

19  
29.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**ACATLAN**

**“ RECIMENTACION, LEVANTAMIENTO Y NIVELACION DEL  
TEMPLO DE CAPUCHINAS  
EN VILLA GUSTAVO A. MADERO, MEXICO, D. F.**



**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**INGENIERO CIVIL**  
**P R E S E N T A**  
**VICENTE AMADO MONTOYA RAMIREZ**

**MEXICO, D. F.**



**1987**



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 está 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

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLÁN"  
COORDINACIÓN DEL PROGRAMA DE INGENIERÍA

CI/152/1987.

SR. VICENTE AMADO MONTOYA RAMIREZ  
Alumno de la carrera de Ingeniería Civil.  
P r e s e n t e .

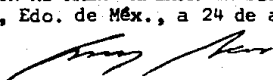
De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 10 de octubre de 1984, me complace notificarle que esta Coordinación tuvo a bien asignarle el siguiente tema de tesis: "Recimentación, Levantamiento y Nivelación del Templo de Capuchinas en Villa Gustavo A. Madero México, D.F.", el cual se desarrollará como sigue:


- Introducción.
- I.- Antecedentes.
- II.- Análisis del Problema.
- III.- Proceso de Recimentación, Levantamiento y Nivelación.
- Conclusiones.
- Bibliografía.

Asimismo fue designado como Asesor de Tesis el señor Ing. Celso Barrera Chávez, profesor de esta Escuela.

Ruego a usted tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. - Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e ,  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"  
Acatlán, Edo. de Méx., a 24 de agosto de 1987.

  
ING. HERMENEGILDO ARCOS SEP  
Coordinador del Programa de  
Ingeniería.

  
ENEP - ACATLÁN  
COORDINACIÓN DEL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA

## I N D I C E

|   | Pág. Nº |
|---|---------|
| INTRODUCCION .....  | 1.      |
| Capítulo Primero. ANTECEDENTES .....  | 1.      |
| I.1. Localización y Ubicación .....   | 1.      |
| I.2. Reseña histórica .....   | 2.      |
| I.3. El Subsuelo de la Ciudad de México .....   | 8.      |
| I.4. Zonificación y descripción estratigráfica<br>del subsuelo de la Ciudad de México ..... | 10.     |
| I.5. El hundimiento del templo .....  | 16.     |
| I.6. Alternativas de solución .....   | 17.     |
| I.7. Pilotes: definición, clasificación .....   | 21.     |
| I.8. Diferentes tipos de pilotes .....  | 33.     |
| I.9. El sistema Pilotes de Control .....  | 62.     |
| I.9.1. Dispositivo de control .....   | 62.     |
| I.9.2. Ventajas de los pilotes de control .....   | 65.     |
| I.9.3. Las mangueras de nivel .....   | 80.     |
| I.9.4. El portamangueras .....  | 84.     |
| I.9.5. El tanque de nivel constante .....   | 86.     |
| I.9.6. Cajas de compresión .....  | 86.     |
| I.9.7. Los gatos hidráulicos .....  | 88.     |
| I.9.8. Material de los empaques .....   | 97.     |
| I.9.9. La holgura entre el forro y el émbolo<br>y los empaques .....                        | 97.     |
| I.9.10. Aros de plástico o cuero protectores<br>del empaque .....                           | 98.     |
| I.9.11. Filtros .....   | 98.     |
| I.9.12. El limpiador del émbolo .....   | 100.    |
| I.9.13. Material de los gatos (forro, émbolo) ....  | 103.    |
| I.9.14. La bajada de los gatos .....  | 103.    |
| I.9.15. Las conexiones .....  | 105.    |
| I.9.16. Cierre de rosca recta .....   | 106.    |
| I.9.17. Cierre cónico .....   | 107.    |
| I.9.18. Campanilla .....  | 110.    |
| I.9.19. Recomendaciones y armado .....  | 110.    |
| I.9.20. Pruebas de las conexiones .....   | 112.    |



|   |      |
|---|------|
| I.9.21. La cinta de teflón .....  | 112. |
| I.9.22. Cuidado y Limpieza de las conexiones .....  | 113. |
| I.9.23. Las mangueras .....   | 114. |
| I.9.24. Las llaves de paso en alta presión .....  | 116. |
| I.9.25. Conclusiones (llaves) .....   | 124. |
| I.9.26. Recomendaciones .....   | 124. |
| I.9.27. El aceite para los gatos .....  | 125. |
| I.9.28. Taller de armado de partes y laboratorio..  | 126. |
| I.9.29. Componentes del taller y del laboratorio..  | 126. |
| I.9.30. Mesa de trabajo .....   | 128. |
| I.9.31. Personal .....  | 130. |
| <br>  |      |
| Capítulo Segundo. ANALISIS DEL PROBLEMA .....   | 131. |
| II.1. Estudio de las condiciones del Edificio .....   | 131. |
| II.2. Historia del Edificio .....   | 131. |
| II.3. Modificaciones y reparaciones efectuadas .....  | 132. |
| II.4. Estudio del Sistema Estructural .....   | 133. |
| II.5. Estudio de la inclinación del Edificio .....  | 137. |
| II.6. Preliminares de cálculo (recomendaciones) .....   | 147. |
| II.7. Anteproyecto del proceso de elevación y su<br>relación con el proyecto de reestructuración ...                      | 148. |
| II.8. Influencia del levantamiento en el tamaño de<br>los brocales .....  | 150. |
| II.9. Los movimientos horizontales del edificio y<br>los efectos que esto provoca .....                                   | 151. |
| II.10. Los puntos de referencia .....   | 155. |
| II.11. Amplitud de los movimientos de elevación,<br>el tamaño de los husillos y cabezales y el<br>calado del pilote ..... | 157. |
| II.12. Los pilotes .....  | 159. |
| II.13. Amplitud de la junta en colindancias .....   | 160. |
| II.14. Investigación del subsuelo .....   | 162. |
| II.15. Análisis de la estratigrafía .....   | 163. |
| II.16. Muestreo de la cimentación del edificio .....  | 173. |
| II.17. Cálculo del peso del edificio .....  | 175. |
| II.18. Peso teórico .....   | 175. |

|   |      |
|---|------|
| II.19. Peso práctico .....                              | 212. |
| II.20. Proyecto de la forma del movimiento .....        | 213. |
| II.21. El calendario en el trabajo de recimentación ... | 213. |
| II.22. La condición final del cimientc .....            | 215. |
| II.23. Cantidad de niveles de manguera y su posición .. | 215. |
| II.24. Proyecto final .....                             | 217. |

Capítulo tercero. PROCESO DE RECIMENTACION,

|   |      |
|---|------|
| LEVANTAMIENTO Y NIVELACION .....  | 218. |
| III.1. Excavación .....   | 218. |
| III.2. La cadena de liga de los pilotes .....   | 219. |
| III.3. Preparación de la cimentación .....  | 221. |
| III.4. Perforación para el hincado de pilotes .....   | 224. |
| III.5. Hincado de pilotes .....   | 228. |
| III.6. Los elementos mecánicos para levantar<br>el edificio: el doble cabezal y el gato<br>hidráulico ..... | 235. |
| III.7. Levantamiento del edificio .....   | 236. |
| III.8. Gráfica de presión unitaria .....  | 240. |
| III.9. Gráfica de elevación .....   | 242. |
| III.10. Esfuerzos y Deformaciones durante el<br>levantamiento .....   | 243. |
| III.11. Torsiones de levantamiento .....  | 246. |
| III.12. El colchón de Neopreno .....  | 246. |
| III.13. Posición del eje de giro .....  | 248. |
| III.14. Análisis de los tiempos de inflado de<br>los gatos .....  | 252. |
| III.15. Gráfica de inflados parciales .....   | 254. |
| III.16. Tabulación .....  | 255. |
| CONCLUSIONES .....  | 260. |
| BIBLIOGRAFIA .....  | 262. |
| ANEXO (Sondeos Estratigráficos) .....   | 264. |

## INTRODUCCION

La recimentación y nivelación de la iglesia de las Capuchinas es una muestra de la eficacia del Sistema Pilotes de Control producto de la inventiva de la ingeniería mexicana. Este trabajo pretende ser una recopilación lo más completa posible de lo realizado en Capuchinas, hace ya ocho años, desde la labor de gabinete hasta lo realizado en la obra. Su objetivo es dar a conocer todos los trabajos realizados para renivelar una estructura de la época colonial, considerada actualmente una joya de arquitectura. Es un trabajo muy importante por el grado de deterioro que presentaba la estructura tanto en hundimientos como estructuralmente.

La técnica ideada y empleada por el Ingeniero Manuel González Flores es digna de dar a conocer por ser una aportación de la ingeniería mexicana al mundo, por tal motivo en este trabajo se hace una descripción del problema que implica la recimentación de la iglesia; como consecuencia y para conocer los orígenes de éste es necesario investigar el subsuelo de cimentación, lo cual se logra haciendo un análisis estratigráfico.

Sin ser muy compleja desde el punto de vista de mecánica de suelos, esta investigación aclara las causas del estado de la estructura y ayuda en gran medida a determinar la solución. El proceso de recimentación y una explicación detallada del levantamiento del edificio son el complemento al objetivo de esta tesis la cual consta de tres capítulos, el primero de los cuales es de antecedentes, y en él se trata la

ubicación de la iglesia dentro de la ciudad, se hace una pequeña reseña histórica de la Villa de Guadalupe y una descripción del subsuelo de la ciudad, así como del hundimiento que sufrió la estructura citada, en seguida se hace referencia a los pilotes como elementos de cimentación, y se presenta una gama lo más completa posible de los diferentes pilotes, posteriormente se aborda el tema del Sistema Pilotes de Control, donde se describen todos los elementos que componen dicho sistema, también se hacen comparaciones de éste con los pilotes tradicionales haciendo resaltar las ventajas que tiene sobre ellos.

En el capítulo segundo se hace un análisis del problema, iniciando con la historia de la estructura, desde el punto de vista constructivo y de las condiciones que presenta, así como las modificaciones que ha sufrido durante su vida, se mencionan también todos los factores que se deben de tomar en cuenta en un trabajo de recimentación, como son un estudio del sistema estructural del edificio y uno de la inclinación que haya sufrido, teniendo en cuenta los movimientos horizontales que se pueden presentar en el edificio y otros no menos importantes; también se hace un análisis de la estratigrafía del lugar y se anexan unos sondeos que son auxiliares en dicho análisis, posteriormente se presenta el cálculo del peso del edificio para determinar el número de pilotes a utilizar, tal y como se hizo en la realidad, para finalizar con algunos puntos importantes para el levantamiento.

En el capítulo tercero y último se hace una descripción del proceso de recimentación así como del hincado de pilotes, y del mecanismo usado para el levantamiento mediante gatos hidráulicos; se hace un análisis del levantamiento del edificio en donde se mencionan elementos de apoyo analítico como gráficas de presión y elevación, más adelante se habla de los esfuerzos y deformaciones en la estructura durante el levantamiento así como de las torsiones y finalmente se hace un análisis de los tiempos de inflado de los gatos, que es acompañado de gráficas de inflados parciales y una tabulación de tiempos.

Se anexan también algunos planos con detalles, donde se han considerado necesarios.

Por lo que respecta a las conclusiones, éstas se mencionan al final y algunas recomendaciones, aunque también han sido intercaladas conforme se desarrolla el texto.

CAPITULO PRIMERO. ANTECEDENTES.

## I.1.- LOCALIZACION Y UBICACION.

El templo de Capuchinas se localiza al norte del Distrito Federal, en la Villa Gustavo A. Madero, que está en la esquina que forman las calles de Paseo Fray Juan de Zumárraga y Calzada de los Misterios de la Colonia Tepeyac Insurgentes, dentro de la delegación Gustavo A. Madero.

En el croquis de la figura Nº 1 se puede ver la localización de la Villa.

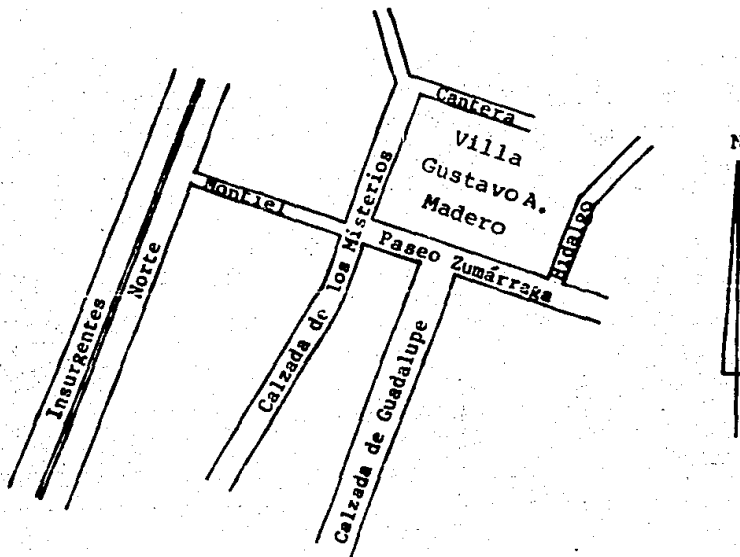


Figura Nº 1. Croquis de localización.

Dentro de la Villa antes mencionada, el templo se encuentra ubicado al lado derecho de la antigua Basílica de Guadalupe (fig. Nº 2).

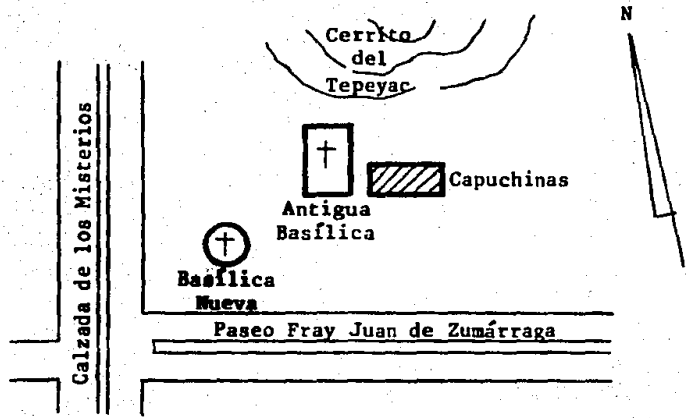


Figura No 2. Ubicación del templo dentro de la Villa.

I.2.- RESEÑA HISTORICA.

La Villa de Guadalupe.

En las orillas salitrosas del lago de Texcoco y a distancia de una legua<sup>1</sup> de la capital, está el santuario visitado constantemente por multitud de viajeros devotos o curiosos; conducen a la Villa dos calzadas, una de piedra construida sobre los potreros cubiertos de agua la mayor parte del año y otra de tierra sombreada por dos líneas de álamos blancos, cuyo triste aspecto está en armonía con la aridez del Tepeyacac y los otros cerros y las tintas oscuras del horizonte.

En la República ha sido el santuario de Guadalupe símbolo de la religión y la Independencia, lugar célebre desde los tiempos antiguos, con el que están ligados creencias místicas e importantes sucesos de nuestra historia; motivos suficientes para justificar la popularidad que entre los mexi-

---

<sup>1</sup> Medida itineraria que equivale a 5,572 metros.

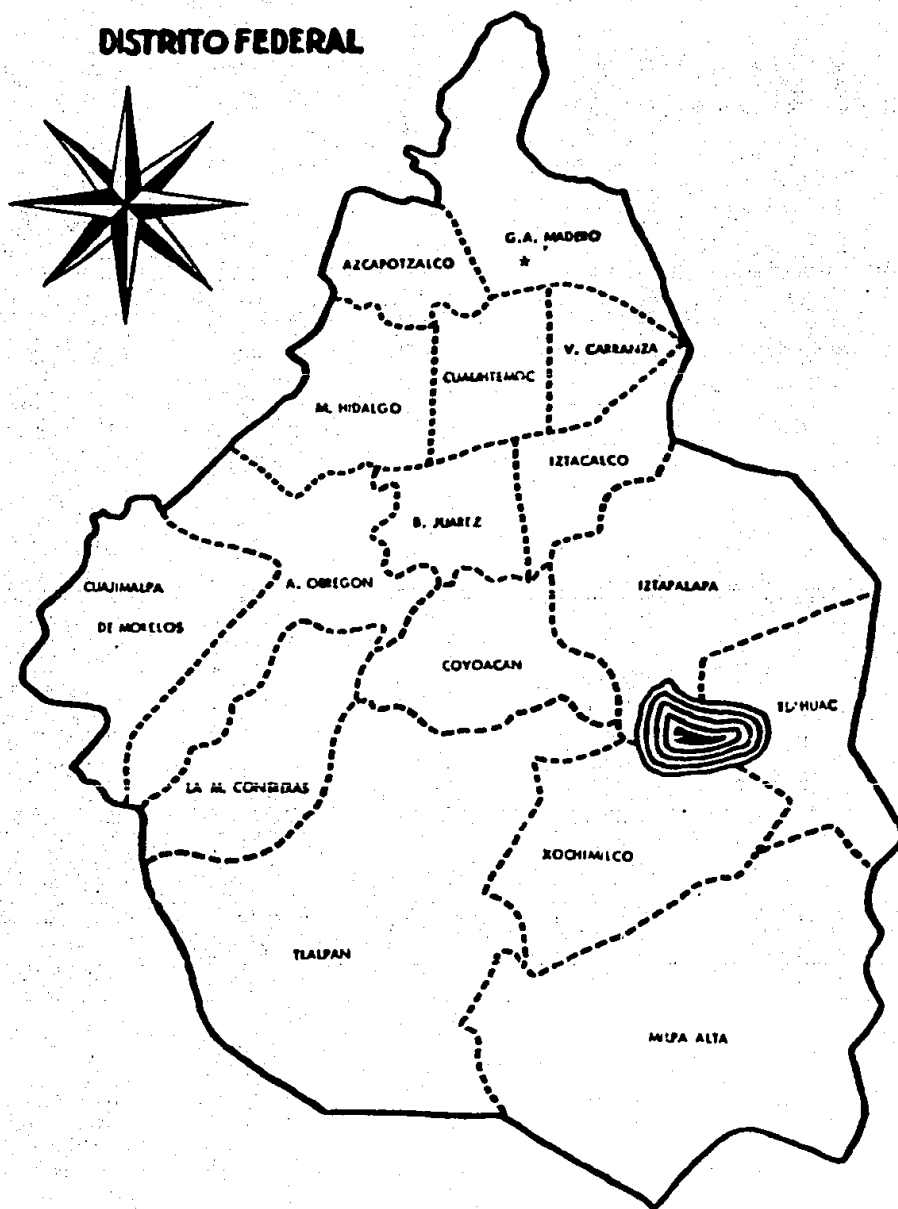


Figura Nº 3.

\* Localización de la villa de Guadalupe dentro de la Ciudad de México.



canos ha alcanzado el Santurario aún cuando no estuviera tan arraigada la creencia de la milagrosa aparición de la Virgen en el cerrito de Tepeyacac.

Ese sitio es ingrato y desapacible a la vista; pero ha tenido celebridad en las fiestas de México desde los tiempos prehispánicos.

A raíz de la versión de las apariciones, inmediatamente se comenzó a construir en el cerro de Tepeyacac una ermita de adobe, a expensas del Sr. Zumárraga, en el año de 1533.

Ese primer templo, pequeño y de mezquina arquitectura permaneció durante noventa años, y habiendo crecido la devoción, se colectaron muchas limosnas y comenzó a construirse la hermosa iglesia que hoy se admira.

Acerca del año en que se erigió la primera ermita, nada se ha podido averiguar; ya a mediados del Siglo XVI se proyectó ampliar dicha ermita, dándole la forma de una iglesia menos reducida, cuya forma estuvo antes del año de 1575 y queda todavía sirviendo de sacristía a la parroquia actual, y se construyó la rampa que asciende a ella por el lado Sur-oeste costeándola con limosnas que solicitó.

Esta capilla se le conoce con el nombre del cerrito. A principios del siglo XVII se acordó levantar un templo mayor, eligiendo para ello el sitio en que está la Basílica<sup>2</sup>; se concluyó en noviembre de 1622; en la construcción fueron invertidos más de cincuenta mil pesos.

---

<sup>2</sup> Antigua Basílica de Guadalupe.

Al concluir el siglo XVII, se proyectó levantar la actual Basílica<sup>2</sup>, templo más suntuoso y magnífico que la segunda iglesia. Queriendo colocar el nuevo edificio en el mismo sitio en que estaba ese templo, se acordó demoler el antiguo construyendo uno provisional. Ese tercer templo se construyó, en efecto, contiguo a la primera iglesia; costó más de treinta mil pesos y quedó concluido en 1695; subsiste este templo y es la actual parroquia que se conoce con el nombre de la "iglesia vieja"; está en un costado de la Alameda y no tiene bóveda sino techumbre de vigas. Limpiado el terreno, comenzó la construcción del nuevo templo el año de 1695 y quedó concluido el de 1709 en que se estrenó, siendo inaugurada la obra por el Arzobispo Virrey D. Juan de Ortega y Montañéz.

El templo dista de México una legua castellana medida desde sus puertas hasta el palacio. Está situado el templo de Norte a Sur y orientada al centro de México.

El templo se concluyó el 27 de abril de 1709.

Con motivo de la edificación del Convento de Capuchinas, sufrió la Basílica de Guadalupe algunos daños en su parte material, al grado de amenazar la ruina al finalizar el siglo pasado. El citado Convento, fué construido al lado de la iglesia, en un terreno blando, por consiguiente dañó al templo al irse hundiéndose.

Además de la Basílica, la parroquia y el cerrito tiene el Santuario el Templo de Capuchinas y el del pocito, el primero debido a los esfuerzos y constancia de Sor María Ana de San Juan Nepomuceno, sobrina del historiador Veytia, la cual

logró el permiso para erigir un convento de Capuchinas, por real cédula fechada el 3 de junio de 1780, apoyando la solicitud el Arzobispo D. Alonso Núñez de Haro y Peralta. La iglesia y el convento quedaron concluidos al terminar el año de 1787.

El 16 de mayo de 1778 solicitó del Rey Sor María Ana, religiosa descalza del convento de San Felipe de Jesús el permiso para fundar un monasterio en el Santuario de Guadalupe; manifestó que podía disponerse la obra de manera que la tribuna que caía sobre la puerta de la Sacristía de la Basílica, sirviera de coro alto a las religiosas, y aseguró que los mexicanos suministrarían las limosnas para la construcción del Convento y sustento de las religiosas.

La fundación no dañaba en nada a la Basílica; los oficios celebrados por los canónigos eran a distinta hora de los de las religiosas. El Ayuntamiento y el Cabildo, estuvieron unánimes en que se concediera a las capuchinas lo que solicitaban. La licencia fué obtenida en 1780, venciendo mil dificultades.

Más de un siglo hacía que habían llegado a México a fundar las religiosas Capuchinas, salidas del Convento de Toledo, y gozaron siempre de preeminencia en el concepto universal por la rigurosa austeridad y porque se sustentaban de la caridad pública.

Dos veces se había presentado, a principios del siglo XVIII, el proyecto de fundar el monasterio de religiosas en la Villa de Guadalupe y al fin llegó a tener efecto cuando la perseverante Sor María, intentó por tercera vez y logró llevar a cabo lo que otros no habían podido. Con ningún recurso contaba para dar principio a su empresa, pues la primera vez que se presentó al Arzobispo Núñez de Haro, le aseguró que enteramente carecía de recursos. Ella misma se dirigió al soberano solicitando la licencia necesaria para la fundación, e insistió con tanta firmeza y acierto, que instruido el expediente respectivo se otorgó el permiso con la real cédula citada.

La obra se comenzó con las cuantiosas limosnas colectadas, contribuyendo con todo género de esfuerzos el Arzobispo que puso la primera piedra el 3 de octubre de 1782. La iglesia y el convento quedaron concluidos cinco años después, trasladándose el 13 de octubre de 1787, las cinco capuchinas de México en clase de fundadoras. Costó la obra doscientos doce mil trescientos veintiocho pesos, donados por varios individuos y corporaciones.

Está situado el Templo de oriente a poniente, a este viento el coro para los músicos y al lado opuesto el altar mayor; el coro de las religiosas estaba en el presbítero y la puerta de la iglesia mira hacia el sur. La imagen titular de este convento es Santa Coleta, cuya función se celebra el 6 de marzo.

Las religiosas Capuchinas de Guadalupe fueron exclaustradas el 26 de febrero de 1863; pasaron a habitar la casa

de ejercicios contigua al Santuario de los ángeles y el convento quedó convertido en hospital; posteriormente se estableció allí un asilo de pobres.

#### EL POCITO

Hacia el lado oriente del Tepeyacac, brota, casi a flor de tierra un manantial de agua ferruginosa<sup>3</sup>, turbia rojiza, saturada de ácido carbónico, a la que se le atribuyen efectos prodigiosos que ha hecho que sea venerado aquel sitio. Casi al concluir el siglo pasado, se construyó allí una capilla de forma elíptica, en cuya parte exterior queda el pocito.

Por ese tiempo se construyó la rampa con escalones, por la que se sube al Tepeyacac en aquel lado.

La capilla del pocito fué construida por los albañiles de esta capital, que los domingos iban a trabajar en ella, con la respectiva licencia eclesiástica.

Al abrirse los cimientos de lo construido detrás de la Basílica, fué descubierta una fuente de petróleo que después se mandó tapar.

#### I.3.- EL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MEXICO.

##### EL VALLE DE MEXICO.

Como es bien sabido, la ciudad de México se asentó originalmente en una zona ocupada por el lago de Texcoco. En

---

<sup>3</sup> que contiene hierro.    w

principio, la ciudad ocupaba parte de la ribera e invadía zonas acuáticas con construcciones realizadas con mucho ingenio. Después de la Conquista, el lago comenzó a sufrir procesos sucesivos de desecación, produciéndose tierras que fueron siendo invadidas por construcciones urbanas a medida que la ciudad iba creciendo, pronto desapareció el lago de Texcoco y pronto también su antigua extensión fué ocupada por el desarrollo de la ciudad. Como es sabido, en la actualidad la mancha urbana se extiende rebasando con mucho la antigua zona lacustre.

Por su génesis, los depósitos lacustres tienden a ser homogéneos y a formar estratificaciones de extensión similar al lago que las contiene y de espesores importantes, en los que la homogeneidad por lo menos relativa, prevalece. En efecto, esos depósitos se forman por la lluvia de cenizas volcánicas producto de erupciones; otra parte por aportación de materiales similares acarreados por las corrientes que mueren en el lago. Las mismas erupciones contribuyeron con finas capas de arenas volcánicas hoy perceptibles entre las formaciones arcillosas masivas. Prácticamente todo el material de depósito es de origen volcánico, del tipo del que con el tiempo y la descomposición química deviene en arcillas intensamente activas.

Todo el esquema anterior conduce al difícil y mundialmente famoso subsuelo de la ciudad de México.

Como se dijo, hoy la ciudad salió del lago e invadió los lomeríos ribereños. Estas zonas de la ciudad son de subsuelo firme, constituido por tobas, depósitos de arena y limos

generalmente muy densificados y otras formaciones que han sido ampliamente estudiadas por los geólogos locales. Como también es natural, entre la zona del antiguo lago y los lomeríos de arcilla, se presenta una zona de transición, formada por entrantes y salientes de la ribera, por declives de la zona dura entrando en el lago y por otras irregularidades fáciles de imaginar. Todo esto produce en la ciudad una zona en que formaciones blandas aparecen contiguas a otras duras y en la que los espesores de esas zonas blandas son sumamente variables.

#### I.4.- ZONIFICACION Y DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA DEL SUBSUELO DE LA CIUDAD DE MEXICO.

Así tenemos que dentro de la Ciudad de México se pueden distinguir cuatro zonas con diferentes características en los suelos que forman a cada una.

I.- Zona de las Lomas.

II.- Zona de transición.

III.- Zona del lago.

IV.- Zona poco conocida desde el punto de vista de mecánica de suelos.

En la fig. Nº 4 se puede ver la zonificación de la Ciudad de México.

#### ZONA DE LAS LOMAS O ZONA I.

En esta zona existen suelos compresibles con espesores menores a 3.0 mts., este suelo tiene buena capacidad de carga

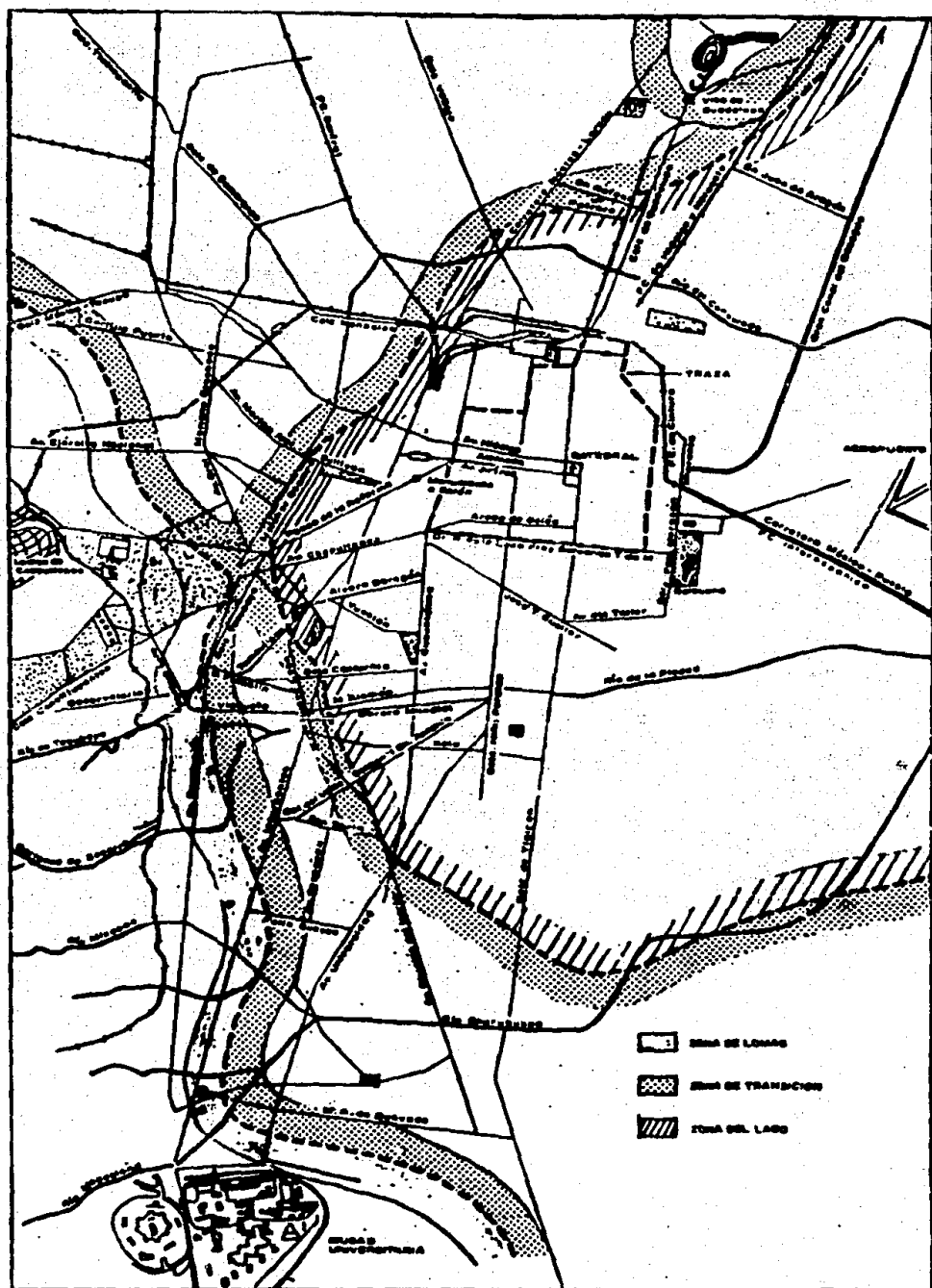


Figura Nº 4.  
Zonificación de la Ciudad de México.



tanto en las faldas de la serranía de las Cruces como en la zona del Pedregal.

El problema que se puede presentar en esta zona es el de encontrar cavernas subterráneas.

Como en esta zona predominan los suelos granulares como gravas y arenas que son materiales muy usados en la construcción, anteriormente se explotaban en esa parte minas de arena que al agotarse dejaron esas cuevas que se mencionan anteriormente.

Debido a esto, esta parte de la ciudad se le conoce también como "zona minada".

Pero ésta no es la única causa por la que se formaron esas cavernas, también existen debido a que fueron generadas por bolsas de aire en la roca basáltica que es común en esa zona.

Un corte representativo de la estratigrafía correspondiente a la zona de las lomas se muestra en la figura Nº 5.

#### ZONA DE TRANSICION O ZONA II.

En esta zona se tienen suelos compresibles con estratos que van desde los 3.0 mts hasta los 20.0 mts de espesor.

La capacidad de carga de esta zona es inferior a la de la zona de las Lomas.

La principal característica de los suelos que forman esta zona es que son suelos muy heterogéneos, o sea que su composición estratigráfica es muy variable aún en puntos cercanos unos de otros, el problema que se deriva de esta configuración

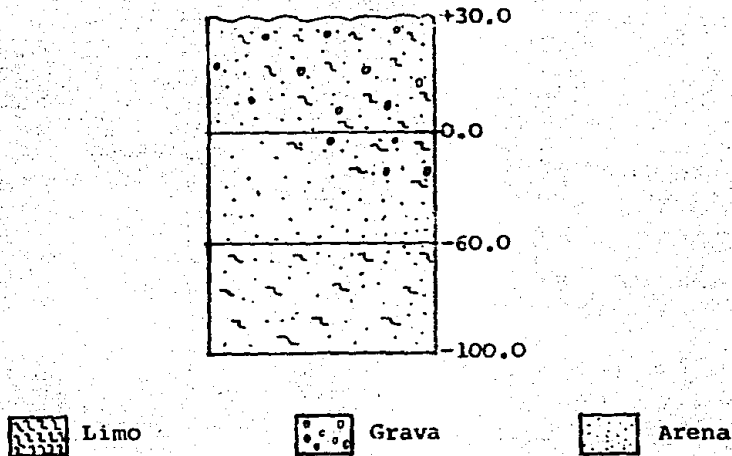


Figura No 5

Corte estratigráfico representativo de la zona de las Lomas.

ración tan desigual es que se pueden presentar asentamientos diferenciales del suelo cuando se le aplica una carga. Debido a que al no tener una distribución estratigráfica homogénea las características del suelo cambian de acuerdo a la estratigrafía y esto es lo que provoca que se presente asentamientos diferenciales.

Como consecuencia de la heterogeneidad del suelo de esta zona, no se puede hablar de un corte estratigráfico representativo, pero en la figura No 6, se muestra un perfil estratigráfico correspondiente a la zona de transición a la altura de la calzada Melchor Ocampo, este corte nos puede dar una idea de la estratigrafía del subsuelo.

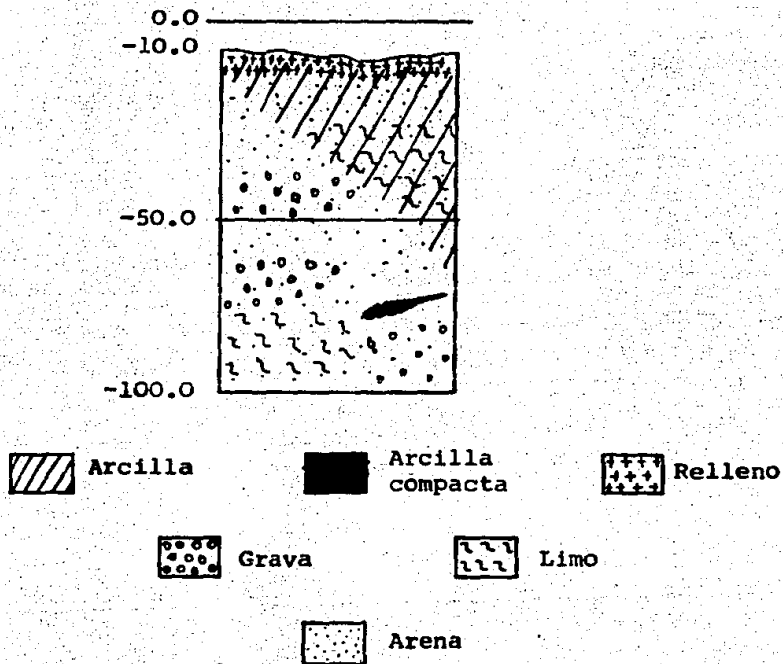


Figura N° 6.

Corte estratigráfico de la zona de transición.

#### ZONA DEL LAGO O ZONA III.

Los suelos que se presentan en esta zona son compresibles con espesores mayores a los 20.0 mts. Estos son suelos de tipo arcilloso altamente compresibles lo que puede provocar grandes asentamientos. La capacidad de carga es muy inferior a las de las zonas anteriormente mencionadas.

Recibe el nombre de zona del lago debido a que se localiza en el fondo del antiguo lago de Texcoco, por lo que es la zona más grande de las tres primeras, y debido a esto mismo el contenido de agua de las arcillas va desde un 250 a un

500%.

En el extremo poniente de esta zona (ver croquis de zonificación) la arcilla tiene un espesor de alrededor de 30 mts, y a medida que se avanza hacia el oriente (hacia el lago de Texcoco) el espesor del estrato compresible aumenta hasta unos 50.0 mts aproximadamente en la zona del aeropuerto.

Una capa de materiales granulares de elevada capacidad de carga se encuentra por debajo de este estrato compresible.

Un corte estratigráfico representativo de esta zona se muestra en la figura Nº 7.

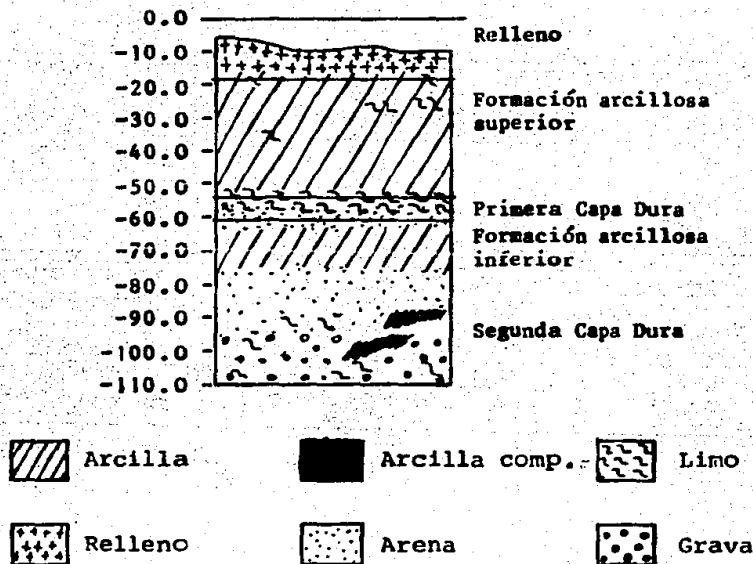


Figura Nº 7.

Corte estratigráfico representativo de la zona del lago.

#### ZONA IV.

Localizada en el extremo sur del Distrito Federal, es

muy poco conocida desde el punto de vista de Mecánica de Suelos.

#### 1.5.- EL HUNDIMIENTO DEL TEMPLO.

Como se mencionó en el inciso 2 de este capítulo, la iglesia y convento de Capuchinas se construyeron a un lado de la Basílica de Guadalupe, en un terreno pantanoso y falso, el cual se puede ubicar en la zona de transición que como se vió es una zona de características muy irregulares y en la que las formaciones blandas aparecen contiguas a otras duras, esto es entrantes y salientes de la ribera del lago. Características estas que coadyuvaron al hundimiento de la estructura citada.

Pero sin duda el efecto más importante y al que se puede atribuir el hundimiento de Capuchinas debe ser el bombeo que la Ciudad de México ha venido sufriendo durante muchos años por la búsqueda de agua para su propio consumo. Este bombeo produce el efecto de sobreconsolidación y el conocido enjutamiento de las masas arcillosas allí donde se ejerce, cuyo efecto medio es el descenso del nivel general de la Ciudad, descenso que es irregular y que depende de la intensidad zonal de bombeo. Por efecto de este bombeo, la arcilla se preconsolida y rigidiza en un proceso ascendente de abajo hacia arriba, debido al flujo vertical del agua que impregna su masa hacia los acuíferos profundos, en donde la explotación produce fuertes abatimientos piezométricos. Este efecto es a su

vez causa de una serie de movimientos y hundimientos generalmente no muy ordenados en los edificios y los lesiona causándoles lo que se podría asimilar a una suerte de fatiga estructural.

En la figura Nº 8 se puede ver en primer lugar la planta arquitectónica de la iglesia donde se marcan los desniveles encontrados en los puntos señalados, así como el desnivel total que presentó en la esquina Sur-Este de 3.472 mts.

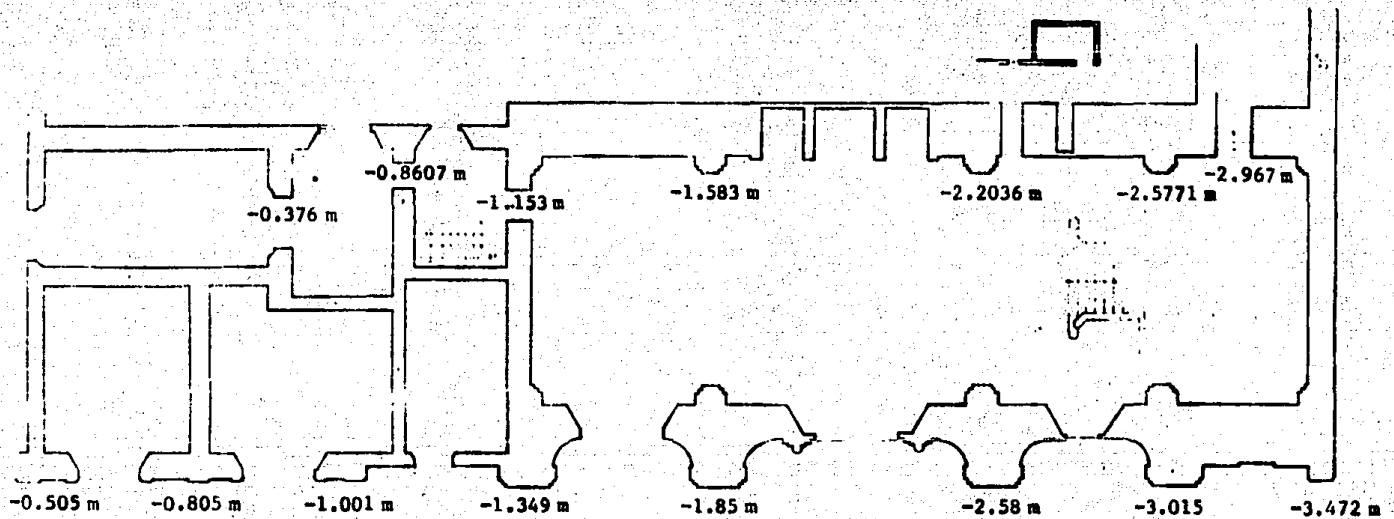
Los hundimientos correspondientes a los sentidos Norte-Sur, y Oriente-Poniente son 0.505 mts y 2.967 mts respectivamente.

En las figuras Nos. 9 y 10 se esquematizan los hundimientos en los sentidos Oriente-Poniente y Norte-Sur respectivamente mediante dos alzados de la iglesia en esos sentidos; la línea continua indica la posición original de la iglesia, la línea punteada corresponde a la posición final con hundimiento.

#### I.6.- ALTERNATIVAS DE SOLUCION.

Sobre este aspecto hay muy poco de que hablar, ya que prácticamente no hubo alternativas de solución a este problema de hundimiento.

La decisión de conservar la iglesia fué tomada por las autoridades eclesiásticas competentes, y la única forma de hacerlo era recimentarla y nivelarla; para esto el único sistema que había (y que hay hasta la fecha) es el sistema mexicano



N-S  $\delta = 0.505 \text{ m}$   
 O-P  $\delta = 2.967 \text{ m}$   
 $\delta_T = 3.472 \text{ m}$

ESCUELA DE LAS CAYAS  
 BASILICA DE SAN DOMINGO  
 PLANTA ARQUITECTONICA  
 Escala: 1:100  
 Autor: [illegible]

Figura N° 8. Planta arquitectónica.

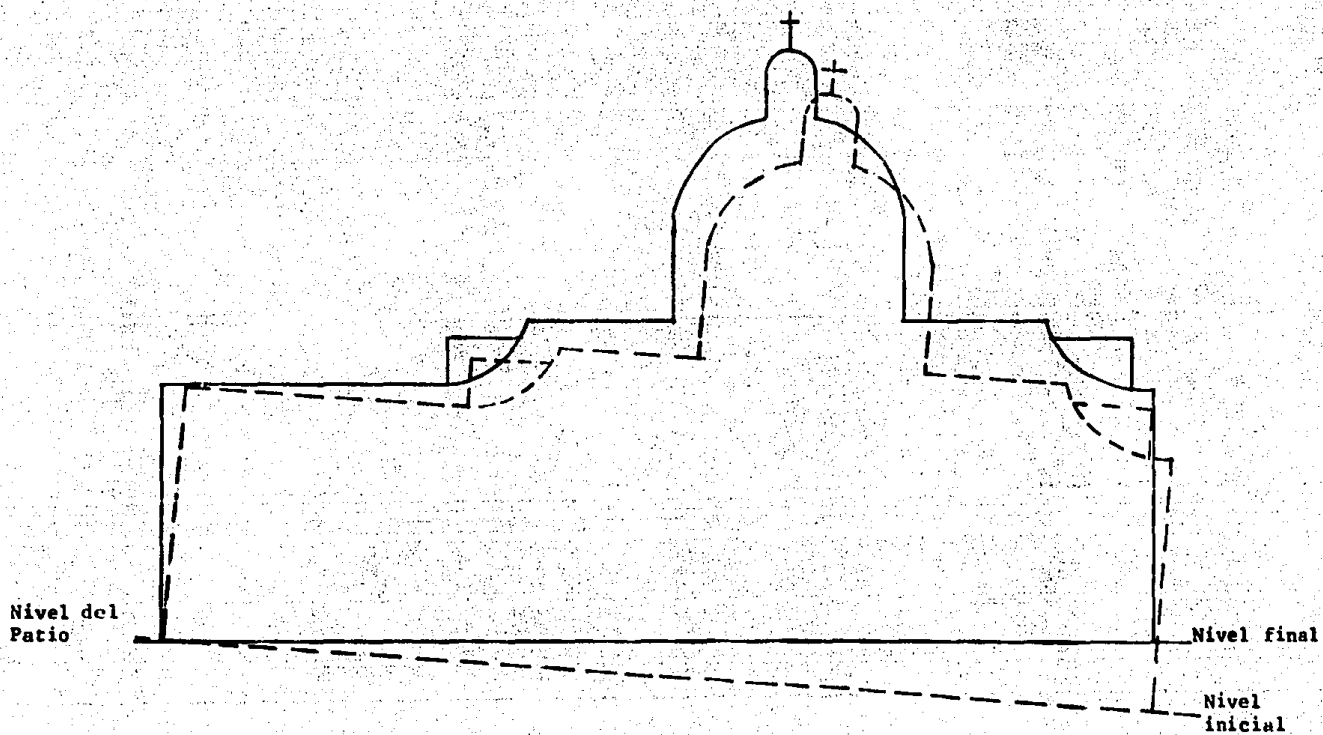


Figura Nº 9.

Hundimiento sentido oriente-poniente.



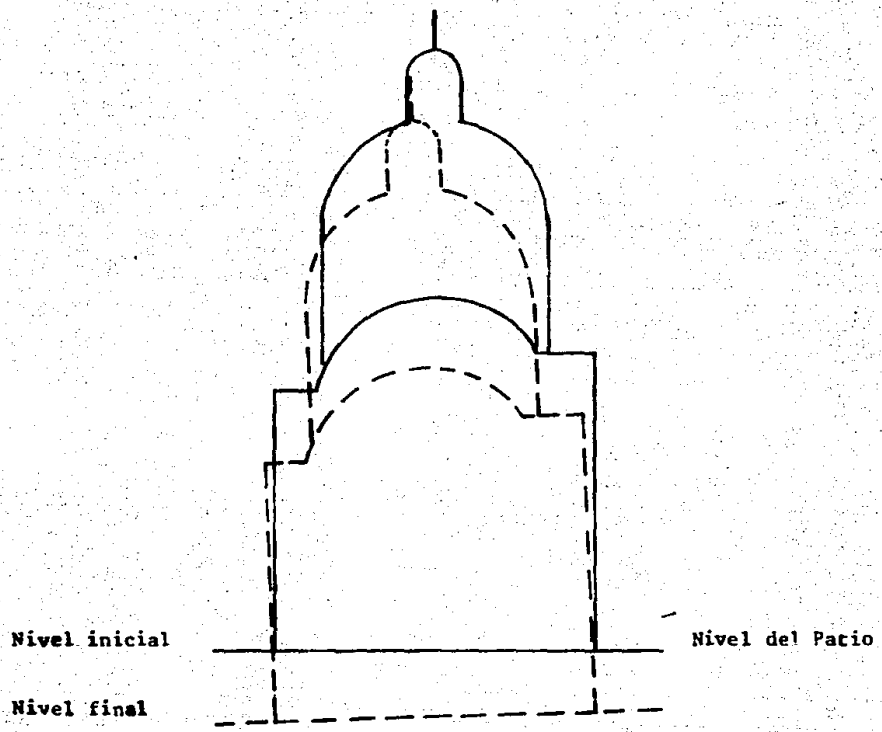


Figura Nº 10.

Hundimiento sentido norte-sur.

llamado "Sistema Pilotes de Control" que es único en el mundo, así que se decidió que la iglesia debería ser recimentada y nivelada con el Sistema "Pilotes de Control" de prestigiada Compañía Mexicana, lo que requirió la intervención de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas para la realización del trabajo.

Más adelante se hablará con detalle del "Sistema Pilotes de Control", para lo cual es necesario referirse a los pilotes como elementos de cimentación y sobre éstos se ocupan los siguientes incisos.

#### I.7.- PILOTES: DEFINICION, CLASIFICACION.

##### DEFINICION.

Los pilotes son elementos relativamente largos y delgados que se emplean para transmitir las cargas de cimentación a través de estratos de suelo de baja capacidad de carga hasta suelos más profundos o estratos de roca que poseen una capacidad de carga más elevada. Se utilizan también en suelos en que tienen que trabajar a tensión; o en situaciones en las que tienen que resistir cargas laterales.

##### PARTES CONSTITUYENTES DE UN PILOTE.

El pilote comprende tres partes que son:

La cabeza

El fuste

La punta

**LA CABEZA.-** Es la extremidad superior del pilote, recibe las cargas de la superestructura por medio de contratraves y/o losas de cimentación.

**EL FUSTE.-** Es el cuerpo del pilote, a través de él se transmiten las cargas de la cabeza a la punta, o puede ser soporte de éstas a través de su superficie en contacto con el terreno.

**LA PUNTA.-** En contacto permanente con el suelo transmite las cargas al manto en el que está apoyada (figura Nº 11).

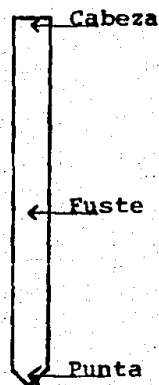


Figura Nº 11. Partes constituyentes de un pilote.

#### CLASIFICACION DE PILOTES.

Existen dos clasificaciones de pilotes, la primera de acuerdo al material del que están hechos, la segunda se refiere a su forma de trabajo.

Clasificación de acuerdo al material de que están hechos:

- a) Pilotes de madera.
- b) Pilotes de concreto.
- c) Pilotes de acero.

a) PILOTES DE MADERA.

Los pilotes de madera han sido utilizados por los hombres prehistóricos para asentar las cimentaciones de sus poblados lacustres.

Entre los Romanos, hincar pilotes era un arte bien establecido.

En la Edad Media, Venecia y algunas ciudades de Holanda han empleado en gran manera los pilotes de madera.

Actualmente, sólo se utilizan en ciertas condiciones particulares (economía, construcciones provisionales).

Las maderas empleadas para la confección de pilotes pueden ser de distintas clases, algunas de éstas son: la encina, la haya, el olmo, el castaño, el olivo, el abeto marítimo, la epicea (o abeto blanco), el pino silvestre (o abeto rojo) procedentes de Escandinavia, países Bálticos y Rusia; el greenhart de la Guayana, el jarrah de Australia, la teca de Siam, Birmania y Java. El Douglas Fir (pino de Oregón), el pitchpin, el spruce, el southern cypress, el hemlock, todas estas maderas americanas.

El azobé, utilizado como refuerzo de las cabezas de hincado y el talf.

Estas maderas son piezas de grandes dimensiones, impetresibles e inatacables por las termitas y los moluscos.

## CARACTERISTICAS Y DIMENSIONES DE LOS PILOTES DE MADERA.

El pilote debe cortarse siguiendo exactamente las fibras de la madera; debe ser sano; sin podredumbre ni nudos viciados, exento de rajadas, grietas y cualquier otro defecto que pueda comprometer su resistencia y su duración. Además:

- La línea, formada uniendo el centro de la cabeza con el centro de la punta, debe pasar por el interior del fuste.

- El fuste debe ser muy regular: el diámetro de la sección más delgada no debe ser inferior a los  $2/3$  del diámetro de la sección más gruesa.

- La flecha no debe sobrepasar el  $1/100$  de la longitud.

- El diámetro, en el centro del pilote, debe estar comprendido entre  $1/30$  (terrenos resistentes) y  $1/40$  (terrenos blandos) de la longitud.

La principal ventaja de los pilotes de madera es que, en general, son relativamente menos caros que los pilotes de concreto; sin embargo, no constituyen necesariamente la cimentación más económica.

Los pilotes de madera soportan mal las variaciones de sequía y humedad; su cabeza debe estar situada por debajo del nivel de la capa freática; esto exige trabajos importantes: excavaciones, tablaestacados, encofrados agotamientos, y necesitan, además, la construcción de obras de albañilería que cubran la cabeza de los pilotes, que a menudo tienen grandes proporciones.

Es necesario no olvidar que los pilotes de madera siendo material orgánico, están sometidos a los ataques de gusa-

nos roedores, termitas, etc.; si bien es cierto que un tratamiento adecuado aumenta su duración, también aumenta, al mismo tiempo, su costo; además, el proceso de tratamiento no influye en lo absoluto en el incremento de la capacidad de carga del pilote.

Las dimensiones del pilote están limitadas tanto en longitud como en sección.

Los pilotes de madera no pueden resistir grandes esfuerzos de hincado que permitan atravesar un estrato de elevada resistencia.

La carga soportadora por los pilotes de madera es considerablemente inferior a la que pueden soportar los pilotes de concreto o metálicos, ya que la carga que soporta un pilote de madera oscila entre las 15 y las 25 toneladas, mientras que un pilote de concreto resiste cargas superiores a las 30 toneladas.

La sustitución de pilotes carcomidos bajo una cimentación precisa de unos trabajos subterráneos y de recalce de cimentaciones que a la vez son lentos y caros.

#### b) PILOTES DE CONCRETO.

Hay una gran variedad de pilotes de concreto, de los que se tienen:

- Pilotes fabricados "in situ" en tubos recuperables.

Para facilitar la construcción de los pilotes se usa un tubo de acero el cual es retirado conforme se va llenando de concreto.

- Pilotes fabricados "in situ" con tubos no recuperables.

Para proteger el concreto contra el lavado por aguas subterráneas se ha recomendado el uso de una camisa de protección de chapa ondulada, la cual, una vez hincado, queda junto con el concreto.

Este es el procedimiento normalmente usado en América, se utilizan chapas onduladas de diámetro variable, entre 40 y 60 cms.

Se comprende fácilmente que este procedimiento resulte a un precio elevado y sólo debe emplearse en determinados casos.

- Pilotes preexcavados.

Los pilotes prefabricados necesitan, para su hincado, máquinas molestas y ruidosas que pueden provocar vibraciones en las edificaciones circundantes.

Los pilotes preexcavados no presentan ninguno de estos inconvenientes; ofrecen en cambio, múltiples ventajas.

La diferencia entre un pilote moldeado y uno preexcavado, es que la perforación se realiza con extracción de tierra.

Los distintos tipos de pilotes perforados se diferencian entre ellos por el sistema de compactación del concreto.

- Pilotes prefabricados de concreto armado e hincados.

Los pilotes de concreto armado tienen generalmente forma cuadrada u octagonal, alguna vez tienen sección hexagonal o circular y aún anular.

La longitud normal varía de 10 a 20 mts, pero pueden alcanzar los 30 mts y sobrepasarlos.

Su dimensión transversal varía de 25 a 60 cms; su peso es considerable. Pueden hincarse verticales o inclinados, siendo la oblicuidad normal alrededor de un 10%.

- Pilotes pretensados.

Los pilotes de concreto pretensado tienen, sobre los pilotes de concreto armado prefabricados, ciertas ventajas que hacen preferirlos a estos últimos.

1º Su resistencia al hincado es mayor, el concreto no se cuarteja bajo el efecto del esfuerzo de hincado, existe también una mayor protección contra los agentes exteriores.

2º Su acarreo y transporte son más fáciles, mientras que un pilote equivalente de concreto armado requiere de un gran número de puntos de agarre uno prefabricado sólo requiere de uno o dos puntos. Los pilotes pretensados están particularmente indicados para grandes longitudes.

Economía de peso permite capacidades de carga más importantes con secciones más débiles.

3º Los pilotes de concreto pretensado tienen un momento de inercia mayor que los pilotes de concreto armado de las mismas dimensiones; en los primeros, toda la sección transversal del concreto contribuye al momento de inercia, mientras que en los segundos la zona de recubrimiento no interviene; las armaduras sí contribuyen (economía de acero como consecuencia de la plena utilización de acero de alta resistencia).

- Pilotes prefabricados de concreto armado y roscados.

Las ventajas de la técnica del roscado, aplicada a los



pilotes de cimentación, han sido puestas en evidencia en Inglaterra desde principios del siglo XIX por la utilización de pilotes roscados metálicos.

Esta técnica sin embargo, ha tenido un empleo limitado y no se ha desarrollado de la forma que permitían suponer las primeras aplicaciones. Los pilotes roscados tienen un precio de fábrica elevado, una duración y una seguridad limitadas por la oxidación y una unión difícil con las superestructuras.

De ahí la idea de utilizar el concreto para soslayar estos inconvenientes; los pilotes roscados de concreto o de concreto armado tienen las ventajas de la técnica del roscado con un precio de fabricación económico.

Después de varios años de explotación y puesta a punto, los progresos recientes dan a esta técnica, patentada internacionalmente, un interés acrecentado, acelerando así su expansión y su desarrollo.

- Pilotes de concreto prefabricados puestos en obra mediante gatos.

El hincado de estos pilotes es un procedimiento absolutamente silencioso no introduciendo vibración alguna en el suelo; es, pues, el más útil en cuanto a evitar quejas por parte de los vecinos inmediatos y eliminar riesgos en edificios próximos en mal estado. Es muy práctico en el caso que se tengan que recimentar edificios defectuosos, pudiendo ser utilizado incluso en el interior de edificios en donde la altura de maniobras es pequeña. Ello es posible gracias a que

el pilote se introduce en pequeños elementos prefabricados, pudiéndose pretensar cuando se ha alcanzado la debida profundidad.

La reacción que necesita el gato puede ser obtenida del propio cimiento que se está recalzando o bien mediante lastre.

### c) PILOTES DE ACERO.

Los pilotes metálicos empezaron a emplearse a partir de 1890. A partir de ese año los perfiles en I aparecieron en el mercado y su aplicación fué corriente.

Estos pilotes, en los que la sección metálica absorbe íntegramente los esfuerzos a los que están sometidos, difieren fundamentalmente de los pilotes de tubos metálicos perdidos, que deben su resistencia al concreto.

Bajo la forma de perfiles (circulares o en I) se emplean sobre todo en América para las cimentaciones de los rascacielos, mientras que la forma tubular, se emplea en Alemania para los trabajos marítimos.

Los pilotes metálicos presentan las siguientes ventajas:

- Resistencia elevada a la compresión y a la flexión.
- Posibilidad de alcanzar grandes profundidades mediante soldadura de unos elementos con otros.
- Posibilidad de atravesar estratos resistentes.

Sin embargo, un examen de los pilotes de algunos puentes recientes han mostrado que hay una pérdida anual de espesor de 0.05 a 0.08 mm. Por este motivo es necesario prever

un exceso de sección y recubrir el pilote con pintura especial asfáltica antes del hincado.

Los pilotes hincados metálicos pueden ser:

- Perfiles circulares
- Perfiles en I.
- Pilotes tubulares.

Los pilotes metálicos roscados:

- Pilotes de disco.
- Pilotes de rosca.

#### CLASIFICACION DE ACUERDO A SU FORMA DE TRABAJO:

- a) Pilotes con punto o extremo de apoyo.
- b) Pilotes de fricción o rozamiento.
- c) Pilotes mixtos.

#### a) PILOTES CON PUNTO O EXTREMO DE APOYO.

También conocidos como pilotes resistentes por efecto de punta o pilotes de punta.

Se les llama así a los pilotes que deben su capacidad de carga a la resistencia del estrato en el punto de apoyo. En este caso el estrato de apoyo para los pilotes de cimentación debe ser de material duro y relativamente impenetrable tal como rocas o una mezcla muy densa de arena y grava.

El pilote es hincado hasta alcanzar un estrato con las características anteriores y toda la carga que recibe el pilote la transmite al suelo a través de su punta como se ilustra en la figura N° 12.

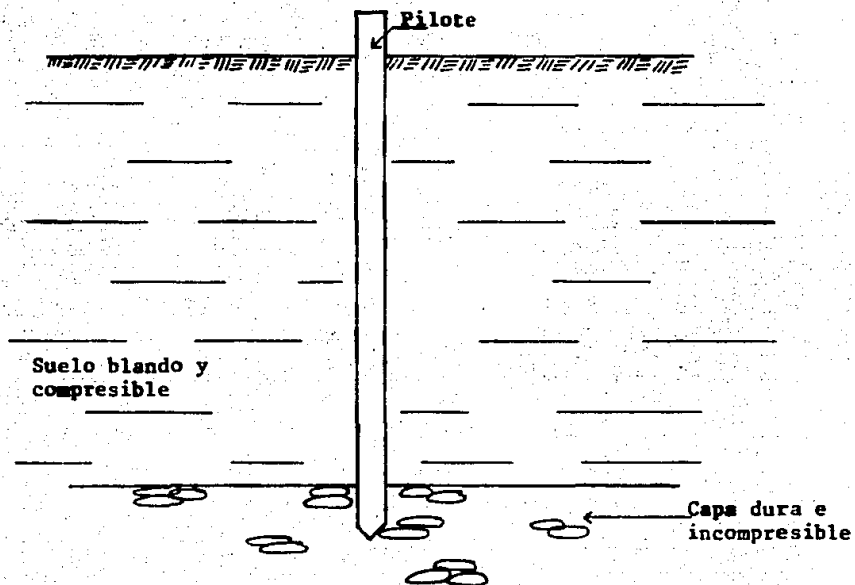


Figura Nº 12.  
Pilote de Punta.

b) PILOTES DE FRICCIÓN O ROZAMIENTO, TAMBIEN LLAMADOS PILOTES RESISTENTES POR EFECTO LATERAL.

Estos pilotes están hincados una cierta longitud en un suelo penetrable pero no llegan a alcanzar un estrato resistente y duro como roca o arena y grava.

La capacidad de carga se debe en este caso a la adherencia o fricción superficial entre la superficie empotrada de los pilotes y el suelo circundante a éstos. Para que un pilote trabaje por fricción, la resistencia a la penetración

debe ser mayor que la carga total a que va a estar sujeto (fig. Nº 13).

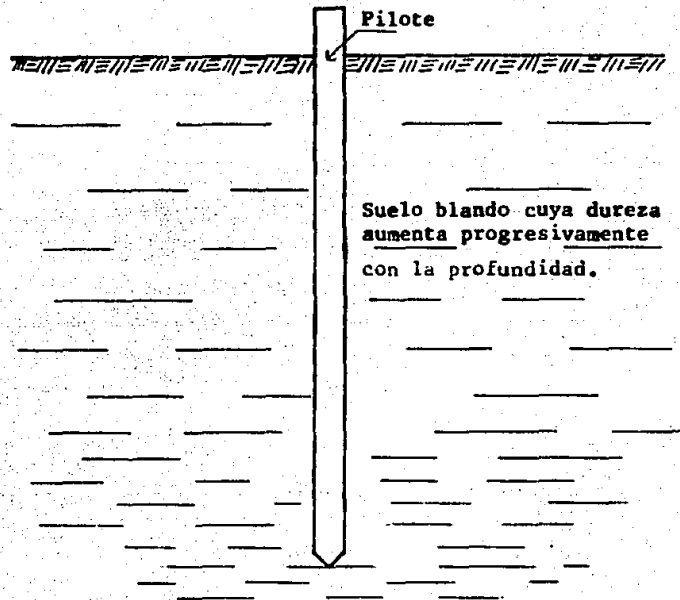


Figura Nº 13.

Pilote de fricción ó rozamiento.

**c) PILOTES MIXTOS O PILOTES RESISTENTES A LA VEZ POR EFECTO LATERAL Y EFECTO DE PUNTA.**

Pilotes de fricción en su parte superior y que transmiten las cargas a un estrato más resistente. Estos pilotes deben su capacidad de carga en parte al apoyo de su extremo y en parte al rozamiento superficial (fig. Nº 14). Para ello es necesario tener un conocimiento perfecto de la naturaleza

del subsuelo de cimentación. Es preciso efectuar sondeos y completar su estudio con ensayos de laboratorio para determinar las características del subsuelo, a saber:

- El peso específico.
- El ángulo de fricción interna.
- La cohesión.

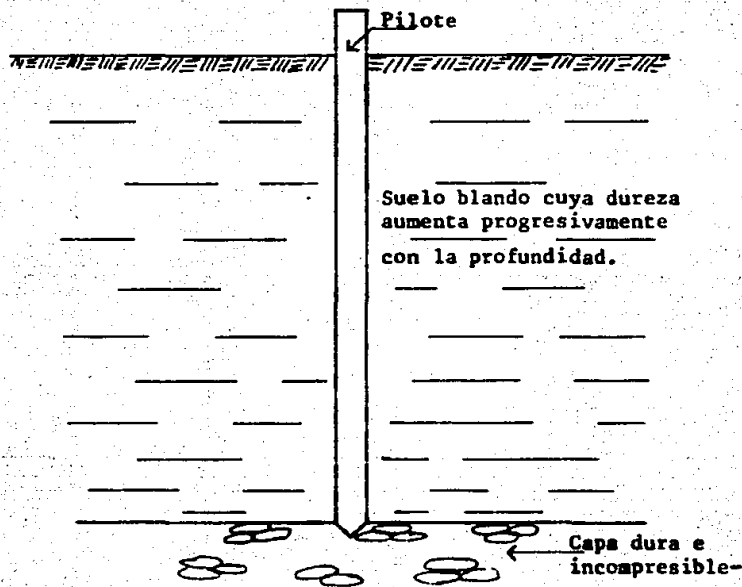


Figura Nº 14.

Pilote Mixto.

### 1.8.- DIFERENTES TIPOS DE PILOTES.

PILOTES DE CONCRETO.

— PILOTES FABRICADOS "IN SITU" MEDIANTE TUBOS RECUPERABLES —

## a) PILOTES SIMPLEX.

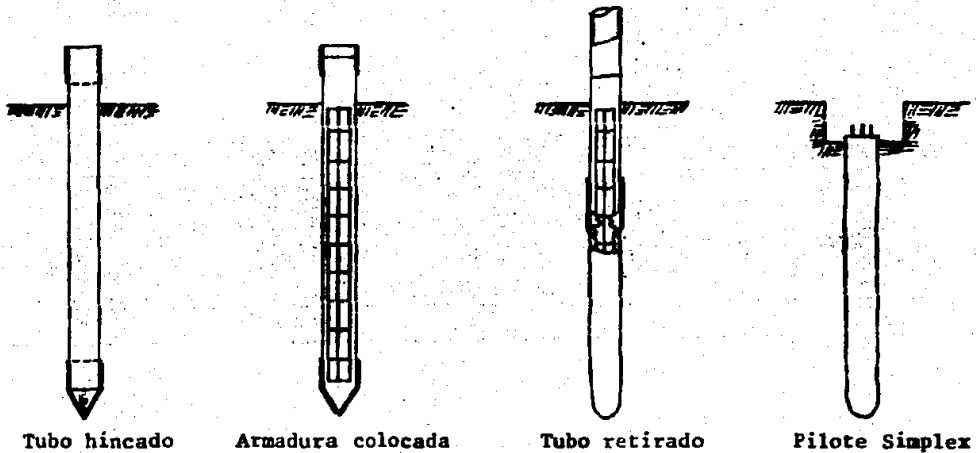
## a.1) Pilote Simplex Stándar con punta de Caimán o amovible.

## Procedimiento:

Se hunde en el suelo, por hincado hasta rechazo, un tubo metálico provisto de punta y, a medida que el tubo se llena de concreto fresco, se retira progresivamente el tubo (fig. Nº 15).

El tubo hincado es de acero; tiene 2 cm de espesor y de 40 a 50 cm de diámetro.

La punta es de fundición; puede ser de tipo amovible y por lo tanto irrecuperable, o del tipo "caimán" recuperable. El hincado del tubo se efectúa con ayuda de un mazo de 2 ton o más.



Tubo lleno de concreto parcialmente.

Figura Nº 15. Pilote Simplex.

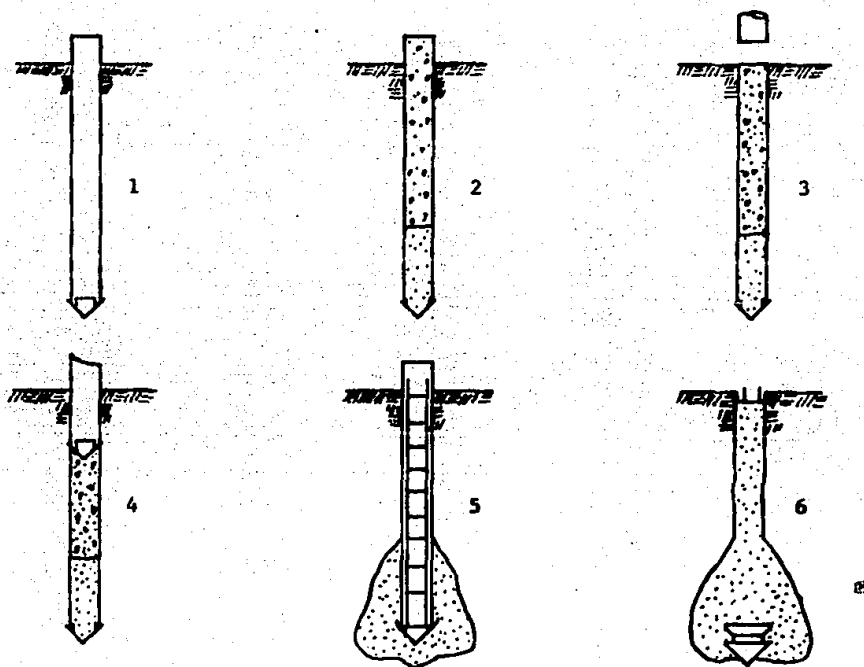
a.2) Pilote Simplex de bulbo.

Una vez hincado el tubo, se llena una parte de concreto semiseco y el resto de arena y grava.

Se procede entonces a un nuevo hincado del tubo a través de los áridos y del concreto.

Se continúa la hinca; la arena y la grava se desplazan en el contorno del tubo, mientras que el concreto medio seco penetra en el terreno para formar el bulbo.

El desentubado del pilote se realiza a continuación en la forma habitual (fig. Nº 16).



1) El tubo se hincando; 2) La parte inferior se llena de concreto y el resto de áridos; 3) Se retira el tubo; 4) Se vuelve a hincar; 5) Segundo hincado terminado y el bulbo formado por fuerza del tubo; 6) Pilote terminado.

Figura Nº 16. Pilote Simplex de bulbo.



a.3) Pilote Duplex o Triplex.

Hincando concéntricamente un pilote "Simplex" en otro, se realiza un pilote "Duplex". Se suele adoptar este sistema en el caso de terrenos muy compresibles que deban soportar cargas elevadas.

Si se repite la operación una vez más, se obtiene un pilote "Triplex", este tipo sólo se presenta en casos excepcionales (pilote muy corto).

a.4) Pilote Simplex marino.

En caso de que se tema el lavado del concreto, se dobla el tubo metálico mediante una camisa de chapa delgada, que se abandona después de haberla llenado de concreto.

El tubo metálico se recupera de la forma usual, mientras que la camisa de chapa se deja hincada protegiendo el fraguado del concreto.

b) PILOTE EXPRESS.

Primeramente se hinca un tubo metálico, luego se va llenando de concreto y a la vez que se va retirando el tubo también se va apisonando el concreto hasta terminar con el llenado del tubo.

Para el apisonado se usan dos pistones que forman una especie de bomba, al ser elevado el mazo, aspira y es vaciando el concreto, al comprimir con la caída del mazo la bomba actúa como impelente, en ese momento se extrae el tubo (fig. Nº 17).

En el caso de un pilote de concreto armado, se utiliza un pistón y una corona de diámetros inferiores para permitir el paso de la armadura.

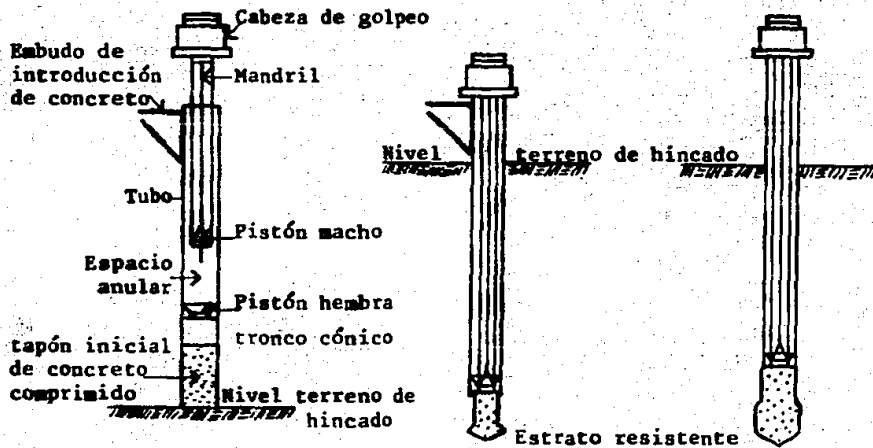


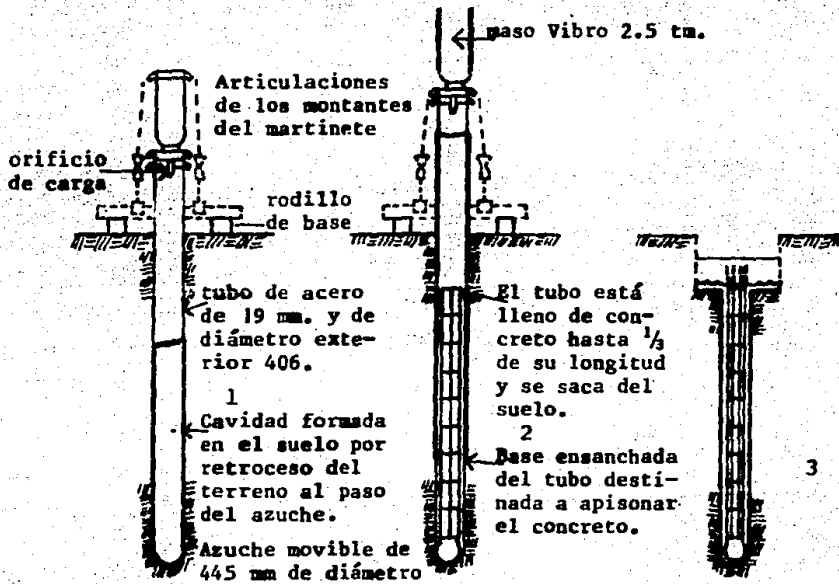
Figura Nº 17. Pilote express.

### c) PILOTE VIBRO.

Se hince un tubo de acero con un azuche de fundición en su parte inferior, mediante un martinete. El tubo se llena a continuación de concreto por un orificio de carga.

Cuando el vaciado de concreto ha terminado, se acopla al martinete el sistema especial de extracción (yunques de extracción) en el que, por acción alternativa (80 golpes por minuto), se extrae el tubo y se apisona el concreto, produciendo a la vez extracción y compactación (fig. Nº 18).

La característica del sistema es, como su nombre lo indica, la vibración del concreto.



- 1) Hincado del tubo a la profundidad deseada; 2) Extracción del tubo y simultáneamente compresión del Concreto; 3) Pilote Vibro Acabado.

Figura Nº 18. Pilote Vibro.

- Pilote Vibro ensanchado. Para aumentar la fricción lateral en caso de pilotes flotantes se puede, o bien usar un diámetro mayor, o proceder a un segundo hincado.

#### d) PILOTE FRANKI.

Se hincan en el suelo un tubo metálico (obturado en su parte inferior por un macizo de concreto seco) de forma que constituya una cavidad que se llena de concreto; en tanto que este último se apisona enérgicamente, se retira progre-

sivamente el tubo.

El pilote franki, así obtenido, está formado por una base ensanchada o "bulbo" además de unas protuberancias a todo lo largo del fuste, proporcionales a la compresibilidad de los estratos atravesados (fig. Nº 19).

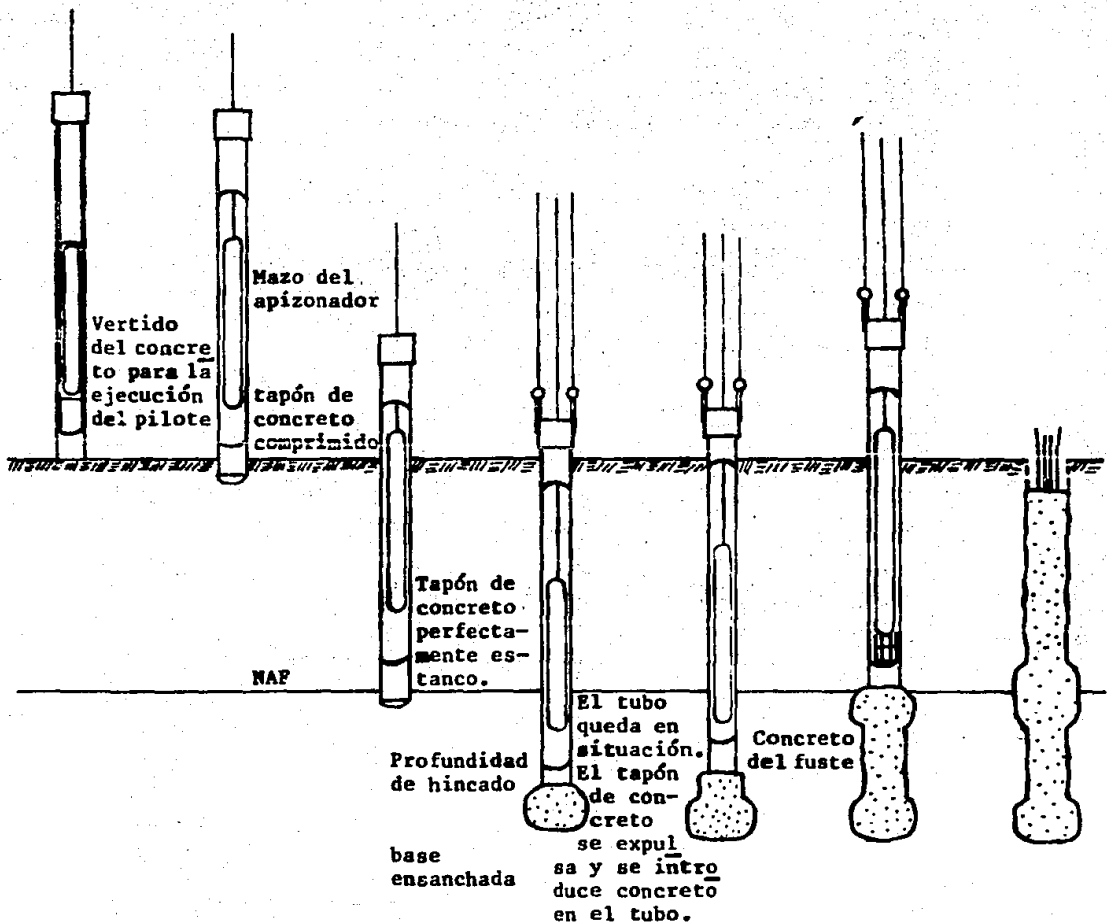
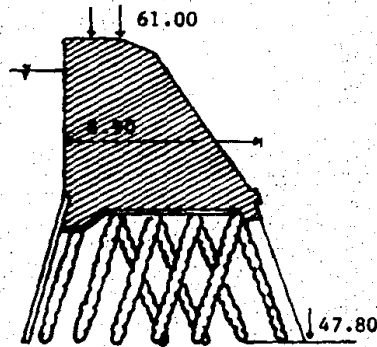
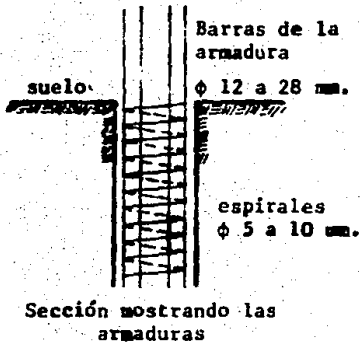


Figura Nº 19. Pilote Franki.

- Pilotes Franki inclinados.

La inclinación puede llegar hasta 25 grados. Los pilotes inclinados deben estar necesariamente armados en toda su longitud a fin de poder absorber los esfuerzos oblicuos a los que están sometidos; se aplican particularmente en los muros de contención, estribos de puentes, etc. (fig. Nº 20).



Ejemplo de aplicación de los pilotes Franki inclinados en la construcción de un muro-dique de concreto.

Figura Nº 20. Aplicación de pilotes Franki.

- Pilotes Franki Perforados.

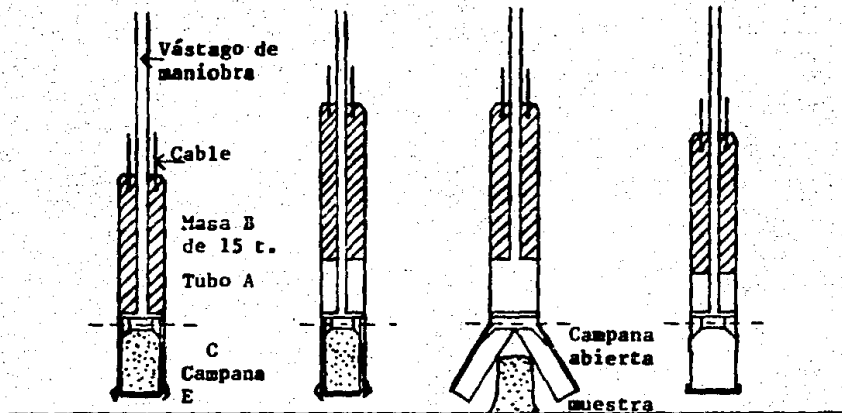
En terrenos arcillosos, los pilotes Franki no se hincan por compresión, sino por extracción de muestras en el terreno.

La ejecución de estos pilotes perforados se efectúa por medio de un martinete Franki ordinario y de una campana formada por dos mandíbulas semicilíndricas.

Se extrae así un testigo de arcilla de alrededor de 1 m

de longitud.

El banco de arcilla nunca es muy importante, ya que, de lo contrario, no sería necesario prever pilote (fig. Nº 21).



Pilotes Frankl. Vaciado de la campana sacamuestras.

Figura Nº 21.

— PILOTES FABRICADOS "IN SITU" CON TUBOS NO RECUPERABLES —

a) PILOTE "BUTTON-BOTTOM".

Se hinca en el suelo hasta el rechazo un tubo metálico de 35 cm de diámetro, provisto de una punta de concreto prefabricado (button), cuyo diámetro sobrepasa en 2 cm al del tubo, de forma que la energía del hincado del pisón se concentra especialmente en la punta (button).

Se obtiene así una cavidad suficientemente grande, en el interior de la cual se baja la chapa ondulada de protección que se cierra en el "button" situado al fondo (bottom) del tubo de donde le viene el nombre de "button-bottom" dado

a estos pilotes.

El tubo metálico se extrae y la chapa ondulada se llena en seguida de concreto (fig. N° 22); se pueden hincar los pilotes "button-bottom" en terrenos rocosos y a través de estratos de terrenos de gran resistencia. Su longitud llega a unos 22 mts.

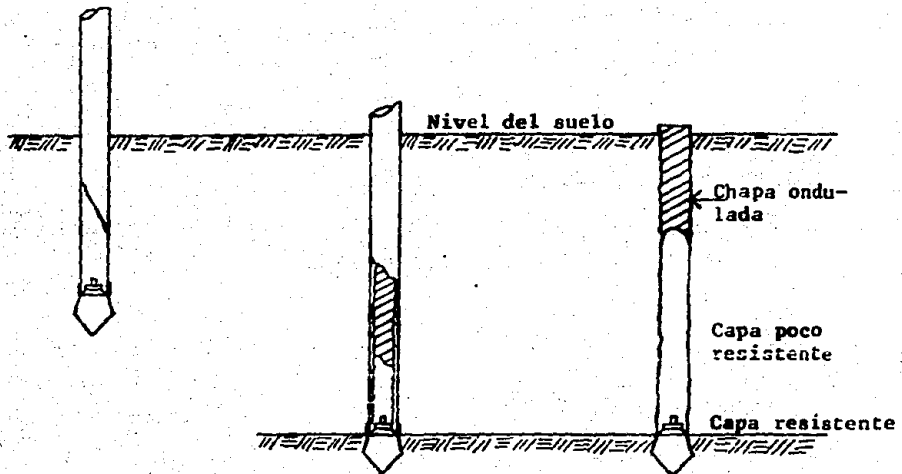


Figura N° 22. Pilote Button Bottom.

b) PILOTE "PEDESTAL".

El pilote Pedestal es un pilote de asiento; está formado por un "bulbo", en el cual se encasta un fuste formado por chapa ondulada que se llena de concreto, mientras que el tubo de hincado se extrae (fig. N° 23).

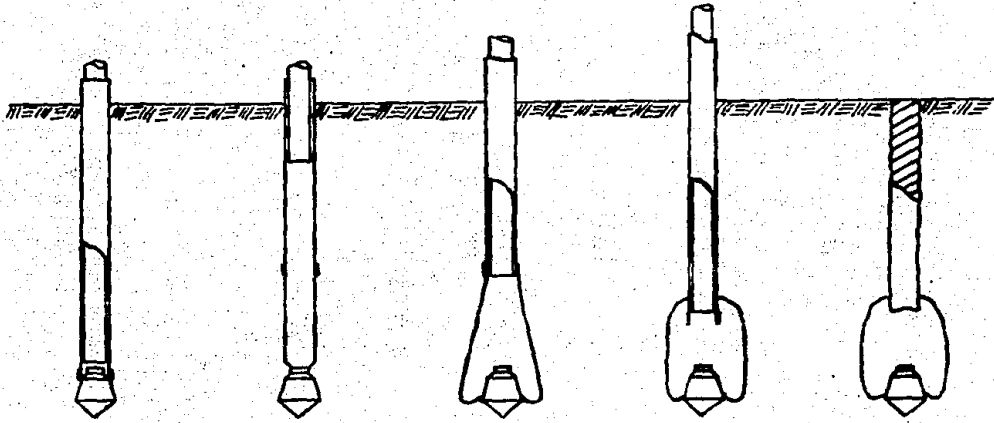


Figura N° 23. Pilote Pedestal.

c) PILOTE "COBI" DE MANDRIL NEUMATICO.

Los pilotes son de concreto fabricado "in situ", su revestimiento está formado por una chapa ondulada de diámetro uniforme de 30 a 35 cm.

El mandril está formado por 4 segmentos de acero. Una vez hincados los segmentos del mandril quedan estampados de forma estanca a la chapa ondulada formando una unidad sólida de hincado.

El mandril se une solidariamente con el mazo. A continuación se fija el tubo, formado de chapa ondulada provisto de un azuche, al mandril; éste baja por el interior del tubo hasta su extremo inferior.

Entonces se inyecta al mandril utilizando Nitrógeno o aire a presión aproximada de  $9 \text{ Kg/cm}^2$ .



El mandril y la chapa ondulada se hincan a la profundidad deseada formando una sola pieza.

Una vez terminado el hincado, se retira el mandril del tubo, el cual se llena de concreto (fig. Nº 24).

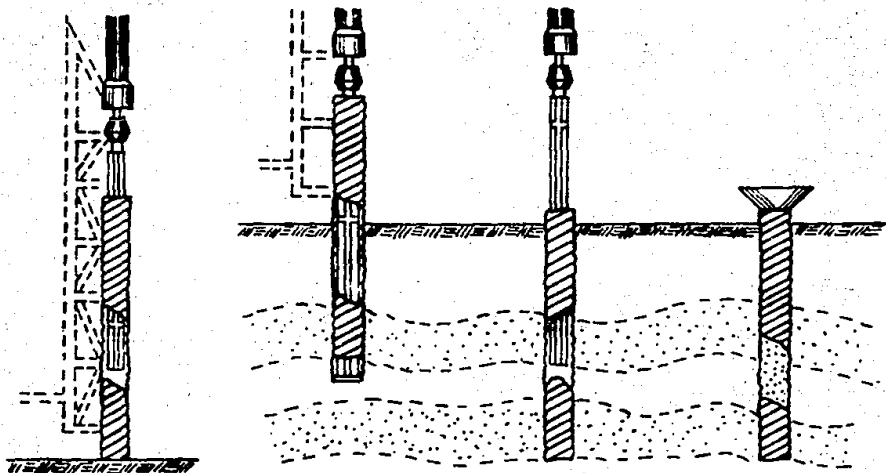


Figura Nº 24. Pilote Cobi de mandril neumático.

#### d) PILOTES RAYMOND.

##### d.1) Pilote Raymond Standar.

Está formado de una chapa de acero, provista de una parte inferior resistente; se hunde en el suelo por hincado con la ayuda de un mandril apropiado.

Una vez hincado el tubo, se retira el mandril y si es necesario se coloca la armadura de refuerzo, después de lo cual se llena de concreto.

La conicidad de estos elementos es de 1 cm cada 30 cm de longitud (fig. Nº 25); el interior de la chapa está refor

zado por una espiral metálica de paso 7.5 cm.

Las principales ventajas de este tipo de pilotes son:

- 1.- Economía dimanante de la conicidad del pilote.
- 2.- Posibilidad de hincar los pilotes en terrenos duros.
- 3.- La facilidad con que se puede inspeccionar el pilote después de retirar el martinete.

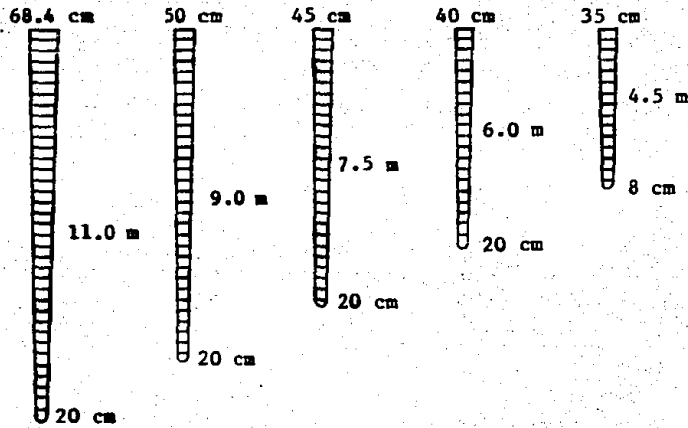


Figura Nº 25. Pilotes Raymond.

#### d.2) Pilote Raymond "Step-Tapered".

Es análogo al pilote Raymond Standar; está formado por elementos de 1.25 a 2.5 m de longitud que se empalman unos con otros hasta obtener una longitud total de unos 25 m.

(Los Raymond Standar no sobrepasan los 11 mts).

En la parte inferior de cada elemento se suelda un anillo de acero que facilita su introducción en el terreno; el último elemento termina en un azuche de acero (fig. Nº 26).

El diámetro varía de un cm por cada metro de altura.

Este tipo de pilote tiene la ventaja de resistir grandes cargas.

El diámetro de un pilote así constituido varía de 20 a 30 cm.

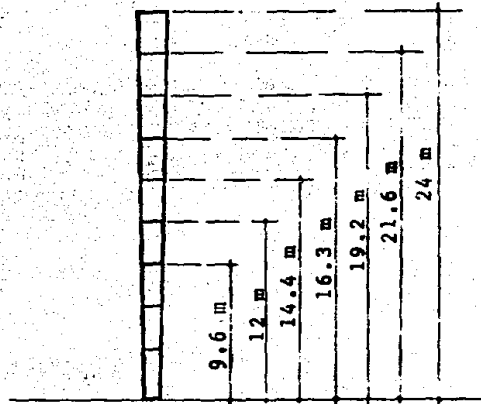


Figura Nº 26. Pilote Raymond Step-tapered.

#### d.3) Pilote Raymond Mixto.

Asociando tubos metálicos en la parte inferior y chapas onduladas en la superior, se obtiene un pilote Raymond cuya longitud puede alcanzar los 50 mts.

#### - PILOTES PERFORADOS -

##### a) PILOTE "WOLFSHOLZ".

Se hince por rotación en el suelo un tubo cilíndrico (de 25 a 50 cm de diámetro) formado por elementos metálicos de longitudes determinadas, roscados los unos con los otros.

A medida que desciende el tubo, se extrae la tierra que se encuentra aprisionada en su interior con la ayuda de aparatos de perforación tales como "cucharas", "taladros", etc.

Cuando el tubo ha alcanzado terreno adecuado, se introduce la armadura metálica; se cierra herméticamente la parte superior del tubo con una tapa roscada que deja pasar 3 tubos; uno de conducción de aire comprimido, otro de conducción de concreto y otro de evacuación de agua.

Mediante la inyección a baja presión de aire comprimido se extrae el agua que se hubiese podido infiltrar.

El aire comprimido por una parte comprime al concreto, mientras que por la otra provoca la extracción colectiva del tubo. (debida a presión ejercida sobre la tapa). Existe un peligro: si la presión de aire es excesiva, el tubo sale más de lo necesario y se produce una discontinuidad del pilote (fig. Nº 27).

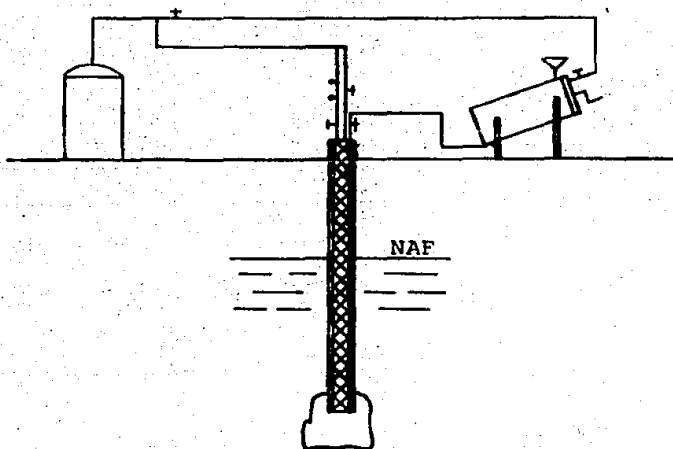


Figura Nº 27. Pilote Wolfsholz.

**b) PILOTE STRAUSS.**

Se introduce en el suelo, mediante perforación, un tubo cilíndrico de diámetro apropiado, formado por elementos metálicos roscados unos con otros.

Una vez hincado, se vierte el concreto, que se compacta mecánicamente con la ayuda de un pisón al tiempo que se extrae el tubo.

Para ello se utiliza una cabria en la que están colgadas dos poleas; la primera recibe el cable de maniobra del martillo compactador, accionada por los tirantes, y la segunda el cable de maniobra del tubo, este cable se enrolla en un cabrestante. En ciertos casos el cabrestante no es suficiente para extraer el tubo; se recurre entonces al empleo de gatos.

En la práctica, este sistema no es conveniente y está abandonado.

**c) PILOTE RODIO.**

Se deriva del pilote Strauss; se perfora el suelo con una sonda y se introducen, por rotación en la perforación, los elementos de tubos metálicos de diámetro apropiado para llegar al nivel deseado.

Se introduce la armadura metálica y se vierte el concreto con la ayuda de una cuchara especial; cuando la cuchara llega al fondo, se abre la cuchara y sale el concreto de forma que se evita su lavado por el agua subterránea; se extrae progresivamente el tubo y se compacta el concreto con aire comprimido.

En algunas circunstancias se emplea agua a presión en lugar de aire comprimido.

d) PILOTE FROTE.

Se perfora un pozo en el suelo con ayuda de instrumentos de perforación apropiados y, simultáneamente a la perforación, se procede al entubado del mismo introduciendo elementos metálicos roscados unos con otros para alcanzar el terreno adecuado, posteriormente se introducen las armaduras metálicas.

Se introduce el concreto con la ayuda de un cubilote con válvulas que impidan el lavado. Se cierra la parte superior del tubo roscándole una tapa hermética, que está atravesada por el tubo de aire comprimido.

Obtenida la compactación con aire comprimido, se desenrosca la tapa y se introduce una nueva cantidad de concreto, que se compacta neumáticamente al tiempo que se extrae el primer elemento de tubo (fig. Nº 28).

e) PILOTE FORUM.

Se perfora el suelo con instrumentos de perforación apropiados, se introduce la armadura -la perforación está armada con un tubo metálico- el agua en el tubo llega al nivel de la capa freática.

La puesta del concreto se ejecuta en forma normal; seguida de una compactación del concreto con un pisón de 500 a 1000 kg.

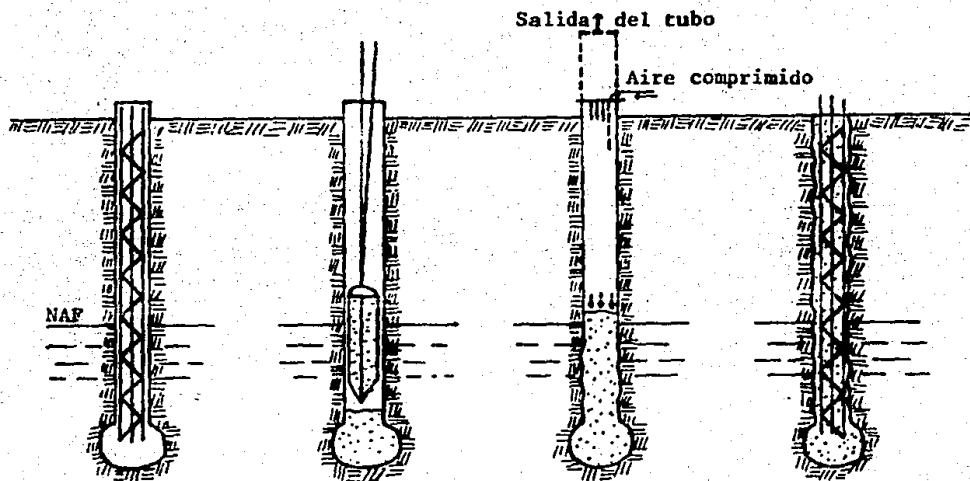


Figura Nº 28. Pilote Frote.

Se introduce un "tubo sumergible" de 15 cm de diámetro, cuya extremidad superior está provista de un embudo, se vacía el concreto sin peligro de lavado.

El tubo metálico, así como el tubo sumergible, se retiran a continuación paulatinamente (fig. Nº 29).

Fases de ejecución de un pilote forum: 1) El pozo ha sido terminado. El tubo exterior está situado; se ha introducido la armadura. El agua en el tubo llega al nivel de la capa freática; 2) se introduce el tubo, sumergible y se inicia la puesta en obra del concreto; 3) prosigue la puesta en obra del concreto. El concreto sube entre los dos tubos expulsando el agua; 4) el tubo exterior se extrae aproximadamente 1.5 m. El concreto se extiende por la cavidad formada en la base y su volumen es elevado progresivamente con la

ayuda del tubo sumergible; 5) continúa la extracción del tubo exterior. Una vez terminada su misión se extrae el tubo sumergible; 6) el pilote "Forum" terminado.

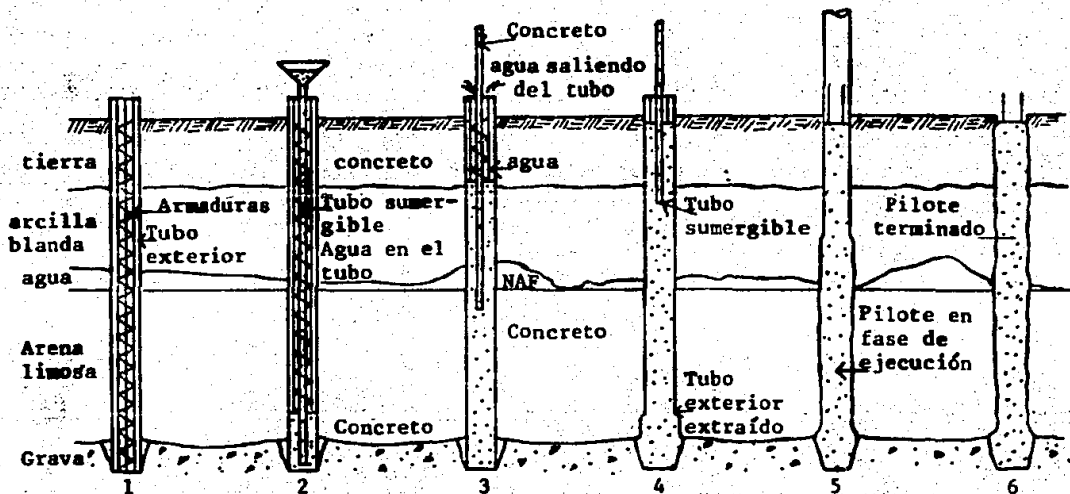


Figura Nº 29. Pilote Forum.

— PILOTES PERFORADOS DE GRAN DIAMETRO —

PILOTES BENOTO.

La perforación para la ejecución de estos pilotes, se realiza mediante dispositivos especiales.

El "Hammer-grab" es un elemento cilíndrico alargado de peso considerable, la parte inferior termina por palas de acero especial formando coquillas.

La entubadora es una máquina que facilita el hundimiento de los tubos de encofrado gracias a un movimiento continuo de vaivén, que reduce al mínimo la resistencia debida al



rozamiento del tubo y a la presión de la tierra sobre él.

El "Hammer-grab" en el interior del tubo cae en caída libre; penetra en el suelo, las coquillas agarran el terreno, se cierran y los productos de la excavación se sacan a la su perficie.

Durante el vaciado del concreto y la recuperación del tubo, el movimiento de vaivén continúa. Al mismo tiempo, el tubo se manobra de arriba abajo y de abajo arriba, compactando así el concreto.

El concreto así compactado mecánicamente y bajo la gran presión estática, se introduce en las cavidades de las paredes del pozo y asegura una adhesión total entre el pilote y el terreno.

No es de temer ninguna rotura o estrangulamiento de la columna.

En la parte superior, el concreto del pilote es únicamente comprimido por la presión estática, que es suficiente para obtener un concreto compacto.

Los pilotes "Benoto" así ejecutados tienen una gran fricción lateral; que aumenta considerablemente su capacidad de carga.

Se pueden hacer pilotes inclinados de un 10 a un 15% con la vertical.

#### — PILOTES PREFABRICADOS DE CONCRETO ARMADO E HINCADOS —

El empleo de los pilotes de concreto armado data de 1897.

La utilización de estos pilotes se introdujo en América

por Raymond en 1904.

#### Fabricación de los pilotes.

**Cementos:** Para la confección de pilotes de concreto armado se emplea normalmente cemento Portland 250-315 con una dosificación de 400-450 kg por m<sup>3</sup> de agregados (por encima de esa dosificación los peligros de fisuración son grandes).

El empleo de cemento Portland debe prohibirse en aguas salinas o selenitosas, en las que se emplean cementos de escoria o clinker 250-315 o bien cementos sobre-sulfatados (sea lithor, Supercilor), que son igualmente adecuados para las aguas agresivas; con todo es necesario tomar especiales precauciones (agua de amasado bien dosificada, concreto mantenido en estado húmedo).

**Acero:** Para las armaduras longitudinales se utiliza normalmente acero dulce; se pueden utilizar igualmente aceros semiduros ó aceros de alta resistencia. Se pueden utilizar, asimismo, ventajosamente aceros de alto límite elástico, que constituyen las mejores armaduras longitudinales para piezas fuertemente comprimidas.

Para las armaduras transversales se usa acero dulce.

**Cimbrado:** El colado de los pilotes se ejecuta en los cimbrados preparados previamente en una zona especialmente preparada.

La cimbra para pilotes cuadrados se hacen generalmente de madera; pueden ser "individuales", pero se combina para que varias cimbras tengan caras verticales comunes.

La cimbra de los pilotes pueden ser de madera ó metálicas.

Puesta en Obra de los Pilotes: Para sostener los pilotes durante su acarreo, se provee de dispositivos de enganche.

Estos pueden ser Eslingas, Pasadores ó dientes de agarre utilizados en el caso de pilotes individuales (fig. Nº 30).

Para los pilotes unidos, se utilizan generalmente las barras de elevación.

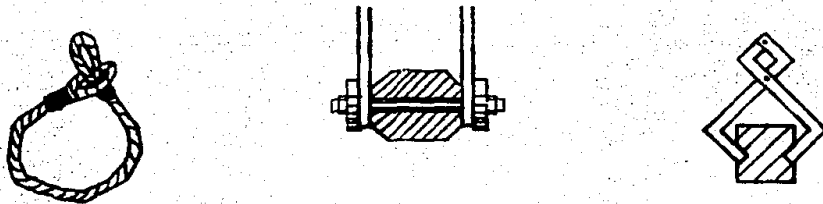


Figura Nº 30. Dispositivos de enganche.

#### Transporte.

Se hace generalmente con la ayuda de marcos móviles sobre monorraíles y se transportan de la zona de fabricación a la de acopio, después al martinete.

Para transportar pilotes menores de 20 mts. se utiliza un solo marco móvil. Para mayores se usan dos marcos móviles, los pilotes se enganchan en dos o cuatro puntos.

#### Acopio.

A condición de que la temperatura pase los 10° los pilotes de concreto armado con cemento C.P.A. 250-315 pueden elevarse de la zona de fabricación unos días después de su he-

chura; mientras que precisan de 15 a 20 días de espera para el hincado.

#### Hincado con Martinete.

Este está provisto de un mazo cadente que, por medio de choques repetidos sobre el pilote, lo hinca progresivamente en el terreno.

Tiene también dos jmelgas, piezas de guía del mazo; el pilote se fija con la ayuda de una pieza de madera llamada galopín que se mueve entre las jmelgas.

El martinete está montado sobre un carro, es orientable e inclinable para la hinca de pilotes inclinados.

Para hincado sobre el agua, se utiliza el martinete flotante, constituido por un martinete montado sobre un pontón.

#### Mazos.

Los mazos de caída libre están constituidos por una maza pesada, cuya caída se provoca al soltar el cable de maniobra o por un sistema de pestillo. Pueden ser:

— De simple efecto.— son los más utilizados. Están constituidos por un cilindro macizo.

— De doble efecto o mazos trepidantes.— Actúan tanto por su masa como por la presión del vapor o del aire comprimido.

Su frecuencia varía de 100 a 300 golpes por minuto y su peso de 300 a 500 kg. son menos voluminosos y más manejables que los de simple efecto.

#### Cascos de hincado.

Se cubre la cabeza de los pilotes generalmente por un

casco de protección para evitar su disgregación.

El casco es de fundición ó de acero moldeado, está coronado por un trozo de madera dura (azobé) que da elasticidad al conjunto; un trozo de madera tierna (eucaliptos) se intercala entre el pilote y el casco.

#### - PILOTES PRETENSADOS -

Tienen las siguientes ventajas sobre las anteriores:

- Su resistencia al hincado es mayor.
- Su acarreo y transporte son más fáciles (enganche en uno o dos puntos solamente, mientras que un pilote equivalente de concreto armado requiere un mayor número de puntos de enganche).
- Economía de peso que permite capacidades de carga más importantes con secciones más débiles.
- Tienen un momento de inercia mayor que los pilotes de concreto armado.
- Los ahorros en armaduras se consiguen al utilizar cables de acero de tracción elevada. El pretensado de los pilotes precisa de un concreto de excelente calidad, lo que a su vez supone una elevada resistencia a las tensiones de hincamiento.

Los pilotes de Concreto Pretensado suelen fabricarse por medio de un proceso de tensado previo, es decir, en los moldes se colocan primeramente unos cables y se someten a tensión por medio de unos gatos hidráulicos colocados en sus

extremos, después de lo cual se coloca el concreto en el encofrado y se procede al vibrado del mismo. Una vez que el concreto ha alcanzado la resistencia a la compresión prevista se cortan los extremos de los cables que sobresalen del concreto y la tensión de éstos se transmite inmediatamente al pilote. Seguidamente se levanta el pilote y se traslada a la zona de apilamiento. Las secciones de estos pilotes suelen ser cuadradas de más de 40 cm. de lado.

Si los pilotes tienen una sección de más de 50 cm. de lado, resulta más económico fabricarlos con un núcleo hueco.

#### - PILOTES PREFABRICADOS DE CONCRETO ARMADO Y ROSCADOS -

Los pilotes de rosca constituyen una variedad de los pilotes de desplazamiento y en ellos el cuerpo lleva una hélice horizontal de gran diámetro. Los pilotes se introducen en el terreno aplicando una fuerza de torsión al extremo superior del cuerpo.

Los pilotes de rosca tienen un precio de fábrica elevado, una duración y una seguridad limitadas por la oxidación y una unión difícil con las superestructuras.

De ahí la idea de utilizar el concreto para soslayar estos inconvenientes; los pilotes roscados de concreto ó de concreto armado tienen, pues, las ventajas de la técnica del roscado con un precio de fabricación económico.

#### Pilotes Roscados Grimaud.

Son pilotes de concreto ó de concreto armado, prefabri-

cados y pueden ser:

- Prefabricados de Concreto armado (Pilotes Corrientes).
- Pilotes especiales: pilotes fabricados por trozos.
- Pilotes con roscas múltiples.
- Pilotes huecos.
- Pilotes roscados de concreto moldeados en el suelo.

- PILOTES DE CONCRETO PREFABRICADOS PUESTOS EN OBRA MEDIANTE GATOS -

Pilotes Méga.

El pilote méga está formado por la unión de elementos prefabricados de concreto, que se encajan unos a otros; un entallo central permite su ensamblaje (fig. Nº 31).

Los elementos son de sección cuadrada de 45 x 45 cm ó circulares (diámetro de 23 a 45 cm).

Los pilotes méga están concebidos para las reparaciones bajo obras y en el refuerzo de las cimentaciones; no necesitan más que un equipo reducido, el hundimiento se realiza por un gato hidráulico; además tienen la ventaja de ejecutarse sin trepidaciones y en espacios limitados.

La capacidad de carga de un pilote méga se obtiene por lectura directa en el manómetro del gato; el hincado de cada pilote es en realidad un ensayo de carga correspondiente a un rechazo deseado.

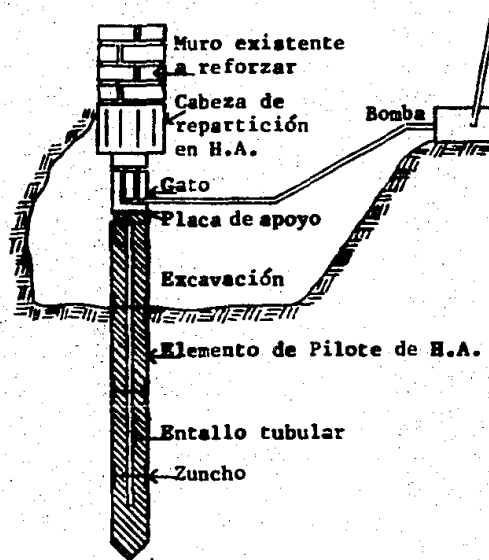


Figura Nº 31. Pilote Méga.

Fases de ejecución de un pilote Méga (fig. Nº 32):

- a) La viga de concreto armado se ha ejecutado debajo de un trozo de la cimentación existente; previamente descubierta;
- b) se provoca el descenso del primer elemento del pilote Méga, gracias a la acción de un gato intercalado entre la viga de concreto y el primer elemento del pilote. La reacción hacia arriba del gato se transmite a la construcción existente por la viga de repartición. El agua bajo presión se suministra al gato mediante una bomba accionada a mano o mecánicamente;
- c) una vez que ha penetrado en el suelo en toda su longitud el primer elemento de pilote, se le superpone un segundo elemento que se encaja con el primero. El conjunto se hunde en el terreno de una manera idéntica a la utilizada



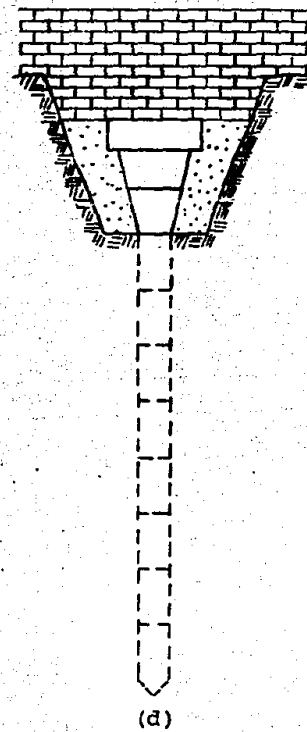
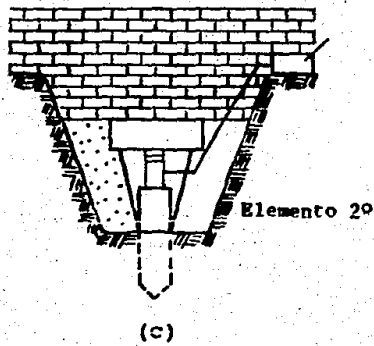
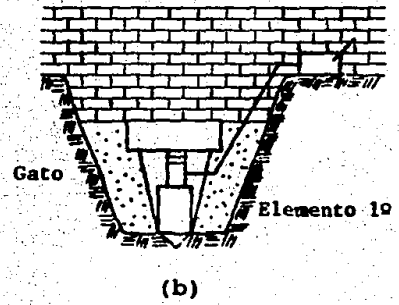
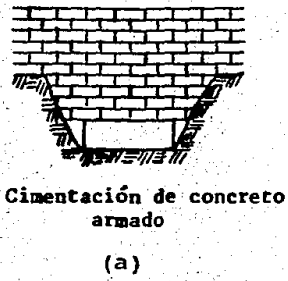


Figura Nº 32. Fases de ejecución de un pilote Méga.

para el primer elemento. Se opera a continuación y de forma similar con un tercer elemento, y así sucesivamente; d) el pilote se ha ajustado bajo la viga de repartición y se ha quitado el gato.

#### PILOTES METALICOS.

##### - Perfiles Circulares.

Estos perfiles son tubos metálicos de diámetro entre 20 y 100 cm. soldados por placas a medida que se hincan; están provistos de un casquete para evitar el deterioro de la cabeza.

##### - Perfiles en "I".

Los perfiles en I pueden hincarse en la proximidad de construcciones existentes, sin peligro; absorben los esfuerzos horizontales aunque estén producidos por temblores de tierra.

Penetran a través de un suelo duro con esfuerzo mínimo y en un tiempo relativamente corto.

##### - Pilotes Metálicos "Drilled-in-Caisson".

Para cargas concentradas extraordinariamente elevadas, se emplean estos pilotes metálicos que resultan de la incorporación de un pilote en I en un pilote entubado. Pueden soportar una carga de 300 a 1000 ton. Deben empotrarse siempre en roca (fig. Nº 33).

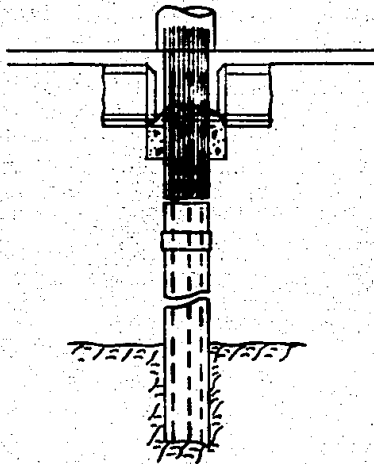


Figura Nº 33. Pilote Drilled-in-caisson.

— PILOTES TUBULARES —

Se obtienen soldando entre sí, perfiles de plancha de acero. Se hincan con su parte extrema abierta o cerrada. Los pilotes tubulares de extremo abierto son más fáciles de preparar, pero los de extremo cerrado son preferibles, pues pueden rellenarse de concreto. Se puede facilitar el hundimiento de estos pilotes mediante inyecciones de aire comprimido.

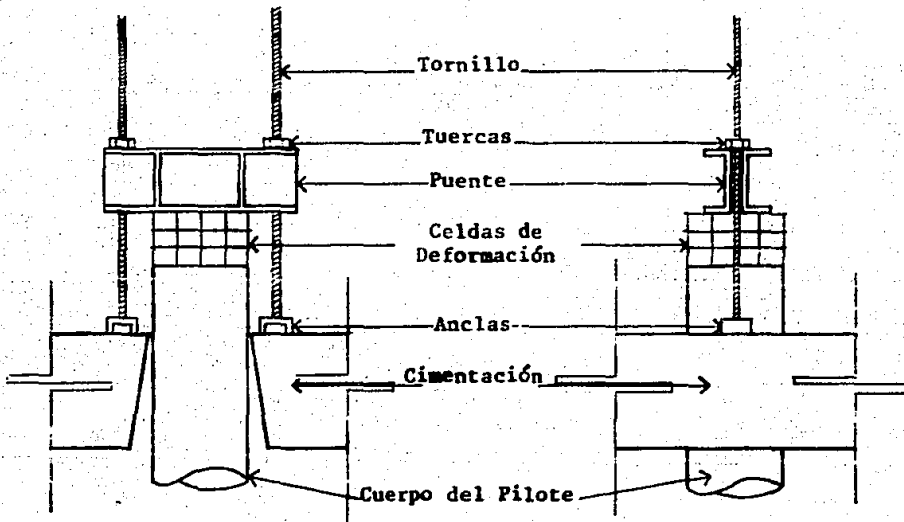
I.9.- EL SISTEMA DE PILOTES DE CONTROL.

I.9.1.- DISPOSITIVO DE CONTROL.

Este dispositivo de Control consta de un puente hecho

de dos canales colocadas de espalda con espalda, con una separación ligeramente mayor que el diámetro de los tornillos que la atraviesan y que se sujeta a dos anclas empotradas en la cimentación (fig. Nº 34).

Entre la Cabeza del Pilote y el puente van tres niveles de cubos de madera caobilla o caoba, que son llamadas "celdas de Deformación", donde se colocan un número mayor o menor, según se le desee dar mayor o menor carga a cada uno de los pilotes.



Dispositivo de Control.

Figura Nº 34.

Este material de Caobilla o Caoba se eligió de entre una gran cantidad debido a una característica muy especial que presenta.

Ya que la carga que soportará un pilote de este sistema, deberá de ser regulada por el dispositivo de control, de manera que se tenga la carga deseada sin el riesgo de que ésta aumente peligrosamente provocando una serie de deformaciones que dañen al pilote y a la superestructura que soporte, se buscó un material que después de haber llegado a su límite plástico se deformara continuamente sin aumentar su carga, y este material antes mencionado nos da esa circunstancia y una gráfica que es muy interesante y da una capacidad de carga como de tres toneladas por cada cubo de madera.

En la fig. Nº 35 se puede ver la gráfica de carga-deformación del material, nótese que después de haber llegado a su Límite Plástico se sigue deformando prácticamente sin aumentar su carga, que es lo que queríamos, lo que nos interesa.

Cuando se empieza a deformar y ha llegado a un límite plástico, aproximadamente de 1 a 3 mm., se continuará deformando hasta más de 2.5 cm., ya prácticamente sin aumentar la carga que viene soportando dicho cubo.

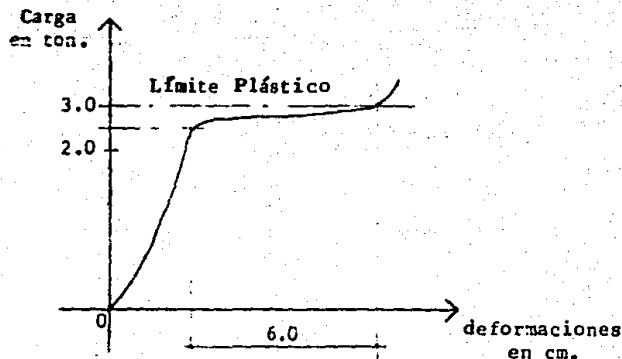


Figura Nº 35. Gráfica carga-deformación.

Para el correcto funcionamiento del dispositivo de control es que las fibras de la madera deben de ir colocadas en posición horizontal, nunca vertical (fig. Nº 36).

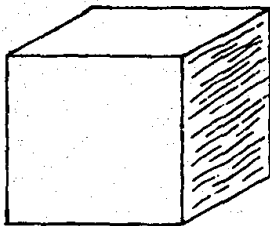


Figura Nº 36. Cubo de caobilla.

El hecho de que las fibras sean colocadas en posición horizontal es para que la deformación se facilite y sea uniforme; ya que si se colocan en posición vertical sería casi imposible la deformación y más bien se astillarían los cubos al llegar al límite de carga.

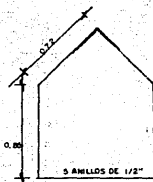
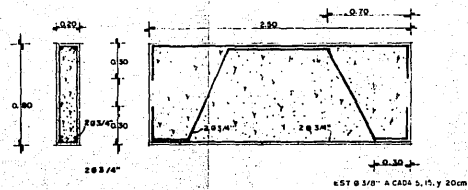
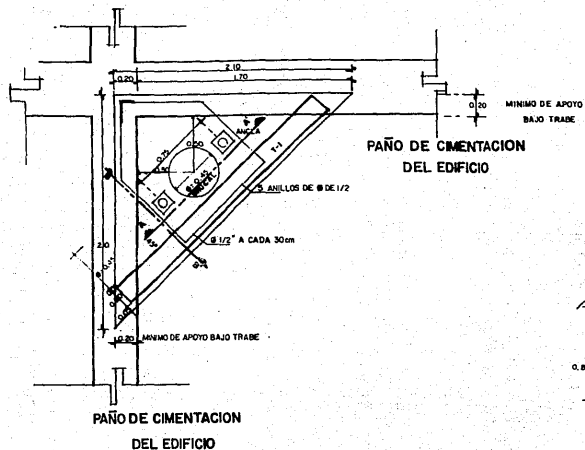
Ahora bien, el motivo de que se coloquen tres capas de cubos de madera, es para aumentar la capacidad de deformación, ya que cada capa tiene igual capacidad de carga, entonces cada capa tiene igual número de cubos.

#### I.9.2.- VENTAJAS DE LOS PILOTES DE CONTROL.

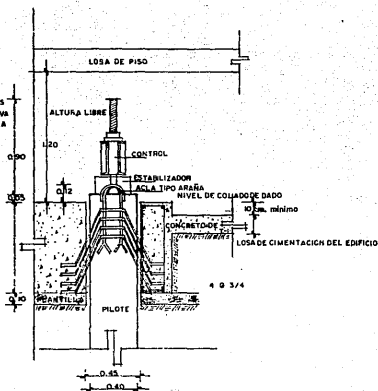
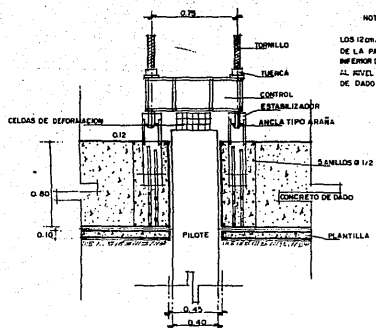
Primeramente es necesario definir el fenómeno que se conoce como "Fricción Negativa".

Una definición tomada de un texto sería:

"Si los pilotes se hincan a través de relleno compresible ó de cualquier suelo que presente una consolidación



**PLANTA DE DADO PARA PILOTE DE 100 TON. CAP.**

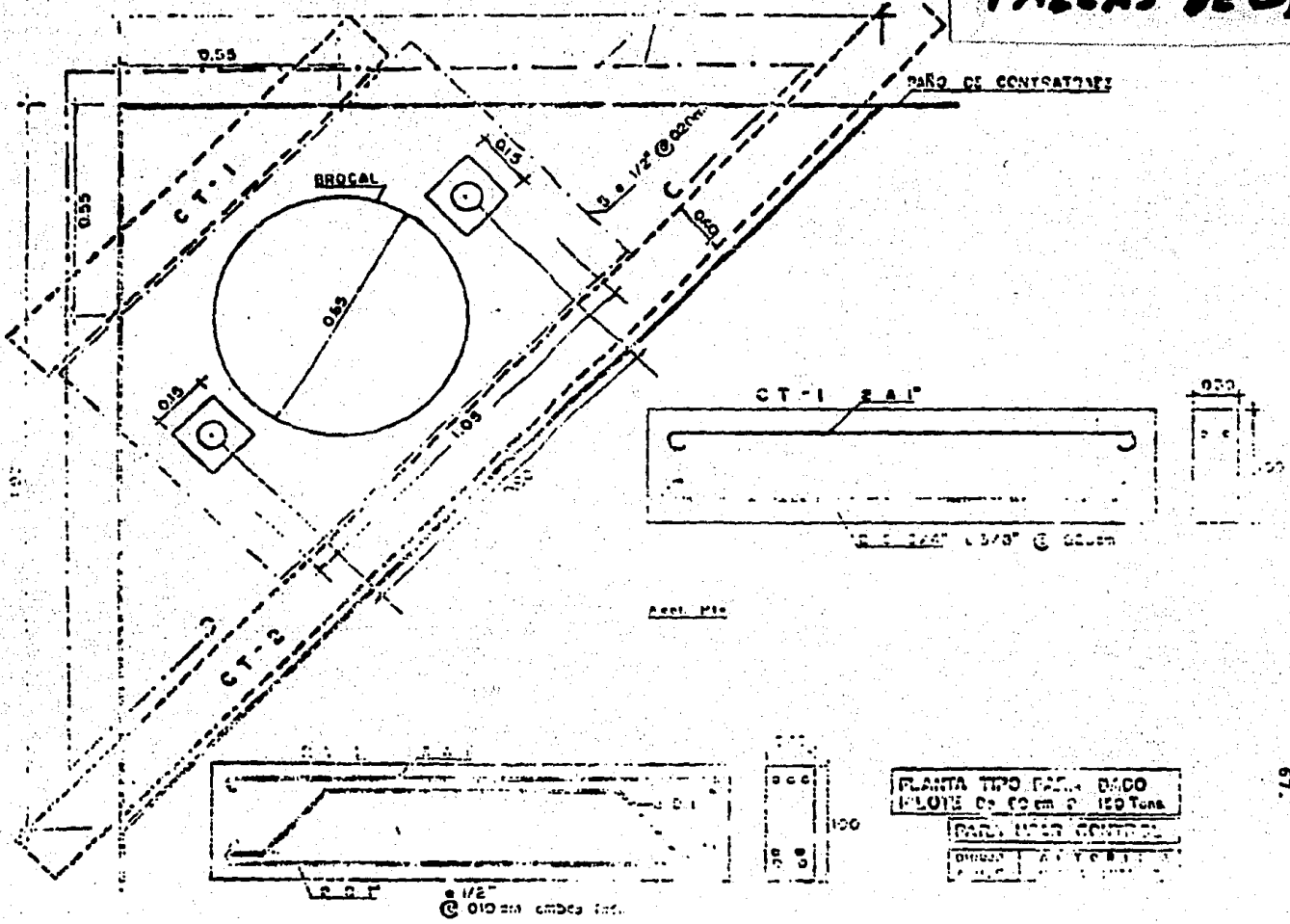


**NOTAS**

- 1.- CONCRETO  $f_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$
- 2.- ACERO  $f_y = 4000 \text{ Kg/cm}^2$
- 3.- RECURTIMIENTO 2.5cm EN ESTRUCTURA
- 4.- BANCOS DE 30 g
- 5.- TRABAJOS DE 40 g
- 6.- SE DEBERA DEJAR UNA ABERTURA EN LA LOSA DE 80x30cm AJERDA PARA SU NIVELADO
- 7.- SE DEJARA AL MENOS UNA TAPA DE REGISTRO EN CADA CELDA DE CIMENTACION
- 8.- LAS ANCLAS DEBERAN COLOCARSE VERTICALMENTE Y SE FIJARAN ADECUADAMENTE PARA MANTENERLAS ASI DURANTE EL COLADO
- 9.- RECURTIMIENTO 4cm EN EL LECHO INFERIOR.

| UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO            |              |                                     |               |
|--|--------------|-------------------------------------|---------------|
| ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN |              |                                     |               |
| TESIS PROFESIONAL                                  |              | PLANO:                              |               |
| RECIMENTACION DEL TEMPLO DE CAPUCHINAS             |              | DADO PARA PILOTE DE 100 Ton. DE CAP |               |
| VICENTE ARABO MONTOTA RAMIREZ                      |              |                                     |               |
| FECHA: SEPT. 86                                    | ESCALA: 1:20 | ACOT: METROS                        | LUGAR: MEXICO |

# YESIS CON FALLAS DE ORIGEN





apreciable bajo su propio peso, una carga adicional a la carga de trabajo sobre la punta del pilote se transmite en forma de fricción lateral, esto es, como una fricción lateral negativa contra la superficie del pilote".

Ahora bien, podemos apuntar que, "fricción Negativa": se le llama al fenómeno que consiste en que el terreno se "cuelgue" del pilote; ya que al quedar fijo el pilote con respecto al terreno, y debido a la consolidación continua que presenta el subsuelo de la Cd. de México, el asentamiento de las diferentes capas del suelo le provoca al pilote una sobrecarga constante.

Esta sobrecarga causa verdaderos estragos en las estructuras.

Tirar un edificio por la deformación que producen los propios pilotes debido a la fricción negativa es terrible, ahora que se ha observado, que precisamente las orillas descienden bastante más que el centro y las esquinas más aún que el centro.

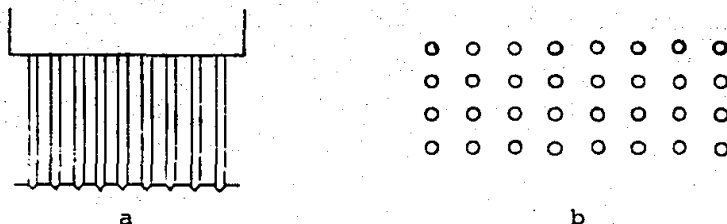


Figura Nº 37.

Un edificio piloteado con pilotes comunes (fig. Nº 37.a) una zona ligera, la planta de los pilotes (fig. Nº 37.b), esta arcilla tiene una gran adherencia así que a este pilote

(fig. Nº 38) las capas que están a los lados están sujetas al cuerpo del mismo, si desciende una capa debido principalmente al bombeo que se hace de la Ciudad entonces las capas van consolidándose, van descendiendo, entonces al pilote se adhiere un volumen de arcilla que de acuerdo con la figura Nº 138 está dado por:  $A = (2d/2)^2 = d^2$ ;  $V = d^2 \cdot H$ .

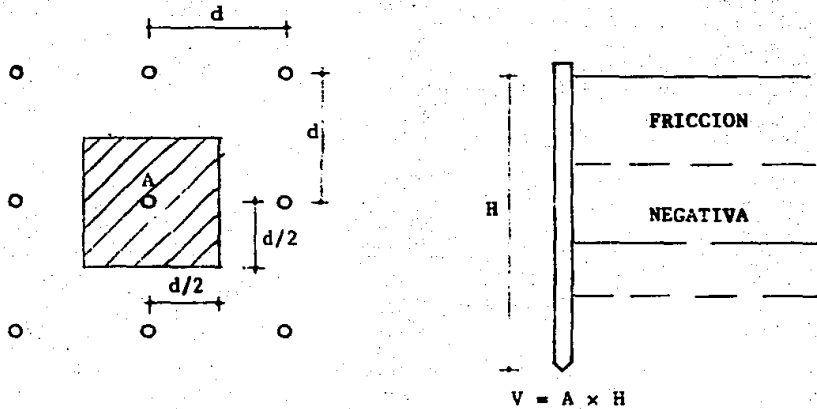


Figura Nº 38. Fricción negativa.

Y uno de orilla pues tiene un volumen de arcilla que se adhiere pero mayor que el del centro, y uno de esquina mucho más; entonces un edificio en esas circunstancias en el centro desciende menos, más en las orillas y más en las esquinas.

Una vez que se ha definido la fricción Negativa mencionaremos las diferencias entre los tres tipos de pilotes siguientes:

Los Pilotes de Punta.

Estos pilotes van colocados abajo de la cimentación;

o sea abajo de traveses y columnas.

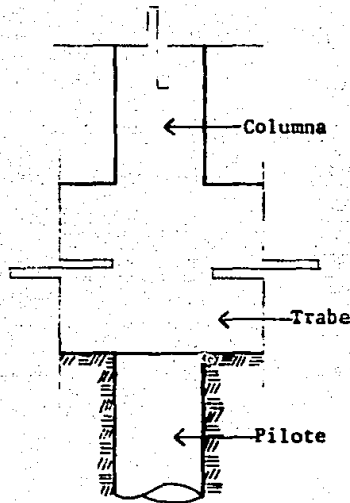


Figura Nº 39. Pilotes de punta y fricción.

En la fig. Nº 39 se aprecia la forma en que son colocados estos pilotes; debido a que van apoyados en la capa dura tienen fricción negativa.

Esta fricción negativa no es de la misma magnitud en todos los pilotes de un sistema de Cimentación sino que varía de acuerdo a la posición del pilote dentro del grupo como ya se explicó anteriormente.

Esta sobrecarga constante o fricción negativa que provoca que los pilotes de esquina y de orilla que son los más sobrecargados penetren un poco más que el resto es motivo de que se presenten deformaciones en las estructuras y lleguen a perjudicarlas seriamente.

También al desplazarse el terreno, se forma una loma que

inclina a los edificios que se encuentran cerca más aún si se trata de edificios ligeros.

Además esto obliga que los edificios vayan sobresaliendo sobre las banquetas y jardines.

La fricción Negativa provoca que la capacidad de carga de un pilote sea reducida entre un 30% y un 50%.

#### Los Pilotes de Fricción.

Al igual que en el tipo anterior estos pilotes también van colocados abajo de trabes y columnas (ver fig. anterior).

Estos son hincados hasta unos 3 metros o más antes del estrato resistente.

Su capacidad de trabajo es homogénea, pero muy baja, sólo la fricción y es regularmente el 40% de la capacidad de carga de diseño del pilote.

Como este tipo de pilotes no se apoyan por punta, su diseño se hace pretendiendo que desciendan conforme se deforma el suelo puede llegar a suceder, por ejemplo, que después de varios años el suelo ha descendido lo suficiente como para que el pilote llegue a tocar la capa dura, en ese momento deja de comportarse como pilote de fricción para pasar a comportarse como pilote de punta, presentando las consecuencias antes citadas; adicionalmente, se ha encontrado que un número importante de edificios esbeltos se han inclinado durante los temblores, pues se hincaron más los pilotes de un lado que del otro.

#### Los Pilotes del Sistema "Pilotes de Control".

A diferencia de los otros dos tipos anteriores, estos

no van colocados abajo de la cimentación sino que la atraviesan, para poder instalar el sistema de control.

Estos pilotes trabajan como pilotes de punta, o sea se apoyan en la capa dura.

Quedan a un lado de las columnas y de las traveses, sobre salen encima de la losa; con la única diferencia que ya no quedan como puntales; el pilote de control ya no se comporta como punta, y por esta causa se les tiene que colocar un puente en la cabeza del pilote y en los extremos del puente unos tornillos anclados a la cimentación que trabajan como tirantes y de los que colgará el edificio.

Los pilotes de control transforman la fricción negativa en positiva y su capacidad de carga es homogénea.

En la fig. Nº 40 se puede apreciar la forma en que se coloca un pilote de control.

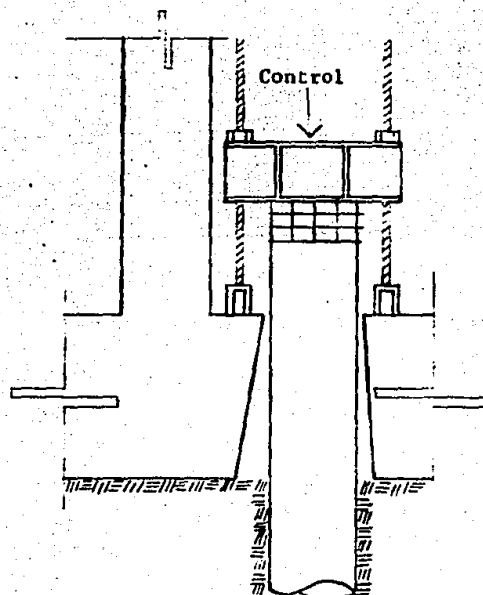


Figura Nº 40. Pilote de Control.

El pilote de Control fué proyectado:

Para evitar que los edificios apoyados sobre pilotes de punta vayan sobresaliendo con respecto a las banquetas y calles.

Para evitar que los pilotes al quedar fijos con respecto al terreno que va descendiendo, se sobrecarguen presentándose la fricción negativa, el pilote de control evita la sobrecarga inútil y negativa de la arcilla al colgarse del pilote porque el edificio al descender horizontalmente, desplaza de los pilotes las capas adheridas a ellos, aprovechando esa fuerza de fricción en el soporte del edificio, transformando lo que era fricción negativa en los pilotes fijos, en positiva y útil para soportar al edificio en los pilotes de Control.

Para evitar que esa sobrecarga constante en los pilotes haga que penetren un poco más en las orillas y en las esquinas que en el resto del edificio y que por tal motivo los edificios se deformen y lleguen a dañar seriamente sus estructuras, ya que con los pilotes de control las capas de arcilla permanecen horizontales conforme la cimentación las va desplazando y siempre una capa descansa en la inmediata inferior.

Para evitar que colgándose el terreno de los pilotes, se forme una loma que incline a los edificios vecinos, especialmente si son ligeros; adicionalmente, encontrándose los pilotes abajo de los edificios, es imposible conocer si la sobrecarga que están teniendo por la fricción negativa,

es ya peligrosa; cosa que haría que se pudieran dañar los propios pilotes.

Para evitar que debido a las razones anteriores los edificios aún con pilotes de punta, fácilmente puedan inclinarse ya que al iniciarse la inclinación de un edificio, si tiene pilotes de control, siempre puede moverse al centro de gravedad de soporte de los pilotes, aumentando o disminuyendo la carga que ellos soportan en su cabeza.

Para evitar cuando se trata de pilotes de fricción, como se mencionó inicialmente, que como éstos trabajan a la falla, esto es, a irse hincando conforme a la ciudad va descendiendo, también en el caso de un temblor, especialmente si los edificios son esbeltos, pueden inclinarse como hemos visto en muchos casos en la ciudad de México.

Para evitar todo lo anterior, se proyectó que los pilotes no queden nunca abajo de las trabes, ni abajo de las columnas, sino a un lado, y que atraviesen la cimentación y sobresalgan encima de la losa; solo que si antes podían tomar la carga como verdaderos puntales que soportan al edificio, ahora necesariamente tiene que ponerse sobre la cabeza del pilote un puente, y de los extremos del mismo, tornillos que trabajarán a tensión soportando la parte del edificio que se proyectó levantar.

Debido a la heterogeneidad de la capa de apoyo donde se apoyan los pilotes aquí en la Ciudad de México, hará que algunos puedan hincarse con determinada facilidad en dicha capa y otros por el contrario, con gran dificultad.

Esto hace que los pilotes puedan trabajar a cargas muy distintas unos de otros por esta diferencia; pero teniendo en cuenta que los pilotes de control ya están atravesando la cimentación y que la carga la van a recibir a través de un puente por la cantidad que el proyectista desee y que se fija en la cabeza del pilote y el puente, donde se colocan unos "fusibles" de presión, llamados "Celdas de Deformación", que hacen el trabajo de transmitir una carga aproximada entre 2.5 y 3 toneladas, por pieza en una sola capa y conforme se van deformando, mientras no han llegado a una deformación mayor de la mitad de su altura.

Con esta última propiedad del pilote de control de que lleva unas celdas de dormación que no le permitirán subir su carga más de lo que pueden transmitir dichas celdas, da posibilidades muy grandes de poder ir aflojando primero unos y después otros sin peligro de que se sobrecarguen excesivamente ninguno de ellos, ya que si el terreno cediera y bajara todo el edificio, digamos uno ó dos centímetros, lo único que sucedería es que ese conjunto de celdas de deformación se deformaría principalmente ese uno ó dos centímetros a que nos hemos referido.

En esta forma, es posible descargar un pilote en medio de otros mientras el terreno no empiece a deformarse, los otros pilotes no empezarán a penetrar y tampoco empezarán a deformarse sus respectivas celdas.

Pero aún en el caso de que hicieran los cambios muy lentamente o que todos los pilotes se aflojan digamos 2 cm.,



menos uno de ellos ese, lo único que sufriría, no es una sobrecarga extraordinaria, sino precisamente una deformación de 2 cm., pues sus celdas para eso son.

Con el pilote de Control fácilmente se transfiere la carga que se encuentra sobre la cabeza del pilote al terreno que rodea, pues basta irlo descargando; recíprocamente se puede pasar la carga del terreno al pilote.

Teniendo en cuenta que los pilotes son fijos, el edificio puede bajar o subir con respecto a ellos y se hace posible el poder descender un edificio al quitar la carga que soportan los pilotes o subirlos si se pone un gato entre el puente y los pilotes.

Por tal motivo, para enderezarlo basta generalmente disminuir la carga de los pilotes en el lado que se desee descender.

La carga que lleva un pilote, se conoce aproximadamente con el solo hecho de contar el número de cubos que va en una capa de las celdas de deformación y si aún se quisiera conocer con mayor precisión, bastaría colocar un segundo puente y un gato intermedio sobre el puente en que se apoya el pilote y leer en el manómetro la carga que se da al aflojar las tuercas del cabezal inferior, pues en el momento que se note que éstas empiecen a ceder, se tiene la certeza de que el gato está dando la carga que el pilote estaba ya soportando.

En el pilote de Control se elimina la fricción negativa que en los pilotes de punta reduce su capacidad de carga en un 30 a un 50% pues la cimentación baja con respecto al pilote,

desplazando de ellos a la arcilla horizontalmente y aprovechando esta fricción en soportar al edificio, ya que una capa descansará siempre en la inferior tal como ya se ha indicado anteriormente.

Colocándose los pilotes a un lado de las trabes, los pilotes de secciones o los descolgados de una pieza, se colocan siempre hasta después de que está construida la cimentación y el primer nivel y se terminan mientras se construyen los niveles 2, 3 y 4 aprovechando para colocarlos y para la prueba de carga de los pilotes, el propio peso del edificio; lo que significa calidad, economía y gran ahorro de tiempo, ya que todos los pilotes por sistema quedan probados y al probarlos, se prueba automáticamente; el pilote, las anclas, el dado y las trabes.

Porque basta observar los cubos de un pilote para saber si está trabajando debidamente bien o no.

El pilote de Control deja siempre la posibilidad de mejorar o cambiar el tipo de pilote, mejorar el de fricción, alargando su longitud para aumentar su capacidad de carga o cambiarlo a pilote de punta cuando se alarga hasta apoyarse en el estrato resistente.

Comparaciones económicas:

Comparado con el de punta y fricción; en un edificio de 10,000 Ton. con pilotes de 45 cm. de diámetro.

Si llamamos:

P a la Capacidad de Trabajo de un pilote, que suponemos éste de 100 Ton.

F a la Fricción Negativa y suponemos que:  $F = 0.4 P$   
 $Q_1, Q_2, Q_3$  a la Capacidad útil de cada tipo de pilote.  
 W al peso del edificio.

| Pilote<br>De Punta | Pilote<br>De Fricción | Pilote<br>De Control |
|--------------------|-----------------------|----------------------|
| $Q_1 = P - F$      | $Q_2 = F = 0.4 P$     | $Q_3 = Q_3$          |
| $= P - 0.4 P$      |                       |                      |
| $Q_1 = 0.6 P$      |                       |                      |

número de Pilotes:

|                             |                             |                        |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| $N = \frac{W}{0.6 P}$       | $N = \frac{W}{0.4 P}$       | $N = \frac{W}{P}$      |
| $= \frac{10,000}{0.6(100)}$ | $= \frac{10,000}{0.4(100)}$ | $= \frac{10,000}{100}$ |
| $N = \underline{166}$       | $N = \underline{250}$       | $N = \underline{100}$  |

Si al número de pilotes de control se le llama 1, el número de pilotes en los tres sistemas es:

| De Punta | De Fricción | De Control |
|----------|-------------|------------|
| 1.66     | 2.5         | 1          |

Si la longitud de los pilotes de punta es 30 m., la longitud de los pilotes de fricción sería aproximadamente de 26 m.

Los metros de pilotes para los tres casos sería:

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 4,980 | 6,500 | 3,000 |
|-------|-------|-------|

### Sugerencias.

No se usarán pilotes de punta en la zona compresible de la Cd. de México por los problemas inmediatos que causan antes de 10 años.

No se usarán pilotes de fricción en edificios esbeltos pues pueden ellos fácilmente inclinarse.

Que nunca se coloquen pilotes ni abajo de las traveses ni abajo de las columnas, sino a un lado de las mismas, como se indica en la fig. Nº 41, que muestra la posición adecuada en que se deben colocar, pues pasarán 10, 20 ó 30 años, en que el edificio deba recimentarse.

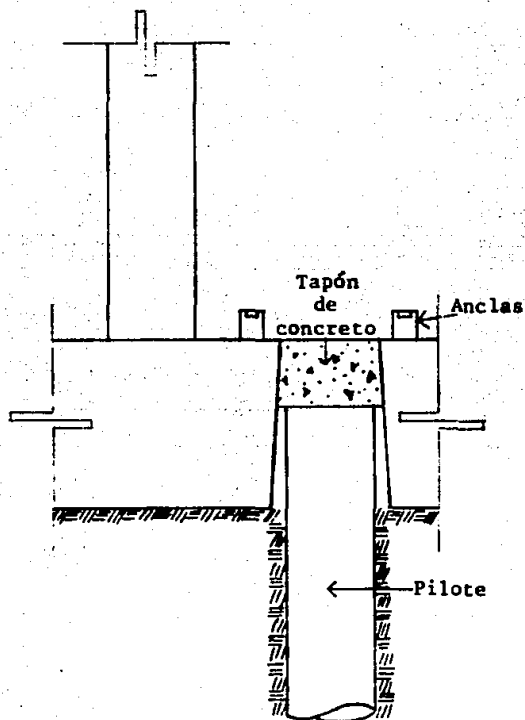


Figura Nº 41. Posición en que se deben colocar los pilotes.

No se usen pilotes de control para cargas más pequeñas que la fricción de un pilote de mitad de la altura a la capa de apoyo, debido a que sólo en ese caso, los pilotes de control, serían más caros que los pilotes de fricción.

El pilote de control necesita mantenimiento; si no se piensa dar ese mantenimiento, no se use el pilote de control.

Siempre que exista la posibilidad de necesitarse más pilote, déjese la preparación para el futuro pilote de control como se muestra en la fig. Nº 42.

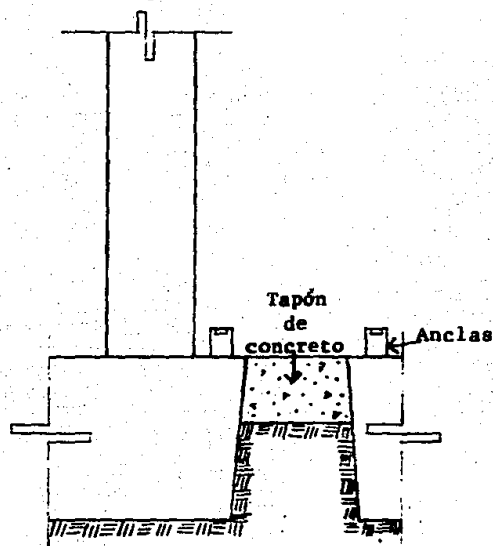


Figura Nº 42. Preparación para futuro pilote de control.

Descripción de los elementos de nivelación:

### I.9.3.- LAS MANGUERAS DE NIVEL.

En el caso de la Iglesia de Capuchinas se usaron mangueras de nivel con un tanque de agua fuera del edificio. Esto en general da buenos resultados, sin embargo, tiene algunos

defectos que dan inseguridad en las lecturas de los niveles.

En Capuchinas, un edificio de 15 m. x 50 m. se usó tubería de 1"; en este caso, el tiempo de nivelación del agua era de 30 minutos y hubo muchos problemas para desalojar el aire de la tubería.

Se pudieron comprobar pequeñas fallas en los niveles que eran corregidas durante la marcha de trabajo.

En términos generales el sistema de mangueras es bueno a falta de otro sistema mejor; puede considerarse satisfactorio.

Recomendaciones: En caso de niveles de manguera.

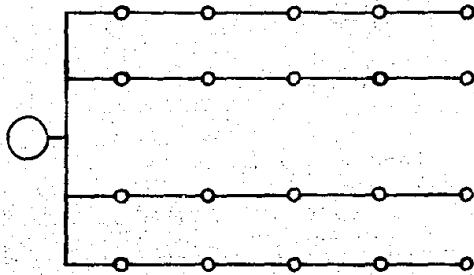
1.- Usar tubería P.V.C.; que por el interior muy liso, presentará menos obstáculos al paso del agua. Esta tubería, de be ser protegida contra golpes. También tiene la ventaja que las conexiones ofrecen menor resistencia al paso del agua que las de fierro.

2.- Proyectar la red de niveles evitando en todo lo posible las curvas y quiebres, pues esto aumenta la fricción (fig. Nº 43).

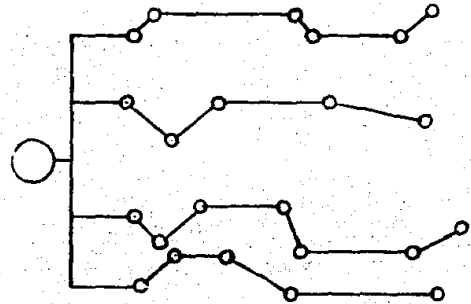
3.- Evitar en todo lo posible los quiebres que se puedan con vertir en trampas de aire, tanto en proyección vertical, como en horizontal (fig. Nº 44).

Donde se coloque un codo o una "T" para alimentar una manguera de nivel, hacer la conexión hacia arriba y no en el plano horizontal (fig. Nº 45).

En los lugares en que sea posible y seguro; sustituir codos por mangueras en curvatura amplia (fig. Nº 46).

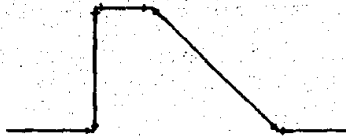


Bueno

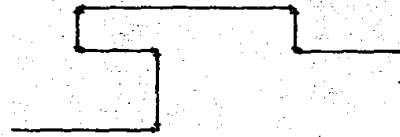


Malo

Figura Nº 43. Evitar quiebres horizontales.



NO

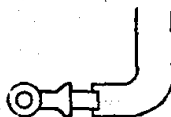


NO

Figura Nº 44. Evitar quiebres verticales.



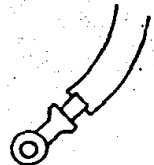
NO



NO

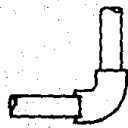


SI

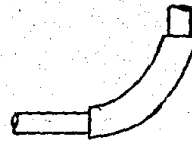


SI

Figura Nº 45. Curvas amplias y verticales.



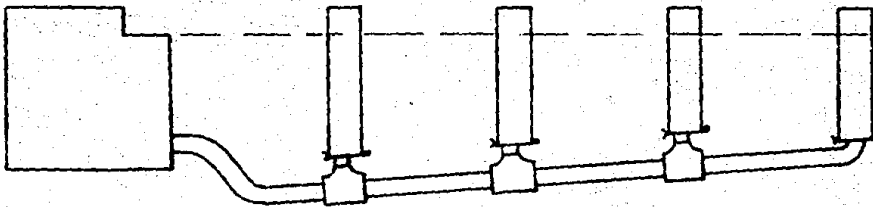
NO



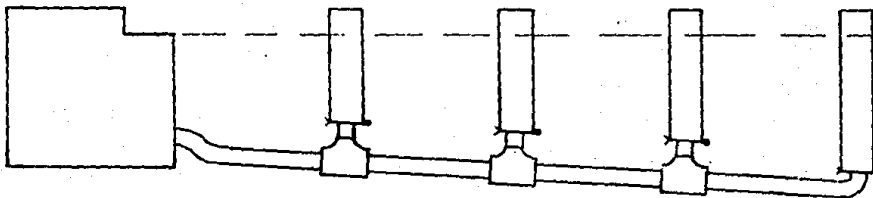
SI

Figura Nº 46. Curvas amplias.

4.- Colocar las tuberías en posición inclinada, sin quiebres para lograr que el aire salga al llenarlas de agua (figs. Nos. 47 y 48).



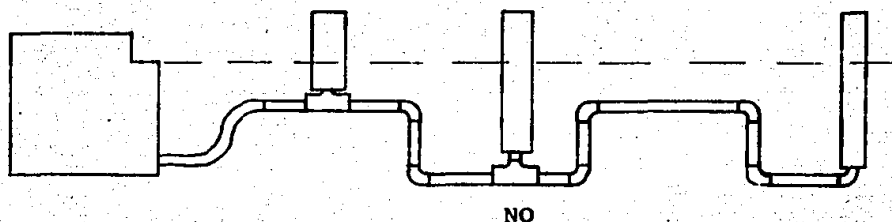
SI



SI

Figura Nº 47. Tuberías inclinadas.





NO

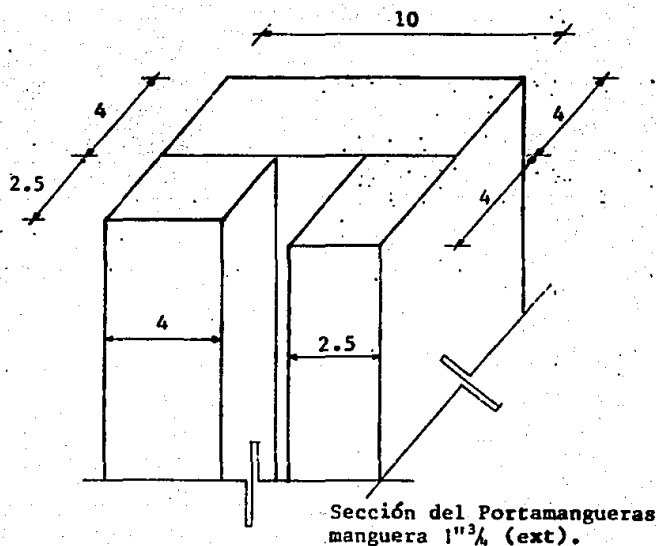
Figura Nº 48. Evitar quiebres.

El agua no debe llevar aire al entrar en la red de niveles.

#### I.9.4.- EL PORTAMANGUERAS.

Para mantener las mangueras verticales en un lugar, y para evitar que se caigan, es conveniente detenerlas firmemente en alguna parte de la estructura.

El portamangueras debe detener firmemente la manguera sin permitir que se caiga, y debe de hacer espacio para adherirle la escala correspondiente (fig. Nº 49).



Sección del Portamangueras  
manguera 1<sup>3</sup>/<sub>4</sub> (ext).

Figura Nº 49.

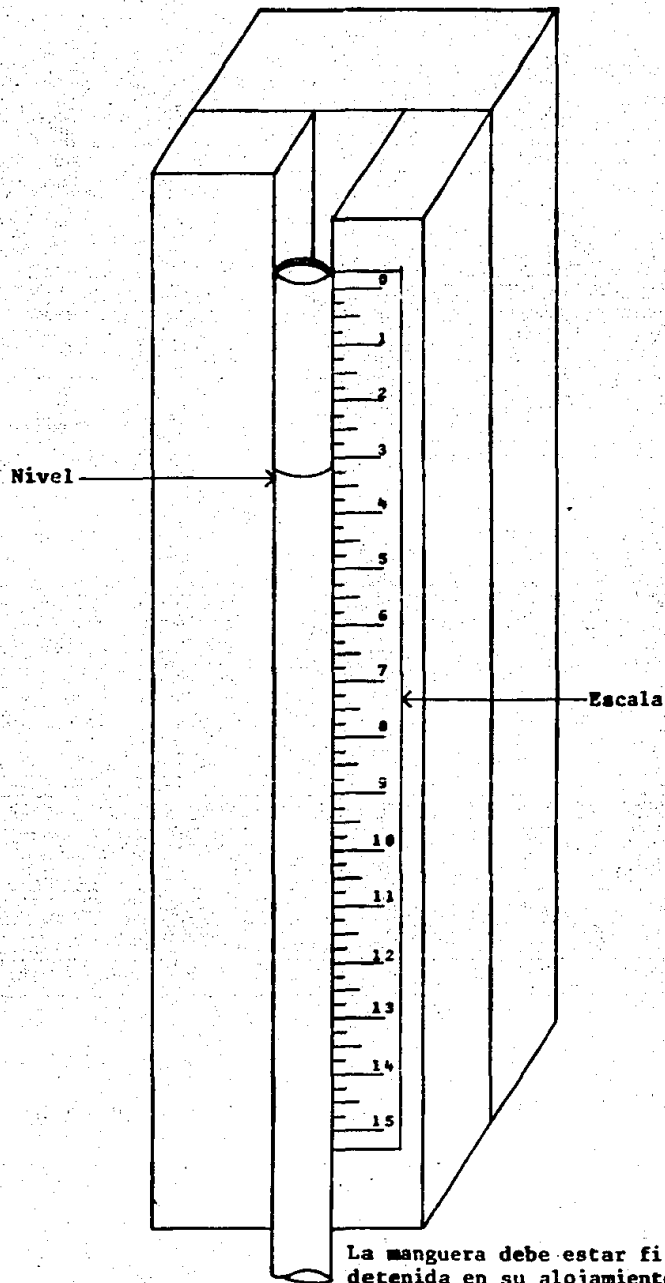


Figura Nº 50. Portamangueras.

## I.9.5.- EL TANQUE DE NIVEL CONSTANTE.

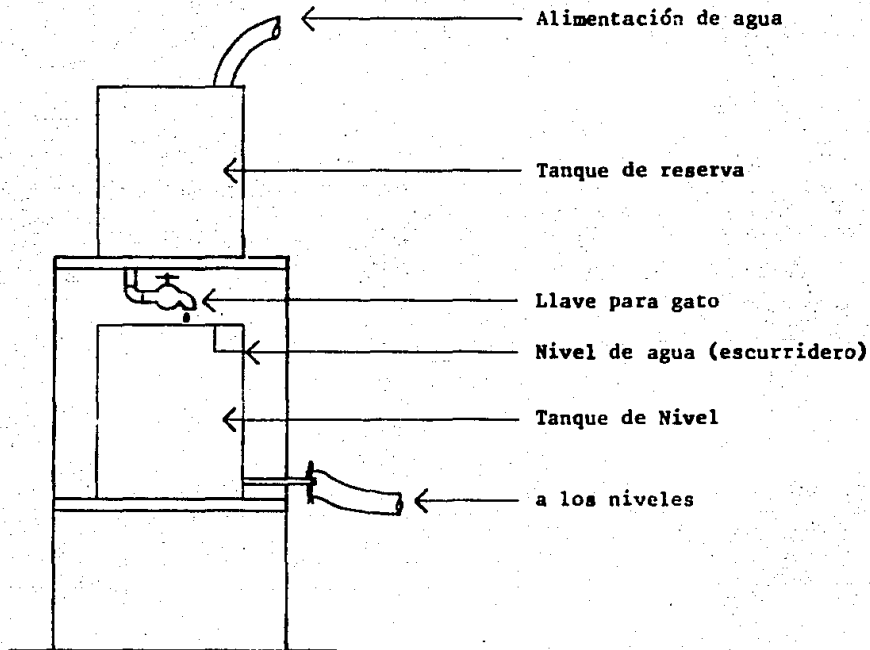


Figura Nº 51.

Esquema del Tanque de Nivel Constante.

Debe de colocarse fuera del edificio que se va a nivelar.

El tanque superior sirve como reserva; el escurridero del tanque inferior determina el nivel del agua. (fig. Nº 51).

De preferencia la alimentación del agua debe ser constante. El goteo del tanque inferior también debe ser constante.

## I.9.6.- CAJAS DE COMPRESION.

Son elementos que trabajan a alta presión, usados en la elevación del edificio.

Tanto las cajas de compresión alemanas, como las ENERPAC

compradas en México son sumamente delicadas y fallan con cualquier basura, por tanto al alimentarlas debe de filtrarse concienzudamente el aceite.

Las cajas alemanas cuando son limpiadas y bien ajustadas antes de efectuar un trabajo, son perfectamente confiables. Con ellas se probó todo el equipo que posteriormente se usó en Capuchinas. Las pruebas de los gatos hidráulicos se efectuaron a  $650 \text{ kg/cm}^2$ ; y las cajas se portaron bien, y sostuvieron la carga correctamente.

Después de usadas deben de ser drenadas y limpiadas antes de guardarse. En algunos casos, una caja que falte, se puede poner en uso lavándola con vapor a presión; sin embargo, siempre es preferible desarmarlas totalmente, limpiarlas pieza por pieza, cambiar empaques si lo requieren y volver a armar.

Las cajas ENERPAC, en las pruebas que se han hecho de ellas no han presentado problemas.

No se ha desarmado ninguna pero parecen ser confiables.

Estas se fabrican por la ENERPAC que tiene su fábrica a la entrada de Pachuca. Esta fábrica vende y da servicio a sus productos por medio de sus representantes "H. G. Industrial".

Esta bomba suministra menor cantidad de aceite que la alemana pero a mayor presión,  $700 \text{ kg/cm}^2$ .

#### LAS MAQUINAS DE COMPRESION.

Las máquinas de compresión que se presentan son dos:

Alemanas de un pistón original y Americanas (RACINE) tienen mayor capacidad de inyección que las alemanas.

Tabulación de Capacidad de inyección de aceite de bombas manuales y máquinas:

| Equipo               | Volumen               | Tiempo  | Golpes |   |
|----------------------|-----------------------|---------|--------|---|
| Bomba Alemana Manual | 2,500 cm <sup>3</sup> | 9 min   | 266    | 277.77 cm <sup>3</sup> /min<br>(0.277 lt/min)   |
| Bomba ENERPAC Manual | 2,500 cm <sup>3</sup> | 17 min  | 800    | 147.06 cm <sup>3</sup> /min<br>(0.14796 lt/min) |
| RACINE Electr.       | 2,500 cm <sup>3</sup> | 13 seg  | -      | 11,538 lts/min<br>11,538 cm <sup>3</sup> /min   |
| Alemana Electr.      | 2,500 cm <sup>3</sup> | 1.5 min | -      | 1,666 lts/min<br>1,666.6 cm <sup>3</sup> /min   |

#### Datos prácticos

#### I.9.7.- LOS GATOS HIDRAULICOS.

Para los trabajos de elevación se cuenta con dos tipos de gatos hidráulicos, los que tienen empaque superior en el forro, los que tienen el empaque en la parte inferior del émbolo. Se analizan los dos tipos.

Gato con empaque superior (fig. Nº 52).

Estos gatos originalmente usaban un empaque de cuero. Este tipo de empaques tiene graves defectos pues el cuero con soluble-agua se ablanda y se rompe cuando menos se espera.

Lo mismo ocurre con el uso del aceite especial para gatos hidráulicos.

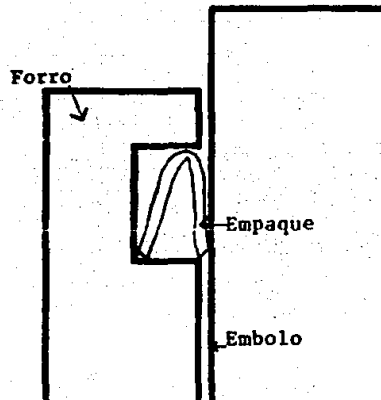


Figura Nº 52. Gato con empaque superior.

El cuero fué sustituido por plástico probablemente nitrilo con lonas, y funcionó mejor. Sin embargo, debido a que este empaque es muy grande la carga que debe resistir es también grande y con el uso se revienta muy fácilmente, siempre por la curva superior y suele provocar atascamiento entre el émbolo y el forro.

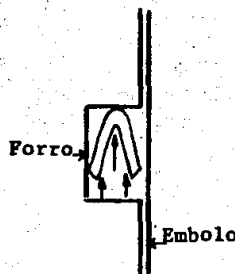


Figura Nº 53. Detalle.

La parte inferior del forro de este gato tiene un diámetro ligeramente mayor que en la parte superior que es la que está pulida y ajustada al tamaño del émbolo. Debido a lo caro que resulta llenar con soldadura la parte inferior del forro para convertirlo en gato del tipo de empaque en el émbolo se puede rellenar con soldadura el actual alojamiento en el forro y tornearse un alojamiento para empaque moderno de poliuretano dejando una holgura de  $\pm 0.002''$  con lo cual el gato debe funcionar perfectamente (fig. Nº 54).

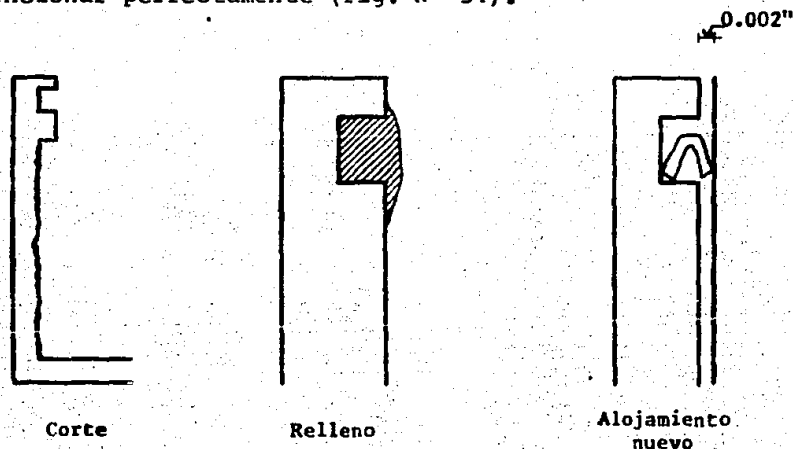


Figura Nº 54. Detalle de holgura.

Este empaque tendrá medidas especiales diferentes de las del empaque alojado en el émbolo.

Se recomienda repasar primero todos los émbolos de gatos de este tipo a una misma medida; después mandar a hacer el empaque, por último hacer el relleno en el forro.

## El empaque de los gatos hidráulicos.

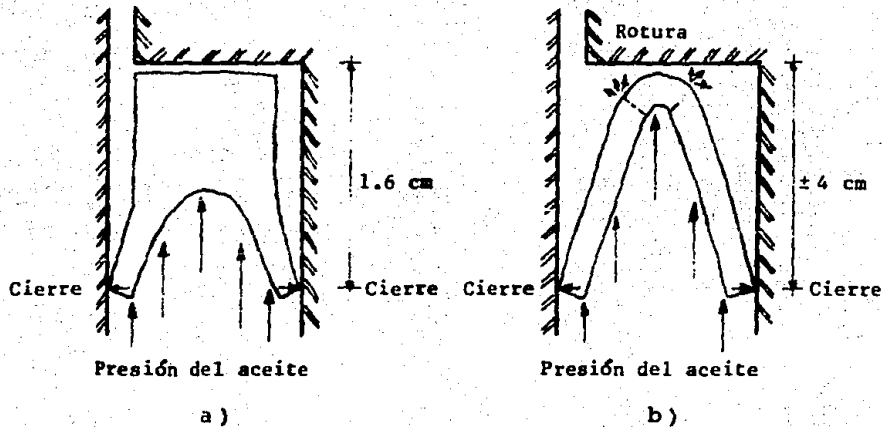


Figura Nº 55. Detalle de empaques.

El principio de hermetismo en los dos tipos de empaque es igual; la presión del aceite en el centro tiende a abrir los labios del empaque contra las paredes del émbolo y del forro, con lo cual, cuanto mayor es la presión del aceite, el cierre es mejor. Se puede considerar que el empaque a) es un perfeccionamiento del b). Debido a que el empaque b) es más grande que el a), la presión en el interior del b) es muy grande y no tiene forma apropiada para soportarla, tiende a romperse en la curva superior.

Esto no ocurre en el empaque a), porque es aproximadamente de la mitad del tamaño que el b), y tiene sección mejor, que soporta correctamente la presión en su interior.

Por lo que respecta al empaque a) que se usa en el émbolo en los gatos que se han usado en trabajos de renovación,



el tamaño de su base resultó 0.5 mm. mayor que el alojamiento respectivo, lo cual hace que debido a la alta presión sobre el empaque, éste se extruya, provocando su rotura (figs. Nº 56.a) y b)).

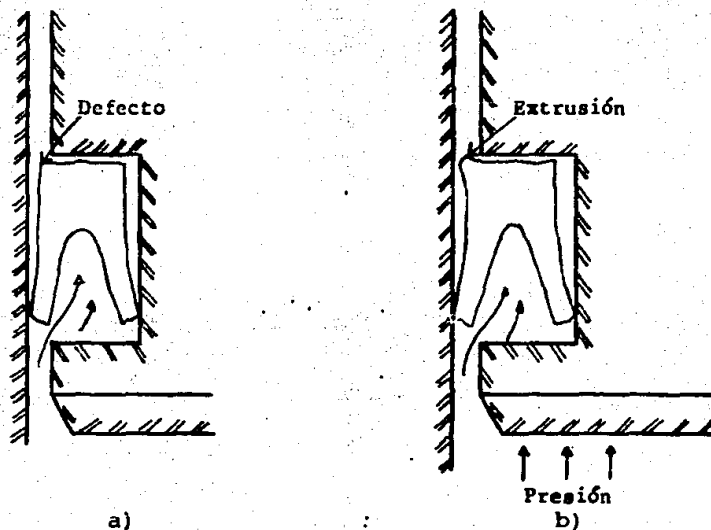


Figura Nº 56. Extrusión del empaque.

Esto se puede corregir desgastando ligeramente la esquina del empaque que sobresale del alojamiento; con lo cual, asiente correctamente su base y se evita la extrusión que antes se efectuaba (figs. Nº 57.c) y d)).

La segunda forma de corrección es la dibujada en la fig. Nº 58.(d), la cual consiste en poner soldadura en la parte superior del alojamiento en el émbolo y retornear al mínimo de holgura 0.002" con lo cual el empaque queda bien asentado en su base y correctamente protegido (fig. Nº 58.(d')).

Esta segunda proposición es más cara que la primera; sin embargo se presenta debido a que los gatos usados en estos

trabajos fueron probados a  $600 \text{ kg/cm}^2 = 150 \text{ Ton.}$  y soportaron la presión perfectamente bien (prueba corta), lo cual indica que pueden ser usados para hincar pilotes de 150 Ton. y el empaque soportará mejor presión cuanto menor sea la holgura entre émbolo y forro ( $0.002''$  a  $0.004''$ ).

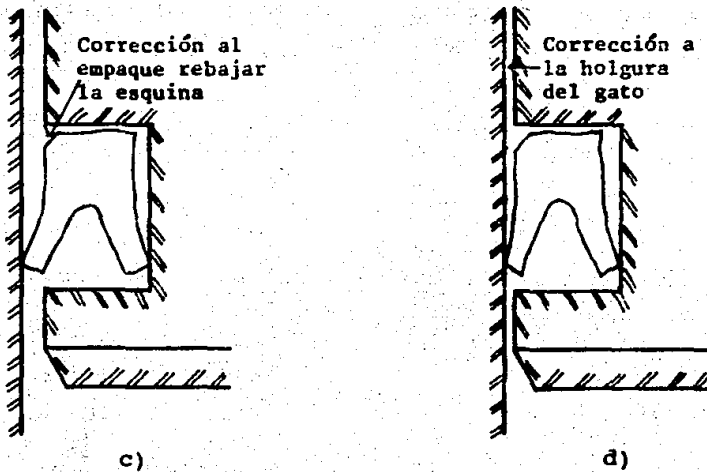


Figura Nº 57. Corrección al empaque.

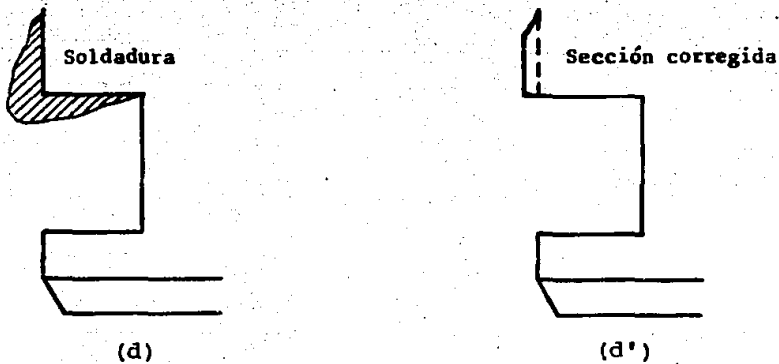


Figura Nº 58. Corrección a la holgura.

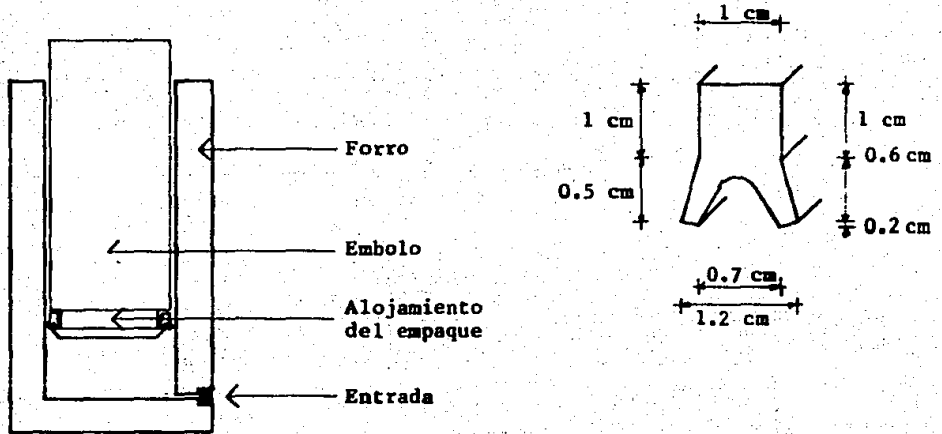


Figura Nº 59.

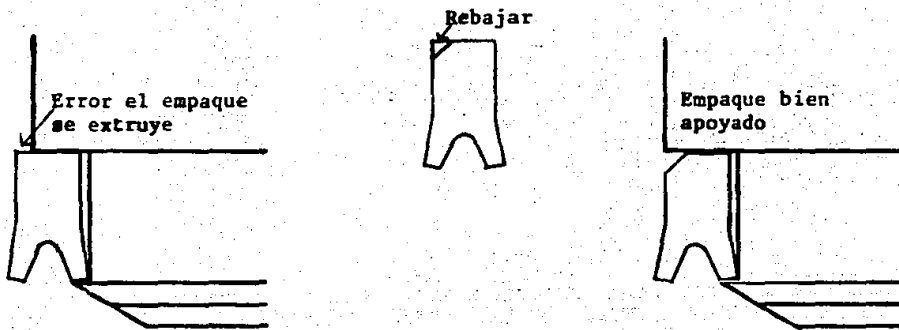
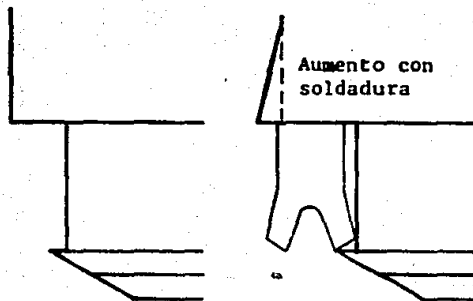


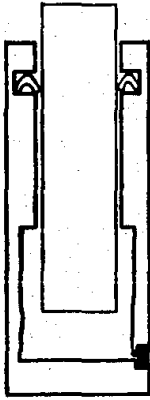
Figura Nº 60. Detalles fundamentales de gatos hidráulicos.



Detalles fundamentales de  
gatos hidráulicos  
Cuando mayor es el ajuste  
entre émbolo y forro:  
el empaque trabaja  
MEJOR

Ajuste perfecto émbolo  
0.002" que el forro

Figura Nº 61.



### Gatos antiguos.

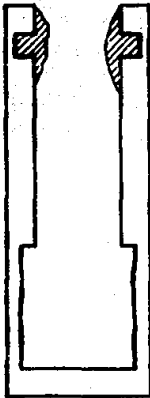
#### Defectos:

- 1º Desajuste excesivo.
- 2º Empaque mal alojado.
- 3º Empaque fácilmente se rompe por mascado y después se revienta.

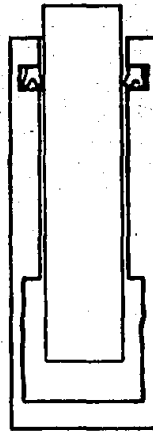
El empaque antiguo es débil por grande y no da buen cierre; preferible cambiarlo.

Figura Nº 62. Gatos antiguos.

#### Soluciones.



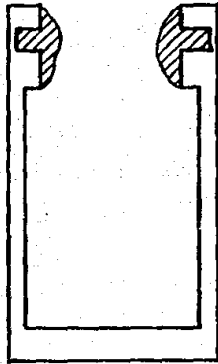
- 1º Rellenar con soldadura



Hacer alojamiento nuevo, ajustado al émbolo con empaque nuevo; (mayor que el empaque en el émbolo)

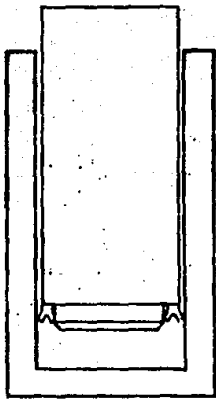
Figura Nº 63. Soluciones.

## Solución Nº 2.



(a) Rellenar con soldadura.

## Figura Nº 64. Solución en el forro.



(b) Repasar toda la pared en un torno. Rellenar émbolo para ajustar empaque normal restirado por aumento del diámetro del émbolo.

La idea es ajustar todo el émbolo con diámetro de 0.004" menor que el diámetro del forro.

## Figura Nº 65. Gato con empaque en el émbolo.

### I.9.8.- MATERIAL DE LOS EMPAQUES.

Los empaques actuales en los gatos hidráulicos fueron fabricados con nitrilo y una lona superior para evitar la extrucción, sin embargo se requerirá la solución de rebajar la esquina de la base, la dureza del material fué de 90 - 95.

Sin embargo el material apropiado para fabricar empaques es el poliuretano que tiene mejores características. Su dureza también debe ser 90 - 95.

La compañía Parker-O-Ring (arosellos Parker) anuncia haber sacado este empaque a la venta fabricado con Poliuretano, el precio es más o menos tres veces mayor que el mandarlo a hacer.

### I.9.9.- LA HOLGURA ENTRE EL FORRO Y EL EMBOLO Y LOS EMPAQUES.

La holgura entre émbolo y forro es sumamente importante, pues cuanto menor es la distancia émbolo-forro, menor es la posibilidad de extrusión.

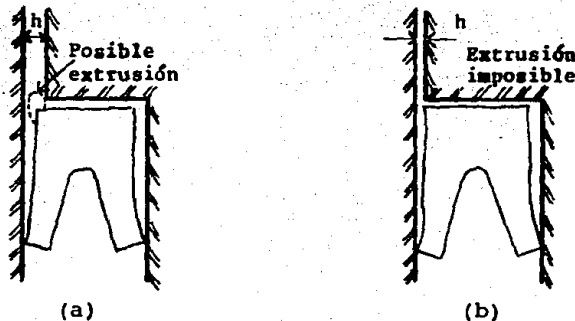


Figura Nº 66. Extrusión del empaque.

En la fig. Nº 66.(b), teóricamente no hay lugar por donde se pueda efectuar la extrusión.

Además, cuanto más pequeño es el empaque soporta menos carga, por lo tanto a la misma presión e igual holgura, un empaque menor tiene menor posibilidad de ser extruido o reventado.

Esta holgura ideal es de sólo 0.002".

#### I.9.10.- AROS DE PLASTICO O CUERO PROTECTORES DEL EMPAQUE.

En los gatos ENERPAC antes mencionados y que trabajan a 700 kg/cm<sup>2</sup> el empaque está protegido contra deformación en su base por medio de un cilindro de cuero y otros gatos de esa marca, tienen este protector formado por un arillo de plástico.

Durante la prueba de gatos en el taller, no se pudieron hacer pruebas con estos protectores, pero debería de hacerse y ahorraría dinero y tiempo, ya que el arreglo de gatos por reventones de empaque resulta caro a la larga. Por el trabajo y porque se rayan.

#### I.9.11.- FILTROS.

Como complemento al estudio de gatos, se analizará un filtro que fué usado en Capuchinas y dió buenos resultados, protegiendo los gatos y las máquinas.

Descripción.

El tubo C cerrado en un extremo, con cuerda en el extremo

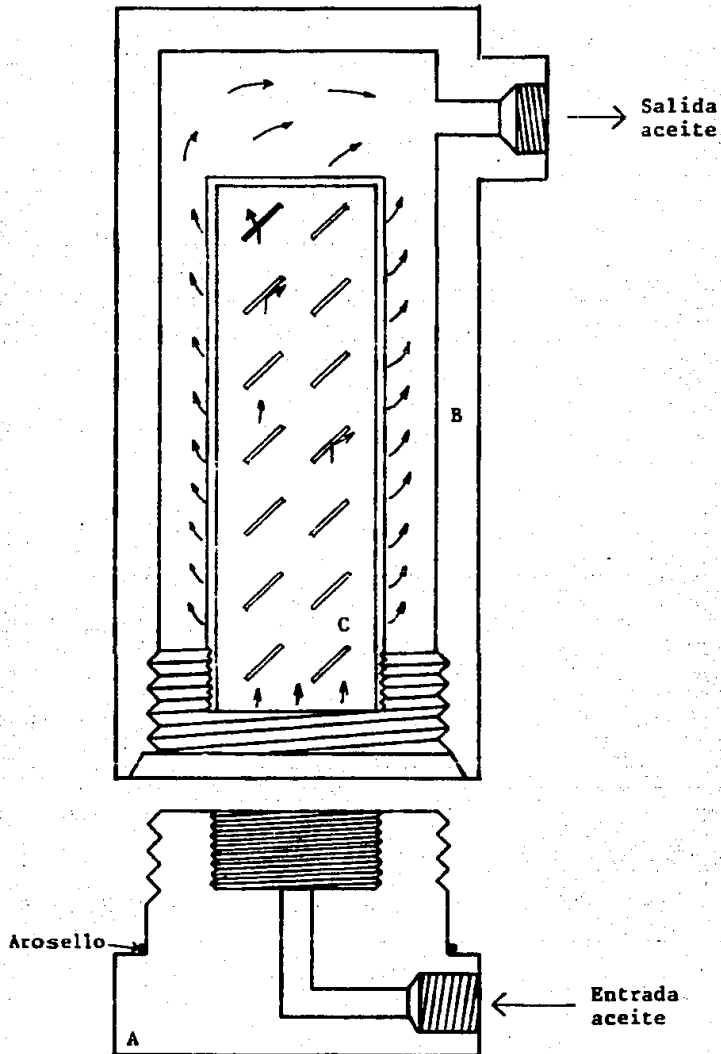


Figura Nº 67. Filtro.

opuesto, tiene cortes de sierra en toda su longitud a través de los cuales pasa el aceite. Este tubo atornilla en las piezas A según la fig. Nº 67.



Para evitar el paso de las basuras de menor tamaño con una venda de tela lavada varias veces y que no soltara pelusa se envolvió y se amarró con cordón de albañil.

Se procuró dar varias vueltas para lograr una buena filtración. Este tubo puede ser de paredes delgadas pues no soporta presión, en caso de tener tela de alambre muy cerrada, sería conveniente vendar el tubo con ella antes de colocar la venda de tela.

La basura que contiene el aceite al entrar el filtro quedará dentro del tubo y en la venda.

El tubo B, está cerrado en un extremo y tiene cuerda interior y un alojamiento de arosello en el otro; este arosello efectúa el cierre hermético para evitar fugas de aceite; la presión fuerza el aceite a la salida que debe de conectarse con el gato. Este tubo, debe de ser calculado para que sus paredes soporten la presión a la cual vaya a estar sometido todo el sistema. Se conecta en A según la fig. Nº 67. Por último, la pieza A es el soporte del conjunto y en la entrada debe conectarse la manguera de alimentación.

El conjunto de este filtro será más barato cuando menores sean los diámetros que se usan, y sólo debe tenerse cuidado de que haya suficiente espacio entre los tubos para alojar holgadamente la venda.

#### I.9.12.- EL LIMPIADOR DEL EMBOLO.

Debido a lo costoso que resulta quitarle los rayones a los gatos se diseñó una rondana de cuero fuertemente oprimida

contra el émbolo por una rondana de acero que se fija en su lugar por medio de tuercas soldadas al exterior del forro y tornillos.

Esto da buen resultado, pero algunos gatos con este aditamento resultaron también rayados, por lo cual se diseñó un filtro interior acoplado a la entrada de aceite del gato. Este filtro tiene las mismas características al anterior pero es más pequeño, funciona bien. Deben de ponerse topes en la base del gato para evitar que el émbolo aplaste el filtro (fig. Nº 68).

Un gato en estas condiciones, con filtro a la entrada y limpiador de émbolo está bien protegido contra rayones. Sin embargo, no hay protección contra el descuido y el maltrato a los gatos, en los lugares de trabajo.

#### CUIDADO, CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE LOS GATOS.

Todo gato requiere ser atendido y conservado en las mejores condiciones posibles para que esté listo para ser usado y no presente fallas.

Al llegar de una obra el gato debe de ser desarmado, limpiado y arreglado; se debe de conservar, sin aceite ni grasa pues las dos cosas a la larga lo oxidan. Debe de estar seco; el extremo del émbolo bien tapado con un polietileno y la entrada de aceite tapada con estopa, o de preferencia con tapón macho de acero.

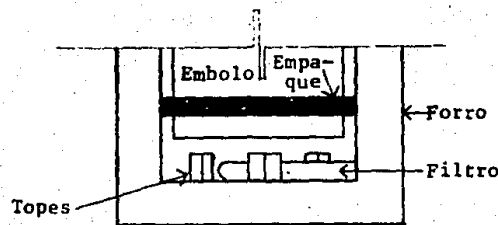
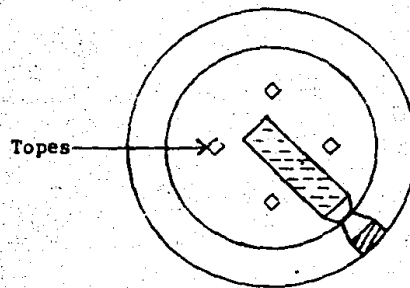
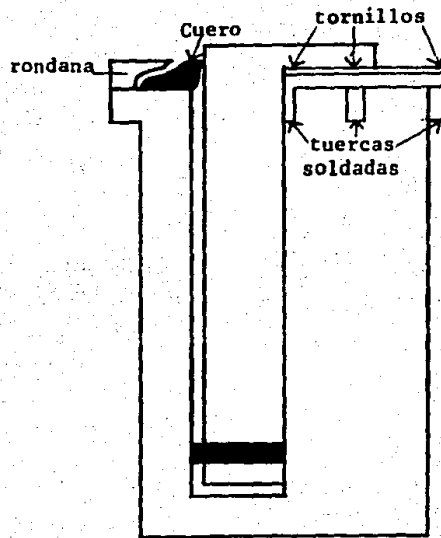


Figura Nº 68. Detalle de filtro interior.

### 1.9.13.- MATERIAL DE LOS GATOS.

#### FORRO.

El forro (tubo) que se compró en Aceros Assab - material importado. Sus características son:

|                 |                                  |
|-----------------|----------------------------------|
| límite elástico | 3,600 a 3,800 kg/cm <sup>2</sup> |
| trabajo         | 1,900 kg/cm <sup>2</sup>         |
| dureza          | 170 Brinel                       |
| rotura          | 6,000 kg/cm <sup>2</sup>         |

Se escogió un tubo de diámetro exterior = 236 mm.; diámetro interior 170 mm., viene en longitud de 1 m.

#### EMBOLO.

El acero para el émbolo, también fué comprado en Aceros Assab, es acero 10 - 43.

#### PRUEBA DE GATOS.

A pesar de que en el levantamiento de Capuchinas hubo reventones de empaque en los gatos y algunas otras fallas, el comportamiento general de todo el sistema hidráulico de alta presión fué exitoso. Este éxito se debió fundamentalmente a las pruebas que se hicieron de todos los elementos del sistema. Los gatos fueron los que tuvieron la prueba más dura. Se les hizo la prueba a 600 kg/cm<sup>2</sup> (160 Ton.).

La experiencia obtenida con estas pruebas fué valiosa y de ella resultaron las recomendaciones ya antes explicadas.

### 1.9.14.- LA BAJADA DE GATOS.

El problema de meter el émbolo en los gatos, se repitió

unas 16 veces en el proceso de elevación de la iglesia de Capuchinas.

El proceso tardaba un día de trabajo de 25 hombres (a veces 30 hombres).

Se usaron dos métodos para hacer este trabajo, el primero por medio de un puente de varilla y un gato, el segundo por el sistema de bajar las tuercas del cabezal superior con unas llaves "hechizas" ligeras y fuerza motriz humana.

El método primero descrito es a manera de ver, el más lógico y rápido; pero debido a que se usaron gatos hidráulicos de coche, había pocos y se descompusieron; se desecho el sistema y se usó fuerza motriz humana.

#### PROPIUESTA.

El problema de los gatos hidráulicos para bajar émbolos es lo mejor y más rápido, para llevarlo a cabo se pueden hacer unos gatos hidráulicos de 20 Ton. con tubo metálico y émbolo redondo de 2", como se puede ver en la fig. Nº 69.

En caso de que el forro de 4" y 1/2 sea muy caro, se puede fabricar el gato con tubo de 6" y usar menos presión hidráulica.

El gato dibujado subiría el émbolo en tres minutos con una caja alemana.

Uno de los problemas de este trabajo en Capuchinas fué que la distancia entre anclas tenía mucha variación por lo que se rompieron los puentes de varilla.

Pero si se establece una sola distancia entre anclas o pocos tipos; dos o tres, el puente se puede fabricar en el

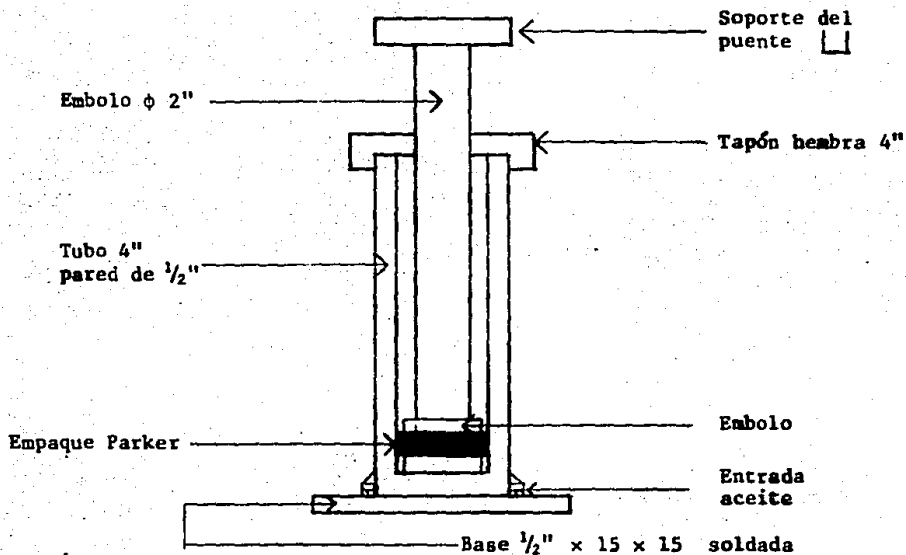


Figura N° 69. Gato hidráulico para bajar émbolos.

taller de  $\phi$  de  $3/4$ " probarlo, se cree que soportaría bien (fig. N° 70).

Este debe experimentarse.

#### I.9.15.- LAS CONEXIONES.

No tiene caso tratar todas y cada una de las conexiones en particular, por lo cual se trata el cierre hermético de alta presión en general y sólo se trata en particular aquellas que lo merecen.

Los dos principios básicos de Hermetismo en las conexiones (rosca):

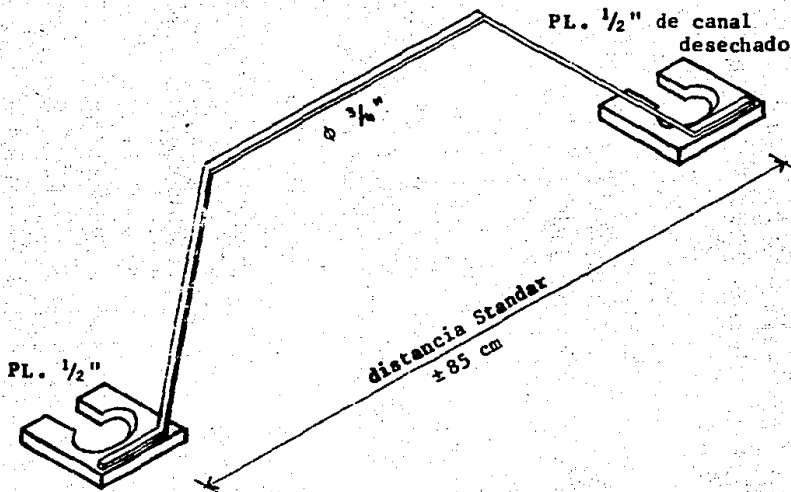


Figura No 70. Puente para bajar émbolos.

#### I.9.16.- CIERRE DE ROSCA RECTA.

Este tipo de cierre se efectúa por la cuerda fina; y por contacto recto de la base. Debido a que no siempre hay seguridad de contacto en la base, requiere cinta de teflón, y entonces el cierre se efectúa en la cuerda.

Se trata de buscar que este tipo de cierre, que las bases de contacto verdaderamente se toquen y que sean rectas, para formar el cierre hermético.

Este tipo de cierre requiere gran apriete entre las dos piezas; debe de haber suficiente longitud de cuerda para soportar el apriete (fig. No 71).

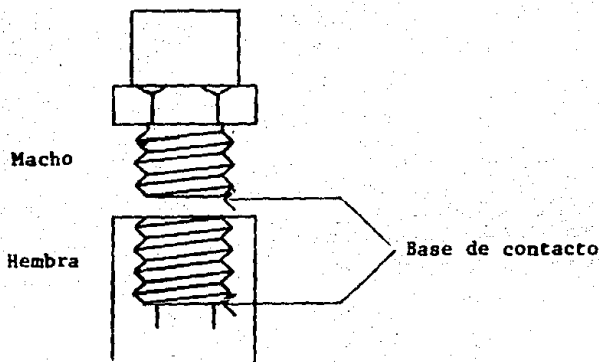


Figura Nº 71. Cierre de rosca recta.

#### I.9.17.- CIERRE CONICO.

El cierre por sección cónica consiste fundamentalmente en una desigualdad de más o menos  $1^\circ$  ó más entre el cono formado en el macho (a) y el del receptor (a') según la fig. Nº 72.

Esto produce una circunferencia de contacto en ambas piezas y se efectúa cierre perfecto.

Es recomendable apretar y aflojar varias veces las dos piezas para formar un pequeño desgaste en la circunferencia de contacto, y si acaso hubiera alguna imperfección pequeña, esto subsanará el defecto.

Este cierre cónico es el más recomendable para alta presión.

En el caso del cierre de campanillas para extremos de manguera y el conector antes dibujado el número de cuerdas es escaso; sólo tiene tres vueltas; lo ideal sería que tuviera



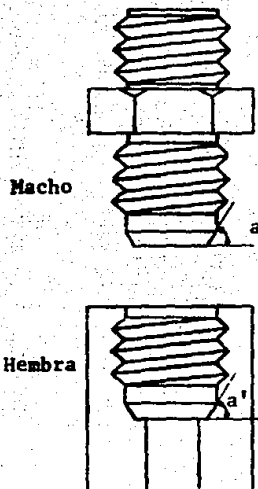


Figura Nº 72. Cierre cónico.

más cuerda; en el caso actual es recomendable al apretar y aflojar las piezas varias veces y dejarlas apretadas sin exceso.

**CHECK.**

Esta pieza fué la única que no falló por fuga de aceite. Es una pieza muy correcta (fig. Nº 73).

Funcionó incorrectamente únicamente cuando alguna basura del aceite quedó en el asiento del balín.

Es una magnífica muestra de precisión y diseño.

Se debe de buscar que todos los elementos de elevación tengan una calidad semejante para evitar paros y lograr un alto grado de seguridad en el proceso.

Prácticamente todas las otras piezas usadas podrían llegar a mejorarse a este grado.

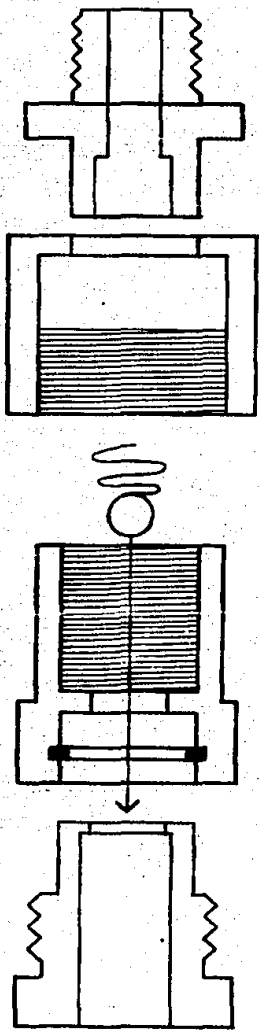


Figura № 73.

Check.

### I.9.18.- CAMPANILLA (Conector a manguera).

La campanilla o conector de manguera (fig. Nº 74), es una pieza que funciona bien pero es delicada (débil) en los puntos antes marcados. El buen funcionamiento de esta pieza depende de un correcto armado.

### I.9.19.- RECOMENDACIONES Y ARMADO.

Pelar el forro de hule exterior de la manguera en una longitud que penetrará en el forro opresor de acero hasta el tope.

El opresor de acero tiene cuerda interior; se debe hacer punta en el tejido de acero de la manguera y atornillar-la en el interior del forro opresor. El forro exterior de hule de la manguera debe penetrar en el opresor más ó menos 5 mm. según dibujo.

El tubo que penetra en la manguera debe inspeccionarse y si tiene la punta ensanchada por defecto de hechura se debe de golpear con una madera para que la punta sea un cono cerrado y que no rompa el forro de hule interior de la manguera al penetrar. Se introduce mojándolo en aceite o poniéndole grasa. Este tubo tiene cuerda exterior generalmente en el proceso de atornillado del tubo al interior de la manguera se genera calor por la fuerte fricción; debe enfriarse con una estopa mojada, de lo contrario se rompe.

La tuerca del tubo casi debe de tocar la parte superior del forro opresor.

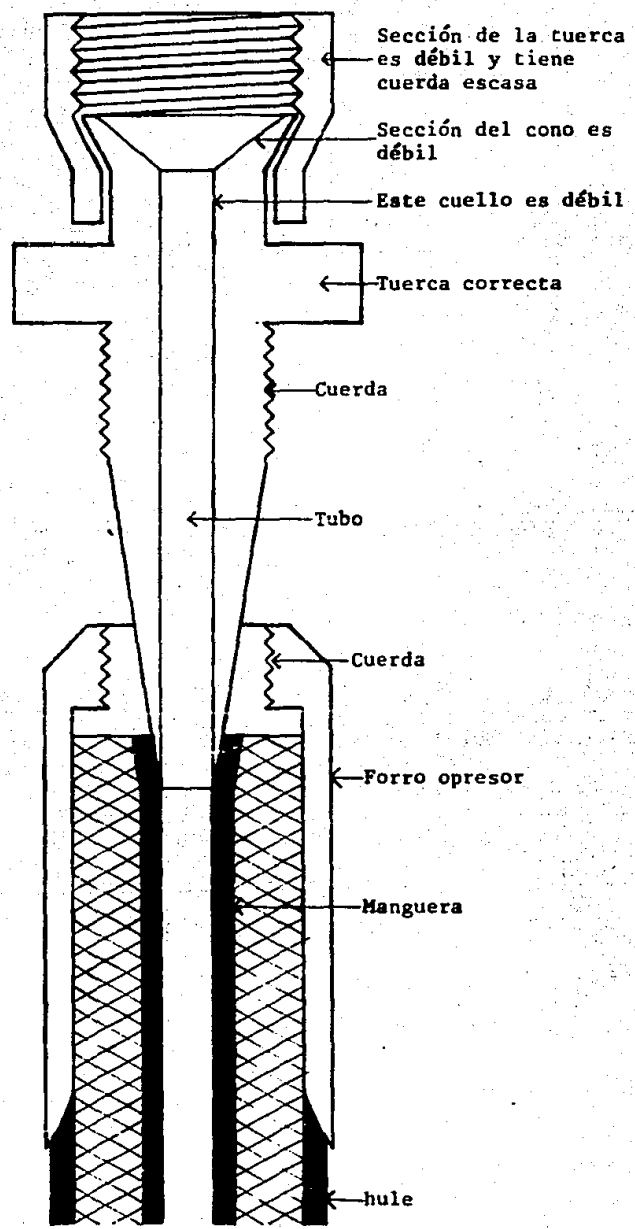


Figura Nº 74.  
Campanilla.

Por ningún concepto se debe golpear el tubo para que penetre en la manguera, se debe oprimir con una madera y atornillar hasta que la cuerda por sí sola lo haga penetrar.

#### I.9.20.- PRUEBAS DE LAS CONEXIONES.

Ninguna conexión debe colocarse en el sistema de alta compresión sin antes pasar una prueba; para evitar pérdida de tiempo, las pruebas efectuadas en las conexiones para la obra de Capuchinas siempre fueron a  $400 \text{ kg/cm}^2$  pero sería mejor llegar a los  $500 \text{ kg/cm}^2$  y en esta forma estar en plena seguridad de su eficiencia.

#### I.9.21.- LA CINTA DE TEFLON.

Ultimamente ha aparecido en el mercado la cinta de teflón para sellar conexiones hidráulicas. Esta cinta es muy buena para éste propósito, sin embargo tiene un inconveniente fácil de solucionar en el caso de usar aceite. El aceite a la larga deshace la cinta y los fragmentos llegan a los asientos de la válvula de las cajas de compresión y evitan el cierre perfecto; lo mismo ocurre en las válvulas de paso y en los checks de los cuadros.

La cinta de teflón debe enrollarse lo más cercana posible a la base para que los fragmentos no entren en la corriente de aceite (fig. Nº 75).

En los casos de cierre cónico, debido a la circunferencia de contacto, sólo es necesario dejar libre la parte cónica. En el cierre recto, poner la cinta cercana a la base.

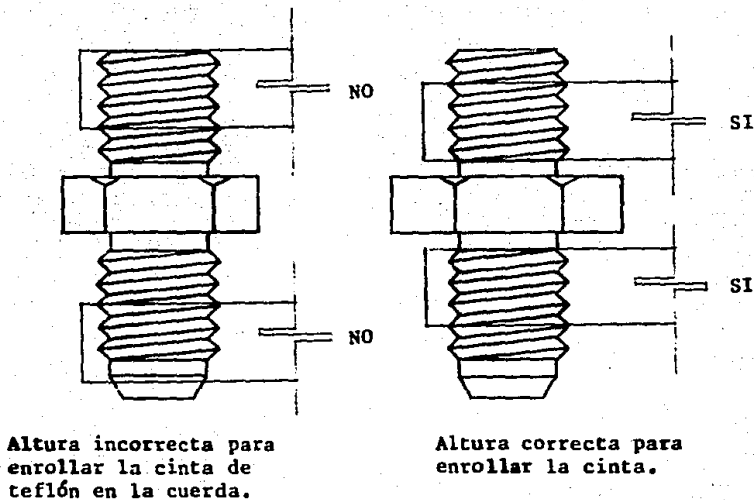


Figura Nº 75. Cinta de teflón.

#### I.9.22.- CUIDADO Y LIMPIEZA DE LAS CONEXIONES.

Ya se dijo antes, que el aceite a la larga oxida el acero, razón por la cual deben de limpiarse concienzudamente todas las conexiones con gasolina y guardarlas en un lugar seco para evitar oxidación. En los casos en que sea posible, se debe de hacer pasar gasolina para limpieza interior, y secarlas con aire a presión.

Cuando no haya seguridad de que esto deje limpio un conjunto de conexiones, será mejor desarmarlas, limpiar pieza por pieza y guardarlas.

### I.9.23.- LAS MANGUERAS.

Están constituidas por un tubo de hule interior, un tramado de hilo de algodón y tres o cuatro tramados de alambre de acero, todo ello envuelto con un forro de hule. Todos estos materiales a la larga son atacados por el aceite.

De lo anterior podemos deducir que si dejamos una manguera de alta presión llena de aceite, aunque la manguera no esté en trabajo, sufrirá deterioro, por lo tanto para evitar este deterioro en tiempo no productivo, es conveniente guardar las mangueras perfectamente limpias.

Debido a que, para los trabajos de elevación se tienen máquinas compresoras de aire; es conveniente que una "y" de sección adecuada, sea preparada para recibir por un extremo la corriente de aire a presión; por otro de los orificios agua, y que se arregle el último para recibir la campanilla de la manguera (fig. Nº 76). Primero se deberá limpiar con un chorro de aire y agua, y cuando el agua salga bien limpia por el extremo de la manguera, cerrar el agua y secar con aire.

Una vez limpias las mangueras, los tramos cortos deben de guardarse colgados por un extremo y los tramos de mayor longitud guardarlos enrollados en un diámetro no menor de 80 cm.

Por todos conceptos debe de evitarse enrollar las mangueras de presión en curvas cuyo diámetro sea menor de los 80 cm. pues esto afloja las entramadas de acero.

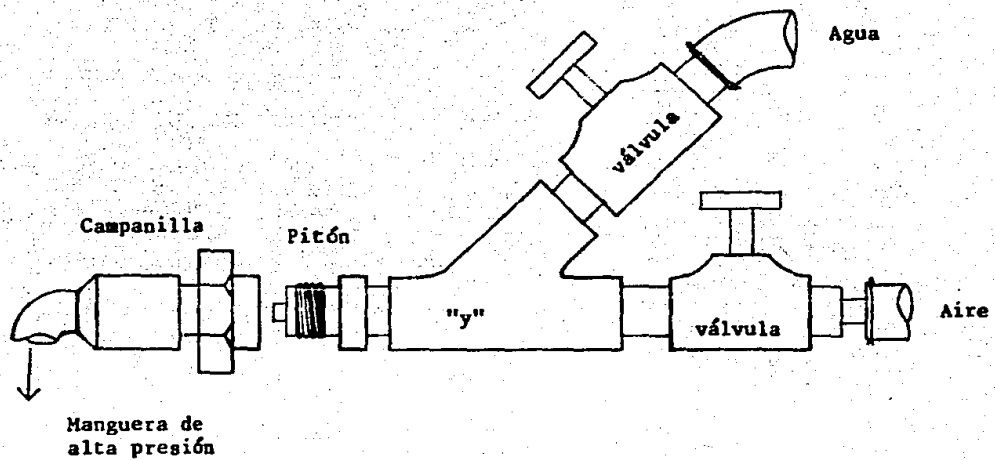


Figura Nº 76. Dispositivo para limpieza de mangueras de presión.

Cuando las mangueras están trabajando en un sistema hidráulico de alta compresión debe de buscarse que estén dispuestas en tramos lo más rectos posible o en curvas amplias. Se debe de tener cuidado de que la manguera no caiga bruscamente después de la Campanilla, esto causó problemas en la obra de Capuchinas. Si es necesario debe estar soportada para salir recta con la campanilla y después curva amplia.

#### LA COMPRA DE MANGUERAS DE ALTA PRESION.

Para la obra de Capuchinas se compraron dos marcas de manguera; ambas eran fabricadas con las mismas especificaciones y sujetas a la misma prueba antes de salir de la fábrica.



La manguera ENERPAC soportó el trabajo; la manguera GATES no lo soportó y hubo que cambiar toda la partida.

Debido a que el material preparado y probado soportó la prueba y después fallo a presiones menores que la prueba, lo que ocurrió fue: que la prueba no fué exhaustiva ó que las condiciones de trabajo fueron diferentes y se produjo la falla. Por tanto en el caso de compra de mangueras y en la compra de cualquier tipo de equipo de este tipo, se deben de comprar con garantía.

Los comerciantes que vendieron estos tipos de equipos fueron perfectamente confiables.

No se debe de reprobar una marca de manguera porque haya habido una partida deficiente, pero si se debe exigir garantía.

#### I.9.24.- LAS LLAVES DE PASO EN ALTA PRESION.

##### PRINCIPIOS BASICOS.

Además de que cada una de las piezas que componen la llave debe de tener resistencia suficiente para cumplir su misión, los dos principios básicos para su buen funcionamiento son:

1.- Que cierre correctamente el cono de la pieza D en el orificio correspondiente a la pieza A para evitar la corriente del aceite según flechas.

2.- Que no se salga el aceite por el orificio de la pieza B por donde pasa el vástago de la pieza A.

(Ver la fig. Nº 77 de la llave 1).

Llave 1 (Imperial Eastman)

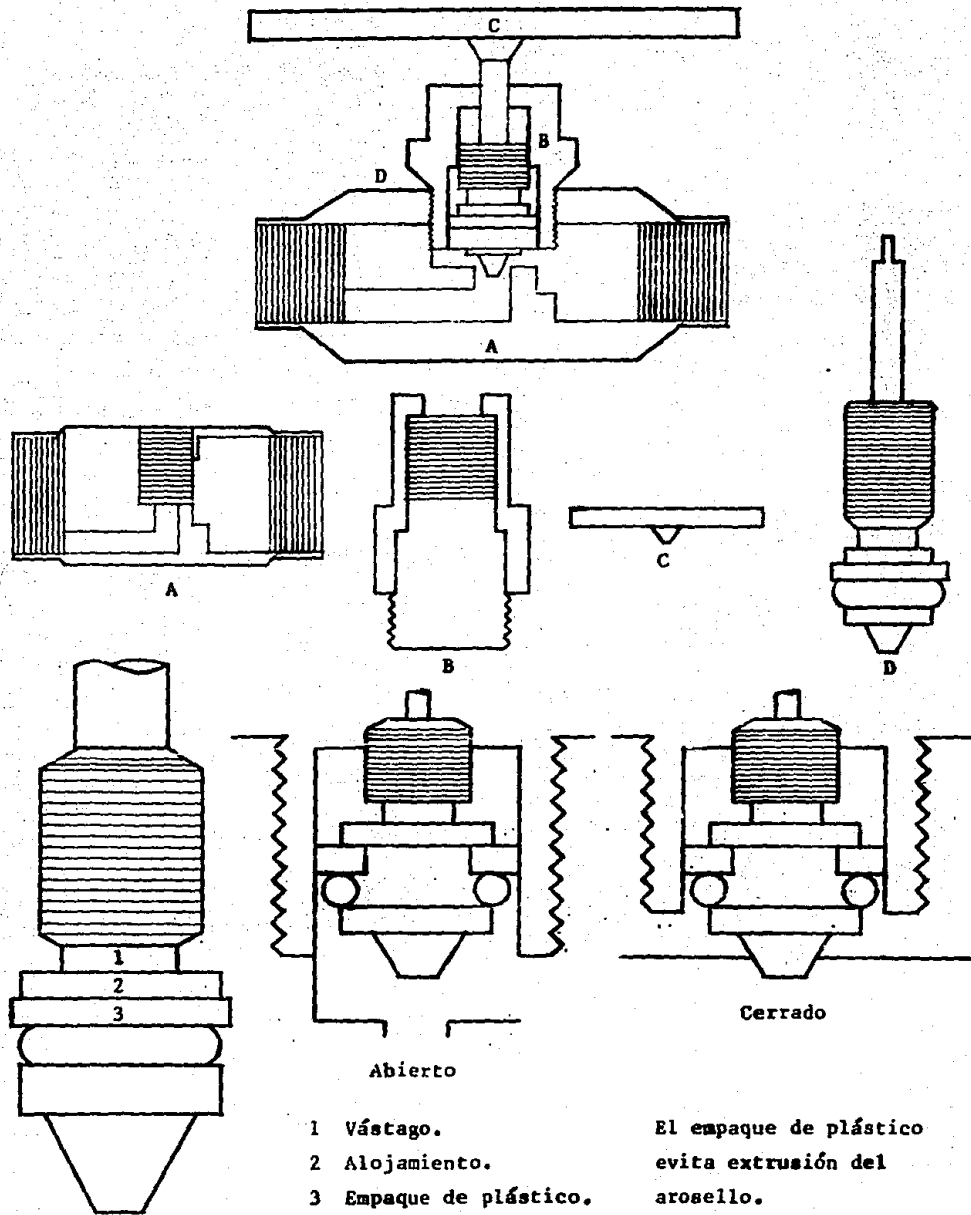


Figura Nº 77. Llave 1.

Ninguna de las llaves usadas dejó de cerrar correctamente el paso del aceite a que se refiere el punto (1). Por lo tanto únicamente se hará referencia a la resistencia de partes y fuga del aceite por el orificio por donde pasa el vástago de la llave.

A continuación se analizan tres tipos de llaves.

#### LLAVE 1 (Imperial Eastman).

Esta llave fué vendida por H. G. INDUSTRIAL debido a que se había acabado en el mercado el otro tipo de llaves que estaba proveyendo. Resultó ser la mejor de todas y en la obra de levantamiento de la iglesia de Capuchinas solamente falló el arosello de una de estas llaves.

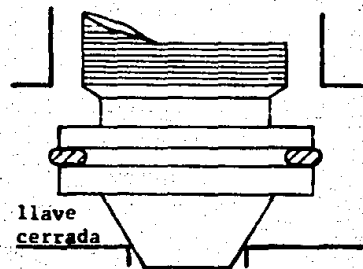
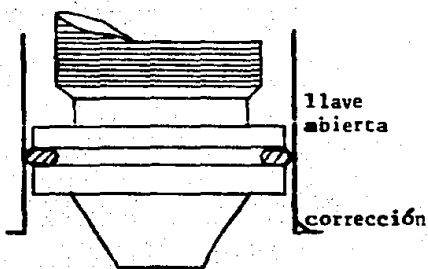
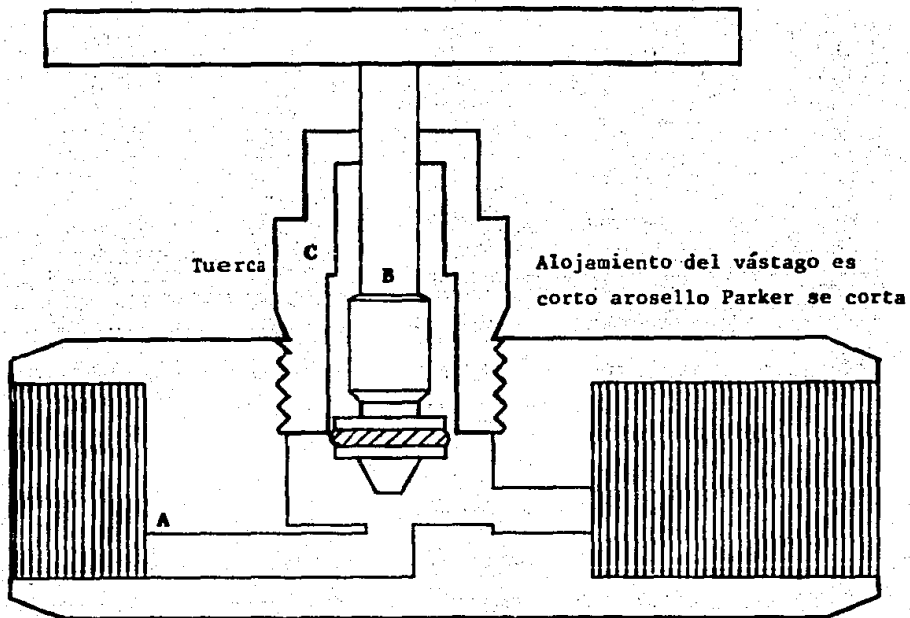
Es una llave muy bien diseñada y bien fabricada, el éxito en el funcionamiento de esta llave reside en su precisión y en lo bien protegido que está el arosello por una rondana protectora hecha de plástico.

Esta rondana ajusta muy bien en la pieza B con lo cual el arosello no se puede extruir debido a la carga que recibe. Además, al cerrar la llave, el arosello no sale de su alojamiento en la pieza B; por lo cual no se corta con el borde de la pieza B donde está alojada.

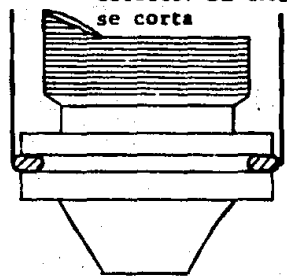
En la fig. Nº 77 se ven las dos posiciones: abierto y cerrado, y se ve la posición correcta del arosello dentro de la pieza B.

Es una buena llave.

Llave 2 Estado Actual.



defecto: el arosello se corta



Solución:  
Bajar el alojamiento haciéndole más cuerda y poner rondana protectora de plástico.

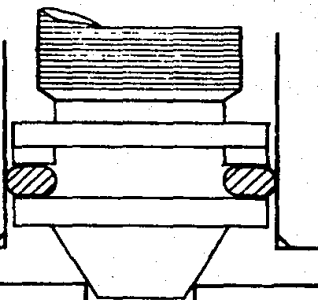


Figura Nº 78. Llave 2.

## LLAVE 2

La llave 2 (fig. Nº 78) fué la que originalmente presen  
tó el vendedor H. G. INDUSTRIAL para los cuadros con que se  
iban a complementar los gatos.

Se probaron abriéndolas y cerrándolas cinco ó seis ve-  
ces a una presión de 450 kg/cm<sup>2</sup> y pasaron la prueba.

Afortunadamente, se dejaron dos llaves trabajando en  
unos gatos para probar cuadros y se empezaron a salir por el  
vástago. Se encontró que la pieza C no entraba lo suficien-  
te en el cuerpo de la válvula A por lo cual el arosello al  
cerrar la válvula salía de su alojamiento en la pieza C y al  
volver a entrar se cortaba (ver el dibujo). La solución a  
este problema fué hacer más rosca a la pieza C haciendo más  
delgada la tuerca; en esta forma la pieza C penetrará más en  
el cuerpo A pero sin impedir el paso del aceite, B efectúa  
el cierre en el orificio que le corresponde, el arosello es-  
tá dentro del alojamiento y no hay corte.

La broca inferior de la pieza C estaba acabada con un  
filo, el cual al introducir la pieza B, cortaba el arosello.  
La corrección a este defecto fué meter el filo en el torno y  
dejarlo pulido.

En el curso del trabajo en Capuchinas varios arosellos  
de este tipo de llave faltaron, por lo cual se recomienda pu-  
lir ligeramente el interior de la pieza C y como el arosello  
es el mismo que en la llave Imperial Eastman (llave 1) se re  
comienda agrandar el alojamiento y poner unas rondanas pro-  
tectoras de plástico, con lo cual tendrá las mismas especifi

caciones que la llave 2, la cual resultó muy buena.

La rondana de plástico debe estar bien ajustada al alojamiento de la pieza C pues además de evitar la extrusión del arosello, actúa como un limpiador del cilindro de esta pieza C.

Tanto en la llave 1 como en esta llave 2 el arosello debe de introducirse en el cilindro E mojando ambas piezas en aceite para evitar que la fricción rompa (lije) la superficie del arosello.

### LLAVE 3

La llave Nº 3 difiere de las dos anteriores en que el empaque para que no se salga el aceite por el orificio donde pasa el vástago es un empaque de cordón grafitado.

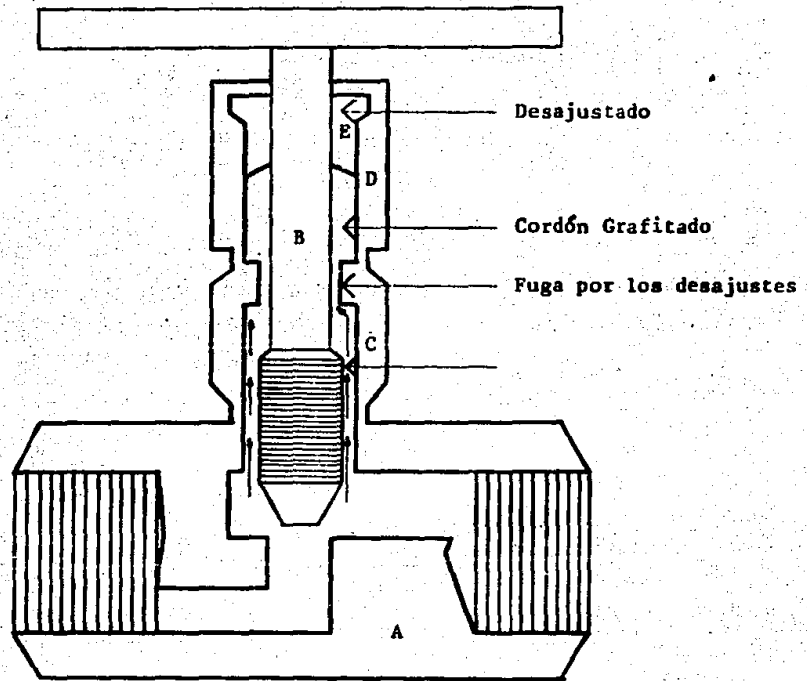
Estas llaves tuvieron la misma prueba que las otras, cuando alguna se salía, únicamente se quitaba el volante del vástago B, se quitaba la tuerca D y la rondana E, se empacaba con más cordón grafitado y se volvía a armar con lo cual pasaban prueba de 450 kg/cm<sup>2</sup>.

Su funcionamiento es fácil y son fáciles de empacar.

A pesar de haber pasado la prueba a que fueron sometidas, ya en la obra de Capuchinas, algunas llaves fallaron durante el trabajo, y como se les tenía mucha confianza a estas llaves se hizo un análisis exhaustivo de ellas y se encontró que el problema fundamental está en el desajuste de las piezas B, C y E entre sí.

Debido a que cuando se hizo el análisis de esta llave se estaba en pleno levantamiento de Capuchinas no se hizo trabajo de taller para arreglarla.

## Llave 3 Estado Actual



## Correcciones

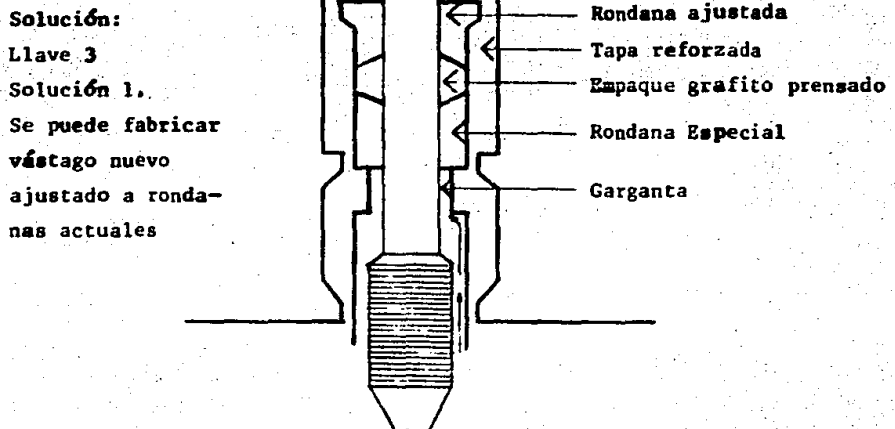


Figura No 79. Llave 3.

## Detalles Llave 3

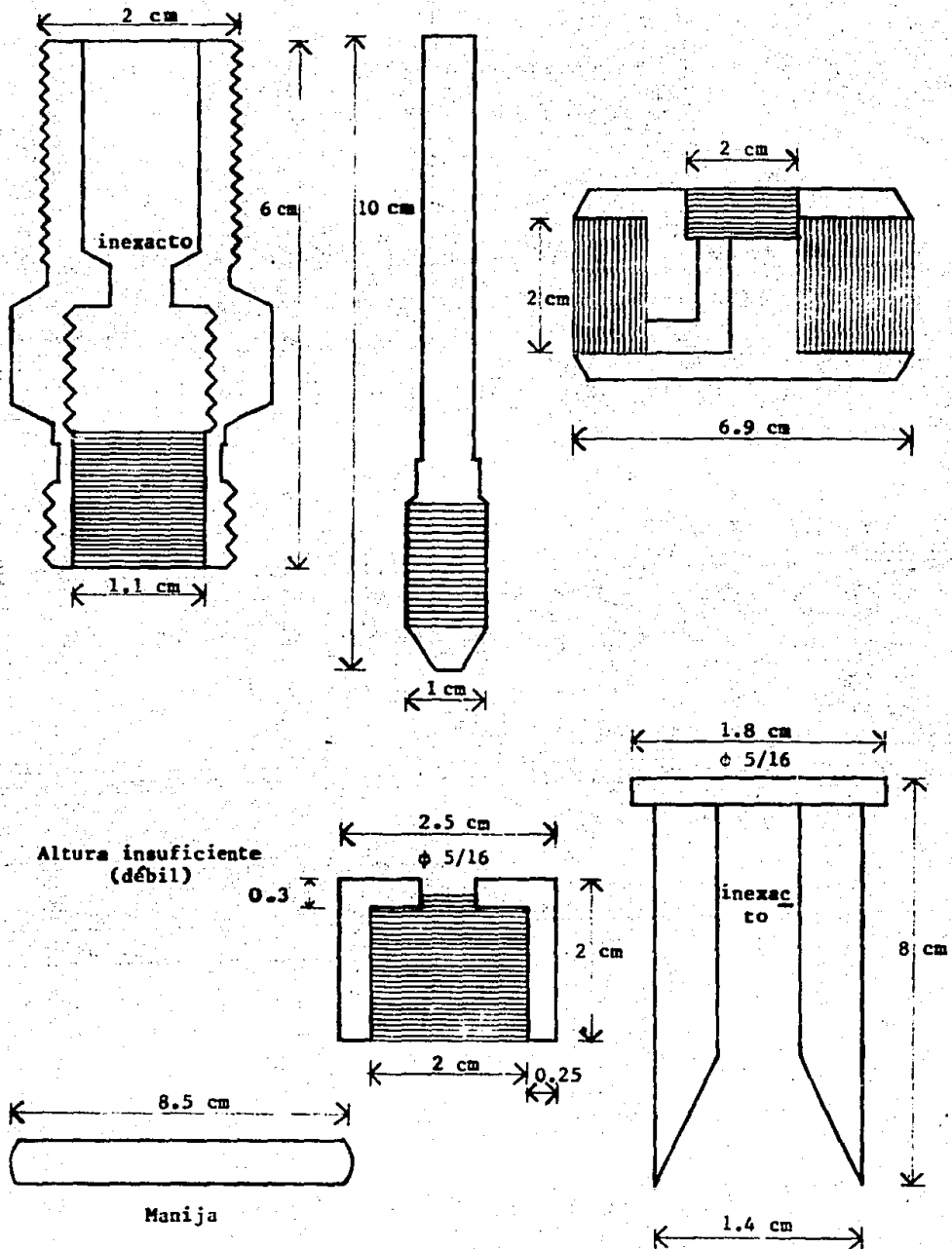


Figura Nº 80. Detalles llave 3.



Un vástago nuevo ajustado a las piezas C, D y E sería la solución adecuada además de ponerle una rondana.

Una gran ventaja que tiene esta llave, es que el empaque de grafito puede ser fabricado a alta presión en un molde fabricado en el taller, o prensado con un gato en la pieza C con la pieza E colocada en su lugar.

Aunque la descripción de estos defectos hace aparecer como mala a esta llave estuvo lejos de ser la peor, falló poco.

#### I.9.25.- CONCLUSION.

En términos generales, las llaves:

La llave 1 (Imperial Eastman) resultó ser una buena llave, la llave 2 tiene muchas posibilidades de ser perfeccionada con los arreglos ya indicados y que prácticamente la transformarían en llave del tipo 1; y esto fácilmente se puede hacer en el taller.

La llave tipo 3 debe ser ajustada en el taller y probada exhaustivamente según lo que antes se indicó; es una llave fácil de empaquetar en el mismo cuadro, y el empaque de cordón grafitado tiene muchas buenas cualidades y puede ser un sello casi perfecto para este caso.

#### I.9.26.- RECOMENDACIONES.

En el momento en que se desmonte el equipo de levantamiento que esté en cualquier obra, debe de dárseles especial

atención a la limpieza de llaves, corregir defectos y guardarlas ya bien limpias y secas, ya que si se les deja el aceite adentro, éste oxidará la llave y a la larga desbaratará los empaques.

Este tratamiento especial de cuidado a las llaves, se le dió al momento en que se desmontó el equipo de levantamiento en Capuchinas.

Por otra parte, las llaves tuvieron un papel tan importante en el levantamiento de Capuchinas, que se les debe dar especial atención a las correcciones antes anotadas.

Si para otra obra de este tipo se necesitaran más llaves, valdría la pena buscarlas en el mercado para obtener mejor calidad.

#### I.9.27.- EL ACEITE PARA LOS GATOS.

En el trabajo de Capuchinas, se usó aceite para inflar los gatos en vez de usar aceite soluble y agua. La marca de aceite usado fué Avalon-oil-50 vendido por Comercial Euzkadi.

El uso de aceite especial para alta compresión tiene enormes ventajas, pues aunque a la larga oxida el acero, lo hace mucho más lentamente que el aceite soluble en agua; y además todo el equipo funciona mejor.

En este lugar, vale la pena insistir en el uso de filtros y su uso en los lugares adecuados.

Los depósitos de aceite deben de ser lavados concienzudamente y después secados. El filtro de aceite propio de la máquina, se debe filtrar aunque sea nuevo. A la salida de

la máquina se puso un filtro y lo ideal sería, que cada gato tuviera su filtro interconstruido y su protector de polvo.

Los filtros, ya fueron explicados anteriormente.

A pesar de las precauciones tomadas a este respecto en la obra de Capuchinas, hubo algunos problemas, por lo cual es recomendable tomar precauciones mayores.

#### I.9.28.- TALLER DE ARMADO DE PARTES Y LABORATORIO.

El taller de armado de partes, ya sea el establecido en un lugar fuera o en la obra, debe de estar localizado en un lugar limpio de preferencia un lugar sin polvo y con buena luz natural y piso de cemento.

Debe de estar en lugar fácilmente accesible desde cualquier lugar de la obra. Si no es posible obtener un lugar muy seguro, vale la pena poner un velador especialmente para este lugar, pues en un momento dado puede haber en él material muy costoso.

En realidad se le da el pomposo nombre de laboratorio a la parte del taller donde se hacen las pruebas de conjunto de piezas ya armadas, este lugar con su equipo correspondiente es indispensable; pues todo el equipo de levantamiento debe ser probado antes de ser colocado en el sistema.

El taller para la obra de Capuchinas fué el establecido en Loma Linda Naucalpan.

#### I.9.29.- COMPONENTES DEL TALLER Y DEL LABORATORIO.

Debe estar dotado de un juego de dos cabezales de alta

resistencia (no menos de 174 ton) y husillos y tuercas de 3"; además esto debe de formar un conjunto con un puente para mantener esta prensa en posición vertical y un diferencial pequeño para ajustar la distancia de cabezal.

Junto a esto debe haber otro puente con diferencial para subir y bajar los gatos al lugar de prueba.

Cuando se hacen las pruebas con caja de compresión, no es necesario tener una fuente de corriente trifásica pero para trabajos grandes como el de Capuchinas es conveniente hacer pruebas con máquina chica y entonces si es necesario tener a la mano corriente trifásica.

Además de esta prensa debe haber cuando menos una prensa con dos cabezales normales y husillos de 2" con un gato de 25 a 50 tons. para pruebas de cuadra, conexiones, mangueras, etc. Si el trabajo es grande convendrá tener más prensas de este tipo.

El laboratorio debe de tener suficiente espacio para trabajar simultáneamente las pruebas sin que los trabajadores se estorben unos a otros y que estén a distancia adecuada de las prensas durante las pruebas. Al montar las prensas debe tenerse especial cuidado en nivelar y plomear bien los elementos que los componen. El gato que se vaya a probar debe de estar perfectamente centrado antes de efectuar la prueba.

En el caso de las prensas menores con gato de 50 ton. vale la pena ponerle al gato una placa de base que se pueda fijar al cabezal inferior por medio de tornillos para mantener el gato bien centrado y evitar roturas de los tornillos,

y además para conectar y desconectar fácilmente las piezas que se vayan a probar.

#### I.9.30.- MESA DE TRABAJO.

Para el armado de cuadros, campanillas en mangueras, etc., es necesario una mesa del tipo de las de carpintero grande, fuerte y bien construida en la cual según el volumen de trabajo, se deben de montar una o varias prensas de tornillo.

Como complemento de esta mesa se debe de preparar la siguiente herramienta.

Llaves de medida adecuada con maneral de tubo de acero de 50 ó 60 cms. (fig. Nº 81 (a)), tipo español y de astrias, perico y steelson de 12", desarmadores, pinzas de mecánico.

Entre las piezas hechizas, vale la pena arreglar varias pinzas para mangueras, (fig. Nº 81 (b)) que sirven para sostener adecuadamente la manguera de presión al colocarle la campanilla, el pedazo de tubo debe de tener algo de soldadura en el interior para que la manguera esté bien afianzada.

El complemento de esta pieza es el abridor del tubo (fig. Nº 82), para poder sacar la manguera una vez colocada la campanilla.

Además de la herramienta, se debe de tener uno o dos chulos para mantener limpia la mesa y estopa de primera para la limpieza de las piezas.

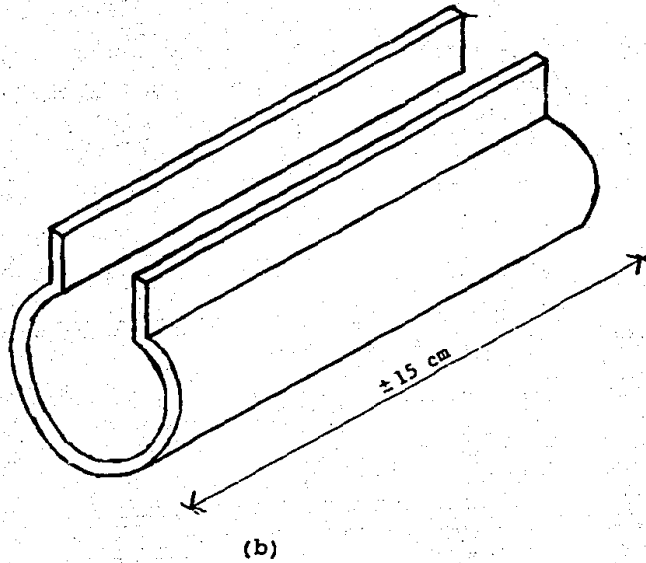
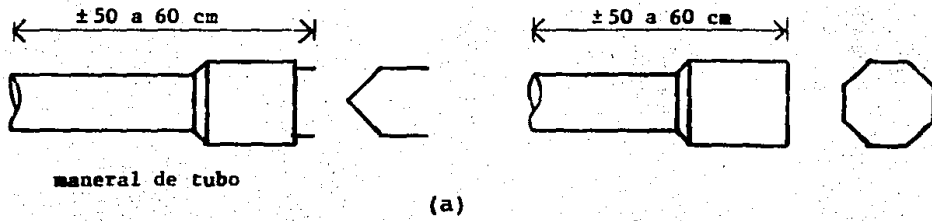


Figura Nº 81. Herramienta.

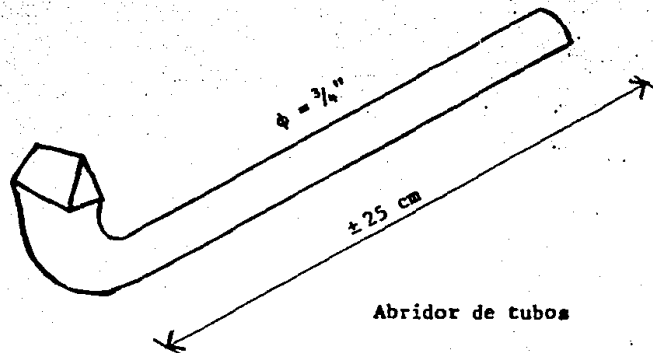


Figura Nº 82. Abridor de tubo.

**I.9.31.- PERSONAL.**

El personal requerido para el trabajo de taller debe de ser escogido por sus características positivas, esencialmente debe de ser sanamente inteligente, dedicado al trabajo, y fundamentalmente conciente de la importancia de la perfección en el desarrollo de su trabajo en el taller.

La experiencia obtenida por los trabajadores que laboran en el taller y en la obra, los ha educado en el sentido del cumplimiento del deber ya que conocen los efectos que produce el negativo ¡Ahí se va!

Sin embargo y a pesar de estas cualidades, deben de ser supervisadas.

## CAPITULO SEGUNDO. ANALISIS DEL PROBLEMA.

### II.1.- ESTUDIO DE LAS CONDICIONES DEL EDIFICIO.

En este punto se tratarán las condiciones del edificio, respecto a su tipo de construcción, y las modificaciones sufridas a través del tiempo, tanto las que hayan efectuado las personas, como las deformaciones debido al movimiento del suelo, lluvias y otras causas.

### II.2.- HISTORIA DEL EDIFICIO.

Es conveniente conocer la historia del edificio, pues esto ayudará al conocimiento del sistema constructivo, y de las condiciones en que se trabajó, ya que cada época presenta características propias de la manera de construcción.

Como ejemplo de las características que se deben de buscar, podemos citar el tipo de muros que se usaron y también de las bóvedas y cimientos.

En Capuchinas, los muros están contruidos con pedace-  
ría de piedra, fundamentalmente tezontle, todo ello pegado con cal; las puertas y ventanas están reforzadas en todo su contorno con piedra más dura y un buen despienso. En Capuchinas la calidad de los muros de relleno es buena. Igual ocurre con la mampostería, el trabajo efectuado allí es de buena calidad.



### II.3.- MODIFICACIONES Y REPARACIONES EFECTUADAS.

La iglesia de Capuchinas tuvo modificaciones durante su existencia, los pisos de concreto del ala que ocupaba la biblioteca de la escuela presentaron características de elasticidad y rigidez muy diferentes del resto de la estructura. Además de estos datos en los cuales es de gran ayuda la historia del edificio, también resultará importante conocer el destino a que éste sería dedicado en el futuro pues esto permitirá prever y solucionar correctamente las modificaciones futuras.

Es importante también considerar los cambios que con el tiempo ha sufrido el lugar. Una información obtenida del Sr. Cortéz que era en aquel tiempo historiador oficial de la basílica, se sabe que la zona actualmente ocupada por la basílica tenía alrededor de 20 manantiales de agua cuando se construyó la primera iglesia.

Actualmente estos manantiales han desaparecido, lo cual muestra una variación en las condiciones del subsuelo. Además existía una ala que comunicaba a Capuchinas con la Basílica, para que las monjas pasaran a hacer limpieza en las horas que no había servicio; esta ala fué demolida en este siglo, pero los cimientos de piedra no se quitaron. Estos cimientos tuvieron algunas influencias en las deformaciones sufridas por las torres de la Basílica y por la estructura de Capuchinas, pero no son los causantes únicos.

El conocimiento de las modificaciones que ha sufrido el

edificio y el terreno en que está construido es de suma importancia, ya que conociendo todas las causas que han coadyuvado para ocasionar la mala condición actual del edificio, el arreglo será más completo y más fácil.

#### II.4.- ESTUDIO DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.

Es muy importante analizar detenidamente el sistema estructural del edificio que se va a mover; ya que según la homogeneidad o heterogeneidad de la estructura, así será el comportamiento durante el proceso de nivelación.

Las estructuras de las iglesias en México, hasta el primer cuarto de este siglo tienen las mismas características y en ellas no se usó el concreto. La construcción de los muros y de los techos depende más de los efectos de la gravedad para mantenerse correctamente en pie que de elementos de acero o concreto para tomar tensiones.

Su estabilidad está basada en soluciones de elementos meramente a compresión y para obtener esto, en arcos, bóvedas y otros elementos, las fuerzas se combinan con las fuerzas de gravedad, y con algunos elementos de peso que hacen pasar las resultantes por el tercio medio de los muros o columnas soportantes. En general, para este tipo de construcción podríamos imaginarnos un coeficiente de elasticidad bajo, lo cual les permite estar en pie en condiciones muy adversas de inclinación.

Debido a un proceso de deformación y la acomodación

de las fuerzas resultantes, estas estructuras soportan bien las grietas pequeñas, y se reacomodan como luchando por no caerse.

Además aunque los muros son altos, también suelen ser muy gruesos, lo cual les da mucha resistencia al pandeo.

La iglesia de Capuchinas es un buen ejemplo de esta reacomodación, ya que tenía un desnivel de 3.50 mts. de la esquina noroeste a la esquina sureste y un desplome de más de 160 cms. medido bajo la cúpula, si bien presentaba cuarteaduras, éstas no eran excesivas.

En el caso de edificios de estructura de concreto o acero, el módulo de elasticidad del conjunto es más alto, y por esto, las deformaciones serán pequeñas pero los esfuerzos grandes. En este caso hay elementos que pueden soportar tensión y al hacer la nivelación se debe tener en cuenta que las deformaciones relativamente pequeñas, así como grietas pequeñas, indican esfuerzos relativamente grandes.

En ambos casos, la valorización matemática de los esfuerzos que han producido deformaciones y grietas, resulta difícil e inexacta, deben de analizarse los esfuerzos con buen criterio y se debe uno de formar una idea lo más clara posible tanto del proceso general de esfuerzos en la estructura como de los detalles particulares.

Este criterio permitirá determinar lo que se puede corregir durante el levantamiento y aquello que no se podrá corregir.

Es aquí en este momento del análisis en que resulta muy

importante conocer la historia de las modificaciones y resanes que ha tenido el edificio.

Las grietas que han sido resanadas, actúan como cuñas que ya no permitirán al edificio volver a su posición inicial, si las grietas que han aparecido en la construcción ó estructura durante el proceso de deformación son resanadas, al final de la nivelación el edificio no regresará a su posición inicial, y si estos resanes son de material duro (concreto) en muros de material blando (como con muros de mortero de cal) pueden aparecer muchas grietas, ya que la respuesta elástica de los dos elementos a su nueva posición es diferente y esto provocará rotura.

Este caso fué muy visible en los muros de las losas de la biblioteca de la escuela en Capuchinas, se separaron, pues no trabajaron conjuntamente, apareciendo grietas muy visibles.

Para obtener una idea clara de las condiciones estáticas de la estructura de una iglesia, es muy útil estudiar detenidamente su sistema constructivo inicial y formarse una idea de las composiciones de fuerzas que provocan o que soportan los elementos. Este estudio debe de hacerse tanto para su condición inicial como para su condición ya formada; pues en esta forma obtendremos conocimientos de las partes en que se han aligerado las cargas y las partes que han sido sobrecargadas. La resultante de este conocimiento permitirá diseñar un proceso de levantamiento en el que se buscará no sobrecargar aquellos elementos que ya están sobrecargados, y

buscar que sean ayudadas por otros elementos que estén en condiciones de tomar más carga que la que soportan.

También resulta útil este conocimiento en el caso en que sea necesario reforzar o reestructurar una parte débil o ya en peligro de caer. Como ejemplo de esto, vale la pena recordar los atirantamientos del cuerpo de Capuchinas, los apuntalamientos de los dos arcos centrales y el zunchado y atirantado de la cúpula.

Por otra parte deben también de estudiarse los efectos, ya sean positivos o negativos, que hacen las ediciones o modificaciones que se hayan hecho en el edificio.

Se debe de tomar en cuenta que debido a que la mecánica de suelos es una ciencia desarrollada recientemente y que el conocimiento del subsuelo es costoso, muchas modificaciones y sobre todo las adiciones pueden no haberse construido conforme a un criterio científico y sano.

La existencia y una buena dosis de criterio sano, es muy importante al juzgar modificaciones o adiciones pues no es raro que ocurran cosas paradójicas, como el hecho de que un elemento chico y débil, debido a su rigidez relativa rompa un elemento aparentemente más fuerte. Es importante imbuirse profundamente en la idea de que en construcción como en todas las actividades de la vida, se obtienen mejores resultados conociendo y resolviendo los problemas, que dejándolos a la suerte.

El trabajo de reestructuración del edificio depende de las condiciones en que se encuentra, y desde luego debe ser

diseñado para resolver el problema que se tiene. Hasta ahora, en las iglesias no se ha hecho el esfuerzo de cerrar algunas grietas producidas por asentamiento diferencial.

En caso de prever este tipo de movimientos, los trabajos de reestructuración requeridos deberán de ser diseñados de acuerdo al problema, para permitir el movimiento adecuado. Debe tenerse en cuenta que estos trabajos son para lograr mayor seguridad en el proceso de levantamiento, y así evitar peligro de roturas, derrumbes, etc.

#### II.5.- ESTUDIO DE LA INCLINACION DEL EDIFICIO.

Para conocer y valorar la inclinación de una iglesia ó edificio, es importante tener a la mano los planos originales o en su defecto tener un levantamiento lo más exacto posible del proyecto original. Esto será muy útil para conocer desniveles de proyectos, o si no los hubo para conocer aquellos puntos en los cuales hubo o debió de haber un plano de nivel.

En algunos casos puede haber sucedido que a pesar de que se proyectó con un plano de nivel determinado, esto en realidad nunca existió, o resultó ser muy defectuoso, el nivel de trabajo empezó a variar desde los cimientos; estos es lo que pudo haber pasado en Capuchinas.

En los edificios de estructura moderna, es más fácil la determinación de un plano de nivel. En Capuchinas el plano

de nivel inicial era tan fácil de deducir que se acabó por determinar la meta final de nivelación por un plomo de columnas de fachada.

#### EL PLANO HORIZONTAL DEL EDIFICIO.

Podemos clasificar el plano inclinado de un edificio en algunos casos fundamentales.

CASO I. En un solo sentido (fig. Nº 83).

En este caso el eje de giro es sólo uno.

CASO II. En dos sentidos (Recto).

El plano ABCD (fig. Nº 84) toma primero la posición AB'C'D y después la posición AB'C"D". Hay giro en dos sentidos pero el plano permanece recto.

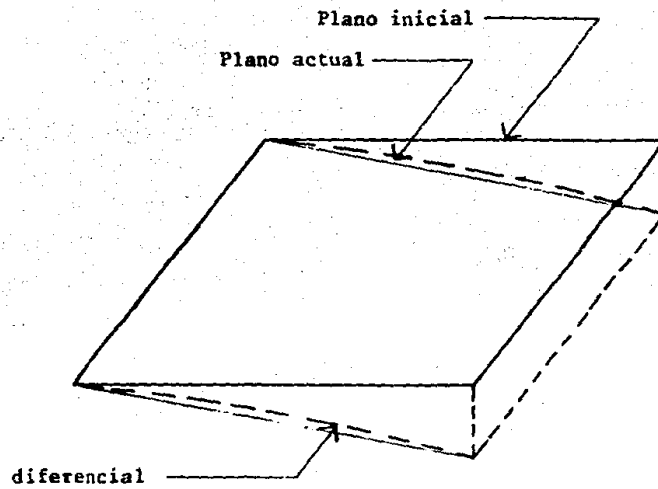
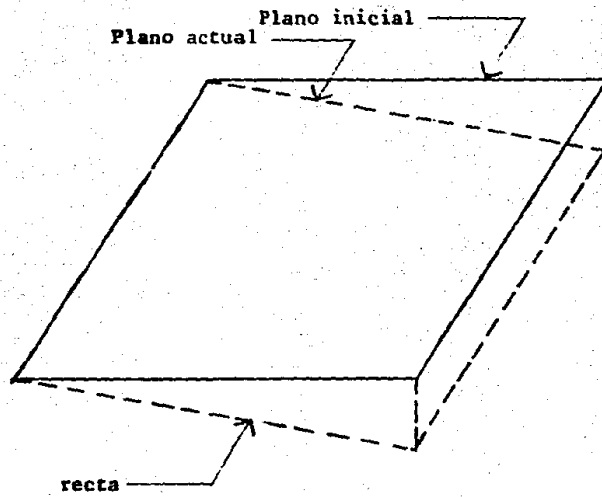
Hay giro en el eje AD y en el AB'. Sólo permanece en su lugar un punto: A.

ALABEADO (curvas en dos sentidos).

El plano inicial ABCD toma la posición AB'C'D, las líneas AB' y DC' son curvas, giro sobre el eje AD (fig. Nº 85).

Después el plano gira sobre el eje recto AB' y toma la posición AB'C"D": Las líneas AD" y D"C" son curvas.

En la práctica el caso más común que se encuentra, es el caso II inclinación en dos sentidos y alabeado.



En este caso el eje de giro es sólo uno.

Figura Nº 83. Inclinación en un solo sentido.



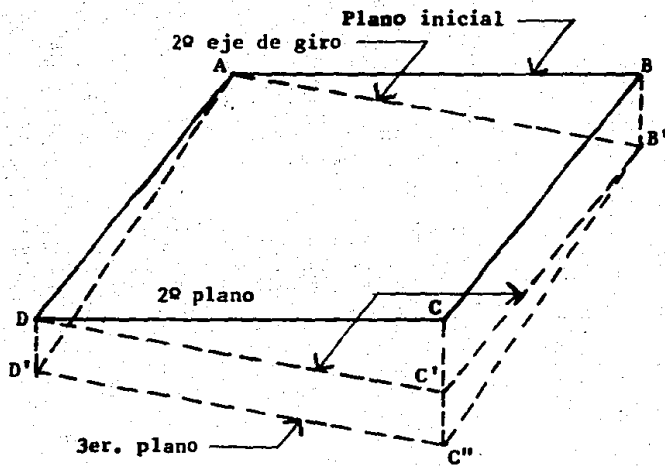


Figura Nº 84.

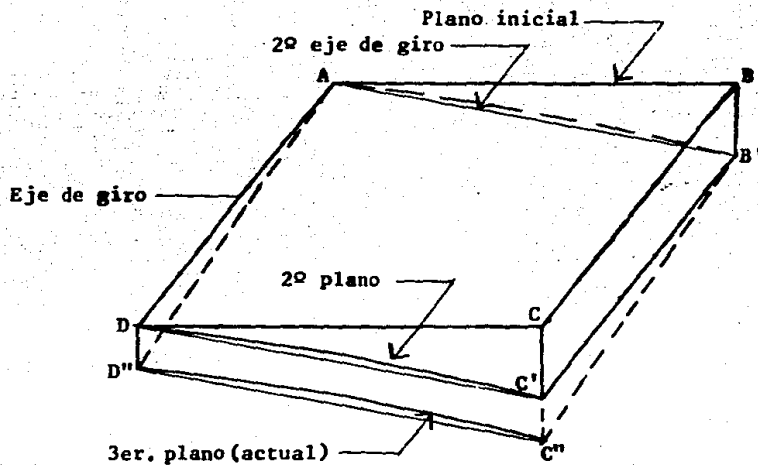


Figura Nº 85. Inclinación en dos sentidos.

Además de estos casos de inclinación también se presenta el caso de hundimiento o de elevación, solo, o combinado con inclinación.

Hasta aquí, se ha descrito y analizado los casos de desnivelación de un edificio en forma teórica, pero en la práctica para hacer los movimientos de corrección, el proceso de análisis es a la inversa.

Caso de un edificio con hundimiento e inclinación en dos sentidos y deformaciones diferenciales (ver fig. Nº 88).

Considerando como ejemplo práctico el caso en que existan las dos inclinaciones, hundimiento, y además las inclinaciones serán diferenciales; la deformación debe descomponerse en su componente, hundimiento, inclinaciones en ambos sentidos.

#### HUNDIMIENTO.

En este caso, el problema consiste en elevar el plano actual a sus niveles iniciales, la distancia  $h$  será la diferencia de altura entre el punto más alto del plano actual y el plano teórico (inicial).

En la fig. Nº 87 están dibujadas las deformaciones componentes de la deformación total, de un plano que ha sufrido hundimiento e inclinación curva en los dos sentidos, la fig. Nº 88, representa la suma de todas las deformaciones.

Los dos planos inclinados, después de haber restado el hundimiento, los niveles en las esquinas del plano son:

$$A = 0, B = 1.5, C = 2.5, D = 1.$$

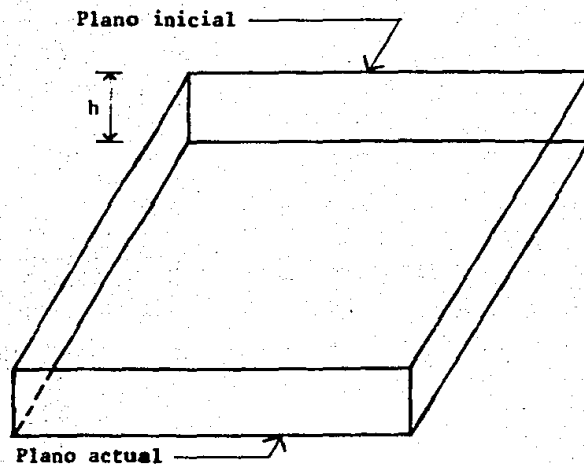


Figura Nº 26. Hundimiento.

La diferencia  $A + B = 1.5$ .

$D + C = 1.5$  por tanto el desnivel producido por el giro sobre el eje  $y - y$  vale  $1.5$  en  $B - C$ .

Asegurando el mismo criterio para el eje  $x - x$  tenemos  $A + D = 1.0$ ,  $D + C = 1$ .

Por tanto el desnivel producido por el giro sobre el eje  $x - x$  en los puntos  $D - C$  vale  $1$ .

Si bien este ejemplo aclara la forma general del proceso para conocer el valor de los giros relativos a los ejes  $x - x$  y  $y - y$ ; en la práctica, el problema puede llegar a ser bastante más complejo.

Debido a las modificaciones y resanes, resulta imposible en la mayor parte de los casos el efectuar correcciones para convertir en recta, las inclinaciones curvas; lo que se

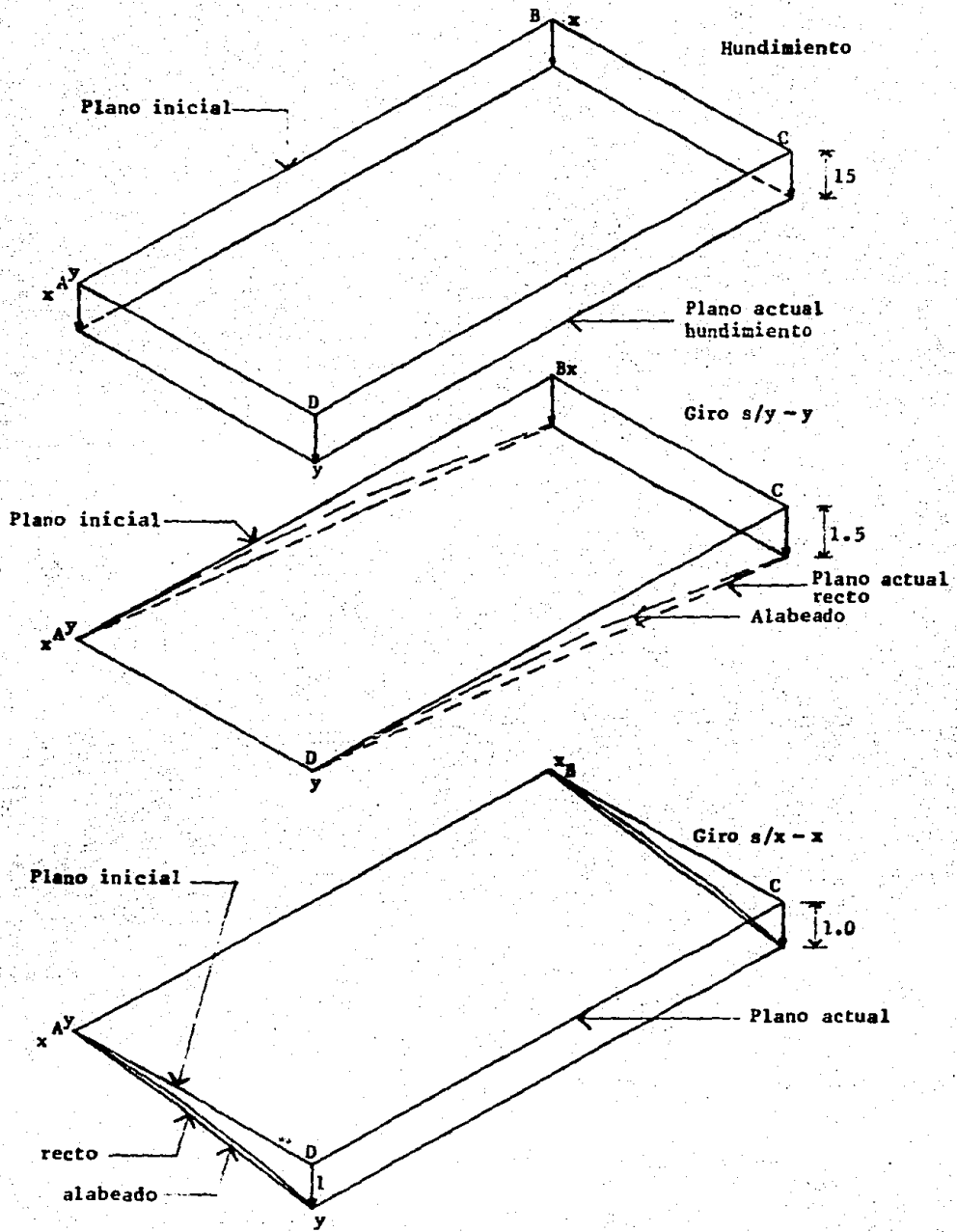


Figura Nº 37. Hundimiento e inclinación.

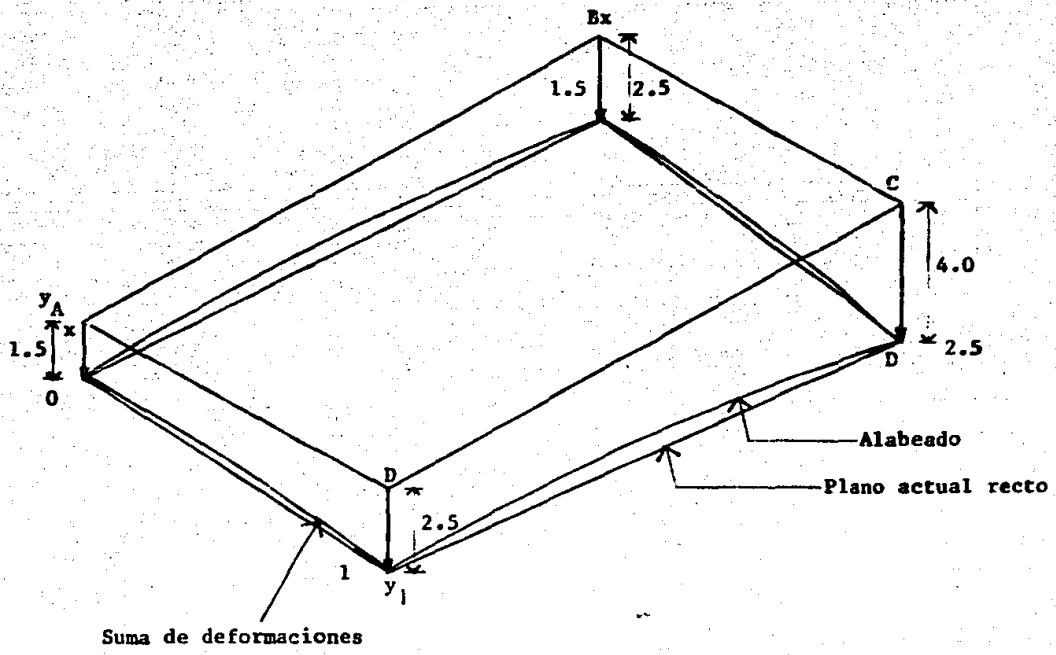
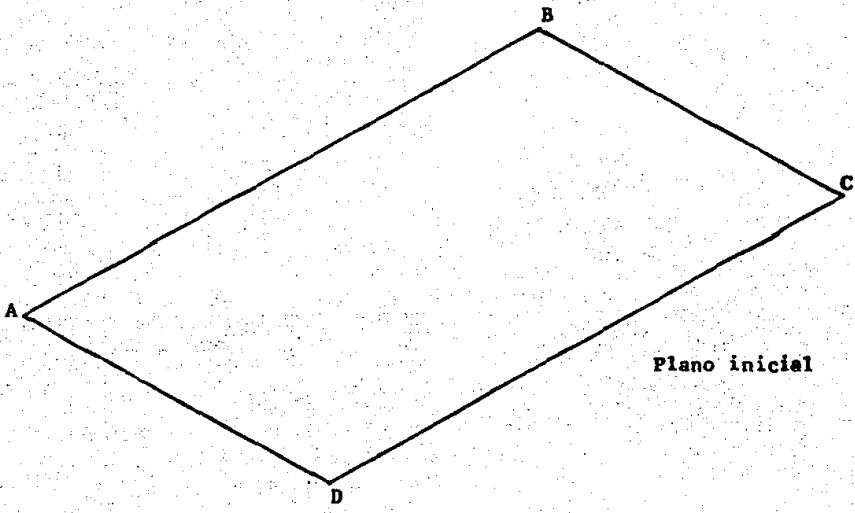


Figura Nº 88. Suma de deformaciones.

ha hecho es considerar siempre la inclinación como una recta; efectuar la división proporcional y proceder al levantamiento.

Si por haber sustituido la gráfica curva de la inclinación por una recta, al final de la elevación las columnas presentarán aún desplome será un problema de criterio al efectuar más elevación.

En la iglesia de Capuchinas el problema que se presentó se puede identificar como el caso II anteriormente mencionado. Inclinación en dos sentidos y alabeado (curvas en dos sentidos). Ya que presentaba inclinación tanto en la dirección Norte-Sur como en la dirección Oriente-Occidente.

El plano original de la iglesia formado por los puntos NO-NE-SE-SO gira sobre el eje NO-SO para tomar la posición NO-NE'-SE'-SO, la diferencia entre los puntos NE y NE' así como entre los puntos SE y SE' es de 2.967 m.

Estando en esta posición ahora el giro es sobre el eje NO-NE' y entonces el plano toma la posición NO-NE'-SE"-SO', la diferencia entre los puntos SE' y SE" así como entre los puntos SO y SO' es de 0.505 m.

La diferencia total entre los puntos NE y NE' es de 2.967 m, entre los puntos SE y SE" es de 3.472 m y entre los puntos SO y SO' es de 0.505 m.

El plano NO-NE'-SE"-SO' está en la posición final de inclinación que presentaba la iglesia.

Las líneas NO-NE' y SO-SE' son curvas así como las líneas NO-SO" y SO'-SE".

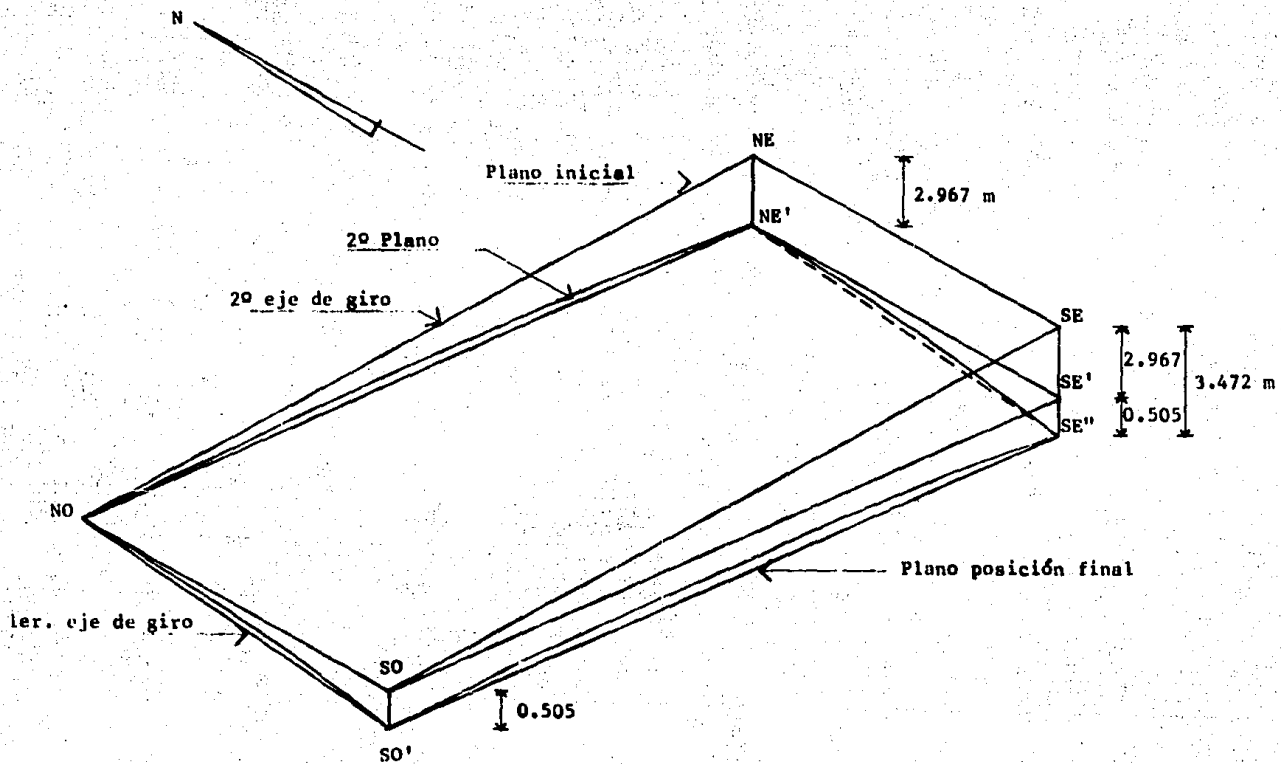


Figura No 89. Esquema de deformación de Capuchinas.

Como se puede notar el punto NO del plano permanece en su posición original durante la inclinación en los dos sentidos, es por esto que se considera solamente inclinación en los dos sentidos y no hundimiento ya que esta condición en realidad no se presentó.

Como ya se mencionó anteriormente para el movimiento de corrección de la inclinación, el proceso de análisis es a la inversa, o sea primero en la dirección Norte-Sur y después en la dirección Oriente-Poniente.

En la fig. Nº 89, se presenta un esquema de planos con la inclinación sufrida por Capuchinas.

## II.6.- PRELIMINARES DE CALCULO (recomendaciones).

En los casos en que se va a corregir la elevación de un edificio ya sea que éste esté hundido o inclinado o tenga ambos defectos al mismo tiempo, es necesario en el proceso de cálculo, tener presentes dos condiciones fundamentales para llevar el trabajo a buen término.

La primera condición se deriva del hecho de que un gato inflado en serie, se inflará más, cuanto menos carga soporte; y por tanto para obtener los mejores resultados en el movimiento se debe de lograr un diseño en el que la carga de los pilotes se uniforme.

La segunda condición se deriva del hecho de que en el proceso de movimiento del edificio se pueden presentar cargas no calculadas ni previstas y por tanto, deben de calcularse los pesos con extremo cuidado y dar un amplio coeficiente



de seguridad en los pilotes y gatos. Se deben de diseñar al doble de su capacidad de trabajo normal (máximo).

## II.7.- ANTESPROYECTO DEL PROCESO DE ELEVACION Y SU RELACION CON EL PROYECTO DE REESTRUCTURACION.

Es sumamente importante tener una idea bastante clara del proceso de levantamiento que se va a llevar a cabo al di señar la recimentación.

Los puntos principales que deben de considerarse en el proyecto de levantamiento son:

- Cantidad que se va a levantar el edificio y la dirección en la cual se va a mover.
- Amplitud necesaria en los brocales de los pilotes según la proyección del edificio en su estado primitivo y su estado final (dos direcciones).
- Longitud de los tornillos del control según su localización en el proyecto y tomando en cuenta las dimensiones de gatos, cabezales, tuercas, etc.
- Tomando en cuenta que el edificio tendrá movimientos horizontales; debe de pensarse en esto y considerarlo para el tamaño de los brocales.
- Se debe calcular correctamente la altura del pilote que debe guardar encima del brocal para que no sea necesario aumentarlo durante el proceso de elevación del edificio.
- Debe tomarse en cuenta que el tramo de pilote que se cuelga sobre el suelo o sobre la cadena siempre se constituirá en una columna empotrada en el suelo y recibiendo en forma

libre el peso del edificio por medio del cabezal.

- Debe de preverse una cadena de liga para los pilotes al nivel del suelo ya que no se conoce la longitud libre del pilote hacia abajo.

- Es recomendable que esta cadena sea proyectada para ser transformada en zapatas posteriormente, ya que el Sistema Pilotes de Control requiere que el edificio esté en contacto con el suelo.

Estas zapatas deben de recibir el peso del edificio por medio de columnas ó de muros de tabique ó concreto, y otro material.

- Debido a los movimientos horizontales debe de calcularse el espaciamiento de los pilotes para que un cabezal no interfiera con otro. Igualmente debe de tenerse esto en cuenta al proyectar contrafuerte en los dados.

- Conociendo el desnivel del edificio es fácil descomponerlo en las dos componentes ortogonales en que se efectuará la nivelación, es conveniente establecer los ejes del movimiento y formar líneas de pilotes paralelas a estos dos ejes, esto simplificará en mucho la nivelación del edificio.

- Es conveniente hacer un estudio exhaustivo y lo más exacto posible de las cargas del edificio sobre los pilotes, pues aunque esto sea trabajoso y caro permite diseñar un sistema de llenado de gatos más de acuerdo con la realidad y un trabajo más exacto en el levantamiento.

- En términos generales debe de aplicarse toda la experiencia obtenida en trabajos anteriores de nivelación al

cálculo de la recimentación, ya que esto evitará sorpresas desagradables en el trabajo.

## II.8.- INFLUENCIA DEL LEVANTAMIENTO EN EL TAMAÑO DE LOS BROCALES.

Si el levantamiento del edificio es muy grande debe de tomarse en cuenta el giro del edificio para determinar el diámetro de los brocales.

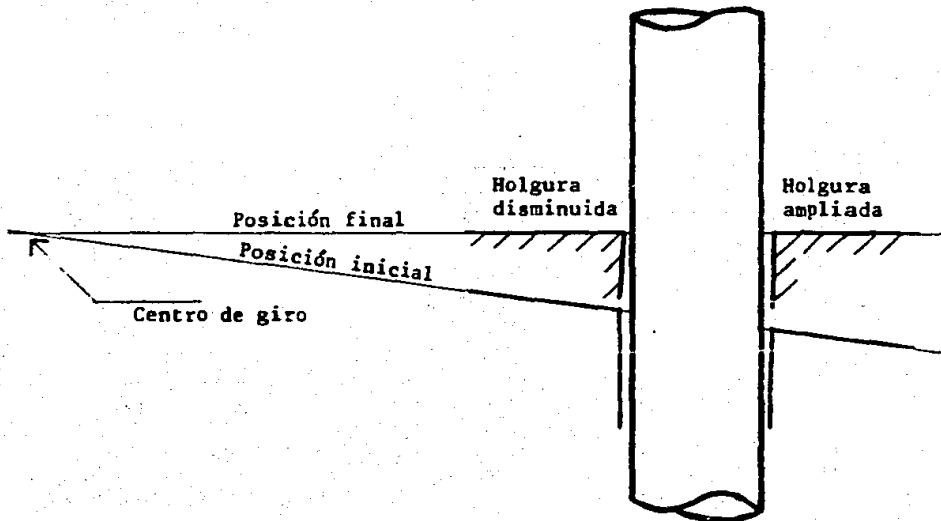


Figura Nº 90. Detalle de holguras.

En el lugar donde disminuye la holgura, se debe de prever esto dejando la ampliación necesaria (fig. Nº 90).

Es conveniente poner los cabezales en forma tal, que su eje longitudinal coincida con el eje que tendrá mayor giro.

El brocal debe de ser calculado para estos dos movimientos, pues el pilote no debe tocar el brocal; esto puede romperlo.

#### II.9.- LOS MOVIMIENTOS HORIZONTALES DEL EDIFICIO Y LOS EFECTOS QUE ESTO PROVOCA.

Durante el periodo de levantamiento pueden ocurrir dos tipos de movimientos horizontales.

El primero es aquel producido por un sismo. En el caso de Capuchinas, se efectuó un apuntalamiento en cuñas de madera en el lado norte contra el recubrimiento de piedra allí existente (fig. Nº 91 (a)).

En el lado oriente, se habían proyectado unos rodillos para evitar un movimiento horizontal por deslizamiento que no se presentó y este arreglo se consideró suficiente para evitar un gran movimiento por efectos de sismo. El mismo arreglo existía en la esquina Sur-Oriente.

Además en la esquina Sur-Poniente se hizo un arreglo de zapata con un gato de 100 ton. para poner el edificio en su lugar, si se presentaba algún movimiento (fig. Nº 91 (b)). En el Poniente-Sur se coló una columna acostada, y apoyada en el cimiento de la torre S.E de Basílica.

En todos los casos menos en el Oriente y Sur-Oriente, se puso madera entre el edificio y el correspondiente apoyo horizontal además se dejó un centímetro de holgura.

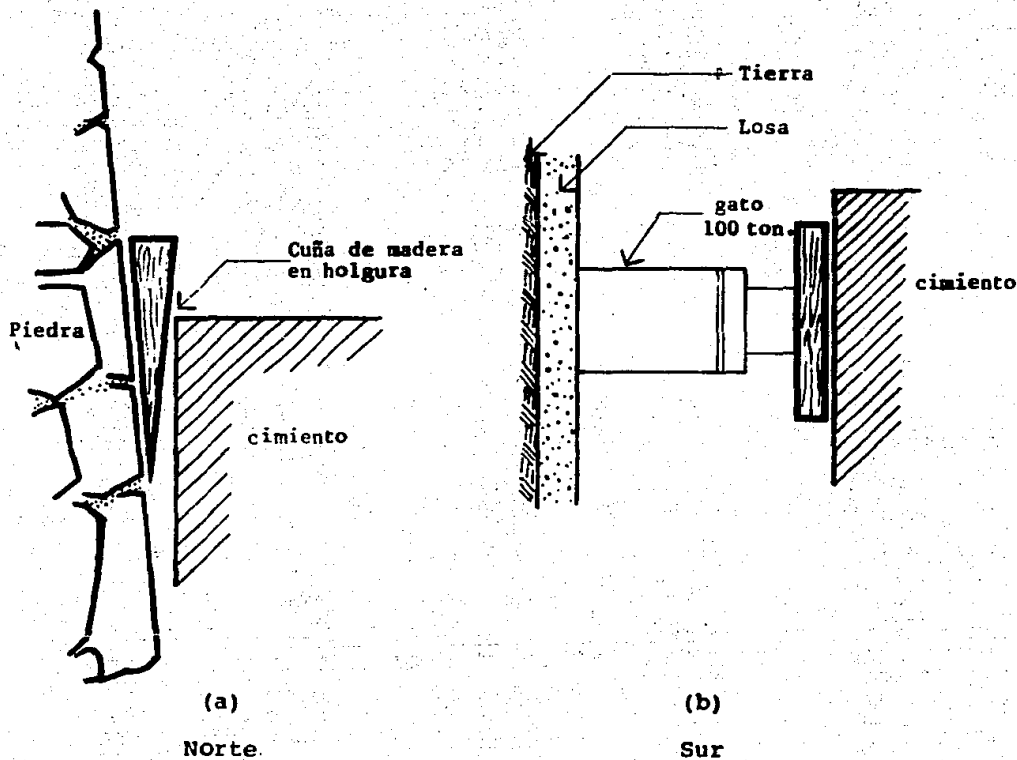
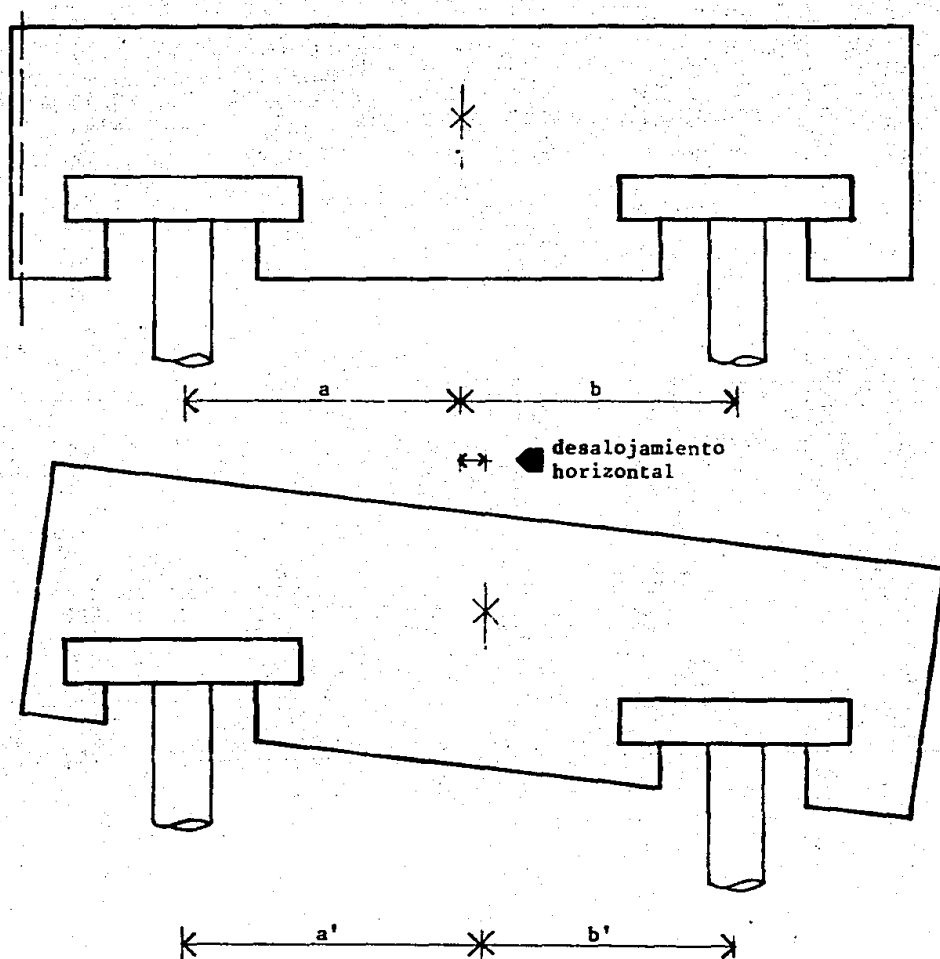


Figura Nº 91. Detalles realizados para evitar movimientos horizontales.

El segundo tipo de movimiento horizontal es causado por el desplazamiento del centro de gravedad al efectuar la renivelación del edificio (fig. Nº 92).



$a' > a$ ;  $b > b'$  al elevar hay corrimiento según flecha.

Figura Nº 92. Desplazamiento del centro de gravedad.

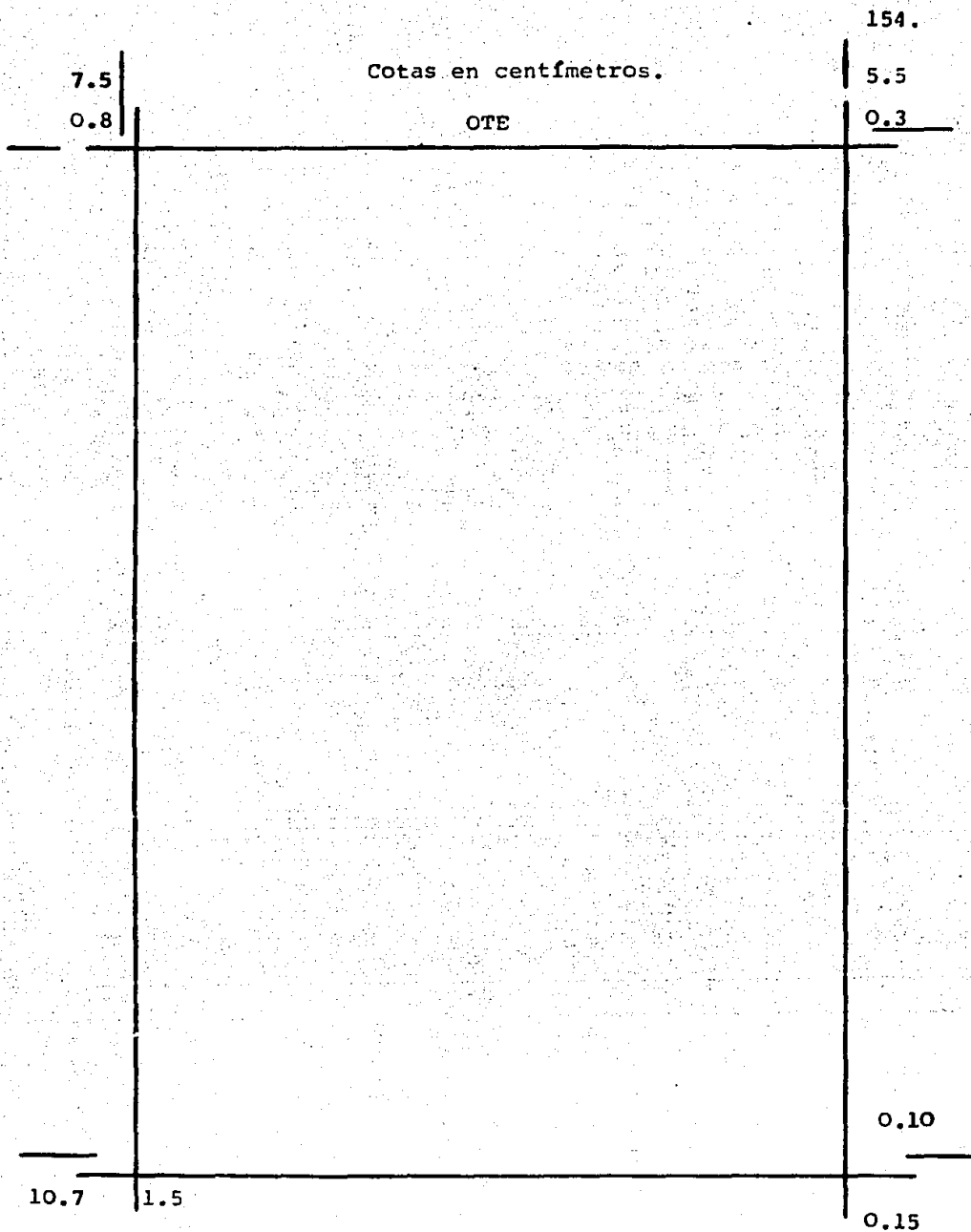


Figura Nº 93. Resultado final del  
corrimiento horizontal.

## II.10.- LOS PUNTOS DE REFERENCIA.

En el trabajo de Capuchinas se usaron tres sistemas de referencia exterior que dieron buen resultado.

a) El sistema de poner dos vigas rectas en las esquinas Nor-Este y Sur-Este (fig. Nº 94), fué una buena forma de obtener datos precisos de la elevación del edificio respecto al terreno adyacente inmediato.

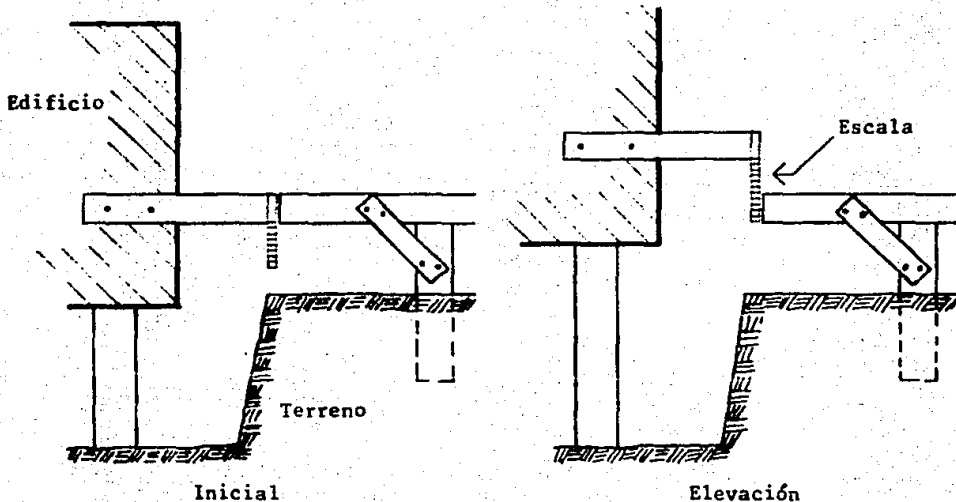


Figura Nº 94. Puntos de referencia.

### b) Marcador de Punta.

Los marcadores de punta se colocaron en las esquinas de Capuchinas y fueron de gran utilidad pues con ello se descubrió el movimiento horizontal provocado por el desalojamiento del centro de gravedad del edificio al ser nivelado.

Consiste en dos varillas de acero, una de las cuales va



empotrada en el edificio y la otra en el terreno o en un edificio adyacente. Las puntas deben coincidir al empezar el movimiento de elevación. La medida de altura de una punta sobre otra da la elevación obtenida en ese punto. La distancia horizontal indica desplazamiento del edificio (fig. Nº 95).

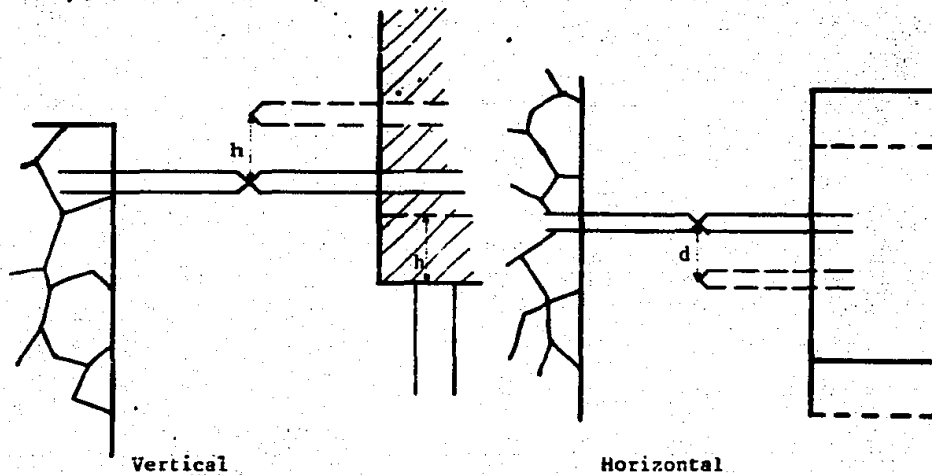


Figura Nº 95. Marcador de punta.

Al final del movimiento de la nivelación Norte-Sur, se efectuó una renivelación de 65 cm y el movimiento horizontal fué de 8 cms. (ver fig. Nº 93).

c) Marcador de nivel.

En el frente del edificio, se colocó un hilo a nivel y un plomo (fig. Nº 96); esto fué muy útil pues da una buena idea tanto de plomos como de nivel durante el proceso de trabajo. Tomando puntos de referencia en el edificio, esto permite conocer el avance del trabajo aunque no es exacto.

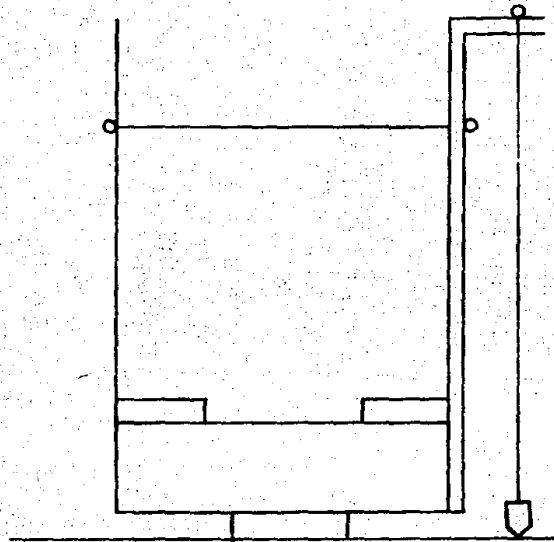


Figura Nº 96. Marcador de nivel.

En términos generales todo elemento de información del estado del edificio resulta útil durante el proceso de trabajo.

#### II.11.- AMPLITUD DE LOS MOVIMIENTOS DE ELEVACION, EL TAMAÑO DE HUSILLOS, CABEZALES Y EL CALADO DEL PILOTE.

Para evitar paros durante el periodo de renivelación, es muy importante prever el total de desplazamientos que tendrá el edificio desde su posición inicial hasta la posición final.

El pilote debe de estar centrado en el brocal; y como es necesario dar holgura para el giro del edificio, las anclas deben de colocarse más alejadas y simétricas respecto

al eje del pilote, lo cual provoca la necesidad de construir un cabezal más largo.

Igualmente, se debe tener en cuenta el desplazamiento vertical que se llevará a cabo y calcular la longitud del tornillo siempre dejando una pequeña holgura. La longitud de los tornillos deben ser calculadas por zonas.

Debido a que la canal de que está construido el cabezal es defectuosa en su forma, en la iglesia de Capuchinas varios tornillos se torcieron. Para evitar este problema sería conveniente terminar el cabezal sobre una mesa bien nivelada después de haberle colocado la placa inferior de  $35 \times 35 \times \frac{1}{2}$ " y colocar las placas rondanas de  $15 \times 15 \times \frac{1}{2}$ " que van en la parte superior, con lánas de lámina y soldadas (fig. Nº 97). Esto cuando menos haría que estas placas estuvieran en planos paralelos con lo cual el tornillo no se torcería.

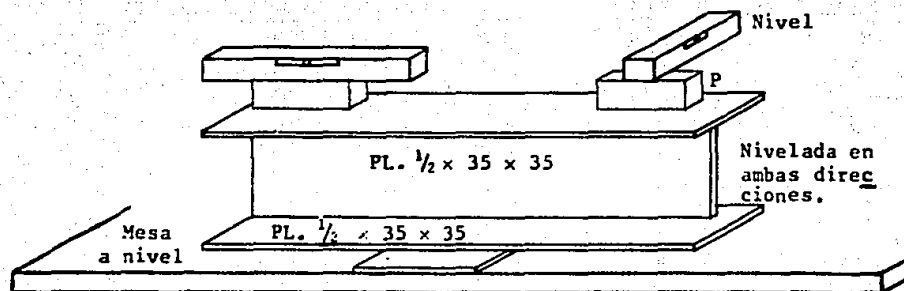


Figura Nº 97. Detalle en la construcción de cabezales.

## II.12.- LOS PILOTES.

Trabajo por pieza. En el caso de problemas de renivelaciones, los pilotes deben de ser calculados con un coeficiente de seguridad con respecto a su coeficiente de carga nominal.

Además, una vez terminados, deben de ser probados a su capacidad nominal, ya que las fallas por rotura de pilotes durante el periodo de renivelación presenta problemas serios.

según la experiencia obtenida en Capuchinas, la mano de obra debe de ser corregida y mejorada.

CASO 1.- Rotura de pilote por desalinación de tramos, la rotura del tramo fué causada por exceso de compresión en un lado según lo indica la fig. Nº 98.



Figura Nº 98. Rotura de pilote.

CASO 2.- La junta estaba vacía por mala colocación del mortero; esto puede tener dos causas: a) mezcla inadecuada, b) descuido en la mano de obra, también puede influir la colocación descentrada del gato al rehincar ó mezcla muy aguada.

### II.13.- AMPLITUD DE LA JUNTA EN COLINDANCIAS.

Para efectuar la nivelación o elevación de un edificio, lo mejor es que las colindancias estén libres.

En caso de que no lo estén deben de efectuarse separaciones que eviten toda fricción pues la fricción aún en secciones relativamente pequeñas puede llegar a ser tan grande que evita el movimiento y puede llegar a producir roturas graves.

El trabajo de la elevación de la iglesia de Capuchinas demostró que deben tomarse en cuenta tres movimientos.

1º Por giro de elevación una vez establecido el eje  $x - x$  ó  $y - y$  debe de considerarse la distancia mayor del edificio a estos ejes y determinar cuál será la proyección de esta longitud cuando el edificio esté horizontal.

La diferencia de estas longitudes debe de ser la holgura prevista para este movimiento como se muestra en el esquema de la fig. Nº 99.

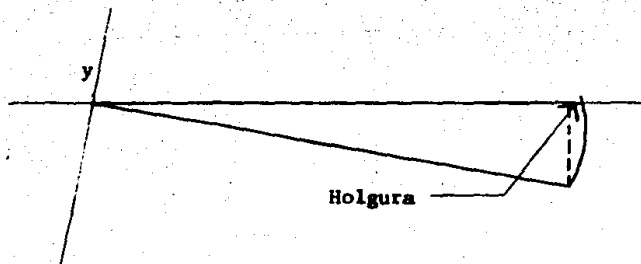


Figura Nº 99. Holguras.

2º Por corrimiento horizontal del centro de gravedad.

Este corrimiento antes explicado fué experimentado en Capuchinas; y fué de 11 cm.

Siempre que sea posible, debe sumarse esta holgura a la anterior para evitar roces en las colindancias.

3º Holgura necesaria para evitar rozamientos con otros obstáculos en las colindancias.

Al efectuar el levantamiento o la nivelación de un edificio se debe de tener en cuenta en las colindancias, la cantidad que se va a elevar, para evitar que algún saliente del edificio choque con alguna parte del colindante.

En caso de nivelación, se debe de tomar en cuenta que al efectuar la elevación de la parte hundida, se efectúa un giro y éste se manifestará proporcionalmente en las paredes, se debe de tener cuidado de que nada impida el movimiento de la pared, pues se pueden producir roturas, ya que las paredes tienen poca resistencia a una fuerza que actúa normal a ellas (fig. Nº 100).

Todo obstáculo debe de evitarse.

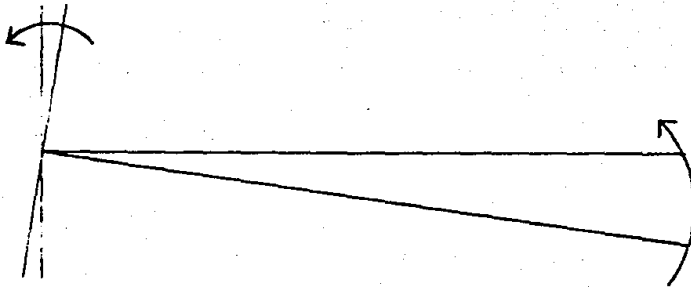


Figura Nº 100. Giro por elevación.

#### II.14.- INVESTIGACION DEL SUBSUELO.

Esta investigación es sumamente importante ya que es la que aclara la causa de los hundimientos y desniveles que ha sufrido el edificio.

En el caso de la iglesia de Capuchinas construida en la zona de la básilica era fácil imaginar que debido a que está situada cerca del cerro del Tepeyac, la parte de ella que se asienta en las faldas del cerro, no se hunda, la parte localizada en el relleno del lago, se ha hundido, sin embargo, la importancia del muestreo de capas, va mucho más allá de esta comprobación pues permite conocer la forma en que están localizadas las capas y su resistencia.

Esto permite determinar cuál será la capa que soportará a la carga transmitida por los pilotes; y según la localización de ésta, permita prever su longitud.

Además el muestreo permitirá conocer la existencia de capas delgadas de alta resistencia, pero insuficientes para soportar el peso que se les aplicará debido a que debajo de ellas hay material de poca resistencia.

Cuando el número de muestreos es suficiente, se puede hacer un plano de curvas de nivel de la capa dura, que aclarará bastante bien la longitud de pilotes que se van a hincar.

En los sondeos que se anexan, se puede observar que el suelo está constituido principalmente por jaboncillo, arcilla y limo.

El jaboncillo está formado por la esteatita, la cual

contiene: silicato hidratado de magnesio (mezcla de arcilla y feldespato) es una variedad de talco granular pero compacto, de color blanco azulino ó gris verdoso, que da la impresión de ser untoso al tacto. Resiste a los ácidos y su punto de fusión es cerca de los 1,700°C.

#### Minerales constitutivos de las arcillas:

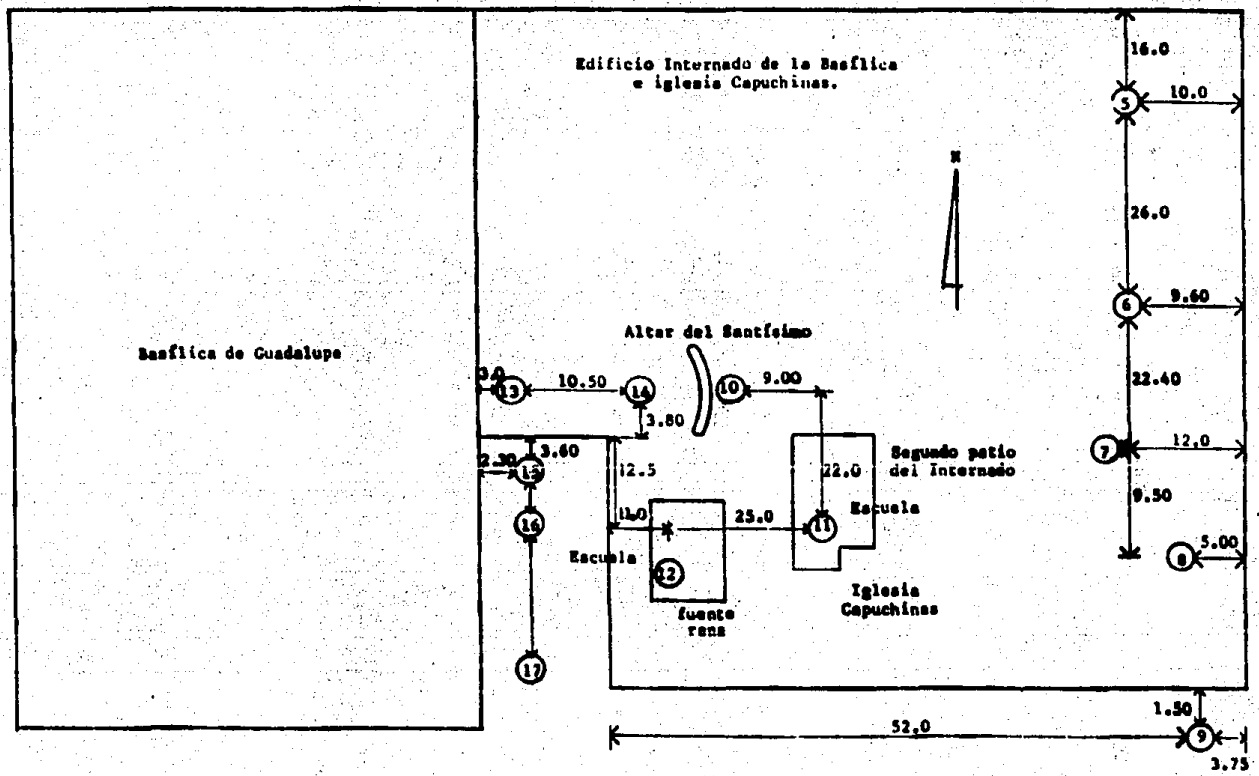
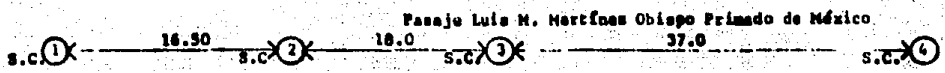
Partiendo de los numerosos minerales (principalmente silicatos) que se encuentran en las rocas ígneas y metamórficas, los agentes de descomposición química llegan a un producto final: la arcilla.

Las arcillas están constituidas básicamente por silicatos de aluminio hidratados, presentando además en algunas ocasiones, silicatos de magnesio, hierro u otros metales, también hidratados.

#### II.15.- ANALISIS DE LA ESTRATIGRAFIA.

Para los sondeos continuos que se realizaron en la parte Norte de la zona, en el pasaje Luis M. Martínez, no se encontró Nivel de Aguas Freáticas, esto es debido a que se localizan en la falda del cerro del Tepeyac. En los primeros metros hay una combinación de arcilla limosa café, arcilla verde olivo ó gris oscuro, así como limo arenoso compacto gris verde, lo que constituye una capa de material compresible cuya capacidad de carga es muy baja; a partir de esta profundidad se encuentra una formación rocosa que es propiamente el cerro del Tepeyac que ya constituye un material de una capacidad de carga muy elevada; éste es el estrato resistente.





Localizaci3n de Bndeos.

| Sondeo<br>Nº | tipo             | NAF  | Prof.<br>(m) | capa dura<br>desde (m) | Nº máx.<br>de<br>golpes | O B S E R V A C I O N E S   |
|--------------|------------------|------|--------------|------------------------|-------------------------|---|
| 1            | continuo         | -    | 5.80         | 2.0                    | 2,000                   | arcilla limosa café con cascajo, arcilla arenosa parda café, limo arenoso con piedra gris rosa, piedra gris rosa. |
| 2            | continuo         | -    | 5.80         | 4.0                    | 2,500                   | limo arenoso compacto gris verde, piedra del cerro.   |
| 3            | continuo         | -    | 6.50         | 6.0                    | 1,700                   | jaboncillo verde olivo 20 y holeo, y piedra rosa 30 cm.   |
| 4            | continuo         | -    | 10.50        | 10.0                   | 5,075                   | jaboncillo verde olivo 30 y piedra, no se bajó herramienta esto último se trabajó con la perforadora.             |
| 5            | explo-<br>ración | 4.05 | 21.55        | 21.50                  | 32                      | piedra negra y en 37 golpes con punta 5 cm no entró.  |
| 6            | explo-<br>ración | 2.50 | 31.30        | 31.0                   | 191                     | piedra rosa.  |
| 7            | explo-<br>ración | 1.90 | 32.00        | 31.50                  | 427                     | piedra.   |
| 8            | explo-<br>ración | 1.65 | 35.5         | 34.50                  | 60                      | jaboncillo gris verde arena 15 compacta parda, arena limosa parda con piedra remolida parda.                      |
| 9            | explo-<br>ración | 2.0  | 37.35        | 36.5                   | 78                      | limo compacto gris verde con piedra.  |
| 10           | explo-<br>ración | 4.80 | 24.15        | 24.0                   | 235                     | piedra rosa.  |
| 11           | explo-<br>ración | 3.40 | 33.0         | 32.50                  | 60                      | jaboncillo verde olivo 25 arena 5 petrificada y piedra 15.  |
| 12           | explo-<br>ración | 4.55 | 31.5         | 31.0                   | 129                     | piedra rosa, parda entró 5 cm.  |
| 13           | explo-<br>ración | 5.30 | 29.5         | 29.0                   | 35                      | jaboncillo verde olivo y piedra café rojiza.  |
| 14           | explo-<br>ración | 5.65 | 30.0         | 29.5                   | 29                      | jaboncillo verde olivo y piedra rojiza café en 5 cm 35 golpes.  |
| 15           | explo-<br>ración | -    | 3.50         | 3.0                    | 1,254                   | piedra rosa del cerro. Se perforó con herramienta que pesa 350 kg con altura de caída de 60 cm.                   |
| 16           | explo-<br>ración | -    | 2.50         | 1.50                   | 2,248                   | arcilla limosa café y piedra rosa, piedra rosa del cerro, igual que el anterior.                                  |
| 17           | explo-<br>ración | 3.55 | 32.25        | 34.50                  | 56                      | arena fina limosa, cementada negra y arena cementada negra 20 y limo compacto gris verdoso.                       |

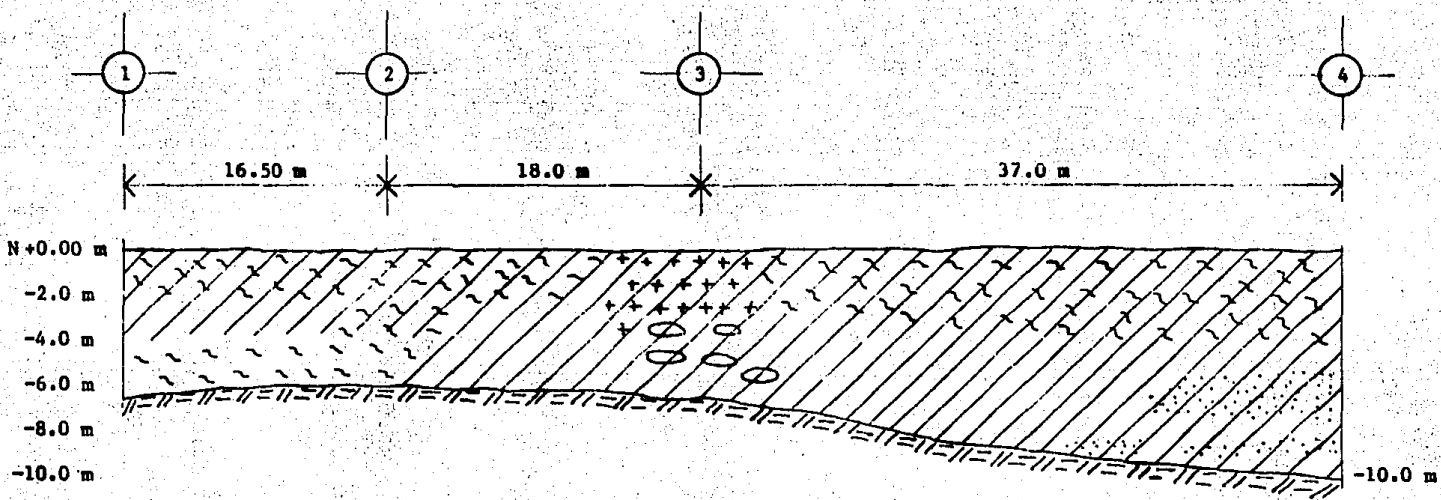
La estratigrafía de esta parte permite darnos cuenta de que el estrato resistente se encuentra muy por encima y varía desde 2.0 mts. de profundidad en el extremo poniente, desciende a 4.0 m y 6.0 m hasta llegar a 10.0 m de profundidad hacia el extremo oriente en 71.5 m de distancia entre los sondeos más distantes.

El material que se encuentra por encima de esta y que ya se mencionó anteriormente como el estrato compresible forma en sí un relleno, que se ha originado seguramente debido a escurrimientos de material arcilloso provenientes de lo alto del cerro del Tepeyac.

En la fig. Nº 102 se puede ver un perfil representativo de la estratigrafía en esta parte de la zona, en el que se puede observar el estrato compresible o relleno que está constituido por arcilla, y el estrato resistente que es propiamente la falda del cerro del Tepeyac.

En el extremo Oriente del convento y la iglesia de Capuchinas se realizaron 5 sondeos de exploración. En estos ya se puede identificar claramente lo que se conoce como la primera formación arcillosa del subsuelo de la Cd. de México, y que consiste en un estrato de arcilla altamente compresible comprendido en los primeros 30.0 mts. de profundidad aproximadamente.

El nivel de aguas freáticas se encuentra en este estrato a muy pocos metros de profundidad, a 2.5 mts. en promedio, con lo que tenemos una arcilla saturada con un contenido de agua que va desde un 250% a un 500%; y que es conocida como



Perfil estratigráfico del subsuelo al norte de la zona.  
 (pasaje Luis M. Martínez)

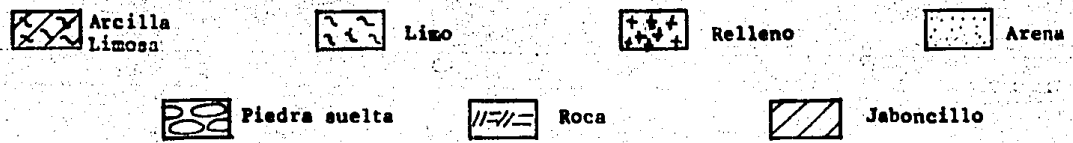


Figura Nº 102.

arcilla saturada de la Cd. de México.

Este material arcilloso es sumamente deformable además de tener una gran plasticidad y un alto grado de cohesión.

Es considerado dentro de los materiales finos y su capacidad de carga es muy baja, entre 2 y 3 ton/m<sup>2</sup>.

La profundidad del estrato resistente en estos sondeos, se localizó en la parte Nor-Oriente a 21.5 mts. y fué descendiendo hasta llegar a 36.5 m de profundidad en la parte del extremo Sur-Oriente en una distancia de 59.0 m.

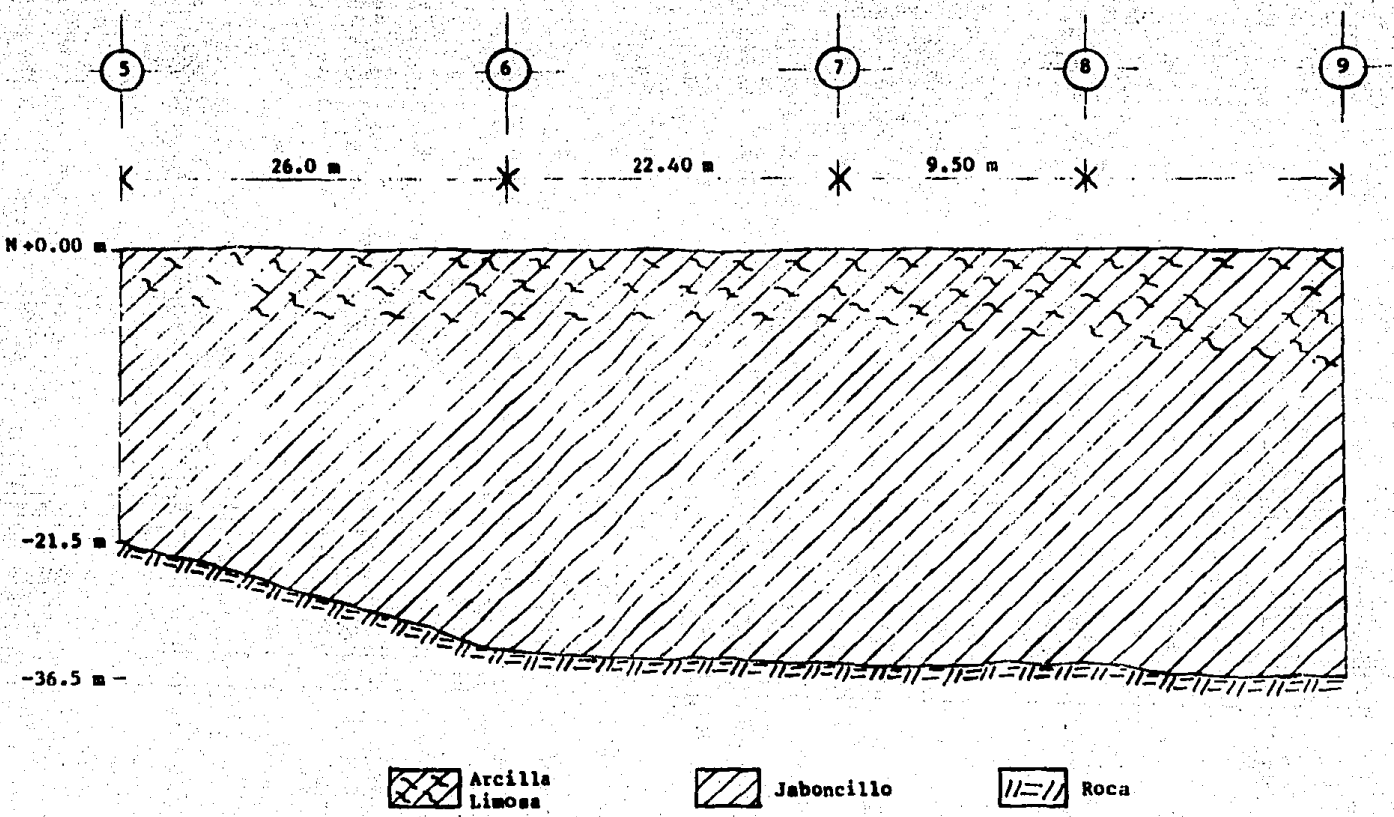
El estrato resistente está formado en esta parte por una formación rocosa, y por arena compacta parda, arena limosa parda con piedra remolida parda, por lo que constituye una capa con una capacidad de carga bastante elevada.

En la fig. Nº 103 se puede observar el dibujo de un perfil estratigráfico en esa parte.

En el lado Sur (fachada de la Iglesia) se realizaron 4 sondeos de exploración y uno continuo; en esta parte como en el lado Oriente tenemos la primera formación arcillosa bien definida.

La capa dura se localiza a 36.50 m en el extremo Oriente y hasta los 50.0 m en el lado Poniente. Como material resistente podemos identificar: limo compacto gris verde con piedra, arena cementada, vidrio 15 y limo arenoso café 5, limo gris claro, arena negra, piedra negra y boleó con roca rosa.

El material compresible está formado por jaboncillo verde de olivo con algunas incrustaciones de limo, arcilla limosa



Perfil estratigráfico en la parte oriente de Capuchinas.

Figura Nº 103.

y en muy pocas cantidades arena.

Por lo que se refiere al nivel de aguas freáticas lo localizamos muy superficialmente a los 3.0 m aproximadamente.

En la parte Poniente de la iglesia se cuenta con 5 sondeos de exploración. Tres de éstos se encuentran en la parte extrema afuera de la iglesia, entre ésta y la Basílica, y los otros dos se localizan adentro de Capuchinas. Uno corresponde al primer patio del internado y el otro al segundo patio del internado, como se puede ver en la fig. N° 101.

Así como otros tres sondeos que se realizaron dentro y atrás del altar del Santísimo de Basílica.

En los dos sondeos ubicados en la esquina Nor-Oeste de la iglesia, los marcados con los números 15 y 16, se presenta una situación muy especial, ya que en estos sondeos se encontró el estrato resistente a muy poca profundidad, entre los 2.5 m y 3.5 m. En el primer metro de profundidad se realizó excavación a mano y el material encontrado fué cascajo; de esta profundidad y hasta los 2.5 m se encontró arcilla limosa en la parte superior y este mismo material mezclado con cascajo en la parte inferior, a los 2.5 m. A los 3.0 m se encontró cascajo café con grava gruesa y ya se presentó la piedra rosa del cerro. No se encontró nivel de aguas freáticas como es de esperarse, debido a la cercanía del manto resistente que no es sino la falda del cerro del Tepeyac. Pero este material resistente a poca profundidad se encuentra únicamente en la esquina Nor-Oeste de Capuchinas; ya que en otros sondeos realizados en el interior del altar del San

tfsimo de Basflica que se localiza atrs de esa esquina de Capuchinas (ver fig. N° 101) el manto resistente se localiz a 24.0 m y 29.5 m de profundidad, la distancia del sondeo 15 a los otros es de 7.4 m.

Otros tres sondeos realizados en esa parte son el N° 17 y los que corresponden al 1° y 2° patios del internado de Capuchinas.

El manto resistente se localiz a 31.0 m para el sondeo 12; a 32.5 m para el N° 11 y a 34.5 m para el N° 17.

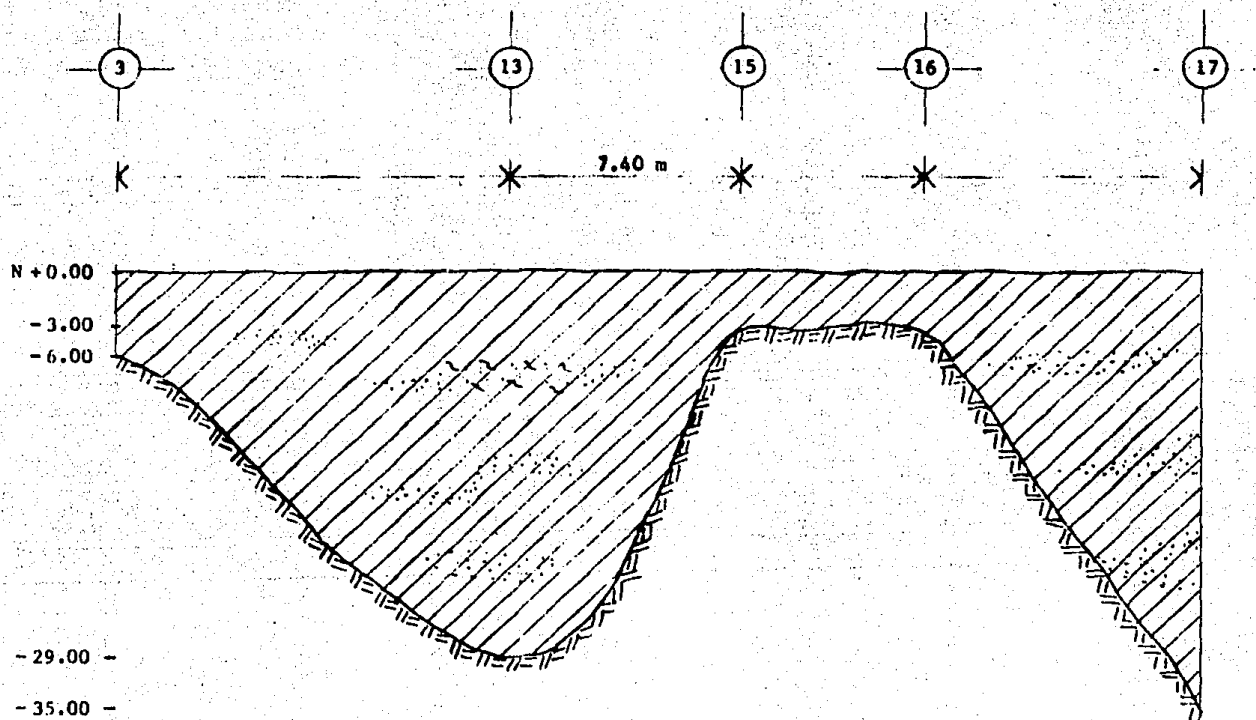
El material compresible en estos tres sondeos es el jaboncillo y en muy pocas cantidades el limo y arcilla limosa asf como pequefsimos cinturones de arena.

El nivel de aguas freáticas en este caso tambián se encuentra muy por encima como en toda la zona de Basflica.

Con lo anterior podemos darnos cuenta de que la profundidad del manto resistente no es la misma desde los sondeos realizados en la parte Norte (pasaje Luis M. Martfnez) hasta los sondeos 15 y 16 y que tampoco presenta un descenso gradual en la profundidad; sino que desciende bruscamente y tiene un promontorio en ese lugar donde se realizaron los sondeos 15 y 16, para luego volver a descender conforme se aleja del cerro del Tepeyac (hacia el sur).

Por esta razón y como ya se supuso anteriormente, la esquina Nor-Oeste de la iglesia de Capuchinas no presentó ningun hundimiento ó desnivel, ya que quedó ubicada justamente en el promontorio anteriormente sealado, prcticamente desplantada en la piedra del cerro, a diferencia del resto de





Perfil estratigráfico en el extremo poniente.



Figura Nº 104.

la estructura que se desplantó sobre material compresible a base de jaboncillo y probablemente a nivel del agua freática como ya ha sido citado.

Un perfil estratigráfico de esta parte es el correspondiente a la fig. N° 104.

## II.16.- MUESTREO DE LA CIMENTACION DEL EDIFICIO.

Este muestreo es necesario para conocer de antemano las secciones de los cimientos, y en esta forma poder iniciar el anteproyecto de recimentación conociendo los problemas que presenta la cimentación original del edificio.

Debido a que un edificio suele tener diferentes tipos de cimiento, es conveniente hacer varios sondeos.

El conocimiento de la condición en que se encuentra el mamposteo es importante pues puede ocurrir que la cimentación inicial se proyectara arriba de las aguas freáticas y que debido al hundimiento la cimentación se haya hundido en el agua, la mezcla se haya podrido y ya no esté en buenas condiciones.

En el caso de Capuchinas, debajo del cimiento de mamposteo de piedra se encontraron estacas de madera clavadas en el suelo, y encima de éstas un lecho de estacas colocadas horizontalmente, encima de las cuales se desplantó el cimiento, debido a la colocación de las estacas, es probable que se desplantara la piedra a nivel del agua freática y que el lecho formado por estacas colocadas horizontalmente actuara como una zapata repartidora de cargas.

En la fig. Nº 105 se representa una sección del cimiento y la colocación de las estacas en la forma en que se encontraron.

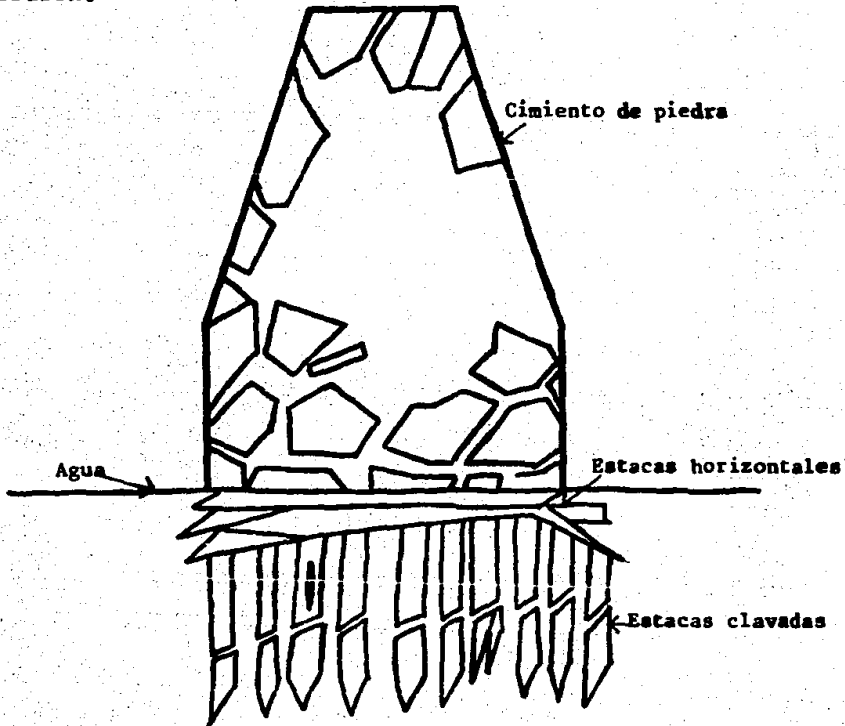
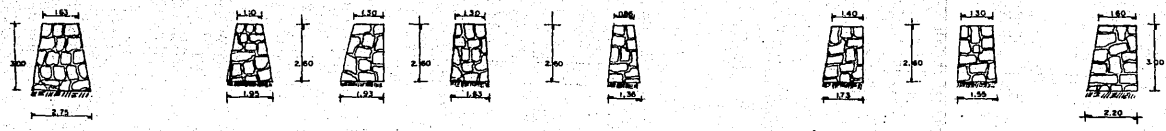
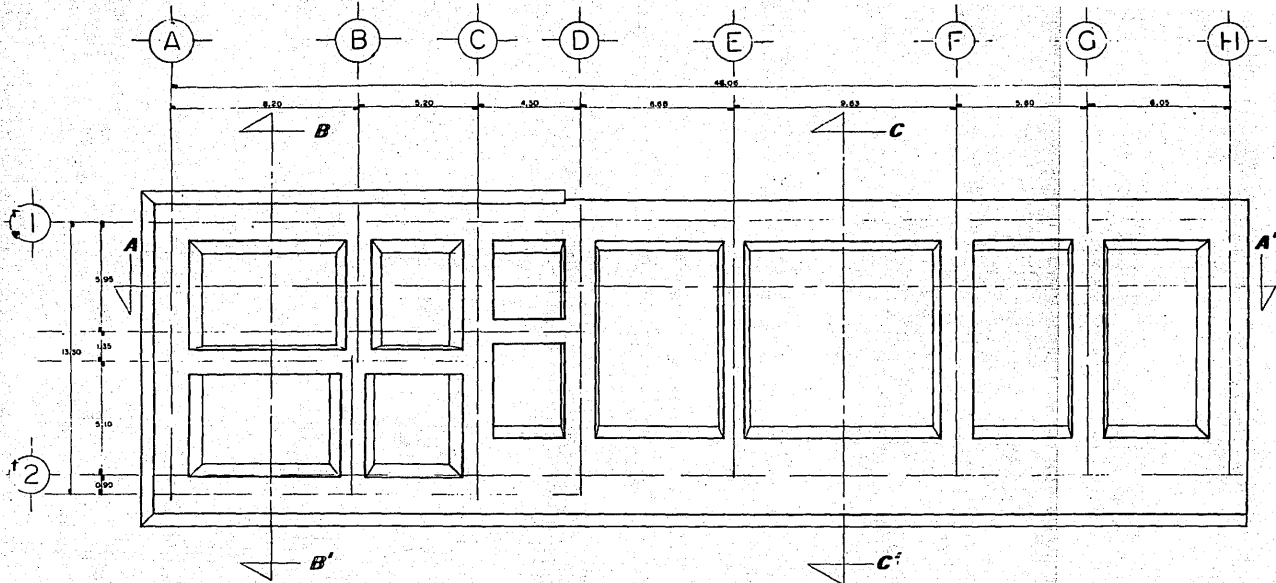


Figura Nº 105. Estacas en el desplante de cimiento.

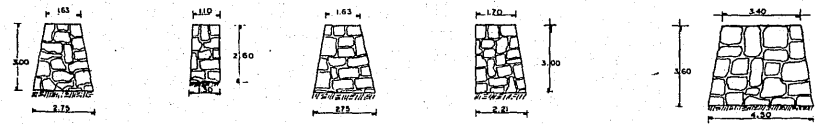
El conocimiento de la sección del cimiento es útil para conocer el peso del mamposteo. Y el conocimiento de su condición ó calidad sirve para determinar el servicio que de él se puede esperar.

En Capuchinas en algunos lugares prácticamente la capa más baja ya no tenía mezcla.

En el plano siguiente se muestra la cimentación original



CORTE LONGITUDINAL A-A'



CORTE B-B'

CORTE C-C'

|  |               |                            |               |
|--|---------------|----------------------------|---------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>     |               |                            |               |
| ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN |               |                            |               |
| TESIS PROFESIONAL:                                 |               | PLANO:                     |               |
| RECIMENTACION DEL TEMPLO DE CAPUCHINAS             |               | CIMENTACION DE MAMPOSTERIA |               |
| VICENTE ANADO MORTOYA RAMIREZ                      |               |                            |               |
| FECHA: SEPT. 86                                    | ESCALA: 1:100 | PROY: METROS               | LUGAR: MEXICO |

de la iglesia; éste fué elaborado llevando a cabo un levantamiento lo más exacto posible de la cimentación.

#### II.17.- CALCULO DEL PESO DEL EDIFICIO.

Se deben de hacer bastantes muestreos para conocer las secciones del cimiento, pues el cálculo del peso del edificio debe incluir el peso del cimiento original y del cimiento nuevo.

Al efectuar el movimiento todo ello gravitará sobre los pilotes.

#### II.18.- PESO TEORICO.

Es el que resulta del cálculo, y debe de ser lo más exacto posible pues con esto se obtendrá una mejor localización de pilotes.

Debe de ser muy detallado para que al diseñar la posición de los pilotes se eviten en todo lo posible las torsiones. Aquí vale mencionar que en Capuchinas el muro de fachada tiene un recubrimiento muy pesado y por tanto siempre tuvo una tendencia durante el levantamiento, a que la fachada sur, subiera menos, si se hubiera efectuado un cálculo detallado en este muro y se hubieran diseñado los pilotes haciendo que la resultante de éstos coincidiera con la resultante de carga del muro, el levantamiento de la iglesia hubiera sido más fácil y más seguro.

La excentricidad de este muro de fachada varía según el

lugar si bien este problema fué anticipado; y resuelto durante el proceso de trabajo presentó un cierto grado de inexactitud y problemas.

En esta fase de cálculo es muy importante tener en mente si el edificio estará o no ocupado durante el movimiento pues si está ocupado, deberán de considerarse las cargas vivas y establecer el grado de seguridad en el diseño de los pilotes. Si no va a estar ocupado, la carga considerada por el movimiento será la carga muerta, se debe prever que al entregar el trabajo, estará en función la carga viva.

En ambos casos deben de preverse situaciones de carga imprevista y dar la seguridad que sea necesaria para resistirla. Para este tipo de trabajo, la exactitud es tan importante, que siempre que se pueda, se deben de hacer muestreos de techos, pisos y paredes, para conocer mejor su constitución y poder determinar su peso.

Al conocer las cargas y tener ya diseñada la posición de pilotes es cuando resulta necesario una concordancia entre este diseño y la forma en que se va a mover el edificio.

Debe de tenerse presente el principio de que un gato inflado en serie con otros, se inflará más cuanto menor sea su carga; y por tanto para obtener buenos resultados se debe de buscar que todos los pilotes soporten cargas iguales o muy semejantes, ya sea que el movimiento vaya a ser por líneas o por zonas.

Desde luego ya sea que el movimiento vaya a ser por líneas o por zonas, debe haber ausencia de torsiones; la resul

tante de cargas debe de coincidir con la resultante de los pilotes en forma parcial y total.

En este momento del proyecto es cuando se debe de determinar si se va a usar una sola bomba de inflado, varias, bombas, o si se van a usar cajas, ya que cada una de estas formas de trabajo presenta características particulares más ó menos adaptables al caso.

La igualación de la carga sobre los pilotes, es fundamentalmente adecuada al uso de una sola máquina de compresión.

En caso de haber una igualación de cargas sólo por zonas, puede ser más conveniente el ponerle a cada zona su máquina.

Y en caso de una gran diversidad de carga en los pilotes lo más conveniente pueden ser las cajas.

En última instancia la forma de inflado, es un problema relativo a la forma en que se va hacer el trabajo.

#### PARA LA ESTRUCTURA CORRESPONDIENTE A LA IGLESIA DE CAPUCHINAS

Se bajaron cargas de los puntos ubicados como intersecciones de ejes dados en el plano de cargas totales (fig. Nº 113). Procedimiento:

Primeramente se idealizaron las cúpulas como pirámides, las cuales estarían apoyadas sobre sus muros y columnas correspondientes, sacándose los volúmenes existentes, se trasladaron a los puntos o intersecciones según áreas o volúmenes tributarios pertenecientes a cada uno de ellos.

En esta forma se obtuvo el plano de cargas totales de

la estructura tomándose una densidad promedio de 1,800 kg/m<sup>3</sup> del material de la construcción.

El cálculo de volúmenes de muros fué realizado según cortes dados y en las cúpulas según la planta de las mismas (fig. Nº 107). Tomándose en cuenta volúmenes adicionales mostrados como nichos, columnas, arcos, etc. Dados en los cálculos suplementarios.



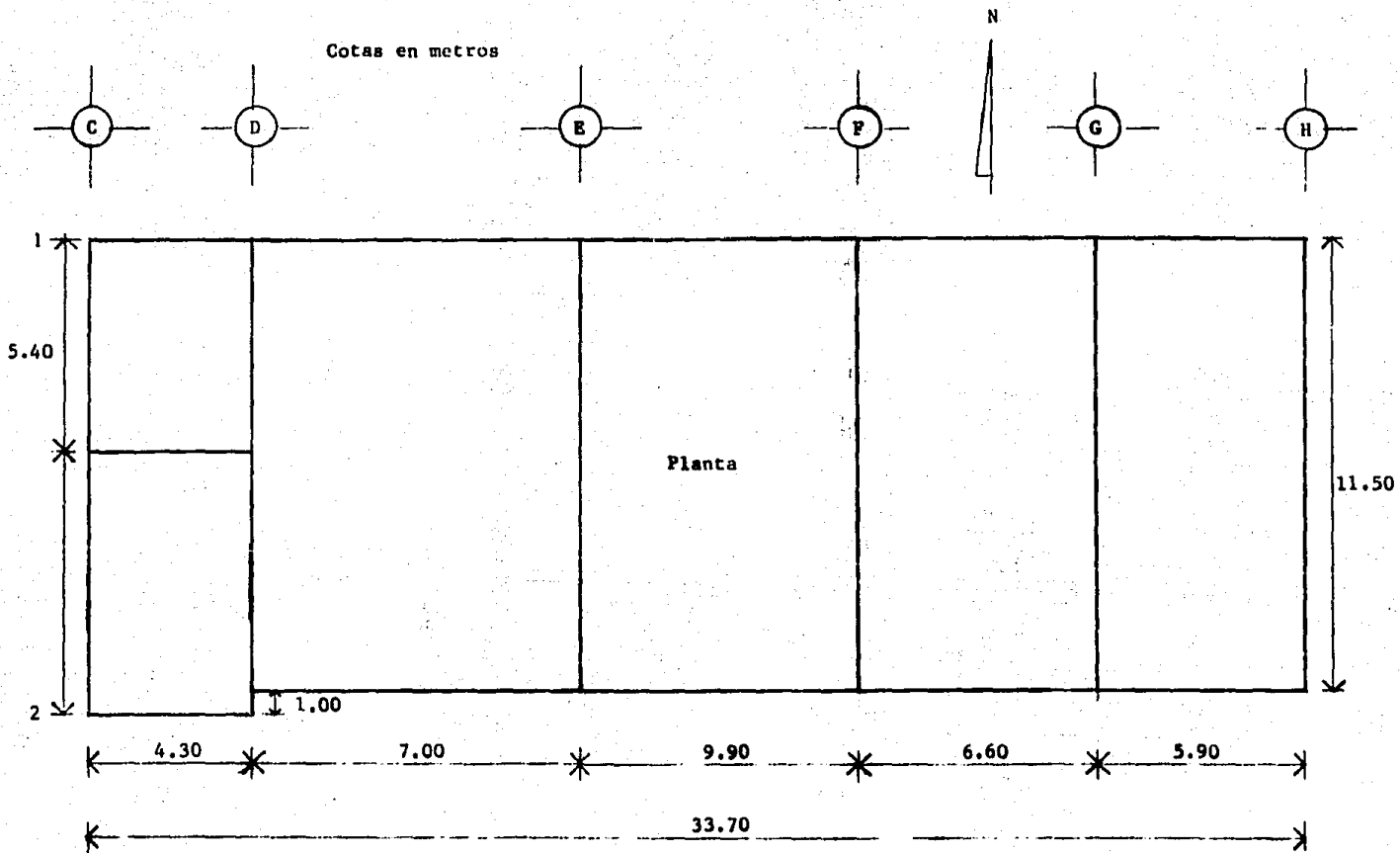


Figura Nº 106.

Capuchinas

Para fines de cálculo las cúpulas se idealizaron como pirámides.

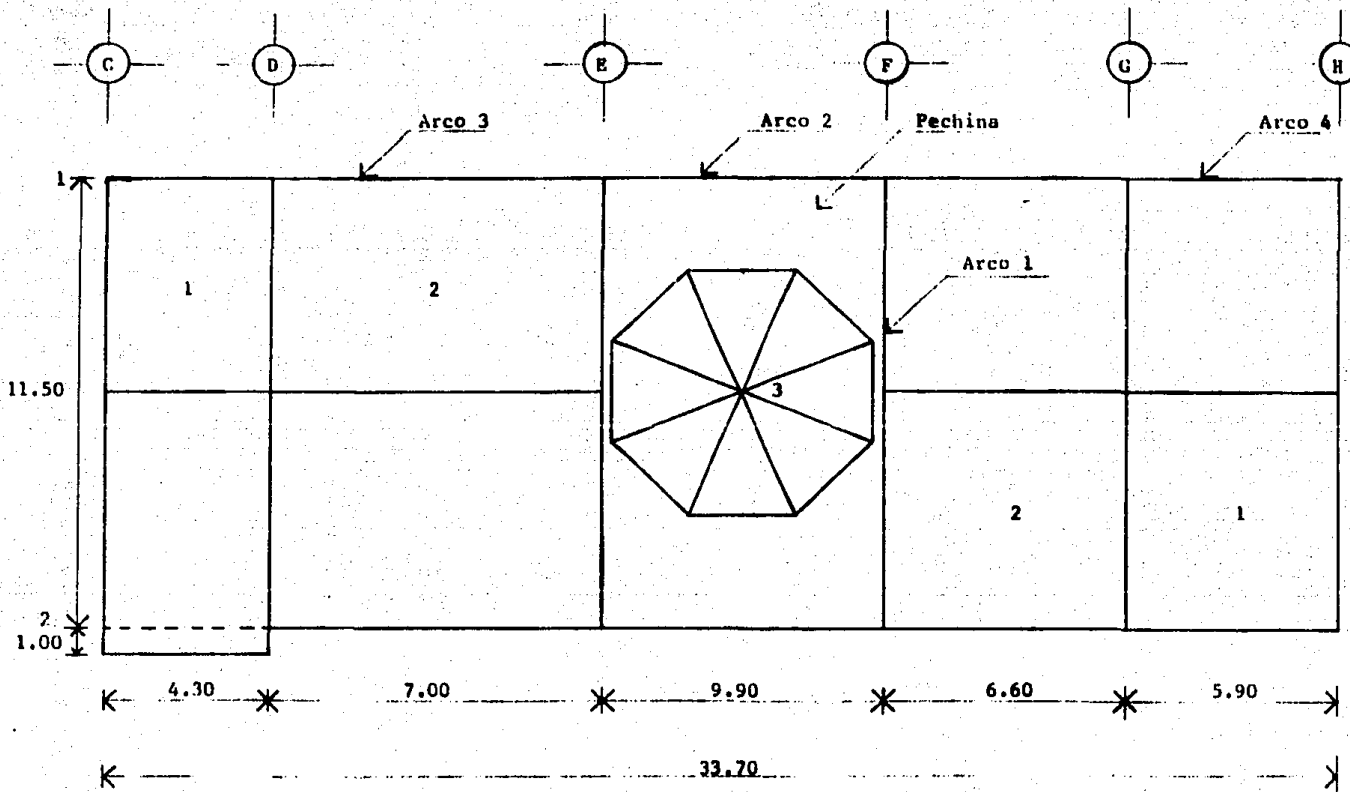


Figura Nº 107.  
Planta de Cúpulas

Fachada Sur eje 2-2

cotas en metros

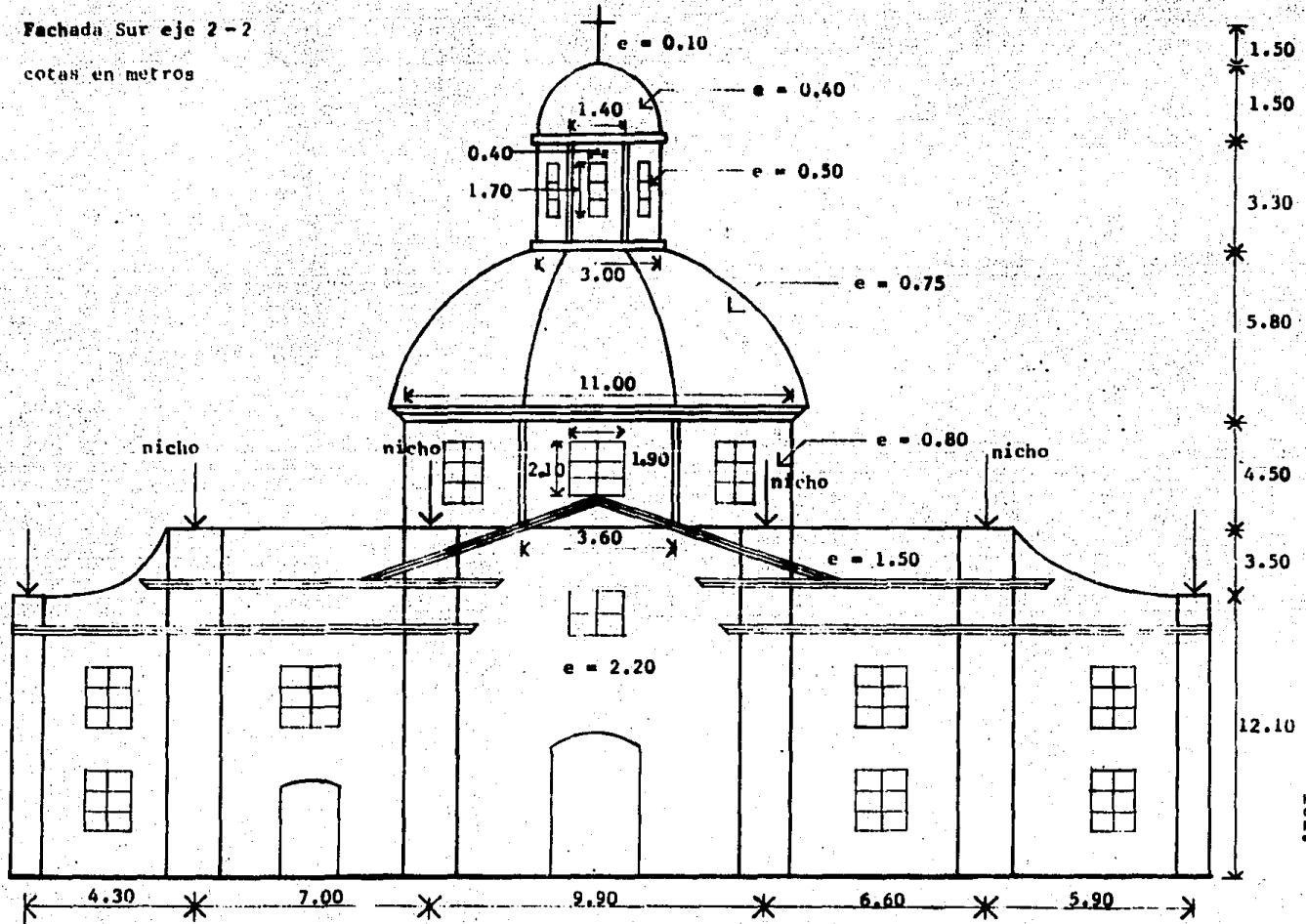


Figura Nº 108. Fachada.

Vista interior hacia eje 1-1 (muro norte)

cotas en metros

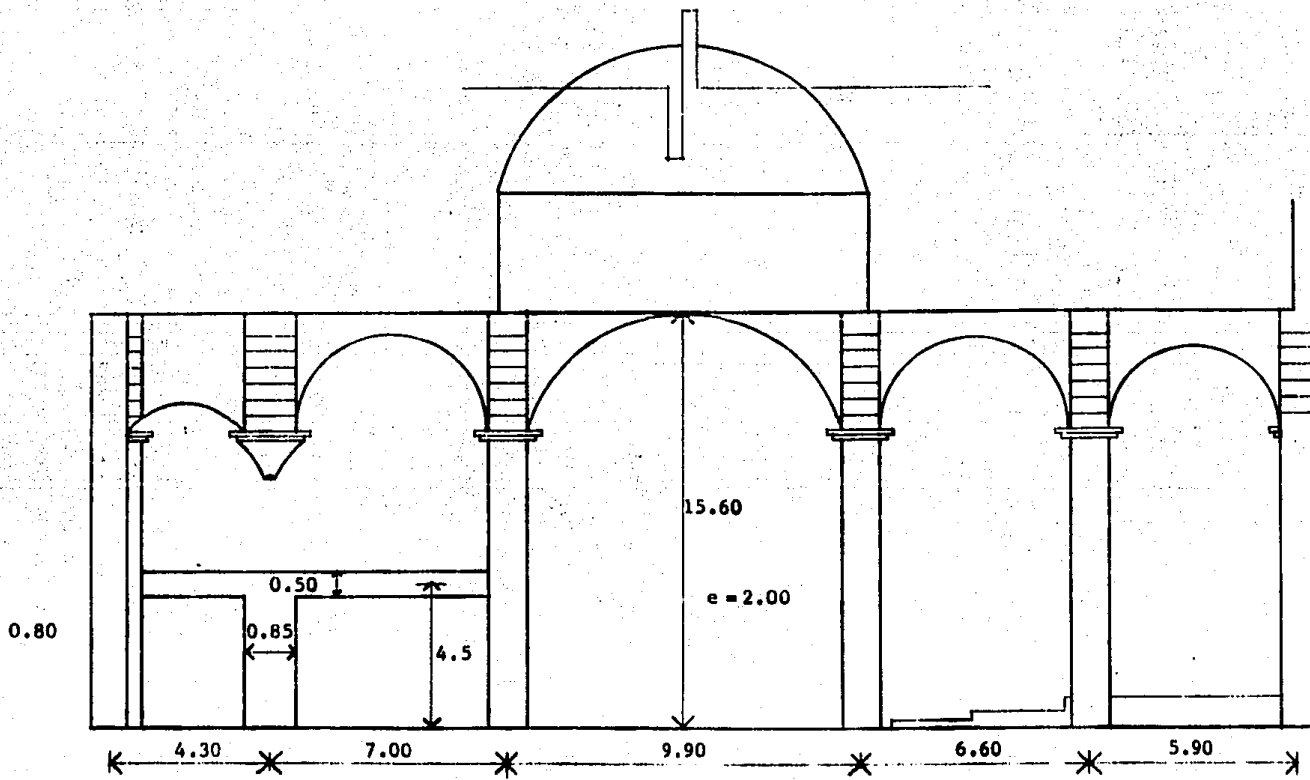


Figura No. 100 Corte eje 1-1

Corte eje E-E  
Vista interior

Corte H-H y C-C

cota en metros

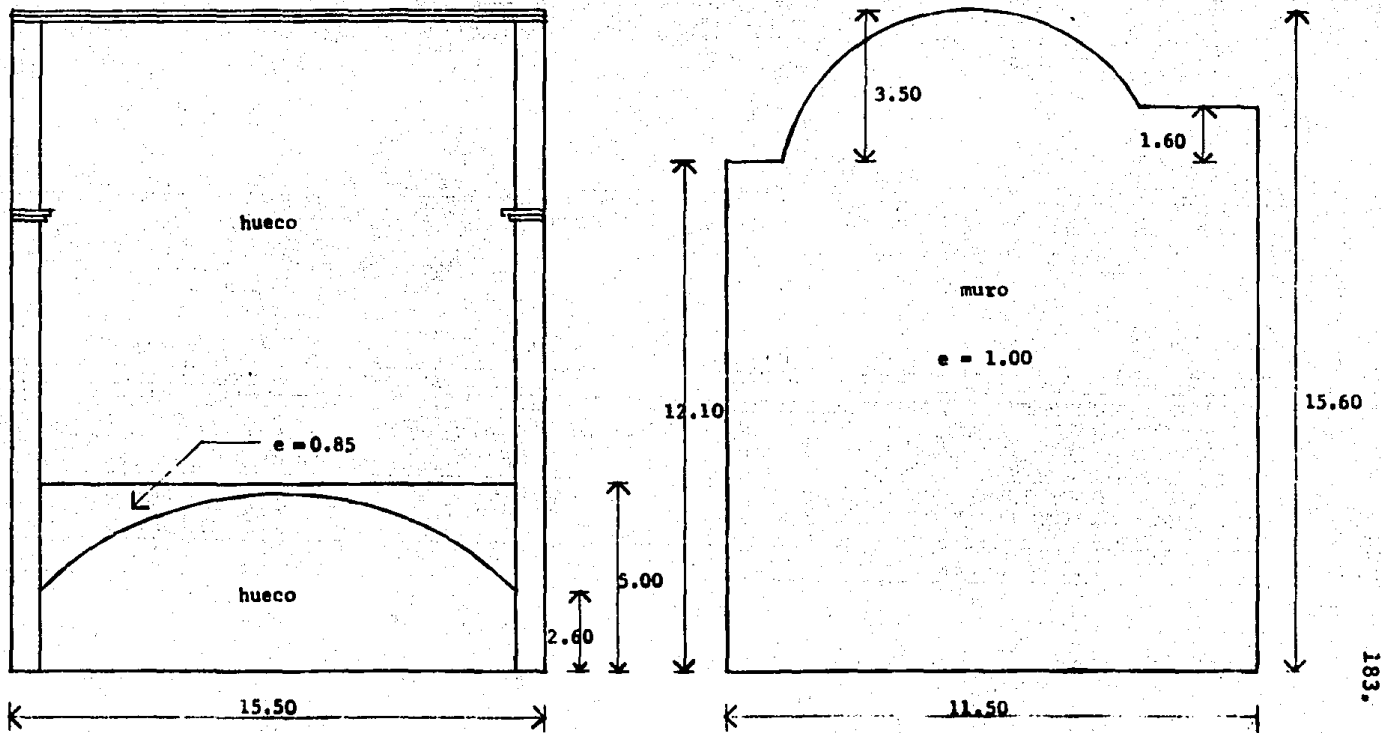
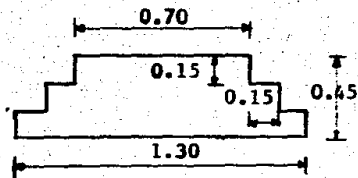


Figura Nº 110. Cortes.

## AREAS Y VOLUMENES

- a) Sección de columna correspondiente a todas las intersecciones (columna A).



$$\text{Area} = 0.45 \times 1.30 - (0.15 \times 0.15) \times 6$$

$$\underline{\underline{\text{Col}_A = 0.45 \text{ m}^2}}$$

- b) Nicho (sobre las intersecciones C-2, D-2, E-2, F-2, G-2, y H-2). Cotas en metros.

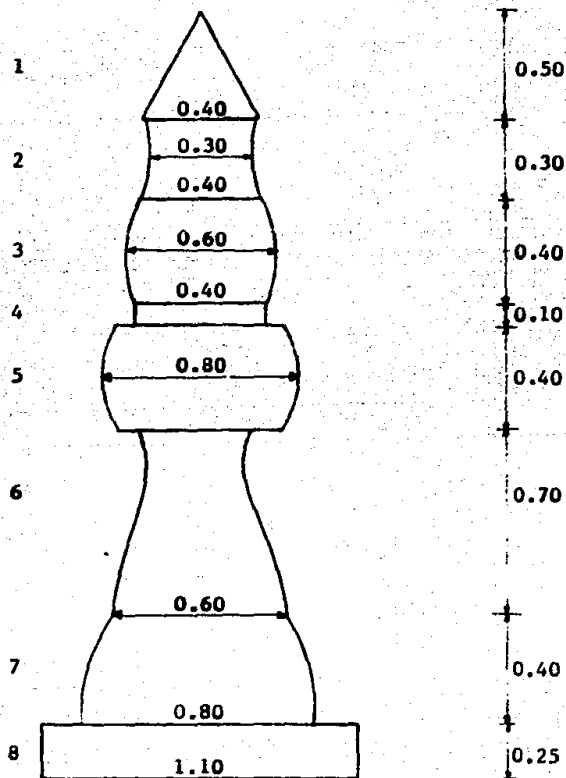


Figura Nº 111. Nicho.

$$\text{Vol} = \sum_{i=1}^8 V_i$$

$$V_1 = \frac{0.40 \times 0.50}{2} \times 0.20 \times 2 = 0.04$$

$$V_2 = 0.30 \times 0.30 \times 0.20 \times 2 = 0.04$$

$$V_3 = 0.50 \times 0.40 \times 0.30 \times 2 = 0.12$$

$$V_4 = 0.40 \times 0.10 \times 0.20 \times 2 = 0.02$$

$$V_5 = 0.70 \times 0.40 \times 0.40 \times 2 = 0.23$$

$$V_6 = 0.50 \times 0.70 \times 0.30 \times 2 = 0.21$$

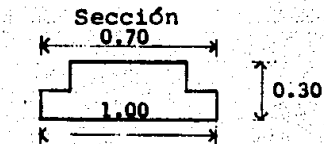
$$V_7 = 0.70 \times 0.40 \times 0.40 \times 2 = 0.23$$

$$V_8 = 1.10 \times 0.25 \times 0.55 \times 2 = \underline{0.30}$$

$$\sum V = 1.20$$

$$\underline{\underline{\text{Vol}_N = 1.20 \text{ m}^2}}$$

c) Arco 1:



$$\text{Area} = 1.00 \times 0.30 - (0.15 \times 0.15 \times 2)$$

$$\underline{\underline{\text{Area} = 0.26 \text{ m}^2}}$$

Diámetro = 11.50 m

$$\frac{\text{Perímetro}}{2} = \frac{\pi D}{2} = \frac{3.1416 \times 11.50}{2} = \underline{18.06 \text{ m}}$$

$$\text{Vol } A_1 = \text{Area} \times \text{Perímetro}/2 = 0.26 \times 18.06 = \underline{\underline{4.70 \text{ m}^3}}$$

d) Arco 2:

Diámetro = 9.90 m

$$\frac{\text{Perímetro}}{2} = \frac{\pi D}{2} = \frac{3.1416 \times 9.90}{2} = \underline{15.55 \text{ m}}$$

$$\text{Vol } A_2 = 0.26 \times 15.55 = \underline{\underline{4.05 \text{ m}^3}}$$

e) Arco 3:

$$\text{Diámetro} = 7.00 \text{ m}$$

$$\frac{\text{Perímetro}}{2} = \frac{\pi D}{2} = \frac{3.1416 \times 7.0}{2} = \underline{11.00 \text{ m}}$$

$$\text{Vol } A_3 = 0.26 \times 11.00 = \underline{2.86 \text{ m}^3}$$

f) Arco 4:

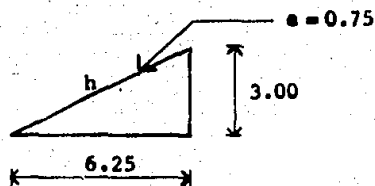
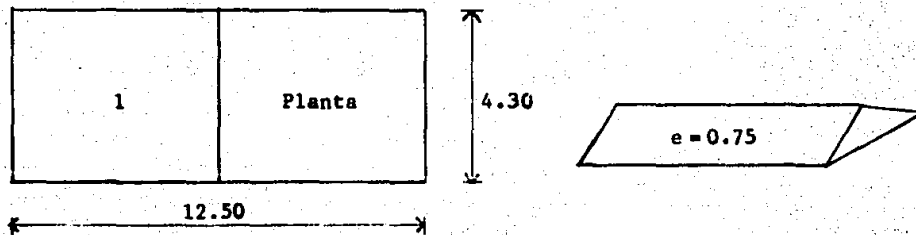
$$\text{Diámetro} = 5.90 \text{ m}$$

$$\frac{\text{Perímetro}}{2} = \frac{\pi D}{2} = \frac{3.1416 \times 5.90}{2} = \underline{9.30 \text{ m}}$$

$$\text{Vol } A_4 = 0.26 \times 9.30 = \underline{2.42 \text{ m}^3}$$

g) Cúpula 1:

Cotas en metros



$$h = \sqrt{3^2 + 6.25^2} = 6.94 \text{ m}$$

$$\text{Vol}_1 = 4.30 \times 6.94 \times 0.75 = \underline{22.38 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol } c_1 = 22.38 \times 2 = \underline{44.76 \text{ m}^3}$$

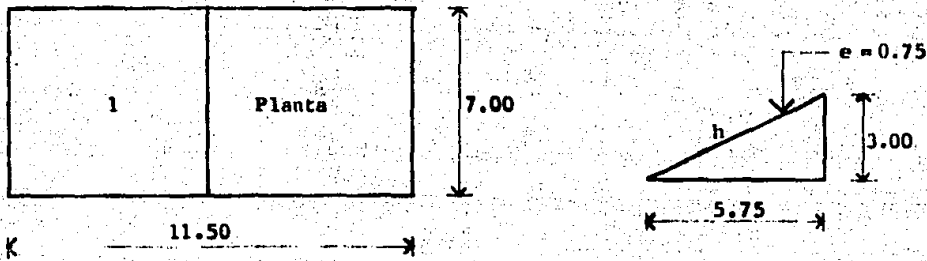
h) Cúpula 2:

$$h = \sqrt{3^2 + 5.75^2} = 6.49 \text{ m}$$

$$\text{Vol}_1 = 7.00 \times 6.49 \times 0.75 = \underline{34.07 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol } c_2 = \underline{68.15 \text{ m}^3}$$





i) Cúpula 3 (central)

Cotas en metros.

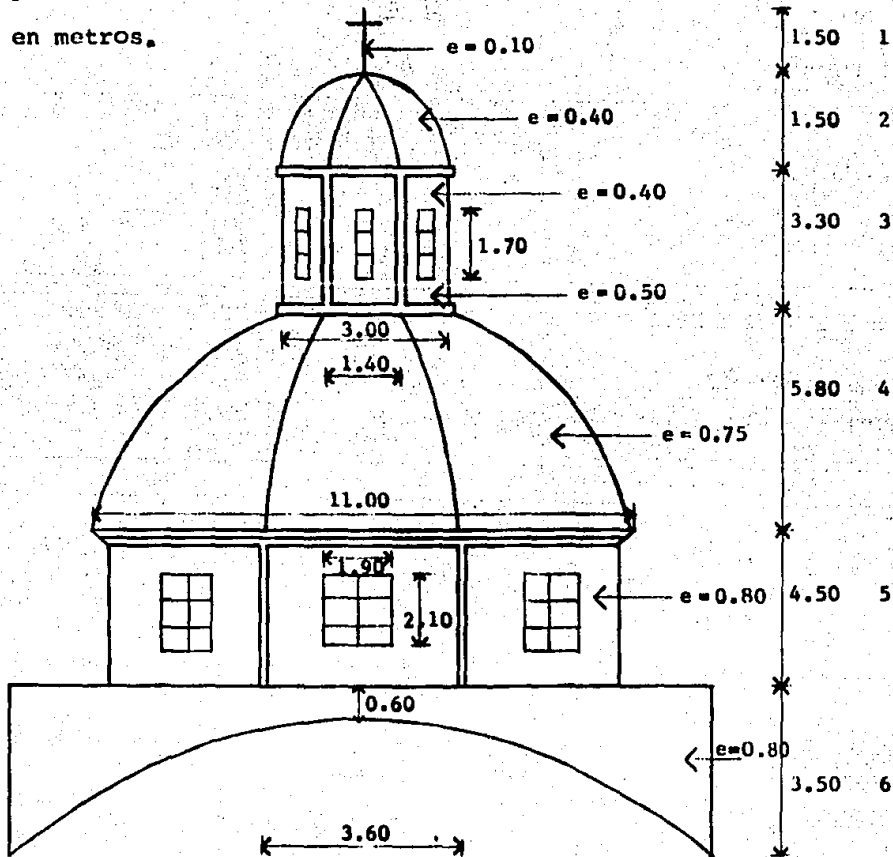


Figura Nº 112. Cúpula central.

$$\text{Vol } c_3 = \sum_{i=1}^6 V_i + 4 \text{ Pechinas.}$$

$$\text{Vol}_1 = (1.50 \times 0.10 \times 0.10) + (1.00 \times 0.10 \times 0.10) = \underline{0.03 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol}_2 = \left( \frac{h+1.4}{2} \times 0.40 \right) 8 = \left( \sqrt{1.5^2 + 3^2} \times \frac{1.4}{2} \times 0.4 \right) 8 = \underline{7.53 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol}_3 = (1.40 \times 3.30 \times 0.50) 8 - (0.40 \times 1.70 \times 0.50) 8 = \underline{15.76 \text{ m}^3}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol}_4 &= \left( \frac{h \times 3.60}{2} \times 0.75 \right) 8 = \left( \sqrt{5.8^2 - 5.5^2} \times \frac{3.60}{2} \times 0.75 \right) 8 \\ &= \underline{86.40 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

$$\text{Vol}_5 = (4.50 \times 3.60 \times 0.80) 8 - (1.90 \times 2.10 \times 0.80) 8 = \underline{78.15 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol}_6 = \frac{3.50 \times 5.50}{2} \times 0.80 \times 8 = \underline{61.60 \text{ m}^3}$$

$$4 \text{ Pechinas} = 4 \times 7.15 = 28.60 \text{ m}^3 \text{ (dado en k)}$$

$$\sum_{i=1}^6 V_i + 4P = 278.60 \text{ m}^3$$

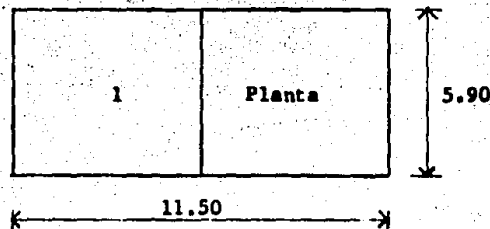
$$\text{Vol } c_3 = \underline{278.60 \text{ m}^3}$$

j) Cúpula 4:

$$h = 6.49 \text{ m}$$

$$\text{Vol}_1 = 5.90 \times 6.49 \times 0.75 = 28.72 \text{ m}^3$$

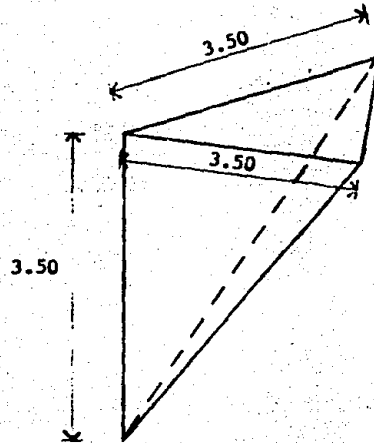
$$\text{Vol } c_4 = \underline{57.44 \text{ m}^3}$$



k) Pechina:

$$\text{Vol} = \frac{3.50 \times 3.50}{2} \times \frac{3.50}{3} = 7.15 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol}_p = \underline{7.15 \text{ m}^3}$$



l) Columna:

$$\text{Vol c} = \text{Area} \times h = 0.45 \times 12.10 = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol c} = \underline{5.50 \text{ m}^3}$$

## CANALIZACION DE CARGAS

1.- Columna C-1.

$$Y = \underline{1,800 \text{ kg/m}^3}$$

$$\text{Muros} = \frac{4.30}{2} \times 12.10 \times 0.85 + \frac{4.30}{2} \times 1.60 \times 0.70 = \underline{24.52 \text{ m}^3}$$

$$\text{Muros} = \frac{12.50}{2} \times 12.10 \times 0.80 + 1.60 \times 2.0 \times 0.70$$

$$+ \left( \frac{3.1416 \times 7.50^2}{4 \times 2} \times 0.80 \right) \frac{1}{2} = \underline{71.58 \text{ m}^3}$$

$$\text{Muros} = \frac{4.30}{2} \times 4.50 \times 0.50 \times \frac{7.10}{12.50} = \underline{2.75 \text{ m}^3}$$

$$\text{Losa} = 1.30 \times 12.50 \times 0.50 \times \frac{1}{4} = \underline{6.72 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol}/4 = 44.76/4 = \underline{11.19 \text{ m}^3}$$

$$\text{Arcos} = \frac{V_{A1} + V_{A2}}{2} = \frac{4.70 + 2.42}{2} = \underline{3.56 \text{ m}^3}$$

$$\text{Vol col} = \underline{5.50 \text{ m}^3}$$

$$\text{Total} = 125.82 \times 1.80 = \underline{226.50 \text{ ton}}$$

2.- Columna C-2.

$$\text{Muros} = \frac{4.30}{2} \times 12.10 \times 0.50 + \frac{4.30 \times 3.50}{2} \times 0.50 \times \frac{1.43}{4.30} = \underline{14.26 \text{ m}^3}$$

$$\text{Muros} = \frac{12.50}{2} \times 12.10 \times 0.80 + \frac{3.1416 \times 7.50}{4 \times 2} \times 0.80 \times \frac{1}{2}$$

$$= \underline{69.34 \text{ m}^3}$$

$$\text{Muros} = \frac{4.30}{2} \times 4.50 \times 0.50 \times \frac{5.40}{12.50} = \underline{2.09 \text{ m}^3}$$

$$\text{Losa} = \underline{6.72 \text{ m}^3} \text{ (dado en 1)}$$

$$\text{Vol}/4 = \underline{11.19 \text{ m}^3}$$

$$\text{Arcos} = \underline{3.56 \text{ m}^3} \text{ (dado en 1)}$$

$$\text{Vol col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Nicho} = 1.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 113.86 \times 1.8 = \underline{205.00 \text{ ton}}$$

## 3.- Columna D-1.

$$\text{Muros} = 24.52 \text{ m}^3 \text{ (dado en 1)}$$

$$\text{Muros} = \frac{12.50}{2} \times 4.50 \times 0.85 = 23.91 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = 2.75 \text{ m}^3 \text{ (dado en 1)}$$

$$\text{Losa} = 6.72 \text{ m}^3 \text{ (dado en 1)}$$

$$\text{Vcl}/4 = 11.19 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Arcos} = \frac{V_{A_1} + V_{A_2} + V_{A_3}}{2} = \frac{4.70 + 2.42 + 2.86}{2} = 4.99 \text{ m}^3$$

$$\text{Vcl}/4 = 68.15/4 = 17.04 \text{ m}^3$$

$$\text{Muro} = \frac{7.00}{2} \times 12.10 \times 2.00 + \frac{7.00}{2} \times 1.60 \times 0.70 = 88.62 \text{ m}^3$$

$$\text{Losa} = 7.00 \times 11.50 \times 0.50 \times \frac{1}{4} = 10.06 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 195.30 \times 1.80 = \underline{\underline{351.50 \text{ ton}}}$$

## 4.- Columna D-2.

$$\text{Muros} = \frac{7.00}{2} \times 12.10 \times 2.20 + \frac{7.00}{2} \times 3.50 \times 1.50 = 111.55 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = \frac{4.30}{2} \times 12.10 \times 0.50 + \frac{4.30 \times 3.50}{2} \times 0.50 \times \frac{2.87}{4.30} = 15.52 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = \frac{12.50}{2} \times 4.50 \times 0.85 = 23.91 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = 2.09 \text{ m}^3 \text{ (dado en 2)}$$

$$\text{Losa} = 6.72 \text{ m}^3$$

$$\text{Losa} = 10.06 \text{ m}^3$$

$$\text{Vcl}/4 = 17.04 \text{ m}^3$$

$$\text{Arcos} = 4.99 \text{ m}^3 \text{ (dado en 3)}$$

$$\text{Nicho} = 1.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 209.72 \times 1.80 = \underline{\underline{377.60 \text{ ton}}}$$

## 5.- Columna E-1.

$$\text{Muros} = \frac{7.00}{2} \times 12.10 \times 2.00 + \frac{7.00}{2} \times 1.60 \times 0.70 = 88.62 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = \frac{9.90}{2} \times 12.10 \times 2.00 + \frac{9.90}{2} \times 1.60 \times 0.70 = 125.33 \text{ m}^3$$

$$Vc2/4 = 17.04 \text{ m}^3$$

$$Vc3/4 = \frac{278.10}{4} = 69.53 \text{ m}^3$$

$$\text{Arco sobre eje E-E} = 5.75 \times 2.40 \times 0.85/2 = 5.87 \text{ m}^3$$

$$\text{Arcos} = \frac{V_{A3} + V_{A2} + V_{A1}}{2} = (4.70 + 4.05 + 2.86) \frac{1}{2} = 5.81 \text{ m}^3$$

$$\text{Losa} = 10.06 \text{ m}^3$$

$$\text{Col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 327.76 \times 1.80 = \underline{\underline{590.00 \text{ ton}}}$$

## 6.- Columna E-2.

$$\text{Muros} = \frac{7.00}{2} \times 12.10 \times 2.20 + \frac{7.00}{2} \times 3.50 \times 1.50 = 111.55 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = \frac{9.90}{2} \times 12.10 \times 2.20 + \frac{9.90}{2} \times 3.50 \times 1.50 = 157.76 \text{ m}^3$$

$$Vc2/4 = 17.04 \text{ m}^3$$

$$Vc3/4 = 69.53 \text{ m}^3$$

$$\text{Losa} = 10.06 \text{ m}^3$$

$$\text{Arcos} = 5.81 \text{ m}^3 \text{ (dado en 5)}$$

$$\text{Col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Nicho} = 1.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Arco sobre eje E-E} = 5.87 \text{ m}^3 \text{ (dado en 5)}$$

$$\text{Total} = 384.32 \times 1.80 = \underline{\underline{691.80 \text{ ton}}}$$

## 7.- Columna F-1.

$$\text{Muros} = \frac{9.90}{2} \times 12.10 \times 2.00 + \frac{9.90}{2} \times 1.60 \times 0.70 = 125.33 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = \frac{6.60}{2} \times 12.10 \times 2.00 + \frac{6.60}{2} \times 1.60 \times 0.70 = 83.56 \text{ m}^3$$

$$Vc3/4 = 69.58 \text{ m}^3$$

$$Vc2/4 = 17.04 \text{ m}^3$$

$$\text{Arcos} = 5.81 \text{ m}^3$$

$$\text{Col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 306.77 \times 1.80 = \underline{552.20 \text{ ton}}$$

## 8.- Columna F-2.

$$\text{Muros} = \frac{9.90}{2} \times 12.10 \times 2.20 + \frac{9.90}{2} \times 3.50 \times 1.50 = 157.76 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = \frac{6.60}{2} \times 12.10 \times 2.20 + \frac{6.60}{2} \times 3.50 \times 1.50 = 105.18 \text{ m}^3$$

$$Vc2/4 = 17.04 \text{ m}^3$$

$$Vc3/4 = 69.53 \text{ m}^3$$

$$\text{Arcos} = 5.81 \text{ m}^3$$

$$\text{Col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Nicho} = 1.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 362.02 \times 1.80 = \underline{651.60 \text{ ton}}$$

## 9.- Columna G-1.

$$\text{Muros} = \frac{6.60}{2} \times 12.10 \times 2.00 + \frac{6.60}{2} \times 1.60 \times 0.70 = 83.56 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = \frac{5.90}{2} \times 12.10 \times 2.00 + \frac{5.90}{2} \times 1.60 \times 0.70 = 74.69 \text{ m}^3$$

$$Vc2/4 = 17.04 \text{ m}^3$$

$$Vc4/4 = \frac{57.44}{4} = 14.36 \text{ m}^3$$

$$\text{Arcos} = \frac{V_{A1} + V_{A3} + V_{A5}}{2} = (4.70 + 2.86 + 2.42) \frac{1}{2} = 4.99 \text{ m}^3$$

$$\text{col} = 5.50 \text{ m}^2$$

$$\text{Total} = 200.14 \times 1.80 = \underline{360.30 \text{ ton}}$$

## 10.- Columna G-2.

$$\text{Muros} = \frac{6.60}{2} \times 12.10 \times 2.20 + \frac{6.60}{2} \times 3.50 \times 1.50 = 104.88 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = \frac{5.30}{2} \times 12.10 \times 2.20 + \frac{5.90 \times 3.50}{2} \times 0.50 \times \frac{3.93}{5.90} = 81.97 \text{ m}^3$$

$$V_{c2/4} = 17.04 \text{ m}^3$$

$$V_{c4/4} = 14.36 \text{ m}^3$$

$$\text{Arcos} = 4.99 \text{ m}^3 \text{ (dado en 9)}$$

$$\text{Col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Nicho} = 1.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 229.94 \times 1.80 = \underline{\underline{414.00 \text{ ton}}}$$

## 11.- Columna H-1.

$$\text{Muros} = 74.69 \text{ m}^3 \text{ (dado en 9)}$$

$$\text{Muros} = \frac{11.50}{2} \times 12.10 \times 1.00 + 1.60 \times 2.00 \times 0.70$$

$$+ \left[ \frac{3.1416 \times 7.5^2}{4 \times 2} \times 0.80 \right]^{1/2} = 80.66 \text{ m}^3$$

$$V_{c4/4} = 14.36 \text{ m}^3$$

$$\text{Arcos} = \frac{V_{A_1} + V_{A_2}}{2} = \frac{4.70 + 2.42}{2} = 3.56 \text{ m}^3$$

$$\text{Col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 178.77 \times 1.80 = \underline{\underline{321.80 \text{ ton}}}$$

## 12.- Columna H-2.

$$\text{Muros} = \frac{5.90}{2} \times 12.10 \times 2.20 + \frac{5.90 \times 3.50}{2} \times 0.50 \times \frac{1.97}{5.90} = 80.25 \text{ m}^3$$

$$\text{Muros} = \frac{11.50}{2} \times 12.10 \times 1.00 + \left[ \frac{3.1416 \times 7.50^2}{4 \times 2} \times 0.80 \right]^{1/2} = 78.42 \text{ m}^3$$

$$V_{c4/4} = 14.36 \text{ m}^3$$

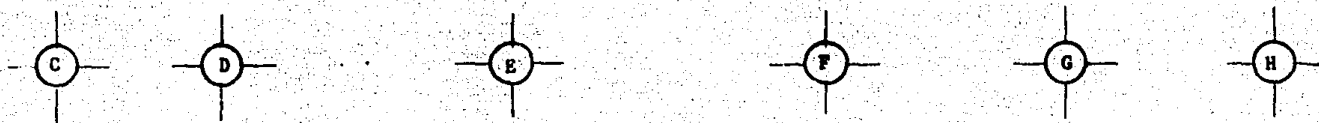
$$\text{Arcos} = 3.56 \text{ m}^3 \text{ (dado en 11)}$$

$$\text{Col} = 5.50 \text{ m}^3$$

$$\text{Nicho} = 1.20 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 183.29 \times 1.80 = \underline{\underline{330.00 \text{ ton}}}$$





|        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 226.50 | 351.50 | 590.00 | 552.20 | 360.30 | 321.80 |
| 205.00 | 377.60 | 691.80 | 651.60 | 414.00 | 330.00 |

$W_T = \underline{5.072.30 \text{ Ton}}$

Cargas totales sin cargas de Cimentación (toneladas).

Figura Nº 113.

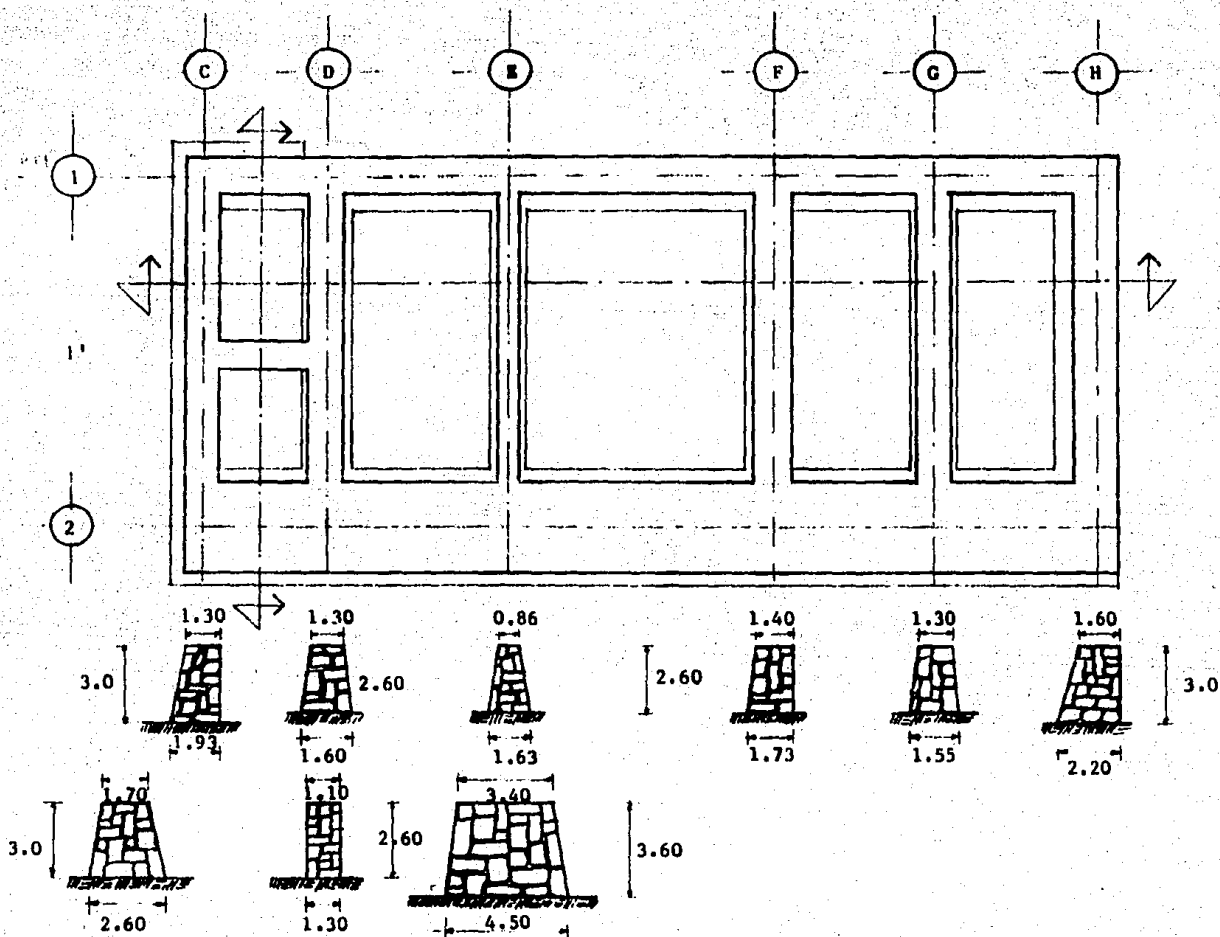


Figura No 114. Cimentación original.

Eje 1 tramo C-D Peso por metro lineal

$$(1.70 + 2.60) \times \left(\frac{3.0}{2}\right) = 6.45 \text{ m}^2 \times 1.0 \text{ m}$$

$$= 6.54 \text{ m}^3 \times 1.8 \text{ ton/m}^3 = 11.61 \text{ ton/m}$$

longitud del eje 1 tramo C-D

$$4.30 + \left(\frac{1}{4}(1.30 + 1.93)\right) - \left(\frac{1}{4}(1.30 + 1.60)\right) = 4.38 \text{ m}$$

Peso del cemento en toda su longitud

$$11.61 \times 4.38 = 50.85 \text{ ton}$$

Eje 1 tramo D-H Peso por metro lineal

$$(1.70 + 2.20)(1.5) = 5.85 \times 1.8 = 10.53 \text{ ton/m}$$

longitud eje 1 tramo D-H

$$29.40 + (0.80 \times 3.00) + \left(\frac{1}{4}(1.30 + 1.63)\right) = 32.53 \text{ m}$$

Peso  $32.53 \times 10.53 = 342.54 \text{ ton}$

Eje 1 tramo C-D Peso por metro lineal

$$1.10 \times 3.00 = 3.30 \times 1.80 = 5.94 \text{ ton/m}$$

longitud

$$4.30 - \left(\frac{1}{4}(1.30 + 1.93)\right) - \left(\frac{1}{4}(1.30 + 1.63)\right) = 2.76 \text{ m}$$

Peso  $5.94 \times 2.76 = 16.39 \text{ ton}$

Eje 2 tramo C-H Peso por metro lineal

$$(3.40 + 4.50) \left(\frac{3.60}{2}\right) = 14.22 \times 1.80 = 25.60 \text{ ton/m}$$

longitud

$$33.70 + \left(\frac{1}{4}(1.30 + 1.93)\right) + (0.80 \times 3.00) = 36.91 \text{ m}$$

Peso  $36.91 \times 25.60 = 944.90 \text{ ton}$

Eje C tramo 1-2 Peso por metro lineal

$$(1.30 + 1.93) \left( \frac{3.0}{2} \right) = 4.85 \times 1.8 = 8.73 \text{ ton/m}$$

longitud

$$11.50 - \left( \frac{1}{4} (3.40 + 4.50) \right) - \left( \frac{1}{4} (1.70 + 2.60) \right) = 8.45 \text{ m}$$

$$\text{Peso } 8.45 \times 8.73 = 73.77 \text{ ton}$$

Eje D tramo 1-2 Peso por metro lineal

$$(1.30 + 1.63) 1.50 = 4.40 \times 1.8 = 7.92 \text{ ton/m}$$

longitud eje D igual a la del eje C = 8.45 m

$$\text{Peso } 8.45 \times 7.92 = 66.92 \text{ ton}$$

Eje E tramo 1-2 Peso por metro lineal

$$(0.86 + 1.36) \left( \frac{2.60}{2} \right) = 2.89 \times 1.80 = 5.20 \text{ ton/m}$$

longitud

$$11.50 - \left( \frac{1}{4} (1.70 + 2.20) \right) - \left( \frac{1}{4} (3.40 + 4.50) \right) = 8.55 \text{ m}$$

$$\text{Peso } 5.20 \times 8.55 = 44.46 \text{ ton}$$

Eje F tramo 1-2 Peso por metro lineal

$$(1.40 + 1.73) (1.30) = 4.07 \times 1.8 = 7.33 \text{ ton/m}$$

longitud del eje F igual a la del eje E = 8.55 m

$$\text{Peso } 7.33 \times 8.55 = 62.67 \text{ ton}$$

Eje G tramo 1-2 Peso por metro lineal

$$(1.30 + 1.55) (1.30) = 3.71 \times 1.8 = 6.68 \text{ ton/m}$$

longitud del eje G igual a la del eje F = 8.55 m

$$\text{Peso } 6.68 \times 8.55 = 57.11 \text{ ton}$$

Eje H tramo 1-2 Peso por metro lineal

$$(1.60 + 2.20)(1.50) = 5.70 \times 1.8 = 10.26 \text{ ton/m}$$

longitud 8.55 m

$$\text{Peso } 8.55 \times 10.26 = 87.72 \text{ ton}$$

Peso Total

$$W_T = 50.85 + 342.54 + 16.39 + 944.90 + 73.77 + 66.92 + 44.46 \\ + 62.67 + 57.11 + 87.72 = 1,747.03 \text{ ton}$$

$$W_T = \underline{1,747.33 \text{ Ton}}$$

## CANALIZACION DE CARGAS

## Intersección C-1

$$\begin{aligned} \text{del eje l} \quad \frac{4.30}{2} + (\frac{1}{4}(1.30 + 1.93)) &= 2.96 \text{ m} \times 11.61 \text{ ton/m} \\ &= 34.37 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{del eje c} \quad \frac{11.50}{2} - (\frac{1}{4}(1.70 + 2.60)) &= 4.67 \text{ m} \times 8.73 \text{ ton/m} \\ &= 40.77 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{del eje l}' \quad \frac{16.39}{4} = 4.10 \text{ ton}$$

$$\text{Carga total en C-1 } W_{C-1} = 34.37 + 40.77 + 4.10 = \underline{79.24 \text{ ton}}$$

## Intersección D-1

$$\text{del eje l} \quad \frac{4.30}{2} - (\frac{1}{4}(1.30 + 1.63)) = 1.42 \times 11.61 = 16.49 \text{ ton}$$

$$\text{del eje D} \quad \frac{11.50}{2} - (\frac{1}{4}(1.70 + 2.60)) = 4.67 \times 7.92 = 36.99 \text{ ton}$$

$$\text{del eje l}' \quad \frac{16.39}{4} = 4.10 \text{ ton}$$

$$\text{del eje l} \quad \frac{7.0}{2} + (\frac{1}{4}(1.30 + 1.63)) = 4.23 \times 10.53 = 44.54 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga total en D-1 } W_{D-1} &= 16.49 + 36.99 + 4.10 + 44.54 \\ &= \underline{102.12 \text{ ton}} \end{aligned}$$

## Intersección E-1

$$\text{del eje l} \quad \frac{7.0}{2} + \frac{9.90}{2} = 8.45 \times 10.53 = 88.98 \text{ ton}$$

$$\text{del eje E} \quad \frac{11.5}{2} - (\frac{1}{4}(1.70 + 2.20)) = 4.77 \times 5.20 = 24.80 \text{ ton}$$

$$\text{Carga total en E-1 } W_{E-1} = 88.98 + 24.80 = \underline{113.78 \text{ ton}}$$

## Intersección F-1

$$\text{del eje l} \quad 4.95 + 3.30 = 8.25 \times 10.53 = 86.87 \text{ ton}$$

$$\text{del eje F} \quad 4.77 \times 7.33 = 34.96 \text{ ton}$$

$$\text{Carga total en F-1 } W_{F-1} = 86.87 + 34.96 = \underline{121.83 \text{ ton}}$$

## Intersección G-1

$$\text{del eje 1 } 3.30 + \frac{5.90}{2} = 6.25 \times 10.53 = 65.81 \text{ ton}$$

$$\text{del eje G } 4.77 \times 6.68 = 31.86 \text{ ton}$$

$$\text{Carga total en G-1 } W_{G-1} = 65.81 + 31.86 = \underline{97.67 \text{ ton}}$$

## Intersección H-1

$$\text{del eje 1 } \frac{5.90}{2} + (0.80 \times 3.00) = 5.35 \times 10.53 = 56.34 \text{ ton}$$

$$\text{del eje H } 4.77 \times 10.26 = 48.94 \text{ ton}$$

$$\text{Carga total en H-1 } W_{H-1} = 56.34 + 48.94 = \underline{105.28 \text{ ton}}$$

## Intersección C-2

$$\text{del eje 2 } \frac{4.30}{2} + (\frac{1}{4}(1.30 + 1.93)) = 2.96 \times 25.60 = 75.78 \text{ ton}$$

$$\text{del eje C } \frac{11.50}{2} - (\frac{1}{4}(3.40 + 4.50)) = 3.78 \times 8.73 = 33.00 \text{ ton}$$

$$\text{del eje 1' } \frac{16.39}{4} = 4.10 \text{ ton}$$

$$\text{Carga total en C-2 } W_{C-2} = 75.78 + 33.0 + 4.10 = \underline{112.88 \text{ ton}}$$

## Intersección D-2

$$\text{del eje 2 } 2.15 + 3.50 = 5.65 \times 25.60 = 144.64 \text{ ton}$$

$$\text{del eje D } 3.78 \times 7.92 = 29.94 \text{ ton}$$

$$\text{del eje 1' } \frac{16.39}{4} = 4.10 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Carga total en D-2 } W_{D-2} &= 144.64 + 29.94 + 29.94 + 4.10 \\ &= \underline{178.68 \text{ ton}} \end{aligned}$$

## Intersección E-2

$$\text{del eje 2 } 3.5 + 4.95 = 8.45 \times 25.60 = 216.32 \text{ ton}$$

$$\text{del eje E } 3.78 \times 5.20 = 19.66 \text{ ton}$$

$$\text{Carga total en E-2 } W_{E-2} = 216.32 + 19.66 = \underline{235.98 \text{ ton}}$$

**Intersección F-2**

del eje 2  $4.95 + 3.30 = 8.25 \times 25.60 = 211.20$  ton

del eje F  $3.78 \times 7.33 = 27.71$  ton

Carga total en F-2  $W_{F-2} = 211.20 + 27.71 = \underline{238.91}$  ton

**Intersección G-2**

del eje 2  $3.30 + 2.95 = 6.25 \times 25.60 = 160.00$  ton

del eje G  $3.78 \times 6.68 = 25.25$  ton

Carga total en F-2  $W_{G-2} = 160.00 + 25.25 = \underline{185.25}$  ton

**Intersección H-2**

del eje 2  $2.95 + (0.80 \times 3.00) = 5.35 \times 25.60 = 136.96$  ton

del eje H  $3.78 \times 10.26 = 38.78$  ton

Carga total en H-2  $W_{H-2} = 136.96 + 38.78 = \underline{175.74}$  ton

$W_c = \underline{1.747.36}$  ton





|   |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 79.24  | 102.12 | 113.78 | 121.83 | 97.67  | 105.28 |
| 2 | 112.88 | 178.68 | 235.98 | 238.91 | 185.25 | 175.74 |

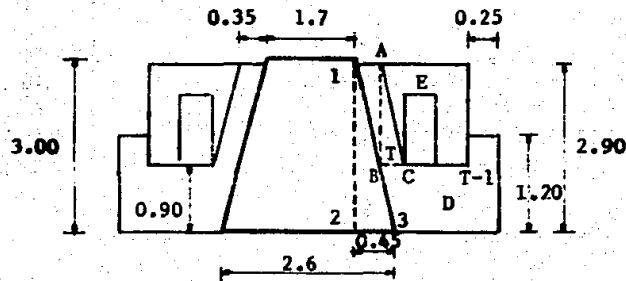
$W_T = \underline{1,747.36 \text{ ton}}$

Cargas totales de cimentación (Toneladas).

Figura Nº 115.

## CIMENTACION NUEVA

Peso de traves nuevas, válido para todo el cimiento perimetral excepto el del eje 2



del  $\Delta$  123 por semejanza con el  $\Delta$  ABC

$$\frac{3}{0.45} = 6.67$$

$$\frac{2}{x} = 6.67 \quad x = 0.30$$

$$E = 2 + 1.15 + 0.30 = 3.45; \quad 3.45 \times 0.5 \times 0.5 = 0.86$$

$$T = 2.90 \times 0.35 \times 1.0 = 1.02 \times 2.4 = 2.45 \text{ t/m}$$

$$D = 0.90 \times 1.25 \times 1.0 = 1.13 \times 2.4 = 2.71 \text{ t/m}$$

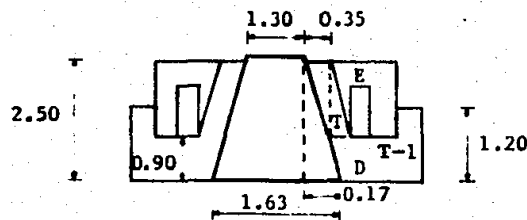
$$T-1 = 1.20 \times 0.25 \times 1.0 = 0.30 \times 2.4 = 0.72 \text{ t/m}$$

$$E = 3.45 \times 0.25 = 0.86 \times 2.4 = 2.06 \text{ t/m}$$

$$\text{Total} = 2.45 + 2.71 + 0.72 + 2.06 = 7.94 \times 2 = 15.88$$

$$W = \underline{15.88 \text{ ton/m}}$$

Para ejes interiores válido en todos los casos

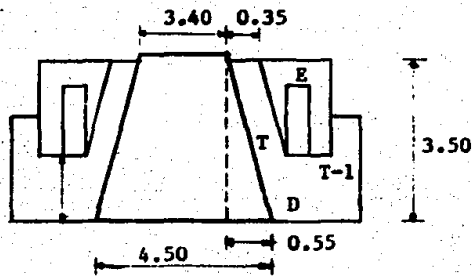


$$\frac{2.5}{0.17} = 14.71 \quad \frac{1.6}{x} = 14.71 \quad x = 0.11$$

$$E = 1.6 + 1.15 + 0.11 = 2.86$$

$$\begin{aligned}
 T &= 2.5 \times 0.35 \times 1.0 = 0.88 \times 2.4 = 2.11 \text{ t/m} \\
 D &= 0.90 \times 1.25 \times 1.0 = 1.13 \times 2.4 = 2.71 \text{ t/m} \\
 T-1 &= 1.20 \times 0.25 \times 1.0 = 0.30 \times 2.4 = 0.72 \text{ t/m} \\
 E &= 2.86 \times 0.25 \times 1.0 = 0.72 \times 2.4 = 1.73 \text{ t/m} \\
 \text{Total} &= 2.11 + 2.71 + 0.72 + 1.73 = 7.27 \times 2 = 14.54 \\
 W &= \underline{14.54 \text{ ton/m}}
 \end{aligned}$$

EJE 2



$$\begin{aligned}
 \frac{3.6}{0.55} &= 6.55 & \frac{2.6}{x} &= 6.55 & x &= \frac{2.6}{6.55} = 0.40 \\
 E &= 2.6 + 1.15 + 0.4 = 4.15
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= 3.5 \times 0.35 \times 1.0 = 1.23 \times 2.4 = 2.95 \text{ t/m} \\
 D &= 0.90 \times 1.25 \times 1.0 = 1.13 \times 2.4 = 2.71 \text{ t/m} \\
 T-1 &= 1.20 \times 0.25 \times 1.0 = 0.30 \times 2.4 = 0.72 \text{ t/m} \\
 E &= 4.15 \times 0.25 \times 1.0 = 1.04 \times 2.4 = 2.50 \text{ t/m} \\
 \text{Total} &= 2.95 + 2.71 + 0.72 + 2.50 = 8.88 \times 2 = 17.76 \\
 W &= \underline{17.76 \text{ ton/m}}
 \end{aligned}$$

## AREAS TRIBUTARIAS PARA LOSA DE PISO

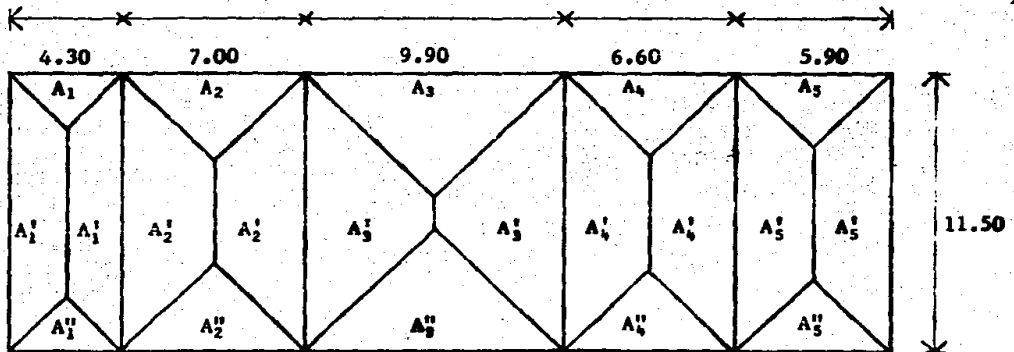


Figura N° 116. Losa de piso.

$$A_1 = A_1' = 4.30 \times \left(\frac{4.30}{4}\right) = 4.62 \text{ m}^2 \times 0.10 = 0.462 \text{ m}^3 \times 2.4 = 1.11 \text{ ton}$$

$$A_2 = A_2' = 7.00 \times \left(\frac{7.00}{4}\right) = 12.25 \text{ m}^2 \times 0.10 = 1.23 \text{ m}^3 \times 2.4 = 2.95 \text{ ton}$$

$$A_3 = A_3' = 9.90 \times \left(\frac{9.90}{4}\right) = 24.50 \text{ m}^2 \times 0.10 = 2.450 \text{ m}^3 \times 2.4 = 5.88 \text{ ton}$$

$$A_4 = A_4' = 6.60 \times \left(\frac{6.60}{4}\right) = 10.89 \text{ m}^2 \times 0.10 = 1.09 \text{ m}^3 \times 2.4 = 2.61 \text{ ton}$$

$$A_5 = A_5' = 5.90 \times \left(\frac{5.90}{4}\right) = 8.70 \text{ m}^2 \times 0.10 = 0.87 \text{ m}^3 \times 2.4 = 2.09 \text{ ton}$$

$$A_1'' = (11.5 + (11.5 - 4.3)) \left(\frac{2.15}{2}\right) = 20.10 \text{ m}^2 \times 0.10 \\ = 2.01 \text{ m}^3 \times 2.4 \text{ ton/m}^3 = 4.82 \text{ ton}$$

$$A_2'' = (11.5 + (11.5 - 7.00)) \left(\frac{3.5}{2}\right) = 28.00 \text{ m}^2 \times 0.10 \\ = 2.80 \text{ m}^3 \times 2.4 = 6.72 \text{ ton}$$

$$A_3'' = (11.5 + (11.5 - 9.90)) \left(\frac{4.95}{2}\right) = 32.42 \text{ m}^2 \times 0.10 \\ = 3.24 \text{ m}^3 \times 2.4 = 7.78 \text{ ton}$$

$$A_4'' = (11.5 + (11.5 - 6.60)) \left(\frac{3.3}{2}\right) = 27.06 \text{ m}^2 \times 0.10 \\ = 2.71 \text{ m}^3 \times 2.4 = 6.50 \text{ ton}$$

$$A_5'' = (11.5 + (11.5 - 5.90)) \left(\frac{2.95}{2}\right) = 25.22 \text{ m}^2 \times 0.10 \\ = 2.52 \text{ m}^3 \times 2.4 = 6.05 \text{ ton}$$

## CANALIZACION DE CARGAS

## Intersección C-1

$$\text{del eje l } (2.96 \times 15.88) + (1.11/2) = 47.56 \text{ ton}$$

$$\text{del eje C } (4.67 \times 15.88) + (4.82/2) = 76.57 \text{ ton}$$

$$\text{del eje l' } 2.76 \times 14.54 = 40.13 \text{ ton}$$

$$W_{C-1} = 47.56 + 76.57 + 40.13 = \underline{164.26 \text{ ton}}$$

## D-1

$$\text{eje l } (1.42 \times 15.88) + (1.11/2) = 23.11 \text{ ton}$$

$$\text{eje D } (4.67 \times 14.54) + (\frac{1}{2}4.82 + \frac{1}{2}6.72) = 73.67 \text{ ton}$$

$$\text{eje l' } 2.76 \times 14.54 = 40.13 \text{ ton}$$

$$\text{eje l } (4.23 \times 15.88) + (\frac{1}{2}2.95) = 68.65 \text{ ton}$$

$$W_{D-1} = 23.11 + 73.67 + 40.13 + 68.65 = \underline{205.56 \text{ ton}}$$

## E-1

$$\text{eje l } (8.45 \times 15.88) + (\frac{1}{2}2.95 + \frac{1}{2}5.88) = 138.61 \text{ ton}$$

$$\text{eje E } (4.77 \times 14.54) + (\frac{1}{2}6.72 + \frac{1}{2}7.78) = 76.61 \text{ ton}$$

$$W_{E-1} = 138.61 + 76.61 = \underline{215.22 \text{ ton}}$$

## F-1

$$\text{eje l } (8.25 \times 15.88) + (\frac{1}{2}5.88 + \frac{1}{2}2.61) = 135.26 \text{ ton}$$

$$\text{eje F } (4.77 \times 14.54) + (\frac{1}{2}7.78 + \frac{1}{2}6.50) = 76.50 \text{ ton}$$

$$W_{F-1} = 135.26 + 76.50 = \underline{211.76 \text{ ton}}$$

G-1

$$\text{eye 1 } (6.25 \times 15.88) + (\frac{1}{2}2.61 + \frac{1}{2}2.09) = 101.60 \text{ ton}$$

$$\text{eye G } (4.77 \times 14.54) + (\frac{1}{2}6.50 + \frac{1}{2}6.05) = 75.63 \text{ ton}$$

$$W_{G-1} = 101.60 + 75.63 = \underline{177.23 \text{ ton}}$$

H-1

$$\text{eye 1 } (5.35 \times 15.88) + (\frac{1}{2}2.09) = 86.00 \text{ ton}$$

$$\text{eye H } (4.77 \times 14.54) + (\frac{1}{2}6.05) = 72.38 \text{ ton}$$

$$W_{H-1} = 86.00 + 72.38 = \underline{158.38 \text{ ton}}$$

C-2

$$\text{eye 2 } (2.96 \times 17.76) + (\frac{1}{2}1.11) = 53.12 \text{ ton}$$

$$\text{eye C } (3.78 \times 15.88) + (\frac{1}{2}4.82) = 62.44 \text{ ton}$$

$$\text{eye 1' } 2.76 \times 14.54 = 40.13 \text{ ton}$$

$$W_{C-2} = 53.12 + 62.44 + 40.13 = \underline{155.69 \text{ ton}}$$

D-2

$$\text{eye 2 } (5.65 \times 17.76) + (\frac{1}{2}1.11 + \frac{1}{2}2.95) = 102.37$$

$$\text{eye D } (3.78 \times 14.54) + (\frac{1}{2}4.82 + \frac{1}{2}6.72) = 60.73 \text{ ton}$$

$$\text{eye 1' } 2.76 \times 14.54 = 40.13$$

$$W_{D-2} = 102.37 + 60.73 + 40.13 = \underline{203.23 \text{ ton}}$$

E-2

$$\text{eye 2 } (8.45 \times 17.76) + (\frac{1}{2}2.95 + \frac{1}{2}5.88) = 154.49 \text{ ton}$$

$$\text{eye E } (3.78 \times 14.54) + (\frac{1}{2}6.72 + \frac{1}{2}7.78) = 62.21 \text{ ton}$$

$$W_{E-2} = 154.49 + 62.21 = \underline{216.70 \text{ ton}}$$

F-2

$$\text{eje 2 } (8.25 \times 17.76) + (\frac{1}{2}5.88 + \frac{1}{2}2.61) = 150.77 \text{ ton}$$

$$\text{eje F } (3.78 \times 14.54) + (\frac{1}{2}7.78 + \frac{1}{2}6.50) = 62.10 \text{ ton}$$

$$W_{F-2} = 150.77 + 62.10 = \underline{212.87 \text{ ton}}$$

G-2

$$\text{eje 2 } (6.25 \times 17.76) + (\frac{1}{2}2.61 + \frac{1}{2}2.09) = 113.35 \text{ ton}$$

$$\text{eje G } (3.78 \times 14.54) + (\frac{1}{2}6.50 + \frac{1}{2}6.05) = 61.24 \text{ ton}$$

$$W_{G-2} = 113.35 + 61.24 = \underline{174.59 \text{ ton}}$$

H-2

$$\text{eje 2 } (5.35 \times 17.76) + (\frac{1}{2}2.09) = 96.06 \text{ ton}$$

$$\text{eje H } (3.78 \times 15.88) + (\frac{1}{2}6.05) = 63.05 \text{ ton}$$

$$W_{H-2} = 96.06 + 63.05 = \underline{159.11 \text{ ton}}$$

$$\text{Total } W_T = \underline{2,254.60 \text{ ton}}$$



|   |        |        |        |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 164.26 | 205.56 | 215.22 | 212.76 | 177.23 | 158.38 |
| 2 | 155.69 | 203.23 | 216.70 | 212.78 | 174.59 | 159.11 |

$$W_T = \underline{2,254.60 \text{ ton}}$$

Cargas totales de cimentación nueva (Toneladas).

Figura Nº 117.



## CARGAS TOTALES DEL EDIFICIO EN TONELADAS

| Columna | Superestructura | Subestructura | Subestructura | Total    |
|---------|-----------------|---------------|---------------|----------|
|         |                 |               | Nueva         |          |
| C-1     | 226.50          | 79.24         | 164.26        | 470.00   |
| D-2     | 351.50          | 102.12        | 205.56        | 659.18   |
| E-1     | 590.00          | 113.78        | 215.22        | 919.00   |
| F-1     | 552.20          | 121.83        | 211.76        | 885.79   |
| G-1     | 360.30          | 97.67         | 177.23        | 635.20   |
| H-1     | 321.80          | 105.28        | 158.38        | 585.46   |
| C-2     | 205.00          | 112.88        | 155.69        | 473.57   |
| D-2     | 377.60          | 178.68        | 203.23        | 759.51   |
| E-2     | 691.80          | 235.98        | 216.70        | 1,144.48 |
| F-2     | 651.60          | 238.91        | 212.78        | 1,103.29 |
| G-2     | 414.00          | 185.25        | 174.59        | 773.84   |
| H-2     | 330.00          | 175.75        | 159.11        | 664.85   |

WE = 9,074.17

## II.19.- PESO PRACTICO.

Es el que resulta de la lectura de los manómetros, por muchas razones está lejos de ser absolutamente verdadero, pero en Capuchinas fué el que proveyó las cantidades más cercanas a la realidad.

Las razones de la inexactitud en el caso de este peso son fundamentalmente dos:

La primera se debe a la forma de lectura de los manómetros, ya que éstos sólo dan lectura de  $10 \text{ kg/cm}^2$ , para los lectores fué difícil leer aproximaciones.

La segunda causa de inexactitud se debe a condiciones elásticas. En Capuchinas, se consideraron seis zonas en el movimiento poniente-oriente, y cada zona recibía un tipo de inflado de gatos dependiendo del número de éstos en la zona y su distancia al eje de rotación.

Debido a pequeñas inexactitudes en el tipo de inflado, se pudo comprobar que las zonas se transferían peso unas a otras según que recibieran más ó menos tiempo de inflado. Sin embargo en este estudio, los defectos de lectura de manómetros impidieron comprobar el principio con toda exactitud.

Este peso práctico se obtiene en el proceso de trabajo, y aunque hay que iniciar el movimiento con el peso teórico, apenas sea posible se deben de recalcular los tiempos de inflado para trabajar con este último peso.

Debe de tenerse cuidado al tomar el peso práctico, cuando se toma suponiendo que el edificio ya despegó del terreno se debe de comprobar que efectivamente esté despegado, de lo contrario el valor obtenido será equívoco.

## II.20.- PROYECTO DE LA FORMA DEL MOVIMIENTO.

En el momento en que se tienen suficientes datos generales y que se inician los trabajos preliminares de las diferentes partes de la obra, en forma de anteproyecto se deben iniciar los proyectos acerca de la mejor forma de efectuar el movimiento.

Para esto, es necesario ya tener ideas claras con datos suficientes de la forma actual del plano, de la corrección que se va a efectuar y cómo se va a efectuar.

Una vez efectuado un anteproyecto del movimiento es necesario compaginar o adaptarlo a los demás anteproyectos parciales y a su vez efectuar la misma adaptación de los anteproyectos a la forma de efectuar el movimiento.

O sea efectuar una serie de reajustes que produzcan corrección en el trabajo final.

## II.21.- EL CALENDARIO EN EL TRABAJO DE RECIMENTACION.

En el caso de la iglesia de Capuchinas y de otros edificios en condiciones semejantes; la inalineación ha llegado a tal grado cuando se otorga el contrato para arreglarlas, que se puedan considerar en estado peligroso; e inclusive puedan estar en condiciones de derrumbe próximo.

Por otra parte, al efectuar la recimentación, las excavaciones y las perforaciones para los pilotes pueden ser causa de aumento acelerado en la inclinación del edificio.

Por estas razones, es necesario prever situaciones de

peligro hasta donde sea posible, se debe de proceder en el trabajo conforme se acaben tramos de recimentación; y que esta seguridad sea ordenada, primero para las zonas donde hay mayor deformación y por tanto mayor peligro; dejando en segundo término aquello donde no hay peligro.

Además de esto, se debe también de considerar que si el edificio está en un procesc de inclinación, el incluir una sección sin movimiento en la cimentación, puede ser causa de roturas o grietas en la estructura al efectuarse pequeños hundimientos en las otras partes del edificio (fig. Nº 118).

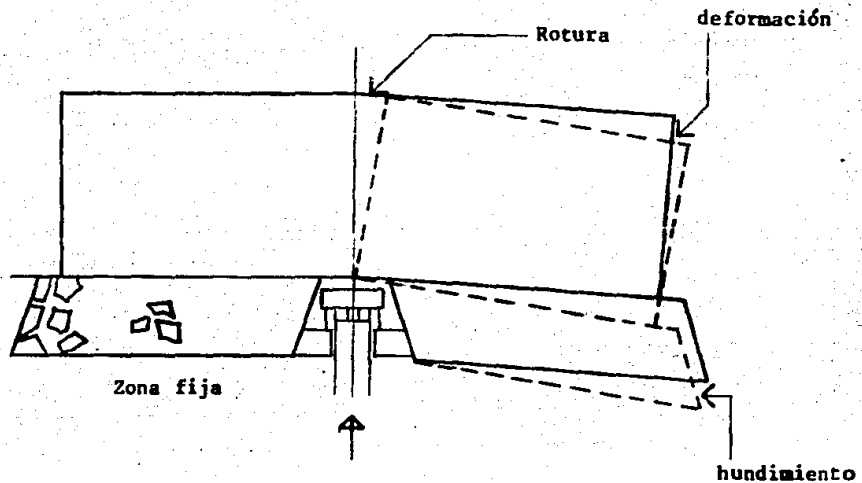


Figura Nº 118. Grietas por hundimiento.

Para evitar estas roturas será necesario hacer un proyecto de trabajo considerando de antemano los movimientos posibles, para tratar de evitarlos, y un programa de trabajo que permite el mayor avance adecuado al caso.

Por ejemplo, mientras se hace la excavación y la limpieza del cimiento, se pueden adelantar el trabajo del acero y de la cimbría; acumular materiales para el concreto y colar cuanto antes sea posible.

Un proceso de este tipo, no solamente daría mayor seguridad, también produciría ahorro.

#### II.22.- LA CONDICION FINAL DEL CIMIENTO.

En esta fase de anteproyectos, debe de estudiarse la condición final en que quedará el cimiento teniendo en cuenta la forma en que deberán de actuar sus partes, y el funcionamiento del mantenimiento que requieren los pilotes.

En este punto debe de tratarse el problema del uso futuro que se dará al sótano, si es conveniente o no que lo haya, si puede estar inundado o si conviene mantenerlo seco con bomba automática o efectuando una impermeabilización.

Lo más importante desde el punto de vista estructural será el dejar el cimiento en condiciones sanas y que tanto el suelo como los pilotes trabajen adecuadamente.

#### II.23.- CANTIDAD DE NIVELES DE MANGUERA Y SU POSICION.

Una vez establecidas las metas de levantamiento y el método que se va a usar en él, es necesario proyectar la red de niveles y su localización.

La función de los niveles es informar si la elevación se está llevando a cabo según se ha previsto, y las variaciones que estén ocurriendo en el proceso, para poder corregirlas.

Para que los niveles sirvan para estos propósitos deben de situarse en relación con las zonas o líneas de inflado de gatos; que por su posición dan ideas claras del trabajo que desarrollan los gatos en su zona de influencia.

Los niveles de manguera deben situarse sobre rectas normales de los ejes de rotación del plano del edificio y a distancias entre sí convenientes para tener bien controlado el movimiento. Es conveniente que estén localizados en los ejes de la iglesia pero si éstos son demasiado grandes sería bueno poner algunos intermedios para mantener en lugar correcto algunas longitudes de muro y así poder evitar pandeos y grietas.

Durante el proceso de levantamiento suele suceder que algunas zonas se eleven más que otras, es sumamente importante que estas diferencias de elevación se conserven en un mínimo y de preferencia que se eviten, pues indican levantamientos defectuosos anormales en la estructura.

Es sumamente difícil explicar hasta dónde se puede permitir diferencias de elevación en los niveles.

Sin embargo, el resultado de estas diferencias de niveles son las grietas. Debe de haber una constante y estricta vigilancia para detectar grietas y corregirlas. Cuando aparecen se debe hacer una profunda meditación sobre sus causas y poner el remedio.

La Ley fundamental para tener éxito en cualquier movimiento de edificios, inclinados o hundidos, o ambos casos a la vez:

"El plano del edificio debe mantenerse sin deformaciones, antes y durante el movimiento".

## II.24.- PROYECTO FINAL.

Hasta este punto, se ha hablado de anteproyectos, en cada uno de los temas anteriores, han sido descritos en sus lineamientos esenciales.

Con el estudio de todas y cada una de las partes que forman una conciencia, una más ó menos definida de las necesidades para llevar a cabo el levantamiento del edificio. La suma de las soluciones a estas necesidades conjugadas y relacionadas armónicamente entre sí, es el proyecto.

Desde luego, la calidad de un proyecto sería mayor cuando más profundamente se investiguen las necesidades que componen el problema; y cuanto mejor sea la solución.

En esta forma será más fácil y fluido el trabajo en la obra, además de que evitarán sorpresas peligrosas.

En este tipo de trabajos, es frecuente encontrar situaciones de sorpresa, por tanto durante el desarrollo de la obra es conveniente una vigilancia constante y ordenada de todo el edificio, ayudará mucho el poner muestras de yeso al iniciarse la obra tanto en los lugares donde haya cuarteaduras como en los lugares donde pueda haberlas. Es también conveniente revisar constantemente niveles y plomos y estar alertas de sus variaciones.

Aunque estas últimas recomendaciones son más bien elementos de seguridad, en un momento dado pueden ser causa de alteración en el proceso de trabajo y aún del proyecto.

## CAPITULO TERCERO

PROCESO DE RECIMENTACION, LEVANTAMIENTO Y NIVELACION

## III.1.- EXCAVACIÓN

Primeramente fué necesario retirar el relleno de tierra que habia adentro de la iglesia, éste habia sido colocado para mantener el nivel del piso interior, posteriormente se procedió a realizar la excavación hasta dejar el cimiento al descubierto totalmente. La excavación se realizó manualmente.

En principio se hicieron unas lumbreras y a partir de éstas se continuó la excavación a lo largo de la cimentación.

La excavación se realizó en dos etapas, la primera en la parte sur de la iglesia, cuatro lumbreras se hicieron a lo largo del muro de fachada en la parte exterior, y dos en la parte interior de la iglesia, para esto fué necesario levantar el piso original de ésta, así se continuó con la excavación, esta primera etapa de excavación arrojó un volumen de 347.00 m<sup>3</sup> de material y prácticamente consistió en descubrir el cimiento del muro de fachada.

El complemento de excavación fué mucho mayor y consistió en descubrir el resto de la cimentación; tres lumbreras se hicieron en la parte poniente, una en la parte norte y cuatro en el interior, así se completó la excavación, el volumen arrojado por esta segunda etapa fué de: 726.287 m<sup>3</sup>.

Los taludes de la excavación fueron protegidos con un



recubrimiento de concreto armado con malla electrosoldada para evitar derrumbes excepto en la parte norte donde existía el cimiento del convento y no fué necesario ningún tipo de protección al talud.

### III.2.- LA CADENA DE LIGA DE LOS PILOTES

En la iglesia de Capuchinas, se construyó una cadena de concreto para mantener los pilotes en su lugar y evitarles pandeos a nivel de suelo, debajo de la cimentación.

La construcción de esta cadena justo abajo del cimiento original y antes de colocar pilotes, presentó el problema de debilitar considerablemente la tierra que soportaba el cimiento original de piedra. Ya que al desalojar la tierra necesaria para colar la cadena, la tierra que queda directamente debajo del cimiento puede romperse fácilmente y dejar al edificio en condiciones peligrosas.

Según el dibujo de la fig. Nº 119, se puede ver que el cimiento de piedra tiene mayor resistencia que la tierra que lo soporta, la cual en estas condiciones, sin apoyo lateral, tenderá a romperse sobre todo el cimiento de tierra cargando igual que el de piedra. En el caso de que esta cadena se considere absolutamente necesaria, deberá construirse en tramos relativamente pequeños que no pongan en peligro la estabilidad del edificio. Se deben de preparar los elementos de las cadenas para que la excavación esté abierta el menor tiempo posible. Si se considera necesario que la cadena forme una unidad con todos los tramos colados separadamente, se

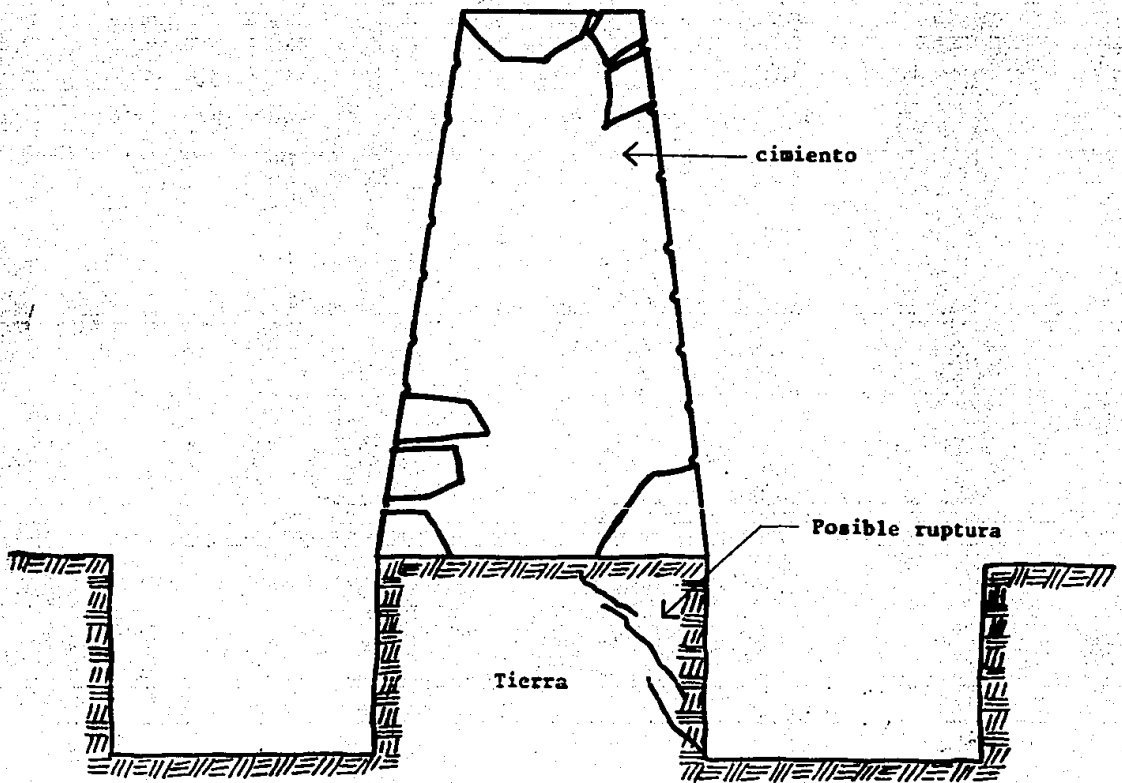


Figura Nº 119. Preparación para cadena de liga.

deben de dejar suficientes puentes de varilla con la longitud necesaria de empalme para lograr esta unidad.

Hay varias soluciones para sustituir esta cadena, una de ellas es rellenar la perforación donde se coló el pilote con arena de tepetate bien pisonada; esta solución se usó en Basílica en algunos pilotes se retacó tanto las perforaciones como el brocal.

En la Obra de Capuchinas, se hizo un retaque del agujero en la cadena colocando tierra y dejando libre el brocal.

Estos dos ejemplos muestran que se puede retacar el taladro donde está alojado el pilote haciéndolo funcionar como una columna de menor longitud.

Otra solución sería hacer zunchos de acero, ponerlos en el pilote debajo del brocal, y efectuar una triangulación con lo cual, también se lograría sujetar a los pilotes y acortar su longitud de pando (fig. N° 120).

Los zunchos y los tirantes pueden construirse con varilla soldada para efectuar la triangulación.

No excavar abajo de la cimentación por rotura de la tierra hacerlo por tramos con mayor seguridad.

### III.3.- PREPARACION DE LA CIMENTACION

Para la preparación de la cimentación se tomó el cimien to de piedra de la iglesia, se colocaron a ambos lados del cimiento unas contratraves de concreto armado forrando el mazo de piedra (T), otras dos se colocaron más separadas de las primeras (T-1); en medio de éstas iría colocado el dado

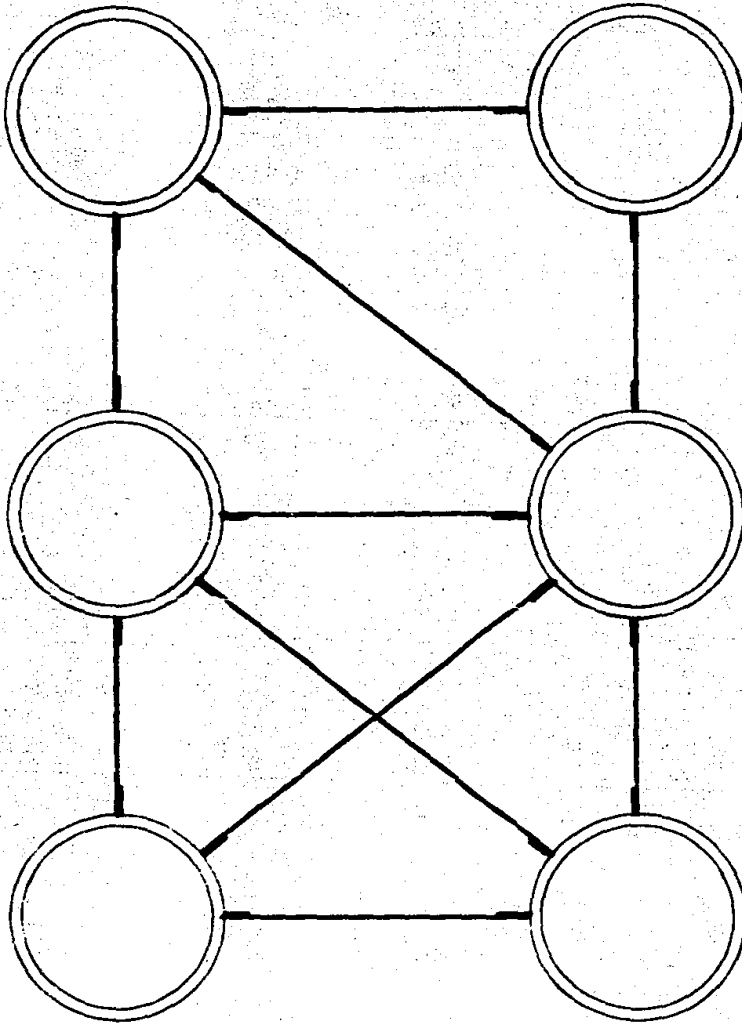


Figura Nº 120. Zunchado de pilotes.

de concreto por donde pasaría el pilote (D) según la figura Nº 121.

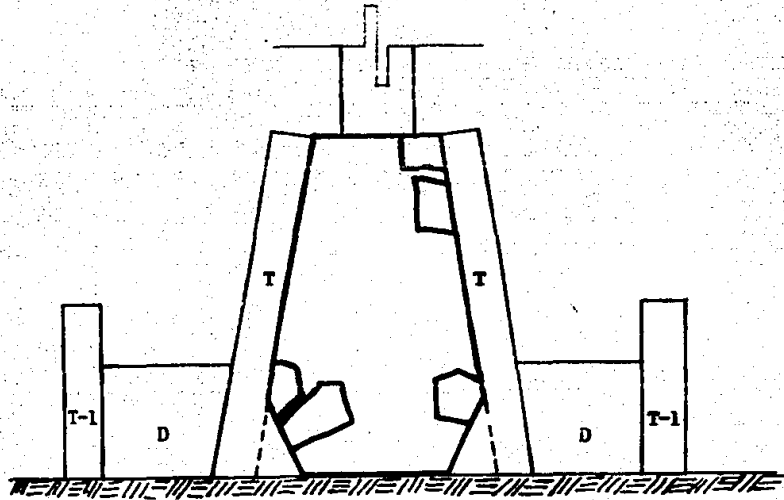


Figura Nº 121. Contratraveses de recimentación.

Todo el concreto usado fué hecho en obra, y su resistencia mínima de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , pero generalmente se logran resistencias mayores a ésta.

Ahora bien para lograr un mayor confinamiento se colocaron unas traveses por arriba y por abajo de la cimentación original, uniendo las dos que forran al macizo de piedra, según se ve en la figura Nº 122, estas traveses funcionan como un "tirante" entre las traveses pegadas al macizo, entonces quedó una traveses con corazón de piedra y las dos contratraveses de concreto a los lados comprimiendo al corazón de piedra.

Estas traveses únicamente fueron colocadas en la parte inferior a cada tres metros de separación, y en la parte supe-

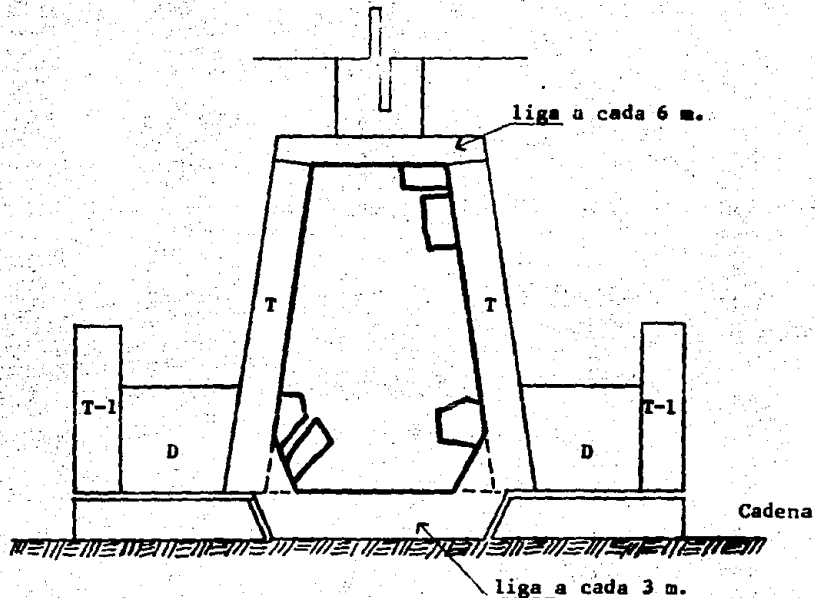


Figura Nº 122. Trabes de liqa transversales.

rior a cada seis metros, con lo que se logró el confinamiento deseado.

#### III.4.- PERFORACION PARA EL HINCADO DE PILOTES

La perforación va a depender de los sondeos estratigráficos que hayan sido efectuados inicialmente, éstos muestran la configuración estratigráfica del subsuelo, con lo que se establece la profundidad a la que se encuentra el estrato resistente donde se apoyarán los pilotes, a este estrato se hará llegar la perforación.

Para esta perforación se utiliza una máquina perforadora

especial, que es exclusiva del Sistema Pilotes de Control y que **fué** diseñada pensando en que los trabajos de recimentaciones se realizan en espacios muy reducidos, generalmente en sótanos donde la altura libre, se ve restringida por la losa de piso; esta máquina permite trabajar en estas condiciones tan incómodas (fig. N° 123).

Consta de un motor de 30 HP acoplado a una caja de velocidades de camión, y ésta a su vez acoplada a un diferencial también de camión, ese diferencial tiene dos salidas o flechas, y ya que cuando a un diferencial se le frena una rueda, o flecha, transmite toda la fuerza a la otra; a éste se le tapa una salida y toda la fuerza es transmitida a la otra, la cual está provista de un engrane, que por medio de uno mayor hace girar un tercero que va dentro de la guía y la hace girar; ésta a su vez mueve al tambor, que es una pieza cilíndrica dentro de la que va alojado el tramo de tubo que realiza la perforación. El tambor lleva una sola guía ó austria que hace girar al tubo citado, en la parte superior del tambor va colocada una placa circular metálica que tiene juego en su base con el tambor para que pueda girar libremente; esa placa circular es controlada por medio de un malacate para poder subir o bajar el tambor de acuerdo a las necesidades de la perforación.

El tubo que se usa en la perforación, es hueco para que pueda pasar agua, inyectada a presión por medio de una bomba y una manguera conectada al tubo por una cabeza giratoria, que le permite girar. La bomba es de 3"; se toma el agua acumulada de un punto determinado, puede ser un pozo, o una celda

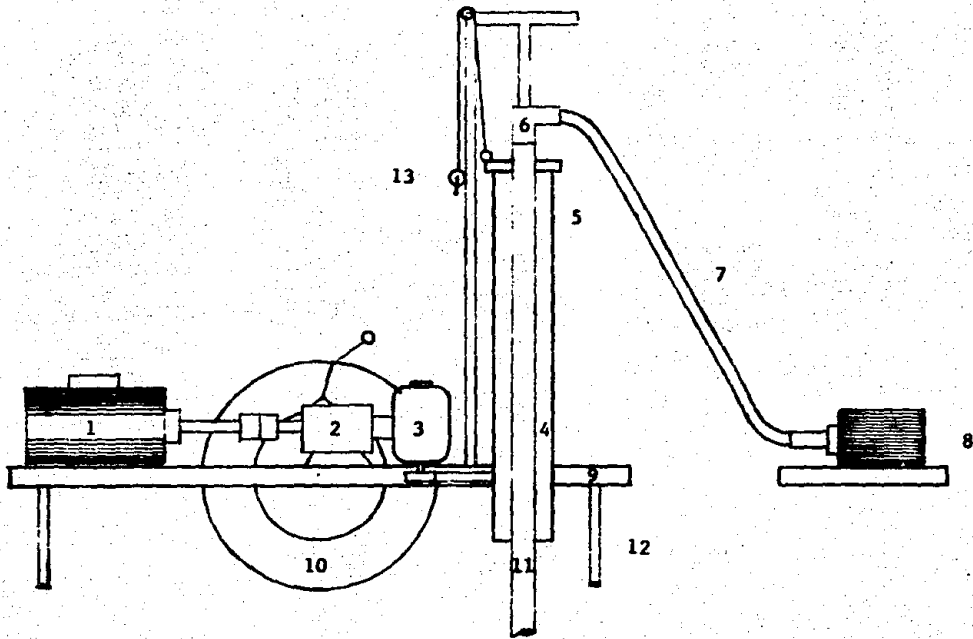


Figura Nº 123.

## Perforadora

- 1.- Motor de 30 H.P.
- 2.- Caja de velocidades de camión
- 3.- Diferencial de camión
- 4.- Tambor
- 5.- Placa circular metálica
- 6.- Cabeza giratoria
- 7.- manguera
- 8.- bomba de agua 3"
- 9.- Plataforma
- 10.- llanta neumática
- 11.- tubo perforador
- 12.- patas
- 13.- malacate



o arteza y se bombea hacia el tubo, y sale por unos orificios especiales en la punta de la broca, al salir por ahí limpia los dientes de la broca y la misma broca, por el movimiento de la misma agua todo el producto de la perforación sale a la superficie y se acumula en otra arteza donde el lodo se decanta y el agua se puede recircular.

La perforadora lleva unas patas para poder nivelarla, la nivelación se realiza por medio de un nivel de burbuja y debe de ser en dos sentidos, vertical y horizontal, el tubo perforador debe quedar en perpendicularidad con la plataforma; y ésta en perfecta paralelidad con la horizontal. Aunque el terreno no sea horizontal, la plataforma debe de quedar horizontal.

Para mover la perforadora, ésta tiene un par de llantas neumáticas que facilitan su traslado.

En cuanto a la caja de velocidades, cuenta con cuatro y la reversa; no tiene clutch, las velocidades se usan para diferentes estratos; así tenemos que para un suelo muy duro se usan las primeras y el avance es muy lento, y para suelos blandos se usan las últimas, aquí la perforación es más rápida. Lo que normalmente nunca se debe de emplear es la reversa, porque al meterla, si la broca está atrapada abajo, se afloja la tubería y se pierde; algunas veces llega a servir, pero hay que bajar a un hombre al dado, se le mete un tope a la tubería y se llega a aflojar.

En Capuchinas los sondeos mostraron la existencia de lentes de arena con espesores muy delgados.

Ahora bien, las dificultades que se pueden presentar en este caso por tener arena en exceso, es que metiendo la broca que normalmente se usa, la que da el diámetro final de la perforación y si el movimiento de agua es demasiado fuerte, demasiado constante, provoca derrumbes, se deslava la arena; al derrumbarse, causa problemas muy serios y puede atrapar la tubería de tal forma que si se llegan a tener varias toneladas de arena atrapando la broca es imposible moverla; entonces para retener esos derrumbes o deslaves, se utiliza emulsión bentonítica, la bentonita es un material que tiene la característica de que adema sobre el mismo pozo, es un tipo como de yeso que se adhiere a las paredes y las consolida, hace un ademe natural, que ya no permite los derrumbes; otra forma de evitar los deslaves de arena es realizar primero una perforación "gufa" con una broca delgada tricónica "broca de pifa" de 35 cm de diámetro con punta de Tungsteno con la que se llega al manto firme y como es angosta no provoca derrumbes, posteriormente se va ampliando la perforación con una broca "hechiza" de "gavilanes" que es un tubo con unos atezadores, tienen piezas con dientes, pedazos de solera. Hay una de 60 cm y una de 45 cm dependiendo de como vaya estando la perforación.

### III.5.- HINCADO DE PILOTES

El hincado también depende de lo que muestren los sondeos estratigráficos, para determinar qué tipo de pilotes se deberán usar de los tres con que cuenta el sistema, según:

### VARIEDAD DE ESTRUCTURAS DE PILOTES.

- 1.- Verticales monolíticos colados "in situ" descolgados.
- 2.- Verticales descolgados en tramos precolados de 0.90 m.
- 3.- Verticales hincados en tramos precolados de 0.90m.

- 1.- Verticales monolíticos colados "in situ" descolgados.

Los tramos son de 1.80 m, en la punta lleva una tuerca de rosca derecha que queda ahogada en el concreto, la tuerca va soldada al armado que consta de 8 varillas Nº 5 y estribos Nº 2, en el centro y pegado a la tuerca lleva un tubo metálico de 4" de diámetro, el cual recibe el nombre de "yarda". Esta yarda se coloca ahí para alojar una barra también metálica con rosca izquierda en un extremo y derecha en el otro, que se atornilla a la tuerca, el resto de los tramos llevan rosca izquierda, a esta barra se le llama "barra de suspensión". El tramo es colado en el sitio usando como cimbra un tubo de cartón, una vez fraguado y descimbrado se le coloca la barra de suspensión y es descolgado en la perforación previamente realizada con un diámetro ligeramente mayor al del pilote por medio de un diferencial.

El tamaño de los tramos de la barra de suspensión y la yarda, son ligeramente mayores que el tramo del pilote para lograr el empalme respectivo con el tramo siguiente, el hecho de que el sentido de la rosca de la tuerca sea inverso al de los tramos de la barra es para que al hacer girar ésta hacia la izquierda sólo se afloje la tuerca y se puedan recuperar los tramos de la barra, lo único que se pierde ahogada en el

concreto es la tuerca; lo mismo sucede con la yarda.

En Capuchinas, la gran altura del entrepiso permitió usar este tipo de pilotes que podían ser hincados desde arriba como columnas ya que el piso de la iglesia fué levantado.

En edificios de concreto, con altura de entrepisos reducidos es necesario demoler en ocasiones tramos de losa de pisos superiores para lograr el hincado de este tipo de pilotes.

De acuerdo con investigaciones realizadas, la punta soporta el 10% de la carga total del pilote; el 90% restante se reparte de la siguiente manera: 70% a lo largo del fuste del pilote por adherencia del terreno y el 20% lo toma la cimentación original del edificio.

## 2.- Verticales descolgados en tramos precolados de 0.90 m.

Primeramente se coloca una torre, de donde se cuelga un diferencial, y de él la barra de suspensión a la que viene atornillada la punta del pilote que se llama "botón". El botón contiene ahogada en el concreto una tuerca para que se atornille la barra, a continuación se baja el botón, se sostiene con un freno la barra, se le atornilla otro tramo de tubo y se deja bajar así hasta llegar al estrato de apoyo, se van descolgando tramo por tramo, éste como el del tipo anterior lleva una perforación previa ligeramente mayor en diámetro que el pilote; este tipo de pilotes lleva cuatro perforaciones además de la central donde se colocan en cada una, una varilla del N° 4 que posteriormente van llenas de mortero, por lo que a este tipo de pilotes para mayor facilidad

en nomenclatura se les conoce como "Pilotes de cinco hoyos"; ahora bien entre tramo y tramo se coloca una yarda de 30 cm de longitud, de la cual la mitad va dentro de cada tramo ya que tiene un tope exactamente a esa altura; y sirve para evitar que la mezcla de mortero que se coloca entre los tramos para ligarlos, penetre en la perforación central y para mantener los tramos verticales unos con otros.

Si el mortero que se coloca entre los tramos penetra al hueco central donde va la barra de suspensión, al momento de querer sacar ésta sería imposible ya que la perforación estaría llena de mezcla, al igual que en el tipo anterior el sentido de la cuerda de la tuerca ahogada en el botón es inverso al sentido de la cuerda de los tramos de la barra de suspensión, así al apretar en exceso los tramos, éstos aprietan y la única que afloja es la tuerca del botón, pudiéndose así recuperar la tubería de la barra y perdiéndose únicamente la tuerca y las yardas.

Se da el caso de que al ir descolgando, el pilote se atore en una de las paredes, entonces, en ese momento, se mete un cabezal con sus tuercas de los tornillos ya instalados y un gato, en este caso se usa la máquina rehincadora para empujarlo. Sobre esta máquina se hablará más adelante; otro problema que puede presentarse es que se asolve la perforación con lodo de las mismas paredes, de la misma manera se le da presión y bota el lodo que está abajo del pilote.

3.- Verticales hincados en tramos precolados de 0.90 m.

Este tipo de pilotes es similar al anterior a excepción

de algunas variantes; para hincarlos se utiliza la máquina rehincadora (fig. Nº 124).

Esta máquina, trabaja a base de aceite soluble, que es una substancia de apariencia lechosa; tiene un motor de 30 HP, que está conectado a una bomba hidráulica, de las que emplean los aviones para bajar el tren de aterrizaje, en esta bomba el fluido aumenta de presión y por medio de checks y válvulas de no retroceso, lo inyecta directamente a las mangueras, éstas están conectadas a un manómetro que permite leer la presión del soluble.

Tiene un control para aumentar la potencia de presión de esta máquina, normalmente se ajusta a 120 toneladas, pero se puede incrementar hasta 200 toneladas, dependiendo del tipo de gato que se tenga, tiene en la parte superior un tanque por el que es alimentada con el soluble y ahí lo almacena, el tanque está conectado a la bomba, por donde es inyectado el fluido y controlado con una válvula; para cargar directamente a la manguera que va al gato se tiene un juego de válvulas con las que se controla la inyección.

La máquina puede conservar la presión del gato, por medio de válvulas; si se cierra la válvula cuando la máquina deja de funcionar, la presión se mantiene, si la válvula se mueve hacia otro lado, la pierde.

Para el hincado de estos pilotes primeramente se mete el botón que es similar al del otro caso, únicamente que no lleva tuerca porque no se requiere, ya que no se utiliza la barra de suspensión, la punta también tiene varillas, pero

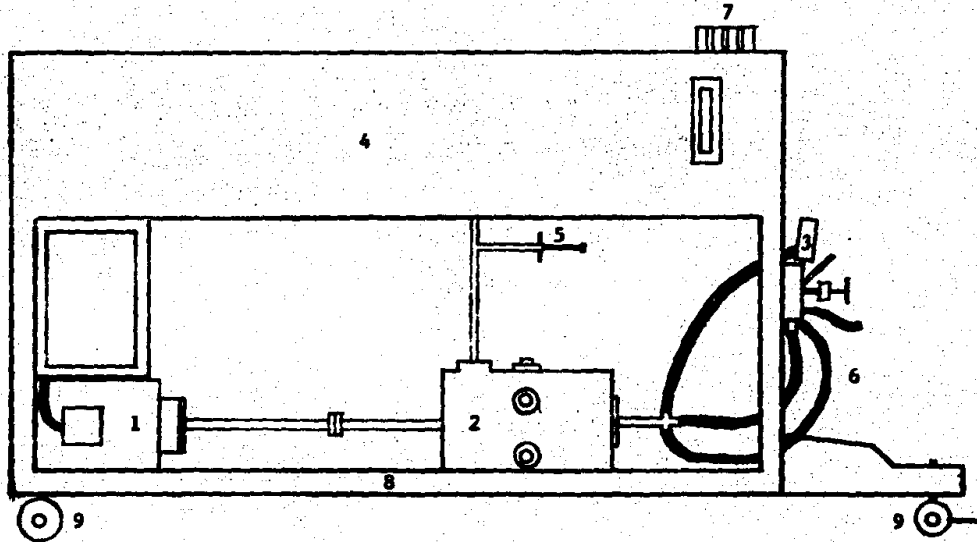


Figura Nº 124. Rehincadora.

- 1.- Motor de 30 H.P.
- 2.- Bomba hidráulica
- 3.- Manómetro
- 4.- Tanque de soluble
- 5.- Válvula de control de fluido
- 6.- Mangueras
- 7.- alimentación de soluble
- 8.- Plataforma
- 9.- ruedas

en diferente forma, lleva una única perforación al centro, de 10 cm de diámetro y dentro de ella 4 varillas Nº 4, esta perforación con las varillas dentro va llena de mezcla, las varillas sobresalen de cada tramo, se coloca otro tramo, se pega al anterior con mezcla que ha sido colocada sobre la su perficie de la sección inferior y se empuja utilizando la má quina rehincadora y apoyándose del dado del edificio y de los tornillos ya instalados con un cabezal y un gato, la ú ni ca variación es que la punta no lleva tuerca y que no lleva yardas.

No llevan más armado que el central y el del propio tra mo, estos pilotes son para trabajar a carga axial únicamente, no se tienen excentricidades.

Ahora bien, hay que tener cuidado con este tipo porque se llegan a pegar, si se está hincando un pilote y por ejemplo se van a comer, cuando regresan el pilote ya no baja; o sea que el terreno ya lo comprimió y aparentemente ya está dando carga, aparentemente ya da una resistencia, pero el es trato de apoyo está más abajo todavía y con el paso del tiem po, con la fricción negativa se va yendo, entonces este sistema debe de ser continuo en el hincado, no parar hasta terminar con un pilote.

El tipo de pilotes a emplear va variando dependiendo de los terrenos que se encuentren, si el terreno es blando y al final se encuentra un manto resistente se usa el tipo de pilotes hincados y no hay ningún problema; en el caso donde se tienen varias capas que no van a dar la capacidad de carga



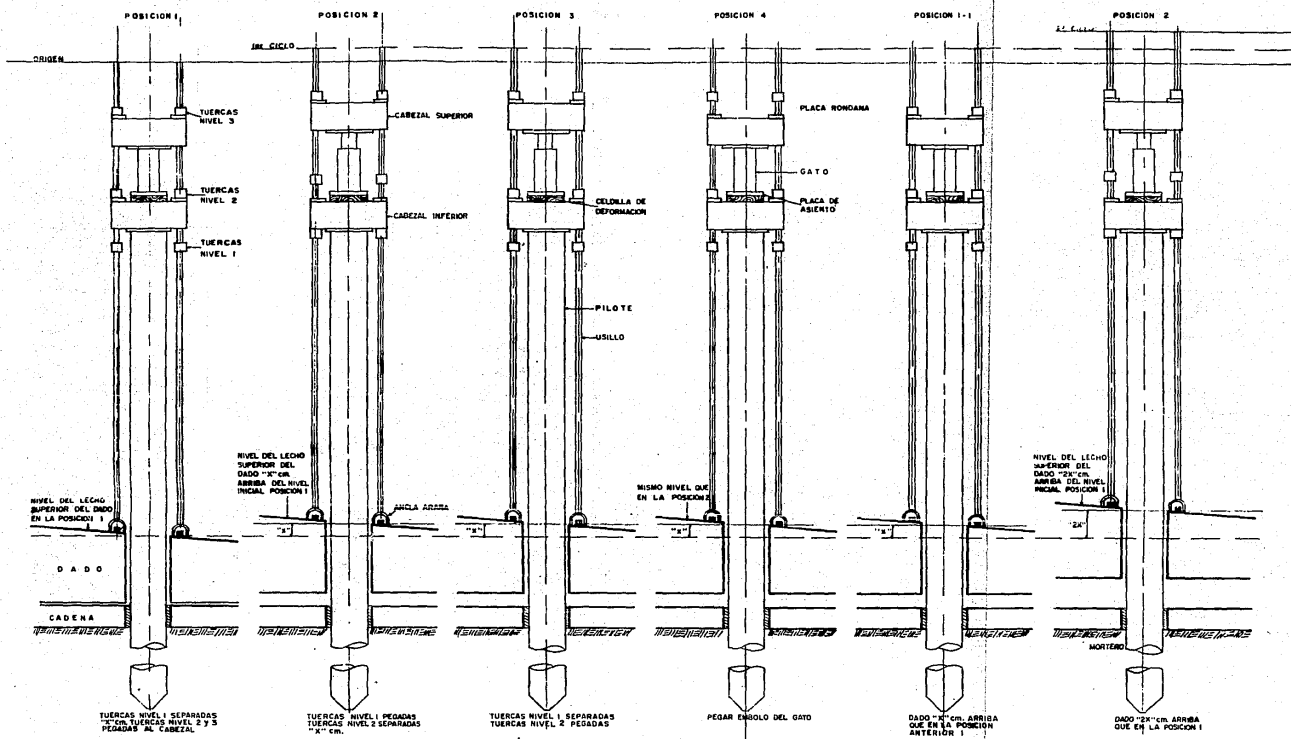
del pilote y no se puede apoyar en ellas como en el caso de Capuchinas, entonces se tienen que romper estas capas, pero cuando se mete el pilote para romper por expansión, es muy difícil y se puede desviar el pilote o se puede romper, también puede suceder que se defasen los tramos; para evitar esto se deja en la perforación una holgura para que el pilote pase libremente, por eso es el sistema de descolgado usado en Capuchinas; y se escogió el descalgo monolítico colado en sitio sobre el descolgado en tramos precolados de 0.90 m por la ventaja que presentó la altura de entrepiso, que permitió descolgar tramos de 1.80 m que hizo más rápido el hincado.

### III.6.- LOS ELEMENTOS MECANICOS PARA LEVANTAR EL EDIFICIO

El doble cabezal y el gato hidráulico.

Los elementos fundamentales para la elevación del edificio están basados en el pilote de control; según plano: Un ciclo del proceso de levantamiento:

Se requiere doble cabezal (A y B) y un gato hidráulico (C) accionado por una caja compresora de líquido o una máquina. El cabezal A, es elevado al inflarse el gato llevando consigo el dado que representa el cimiento, y por lo tanto, a todo el edificio. En la figura que indica elevado, el par de tuercas de la izquierda han sido bajadas para apoyarse en el cabezal B; al bajar el par de tuercas de la derecha para apoyarse sobre ese cabezal B el peso del edificio descansará sobre este cabezal y se podrá soltar cabezal A superior y para bajar el émbolo del gato bajar el cabezal A sobre el gato



|  |         |                             |         |
|--|---------|-----------------------------|---------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>     |         |                             |         |
| ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN |         |                             |         |
| TESIS PROFESIONAL:                                 |         | PLANO:                      |         |
| <b>RECIMENTACION DEL</b>                           |         | <b>UN CICLO DEL PROCESO</b> |         |
| <b>TEMPLO DE CAPUCHINAS</b>                        |         | <b>DE LEVANTAMIENTO</b>     |         |
| VICENTE AMADO MONTUÑA RAMIREZ                      |         |                             |         |
| FECHA:   | ESCALA: | TIPO:                       | TITULO: |
| SEPT. 86   | 1:25    | METROS                      | MEXICO  |

apretar tuercas y comenzar la operación de nuevo (Ver dibujo en plano indicado).

### III.7.- LEVANTAMIENTO DEL EDIFICIO

#### EL PLANO DE GIRO

Para el levantamiento del Edificio, aunque el plano del edificio considerado en uno de los dos sentidos sea una curva, se considerará para el efecto de giro, como la recta que une el eje de giro con el otro extremo del edificio (Fig. Nº 125).

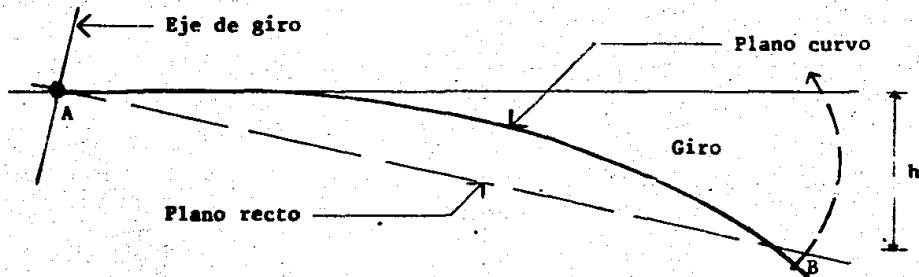


Figura Nº 125. El plano de giro.

Durante el proceso de giro; esta recta que representa el plano teórico que va a girar, DEBE MANTENERSE SIN DEFORMACIONES.

Considerando la recta A-B de la fig. Nº 125 como el plano representativo de hundimiento de la iglesia, siendo la distancia  $\overline{AB}$  igual a 46.06 m y el hundimiento en el extremo B de 2.90 m se explicará el mecanismo del levantamiento.

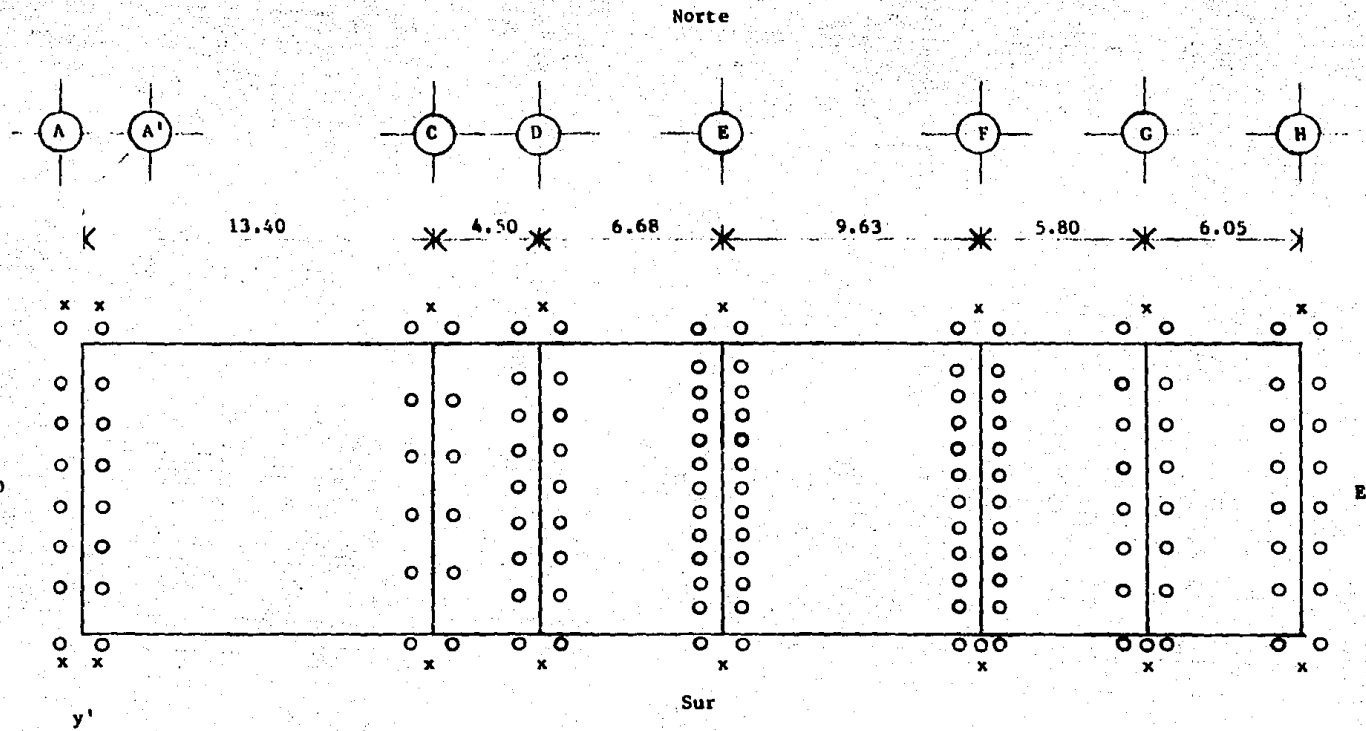


Figura Nº 126. Planta esquemática de pilotes.

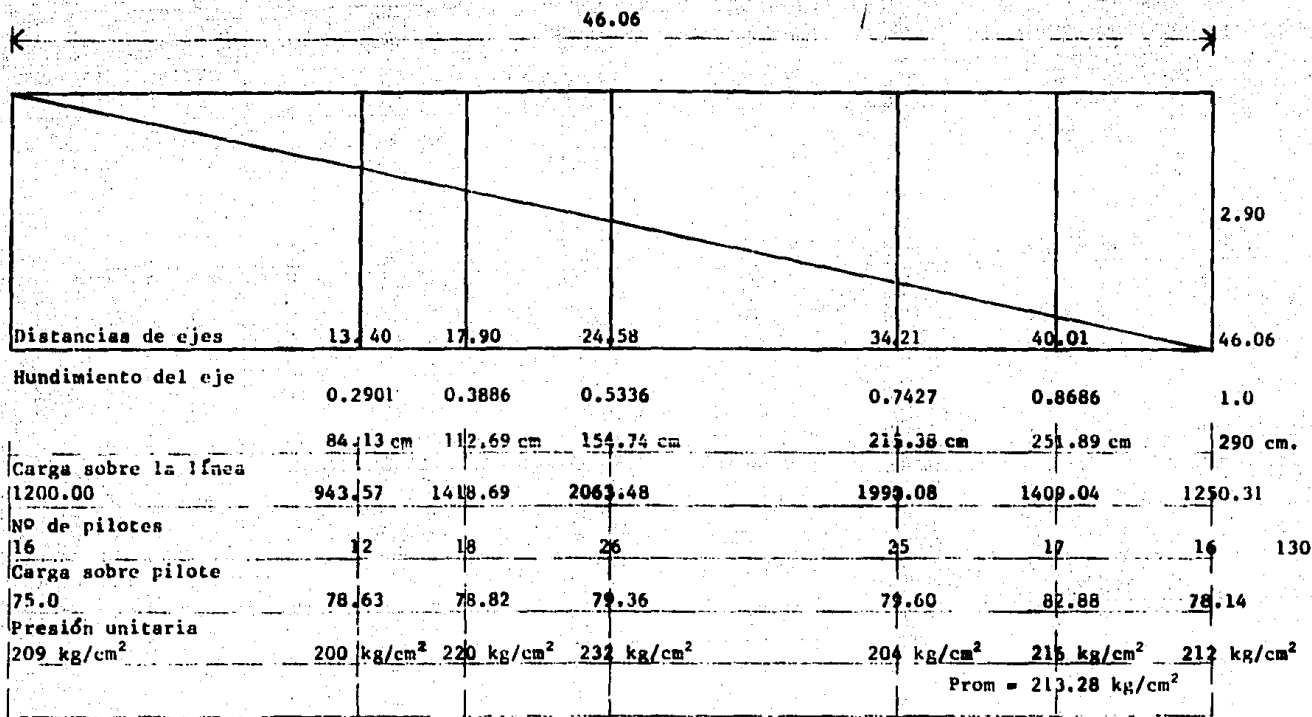


Figura Nº 127. Tabla analítica de levantamiento.

## EXPLICACION

De la figura Nº 126 se tiene el edificio inclinado que sufrió un hundimiento de 2.90 m en el sentido x-x. El punto AA' tiene hundimiento 0.00 m.

La planta esquemática representa los ejes y los pilotes con que se va a hacer el levantamiento y nivelación. El eje A se ha tomado con el eje de giro.

Teóricamente el mecanismo del levantamiento del edificio implica que la resultante de cargas en cada eje coincida perfectamente con la resultante de pilotes. La excentricidad es nula, y todos los pilotes de cada línea cargan exactamente la misma cantidad.

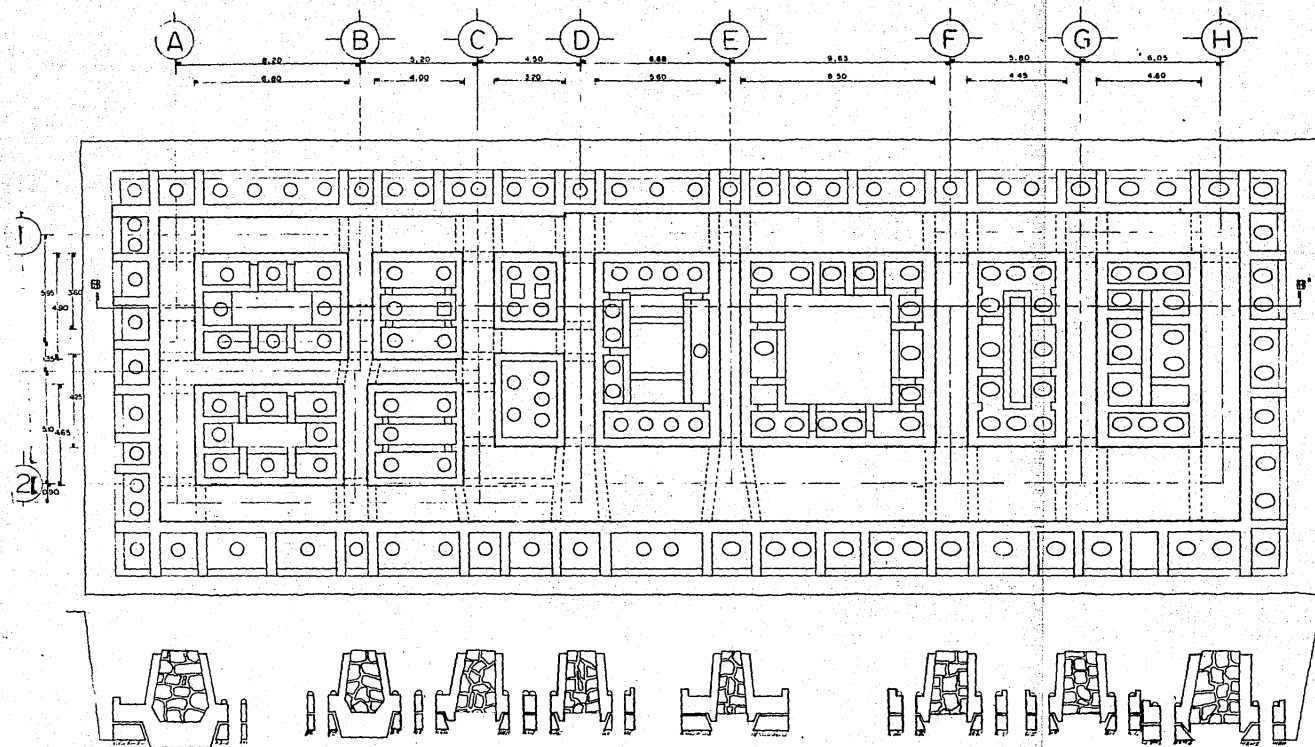
En la fig. Nº 127 se indica la inclinación media del plano actual del edificio y se proyecta el levantamiento para subir 2.90 m el eje H. En la línea marcada ejes se marcan las distancias respectivas de cada eje, al eje y-y; el cual es el eje sobre el cual girará el plano.

En la línea marcada Hundimiento se marca el hundimiento proporcional en cada eje suponiendo que el hundimiento de 2.90 m en H es la unidad y abajo la cantidad que corresponda a subir a cada eje: 0.2909 en B, 0.3886 en C, etc.

En Carga sobre línea está escrita la resultante de cargas que obran sobre ellas y a partir de esta resultante, suponemos que se hará la elevación.

En el plano siguiente se presenta el número total de pilotes que fueron colocados.

En la línea Nº de pilotes está escrito el número de pi-



**CORTE LONGITUDINAL B-B'**

|  |                  |                                    |                  |
|--|------------------|------------------------------------|------------------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>     |                  |                                    |                  |
| ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN |                  |                                    |                  |
| TITULO PROFESIONAL:                                |                  | PLANO:                             |                  |
| RECIMENTACION DEL<br>TEMPLO DE CAPUCHINAS          |                  | LOCALIZACION GENERAL<br>DE PILOTES |                  |
| VICENTE AMARO MORTOYA RAMIREZ                      |                  |                                    |                  |
| FECHA:<br>SEPT. 86                                 | ESCALA:<br>1/100 | ACOT.:<br>METROS                   | LUGAR:<br>MEXICO |

lotes que actúan sobre la línea. Debido a que la línea de pilotes A se mantiene inmóvil durante el proceso únicamente actúan 8 pilotes en la línea A', esta línea A' sólo levantaría la mitad del peso de la zona AA', ya que A y A' actúan como reacciones de la carga total P (fig. Nº 128).

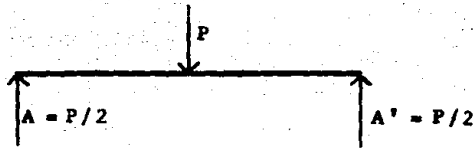


Figura Nº 128. Reacciones.

En carga sobre pilote, se indica la carga que soporta cada pilote en esa línea y en este caso, esa carga es la verdadera.

En la línea Presión Unitaria se marca la lectura que darían los manómetros para cada gato de cada línea: en A' 209 kg/cm<sup>2</sup>, en C 200 kg/cm<sup>2</sup>, etc. Se ha considerado una repartición perfectamente distribuida en cada línea. No hay torsión (Fig. Nº 129).

### III.8.- GRAFICA DE PRESION UNITARIA

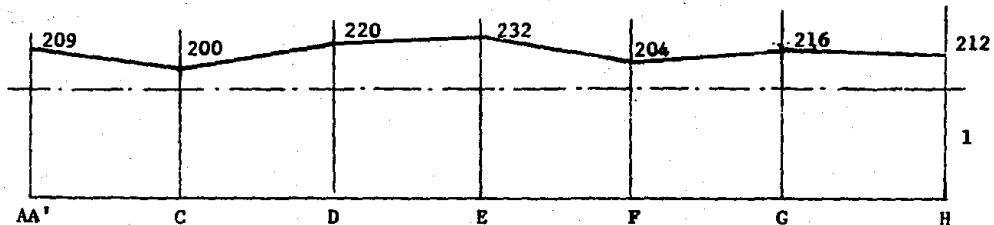


Figura Nº 129. Gráfica de presión unitaria.



Si por medio de una bomba de compresión hidráulica se diera a cada línea la presión exacta requerida, la gráfica de presión unitaria produciría la gráfica de elevación del edificio correspondiente punteada, elevación vertical en todos los puntos.

Sin embargo, debido al principio de que un gato trabajando en serie con otros se elevará más cuanto menos carga soporte, podemos suponer que se producirá un equilibrio en las cargas unitarias con valor cercano al promedio (213.28 kg/cm<sup>2</sup>) y se producirá una gráfica de presiones unitarias y deformaciones parecidas; igual a la presión unitaria en un eje, se producirá un exceso de elevación y consecuentemente un exceso de esfuerzo en la zona de la estructura relativa a estos ejes.

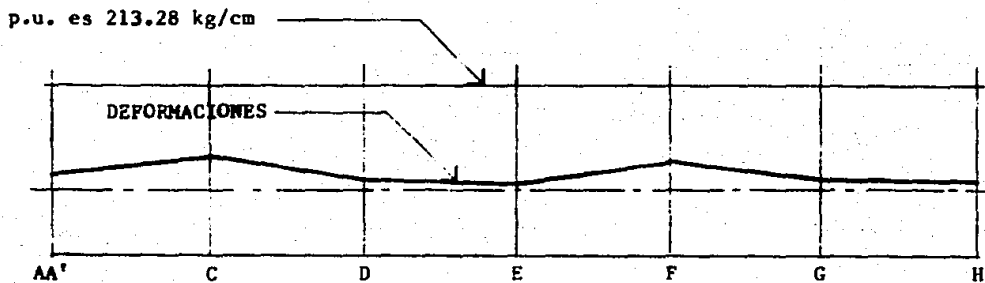


Figura Nº 130. Gráfica de presiones promedio.

En tanto que estas deformaciones estén dentro de los límites que soporta la estructura, no habrá cuarteaduras; cuando sobrepasen estos límites, habrá cuarteaduras.

Es debido a que el ojo humano no tiene capacidad para

ver estas pequeñas deformaciones que hay que mantener la elevación del edificio exactamente en igualdad de los números en las escalas de los niveles de agua.

Hasta aquí se ha levantado todo el edificio una cantidad igual en toda su longitud. Se ha efectuado una elevación uniforme.

Para efectuar una elevación, corrigiendo una inclinación, se procede a efectuar otra elevación uniforme pero esta vez sin elevar la primera línea (AA'); una vez hecha esta elevación se quita la siguiente línea C y se eleva el resto del edificio y así sucesivamente hasta hacer la última elevación con sólo la última línea (H).

### III.9.- GRAFICA DE ELEVACION

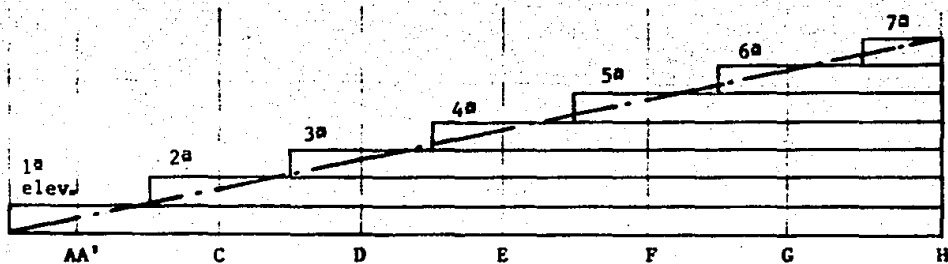


Figura Nº 131. Gráfica de elevación.

En la gráfica de elevación de la fig. Nº 131 están representadas las diferentes elevaciones por partes y la recta punteada representa la nueva posición del edificio en una elevación completa.

En la realidad esta línea punteada se verá afectada por las deformaciones provenientes de la transmisión de presiones.

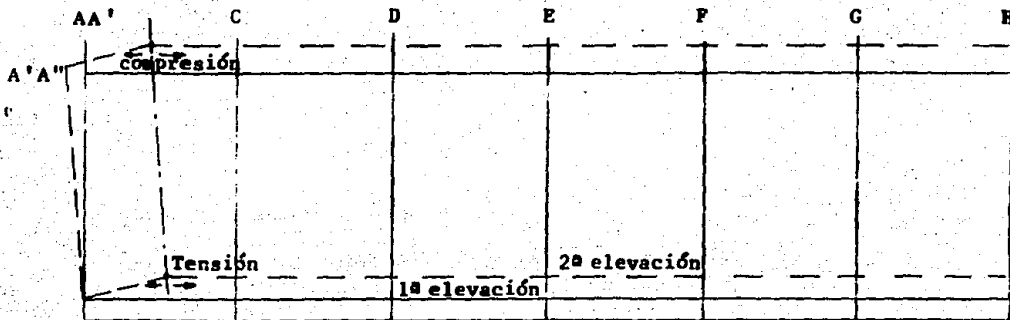
### III.10.- ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DURANTE EL LEVANTAMIENTO

Si en la explicación anterior el primer levantamiento se hizo a la perfección, el edificio sólo sufrirá los esfuerzos ya explicados por transmisión de presiones, pero al efectuar la segunda fase del levantamiento la zona correspondiente a la línea AA' quedará quieta y será movida a tomar una inclinación adecuada al proceder a hacer esta segunda elevación. Habrá una compresión en la azotea provocando que la línea A tome la posición A'A"; a esta compresión corresponderá una tensión en el cimiento. La composición de estas fuerzas es en un momento producido sobre todo el edificio en la sección comprendida entre los ejes AA' y C..

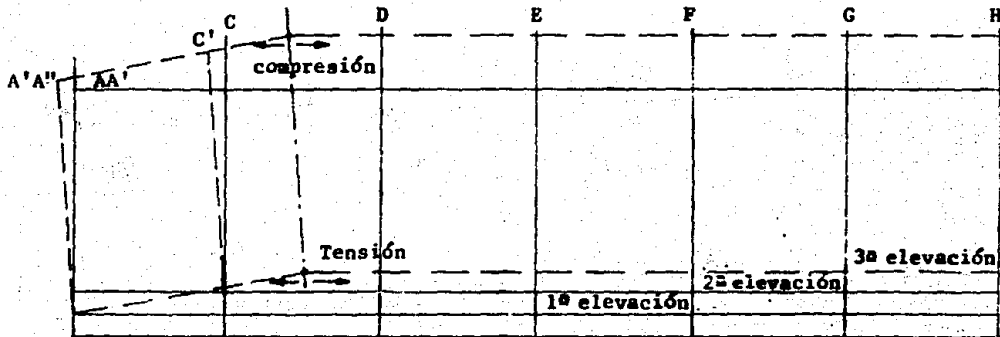
En el esquema de la fig. Nº 132 se aclara el proceso de estos esfuerzos.

En la figura Nº 132(a) está marcada la deformación que sufre el edificio en la zona comprendida entre AA' y C en la segunda elevación, y se hace notar el quiebre por un punto de inflexión tanto en la azotea como en la cimentación.

Al efectuar la tercera elevación la compresión en la azotea será máxima en la zona comprendida entre los ejes C y D y lo mismo ocurrirá para la tensión en el cimiento. El eje C tomará la posición C' y los puntos de inflexión pasarán a la zona entre C y D.



(a)



(b)

Figura Nº 132. Esfuerzos y deformaciones.

Al cambiar la posición de la deformación, la zona comprendida entre AA' y C será aliviada de sus esfuerzos.

Según se vayan haciendo elevaciones parciales la sección de esfuerzos en el edificio se irá recorriendo hacia el eje H y al efectuar la última elevación parcial, si todo se ha hecho perfectamente este esfuerzo transitorio sobre la estructura ya no debe existir.

Hasta aquí se puede concluir, que en el mejor de los casos, sin errores humanos el esfuerzo máximo que sufrirá el

edificio, será en un momento dado, la suma de los esfuerzos producidos por la transmisión de presiones unitarias en los gatos, más los esfuerzos de deformación producidos por el movimiento parcial de nivelación.

A partir de estas dos explicaciones se puede concluir que la transmisión de presiones unitarias en los gatos produce un esfuerzo que puede ser considerado como constante. El esfuerzo producido por los levantamientos parciales será menor cuanto menor sea la elevación parcial y aumentará los esfuerzos cuanto más se agranden los movimientos parciales. Por tanto: LOS MOVIMIENTOS DE ELEVACION DEBEN SER PEQUEÑOS.

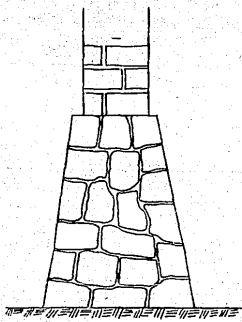
La otra conclusión que se puede deducir de este análisis de esfuerzos es; que éstos se evitarán si los gatos de las líneas se inflaran la cantidad que les corresponda en un mismo lapso de tiempo. Es decir empezando todos juntos y acabando todos juntos.

No habría ni transmisión de presiones unitarias ni deformaciones diferenciales.

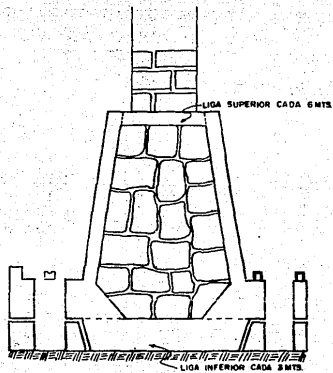
Se requerirían siete bombas para este caso y deberían de estar ajustadas las velocidades de inyección en cada una de ellas.

Otra alternativa sería una válvula reguladora de velocidad de inyección para cada línea de gatos. Esto es bastante factible.

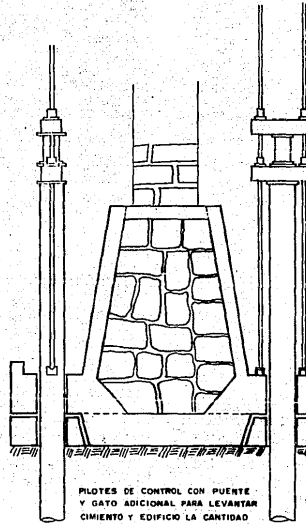
En el plano: Proceso de recimentación y levantamiento se ilustra en forma simplificada el proceso analizado.



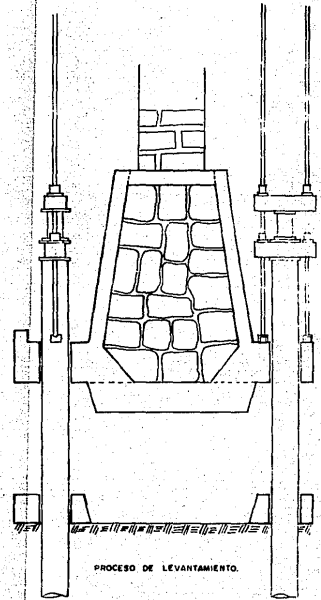
CIMENTACION ORIGINAL  
DE MAMPOSTERIA



CIMENTACION CON DOS TRABES  
ADOSADAS CONFIRMANDO LA  
CIMENTACION DE MAMPOSTERIA



PILOTES DE CONTROL CON PUENTE  
Y GATO ADICIONAL PARA LEVANTAR  
CIMENTO Y EDIFICIO LA CANTIDAD  
QUE SE NECESITE.



PROCESO DE LEVANTAMIENTO.

|   |         |   |        |
|---|---------|---|--------|
| <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>    |         |   |        |
| ESUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ACATLAN |         |   |        |
| TESIS PROFESIONAL:                                |         | PLANO:                                      |        |
| RECIMENTACION DEL<br>TEMPLO DE CAPUCHINAS         |         | PROCESO DE RECIMENTACION<br>Y LEVANTAMIENTO |        |
| VICENTE AWADO MONTTOYA RAMIREZ                    |         |   |        |
| FECHA:  | ESCALA: | RECOP:                                      | EDGAR: |
| SEPT 86   | 1:50    | METROS                                      | MEXICO |

### III.11.- TORSIONES DE LEVANTAMIENTO

Una vez analizado y comprendido el proceso anterior se puede explicar fácilmente el fenómeno de torsión ya que si una de las líneas de gatos o varias tienen diferentes cargas en éstos y se efectúa el mismo análisis, se dará un cuenta que se produce el mismo transporte de esfuerzos unitarios en la línea y por tanto los esfuerzos correspondientes.

La composición de los esfuerzos producidos por la elevación parcial respecto al eje x-x y los producidos por esa misma causa respecto al eje y-y en la torsión. Tanto para el caso del levantamiento respecto al eje x-x y para el eje y-y son válidos los mismos razonamientos hasta aquí explicados.

Si ahora se considera qué se debe hacer para evitar torsión por línea, se llega a dos conclusiones semejantes a las anteriores, poner una bomba para cada gato e inflar a cada uno la cantidad correspondiente en el tiempo que corresponde o si es posible poner una bomba para los grupos de gatos que deben de trabajar a una misma presión; y será necesaria la misma cantidad de bombas como haya grupos de gatos de igual presión. La segunda solución sería poner la válvula reguladora de presión en cada gato y hacer los ajustes necesarios.

### III.12.- EL COLCHON DE NEOPRENO

Si el cabezal se hubiera colocado directamente sobre el pilote y suponiendo al pilote perfectamente bien hincado; al

efectuar cualquier inflado se produciría una fuerza por medio del gato que tendría los siguientes efectos:

a) Compresión en el pilote provocando una deformación de acortamiento en su longitud y deformación de la capa resistente, estas deformaciones cesarían al suspender la carga y todo volvería a su normalidad (efecto de rebote).

b) Esta fuerza provocada por el gato inflado, como reacción a la acción ejercida sobre el pilote, tendería a subir una zona del edificio produciendo en él un esfuerzo de deformación.

Para evitar en lo posible estas diferencias de esfuerzo deformación provocadas tanto por la transmisión de presiones unitarias al hacer una elevación de zonas o total, y para amortiguar el efecto de oleaje deformante en el proceso de nivelación se puso un colchón de neopreno entre el cabezal y el pilote. Esto dió buenos resultados pues aunque los efectos ya señalados tanto sobre el pilote como en la estructura no se evitan, la facilidad de deformación del neopreno en los pilotes, tiende a igualar deformaciones en la estructura, y tanto protege al edificio como al pilote.

La solución para el caso de la Torsión, que se usó en el levantamiento de la Iglesia de Capuchinas:

Ya en otra parte se explicó que la cantera y los recubrimientos de fachada en el muro de la iglesia producía una torsión, mientras que los pilotes del exterior trabajaban a una presión unitaria de 340 a 400 kg/cm<sup>2</sup> según el lugar: los pilotes interiores sólo trabajaban de 240 a 280 kg/cm<sup>2</sup>; para



lograr mantener esta diferencia de presiones unitarias se pu so una conexión doble a los gatos del exterior; una conecta da a la bomba grande con las que se efectuaba el levantamien to general y la otra conexión trabajando independientemente con una bomba chica.

El proceso que se siguió fué dar presión con la bomba chica a los gatos exteriores variando esta presión de 300 a 400 kg/cm<sup>2</sup> según la zona, con esto se producía una deforma ción tendiente a hacer que el muro se desplomara hacia el norte en una pequeña cantidad; y sin que los esfuerzos produ jeran rotura en el edificio.

Luego se efectuaba el bombeo para el levantamiento gene ral, el cual producía en este muro una caída hacia el sur. Estos dos desplomes se nulificaban entre sí, y por medio de lectura de plomo y niveles se hacían los ajustes necesarios, con lo cual esta parte trabajo se pudo llevar a buen término.

### III.13.- POSICION DEL EJE DE GIRO

Hasta ahora se ha explicado el giro del plano del edifi cio considerándolo localizado en el primer eje de pilotes; pero en algunos casos puede ser conveniente situarlo comple tamente fuera del edificio conservándolo normal al eje del movimiento que se va a efectuar.

Esto equivale a combinar una elevación uniforme con una elevación para deshacer una inclinación (Fig. Nº 133).

Ya se vió anteriormente que hay un límite al tamaño del movimiento parcial de nivelación de un edificio, el cual viene

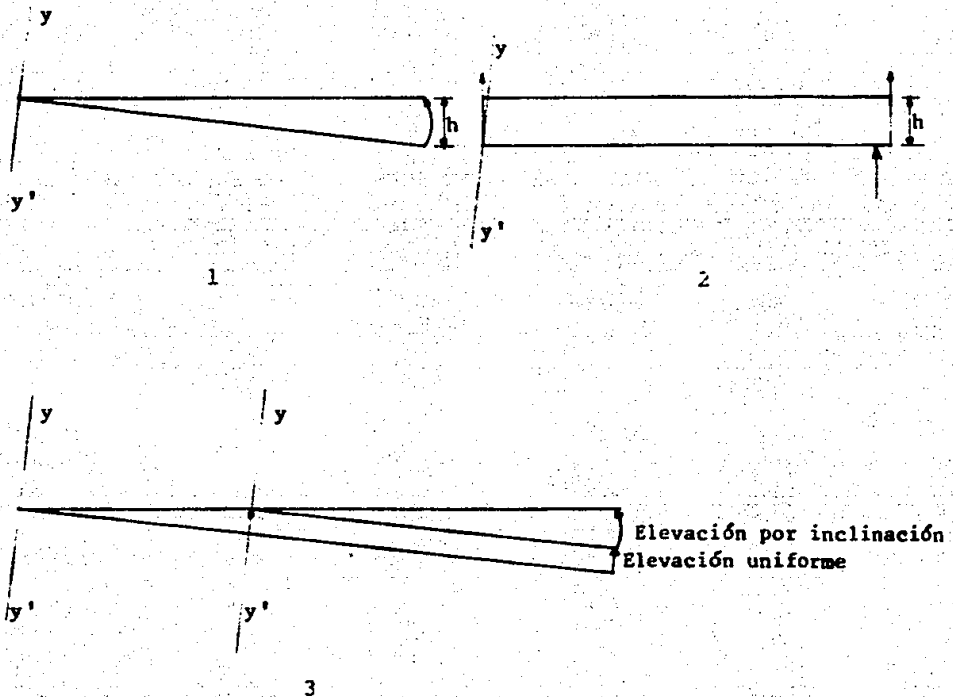


Figura Nº 133. Posición del eje de giro.

dado por la capacidad de deformación que éste es capaz de soportar sin romperse. Según explicaciones dadas esta deformación será mayor cuanto mayor sea la diferencia de pendientes en el edificio al hacer los inflados parciales.

En este caso, al efectuar el primer levantamiento, la recta A'C teóricamente adoptará una inclinación que valdrá  $1\text{ c}/46.06\text{ m}$  y el resto del edificio que no se ha movido nivelándose tendrá una pendiente  $00/46.06\text{ m}$ .

Esta diferencia puede considerarse como una medida de deformación equivalente a un esfuerzo en la estructura.

Ahora bien, suponiendo que el edificio que se está nivelando está en condiciones ruinosas, esta diferencia de inclinaciones debe ser un mínimo y este mínimo se obtendría haciendo mayor número de divisiones parciales a la altura total que hay que subir el punto más bajo.

Esto aminoraría el valor de la diferencia de pendientes y los esfuerzos serán menores en el edificio.

En el caso de Capuchinas, se usó el movimiento 1 de la fig. Nº 133 haciendo pasar el eje de giro por la línea A de pilotes. Todos los pilotes de esta línea se fijaron después de una elevación uniforme de despegue, se puede ver en la tabulación de la fig. Nº 134 que siempre estuvo ausente el peso de esta línea.

Por esto siempre faltaron datos de esta línea para establecer el peso muerto del edificio.

Para hacer que la línea A de pilotes tenga parte activa en la nivelación del edificio y además para conocer mejor el peso del mismo, puede ser conveniente correr el eje  $y-y'$  unos cuantos metros (2 a 5 m) en forma que la elevación uniforme sea tolerable y además se conocería el peso de la línea A.

Antes de iniciar el levantamiento debe calcularse con el mayor cuidado el peso de la iglesia considerándola por secciones o por zonas para colocar pilotes o preparaciones proporcionales a dichos pesos.

RELACION DE PESO DE CAPUCHINAS  
(kgs.)

| Fecha       | A   | z-1      | z-2     | z-3     | z-4     | z-5     | z-6     | Total    |
|-------------|-----|----------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| 3 julio 78  |     | 1,061.45 | 1,271.5 | 1,012.5 | 1,017.5 | 1,179.1 | 975.0   | 6,517.05 |
| 4 julio 78  |     | 1,272.6  | 1,562.1 | 1,313.8 | 1,412.5 | 1,537.5 | 1,232.5 | 8,331.0  |
| 4 julio 78  |     | 1,168.9  | 1,630.3 | 1,300.0 | 1,372.5 | 1,572.5 | 1,260.0 | 8,304.2  |
| 5 julio 78  |     | 1,442.6  | 1,503.0 | 1,158.9 | 1,472.5 | 1,580.0 | 1,127.5 | 8,285.4  |
| 6 julio 78  | 340 | 1,190.0  | 1,502.6 | 1,173.9 | 1,412.5 | 1,527.5 | 1,340.0 | 8,485.4  |
| 7 julio 78  |     | 1,290.7  | 1,597.4 | 1,174.6 | 1,445.0 | 1,602.5 | 1,227.5 | 8,227.2  |
| 8 julio 78  |     | 1,258.7  | 1,591.4 | 1,108.8 | 1,392.5 | 1,610.0 | 1,290.0 | 8,251.4  |
| 21 julio 78 |     | 1,070.0  | 1,565.0 | 1,256.2 | 1,210.0 | 1,583.7 | 1,450.0 | 8,134.9  |
|             |     |          |         |         |         |         |         |          |
|             |     | 1,168.8  | 1,534.5 | 1,174.4 | 1,435.6 | 1,560.2 | 1,246.2 | 8,128.7  |

Figura Nº 134. Relación de pesos.

Conviene hacer sondeos en los muros y en las paredes para conocer sus pesos.

Deben hacerse levantamientos y conocer el plano de nivel inicial.

### III.14.- ANALISIS DE LOS TIEMPOS DE INFLADO DE LOS GATOS

(Inyectado a presión)

Ya sea que para la elevación del edificio la subdivisión de los gatos se haga por líneas o por zonas, el cálculo de inflado de los gatos, se considera por ejes, ya que los gatos de una zona tienen su resultante en una línea.

Lo ideal sería que la resultante de cargas, la resultante de pilotes, el eje de niveles coincidieran; sin embargo esto no es necesario. Para hacer la explicación del inflado de gatos, se considerará el proceso de levantamiento estudiado en el cual estos ejes si son coincidentes. La posición de los niveles de agua está marcada con X.

Independientemente de la posición de los ejes, el cálculo de la altura para el inflado de gatos, se debe hacer respecto a la resultante de los gatos en la línea o zona.

La escala para los niveles de agua debe ser calculada justo para la posición del nivel. Ambos casos tienen utilidad diferente. El cálculo de lo que deberá de inflarse cada línea o zona de gatos es para mantener el plano del edificio sin deformaciones durante la elevación. Las escalas de los niveles son elementos de información para conocer si la elevación se efectúa en forma correcta o en su defecto hacer correcciones al inflado.

Según el croquis de la fig. Nº 136 para efectuar una elevación parcial de 1 cm en el eje H, será necesario efectuar seis inflados parciales según fig. Nº 137.

El primer inflado indicado por la superficie A' en la fig. Nº 137, equivale a subir todo el edificio (122 gatos) la cantidad que debe subir el eje A' = 0.043 cm.

Considerando que la bomba de inyección produce 12 litros de aceite por minuto; y que la superficie hidráulica de cada gato es de 250 cm<sup>2</sup>; el tiempo que debe de funcionar la bomba es:

$$T = \frac{\text{Volumen de aceite}}{\text{Velocidad de inyección de la bomba}}$$

$$T = \frac{\text{Nº de gatos} \times \text{área hidráulica} \times \text{altura del émbolo}}{\text{Velocidad de inyección de la bomba}} \quad (1)$$

$$T = \frac{122 \times 250 \text{ cm}^2 \times 0.043}{\frac{12,000 \text{ cm}^3/\text{min}}{60}} = 6.56 \text{ seg}$$

Con este tiempo de inflado, todo el edificio habrá subido 0.043 cm. El eje A' habrá llegado a su lugar. Pero el resto del edificio aún no ha llegado al lugar que le corresponde. El segundo inflado es el indicado por la superficie c. Ahora los gatos deben elevar sus émbolos a 0.2909 cm y como ya subieron 0.043 cm, les queda por subir 0.2479 cm.

Del total de 122 gatos; 8 corresponden a la zona A' que ya no trabajarán, el tiempo para efectuar este inflado es:

$$T = \frac{114 \times 250 \times 0.2479}{\frac{12,000 \text{ cm}^3/\text{min}}{60}} = 35.33 \text{ seg}$$

El tercer inflado se hará cerrando las llaves de A' y C

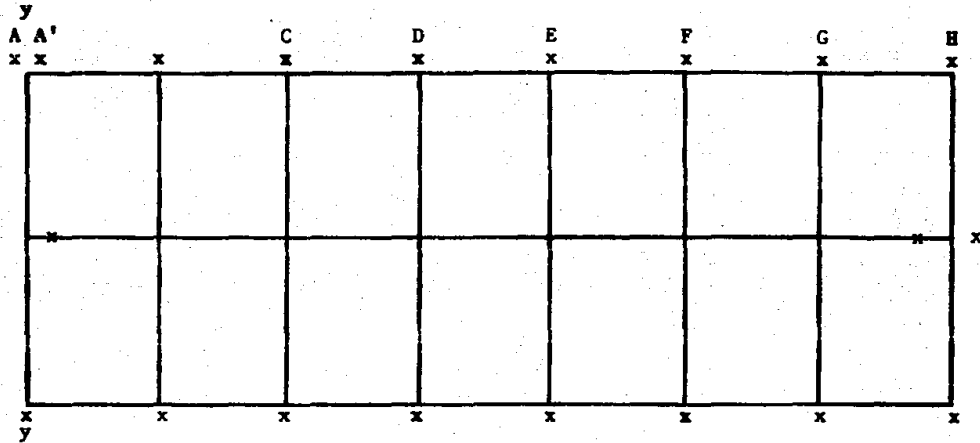


Figura Nº 135.

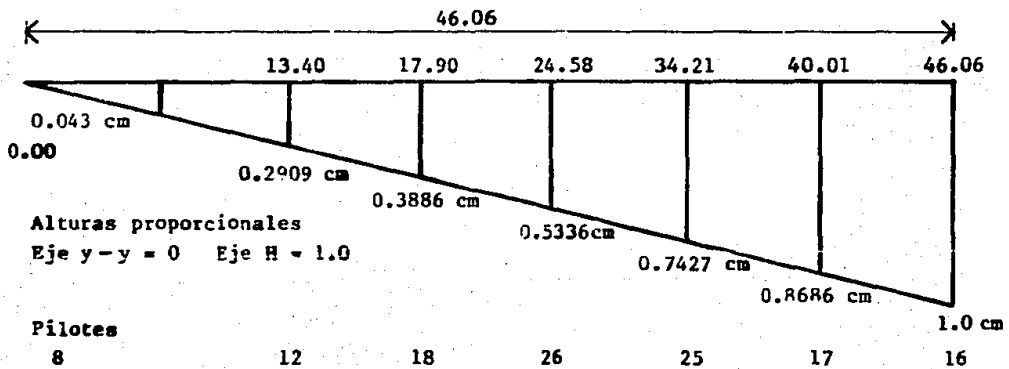


Figura Nº 136. Fundimientos parciales.

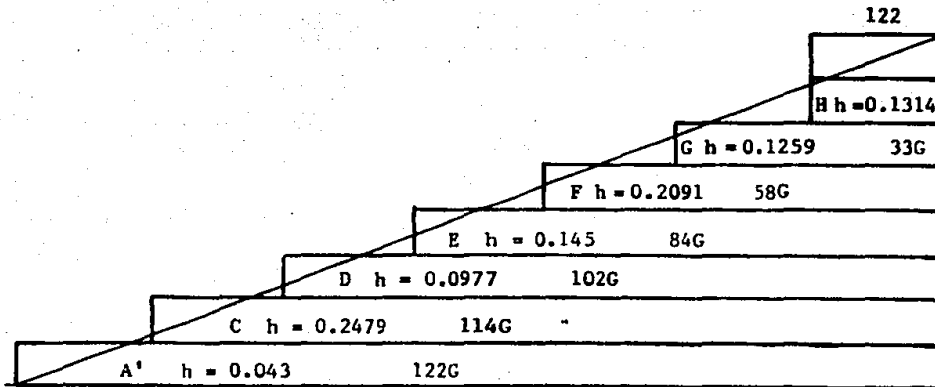


Figura Nº 137. Elevaciones parciales.

ahora si inflan  $114 - 12 = 102$  gatos. El émbolo de estos gatos debe subir a  $0.3886$  cm pero ya están elevados a  $0.2909$  cm por lo que sólo subirán  $0.0977$  cm y el tiempo necesario para este inflado es:

$$T = \frac{102 \times 250 \times 0.0977}{\frac{12,000 \text{ cm}^3/\text{min}}{60}} = 12.46 \text{ seg}$$

El resto de los tiempos de inflado, se obtiene siguiendo la misma secuencia.

### III.16.- TABULACION

| 1                     | 2                       | 3                         | 4                                 | 5                       | 6                               | 7                           | 8                        |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| L<br>I<br>N<br>E<br>A | Nº Gatos<br>en<br>Línea | Nº Gatos<br>en<br>Trabajo | Altura<br>Total<br>de la<br>Línea | Altura<br>por<br>Elegar | Area de<br>Empuje<br>Hidráulica | Velocidad<br>de la<br>Bomba | Tiempo<br>en<br>Segundos |
| A                     | 0                       | -                         | -                                 | -                       | -                               | -                           | -                        |
| A'                    | 8                       | 122                       | 0.043                             | 0.043                   | 250                             | 12,000.0                    | 6.56                     |
| C                     | 12                      | 144                       | 0.2909                            | 0.2479                  | 250                             | 12,000.0                    | 35.33                    |
| D                     | 18                      | 102                       | 0.3886                            | 0.0977                  | 250                             | 12,000.0                    | 12.46                    |
| E                     | 26                      | 84                        | 0.5336                            | 0.145                   | 250                             | 12,000.0                    | 15.23                    |
| F                     | 25                      | 58                        | 0.7427                            | 0.2091                  | 250                             | 12,000.0                    | 15.16                    |
| G                     | 17                      | 33                        | 0.8686                            | 0.1259                  | 250                             | 12,000.0                    | 5.19                     |
| H                     | 16                      | 16                        | 1.0                               | 0.1314                  | 250                             | 12,000.0                    | 2.63                     |

Figura Nº 138. Tabulación.



## EXPLICACION DE LA TABLA

- 1.- Nombre de la línea A, A', C, D, etc.
- 2.- Número de gatos que trabajan en esa línea aunque haya más.
- 3.- Número de gatos que trabajan durante ese movimiento, aunque haya más.
- 4.- Altura total de la línea en ese levantamiento parcial.
- 5.- Altura que es necesario elevar para que la línea correspondiente llegue a su lugar cuando la línea interior ya llegó a su altura correspondiente.  
Ejemplo: La línea A', el movimiento parcial debe subir 0.043 cm; como parte de una altura de 1 cm, esta elevación parcial será de 0.043 cm.  
La línea C debe de llegar a 0.2909 cm de altura total, pero al elevar la línea A' a 0.043 cm la línea C también subió esta cantidad luego le falta por subir 0.2479 cm.  
El proceso es el mismo para las otras líneas.
- 6.- Superficie hidráulica (empuje de cada gato).
- 7.- Velocidad de inyección de la bomba.
- 8.- Tiempo de inflado que se obtiene de la ecuación antes usada, en segundos.

En realidad lo que es imposible de estos tiempos es la relación que guardan entre sí.

Debido a la enorme inclinación de la iglesia de Capuchinas resultaría peligroso usar tiempos muy largos de inflado, debido a la deformación explicada anteriormente proveniente de las deformaciones parciales que provoca este tipo de inflado

por lo cual se inició el trabajo en tiempos muy cortos.

Para poder escoger los tiempos más convenientes se hizo una tabla de tiempos proporcionales entre sí con la misma relación que tienen entre sí las obtenidas en la ecuación:

$$T = \frac{N^{\circ}G \times Ah \times He}{V} \quad (1)$$

| B  | C       | D        | E        | F       | G        | H      |
|----|---------|----------|----------|---------|----------|--------|
| 1  | 3.43/3  | 3.29/3   | 2.62/3   | 1.90/2  | 1.26/1   | 0.58/1 |
| 2  | 6.87/7  | 6.61/7   | 5.25/5   | 3.81/4  | 2.52/3   | 1.16/1 |
| 3  | 10.3/10 | 9.20/9   | 7.87/8   | 5.72/6  | 3.78/4   | 1.76/2 |
| 4  | 13.74/4 | 13.22/13 | 10.5/11  | 7.62/8  | 5.05/5   | 2.34/2 |
| 5  | 17.2/17 | 16.52/17 | 13.12/13 | 9.53/10 | 6.31/6   | 2.93/3 |
| 6  | 20.6/21 | 18.4/18  | 15.2/15  | 11.4/11 | 7.6/8    | 3.52/4 |
| 7  | 24.6/21 | 22.4/22  | 18.4/18  | 13.3/13 | 8.83/9   | 4.10/4 |
| 8  | 27.5/28 | 26.4/26  | 21/21    | 15.2/15 | 10.1/10  | 4.7/5  |
| 9  | 30.9/31 | 29.7/30  | 23.6/24  | 17.1/17 | 11.3/11  | 5.87/5 |
| 10 | 34.4/34 | 33/33    | 26.2/26  | 19/19   | 13.61/14 | 5.86/6 |

Datos en segundos

Figura Nº 139. Tabulación de tiempos.

En esta tabulación, en el mismo cuadro, está indicada la cantidad obtenida en cálculo y la cantidad redondeada.

En Capuchinas, estas cantidades se usaron como segundos. Conforme se fué comprobando que el edificio soportaba las deformaciones parciales, se fueron aumentando los tiempos.

Primero se efectuó un levantamiento total uniforme para

despegar el edificio del suelo, una vez logrado esto, se hicieron levantamientos parciales para corregir inclinación y cuando ya se tuvo una clara demostración de que los pesos teóricos sobre los gatos eran muy diferentes de los verdaderos mostrados por la lectura de los manómetros de los gatos, se recalculó todo el proceso y se procedió con la nueva tabulación.

Debido a que no fué posible obtener un levantamiento perfecto, se fueron haciendo las correcciones adecuadas a los tiempos según las lecturas obtenidas de niveles y plomos.

Durante todo el proceso de levantamiento hubo una estricta vigilancia para localizar grietas nuevas. Apenas aparecía una grieta se efectuaban inflados especiales para cerrarlas. Algunas grietas se pudieron cerrar, elevando las zonas que se habían quedado bajas, otras grietas no se pudieron cerrar, pues eran la resultante de deformaciones producidas por el movimiento desigual de materiales con diferentes módulos de elasticidad.

En todo momento durante el levantamiento, se estuvieron haciendo lecturas de niveles y plomos, y se efectuaban correcciones en los tiempos para lograr uniformidad en las elevaciones y plomos correctos. Toda variación en esta lectura era motivo de un análisis profundo para conocer las causas y de inmediato efectuar una corrección; ya fuera en los tiempos de inflado o proceder a dar mayor presión a un grupo de gatos sin inflar los demás.

Se recomienda que para este tipo de elevaciones, un grupo

de personas experimentadas en estos trabajos cooperen con su experiencia a resolver los problemas que se van presentando ya que en un momento dado uno pueda ver y deducir soluciones que los otros pueden no apreciar correctamente cuando se hace por primera vez.

En general la elevación del edificio debe de estar en proceso de constante ajuste. NUNCA DEBE DE HACERSE ESTE TRABAJO COMO UNA RUTINA.

En la Iglesia de Capuchinas hubo una experiencia que es sumamente importante mencionar. Mientras se efectuó el trabajo sin tomar en cuenta una igualación de presiones de todos los gatos, las correcciones a los tiempos de inflado eran muy frecuentes. El trabajo adelantó lentamente, pero cuando se trató de igualar hasta donde fué posible esta presión unitaria, se mejoraron los resultados sin llegar a ser perfecto, se puede controlar mejor la elevación de las zonas, fué en esta forma que se pudo comprobar que había una transmisión de carga de una zona a otra por efecto de pequeñas incorrecciones en los tiempos de inflado de gatos de cada zona.

Se puede atribuir esto al mismo principio que rige la variación de resultante en los apoyos de una viga continua cuando estos apoyos sufren ligerísimas variaciones de elevación. Este es un problema elástico que indica la aparición de esfuerzos en la estructura, y por tanto se trató la conservación de los esfuerzos unitarios constantes hasta donde fué posible.

### CONCLUSIONES SOBRE LO AQUI ANALIZADO

Después de haber terminado con este análisis de recimentación se puede llegar a dos tipos de conclusiones.

El primer tipo de conclusiones a las que se ha llegado, son las que al propio proceso de análisis se refiere y se pueden resumir de la siguiente manera:

- 1.- Cualquier problema de levantamiento de edificio o nivelación, debe descomponerse en partes.
- 2.- Se debe estudiar profundamente el problema de cada parte y proponer una solución en anteproyecto.
- 3.- El anteproyecto de recimentación debe estar de acuerdo con las necesidades para llevar a buen término el trabajo de levantamiento y/o nivelación.
- 4.- El proceso de cálculo debe de tomar en cuenta los principios básicos para efectuar el levantamiento y lograr una carga lo más uniforme posible en los pilotes, analizar las cargas vivas y muertas con la mayor precisión posible, evitar torsiones haciendo que la resultante de cargas y la de pilotes coincida tanto por zonas, como por líneas y en el total.
- 5.- Efectuar un anteproyecto del trabajo de elevación tomando en cuenta las medidas más adecuadas para recobrar el problema.
- 6.- Efectuar un anteproyecto general en el cual se resuelva lo mejor posible el problema de recimentación y el de elevación.

7.- Criticar el anteproyecto general, analizar éxitos y defectos y ya sea resolviendo los defectos en anteproyectos parciales o en el anteproyecto general, volver a proyectar hasta lograr un proyecto correcto.

La segunda conclusión a que podemos llegar es la concierne a la evaluación en el cumplimiento del objetivo marcado en un principio y acerca de la aportación — si es que hubo — que este trabajo pueda hacer.

Por lo que respecta al objetivo, este fué alcanzado amplia y satisfactoriamente en el desarrollo del texto, de acuerdo a lo planteado al inicio.

En cuanto a la aportación que una recopilación de datos y procesos pueda hacer a la comunidad se puede concluir que:

La importancia de este trabajo sólo se aprecia cuando nos damos cuenta de que virtualmente, no existe una obra de divulgación acerca del tan difundido Sistema Pilotes de Control en cuanto a un proceso completo y detallado de recimencación, aplicado a este tipo de estructuras.

Este trabajo cubre la secuencia completa de pasos a seguir para la resolución de un problema de este tipo.

#### RECOMENDACION

En los temas aquí tratados no se hace profundización matemática ni técnica, sino más bien de tipo conceptual; por lo que se recomienda que este trabajo sea tomado como un paso más en la formación del Ingeniero Civil.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Nabor Carrillo, "El hundimiento de la ciudad de México y el proyecto Texcoco", México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 1969, 328 pág.
- 2.- Simposio, "El Subsuelo y la Ingeniería de Cimentaciones en el área urbana del Valle de México", México, S.M.M.S., 1978, 259 pág.
- 3.- S.M.M.S., "Manual de Diseño y Construcción de pilas y pilotes", México, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 1983.
- 4.- Gordon A. Fletcher, Vernon A. Smoots, "Estudios de Suelos y Cimentaciones en la Industria de la Construcción", México, Limusa, 1978.
- 5.- George B. Sowers, George F. Sowers, "Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones", México, Limusa, 3ª reimpresión, 1980.
- 6.- Ralph B. Peck, Walter E. Hanson, Thomas H. Thornburn, "Ingeniería de Cimentaciones", México, Limusa, 2ª edición, 1982.
- 7.- Zaven Davidian, "Pilotes y Cimentaciones sobre pilotes", España, Editores técnicos asociados, S. A. 1972.
- 8.- M. J. Tomlinson, "Diseño y Construcción de Cimientos", España, Ediciones Urmo, 1976.
- 9.- Dr. Javier Salazar Resines, "Control de las cargas en la Cimentación y de los asentamientos de edificios, mediante mecanismos en los pilotes", México, 1978.

- 10.- Eulalio Juárez Badillo, Alfonso Rico Rodríguez, "Mecánica de Suelos", Tomos I y II, México, Limusa, 3ª edición, 1982.
- 11.- Alfonso Rico Rodríguez, "El Valle de México", Revista Mexicana de la Construcción, México, Diciembre 1985.
- 12.- Manuel González Flores, "Conservación del Plano y nivel de más de diez edificios de la ciudad de México a base de celdas de deformación", Revista de Ingeniería Civil, México, 1952.
- 13.- Manuel González Flores, "Cómo reunir las ventajas de las cimentaciones por superficie, flotación, pilotes y adherencia por medio de los pilotes de control", propaganda de PICOSA, 1957.
- 14.- Manuel González Flores, "Pilotes de Control", México, 1978.
- 15.- Manuel Rivera Cambas, "México Pintoresco, Artístico y Monumental", Tomo II, México, 1967.



A N E X O  
(SONDEOS ESTRATIGRAFICOS)

Sondeo Nº 1 continuo  
 perforando 6" de diámetro  
 con Perforadora Bucyrus.

| Perforación<br>Total | Penetración<br>0.50 m. | Número<br>de<br>Golpes | Altura<br>media<br>caída<br>0.50 m. | Mues-<br>tra<br>Nº | Observaciones |           |          |         |        |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------|-----------|----------|---------|--------|---------|--------|--------|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                      |                        |                        |                                     |                    | Excavación    | a mano    | losa     | tabique | y      | arcilla | café   |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     |                        |                                     |                    | Excavación    | a mano    | losa     | tabique | y      | arcilla | café   |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.00                 | 50                     |                        |                                     |                    | Arcilla       | limosa    | café     |         |        |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     |                        |                                     |                    | Arcilla       | limosa    | café     |         |        |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.00                 | 50                     | 17                     | 70                                  | 1                  | Arcilla       | limosa    | café     | con     | madera | y       | piedra | suelta |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 405                    | 70                                  | 2                  | Limo          | arcilloso | arenoso  | café    | y      | cascajo | piedra |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3.00                 | 50                     | 471                    | 70                                  | 3                  | Limo          | arcillos  | arenoso  | café    |        |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 10                     | 70                                  | 4                  | Jaborcillo    | gris      | oscuro   |         |        |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.00                 | 50                     | 5                      | 70                                  | 5                  | Jaborcillo    | gris      | oscuro   |         |        |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 83                     | 70                                  | 6                  | Limo          | arenoso   | compacto | gris    | verde  |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.00                 | 50                     | 130                    | 70                                  | 7                  | Limo          | arenoso   | compacto | gris    | verde  |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 116                    | 70                                  | 8                  | Limo          | arenoso   | compacto | gris    | verde  |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.80                 | 30                     | 2,500                  | 70                                  | 9                  | Piedra        | del       | cerro    |         |        |         |        |        |  |  |  |  |  |  |  |  |

Comenzó Sondeo Piso actual de cada lugar.

Nivel agua sondeo continuo Nº 1 NO SE ENCONTRO:

SONDEO CONTINUO, CON PERFORADORA.

Peso herramienta: 180 kilos.

Altura caída herramienta: 70 centímetros.

Diámetro perforación: 6"

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Sondeo N° 2 continuo  
Perforando 6" de diámetro  
con Perforadora Bucyrus.

| Perforación<br>Total | Penetración<br>0.50 m. | Número<br>de<br>Golpes | Altura<br>media<br>caída<br>0.70 m. | Mues-<br>tra<br>N° | Observaciones     |         |       |         |         |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------|---------|-------|---------|---------|--------|------|------|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                      |                        |                        |                                     |                    |                   |         |       |         |         |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     |                        |                                     |                    | Excavación a mano | cascajo | y     | arcilla | café    |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.00                 | 50                     |                        |                                     |                    | Excavación a mano | cascajo | y     | arcilla | café    |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     |                        |                                     |                    | Excavación a mano | cascajo | y     | arcilla | café    |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.00                 | 50                     |                        |                                     |                    | Excavación a mano | cascajo | y     | arcilla | café    |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 300                    | 70                                  | 1                  | Arcilla           | limosa  | café  | con     | cascajo |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3.00                 | 50                     | 100                    | 70                                  | 2                  | Arcilla           | limosa  | café  | con     | cascajo |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 50                     | 70                                  | 3                  | Arcilla           | arenosa | parda | café    |         |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4.00                 | 50                     | 80                     | 70                                  | 4                  | Arcilla           | arenosa | parda | café    |         |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 200                    | 70                                  | 5                  | Arcilla           | arenosa | parda | café    |         |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.00                 | 50                     | 400                    | 70                                  | 6                  | Arcilla           | arenosa | parda | café    |         |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 1,000                  | 70                                  | 7                  | Limo              | arenoso | verde | parda   | con     | piedra | gris | rosa |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5.80                 | 30                     | 2,000                  | 70                                  | 8                  | Piedra            | gris    | rosa  |         |         |        |      |      |  |  |  |  |  |  |  |  |

Comenzó Sondeo Piso actual de cada lugar.

Nivel agua sondeo continuo N° 2 NO SE ENCONTRO:

SONDEO CONTINUO CON PERFORADORA.

Peso herramienta: 180 kilos.

Altura caída herramienta: 70 centímetros.

Diámetro perforación: 6"

Cada cuadro cuenta por 15 golpes.

Sondeo Nº 3 continuo  
Perforando 6" de diámetro  
con Perforadora Bucyrus.

| Perforación Total | Penetración 0.50 m. | Número de Golpes | Altura media caída 0.70 m. | Muestra Nº | Observaciones |        |         |         |        |         |         |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------|---------------|--------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|----------|------------|----|-----|--|--|--|--|
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano | relleno | arcilla | limosa | café    | cascajo |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 1.00              | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano | relleno | arcilla | limosa | café    | cascajo |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano | relleno | arcilla | limosa | café    | cascajo |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 2.00              | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano | relleno | arcilla | limosa | café    | cascajo |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 50                | 50                  | 25               | 70                         | 1          | Relleno       |        |         | arcilla | limosa | negra   | y       | piedras | sueeltas |            |    |     |  |  |  |  |
| 3.00              | 50                  | 22               | 70                         | 2          | Relleno       |        |         | arcilla | negra  | con     | piedras | y       | 25       | jaborcillo |    |     |  |  |  |  |
| 50                | 50                  | 6                | 70                         | 3          | Jaborcillo    |        |         | verde   | olivo  | obscurp |         |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 4.00              | 50                  | 3                | 70                         | 4          | Jaborcillo    |        |         | verde   | olivo  |         |         |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 5          | Jaborcillo    |        |         | verde   | olivo  |         |         |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 5.00              | 50                  | 2                | 70                         | 6          | Jaborcillo    |        |         | verde   | olivo  |         |         |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 7          | Jaborcillo    |        |         | verde   | olivo  |         |         |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 6.00              | 50                  | 4                | 70                         | 8          | Jaborcillo    |        |         | verde   | olivo  |         |         |         |          |            |    |     |  |  |  |  |
| 50                | 50                  | 1,700            | 70                         | 9          | Jaborcillo    |        |         | verde   | olivo  | y       | boleo   | y       | piedra   | rosa       | 30 | cm. |  |  |  |  |

Comenzó sondeo nivel piso actual de losas de piedra.

Nivel agua sondeo continuo Nº 3 NO SE ENCONTRO:

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación: 6"  
Sonda tubo: 1"  
Muestradora: 1"  $\frac{1}{4}$   
Peso golpeador: 71 kilos.  
Altura caída golpeador: 70 centímetros.

Sondeo Nº 4 continuo  
 Perforando 6" de diámetro  
 con Perforadora Bucyrus.

| Perforación Total | Penetración 0.50 m. | Número de Golpes | Altura media caída 0.70 m. | Muestra No | Observaciones |   |  |  |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------|---------------|---|--|--|
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano relleno arcilla limosa café cascajo  |  |  |
| 1.00              | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano relleno arcilla limosa café cascajo  |  |  |
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano relleno arcilla limosa café cascajo  |  |  |
| 2.00              | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano relleno arcilla limosa café cascajo  |  |  |
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano relleno arcilla limosa café cascajo  |  |  |
| 3.00              | 50                  | 3                | 70                         | 1          | Arcilla       | limosa arenosa café con raíces  |  |  |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 2          | Arcilla       | limosa arenosa café y arena 2 fina pómez  |  |  |
| 4.00              | 50                  | 1                | 70                         | 3          | Jaborcillo    | verde olivo   |  |  |
| 50                | 50                  | 1                | 70                         | 4          | Jaborcillo    | verde olivo   |  |  |
| 5.00              | 50                  | 2                | 70                         | 5          | Jaborcillo    | verde olivo con pequeñas vetas arena pómez  |  |  |
| 50                | 50                  | 2                | 70                         | 6          | Jaborcillo    | verde olivo   |  |  |
| 6.00              | 50                  | 2                | 70                         | 7          | Jaborcillo    | verde olivo   |  |  |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 8          | Jaborcillo    | verde olivo con veta chica arena gris parda   |  |  |
| 7.00              | 50                  | 4                | 70                         | 9          | Jaborcillo    | verde olivo con veta chica arena gris parda   |  |  |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 10         | Jaborcillo    | verde olivo   |  |  |
| 8.00              | 50                  | 21               | 70                         | 11         | Jaborcillo    | verde olivo y arena 6 compacta gris parda   |  |  |
| 50                | 50                  | 28               | 70                         | 12         | Arena         | finá cuarzosa gris obscura  |  |  |
| 9.00              | 50                  | 47               | 70                         | 13         | Arena         | gruesa gris parda y jaborcillo 5 verde olivo  |  |  |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 14         | Jaborcillo    | verde olivo   |  |  |
| 10.00             | 50                  | 4                | 70                         | 15         | Jaborcillo    | verde olivo   |  |  |
| 50                | 50                  | 5,075            | 70                         | 16         | Jaborcillo    | verde olivo 30 y piedra NO BAJO HERRAMIENTA ESTO ULTIMO SE TRABAJO CON LA PERFORADORA |  |  |

Comenzó sondeo nivel piso actual de losas piedra.

Nivel aqua sondeo continuo Nº 4 NO SE ENCONTRO:

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación: 6"

Sonda tubo: 1"

Muestradora: 1" 1/4

Peso golpeador: 71 kilos.

Altura caída golpeador: 70 centímetros.

Sondeo N° 5, de exploración  
Sondeo para Convento Capuchinas

| Perforación Total | Penetración 0,50 m. | Número de Golpes | Altura media caída 0,75 m. | Muestra No | Observaciones   |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------|---|
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Excavación a mano piso concreto 10 y limo café 40 con Piedras.      |
| 1,00              | 50                  |                  |                            |            | Excavación a mano arcilla café con piedras                          |
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Excavación a mano arcilla café con piedras                          |
| 2,00              | 50                  | 5                | 75                         | 1          | Arcilla limosa café con piedras                                     |
| 50                | 50                  | 3                | 75                         | 2          | Arcilla limosa café con piedras                                     |
| 3,00              | 50                  | 2                | 75                         | 3          | Arcilla limosa café con piedras                                     |
| 50                | 50                  | 810              | 75                         | 4          | Arcilla limosa café y piedras 15 y limo arenoso compacto café claro |
| 4,00              | 50                  | 421              | 75                         | 5          | limo arenoso compacto café 25 y blanco 25 no se penetra             |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 6          | Jaboncillo arnoso gris verde  |
| 5,00              | 50                  | 3                | 75                         | 7          | Jaboncillo arnoso gris verde  |
| 50                | 50                  | 2                | 75                         | NO         | Carga muestra   |
| 6,00              | 50                  | 2                | 75                         | 8          | Jaboncillo gris obscuro   |
| 50                | 50                  | 2                | 75                         | 9          | Jaboncillo gris obscuro y verde olivo 5 cm.                         |
| 7,00              | 50                  | 2                | 75                         | NO         | Carga muestra   |
| 50                | 50                  | 2                | 75                         | 10         | Jaboncillo verde olivo  |
| 8,00              | 50                  | 1                | 75                         | NO         | Carga muestra   |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 11         | Jaboncillo verde olivo y arena pomez café 3 cm.                     |
| 9,00              | 50                  | 6                | 75                         | 12         | Arena limosa pomez café y negra 5 y jaboncillo 15 gris obscuro      |
| 50                | 50                  | 2                | 75                         | 13         | Jaboncillo gris obscuro   |
| 10,00             | 50                  | 3                | 75                         | 14         | Jaboncillo gris obscuro   |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 15         | Jaboncillo gris obscuro   |
| 11,00             | 50                  | 4                | 75                         | 16         | Jaboncillo gris obscuro   |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 17         | Jaboncillo gris obscuro   |
| 12,00             | 50                  | 5                | 75                         | 18         | Jaboncillo gris obscuro y verde olivo 10 cm.                        |
| 50                | 50                  | 8                | 75                         | 19         | Jaboncillo verde olivo y arena limosa O café claro                  |
| 13,00             | 50                  | 7                | 75                         | NO         | Carga muestra   |
| 50                | 50                  | 10               | 75                         | 20         | Arena limosa café claro   |
| 14,00             | 50                  | 5                | 75                         | 21         | Jaboncillo verde olivo  |
| 50                | 50                  | 5                | 75                         | 22         | Jaboncillo verde olivo  |
| 15,00             | 50                  | 4                | 75                         | 23         | Jaboncillo verde olivo y café rojo obscuro 5 cm.                    |
| 50                | 50                  | 5                | 75                         | 24         | Jaboncillo verde olivo y total de arena para                        |
| 16,00             | 50                  | 12               | 75                         | 25         | Jaboncillo verde olivo y limo arenoso café claro 20 cm.             |
| 50                | 50                  | 7                | 75                         | NO         | Carga muestra   |
| 17,00             | 50                  | 3                | 75                         | 26         | Jaboncillo verde olivo  |
| 50                | 50                  | 3                | 75                         | 27         | Jaboncillo verde olivo  |
| 18,00             | 50                  | 4                | 75                         | 28         | Jaboncillo verde olivo  |
| 50                | 50                  | 5                | 75                         | 29         | Jaboncillo verde olivo  |
| 19,00             | 50                  | 5                | 75                         | 30         | Jaboncillo verde olivo  |
| 50                | 50                  | 24               | 75                         | 31         | Jaboncillo verde olivo y vidrio gris blanco 15 cm.                  |
| 20,00             | 50                  | 10               | 75                         | 32         | Jaboncillo gris verde y vetas arena café                            |
| 50                | 50                  | 7                | 75                         | 33         | Jaboncillo gris verde obscuro                                       |
| 21,00             | 50                  | 83               | 75                         | 34         | Jaboncillo gris obscuro y piedra negra 20 cm.                       |
| 50                | 50                  | 8                | 75                         | NO         | Carga muestra   |
| 21,55             | 50                  | 32               | 75                         | 35         | Piedra negra y en 37 golpes con punta 5 cm. no entra                |

Comenzó sondeo piso actual del patio.

Nivel agua sondeo de exploración N° 5 NO EXACTO. 4,05 m.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación: 2" 1/2  
Sonda tubo: 1"  
Muestra: 1" 1/2  
Peso golpeador: 63 kilos.  
Altura caída golpeador: 75 centímetros.

Sondeo N° 6, de exploración  
Sondeo para Convento Capuchinas

| Perforación Total | Penetración 0,50 m. | Número de Golpes | Altura media caída 0,75 m. | Número | Observaciones   |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------|--------|---|
| 50                | 50                  | 2                | 75                         | 1      | Exposición a mano dombrero lp y arcilla limosa café                 |
| 1,00              | 50                  | 3                | 75                         | 2      | Arcilla limosa café obscura   |
| 50                | 50                  | 2                | 75                         | 3      | Arcilla limosa café obscura   |
| 2,00              | 50                  | 2                | 75                         | 4      | Arcilla limosa café obscura   |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 5      | Arcilla limosa café obscura con cascajo                             |
| 3,00              | 50                  | 5                | 75                         | 6      | Arcilla limosa café obscura con cascajo                             |
| 50                | 50                  | 12               | 75                         | 7      | Arcilla limosa negra con grava gruesa negra                         |
| 4,00              | 50                  | 13               | 75                         | 8      | Liso arcilla café obscuro   |
| 50                | 50                  | 5                | 75                         | 9      | Arcilla limosa café obscura   |
| 5,00              | 50                  | 19               | 75                         | 10     | Arcilla limosa café obscura y limo arenoso compacto gris café       |
| 50                | 50                  | 710              | 75                         | 11     | Liso arenoso compacto gris café claro                               |
| 6,00              | 50                  | 510              | 75                         | 12     | Liso arenoso compacto gris café claro                               |
| 7,00              | 50                  | 241              | 75                         | 13     | Liso arenoso compacto gris café claro 35 y limo                     |
| 8,00              | 50                  | 4                | 75                         | 14     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 3                | 75                         | 15     | Jabonillo verde olivo   |
| 8,00              | 50                  | 3                | 75                         | 16     | Jabonillo verde olivo y arena fina negra 2 cm.                      |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 17     | Jabonillo verde olivo   |
| 9,00              | 50                  | 3                | 75                         | 18     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 3                | 75                         | 19     | Jabonillo verde olivo   |
| 10,00             | 50                  | 3                | 75                         | 20     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 2                | 75                         | 21     | Jabonillo gris obscuro  |
| 11,00             | 50                  | 2                | 75                         | 22     | Jabonillo gris obscuro  |
| 50                | 50                  | 2                | 75                         | 23     | Jabonillo gris obscuro  |
| 12,00             | 50                  | 2                | 75                         | 24     | Jabonillo gris obscuro  |
| 50                | 50                  | 5                | 75                         | 25     | Jabonillo gris obscuro y verde olivo y arena gris                   |
| 13,00             | 50                  | 12               | 75                         | 26     | Arena limosa café   |
| 50                | 50                  | 2                | 75                         | 27     | Jabonillo arenoso gris verde  |
| 14,00             | 50                  | 3                | 75                         | 28     | Jabonillo gris verde y verde olivo lp                               |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 29     | Jabonillo verde olivo   |
| 15,00             | 50                  | 4                | 75                         | 30     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 9                | 75                         | 31     | Jabonillo verde olivo y arena limosa café 40 cm.                    |
| 16,00             | 50                  | 4                | 75                         | 32     | Jabonillo gris verde  |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 33     | Jabonillo gris verde  |
| 17,00             | 50                  | 4                | 75                         | 34     | Jabonillo gris verde  |
| 50                | 50                  | 10               | 75                         | 35     | Jabonillo gris verde y olivo lp y limo arenoso lt                   |
| 18,00             | 50                  | 11               | 75                         | 36     | Liso arcilla gris verde   |
| 50                | 50                  | 5                | 75                         | 37     | Jabonillo verde olivo   |
| 19,00             | 50                  | 2                | 75                         | 38     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 39     | Jabonillo verde olivo   |
| 20,00             | 50                  | 3                | 75                         | 40     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 4                | 75                         | 41     | Jabonillo verde olivo   |
| 21,00             | 50                  | 3                | 75                         | 42     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 9                | 75                         | 43     | Carga muestra   |
| 22,00             | 50                  | 3                | 75                         | 43     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 3                | 75                         | 44     | Jabonillo verde olivo   |
| 23,00             | 50                  | 3                | 75                         | 45     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 3                | 75                         | 46     | Jabonillo verde olivo   |
| 24,00             | 50                  | 4                | 75                         | 47     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 3                | 75                         | 48     | Jabonillo verde olivo y café verdoso 10 cm.                         |
| 25,00             | 50                  | 12               | 75                         | 49     | Jabonillo verde olivo y limo arenoso gris verde con grava           |
| 50                | 50                  | 34               | 75                         | 50     | Liso arenoso gris verde con piedra rosa                             |
| 26,00             | 50                  | 12               | 75                         | 51     | Liso arenoso gris verde con grava y vidrio gris blanco              |
| 50                | 50                  | 24               | 75                         | 50     | Carga muestra   |
| 27,00             | 50                  | 12               | 75                         | 50     | Carga muestra   |
| 50                | 50                  | 12               | 75                         | 52     | Jabonillo verde olivo   |
| 28,00             | 50                  | 5                | 75                         | 52     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 6                | 75                         | 54     | Jabonillo verde olivo   |
| 29,00             | 50                  | 7                | 75                         | 55     | Jabonillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 32               | 75                         | 56     | Jabonillo verde olivo y vidrio 5 gris blanco arena 3 con gris parda |
| 30,00             | 50                  | 361              | 75                         | 57     | Arena limosa gris parda y limo compacto café claro                  |
| 50                | 50                  | 81               | 75                         | 58     | Limo arenoso gris obscuro con piedra rosa                           |
| 31,00             | 50                  | 32               | 75                         | 59     | Piedra rosa   |
| 31,30             | 30                  | 191              | 75                         | 60     | Piedra rosa   |

Comenzó sondeo piso actual del piso.

Nivel agua en EXACTO 2,50 m.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación: 2" 1/2

Diámetro: 1"

Diámetro: 1" 1/2

Peso golpeador: 63 kilos.

Altura caída golpeador: 75 centímetros

Sondeo Nº 7, de exploración  
Sondeo para Convento Capuchinas

| Perforación Total | Penetración 0,50 m. | Número de golpes | Altura caída 0,75 m. | Nuestra Nº | Observaciones   |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------|------------|---|
| 50                | 50                  |                  |                      |            | Excavación a mano cascado   |
| 1.00              | 50                  |                  |                      |            | Excavación a mano cascado   |
| 50                | 50                  |                  |                      |            | Excavación a mano cascado   |
| 2.00              | 50                  |                  |                      |            | Excavación a mano cascado   |
| 50                | 50                  | 5                | 75                   | 1          | Arcilla limosa arenosa café   |
| 3.00              | 50                  | 22               | 75                   | 2          | Arcilla limosa negra con piedras rojas                                |
| 50                | 50                  | 8                | 75                   | 3          | Arcilla limosa café oscura  |
| 4.00              | 50                  | 4                | 75                   | 4          | Arcilla limosa café oscura  |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 5          | Arcilla limosa negra 10 y limo arcilloso gris café claro              |
| 5.00              | 50                  | 11               | 75                   | 6          | Limo arcilloso gris café claro  |
| 50                | 50                  | 21               | 75                   | 7          | Limo arcilloso gris café claro  |
| 6.00              | 50                  | 30               | 75                   | 8          | Limo arcilloso gris café claro  |
| 50                | 50                  | 6                | 75                   | 9          | Limo arenoso gris café claro  |
| 7.00              | 50                  | 4                | 75                   | 10         | Limo arenoso gris café claro 5 y Jaboncillo verde olivo con conchitas |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 11         | Jaboncillo verde olivo con conchitas                                  |
| 8.00              | 50                  | 3                | 75                   | 12         | Jaboncillo verde olivo  |
| 50                | 50                  | 2                | 75                   | 13         | Jaboncillo café amarillo 10 y Jaboncillo verde olivo                  |
| 9.00              | 50                  | 2                | 75                   | 14         | Jaboncillo café amarillo 15 y Jaboncillo verde olivo                  |
| 50                | 50                  | 2                | 75                   | 15         | Jaboncillo verde olivo  |
| 10.00             | 50                  | 2                | 75                   | 16         | Jaboncillo verde olivo  |
| 50                | 50                  | 2                | 75                   | 17         | Jaboncillo verde olivo  |
| 11.00             | 50                  | 1                | 75                   | 18         | Jaboncillo gris obscuro   |
| 50                | 50                  | 2                | 75                   | 19         | Jaboncillo gris obscuro   |
| 12.00             | 50                  | 2                | 75                   | 20         | Jaboncillo gris obscuro y 5 Jaboncillo café obscuro                   |
| 50                | 50                  | 2                | 75                   | 21         | Jaboncillo verde olivo  |
| 13.00             | 50                  | 2                | 75                   | 22         | Jaboncillo verde olivo  |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 23         | Jaboncillo verde olivo 10 y Jaboncillo café amarillo                  |
| 14.00             | 50                  | 3                | 75                   | 24         | Jaboncillo café amarillo 5 arena fina gris oscura                     |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 25         | Jaboncillo café amarillo  |
| 15.00             | 50                  | 3                | 75                   | 26         | Jaboncillo café amarillo  |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 27         | Jaboncillo café amarillo  |
| 16.00             | 50                  | 4                | 75                   | 28         | Jaboncillo café amarillo 5 arena pizarra gris café                    |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 29         | Jaboncillo gris claro 15 y Jaboncillo café amarillo                   |
| 17.00             | 50                  | 10               | 75                   | 30         | Jaboncillo café amarillo 20 y limo arenoso gris claro                 |
| 50                | 50                  | 185              | 75                   | 31         | Limo arenoso compacto gris café claro                                 |
| 18.00             | 50                  | 34               | 75                   | 32         | Limo arenoso compacto gris café claro                                 |
| 50                | 50                  | 11               | 75                   | 33         | Limo arenoso gris café claro 10 y arena limosa arcillosa              |
| 19.00             | 50                  | 5                | 75                   | 34         | Arena fina gris clara 15 y Jaboncillo café amarillo                   |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 35         | Jaboncillo café amarillo  |
| 20.00             | 50                  | 38               | 75                   | 36         | Arena fina cuarcosa gris pizarra                                      |
| 50                | 50                  | 7                | 75                   | 37         | Vidrio gris blanco 5 y arena fina gris verde oscura                   |
| 21.00             | 50                  | 7                | 75                   | 38         | Limo arenoso café claro   |
| 50                | 50                  | 7                | 75                   | 39         | Limo arenoso gris café claro  |
| 22.00             | 50                  | 3                | 75                   | 40         | Cargo muestreador   |
| 50                | 50                  | 8                | 75                   | 40         | Limo arenoso gris café claro  |
| 23.00             | 50                  | 32               | 75                   | 41         | Limo arenoso gris café claro  |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 42         | Jaboncillo verde olivo con conchitas                                  |
| 24.00             | 50                  | 2                | 75                   | 43         | Jaboncillo verde olivo con conchitas                                  |
| 50                | 50                  | 1                | 75                   | 44         | Jaboncillo verde olivo con conchitas                                  |
| 25.00             | 50                  | 3                | 75                   | 45         | Jaboncillo verde olivo con conchitas                                  |
| 50                | 50                  | 2                | 75                   | 46         | Jaboncillo verde olivo con conchitas                                  |
| 26.00             | 50                  | 2                | 75                   | 47         | Jaboncillo verde olivo con conchitas                                  |
| 50                | 50                  | 71               | 75                   | 48         | Jaboncillo verde olivo y 20 piedra rosa suelta                        |
| 27.00             | 50                  | 2                | 75                   | 49         | Jaboncillo verde olivo con conchitas                                  |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 50         | Jaboncillo café amarillo con conchitas                                |
| 28.00             | 50                  | 2                | 75                   | 51         | Jaboncillo café amarillo con conchitas                                |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 52         | Jaboncillo café amarillo  |
| 29.00             | 50                  | 3                | 75                   | 53         | Jaboncillo café amarillo  |
| 50                | 50                  | 2                | 75                   | 54         | Jaboncillo café amarillo  |
| 30.00             | 50                  | 3                | 75                   | 55         | Jaboncillo café amarillo  |
| 50                | 50                  | 3                | 75                   | 56         | Jaboncillo verde olivo  |
| 31.00             | 50                  | 33               | 75                   | 57         | Jaboncillo verde olivo, 5 arena fina gris y 10 vidrio gris            |
| 50                | 50                  | 40               | 75                   | 60         | Cargo muestreador   |
| 32.00             | 50                  | 427              | 75                   | 60         | Cargo muestreador pizarra   |

Comenzó sondeo nivel banqueta.

Nivel agua. NO EXACTO. 1,50 m.

Cada muestra cuesta por 2 golpes.

Perforación: 2" 1/2

Sonda tubo: 1"

Muestra: 1" 1/2

Peso golpeador: 63 kilos.

Altura caída golpeador: 75 centímetros.



Sondeo Nº 8, de exploración  
Sondeo para Cimiento Capuchinas

| Perforación total<br>50 | Penetración<br>1,50 m.<br>50 | Número de golpes | Altura media caída<br>0,75 m. | Hueso Nº | Observaciones |  |   |   |   |  |
|-------------------------|------------------------------|------------------|-------------------------------|----------|---------------|--|---|---|---|--|
|                         |                              |                  |                               |          | 1             | 2  | 3 | 4 | 5 |  |
| 1,00                    | 50                           | 12               | 75                            | 2        | Arcilla       | café con cascajo   |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 10               | 75                            | 3        | Arcilla       | arenosa café con cascajo y tezontle                          |   |   |   |  |
| 2,00                    | 50                           | 6                | 75                            | 4        | Arcilla       | arenosa café con cascajo                                     |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 5                | 75                            | 5        | Arcilla       | arenosa café con tezontle                                    |   |   |   |  |
| 3,00                    | 50                           | 2                | 75                            | 6        | Arcilla       | arenosa café con tezontle                                    |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 8                | 75                            | 7        | Arcilla       | arenosa negra  |   |   |   |  |
| 4,00                    | 50                           | 12               | 75                            | 8        | Arcilla       | arenosa negra y limo 5 arenoso café                          |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 41               | 75                            | 9        | Limo          | arenoso compacto café  |   |   |   |  |
| 5,00                    | 50                           | 26               | 75                            | 10       | Limo          | arenoso compacto café lio y arcilla limosa gris café claro   |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 13               | 75                            | 11       | Arcilla       | limosa gris café claro                                       |   |   |   |  |
| 6,00                    | 50                           | 10               | 75                            | 12       | Arcilla       | café obscura   |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 17               | 75                            | 13       | Arcilla       | limosa obscura café obscura                                  |   |   |   |  |
| 7,00                    | 50                           | 10               | 75                            | 14       | Limo          | arenoso café claro   |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 5                | 75                            | 15       | Limo          | arenoso café claro   |   |   |   |  |
| 8,00                    | 50                           | 3                | 75                            | 16       | Limo          | arenoso café 2 y jaboncillo verde olivo con arena fina       |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 1                | 75                            | 17       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 9,00                    | 50                           | 1                | 75                            | 18       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 1                | 75                            | 19       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 10,00                   | 50                           | 1                | 75                            | 20       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 1                | 75                            | 21       | Jaboncillo    | verde olivo y gris plano 5 cm.                               |   |   |   |  |
| 11,00                   | 50                           | 1                | 75                            | 22       | Jaboncillo    | gris plano   |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 2                | 75                            | 23       | Jaboncillo    | gris plano lio y verde olivo con concóctas                   |   |   |   |  |
| 12,00                   | 50                           | 2                | 75                            | 24       | Jaboncillo    | verde olivo con concóctas y arena 2 parda                    |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 2                | 75                            | 25       | Jaboncillo    | verde olivo obscuro  |   |   |   |  |
| 13,00                   | 50                           | 2                | 75                            | 26       | Jaboncillo    | verde olivo obscuro y arena 2 fina charrosa parda            |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 1                | 75                            | 27       | Jaboncillo    | verde olivo obscuro  |   |   |   |  |
| 14,00                   | 50                           | 1                | 75                            | 28       | Jaboncillo    | verde olivo obscuro  |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 3                | 75                            | 29       | Jaboncillo    | verde olivo obscuro y concóctas 5 café                       |   |   |   |  |
| 15,00                   | 50                           | 4                | 75                            | 30       | Conchetas     | café 7 y jaboncillo verde olivo                              |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 2                | 75                            | 31       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 16,00                   | 50                           | 5                | 75                            | 32       | Jaboncillo    | verde olivo y arena 3 parda obscura                          |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 3                | 75                            | 33       | Jaboncillo    | gris verde parbo con concóctas                               |   |   |   |  |
| 17,00                   | 50                           | 3                | 75                            | 34       | Jaboncillo    | gris verde parbo con concóctas                               |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 14               | 75                            | 35       | Jaboncillo    | verde olivo y jaboncillo petrificado 10 verde olivo          |   |   |   |  |
| 18,00                   | 50                           | 45               | 75                            | 36       | Jaboncillo    | compacto 10 olivo y limo arenoso gris verde                  |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 12               | 75                            | 37       | Limo          | Arenoso gris verde   |   |   |   |  |
| 19,00                   | 50                           | 2                | 75                            | 38       | Limo          | arenoso gris verde 5 y jaboncillo verde olivo                |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 1                | 75                            | 39       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 20,00                   | 50                           | 13               | 75                            | 40       | Jaboncillo    | verde olivo y arena 10 suazona parda                         |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 6                | 75                            | 41       | Arena         | charrosa gris parda 10 y jaboncillo l. olivo                 |   |   |   |  |
| 21,00                   | 50                           | 4                | 75                            | 42       | Jaboncillo    | verde olivo con concóctas                                    |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 2                | 75                            | 43       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 22,00                   | 50                           | 5                | 75                            | 44       | Jaboncillo    | verde olivo con concóctas y vidrio lio y limo 5 café obscura |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 9                | 75                            | 45       | Limo          | arenoso café claro   |   |   |   |  |
| 23,00                   | 50                           | 13               | 75                            | 46       | Limo          | arenoso café claro 15 y jaboncillo café claro                |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 2                | 75                            | 47       | Jaboncillo    | café claro limoso  |   |   |   |  |
| 24,00                   | 50                           | 2                | 75                            | 48       | Jaboncillo    | verde olivo café   |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 2                | 75                            | 49       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 25,00                   | 50                           | 2                | 75                            | 50       | Jaboncillo    | verde olivo con concóctas                                    |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 3                | 75                            | 51       | Jaboncillo    | verde olivo con concóctas                                    |   |   |   |  |
| 26,00                   | 50                           | 3                | 75                            | 52       | Jaboncillo    | verde olivo con concóctas                                    |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 221              | 75                            | 53       | Jaboncillo    | vi. olivo 5 y café 15 y piedra redonda parda                 |   |   |   |  |
| 27,00                   | 50                           | 4                | 75                            | 54       | Jaboncillo    | gris verde   |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 2                | 75                            | 55       | Jaboncillo    | gris verde   |   |   |   |  |
| 28,00                   | 50                           | 2                | 75                            | 56       | Jaboncillo    | gris verde 10 y verde olivo                                  |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 2                | 75                            | 57       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 29,00                   | 50                           | 3                | 75                            | 58       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 3                | 75                            | 59       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 30,00                   | 50                           | 4                | 75                            | 60       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 15               | 75                            | 61       | Jaboncillo    | verde olivo y vidrio 10 gris blanco                          |   |   |   |  |
| 31,00                   | 50                           | 80               | 75                            | 62       | Vidrio        | gris blanco y jaboncillo 10 verde olivo                      |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 10               | 75                            | 63       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 32,00                   | 50                           | 3                | 75                            | 64       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 4                | 75                            | 65       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 33,00                   | 50                           | 5                | 75                            | 66       | Jaboncillo    | verde olivo  |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 7                | 75                            | 67       | Jaboncillo    | gris verde claro   |   |   |   |  |
| 34,00                   | 50                           | 5                | 75                            | 68       | Jaboncillo    | gris verde claro   |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 5                | 75                            | 69       | Jaboncillo    | gris verde claro   |   |   |   |  |
| 35,00                   | 50                           | 52               | 75                            | 70       | Jaboncillo    | gris verde claro 5 arena 10 compacta parda                   |   |   |   |  |
| 50                      | 50                           | 60               | 75                            | 71       | Arena         | limosa parda con piedra redonda parda                        |   |   |   |  |

Comenzó sondeo nivel piso actual.  
Nivel agua NO EXACTO. 1,65 m.  
Cada cuadro cuenta por 2 golpes.  
Perforación: 2" 1/2  
Sonda tubo: 1"  
Nuestra: 1" 1/4  
Peso golpeador: 63 libras.  
Altura caída golpeador: 75 centímetros.

## Sondeo Nº 9, de exploración

"Capuchinas"

| Perforación<br>Total<br>50 | Penetración<br>0,50 m.<br>50 | Número<br>de<br>Golpes | Altura<br>media<br>caída<br>0,70 m. | Nues-<br>tra<br>no | Observaciones |   |         |             |
|----------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------|---|---------|-------------|
|                            |                              |                        |                                     |                    | Excavación    | prob. a cielo abierto   | arcilla | limosa café |
| 1.00                       | 50                           |                        |                                     |                    | Excavación    | prob. a cielo abierto   | arcilla | limosa café |
| 50                         | 50                           |                        |                                     |                    | Excavación    | prob. a cielo abierto   | arcilla | limosa café |
| 2.00                       | 50                           |                        |                                     |                    | Excavación    | prob. a cielo abierto   | arcilla | limosa café |
| 50                         | 50                           | 9                      | 70                                  | 1                  | Arellita      | limosa seaca con cascajo  |         |             |
| 3.00                       | 50                           | 10                     | 70                                  | 2                  | Arellita      | limosa seaca con cascajo  |         |             |
| 50                         | 50                           | 7                      | 70                                  | 3                  | Arellita      | limosa seaca  |         |             |
| 4.00                       | 50                           | 8                      | 70                                  | 4                  | Arellita      | limosa seaca y arena 5 café verdosa                             |         |             |
| 50                         | 50                           | 31                     | 70                                  | 5                  | Liso          | arenoso compacto y pefrificado                                  |         |             |
| 5.00                       | 50                           | 13                     | 70                                  | 6                  | Arellita      | limosa café   |         |             |
| 50                         | 50                           | 15                     | 70                                  | 7                  | Arellita      | limosa café   |         |             |
| 6.00                       | 50                           | 16                     | 70                                  | 8                  | Arellita      | limosa gris café  |         |             |
| 50                         | 50                           | 14                     | 70                                  | 9                  | Arellita      | limosa gris café  |         |             |
| 7.00                       | 50                           | 7                      | 70                                  | 10                 | Arellita      | limosa café verdosa y vetas aren. pomez                         |         |             |
| 50                         | 50                           | 5                      | 70                                  | 11                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 8.00                       | 50                           | 2                      | 70                                  | 12                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 50                         | 50                           | 2                      | 70                                  | 13                 | Jabonillo     | verde olivo con vetas arena negra                               |         |             |
| 9.00                       | 50                           | 3                      | 70                                  | 14                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 50                         | 50                           | 1                      | 70                                  | 15                 | Jabonillo     | verde olivo obscuro   |         |             |
| 10.00                      | 50                           | 1                      | 70                                  | 16                 | Jabonillo     | verde olivo obscuro   |         |             |
| 50                         | 50                           | 1                      | 70                                  | 17                 | Jabonillo     | verde olivo obscuro   |         |             |
| 11.00                      | 50                           | 3                      | 70                                  | 18                 | Jabonillo     | verde olivo y limo pefrificado 1 cm.                            |         |             |
| 50                         | 50                           | 2                      | 70                                  | 19                 | Jabonillo     | verde olivo negro   |         |             |
| 12.00                      | 50                           | 2                      | 70                                  | 20                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 50                         | 50                           | 4                      | 70                                  | 21                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 13.00                      | 50                           | 5                      | 70                                  | 22                 | Jabonillo     | verde olivo y arena 3 gris parda                                |         |             |
| 50                         | 50                           | 9                      | 70                                  | 23                 | Arena         | gris parda y limo 1 arenoso café                                |         |             |
| 14.00                      | 50                           | 7                      | 70                                  | 24                 | Liso          | arenoso café verdoso  |         |             |
| 50                         | 50                           | 5                      | 70                                  | 25                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 15.00                      | 50                           | 9                      | 70                                  | 26                 | Jabonillo     | verde olivo y vetas arena fina verde plomo                      |         |             |
| 50                         | 50                           | 6                      | 70                                  | 27                 | Jabonillo     | verde olivo y arena 2 fina gris parda                           |         |             |
| 16.00                      | 50                           | 4                      | 70                                  | 28                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 50                         | 50                           | 5                      | 70                                  | 29                 | Jabonillo     | gris blanco   |         |             |
| 17.00                      | 50                           | 5                      | 70                                  | 30                 | Jabonillo     | gris blanco   |         |             |
| 50                         | 50                           | 19                     | 70                                  | 31                 | Jabonillo     | verde olivo 15 limo pefrificado café obscuro 15 arenoso y vetas |         |             |
| 18.00                      | 50                           | 4                      | 70                                  | 32                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 50                         | 50                           | 10                     | 70                                  | 30                 | Cargo         | muestreador   |         |             |
| 19.00                      | 50                           | 31                     | 70                                  | 33                 | Liso          | café pardo y arena 5 fina verdosa                               |         |             |
| 50                         | 50                           | 23                     | 70                                  | 34                 | Arena         | limosa verde  |         |             |
| 20.00                      | 50                           | 59                     | 70                                  | 35                 | Arena         | fina cuatrada gris verde  |         |             |
| 50                         | 50                           | 19                     | 70                                  | 36                 | Arena         | fina gris verde 10 y 20 jabonillo olivo                         |         |             |
| 21.00                      | 50                           | 9                      | 70                                  | 37                 | Jabonillo     | verde olivo compacto  |         |             |
| 50                         | 50                           | 9                      | 70                                  | 38                 | Arena         | fina parda  |         |             |
| 22.00                      | 50                           | 3                      | 70                                  | 30                 | Cargo         | muestreador   |         |             |
| 50                         | 50                           | 5                      | 70                                  | 39                 | Jabonillo     | verde olivo y arena 5 fina negra                                |         |             |
| 23.00                      | 50                           | 20                     | 70                                  | 40                 | Jabonillo     | Olivo 20 - vidrio 5 - limo café gris 2 y arcilla 1 gris blanca  |         |             |
| 50                         | 50                           | 14                     | 70                                  | 41                 | Liso          | compacto café con gravilla                                      |         |             |
| 24.00                      | 50                           | 11                     | 70                                  | 42                 | Liso          | compacto gris blanco y limo gris verde 5                        |         |             |
| 50                         | 50                           | 10                     | 70                                  | 43                 | Jabonillo     | verde olivo obscuro y arcilla limosa 5                          |         |             |
| 25.00                      | 50                           | 5                      | 70                                  | 44                 | Jabonillo     | verde olivo obscuro   |         |             |
| 50                         | 50                           | 6                      | 70                                  | 45                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 26.00                      | 50                           | 8                      | 70                                  | 46                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 50                         | 50                           | 5                      | 70                                  | 47                 | Jabonillo     | verde olivo   |         |             |
| 27.00                      | 50                           | 18                     | 70                                  | 48                 | Arena         | limosa fina parda   |         |             |
| 50                         | 50                           | 21                     | 70                                  | 49                 | Liso          | gris blanco con vetas pefrificado                               |         |             |
| 28.00                      | 50                           | 10                     | 70                                  | 50                 | Liso          | gris blanco   |         |             |
| 50                         | 50                           | 8                      | 70                                  | 51                 | Jabonillo     | compacto verde olivo  |         |             |
| 29.00                      | 50                           | 7                      | 70                                  | 52                 | Jabonillo     | compacto verde olivo  |         |             |
| 50                         | 50                           | 8                      | 70                                  | 53                 | Jabonillo     | compacto verde olivo  |         |             |
| 30.00                      | 50                           | 21                     | 70                                  | 30                 | Cargo         | muestreador   |         |             |
| 50                         | 50                           | 13                     | 70                                  | 54                 | Jabonillo     | compacto verde olivo  |         |             |
| 31.00                      | 50                           | 105                    | 70                                  | 55                 | Jabonillo     | olivo 21 - arena parda 5 y vidrio 25 cm.                        |         |             |
| 50                         | 50                           | 47                     | 70                                  | 56                 | Vidrio        |   |         |             |
| 32.00                      | 50                           | 48                     | 70                                  | 30                 | Cargo         | muestreador   |         |             |
| 50                         | 50                           | 13                     | 70                                  | 57                 | Jabonillo     | gris verde  |         |             |
| 33.00                      | 50                           | 12                     | 70                                  | 58                 | Jabonillo     | gris verde  |         |             |
| 50                         | 50                           | 8                      | 70                                  | 59                 | Jabonillo     | gris verde  |         |             |
| 34.00                      | 50                           | 7                      | 70                                  | 60                 | Jabonillo     | gris verde  |         |             |
| 50                         | 50                           | 9                      | 70                                  | 61                 | Jabonillo     | gris verde  |         |             |
| 35.00                      | 50                           | 20                     | 70                                  | 62                 | Jabonillo     | gris verde 10 y arena fina gris verde                           |         |             |
| 50                         | 50                           | 12                     | 70                                  | 63                 | Jabonillo     | gris verde y arena 5 fina gris parda v.                         |         |             |
| 36.00                      | 50                           | 9                      | 70                                  | 64                 | Arena         | fina café   |         |             |
| 50                         | 50                           | 14                     | 70                                  | 65                 | Arena         | fina café y limo compacto gris verde con arena                  |         |             |
| 37.35                      | 85                           | 78                     | 70                                  | 66                 | Liso          | compacto gris verde con arena                                   |         |             |

Comento: Sondeo nivel patio basílica.

Nivel agua:

2.00 m.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación:

2"

Sonda tubo:

1"

Muestreador:

1" 1/2

Peso golpeador:

71 kilos.

Altura caída golpeador:

70 centímetros.

Sondeo No 10, de exploración  
Atrás del Altar del Santísimo  
Basílica Santa María de Guadalupe

| Perforación Total | Penetración 0,50 m. | Número de Golpes | Altura media caída 0,70 m. | Nuestra No | Observaciones |  |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------|---------------|--|
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano arcilla café con cascajo                        |
| 1,00              | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano arcilla café con cascajo                        |
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano arcilla café con cascajo                        |
| 2,00              | 50                  |                  |                            |            | Excavación    | a mano arcilla café con cascajo                        |
| 50                | 50                  | 6                | 70                         | 1          | Arcilla       | limosa café con cascajo                                |
| 3,00              | 50                  | 5                | 70                         | 2          | Arcilla       | limosa café con cascajo y arena 2 café                 |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 3          | Arcilla       | limosa café con cascajo                                |
| 4,00              | 50                  | 6                | 70                         | 4          | Arcilla       | limosa café con cascajo                                |
| 50                | 50                  | 23               | 70                         | 5          | Arcilla       | limosa café cascajo y limo 15 petrificado arenoso café |
| 5,00              | 50                  | 119              | 70                         | 6          | Limo          | arenoso petrificado café                               |
| 50                | 50                  | 56               | 70                         | 7          | Limo          | arenoso compacto café y 20 arcilla v. olivo            |
| 6,00              | 50                  | 13               | 70                         | 8          | Arcilla       | limosa arenosa verde olivo y 5 arena pómez             |
| 50                | 50                  | 8                | 70                         | 9          | Arcilla       | limosa verde olivo y arena pómez gruesa                |
| 7,00              | 50                  | 14               | 70                         | 10         | Arena         | pómez parda  |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 11         | Arena         | pómez parda  |
| 8,00              | 50                  | 2                | 70                         | 12         | Arena         | pómez 5 y jaboncillo verde olivo amarillo              |
| 50                | 50                  | 2                | 70                         | 13         | Jaboncillo    | café y arena fina 5 pómez verdosa                      |
| 9,00              | 50                  | 2                | 70                         | 14         | Jaboncillo    | parda  |
| 50                | 50                  | 2                | 70                         | 15         | Jaboncillo    | parda obscuro  |
| 10,00             | 50                  | 3                | 70                         | 16         | Jaboncillo    | parda obscuro  |
| 50                | 50                  | 2                | 70                         | 17         | Jaboncillo    | parda obscuro  |
| 11,00             | 50                  | 7                | 70                         | 18         | Jaboncillo    | verde olivo y arena 5 gruesa pómez                     |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | NO         | Carg          | muestradora  |
| 12,00             | 50                  | 5                | 70                         | 19         | Jaboncillo    | gris plomo 5 y verde olivo                             |
| 50                | 50                  | 8                | 70                         | 20         | Jaboncillo    | v. olivo amarillo y arena 0 pómez parda                |
| 13,00             | 50                  | 5                | 70                         | 21         | Jaboncillo    | v. olivo amarillo 5 y conchitas 2 pardas               |
| 50                | 50                  | 6                | 70                         | 22         | Arena         | fina limosa g. plomo y jaboncillo 5 v. gris            |
| 14,00             | 50                  | 5                | 70                         | 23         | Jaboncillo    | verde olivo  |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 24         | Jaboncillo    | verde olivo  |
| 15,00             | 50                  | 3                | 70                         | 25         | Jaboncillo    | verde olivo  |
| 50                | 50                  | 6                | 70                         | 26         | Jaboncillo    | verde olivo y arena 10 fina parda                      |
| 16,00             | 50                  | 5                | 70                         | 27         | Jaboncillo    | verde gris pardo y 10 gris claro                       |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 28         | Jaboncillo    | verde olivo  |
| 17,00             | 50                  | 4                | 70                         | 29         | Jaboncillo    | verde olivo y café 5 obscuro                           |
| 50                | 50                  | 8                | 70                         | 30         | Arena         | parda con conchitas y jaboncillo 10 olivo              |
| 18,00             | 50                  | 4                | 70                         | 31         | Jaboncillo    | verde olivo  |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 32         | Jaboncillo    | verde olivo  |
| 19,00             | 50                  | 19               | 70                         | 33         | Jaboncillo    | v. olivo y arena 15 fina cuarzoza g. parda             |
| 50                | 50                  | 7                | 70                         | 34         | Arena         | fina cuarzoza g. parda y jaboncillo 15 olivo           |
| 20,00             | 50                  | 6                | 70                         | 35         | Jaboncillo    | verde olivo y conchitas 10 verde pardas                |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 36         | Conechitas    | 10 verdas pardas y jaboncillo verde olivo              |
| 21,00             | 50                  | 3                | 70                         | NO         | Carg          | muestradora  |
| 50                | 50                  | 12               | 70                         | 37         | Jaboncillo    | verde olivo - vidrio 5 - arena 8 y 3. 5 v. olivo       |
| 22,00             | 50                  | 5                | 70                         | 38         | Arena         | fina verde olivo parda                                 |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 39         | Jaboncillo    | gris verde claro                                       |
| 23,00             | 50                  | 3                | 70                         | 40         | Jaboncillo    | verde olivo  |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 41         | Jaboncillo    | verde olivo  |
| 24,00             | 50                  | 3                | 70                         | 42         | Jaboncillo    | verde olivo y arena 5 fina parda                       |
| 24.15             | 15                  | 235              | 70                         | 43         | Piedra rca    |  |

Comenzó sondeo nivel piso actual.

Nivel agua NO EXACTO: 4.60 m.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación: 2"

Sonda tubo: 1"

Muestradora: 1" 1/2

Peso golpeador: 71 kilos.

Altura caída golpeador: 70 - 80 cm. fuerza real.

Sondeo No 11, de exploración  
Segundo Patio Internado Capuchinas

| Profundidad Total | Penetración de 0,50 m. | Número de Golpes | Altura media de caída 0,10 m. | Número de pruebas | Observaciones  |
|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|--|
| 50                | 50                     |                  |                               |                   | Excavación a mano casajo   |
| 1,00              | 50                     |                  |                               |                   | Excavación a mano casajo   |
| 1,50              | 50                     |                  |                               |                   | Excavación a mano casajo   |
| 2,00              | 50                     |                  |                               |                   | Excavación a mano casajo   |
| 50                | 50                     |                  |                               |                   | Excavación a mano casajo   |
| 3,00              | 50                     | 3                | 70                            |                   | Arquilla negro con cascajo   |
| 50                | 50                     | 12               | 70                            | 1                 | lino arcilloso compacto café   |
| 4,00              | 50                     | 3                | 70                            | 2                 | Arquilla negra   |
| 50                | 50                     | 6                | 70                            | 3                 | Arquilla negra y lino arenoso café 15 cm.                            |
| 5,00              | 50                     | 12               | 70                            | 4                 | lino arenoso arcilloso café y petrificado 5 café                     |
| 50                | 50                     | 44               | 70                            | 5                 | lino arenoso compacto café   |
| 6,00              | 50                     | 38               | 70                            | 6                 | lino arenoso compacto café verdoso                                   |
| 50                | 50                     | 26               | 70                            | 7                 | lino arenoso compacto café y arena 5 (fina pomez)                    |
| 7,00              | 50                     | 15               | 70                            | 8                 | lino arcilloso compacto gris verde poca arcilla                      |
| 50                | 50                     | 6                | 70                            | 9                 | lino arenoso verde gris  |
| 8,00              | 50                     | 2                | 70                            | 10                | Jabonillo café   |
| 50                | 50                     | 3                | 70                            | 11                | Jabonillo café 5 y arena parda con conchitas                         |
| 9,00              | 50                     | 2                | 70                            | 12                | Jabonillo café 10 y verde olivo                                      |
| 50                | 50                     | 1                | 70                            | 13                | Jabonillo verde olivo  |
| 10,00             | 50                     | 1                | 70                            | 14                | Jabonillo verde olivo  |
| 50                | 50                     | 2                | 70                            | 15                | Jabonillo verde olivo  |
| 11,00             | 50                     | 2                | 70                            | 16                | Jabonillo pared obscuro  |
| 50                | 50                     | 2                | 70                            | 17                | Jabonillo pared obscuro y café 5 cm.                                 |
| 12,00             | 50                     | 3                | 70                            | 18                | Jabonillo verde olivo y 5 pared obscuro                              |
| 50                | 50                     | 2                | 70                            | 19                | Jabonillo verde olivo  |
| 13,00             | 50                     | 6                | 70                            | 20                | Jabonillo verde olivo con conchitas 5 café y lino 5 petrificado café |
| 50                | 50                     | 9                | 70                            | 21                | Jabonillo verde olivo y arena 10 fina pomez                          |
| 14,00             | 50                     | 3                | 70                            | 22                | Jabonillo verde olivo  |
| 50                | 50                     | 2                | 70                            | 23                | Jabonillo verde olivo con conchitas                                  |
| 15,00             | 50                     | 3                | 70                            | 24                | Jabonillo verde olivo con conchitas                                  |
| 50                | 50                     | 3                | 70                            | 25                | Jabonillo verde olivo  |
| 16,00             | 50                     | 5                | 70                            | 26                | Jabonillo verde olivo y arena 2 parda                                |
| 50                | 50                     | 2                | 70                            | 27                | Jabonillo gris claro   |
| 17,00             | 50                     | 4                | 70                            | 28                | Jabonillo limoso gris claro verdoso                                  |
| 50                | 50                     | 3                | 70                            | 29                | Jabonillo gris verde 5 y verde olivo                                 |
| 18,00             | 50                     | 11               | 70                            | 30                | Jabonillo compacto verde olivo                                       |
| 50                | 50                     | 4                | 70                            | 31                | Jabonillo compacto verde olivo                                       |
| 19,00             | 50                     | 2                | 70                            | 32                | lino verde olivo obscuro   |
| 50                | 50                     | 5                | 70                            | 33                | lino verde olivo obscuro   |
| 20,00             | 50                     | 3                | 70                            | 34                | arena fina limosa verde olivo obscuro                                |
| 50                | 50                     | 40               | 70                            | 35                | arena fina parda verdosa   |
| 21,00             | 50                     | 25               | 70                            | 36                | arena fina cuarcosa gris verde                                       |
| 50                | 50                     | 8                | 70                            | 37                | Jabonillo verde olivo  |
| 22,00             | 50                     | 7                | 70                            | 38                | Jabonillo verde olivo y lino compacto 5 café                         |
| 50                | 50                     | 3                | 70                            | 39                | Jabonillo verde olivo con vetitas chicas vidrio                      |
| 23,00             | 50                     | 3                | 70                            | 40                | Jabonillo verde olivo con vetitas chicas vidrio                      |
| 50                | 50                     | 3                | 70                            | 41                | Jabonillo verde olivo  |
| 24,00             | 50                     | 3                | 70                            | 42                | Jabonillo verde olivo y conchitas 5 café                             |
| 50                | 50                     | 3                | 70                            | 43                | Jabonillo arena olivo  |
| 25,00             | 50                     | 4                | 70                            | 44                | Jabonillo verde olivo  |
| 50                | 50                     | 2                | 70                            | 45                | Jabonillo verde olivo  |
| 26,00             | 50                     | 2                | 70                            | 46                | Jabonillo verde olivo  |
| 50                | 50                     | 12               | 70                            | 47                | Jabonillo verde olivo y lino 5 petrificado gris café                 |
| 27,00             | 50                     | 8                | 70                            | 48                | arena limosa compacta verde olivo y café                             |
| 50                | 50                     | 3                | 70                            | 49                | Jabonillo café con vetas chicas vidrio                               |
| 28,00             | 50                     | 2                | 70                            | 50                | Jabonillo verde olivo  |
| 50                | 50                     | 3                | 70                            | 51                | Jabonillo verde olivo  |
| 29,00             | 50                     | 3                | 70                            | 52                | Jabonillo verde olivo  |
| 50                | 50                     | 5                | 70                            | 53                | Jabonillo verde olivo  |
| 30,00             | 50                     | 5                | 70                            | 54                | Jabonillo verde olivo  |
| 50                | 50                     | 15               | 70                            | 55                | Jabonillo verde olivo y piedra suelta rosa                           |
| 31,00             | 50                     | 22               | 70                            | 56                | Jabonillo verde olivo - vidrio 5 café y piedra suelta rosa           |
| 50                | 50                     | 7                | 70                            | 57                | Jabonillo verde claro 2 y arena 1 fina parda                         |
| 32,00             | 50                     | 2                | 70                            | 58                | arena fina parda 2 y Jabonillo verde olivo                           |
| 50                | 50                     | 3                | 70                            | 59                | Jabonillo gris claro verdoso   |
| 33,00             | 50                     | 60               | 70                            | 60                | Jabonillo v. olivo 2 arena 5 petrificada y piedra 15 parda, rosa     |

Comenzé sondeo nivel piso actual patio.

Nivel agua NO EXACTO: 3,40 m.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación: 2"

Sonde tubo: 1"

Muestradores: 1" x 1/2"

Peso golpeador: 70 kilos.

Altura caída golpeador: 70 centímetros.

Sondeo No 12, de exploración  
Primer Patio Internado Capuchinas

| Perforación Total | Penetración 0,50 m. | Número de Golpes | Altura media caída 0,70 m. | Nuestra No | Observaciones   |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------|---|
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Indicación a mano cascado                             |
| 1,00              | 50                  |                  |                            |            | Indicación a mano cascado                             |
| 50                | 50                  |                  |                            |            | Indicación a mano cascado                             |
| 2,00              | 50                  | 8                | 70                         | 1          | Ardilla café con cascado                              |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 2          | Ardilla café con cascado                              |
| 3,00              | 50                  | 7                | 70                         | 3          | Ardilla café con cascado y 5 arena g. azul y grava    |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 4          | Ardilla limosa café y 5 arena limosa café             |
| 4,00              | 50                  | 3                | 70                         | 5          | Ardilla limosa arenosa café                           |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 6          | Ardilla limosa café con tosca                         |
| 5,00              | 50                  | 33               | 70                         | 7          | Ardilla limosa café 10 y limo petrificado café gris   |
| 50                | 50                  | 42               | 70                         | 8          | Limo arenoso petrificado café verdoso                 |
| 6,00              | 50                  | 49               | 70                         | 9          | Limo arenoso compacto verde gris y 5 arena parda      |
| 50                | 50                  | 20               | 70                         | 10         | Arena limosa verde amarillento y pedos 5              |
| 7,00              | 50                  | 12               | 70                         | 11         | Arena arena pedos                                     |
| 50                | 50                  | 8                | 70                         | 12         | Arena fina café y 5 jaboncillo v. olivo y conchitas   |
| 8,00              | 50                  | 5                | 70                         | 13         | Conchitas v. pedos y jaboncillo café verdoso          |
| 50                | 50                  | 2                | 70                         | 14         | Jaboncillo verde olivo y 5 arena parda                |
| 9,00              | 50                  | 4                | 70                         | 15         | Jaboncillo verde olivo                                |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 16         | Jaboncillo verde olivo y vetas arena fina parda       |
| 10,00             | 50                  | 3                | 70                         | 17         | Jaboncillo verde olivo y vetas arena parda            |
| 50                | 50                  | 2                | 70                         | 18         | Jaboncillo verde olivo y barro obscuro                |
| 11,00             | 50                  | 2                | 70                         | 19         | Jaboncillo pardo obscuro                              |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 20         | Jaboncillo pardo obscuro y 5 café                     |
| 12,00             | 50                  | 3                | 70                         | 21         | Jaboncillo verde olivo                                |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 22         | Jaboncillo verde olivo                                |
| 13,00             | 50                  | 8                | 70                         | 23         | Jaboncillo verde olivo y 5 arena fina pedos           |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 24         | Arena pedos 5 y arena verdosa 2 y jaboncillo olivo    |
| 14,00             | 50                  | 12               | 70                         | 25         | Arena pedos y 5 limo compacto arenoso café            |
| 50                | 50                  | 6                | 70                         | 26         | Limo café verde petrificado y arena 5 pedos           |
| 15,00             | 50                  | 3                | 70                         | 27         | Jaboncillo café amarillito obscuro                    |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 28         | Jaboncillo café amarillito obscuro y 10 verde olivo   |
| 16,00             | 50                  | 3                | 70                         | 29         | Jaboncillo verde olivo                                |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 30         | Jaboncillo gris verde olivo                           |
| 17,00             | 50                  | 3                | 70                         | 31         | Jaboncillo gris claro verboso y vetas vidrio chicas   |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 32         | Jaboncillo gris claro verboso y vetas vidrio chicas   |
| 18,00             | 50                  | 4                | 70                         | 33         | Jaboncillo verde gris                                 |
| 50                | 50                  | 7                | 70                         | 34         | Jaboncillo verde olivo                                |
| 19,00             | 50                  | 4                | 70                         | 35         | Jaboncillo verde gris                                 |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 36         | Jaboncillo compacto gris verde                        |
| 20,00             | 50                  | 8                | 70                         | 37         | Arena fina café pedos verdosa                         |
| 50                | 50                  | 83               | 70                         | 38         | Arena fina verde parda                                |
| 21,00             | 50                  | 79               | 70                         | 39         | Arena cuarzo gris parda                               |
| 50                | 50                  | 8                | 70                         | 40         | Jaboncillo verde olivo                                |
| 22,00             | 50                  | 12               | 70                         | 41         | Arena cuarzo gris parda                               |
| 50                | 50                  | 8                | 70                         | 40         | Catzo maestradora                                     |
| 23,00             | 50                  | 10               | 70                         | 42         | Arena cuarzo gris parda                               |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 40         | Catzo maestradora                                     |
| 24,00             | 50                  | 5                | 70                         | 43         | Jaboncillo verde olivo                                |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 44         | Jaboncillo gris claro verboso                         |
| 25,00             | 50                  | 6                | 70                         | 45         | Jaboncillo verde olivo y 10 conchitas amarillas parda |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 46         | Conchitas 5 pedos y vidrio 5 y limo g. vetas y pedos  |
| 26,00             | 50                  | 8                | 70                         | 47         | Limo arenoso verde gris y jaboncillo 10 olivo         |
| 50                | 50                  | 6                | 70                         | 40         | Catzo maestradora                                     |
| 27,00             | 50                  | 5                | 70                         | 48         | Jaboncillo verde olivo y gris 5                       |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 40         | Catzo maestradora                                     |
| 28,00             | 50                  | 3                | 70                         | 49         | Jaboncillo verde olivo y café 5 cm                    |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 40         | Catzo maestradora                                     |
| 29,00             | 50                  | 5                | 70                         | 50         | Jaboncillo verde olivo y arena 2 fina parda           |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 40         | Catzo maestradora                                     |
| 30,00             | 50                  | 6                | 70                         | 51         | Jaboncillo verde olivo                                |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 40         | Catzo maestradora                                     |
| 31,00             | 50                  | 5                | 70                         | 52         | Jaboncillo verde olivo                                |
| 50                | 50                  | 29               | 70                         | 53         | Piedra rosa parda EXTRO 5 CINTINEROS                  |

Conozco sondeo nivel piso actual de losas piedra.

Nivel agua NO EXACTO: 4,55 m.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación: 2"

Sonda tulo: 1"

Muestradora: 1" 1/4

Peso golpeador: 71 kilos.

Altura caída golpeador: 70 centímetros.

Sondeo N° 13, de exploración  
Interior del Santísimo  
Basílica Santa María de Guadalupe

| Perforación Total | Penetración 0,50 m. | Número de golpes | Altura media caída 0,70 m. | Número | Observaciones  |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------|--------|--|
| 50                | 50                  |                  |                            |        | túnel de la obra   |
| 1,00              | 50                  |                  |                            |        | túnel de la obra   |
| 50                | 50                  |                  |                            |        | túnel de la obra   |
| 2,00              | 50                  |                  |                            |        | túnel de la obra   |
| 50                | 50                  |                  |                            |        | túnel de la obra   |
| 3,00              | 50                  |                  |                            |        | túnel de la obra   |
| 50                | 50                  |                  |                            |        | no liso limo arenoso café con piedra                           |
| 4,00              | 50                  |                  |                            |        | no liso limo arenoso café con piedra                           |
| 50                | 50                  |                  |                            |        | relleno limo arenoso café con piedra                           |
| 5,00              | 50                  |                  |                            |        | no liso limo arenoso café con piedra                           |
| 50                | 50                  | 87               | 70                         | 1      | limo arenoso compacto café                                     |
| 6,00              | 50                  | 75               | 70                         | 2      | limo arenoso compacto café                                     |
| 50                | 50                  | 38               | 70                         | 3      | limo arenoso compacto café                                     |
| 7,00              | 50                  | 10               | 70                         | 4      | limo arenoso café - arena 15 arena 15 jaboncillo - 15 v. olivo |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 5      | jaboncillo verde olivo café                                    |
| 8,00              | 50                  | 4                | 70                         | 6      | jaboncillo verde olivo y arena 15 café parda                   |
| 50                | 50                  | 7                | 70                         | 7      | arena limosa café parda  |
| 9,00              | 50                  | 5                | 70                         | 8      | jaboncillo negro   |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 9      | jaboncillo negro   |
| 10,00             | 50                  | 4                | 70                         | 10     | jaboncillo negro   |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 11     | jaboncillo negro y verde olivo 25 cm.                          |
| 11,00             | 50                  | 5                | 70                         | 12     | jaboncillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 8                | 70                         | 13     | jaboncillo verde olivo y coque café 10 cm.                     |
| 12,00             | 50                  | 3                | 70                         | 14     | jaboncillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 29               | 70                         | 15     | jaboncillo verde olivo y arena 15 limosa parda verde           |
| 13,00             | 50                  | 23               | 70                         | 16     | arena limosa v. parda y limo 20 gris verde                     |
| 50                | 50                  | 10               | 70                         | 17     | limo gris verde y arena 5 cuarzo gris parda                    |
| 14,00             | 50                  | 4                | 70                         | 18     | arena cuarzo gris parda 10 y jaboncillo v. olivo               |
| 50                | 50                  | 9                | 70                         | 19     | jaboncillo verde olivo y arena 10 café parda                   |
| 15,00             | 50                  | 13               | 70                         | 20     | arena fina gris parda y jaboncillo 15 v. olivo                 |
| 50                | 50                  | 7                | 70                         | 21     | jaboncillo verde olivo café                                    |
| 16,00             | 50                  | 5                | 70                         | 22     | jaboncillo verde olivo café                                    |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 23     | jaboncillo verde olivo   |
| 17,00             | 50                  | 19               | 70                         | 24     | jaboncillo verde olivo y limo 30 gris verde                    |
| 50                | 50                  | 29               | 70                         | 25     | limo gris verde  |
| 18,00             | 50                  | 36               | 70                         | 26     | limo gris verde y arena 15 compacta verde olivo                |
| 50                | 50                  | 139              | 70                         | 27     | arena limosa compacta gris verde                               |
| 19,00             | 50                  | 64               | 70                         | 28     | arena limosa compacta gris verde                               |
| 50                | 50                  | 20               | 70                         | 29     | arena limosa verde olivo y jaboncillo 15 olivo                 |
| 20,00             | 50                  | 8                | 70                         | 30     | jaboncillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 7                | 70                         | 31     | jaboncillo verde olivo   |
| 21,00             | 50                  | 59               | 70                         | 32     | jaboncillo verde olivo y vidrio 15 cm                          |
| 50                | 50                  | 17               | 70                         | 33     | vidrio 5 y jaboncillo verde olivo                              |
| 22,00             | 50                  | 9                | 70                         | 34     | jaboncillo verde olivo café                                    |
| 50                | 50                  | 7                | 70                         | 35     | jaboncillo verde olivo   |
| 23,00             | 50                  | 6                | 70                         | 36     | jaboncillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 7                | 70                         | 37     | jaboncillo verde olivo   |
| 24,00             | 50                  | 37               | 70                         | 38     | arena limosa gris verde  |
| 50                | 50                  | 32               | 70                         | 39     | arena limosa v. verde y jaboncillo 15 café verde               |
| 25,00             | 50                  | 6                | 70                         | 40     | jaboncillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 41     | jaboncillo verde olivo   |
| 26,00             | 50                  | 64               | 70                         | 42     | jaboncillo verde olivo - arena 25 compacta verde parda         |
| 50                | 50                  | 53               | 70                         | 43     | arena limosa compacta verde parda                              |
| 27,00             | 50                  | 36               | 70                         | 44     | arena limosa compacta v. parda - 5, 10 v. olivo                |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 45     | jaboncillo verde olivo   |
| 28,00             | 50                  | 7                | 70                         | 46     | jaboncillo verde olivo   |
| 50                | 50                  | 15               | 70                         | 47     | jaboncillo verde olivo y arena fina verde parda                |
| 29,00             | 50                  | 21               | 70                         | 48     | arena v. parda y jaboncillo 15 verde gris                      |
| 50                | 50                  | 35               | 70                         | 49     | jaboncillo verde olivo y arena café coque                      |

FALTA DE ESPESOR  
 45:5:3 cen

Comenzó sondeo nivel piso del Santísimo.  
 Nivel agua NO REACTO: 5,20 m.  
 Cada cuadro cuenta por 2 golpes.  
 Perforación: 2"  
 Sonda tubo: 1"  
 Muestra: 1" x  
 Peso del golpe: 21 libras.  
 Altura caída del tubo: 30 centímetros.

Sondeo No 14, de exploración  
Interior del Santísimo  
Pacífico Santa María de Guadalupe

| Perforación Total | Penetración 0.50 m. | Número de Golpes | Altura media cada 0.70 m. | Huesera No    | Observaciones                                       |
|-------------------|---------------------|------------------|---------------------------|---------------|---|
| 50                | 50                  |                  |                           | nivel         | de la obra  |
| 1.00              | 50                  |                  |                           | nivel         | de la obra  |
| 50                | 50                  |                  |                           | nivel         | de la obra  |
| 2.00              | 50                  |                  |                           | nivel         | de la obra  |
| 50                | 50                  |                  |                           | nivel         | de la obra  |
| 3.00              | 50                  |                  |                           | nivel         | de la obra  |
| 50                | 50                  | 5                | 70                        | 1 Arcilla     | negra   |
| 4.00              | 50                  | 4                | 70                        | 2 Arcilla     | negra   |
| 50                | 50                  | 19               | 70                        | 3 Arcilla     | negra y lino ardenso café 10 cm.                    |
| 5.00              | 50                  | 159              | 70                        | 4 Lina        | arenoso compacto café                               |
| 50                | 50                  | 145              | 70                        | 5 Lina        | arenoso compacto café                               |
| 6.00              | 50                  | 312              | 70                        | 6 Lina        | arenoso compacto café                               |
| 50                | 50                  | 553              | 70                        | 7 Lina        | arenoso compacto café                               |
| 7.00              | 50                  | 38               | 70                        | 8 Lina        | arenoso café arena blanca jaboncillo 10 cm.         |
| 50                | 50                  | 9                | 70                        | 9 Jaboncillo  | verde olivo y arena fina rdar. 10 cm.               |
| 8.00              | 50                  | 7                | 70                        | 10 Arena      | negra 2 y jaboncillo café                           |
| 50                | 50                  | 2                | 70                        | 11 Jaboncillo | café  |
| 9.00              | 50                  | 2                | 70                        | 12 Jaboncillo | café 10 y verde olivo                               |
| 50                | 50                  | 2                | 70                        | 13 Jaboncillo | verde olivo   |
| 10.00             | 50                  | 3                | 70                        | 14 Jaboncillo | verde olivo y negro 30 cm.                          |
| 50                | 50                  | 2                | 70                        | 15 Jaboncillo | negro   |
| 11.00             | 50                  | 2                | 70                        | 16 Jaboncillo | negro y verde olivo obscuro 10 cm.                  |
| 50                | 50                  | 3                | 70                        | 17 Jaboncillo | verde olivo   |
| 12.00             | 50                  | 3                | 70                        | 18 Jaboncillo | verde olivo   |
| 50                | 50                  | 3                | 70                        | 19 Jaboncillo | verde olivo   |
| 13.00             | 50                  | 2                | 70                        | 20 Jaboncillo | verde olivo y café 10 obscuro                       |
| 50                | 50                  | 3                | 70                        | 21 Jaboncillo | café obscuro  |
| 14.00             | 50                  | 3                | 70                        | 22 Jaboncillo | café obscuro  |
| 50                | 50                  | 4                | 70                        | 23 Jaboncillo | café y rojo 5 obscuro                               |
| 15.00             | 50                  | 5                | 70                        | 24 Jaboncillo | rojo obscuro 10 y verde olivo                       |
| 50                | 50                  | 5                | 70                        | 25 Jaboncillo | verde olivo   |
| 16.00             | 50                  | 17               | 70                        | 26 Jaboncillo | verde olivo y arena 10 farda verdosa                |
| 50                | 50                  | 12               | 70                        | 27 Arena      | parte verdosa 15 y jaboncillo verde olivo           |
| 17.00             | 50                  | 3                | 70                        | 28 Jaboncillo | verde olivo   |
| 50                | 50                  | 16               | 70                        | 29 Jaboncillo | verde olivo y vidrio 10 cm.                         |
| 18.00             | 50                  | 29               | 70                        | 30 vidrio     | 15 y jaboncillo verde olivo                         |
| 50                | 50                  | 5                | 70                        | 31 Jaboncillo | verde olivo   |
| 19.00             | 50                  | 28               | 70                        | 32 Jaboncillo | verde olivo y arena 25 limosa gris verde            |
| 50                | 50                  | 37               | 70                        | 33 Arena      | limosa gris verde                                   |
| 20.00             | 50                  | 46               | 70                        | 34 Arena      | limosa gris verde y arena café 15 cm.               |
| 50                | 50                  | 53               | 70                        | 35 Lina       | arenoso café 25 y jaboncillo verde olivo            |
| 21.00             | 50                  | 20               | 70                        | 36 Jaboncillo | verde olivo y vidrio 5 cm.                          |
| 50                | 50                  | 29               | 70                        | 37 vidrio     | 10 cm. y jaboncillo verde olivo                     |
| 22.00             | 50                  | 3                | 70                        | 38 Jaboncillo | verde olivo   |
| 50                | 50                  | 4                | 70                        | 39 Jaboncillo | verde olivo   |
| 23.00             | 50                  | 4                | 70                        | 40 Jaboncillo | verde olivo   |
| 50                | 50                  | 4                | 70                        | 41 Jaboncillo | verde olivo   |
| 24.00             | 50                  | 3                | 70                        | 42 Jaboncillo | verde olivo   |
| 50                | 50                  | 19               | 70                        | 43 Jaboncillo | v. olivo y 15 arena compacta gris verde             |
| 25.00             | 50                  | 36               | 70                        | 44 Lina       | arenoso compacto gris verde                         |
| 50                | 50                  | 45               | 70                        | 45 Lina       | arenoso compacto gris verde                         |
| 26.00             | 50                  | 39               | 70                        | 46 Lina       | arenoso compacto gris verde                         |
| 50                | 50                  | 43               | 70                        | 47 Lina       | arenoso gris verde y 15 jaboncillo olivo            |
| 27.00             | 50                  | 7                | 70                        | 48 Jaboncillo | verde olivo   |
| 50                | 50                  | 24               | 70                        | 49 Jaboncillo | verde olivo y vidrio 20 cm.                         |
| 28.00             | 50                  | 37               | 70                        | 50 vidrio     | 10 cm. y jaboncillo verde olivo                     |
| 50                | 50                  | 8                | 70                        | 51 Jaboncillo | verde olivo   |
| 29.00             | 50                  | 6                | 70                        | 52 Jaboncillo | verde olivo   |
| 50                | 50                  | 5                | 70                        | 53 Jaboncillo | verde olivo   |
| 30.00             | 50                  | 29               | 70                        | 54 Jaboncillo | verde olivo y piedra rosiza café en 5 cm. 34 golpes |

Comenzó sondeo nivel piso del Santísimo.

Nivel aquí IN EXACTO: 5.65 m.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación: 2"  
Sonda tubo: 1"  
Huesera: 1" 1/2  
Peso golpes: 25 libras.  
Altura caída golpes: 20 centímetros.

Sondeo Nº 15, de exploración  
"Capuchinas"

| Perforación<br>Total | Penetración<br>0.50 m. | Número<br>de<br>Golpes | Altura<br>media<br>caída<br>0.70 m. | Mues-<br>tra<br>Nº | Observaciones |   |      |         |         |         |         |   |       |      |  |  |  |  |  |  |
|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------|---|------|---------|---------|---------|---------|---|-------|------|--|--|--|--|--|--|
|                      |                        |                        |                                     |                    |               |   |      |         |         |         |         |   |       |      |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     |                        |                                     |                    | Excavación    | a | mano | cascajo |         |         |         |   |       |      |  |  |  |  |  |  |
| 1.00                 | 50                     |                        |                                     |                    | Excavación    | a | mano | cascajo |         |         |         |   |       |      |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 7                      | 70                                  | 1                  | Cascajo       |   |      | con     | arcilla | café    |         |   |       |      |  |  |  |  |  |  |
| 2.00                 | 50                     | 6                      | 70                                  | 2                  | Arcilla       |   |      | café    | con     | cascajo |         |   |       |      |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 8                      | 70                                  | 3                  | Arcilla       |   |      | limosa  | café    | con     | cascajo |   |       |      |  |  |  |  |  |  |
| 3.00                 | 50                     | 15                     | 70                                  | 4                  | Cascajo       |   |      | café    | con     | grava   | gruesa  | y | pedra | rosa |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 1,354                  | 70                                  | 5                  | Piedra        |   |      | rosa    | del     | cerro   |         |   |       |      |  |  |  |  |  |  |

Comenzó sondeo nivel piso Basílica.

Nivel agua NO SE ENCONTRO.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

En este sondeo se perforó con herramienta que pesa  
350.00 kilos, con altura caída de 60 centímetros.



Sondeo Nº 16, de exploración  
"Capuchinas"

| Perforación<br>Total | Penetración<br>0.50 m. | Número<br>de<br>Golpes | Altura<br>media<br>caída<br>0.70 m. | Mues-<br>tra<br>Nº | Observaciones |        |      |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------|---------------|--------|------|---------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|                      |                        |                        |                                     |                    |               |        |      |               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     |                        |                                     |                    | Excavación    | a      | mano | cascajo       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.00                 | 50                     |                        |                                     |                    | Excavación    | a      | mano | cascajo       |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 13                     | 70                                  | 1                  | Arcilla       | limosa | café | con cascajo   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.00                 | 50                     | 45                     | 70                                  | 2                  | Arcilla       | limosa | café | y Piedra rosa |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 50                   | 50                     | 2,248                  | 70                                  | 3                  | Piedra        | rosa   | del  | corro         |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Comenzó sondeo nivel piso Basílica.

Nivel agua NO SE ENCONTRO.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

En este sondeo se perforó con herramienta que pesa  
350.00 kilos, con altura caída de 60 centímetros.

Sondeo N° 17, de exploración  
"Capuchinas"

| Perforación Total | Penetración 0.50 m. | Número de Golpes | Altura media caída 0.70 m. | Muestra No | Observaciones                                     |
|-------------------|---------------------|------------------|----------------------------|------------|---|
| 50                | 50                  |                  |                            |            | excavación arcilla café y cascabo                 |
| 1.00              | 50                  |                  |                            |            | excavación arcilla café y cascabo                 |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 1          | Arcilla café y cascabo                            |
| 2.00              | 50                  | 4                | 70                         | 2          | Arcilla café y cascabo                            |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 3          | Arcilla arenosa café y cascabo                    |
| 3.00              | 50                  | 3                | 70                         | 4          | Arcilla arenosa café y cascabo                    |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 5          | Arcilla arenosa café                              |
| 4.00              | 50                  | 3                | 70                         | 6          | Arcilla arenosa café                              |
| 50                | 50                  | 6                | 70                         | 7          | Arcilla arenosa café                              |
| 5.00              | 50                  | 9                | 70                         | 8          | Arcilla arenosa gris café                         |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 9          | Arcilla arenosa g. café - 2 negro y arena 2 café  |
| 6.00              | 50                  | 5                | 70                         | 10         | arena café y arcilla 5 gris café                  |
| 50                | 50                  | 21               | 70                         | 11         | Arcilla limosa arenosa 4 gris café y arenosa 5    |
| 7.00              | 50                  | 17               | 70                         | 12         | limo verde oscuro café                            |
| 50                | 50                  | 14               | 70                         | 13         | limo arenoso compacto café                        |
| 8.00              | 50                  | 9                | 70                         | 14         | limo arenoso compacto café y arena 5 verde v.     |
| 50                | 50                  | 12               | 70                         | 15         | arena fina gris aren.                             |
| 9.00              | 50                  | 20               | 70                         | 16         | arena fina gris aren.                             |
| 50                | 50                  | 15               | 70                         | 17         | arena fina gris aren.                             |
| 10.00             | 50                  | 6                | 70                         | 18         | arena fina gris aren. Jaboncillo oliv y arena     |
| 50                | 50                  | 7                | 70                         | 19         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 11.00             | 50                  | 3                | 70                         | 20         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 21         | Jaboncillo verde oliv obscuro                     |
| 12.00             | 50                  | 3                | 70                         | 22         | Jaboncillo verde oliv obscuro                     |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 23         | Jaboncillo verde oliv obscuro                     |
| 13.00             | 50                  | 4                | 70                         | 24         | Jaboncillo verde oliv obscuro                     |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 25         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 14.00             | 50                  | 8                | 70                         | 26         | Jaboncillo verde oliv y arena arenosa 1 ca.       |
| 50                | 50                  | 7                | 70                         | 27         | arena fina arenosa                                |
| 15.00             | 50                  | 6                | 70                         | 28         | limo 5 petrificado y arena fina limosa café       |
| 50                | 50                  | 3                | 70                         | 29         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 16.00             | 50                  | 4                | 70                         | 30         | Jaboncillo verde oliv y café obscuro 15           |
| 50                | 50                  | 5                | 70                         | 31         | Jaboncillo verde oliv y arena 3 pardo             |
| 17.00             | 50                  | 4                | 70                         | 32         | Jaboncillo gris claro                             |
| 50                | 50                  | 4                | 70                         | 33         | Jaboncillo gris claro                             |
| 18.00             | 50                  | 5                | 70                         | 34         | Jaboncillo verde oliv amarillo                    |
| 50                | 50                  | 15               | 70                         | 35         | Jaboncillo verde oliv 10 y limo y oliv y café     |
| 19.00             | 50                  | 14               | 70                         | 36         | arena compacta arenosa                            |
| 50                | 50                  | 16               | 70                         | 37         | arena arenosa gris arenosa arena y vetas café     |
| 20.00             | 50                  | 25               | 70                         | 38         | arena compacta arenosa gris verde                 |
| 50                | 50                  | 72               | 70                         | 39         | arena compacta arenosa gris verde                 |
| 21.00             | 50                  | 61               | 70                         | 40         | arena fina limosa café arena                      |
| 50                | 50                  | 10               | 70                         | 41         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 22.00             | 50                  | 7                | 70                         | 42         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 50                | 50                  | 8                | 70                         | 43         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 23.00             | 50                  | 16               | 70                         | 44         | Jaboncillo verde oliv y limo compacto café verde  |
| 50                | 50                  | 13               | 70                         | 45         | Cargio mestradora                                 |
| 24.00             | 50                  | 57               | 70                         | 46         | 6 arena 20 parda y limo 25 compacto café          |
| 50                | 50                  | 71               | 70                         | 47         | limo compacto café claro con arcilla              |
| 25.00             | 50                  | 162              | 70                         | 48         | limo compacto y petrificado café claro arcilla    |
| 50                | 50                  | 19               | 70                         | 49         | Cargio mestradora                                 |
| 26.00             | 50                  | 10               | 70                         | 48         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 50                | 50                  | 9                | 70                         | 49         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 27.00             | 50                  | 10               | 70                         | 50         | Cargio mestradora                                 |
| 50                | 50                  | 18               | 70                         | 50         | Cargio mestradora                                 |
| 28.00             | 50                  | 25               | 70                         | 50         | Cargio mestradora                                 |
| 50                | 50                  | 27               | 70                         | 50         | Jaboncillo verde oliv 15 y arena limosa arenosa   |
| 29.00             | 50                  | 18               | 70                         | 51         | Jaboncillo compacto y petrificado gris blanco     |
| 50                | 50                  | 16               | 70                         | 52         | Jaboncillo compacto y petrificado gris blanco     |
| 30.00             | 50                  | 10               | 70                         | 53         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 50                | 50                  | 9                | 70                         | 54         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 31.00             | 50                  | 11               | 70                         | 55         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 50                | 50                  | 12               | 70                         | 56         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 32.00             | 50                  | 12               | 70                         | 57         | Jaboncillo verde oliv                             |
| 50                | 50                  | 80               | 70                         | 58         | Jaboncillo verde oliv arena parda 5 y vetas 35    |
| 33.00             | 50                  | 62               | 70                         | 59         | Cargio mestradora                                 |
| 50                | 50                  | 8                | 70                         | 59         | Jaboncillo gris claro                             |
| 34.00             | 50                  | 10               | 70                         | 60         | Jaboncillo gris claro                             |
| 50                | 50                  | 17               | 70                         | 61         | Jaboncillo gris claro y arena petrificado 3 negro |
| 35.00             | 50                  | 56               | 70                         | 62         | arena fina limosa arenosa negra                   |
| 25                | 25                  | 47               | 70                         | 63         | arena cementada negra 20 y limo compacto v. verde |

Comenzó sondeo nivel piso Basílica.

Nivel agua NO EXACTO: 3.55 m.

Cada cuadro cuenta por 2 golpes.

Perforación: 2"

Sonda tubo: 1"

Mostradores: 1" 1/2

Peso golpeador: 71 kilos.

Altura caída golpeador: 70 centímetros.