lo que el mecanismo de falla general con más posibilidades de ocurrir es el de rotación a lo largo de una superficie cilíndrica. El análisis se hizo empleando un programa de computadora que aplica el método de Bishop simplificado.

Taludes de ataque. Considerando los materiales del suelo y la profundidad de excavación, se analizó un talud con pendiente 0.7:1.0 (horizontal a vertical) entre los niveles -2.00 y -4.40 m, con una sobrecarga de 3.00 t/m² en la periferia de la excavación. En la Fig. 20, se presentan los factores de seguridad encontrados para diferentes superficies de falla, los valores son aceptables. Por lo que los taludes de ataque de la excavación, tanto en el sentido transversal como longitudinal deberán tener la inclinación señalada anteriormente.

Taludes Perimetrales. Durante el proceso de construcción de los muros perimetrales de las estructuras, en los taludes transversales localizados en la periferia de los módulos, se realizará un corte vertical para construir los muros; el ancho promedio máximo de estos tableros será de 4.00 m, se revisó la estabilidad del talud en esta condición a corto plazo. En la Fig. 21, se muestran los valores obtenidos, los cuales indican que se puede realizar la excavación en corte vertical, en tableros alternados, para construir los muros; la forma y proceso de excavación del talud se describirá en el procedimiento constructivo.



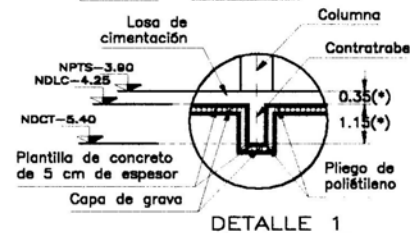
PLANTA



CORTE A-A'

NOTAS:

1. Información arquitectónica proporcionada por el ARQ. YURI ZAGORIN ALAZRRRAQUI.
2. La profundidad de desplante ($D_f=4.25$ m), es efectiva y esta referida al nivel de banqueta actual ($NBA\pm 0.00$).
3. Al nivel -4.40 m, se colocará una capa de grava de 10 cm de espesor y sobre de esta, pliegos de polietileno y finalmente una plantilla de concreto de 5 cm de espesor.
4. Es necesario que los niveles de este informe sean referidos al banco de nivel de la obra.
5. Las dimensiones de las losas, trabes y las características de las juntas constructivas serán proporcionadas por el estructurista (*).
6. Acotaciones y elevaciones en metros.
7. Escala 1:300



DETALLE 1

SIMBOLOGIA

- NPTS Nivel de piso terminado del semisótano
- NPT Nivel de piso terminado
- NDLC Nivel de desplante de la losa de cimentación
- NDCT Nivel de desplante de la contratrabe
- NBA Nivel de banqueta actual

Figura 20. Planta y Corte de la cimentación. Módulo A.

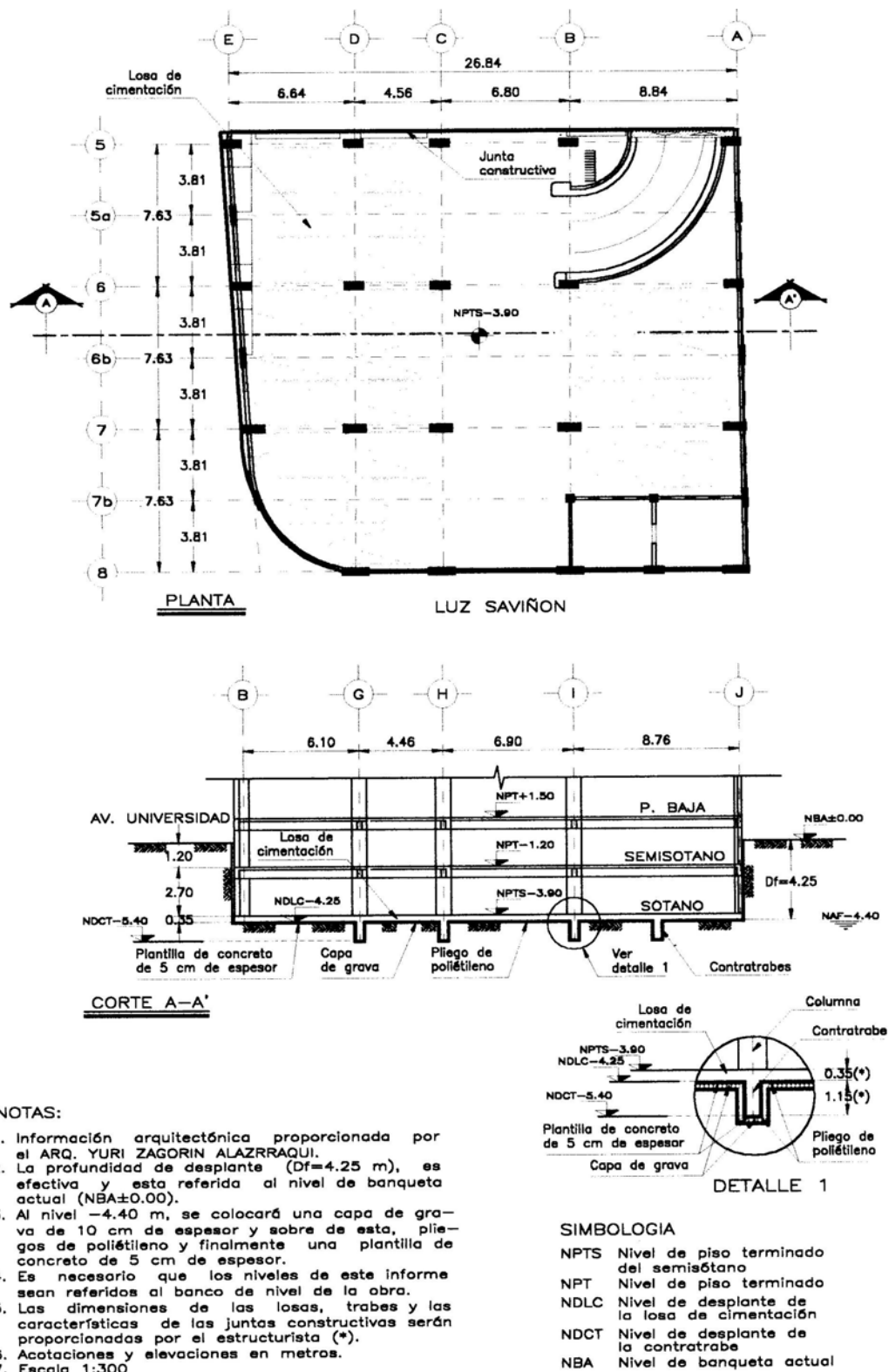


Figura 21. Planta y Corte de la cimentación. Módulo B.



CONDICION ANALIZADA

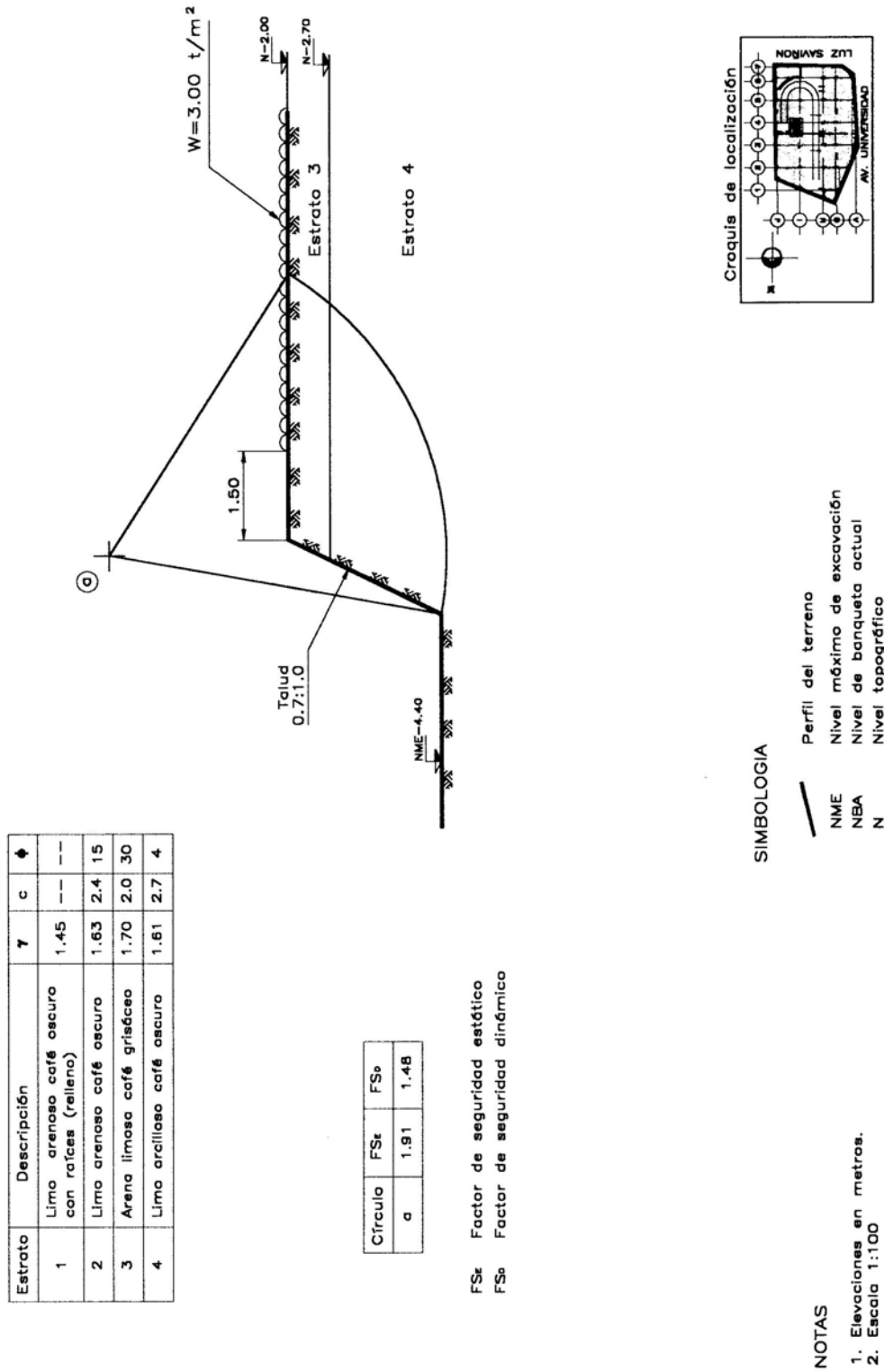


Figura 22. Estabilidad de los taludes de avance.

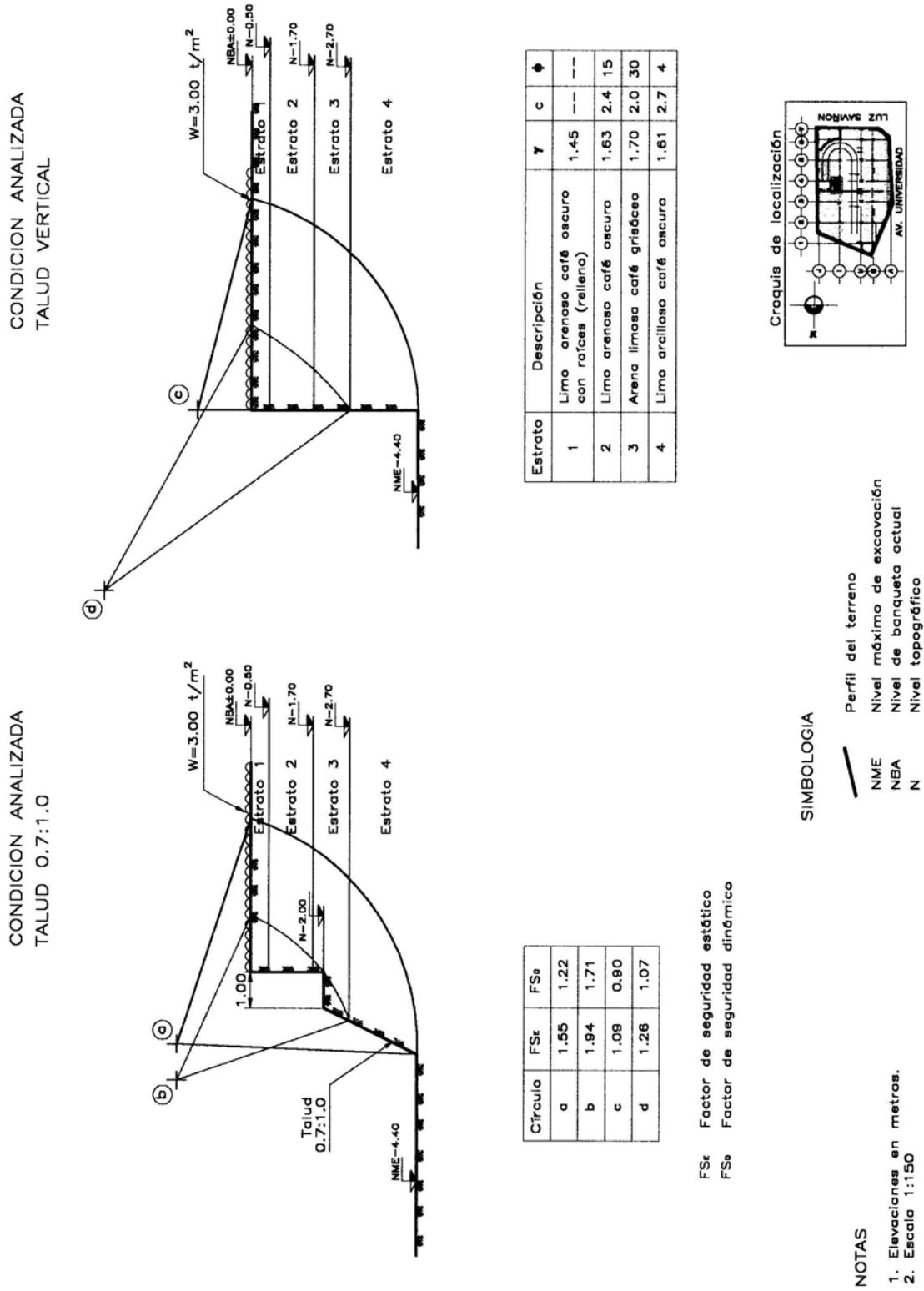


Figura 23. Estabilidad de los taludes perimetrales.



Presiones a Largo Plazo Sobre los Muros Rígidos

Los muros perimetrales deberán ser diseñados para resistir la presión que se obtuvo por la suma de los siguientes efectos:

- La presión de la masa del suelo en condición de reposo, obtenida como el producto acumulado del peso volumétrico total por los espesores de los estratos, afectados por el coeficiente de presión de tierras en reposo.
- La acción de una sobrecarga uniformemente repartida, actuando en la superficie del terreno, en un área rectangular contigua al muro.
- Para tomar en cuenta las solicitaciones sísmicas, se determinó una componente horizontal expresada como el producto del peso de la masa deslizante por un coeficiente sísmico de 0.40,

2.4 Procedimiento Constructivo.

Colindancias

El terreno en estudio colinda al norte y al oriente con estructuras de dos niveles y bardas de lindero; al sur con la calle de Luz Saviñón y al poniente con la Av. Universidad. En la Fig. 24 se muestra la ubicación de las estructuras colindantes con el terreno en estudio.

En el predio se localizan estructuras de uno y dos niveles; además de una capa de relleno de 0.75 m de espesor promedio. Para elegir el tipo de equipo para efectuar la excavación que alojará la cimentación del edificio se deberá considerar la presencia de las cimentaciones de las estructuras.

Al hacer la excavación para construir el edificio, habrá que contener los cimientos de las viviendas y de las bardas vecinas, a la profundidad de aquella para evitar en lo posible dañarlas.

Procedimiento Constructivo

La excavación y construcción de la cimentación del edificio se realizará por etapas indicadas con los número 1 y 4, las cuales se efectuarán en forma ascendente; los módulos A y B del edificio se construirán en forma simultánea, como se indica en la Fig. 25.

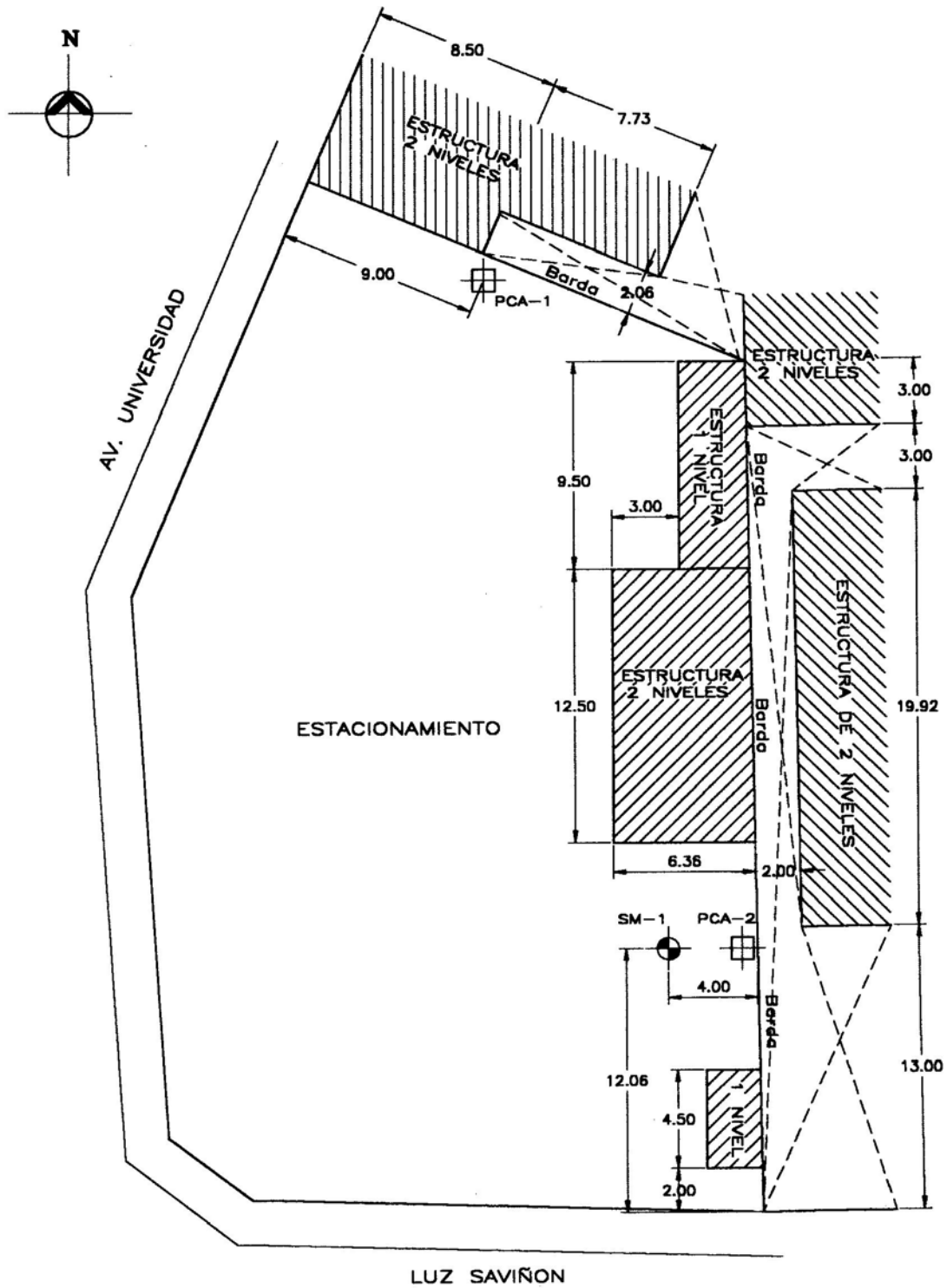


Figura 24. Ubicación de las estructuras en el predio y colindantes.

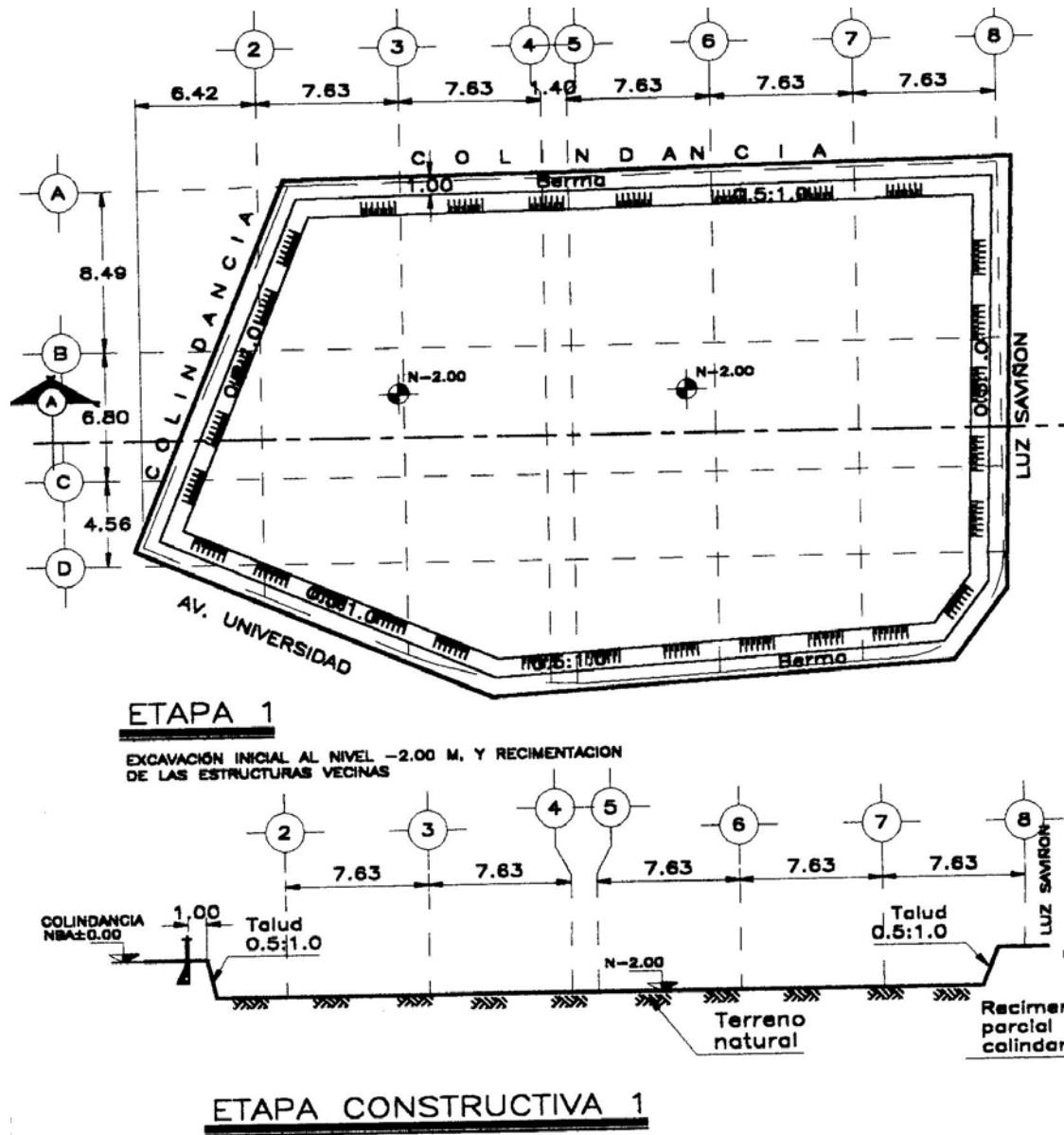


Figura 25a. Etapa Constructiva 1.

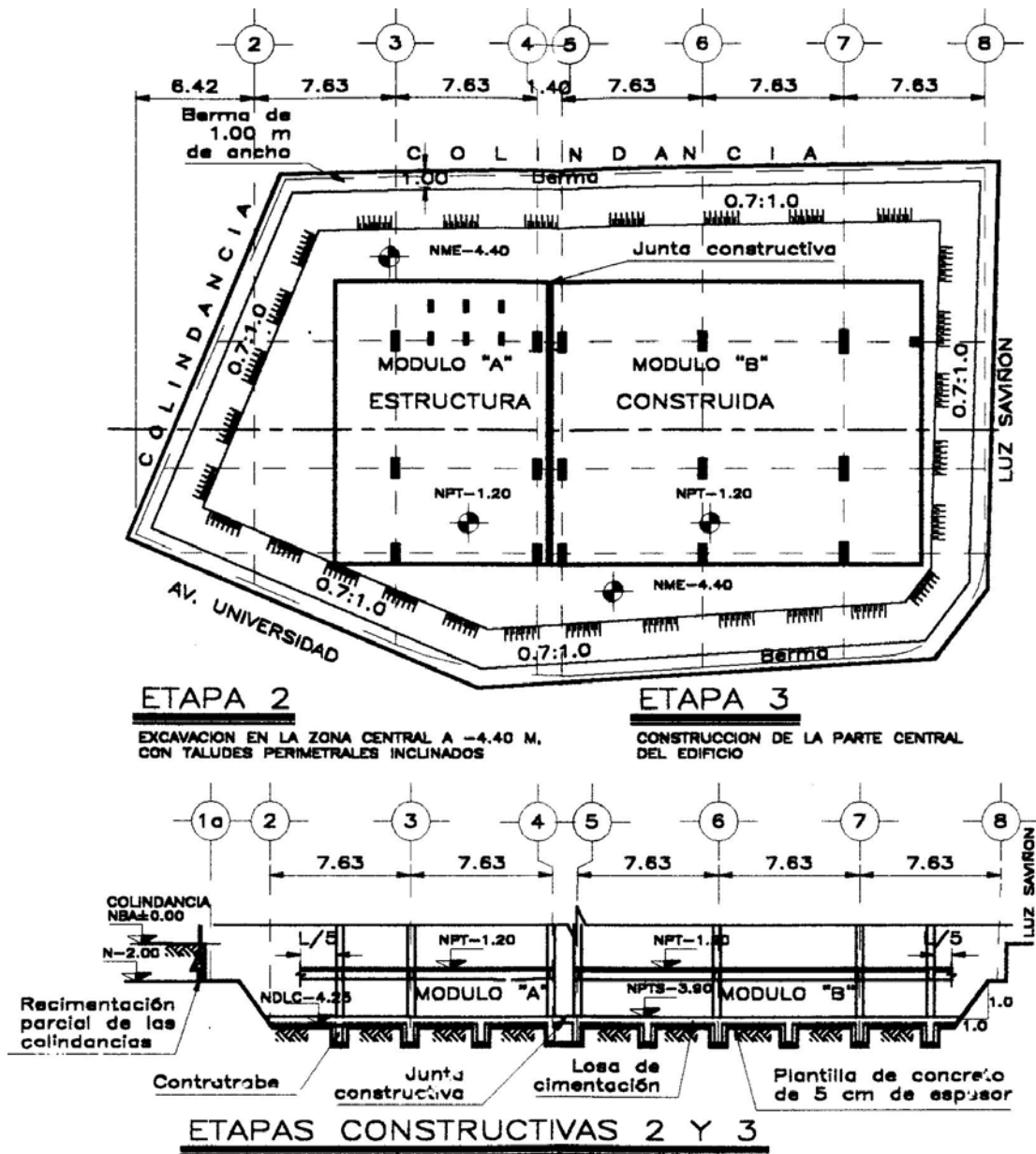


Figura 25b. Etapas Constructivas 2 y 3.

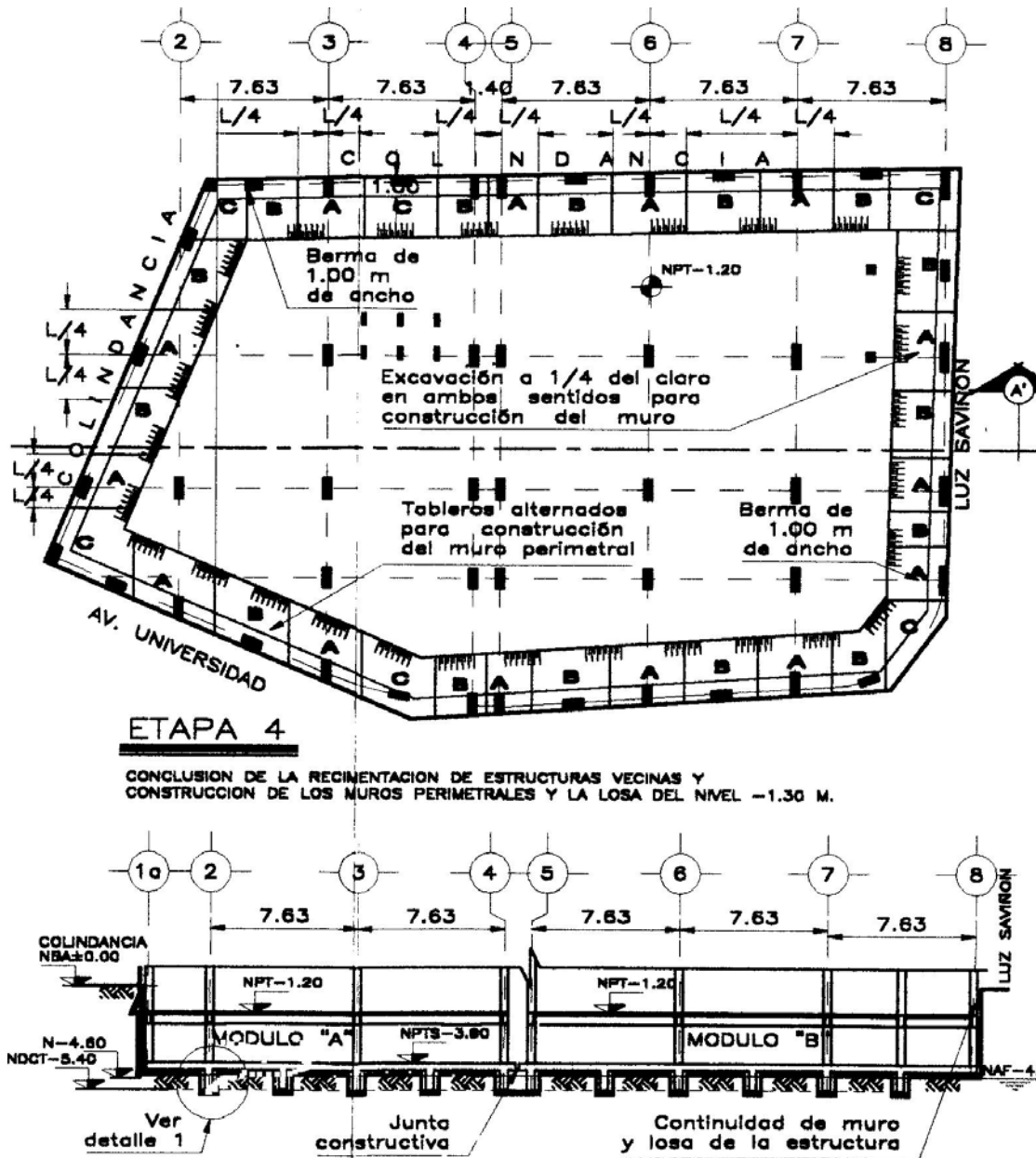


Figura 25c. Etapa Constructiva 4.



A continuación se realizará la descripción de cada una de las etapas del procedimiento propuesto para la excavación que alojará el cajón de cimentación y el semisótano de la estructura:

Excavación a -2.00 m y Recimentación de las Estructuras Vecinas.

- En esta etapa se deberá realizar la demolición de las bardas de lindero y se retirarán los restos de la cimentación de las estructuras que se ubican en el predio.
- Una vez demolidas las estructuras, se instalarán referencias topográficas sobre el paramento de los muros continuos a la excavación, de las estructuras colindantes, que constituyan líneas de colimación que permitan medir posibles desplazamientos laterales o verticales de las colindancias y para poder fundamentar, con base en esta información, cambios al procedimiento constructivo. Las lecturas de las referencias instaladas se harán como mínimo semanalmente durante el proceso de excavación y construcción de la cimentación y el sótano, y se podrán incrementar de ser necesario, de acuerdo con el comportamiento observado y analizado por un ingeniero especialista en mecánica de suelo, que también podrá incrementar las referencias.
- En las colindancias con vía pública, el recorte del talud se hará en tramos alternados de 2.50 m de ancho anta el nivel -2.00 m, colocando enseguida una malla de tipo gallinero anclada al talud con varillas de 3/8" y 0.50 m de longitud, hincadas en una retícula de 1.50 m en ambos sentidos, sobre la cual se aplicará una capa de mortero de cemento de 2 cm de espesor. Una vez concluidos los trabajos en los tableros iniciales, se continuará con la excavación en los tableros restantes. Las actividades descritas en los incisos anteriores se presentan en la Fig. 25.
- En las colindancias norte y oriente, se recortará el talud en tramos alternados de 1.20 m de ancho, hasta el nivel -2.00 m. En las colindancias con estructuras se afinará el suelo por debajo de las cimentaciones de las mismas, con las dimensiones y características que se indican en la Fig. 44, colocando de inmediato una malla de tipo gallinero anclada al talud con varillas de 3/8" y 0.50 m de longitud, hincadas en una retícula de 0.50 m de lado, sobre la cual se aplicará



una capa de mortero de cemento de 2 cm de espesor. Adicionalmente, se colocarán varillas de $\frac{3}{4}$ " y 1.50 m de longitud, hincadas en una retícula de 1.50 m de lado. El aplanado se utilizará como cimbra para la construcción inmediata de una parte del muro de concreto que recibirá las cimentaciones de las estructuras vecinas, el cual se apoyará temporalmente al nivel -2.00 m, en las colindancias norte y oriente, para evitar, en lo posible, daños en las estructuras vecinas.

- Los tableros excavados deberán colarse el mismo día que se excaven y no deberán dejarse abiertos por ningún motivo durante el fin de semana.
- Una vez concluidos los trabajos en los tableros iniciales, se continuará con la excavación y regimentación de las estructuras localizadas en los tableros restantes.

Excavación en la Zona Central a -4.40 m, con Taludes Perimetrales Inclinados.

- Concluida la regimentación de las estructuras vecinas, se continuará con el recorte del talud, para ampliar la excavación en la zona central del predio. Al nivel -2.00 m, en las colindancias se dejará una berma de 1.00 m de ancho.
- Desde el nivel -2.00 m y hasta el nivel -4.40 m, la excavación se realizará con taludes perimetrales con pendiente 0.7:1.0 (horizontal a vertical); conforme se vaya profundizando la excavación, las paredes de los taludes deberán protegerse contra el intemperismo y la erosión con un aplanado de mortero de 2 cm de espesor, reforzado con malla tipo gallinero, separada por lo menos un centímetro de las paredes de la excavación; la malla se anclará al talud mediante varillas de $\frac{3}{8}$ " de diámetros y 0.50 m de longitud, hincadas en una retícula de 1.50 m de lado.
- La excavación con maquinaria se efectuará hasta 0.20 m sobre el nivel de máxima excavación; este último tramo se excavará con herramienta manual para evitar la alteración del suelo de apoyo de la cimentación. Una vez alcanzado el piso de la excavación no deberá transitar maquinaria en ella, tampoco personal, a menos que se tomen precauciones para hacerlo, tales como: entarimados de madera, etc.



- El nivel de aguas freáticas se encontró a -4.40 m de profundidad, por lo que será necesario desalojar el agua mediante bombeo de achique, por medio de drenes superficiales y cárcamos de los cuales será desalojada al exterior de la excavación con bombas convencionales. En la Fig. 45 se presenta el arreglo mínimo de drenes superficiales y cárcamos. El bombeo se mantendrá hasta que se concluya la construcción del sótano 2.
- Concluida la excavación de los drenes y cárcamos de bombeo, se podrá abatir el nivel de aguas freáticas por debajo del nivel de máxima excavación, lo que permitirá excavar y afinar los materiales hasta el nivel -4.40 m, mediante herramienta manual, para no alterar los materiales de desplante de la cimentación. Una vez alcanzado el nivel de máxima excavación, -4.40 m, se colocará una capa de grava de 10 cm de espesor, con tamaño de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " y sobre esta, una plantilla de concreto de baja resistencia, para evitar la pérdida de humedad y el premoldeo del suelo. Entre la capa de grava y la plantilla de concreto se colocarán tramos de polietileno que evite que el concreto penetre en la capa de grava.
- El piso de la excavación se protegerá con una plantilla de concreto de baja resistencia, $f'_c=100$ kg/cm², de 5 cm de espesor, para evitar la degradación del suelo, excepto en las zonas donde se localizarán las zanjias para alojar las trabes de rigidización.
- Durante la excavación para construir el sótano y semisótano, en la parte central del terreno, se deberá garantizar que los taludes perimetrales de la excavación sean estables al nivel de la zona de construcción de la losa de cimentación. Como se mencionó anteriormente, se propone que las paredes de la excavación, durante la etapa constructiva, tengan un talud de 0.7:1.0 (horizontal a vertical). En la Fig. 22, se muestran los resultados de los análisis realizados, para condiciones a corto plazo, y con base en los resultados obtenidos se desprende que la excavación localizada hasta el nivel -4.40 m con las inclinaciones mencionadas anteriormente, es segura contra el deslizamiento de taludes.
- La excavación analizada es estable, sin embargo, se recomienda repellarla con mortero como se mencionó anteriormente, para evitar pérdida de humedad y agrietamiento en los suelos y por tanto su degradación acelerada. Debe protegerse la obra de tal manera que la excavación permanezca abierta el menos tiempo posible.



Construcción de la Estructura en la Zona Central Excavada

- Una vez alcanzado el nivel de máxima excavación, -4.40 m, se colocará una capa de grava de 10 cm de espesor, con tamaño de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " y sobre esta una plantilla de concreto de baja resistencia, para evitar la pérdida de humedad y el remoldeo del suelo, excepto en las zonas donde se localizarán las zanjas para alojar las trabes de rigidización. Entre la capa de grava y la plantilla se colocarán tramos de polietileno que evite que el concreto penetre en la capa de grava.
- Después de colocar la plantilla en el fondo de la excavación, y proteger las paredes de los taludes, se realizará la excavación de las zanjas para alojar las trabes de rigidización.
- La excavación de las zanjas que alojarán las contratrabes será con taludes verticales, y del ancho necesario para realizar los trabajos de construcción. Se recomienda que la excavación se realice con herramienta manual para evitar la alteración del suelo de apoyo de la contratrabe. En el piso de la zanja no deberá transitar personal en ella, a menos que tomen precauciones para hacerlo.
- El agua que se encuentre en las zanjas deberá ser controlada mediante bombeo que achique por medio de drenes superficiales y cárcamos de los cuales será extraída al exterior con bombas convencionales.
- Una vez alcanzada la máxima profundidad de la excavación de la zanja, se colocará una capa de grava de 10 cm de espesor, con tamaño de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{3}{4}$ " y sobre esta una plantilla de concreto de baja resistencia, $f'c=100$ kg/cm², de 5 cm de espesor. Entre la capa de grava y la plantilla se colocarán tramos de polietileno. Las paredes de las zanjas deberán protegerse con un aplanado de 2 cm de espesor de mortero, reforzado con una malla tipo gallinero, separada por lo menos un cm de las paredes de la excavación; la malla se fijará al talud con anclas de alambro de 40 cm de longitud.
- Una vez construidas las contratrabes de realizará el relleno de los huecos entre éstas y la excavación con material granular, grava, compactado en capas de 20 cm en estado suelto, con equipo mecánico de compactación manual. Una vez concluidas estas actividades, se continuará con la construcción de la losa de cimentación.



- Construida la losa de cimentación y sus trabes de rigidización, se realizará la construcción de la estructura hasta el nivel -1.20 m. En esta etapa se dejarán preparaciones en las losas de cimentación y la del nivel -1.20 m de la estructura, para ligarlas con la parte faltante de la misma en esos niveles, como se indica en la Fig. 27.

Excavación y Construcción del Muro Perimetral del Cajón y del Semisótano

Construida la estructura en la parte libre de la excavación hasta el nivel -1.20 m, el procedimiento de retirar el suelo del talud perimetral y construcción de la losa de cimentación, el muro perimetral y la losa de entepiso de los sótanos sería el siguiente:

- El procedimiento de excavación se realizará por franjas alternas, como se indica en las Fig. 25 a 27. Los trabajos se iniciarían en los tableros denominados A, donde se localizan las columnas de colindancia del edificio, en la zona intermedia entre los cuartos de claro a ambos lados de las columnas, se retirará el suelo del talud en corte vertical desde el nivel -2.00 m hasta el -4.40 . Una vez afinadas las paredes de la excavación, el suelo se aplanará con mortero de 2 cm de espesor, reforzado con malla tipo gallinero, separada por lo menos un centímetro de las paredes de la excavación; la malla se anclará al talud mediante varillas de $3/8$ " de diámetro y 0.50 m de longitud, hincadas en una retícula de 0.50 m de lado. Adicionalmente, se colocarán varillas $3/4$ " y 1.50 m de longitud, hincadas en una retícula de 1.50 m de lado. El aplanado se utilizará como cimbra, y se procederá de inmediato a concluir con la construcción de los muros de recimentación de las estructuras colindantes, los muros de recimentación se continuarán hasta el nivel -4.60 m, con las características indicadas en las Fig. 25 a 27.
- Se recomienda que la excavación se realice con equipo manual, el material producto de la excavación se rezagará por medio de botes, los cuales se izarán a la superficie por medio de malacates y pueden anclarse a la losa localizada en el nivel -1.20 m.



- Una vez alcanzado el fondo de la excavación, el agua deberá ser controlada mediante bombeo de achique por medio de drenes superficiales y cárcamos. Se deberá seguir el procedimiento constructivo planteado anteriormente. Lo cual permitirá que la construcción de la losa de cimentación se realice en seco, siguiendo los lineamientos indicados en la Fig. 27.
- Al nivel -4.40 m, máxima profundidad de la excavación, se colocará una capa de grava de 10 cm de espesor, con un tamaño de $\frac{1}{2}$ " y $\frac{3}{4}$ " y sobre esta una plantilla de concreto de baja resistencia, $f'c=100$ kg/cm², de 5 cm de espesor. Entre la capa de grava y la plantilla se colocarán tramos de polietileno. Una vez alcanzado el fondo de la excavación, que alojará la losa de cimentación, se colocará una plantilla de concreto de baja resistencia, excepto en las zonas donde se localizarán las zanjas para alojar las contratrabes.
- En forma paralela a las actividades descritas anteriormente, se iniciará con la excavación en las zanjas para alojar las trabes de rigidización de la cimentación, las perpendiculares al muro de retención, las cuales estarán desplantadas al nivel -5.40 m.
- La excavación de las zanjas se realizará con herramienta manual, será con taludes verticales y del ancho necesario para realizar los trabajos de construcción. El agua en las zanjas deberá ser controlada mediante bombeo de achique por medio de drenes superficiales y cárcamos. Se deberá seguir el procedimiento constructivo planteado anteriormente para las contratrabes. Lo cual permitirá que la construcción de las trabes se realice en seco, siguiendo los lineamientos indicados en la Fig. 45 El bombeo se suspenderá una vez que se concluya con la construcción del sótano 2.
- Concluida la excavación de las zanjas de las trabes de rigidización, perpendiculares a las columnas de colindancia, posteriormente, se colará la trabe de rigidización y la losa de cimentación en forma monolítica.
- Una vez construida la losa de cimentación, se podrán realizar las actividades de colocación del acero de refuerzo, cimbrado y colado de la franja del muro correspondiente al ancho de la losa de cimentación del tablero.



-
- Concluidos los trabajos de la construcción del muro hasta el nivel – 1.20 m, se construirá la parte faltante de la losa del nivel –1.20 m, como se indica en la Fig. 27.
 - Es importante aclarar que no se deberá avanzar a los tableros localizados entre los ejes, si en los tableros donde se localizan las columnas de colindancia no se han construido la columna y el muro. En la Fig. 27 se muestra el detalle de construcción típico de la unión del muro perimetral y la losa.
 - Se continuará con los tableros B y C, localizados en los entrejes, de la forma descrita anteriormente; primero los tableros B y finalmente, los C.
 - Debe programarse la obra de tal manera que la excavación permanezca abierta el menor tiempo posible.

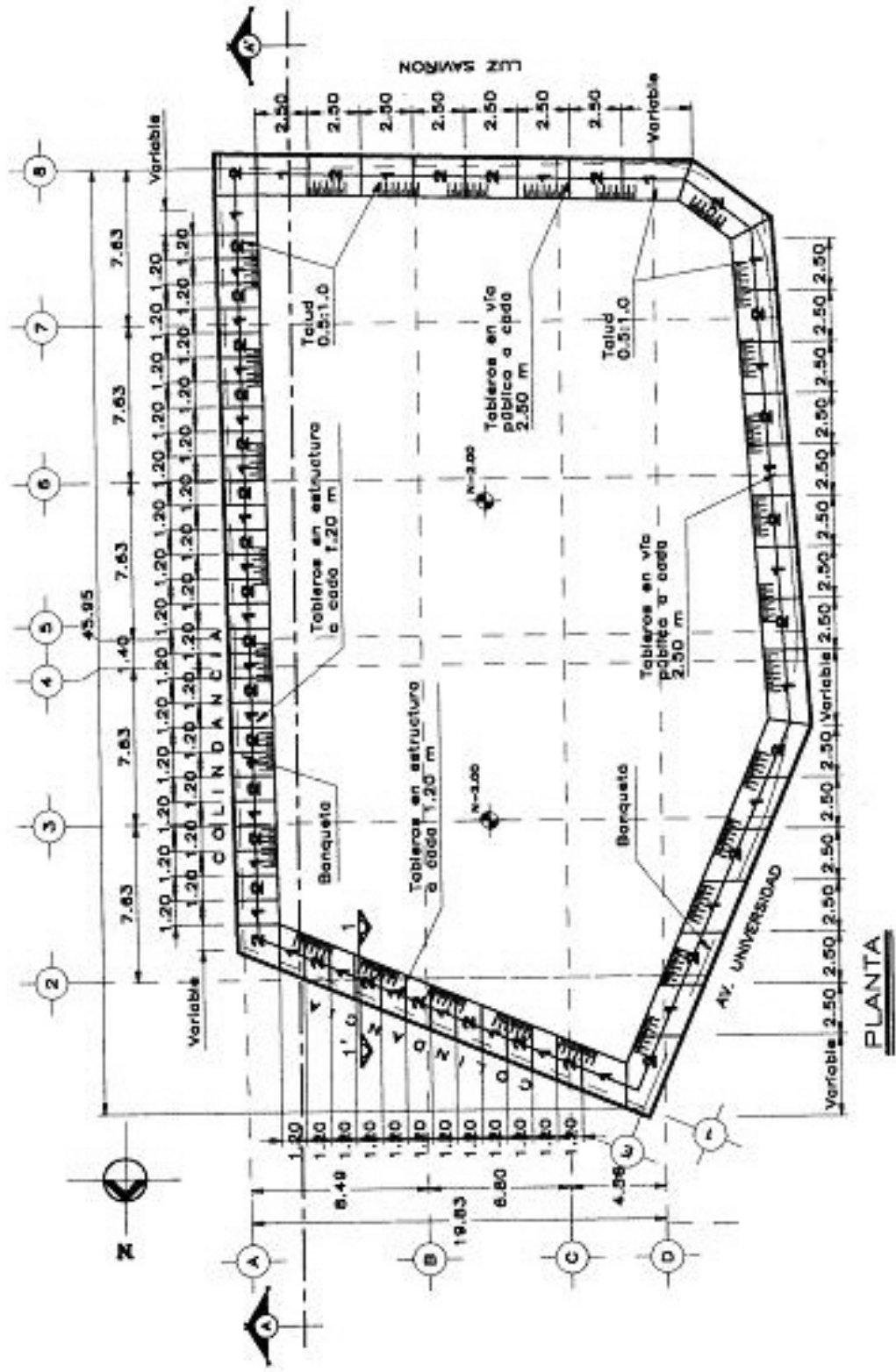


Figura 26a. Etapas de excavación a -2.00m

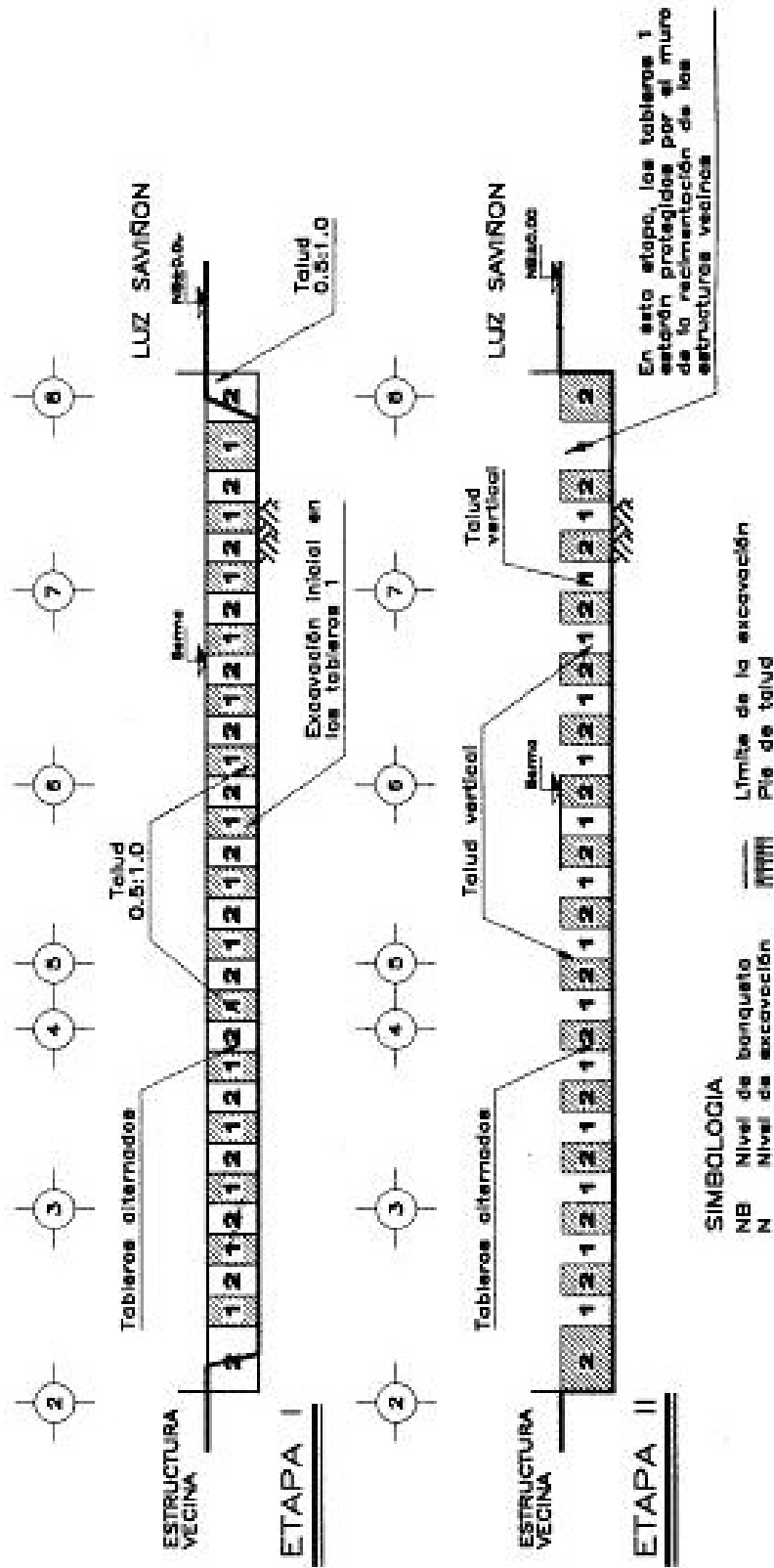


Figura 26b. Etapas de excavación a -2.00 m

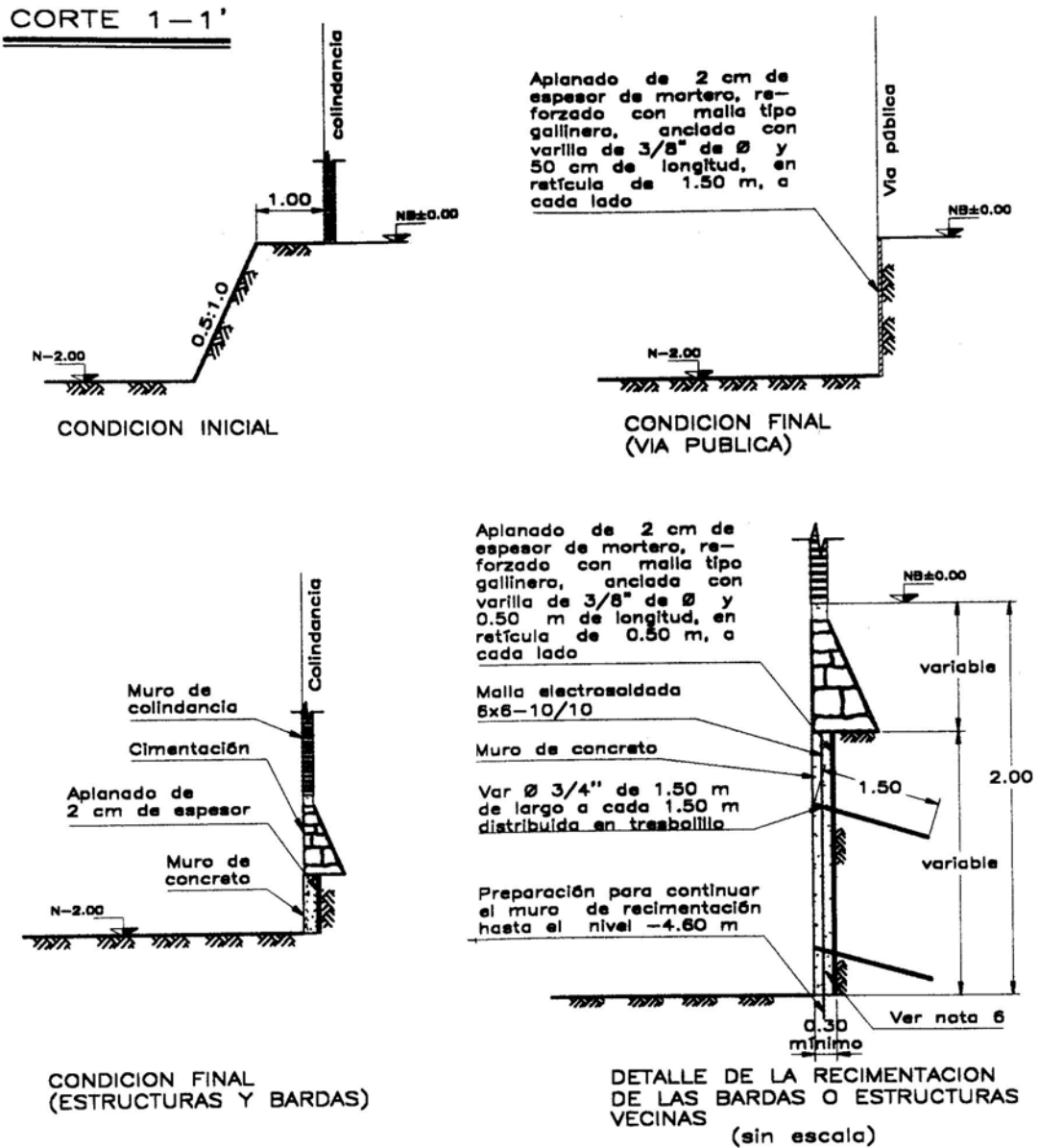


Figura 26c. Etapas de excavación a -2.00 m

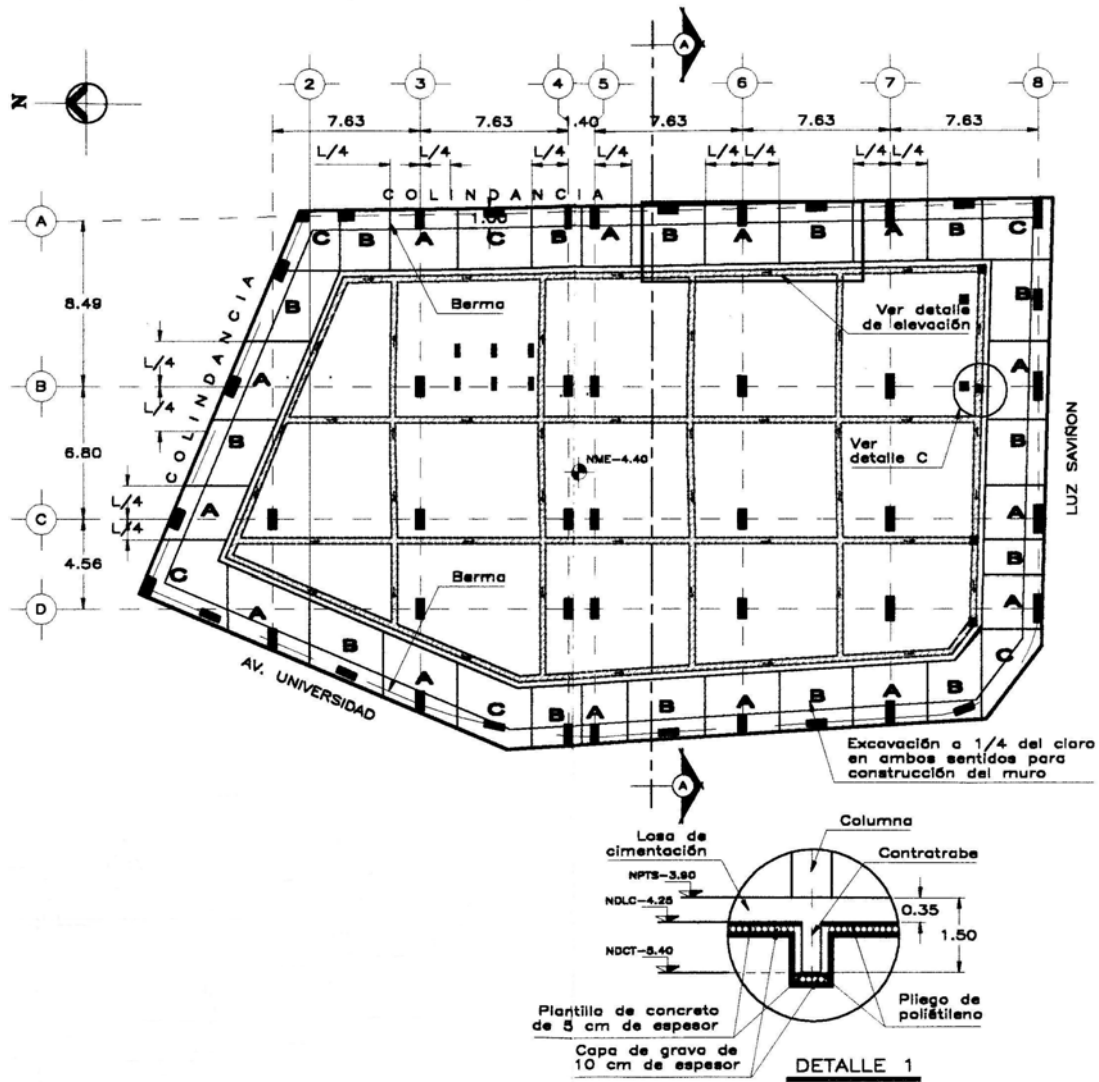


Figura 27a. Etapas de excavación a -4.40m

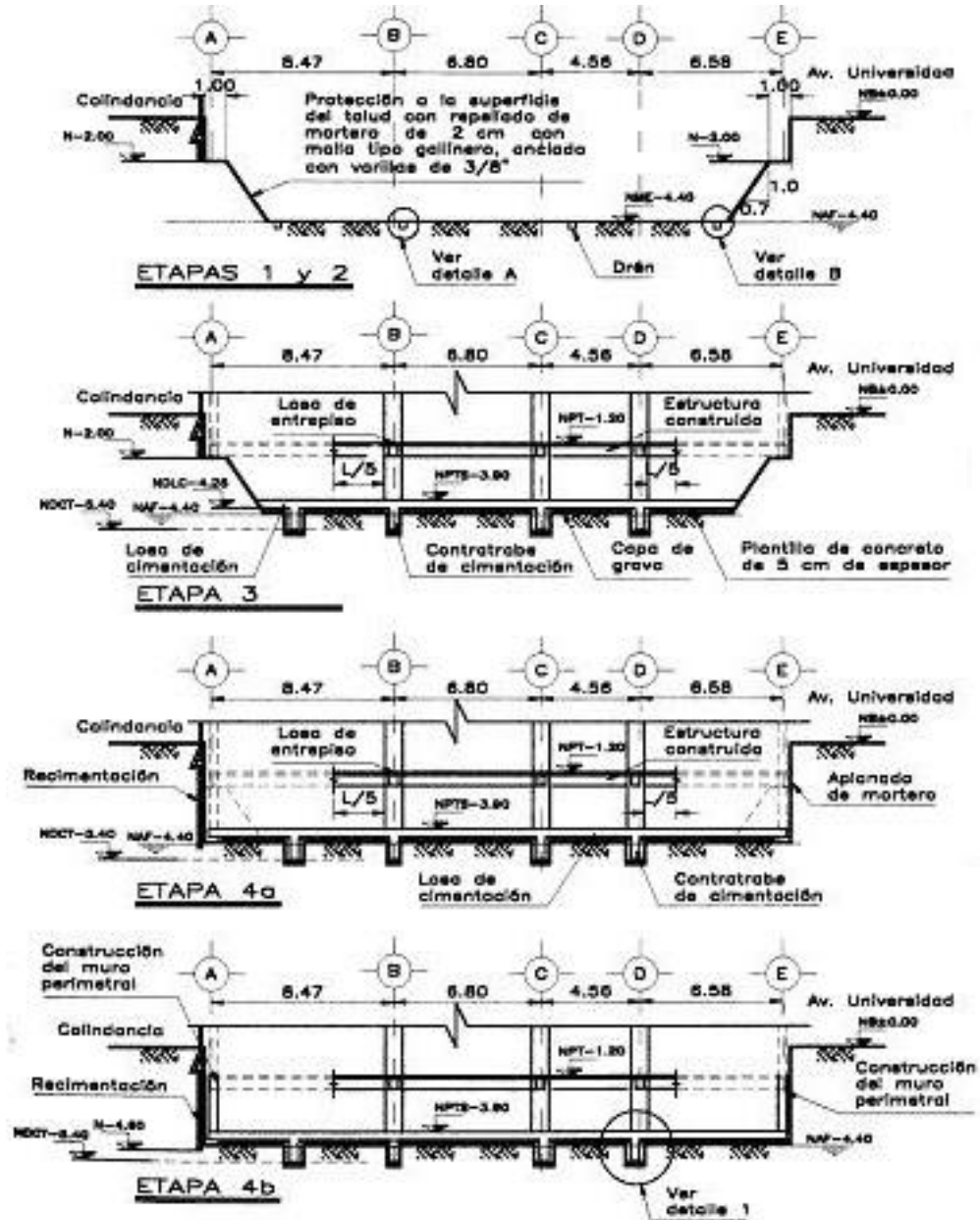


Figura 27b. Etapas de excavación a -4.40m

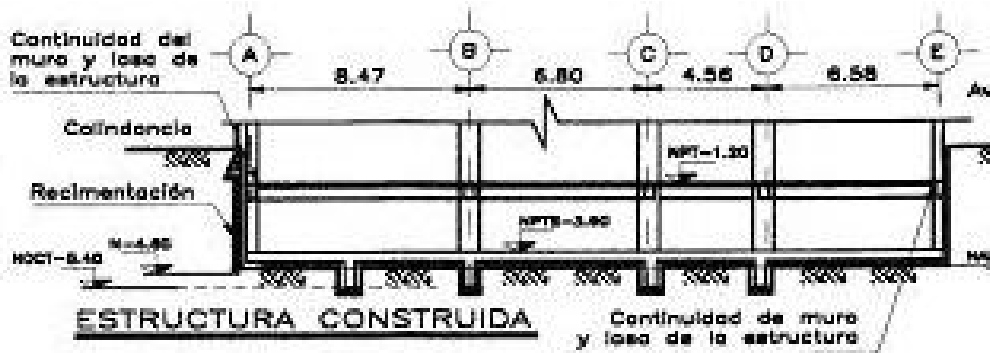


Figura 27c. Etapas de excavación a -4.40m

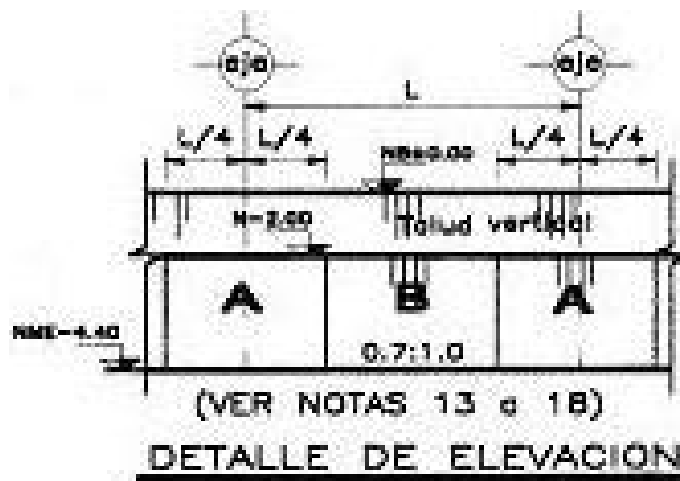


Figura 27d. Etapas de excavación a -4.40m

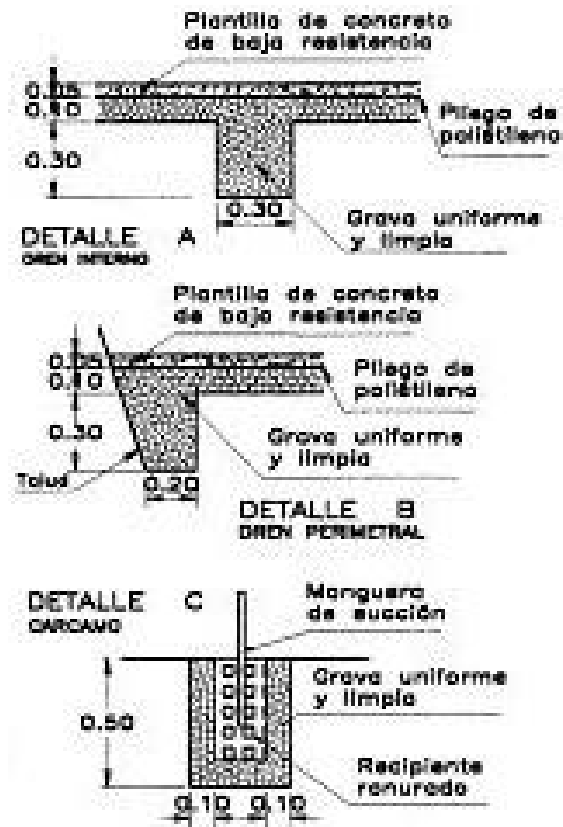


Figura 27e. Etapas de excavación a -4.40m



2.5 Instrumentación

Antes de iniciar los trabajos de excavación, será necesario instalar referencias superficiales, referidas a un banco de nivel superficial, que indiquen mediante nivelaciones de precisión los movimientos tanto horizontales como verticales en el suelo y en las estructuras vecinas, generados por la excavación y construcción de la cimentación del edificio que se pretende construir.

Tomando en cuenta las características del suelo del edificio por construir y las estructuras vecinas, se recomienda colocar la siguiente instrumentación.

Banco de Nivel Superficial. El banco de nivel superficial de referencia deberá estar ubicado fuera del área de influencia de cargas y descargas de las estructuras, por ejemplo en la esquina nororiente de las calles de Luz Saviñón y Petén.

Referencias Superficiales. Tendrán como objetivo medir los desplazamientos horizontales y verticales que ocurran en la superficie del terreno que circunda la excavación. Las referencias superficiales son puntos fijos en la superficie del terreno y testigos pintados en los muros de la estructura vecina.

Testigos Superficiales. Son cilindros de concreto simple de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura, con un perno de cabeza esférica empotrado en su extremo superior. Las referencias superficiales deberán instalarse definiendo líneas de colimación paralelas al perímetro de la excavación para evitar que se presenten desplazamientos durante el proceso de construcción. En la colindancia con la calle de Luz Saviñón y Av. Universidad, la separación entre testigos superficiales será de 6.00 m y a una distancia de un metro del límite de la excavación.

El proceso será el siguiente, Fig. 28: a) se trazan las líneas de colimación paralelas a la excavación y a las distancias recomendadas; se perforan los sitios que alojarán los testigos; b) se colocan los testigos en las perforaciones, confinándolos con mortero, inmediatamente se comprueba con un tránsito la alineación de los testigos que formarán la línea, y c) se marcarán los testigos con su clave de identificación y se protegerán hasta que haya fraguado el mortero.



Testigos en los Muros. Es una referencia de nivel horizontal formada por un triángulo rojo pintado sobre fondo blanco. Estas referencias se deberán pintar en los muros de las estructuras vecinas, a una altura aproximada de 1.50 m sobre el nivel de banqueta actual. La cantidad mínima de testigos será de tres en cada muro de las estructuras y la separación máxima será de 10.00 m.

Mediciones. Las mediciones de las líneas de colimación se deberán realizar con un tránsito, con plomada óptica y precisión de 15 seg., y una regla de medición que este graduada en milímetros, y cuente con un nivel de burbuja y mira para enfocar el tránsito. Las mediciones se harán dos veces en cada posición del aparato. De esta manera se determinará la ausencia y/o presencia de movimientos horizontales en la corona del talud.

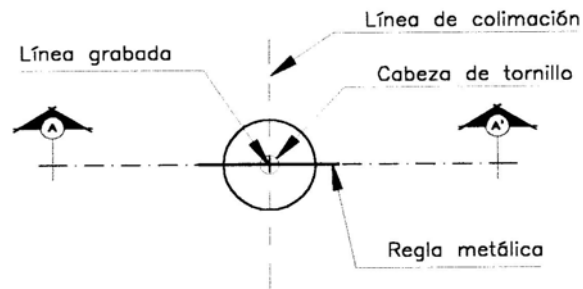
Las mediciones de los testigos pintados y superficiales se realizarán con un nivel topográfico de precisión, con un radio de curvatura e 20.00 m y amplificación de 25 diámetros. Los desplazamientos verticales se determinarán mediante nivelaciones diferenciales entre los testigos y estas permitirán determinar la influencia de los desplazamientos verticales inducidos por la excavación en las estructuras localizadas en la periferia de la excavación.

Una vez colocadas las referencias superficiales y antes de iniciar los trabajos de excavación, se deberá realizar la alineación y nivelación de las referencias superficiales, las cuales servirán de base para las mediciones posteriores. Las nivelaciones se deberán referenciar al banco de nivel superficial y deberán realizarse diariamente durante los trabajos de excavación, y cada tercer día durante la construcción de los muros perimetrales.

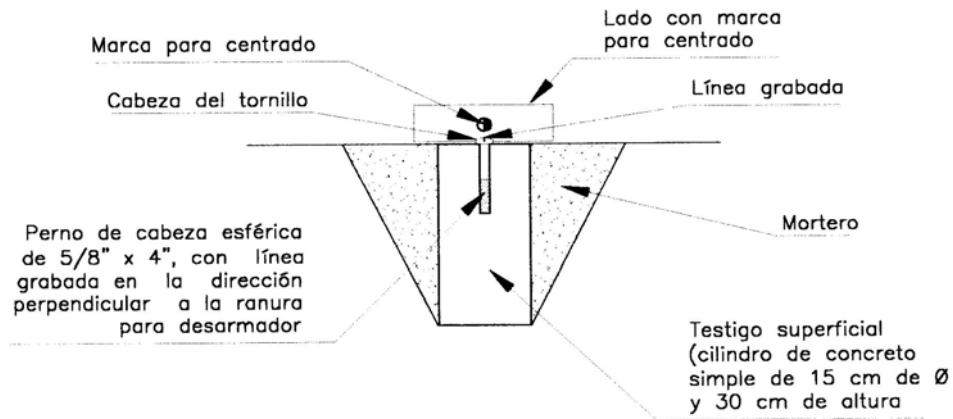
Referencias de la Estructura. Se recomienda colocar un banco de nivel al centro, y uno en cada extremo de la losa del sótano, y posteriormente en las columnas correspondientes en la planta baja del edificio y nivelarlos con respecto al banco de nivel de referencia de la obra. Las nivelaciones deberán correrse con una frecuencia tal que permitan llevar una historia de la evolución de los movimientos verticales. Se recomienda que se hagan mensualmente hasta el término de la construcción del edificio y cuatro nivelaciones trimestrales después de finalizada la construcción del mismo.



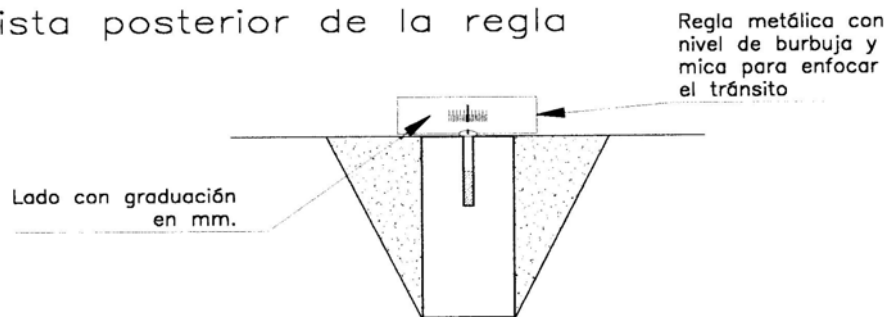
Planta



Corte A-A'



Vista posterior de la regla



Medición del desplazamiento horizontal del testigo superficial

Figura 28. Instalación de testigos superficiales.