



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“A R A G O N”

“ PROYECTO Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS SOBRE UNA CIUDAD EN EL LAGO DE TEXCOCO ”

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A**

JOSE MARIA HINOJOSA AGUIRRE

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEX.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CIV 64

595t 29487

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGÓN
MEXICO

JOSE MARIA HINOJOSA AGUIRRE
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 26 de abril del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. GABRIEL GARCIA ALTA - MIRANO pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado - " PROYECTO Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS SOBRE UNA CIUDAD EN EL LAGO DE TEX - COCO ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Re - glamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me per mito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a us ted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., junio 24 de 1982.
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería.
Unidad Académica.
Departamento de Servicios Escolares.
Director de Tesis.

Con gratitud y cariño para
mis padres, a quienes les
debo lo mas preciado

A mis hermanos

RECONOCIMIENTOS

Al M. en I. Gabriel García Altamirano por su invaluable enseñanza y apreciable ayuda en la elaboración de este trabajo

Al Ing. Rubén Frías A. por su ayuda en la elaboración de este trabajo

A Pilar Ocaña por su significativa colaboración en la mecanografía del trabajo

A mis compañeros y amigos de la E.N.E.P. Aragón que me brindaron su apoyo y amistad durante el transcurso de la carrera profesional

I N D I C E

	pag.
I- INTRODUCCION	3
II- ZONIFICACION, ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES MECANICAS DEL EX-LAGO DE TEXCOCO	6
11.1 Introducci3n	6
11.2 Zonificaci3n	8
11.3 Estratigrafia	11
11.4 Propiedades Indice	14
11.5 Propiedades Mec3nicas	14
11.6 Conclusiones sobre estratigrafia y propiedades mec3nicas	23
III- ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES PARA TERRACERIAS Y PAVIMENTOS	33
111.1 Generalidades	33
111.2 Localizaci3n de bancos	33
111.3 Bancos para capa subrasante y terracerias	38
111.4 Bancos para sub-base	41
111.5 Bancos para base y carpeta	43
111.6 Explotaci3n de Bancos	47
ANEXO 111.1 Datos de bancos de materiales para la construcci3n de las vialidades	49
IV- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE SECCIONES ESTRUCTURALES	60
IV.1 Pavimento Rfido	61
IV.2 Pavimento Flexible	61
IV.3 Pavimento mixto utilizando una losa de concreto hidr3ulico entre las capas de la secci3n estruc- tural y una carpeta de concreto asf3ltico	64

	pag.
IV.4 Pavimento que tiene adoquín como superficie de rodamiento	64
IV.5 Pavimentos Flexibles auxiliados con Georedes	64
V- EXPERIENCIAS AL RESPECTO EN LA ZONA ADYACENTE	66
V.1 Pavimentación de Ciudad Netzahualcóyotl	66
V.2 Comentarios	69
VI- DISEÑO DEL PAVIMENTO	71
VI.1 Obras provisionales y definitivas en zonas donde no existen terracerías	75
VI.2 Obras provisionales y definitivas en zonas donde existen terracerías	84
ANEXO VI.1 Datos de las estructuras existentes en las vialidades	90
VII- PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION PARA LAS OBRAS PROVISIONALES Y DEFINITIVAS	94
VII.1 Procedimientos de construcción para obras donde no existen terracerías	94
VII.2 Procedimientos de construcción para obras donde ya existen terracerías	99
VIII- NORMAS DE CALIDAD	103
VIII.1 Especificaciones para la terracería	104
VIII.2 Especificaciones para la sub-base y la base	105
VIII.3 Especificaciones para los materiales asfálticos	106
VIII.4 Especificaciones para el riego de impregnación	107
VIII.5 Especificaciones para la carpeta asfáltica por el sistema de riegos	107
VIII.6 Especificaciones para la carpeta de concreto asfáltico	108

VIII.7	Especificaciones para las losas de concreto hidráulico	109
IX-	TRAMOS DE PRUEBA	112
IX.1	Tramo de prueba con geored	112
IX.2	Tramo de prueba con losa de concreto hidráulico	114
X-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
XI-	BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS	121

El trabajo que se presenta a continuación consiste en el proyecto y procedimientos de construcción de pavimientos urbanos en lo que constituirá la Ciudad de Chimalhuacán del Estado de México, la que se encuentra situada dentro de la zona del Lago de Texcoco, en el Valle de México.

Los estudios demográficos indican que la Ciudad de México junto con otros centros urbanos e industriales instalados en el Valle de México sufren un crecimiento acelerado, estimándose que la población de conjunto ascenderá a 30 millones de habitantes para el año 2000 por lo que será inevitable la ocupación y en consiguiente, la urbanización de superficie como la del Lago de Texcoco.

El espejismo de la gran Ciudad que atrae a un sin número de personas, aunado a esto la alta tasa de natalidad local hacen que se pre

sente el problema de la urbanización, como una necesidad de los asentamientos humanos. En el Municipio de Chimalhuacán particularmente, se ha venido observando un aumento acelerado en su población, contando ya para 1982 con un total de 40,000 habitantes, y una estimación de un aumento de 20 a 25 casas diarias.

La ocupación en forma irregular y sin control de los terrenos de Chimalhuacán presentaba graves problemas, uno de ellos era el de la insalubridad ya que gran parte de la zona se inunda en la época de lluvias y genera tolvaneras en época de estiaje.

Se hizo imperiosa la necesidad de planear completamente su urbanización, en primer lugar resolviendo el problema de la habitación con la construcción de vivienda barata para el reacomodo de las personas, que en su mayoría son de escasos recursos; y el control total de nuevos asentamientos humanos.

La dotación de los servicios municipales, tales como la pavimentación de las calles, junto con el suministro de agua potable, el sistema de alcantarillado y la instalación eléctrica, serán también esenciales para el desarrollo de la región.

Dentro de los trabajos de urbanización está el de la vialidad y para ello se requiere diseñar los pavimentos para que satisfagan las necesidades actuales y futuras de la Ciudad de Chimalhuacán; el proyecto es de gran interés debido a que por su localización dentro de la Zona del Lago de Texcoco y por tratarse de arcillas blandas y compresibles representa un reto para la ingeniería mexicana.

El suelo de la zona donde se hará la urbanización se caracteriza por su poca resistencia al esfuerzo cortante principalmente, pero también por su compresibilidad que da origen a la presencia de grandes hundimientos diferenciales en las construcciones y la existencia de un mal drenaje regional.

El proyecto se basará en el análisis y la aplicación de las teorías y métodos que se tienen en la actualidad para el diseño de pavimentos del tipo flexible en suelos blandos, aunando a esto las experiencias que se tengan al respecto, como son las repavimentación de la Ciudad Netzahualcóyotl.

II - ZONIFICACION, ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES MECANICAS DEL

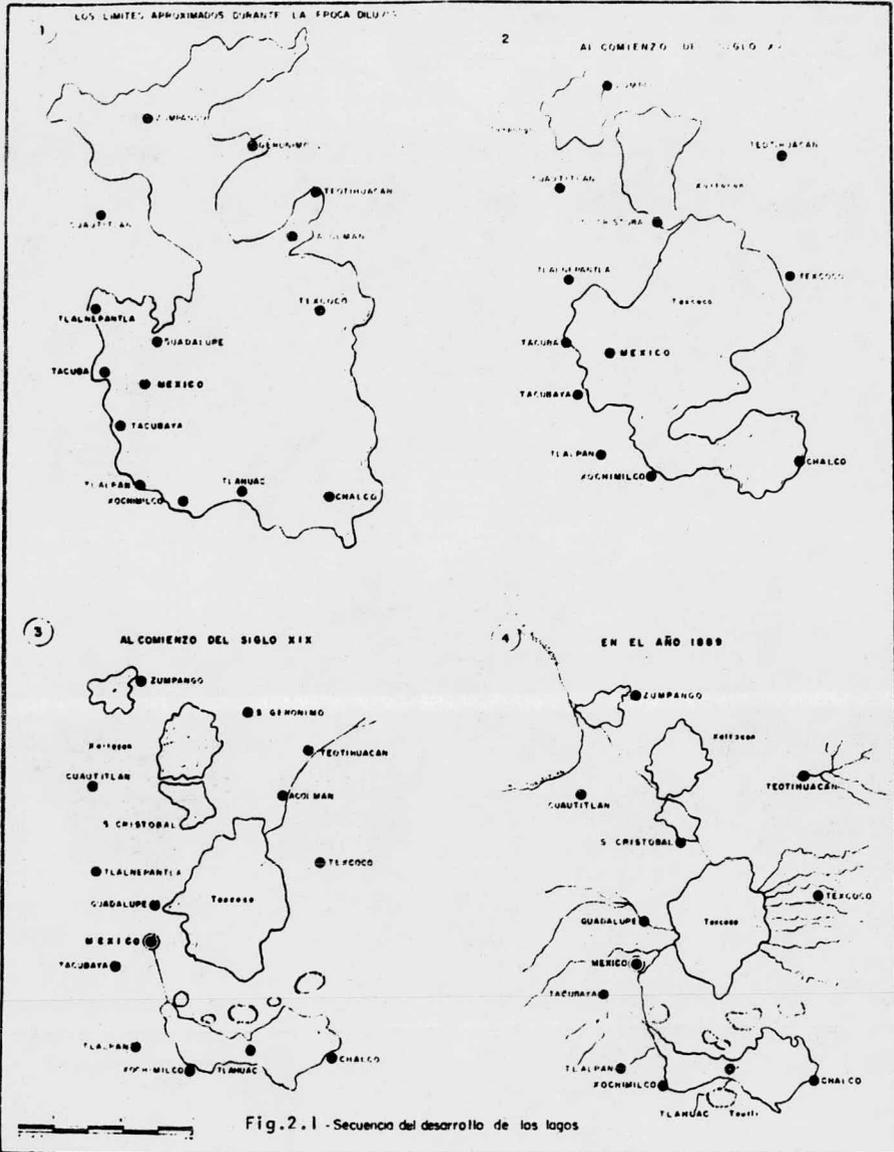
EX-LAGO DE TEXCOCO

II. 1 INTRODUCCION

Al noroeste de la Ciudad de México existe una superficie de casi 150 km² formada por los terrenos que ocupaban las aguas del Lago de Texcoco y que hoy por obras realizadas en el pasado se ha transformado en un desierto.

Haciendo un breve análisis histórico de la evolución de los Lagos de la Cuenca del Valle de México podemos ver que desde la Época Diluvial la cuenca se caracterizó por su gran acumulación de agua extendiéndose en un solo gran Lago (Ver fig. 2. 1), ya para la época de los aztecas existían cuatro lagos bien delimitados, estos eran: Texcoco, Chalco, Zumpango y Xaltocan; los cuales no tenían una salida natural hacia otras cuencas y solamente el agua se evaporaba. Durante el primer siglo de dominación española y a raíz de la inundación de la capital en 1604 Enrico Martínez construyó el Túnel de Nochistongo, el cual se transformó años más tarde en el Tajo abierto del mismo nombre a consecuencia de derrumbes que obstruyeron el citado túnel. A fines del siglo pasado se abrió el Túnel de Tequisquiác y el Gran Canal del Desagüe, que conecta el drenaje de la Ciudad de México con la cuenca del Río Moctezuma. Hace tres décadas se puso en operación el segundo túnel de Tequisquiác, también alimentado por el Gran Canal.

Tanto la apertura del Tajo de Nochistongo como la construcción de los túneles de Tequisquiác produjeron la desecación del Lago de Texco-



co, que actualmente es una región semidesértica que se ocupa parcialmente con aguas negras bombeadas y con las provenientes de la desviación combinada y los ríos del oriente en la temporada de lluvias.

La topografía de la región es prácticamente plana en el ex-lago, con algunos promontorios aislados como el Cerro del Peñón, Peñón del Marqués y el Cerro de Chimalhuacán. Hacia el este se levantan las Sierras de Calpulalpan y Río Frío y hacia el Oeste la Sierra de Guadalupe. La transición entre estas zonas es gradual hacia el Oriente y --abrupta hacia la Sierra de Guadalupe y el Cerro de Chimalhuacán.

11. 2 ZONIFICACION

En base a la información que se ha recopilado hasta la actualidad (Ver Ref 2) se hizo una zonificación tentativa de la región del Lago de Texcoco (Ver Fig. 2.2) indicándose las zonas lacustre, pétreo y de transición. Notándose que en la zona norte no fue posible realizar una zonificación por falta de información.

Es posible subdividir la " Zona del Lago " en dos grandes áreas; una sujeta a bombeo en la que las arcillas tienen mayores presiones de consolidación y posee altas concentraciones de sólidos disueltos y -- otra poco influenciada por este efecto, con menores concentraciones de sales y sólidos disueltos.

Para la zona de transición los sondeos llevados a cabo muestran claramente la intercalación de estratos arenosos, limosos y arcillosos. Los materiales encontrados en la parte oriental y occidental son: are-

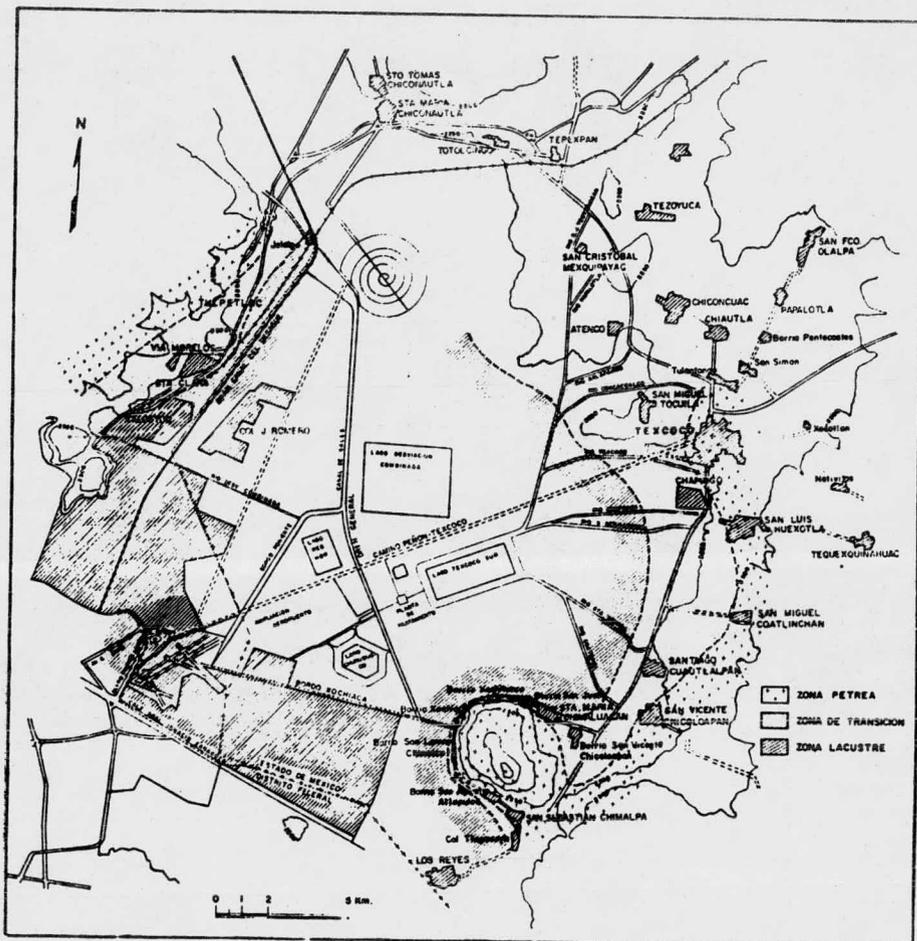


Fig. 2.2 Zonificación del Ex-lago de Texcoco

nas finas limpias, limosas y arcillosas, en ocasiones con gravas, en estado suelto o compacto, su contenido de agua es inferior a 25% ; arcillas de media hasta alta compresibilidad con estratos delgados de arena fina negra, microfósiles, limo y vidrio volcánico, tiene un contenido de agua variable entre 35% y 425% ; arcillas firme a muy firmes - (CL) de baja compresibilidad con arena fina y limo, tiene contenidos de agua entre 10 y 40% y se encuentran a poca profundidad; limos arenosos en estado suelto a medianamente compacto y contenidos de agua comprendidos entre 30 y 90%. Estos materiales se encuentran intercalados sin una secuencia común con espesores y propiedades muy variables.

En el suroeste del ex-vaso, rodeando al cerro del Peñón, se encuentran perfiles característicos de esta zona, existiendo rellenos, arenas limosas en estado suelto, arcillas de alta plasticidad intercaladas con lentes de arena fina, vidrio volcánico, tobas limoarenosas y grava. Bajo estos estratos se localiza una toba andesítica poco fracturada.

Sobre la zona pétreo hay poca información y solo se tiene evidencia de que las poblaciones de Tezoyuca, Texcoco, Huexotla, Coatlinchán y la parte alta de Chimalhuacán se encuentran asentados en esa zona, cuyo suelo es principalmente basalto y brecha volcánica basáltica.

A continuación serán analizados la estratigrafía y las propiedades índice y mecánicas de la zona lacustre que es la más extensa, y dentro de la cual se alojarán las obras de vialidad de este proyecto.

11.3 ESTRATIGRAFIA

En virtud de la importancia que tienen las formaciones lacustres del Valle de México en las obras de ingeniería, su distribución y propiedades han sido ampliamente estudiadas principalmente en la zona urbana. De acuerdo a los estudios realizados, las formaciones superiores del subsuelo en la zona del ex-vaso de Texcoco, son similares en su origen y propiedades a las que se localizan bajo la Ciudad de México, pudiendo distinguirse las siguientes formaciones; Superficial, Arcillosa Superior, Capa Dura, Arcillosa Inferior y Depósitos Profundos.

En base a las exploraciones efectuados en la Zona Federal del Lago y áreas circunvecinas, en ocasión del Simposio del Subsuelo y la Ingeniería de Cimentaciones en el Area Urbana del Valle de México, ocurrida en marzo de 1978, la configuración del subsuelo es hoy conocida en las zonas Poniente, Sur y Central (Ref. 1).

La mineralogía de las arcillas del Valle de México ha sido estudiada en varias ocasiones. La más reciente concluye que la fracción arcillosa del subsuelo de la Ciudad de México está compuesta por montmorilonita criptocristalina (cristales sin morfología definida) en un sistema de alto contenido de Ca^{++} asociado a calcita, clásticos basálticos y algo de cristobalita, así como un alto contenido de restos de diatomeas.

Las formaciones existentes en la zona lacustre del Valle de México se describen a continuación:

11.3.1 MANTO SUPERFICIAL (MS)

Constituido por arcillas consolidadas por secado, arenas limosas y limos arcillosos con un contenido de agua promedio de 61%, su espesor medio es de 1.5 m, el que aumenta en las zonas cercanas a la Sierra de Guadalupe a 6 m aproximadamente. En las zonas de inundación permanente y en aquellas recientemente expuestas a secado, no es apreciable este estrato o tiene unos cuantos centímetros de espesor.

11.3.2 FORMACION ARCILLOSA SUPERIOR (FAS)

Su espesor varía, en dirección Norte-Sur de 17 m aproximadamente en el Caracol a más de 40 m en el bordo Xochiaca, como se aprecia en la fig. 2.3. En dirección Oriente Poniente, varía entre 38 y 17 m, -- del kilómetro 3 al 13 del camino Peñón-Texcoco (ver fig. 2.4). Está formada por arcillas de origen volcánico-lacustre altamente compresibles, intercalada por bolsas y estratos arenosos, limoarenosos y de vidrio volcánico a diversas profundidades, destacandose una capa de arena negra en estado suelto, en ocasiones limosa con espesor variable entre 0.2 y 2 m, a profundidades comprendidas entre 3 m en las zonas Norte y Oriente, 3 a 8 m en la zona Poniente y 12 m en Cd. Netzahualcóyotl; su contenido de agua medio es de 44%. Sobre este estrato arenoso se localizan las arcillas con menor resistencia al corte, con contenido de agua promedio de 294%, y valores máximos superiores a 600%.

11.3.3 CAPA DURA (CD)

En el Lago de Texcoco, el horizonte de desecación denominado capa dura varía de 3.5 m en el Norte y Oriente hasta desaparecer en ocasio-

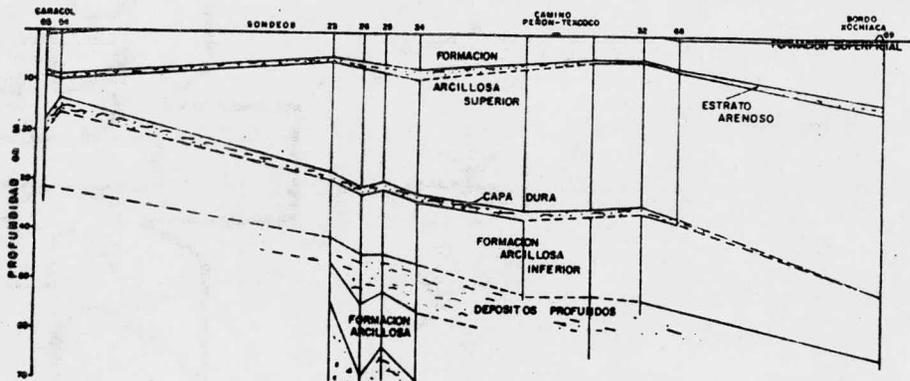
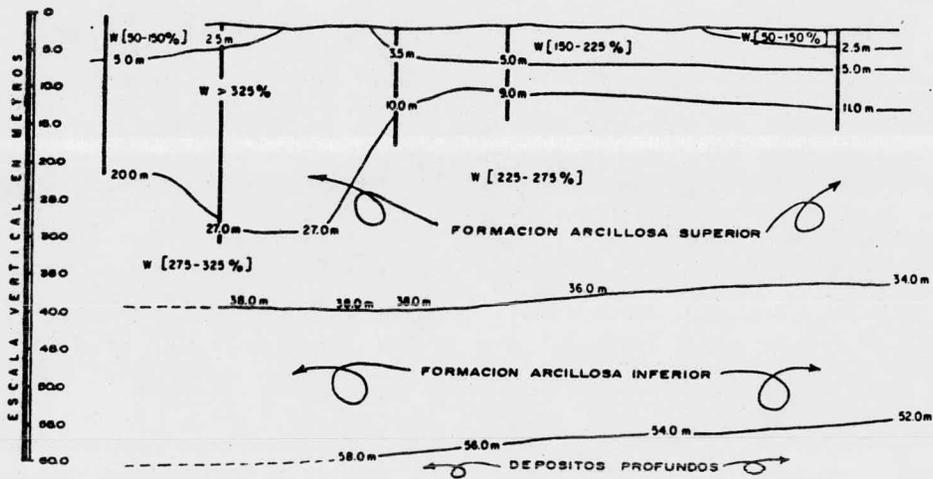
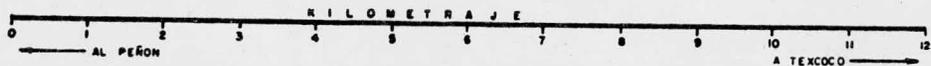


Fig. 2.3 Perfil del Lago de Texcoco. Dirección N-S.



NOTAS
 La escala vertical del 0, corresponde a la elev. 2237.90 m. referida al nivel medio del mar
 W Contenido natural de agua

Fig. 2.4 Perfil de suelos a lo largo de la carretera Peñón-Tezcoco. Origen en Unidad Aragón.

nes en la vecindad de Cd. Netzahualcóyotl; en la zona Poniente es muy complicado identificarlo con precisión, ya que en ella proliferan depósitos compactos y sueltos con propiedades semejantes a las de la llamada capa dura. La constituyen primordialmente suelos limoarenosos, arenosos y limosos intercalados en ocasiones por materiales arcillosos. Su contenido de agua medio es de 59% y su resistencia a la penetración estándar es notablemente variable, aún para la misma zona, con valores extremos de 8 a más de 50 golpes.

11.3.4 FORMACION ARCILLOSA INFERIOR (FAI)

Del mismo origen y características que la superior se diferencia de esta por su menor contenido de agua medio, que es de 255% y por tener menor compresibilidad y mayor resistencia al corte. En ella se localizan también lentes y estratos limoarenosos y de vidrio volcánico. Tiene un espesor variable entre 20 m al centro del Lago, disminuyendo hacia la periferia a 3 m en la zona Oriente. En la zona Poniente su espesor decrece rápidamente de la Vfa Morelos hasta desaparecer en la Sierra de Guadalupe.

11.3.5 DEPOSITOS PROFUNDOS SUPERIORES

Conocidos también como segunda capa dura, están constituidos por limos, arenas finas y limosas muy compactas. Su profundidad está comprendida entre 24 m en la parte Oriente, a más de 64 m en las inmediaciones del Bordo Xochiaca. Tiene un contenido de agua cercano al 50% y una resistencia a la penetración estándar mayor a 50 golpes.

11.3.6 TERCERA FORMACION ARCILLOSA

De acuerdo con estudios, exploraciones y trabajos de perforación realizados para la instalación de los sistemas de bombeo bajo los lagos Desviación Combinada y Texcoco Sur, existe de bajo de los depósitos profundos una formación compresible de espesor superior a 6 m , cuyo contenido de agua medio es de 147%, con valores máximos del orden de 280%.

11.3.7 DEPOSITOS PROFUNDOS INFERIORES

Subyacente a la anterior formación, se localizan estratos arenosos, limosos y limoarenosos, que en ocasiones contienen arcilla y gravas, su contenido medio de agua es de 37%.

11.4 PROPIEDADES INDICE

En la tabla 2.1 se presentan los promedios pesados obtenidos de 91 sondeos de la zona del lago, reportándose las propiedades índice, la resistencia al corte en compresión no confinada y el número de determinaciones efectuadas en las formaciones.

11.5 PROPIEDADES MECANICAS

11.5.1 COMPRESIBILIDAD

Las características de compresibilidad del Lago de Texcoco son más

TABLA 2.1 VALORES MEDIOS DE PROPIEDADES INDICE EN LAS FORMACIONES DEL LAGO DE TEXCOCO												
PROPIEDADES	CONTENIDO NATURAL DE AGUA W (%)		LIMITE LIQUIDO LL (%)		LIMITE PLASTICO LP (%)		DENSIDAD DE SOLIDOS S _g		RELACION DE VACIOS		RESIS. AL CORTE S _{qu} (Kg/cm ²)	
	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n	VALOR MEDIO	n
FORMACION SUPERFICIAL	61	112	99	15	44	15	2.50	24	1.7	23	0.15	23
FORMACION ARCILLOSA SUPERIOR	303	3355	301	624	71	624	2.46	2479	7.3	2466	0.13	1707
CAPA DURA	59	109	71	24	37	24	2.53	9	1.2	9	0.88	8
FORMACION ARCILLOSA INFERIOR	255	950	242	188	66	179	2.45	604	5.9	604	0.32	271
DEPOSITOS PROFUNDOS SUPERIORES	49	476	94	54	47	54	2.42	8	1.5	8	0.34	2
TERCERA FORMACION ARCILLOSA	147	227	182	50	68	50	2.27	6	3.5	6	0.48	5
DEPOSITOS PROFUNDOS INFERIORES	37	298	48	26	25	26						
n — NUMERO DE DETERMINACIONES												

TABLA 2.2 VALORES MEDIOS DE LA RESISTENCIA AL CORTE												
FORMACION	S _o	n	S _{qu}	n	S _{v MAX}	n	S _{qu}	n	S _{v RES}	n	S _{v MAX}	S _{v RES}
	Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²		Kg/cm ²			
ARCILLOSA SUPERIOR	0.213	69	0.128	172	0.218	294	0.131	151	0.064	176		3.17
ARCILLOSA INFERIOR	0.393	13	0.248	44	0.526	6	0.31	24				
S _o — RESISTENCIA AL CORTE EN PRUEBA NO CONSOLIDADA NO DRENADA S _{qu} — RESISTENCIA AL CORTE EN PRUEBA DE COMPRESION NO CONFINADA S _{v MAX} — RESISTENCIA AL CORTE IN SITU S _{v RES} — RESISTENCIA AL CORTE RESIDUAL IN SITU n — NUMERO DE DETERMINACIONES												

desfavorables que las de la Ciudad de México, y se distinguen dos zonas, una similar a la zona virgen y otra en que las arcillas tienen mayor consolidación debido al bombeo. Los coeficientes de compresibilidad medios en la proximidad de la carga de preconsolidación son de 4.14 y 1.54 cm²/Kg para las formaciones arcillosas superior e inferior respectivamente; los valores máximos son del orden de 10 cm²/Kg y se presentan bajo la zona afectada por secado de la FAS, disminuyendo con la profundidad. En la fig. 2.5 se muestra el contenido de agua, resistencia al corte en compresión no confinada, las curvas de compresibilidad y la distribución de presiones efectivas debidas a peso propio contra profundidad de un sondeo representativo de la zona de bombeo, y en la fig. 2.6 un perfil representativo de la zona poco influenciado por este efecto.

El índice de compresibilidad está comprendido entre 11 y 0.8 cm²/kg para la FAS y entre 7 y 1 para FAI.

11.5.2 RESISTENCIA AL CORTE

En la tabla 2.1 se pueden ver los valores medios de resistencia al corte de la prueba de compresión no confinada para las distintas formaciones estratigráficas del Lago de Texcoco.

Las pruebas triaxiales de resistencia media no consolidada y no drenada para la FAS y la FAI reportaron una diferencia de resultados con respecto a las pruebas de compresión no confinada a razón de 1.66 y 1.58 para la FAS y la FAI respectivamente. En la tabla 2.2 se consiguen los valores medios de las resistencias mencionadas y el número de determinaciones por formación.

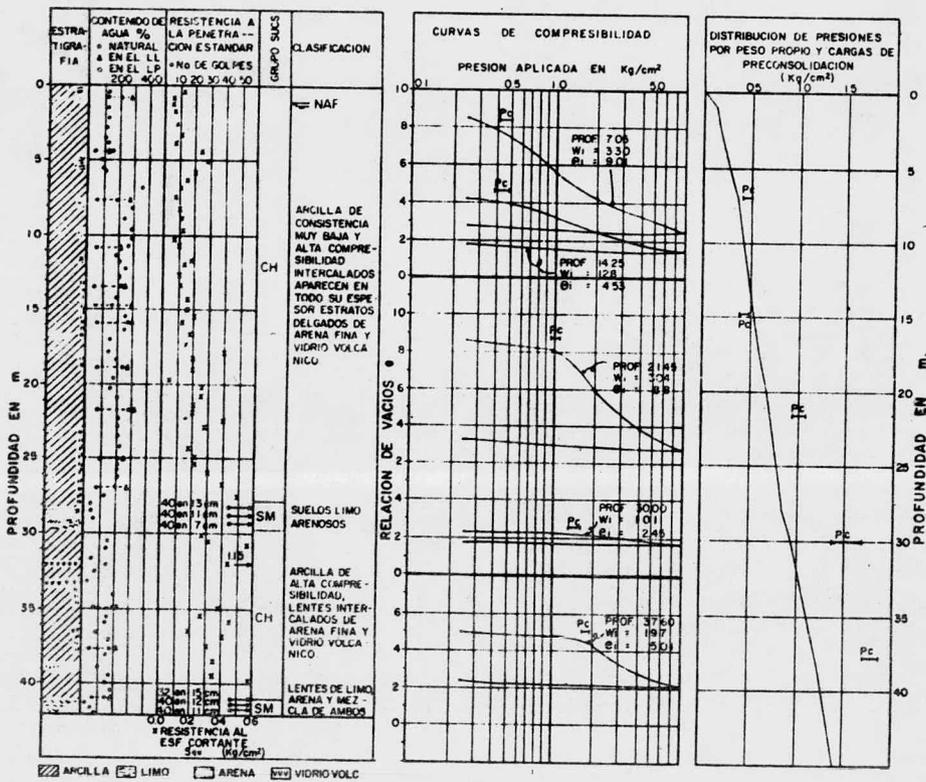
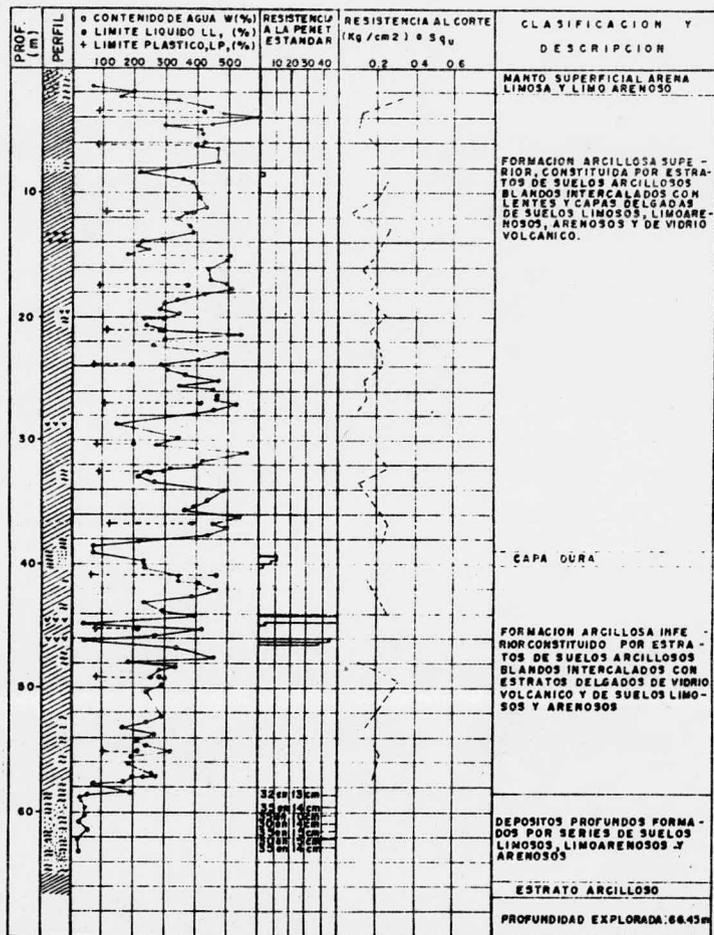


Fig.2.5 Propiedades índice y mecánicas de un sondeo representativo de la zona de bombeo



- S I M B O L O S
-  ARCILLA
 -  LIMO
 -  ARENA
 -  FOSILES
 -  VIDRIO VOLCANICO
- 5 q_u RESISTENCIA AL CORTE EN COMPRESION NO CONFINADA

Fig. 2.6 Estratigrafía y propiedades mecánicas del subsuelo en Zona del Lago no sujeta a bombo

En la tabla 2.2 tambien se reportan los valores de las resistencias máximas y residuales "In situ" obtenidas de 13 sondeos, mediante pruebas con una veleta especial para suelos blandos; tambien se reportan valores de pruebas de resistencia al corte en compresión no confinada realizadas paralelamente a las pruebas de campo con sondeos de lugares adyacentes a donde se realizaron dichas pruebas. La relación de resistencias in situ máxima y no confinada es de 1.66 y de 1.69 para la FAS y FAI respectivamente; esta última no es representativa en virtud del reducido número de pruebas.

Realizando pruebas de veleta en diferentes épocas se pudo conocer la variación de la resistencia in situ con el tiempo de un suelo. La prueba se hizo en etapas remoldeando el material para modificar su estructura original y dejando reposar el suelo 20 minutos a fin de estudiar la recuperación de resistencia. En la fig.2.7 se observa la gráfica esfuerzo tiempo correspondiente a una prueba efectuada a una profundidad de 6.5 m.; de la cual se puede interpretar que la estructura del suelo influye preponderantemente en la resistencia al corte - pues la mayor variación en la disminución se tiene al pasar de la primera a la segunda prueba; en cambio al pasar de la segunda a la cuarta su porcentaje de variación es menor; por otra parte en el resultado de la prueba tres se tiene que bastaron 20 minutos para que la resistencia se incrementara debido a la recuperación que tuvo el suelo.

Los resultados de unas pruebas triaxiales consolidadas no drenadas efectuadas a muestras inalteradas obtenidas a 2.5 m. de profundidad muestran un valor aparente de 34° de ángulo de fricción interna. En otra serie de pruebas consolidadas no drenadas realizadas en compresión y extensión con velocidad de deformación constante durante la eta

No. de Prueba	Resistencia Máxima ton/m ²	Disminución Respecto al Máximo (%)
1a. Prueba	2.0	0
2a. Prueba	0.8	60
3a. Prueba (reposo de 20 mín.)	1.0	50
4a. Prueba	0.6	70

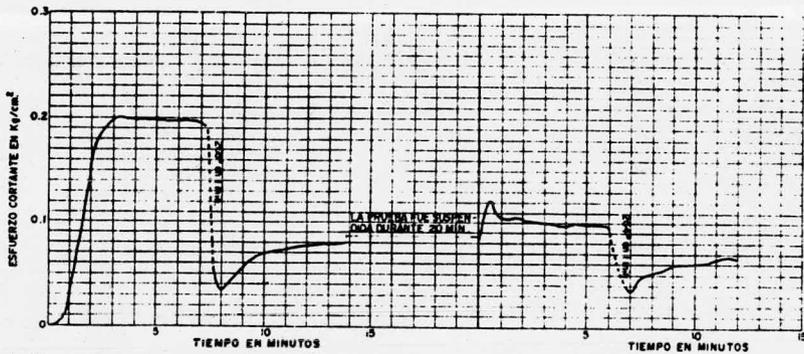


Fig 2.7 Pruebas de veleta in situ. Curvas esfuerzo-tiempo. Velocidad de deformación 4°/min. Profundidad 6.5 m.

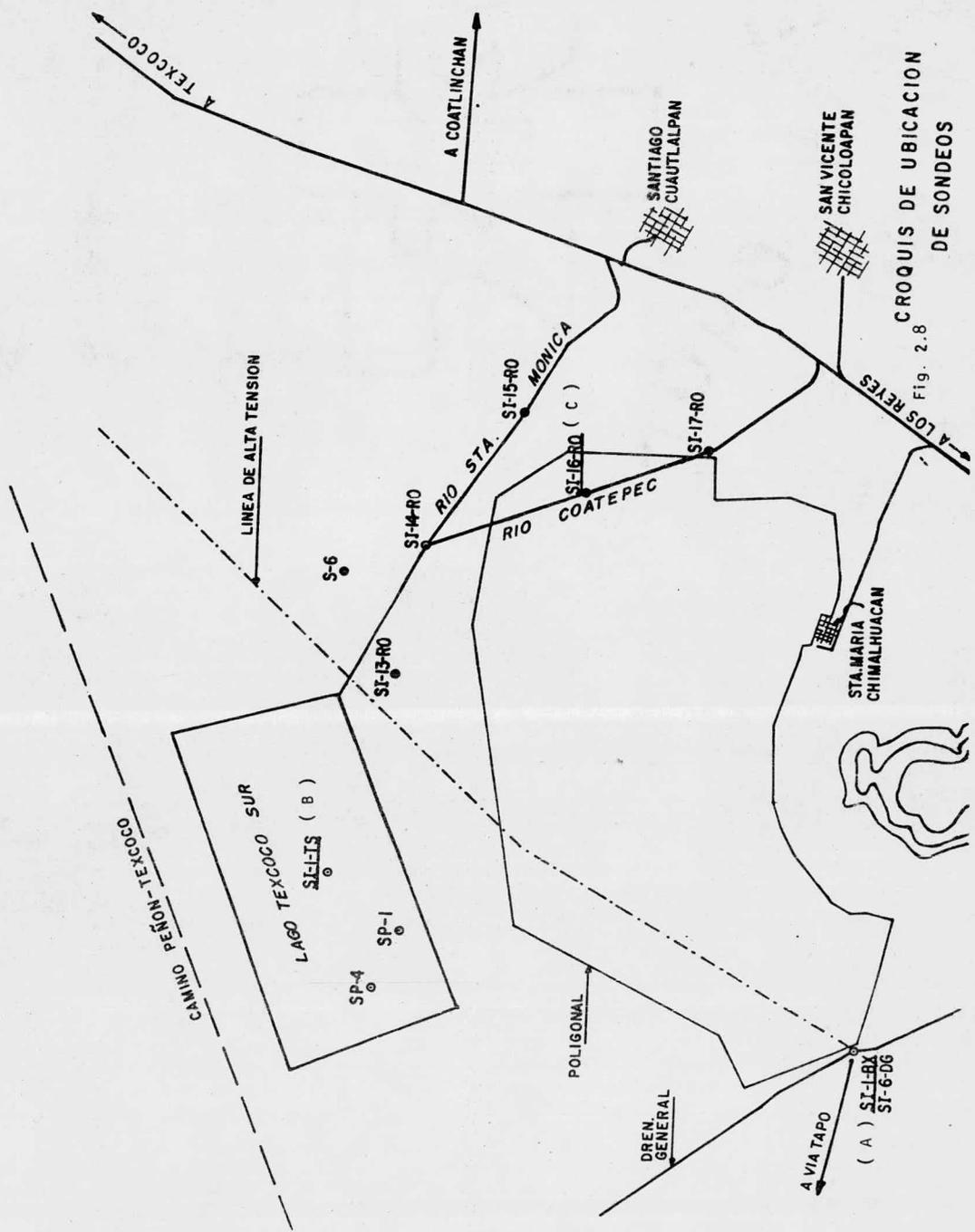
pa de falla a especímenes obtenidos de una muestra cúbica extraída a 3 m. de profundidad; el valor del ángulo de fricción interna en términos de esfuerzos efectivos para pruebas de compresión fue de 41.8° y 42.6° para materiales inalterados y remoleados respectivamente, y de 34° para pruebas de extensión.

También se realizaron pruebas consolidadas drenadas en la zona, obteniéndose valores de 45° y 50° de ángulos de fricción interna del material para las pruebas de compresión disminuyendo el esfuerzo horizontal y de extensión disminuyendo el vertical respectivamente.

Las diferencias entre los ángulos de fricción para los distintos tipos de pruebas indica que el criterio de fricción no es suficiente para unificar resultados, lo cual parece demostrar que el material se comporta como puramente cohesivo.

Con el propósito de complementar el estudio geotécnico del subsuelo de Chimahuacán especialmente para este proyecto se hicieron varios sondeos de penetración estándar con tubo "Shelby" a profundidades variables en lugares cercanos a donde se van a realizar las obras de vialidad.

En la fig. 2.8 se muestra un croquis de localización de todos los sondeos, de los cuales tomamos como representativos los sondeos A, B, y C. A las muestras extraídas se les aplicaron las pruebas de clasificación, obteniéndose: límite líquido y plástico, humedad, densidad de sólidos relación de vacíos, peso volumétrico y resistencia en pruebas de compresión simple. Las estratigrafías y los perfiles estratigráficos entre los sondeos realizados se muestran en las figuras 2.9 a 2.13.



CROQUIS DE UBICACION DE SONDEOS

Fig. 2.8

La estratigrafía que se presentó en la zona de los sondeos se puede sintetizar de la siguiente forma: una formación superficial cuyo espesor promedio es del orden de 40 cm, la formación arcillosa superior (FAS) se presentó con espesor promedio de 40 m, teniendo una relación de vacíos de 7.4 y una resistencia a la compresión simple de 0.14 kg/cm². La primera capa dura solo se presentó en algunos sondeos con un máximo de 1 m de espesor; la formación arcillosa inferior (FAI) subyacente a la delgada capa dura mostró las siguientes características: espesor promedio de 14.5 m, relación de vacíos de 5.38 y resistencia a la compresión simple de 0.14 kg/cm². Por último aparece el estrato duro llamado depósitos profundos superiores que se localizó a una profundidad mínima de 50 m. El Nivel Freático se localizó en todas las estaciones muy cerca de la superficie. Los valores medios de las propiedades índice de los diferentes estratos encontrados para los sondeos A, B, y C se muestran en la tabla 2.3.

Los valores numéricos de las propiedades índice y mecánicas obtenidos en las formaciones arcillosas superior e inferior confirman que se trata de una arcilla de alta plasticidad, compresible y de baja resistencia al esfuerzo cortante.

11.6 CONCLUSIONES SOBRE ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES MECANICAS

Las condiciones de compresibilidad del subsuelo de la zona del Lago son más desfavorables que las de la Ciudad de México debido a la presencia de estratos altamente compresibles cerca de la superficie y al poco espesor o ausencia de un manto superficial. El gran espesor

TABLA 2.3 VALORES MEDIOS DE PROPIEDADES INDICE DE LOS SONDEOS A, B Y C EN CD. CHIMALHUACAN

SONDEO	ESTRATO	LIMITE LIQUIDO	DENSIDAD DE SOLIDOS	RELACION DE VACIOS	RESISTENCIA COMPRESION SIMPLE	PESO VOLUMETRICO
		11(%)	S _s	e	S _{qu} (kg/cm ²)	γ _m ton/m ²
A	FAS	263	2.33	6.80	0.104	1.18
	FAI	150	2.38	4.80	0.129	1.18
B	FAS	335	2.41	7.94	0.111	1.18
	FAI	228	2.40	5.99	0.203	1.2
C	FAS	280	2.37	7.06	0.0824	1.19

de las formaciones arcillosa superior e inferior y la presencia de la tercera formación agravan las condiciones dela zona.

La baja resistencia al corte de la parte superior de la FAS, debida en parte a fisuramiento de los primeros metros del subsuelo aunado a la presencia de un estrato arenoso a poca profundidad y de niveles freáticos superficiales, ocasiona que las condiciones de estabilidad en excavaciones sean las más críticas del Valle.

La relación de resistencias al corte medias entre pruebas triaxia les no consolidadas no drenadas o de veleta y pruebas de compresión no confinada, resulta de 1.66 en ambos casos para FAS. El ángulo de fricción aparente mínimo en términos de esfuerzos efectivos es de 29° en pruebas consolidadas no drenadas incrementando el esfuerzo vertical. En pruebas consolidadas drenadas aumentando el esfuerzo vertical y en pruebas de corte directo el ángulo de fricción efectivo es de 25° .

Las diferencias registradas entre las envolventes de falla para los diferentes tipos de prueba, parecen indicar que el comportamiento del material es esencialmente cohesivo.

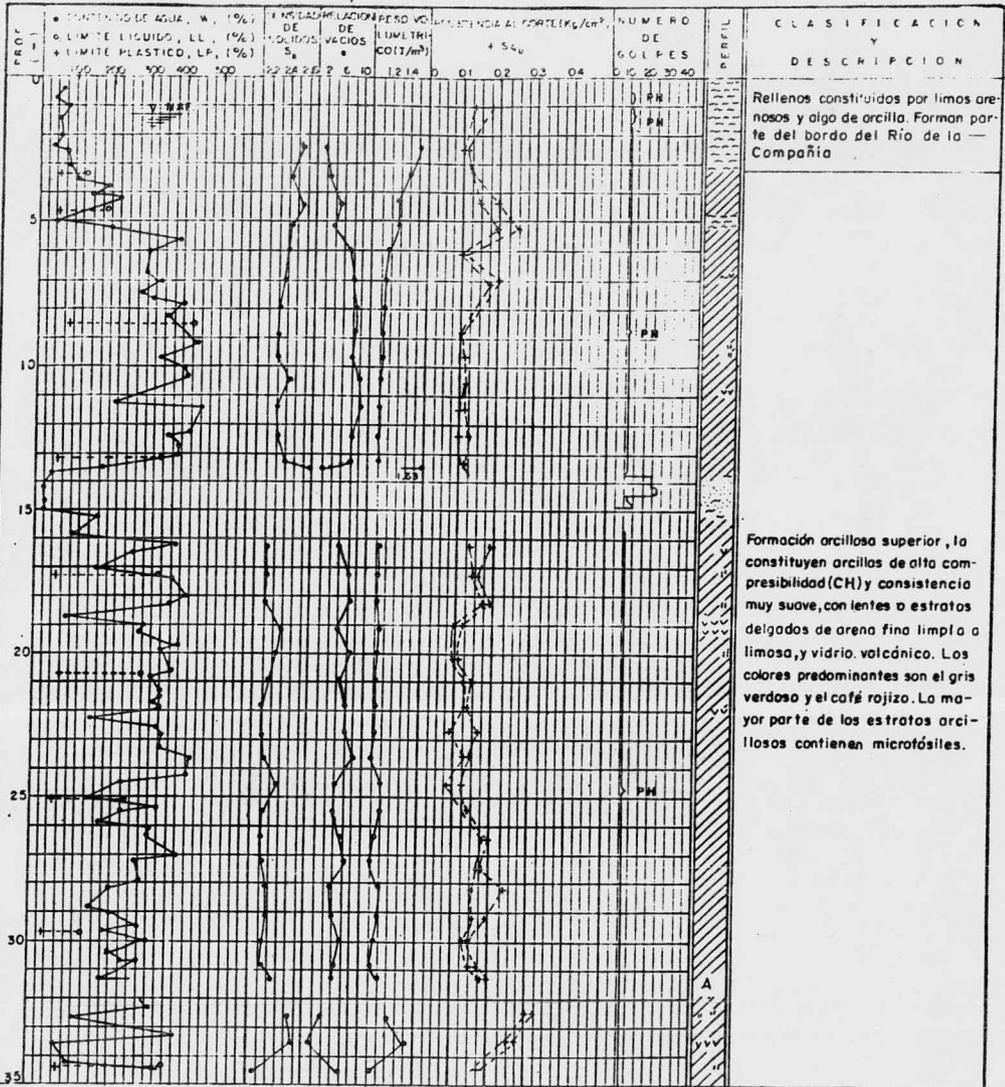
Son de gran utilidad las siguientes consideraciones de Mecánica de Suelos para realizar obras sobre el Ex-Lago de Texcoco:

- a) El poco espesor o ausencia de la formación superficial y de la capa dura.
- b) La presencia de estratos arcillosos fisurados y con baja resistencia al esfuerzo cortante a poca profundidad.
- c) La existencia de una formación arenosa permeable bajo las an

teriores.

- d) Un nivel freático superficial en toda el área.
- e) La posible existencia en toda la zona del Lago de una tercera formación arcillosa.

Los resultados de la estratigrafía y las propiedades del suelo - obtenidos de sondeos llevados a cabo en los lugares donde se alojarán las vialidades de Ciudad Chimalhuacán deberán ser tomados en cuenta para el estudio de las vialidades, notándose que esos valores asemejan a los obtenidos en el estudio anterior de toda la región del Lago de Texcoco, correspondiendo a los de la zona lacustre no afectada por el bombeo de agua. Para mayor seguridad se deben de tomar como los valores de diseño de las propiedades índice y las mecánicas de cada estrato - los del sondeo " A " de Cd. Chimalhuacán, ya que este es el que posee las cualidades más desfavorables.

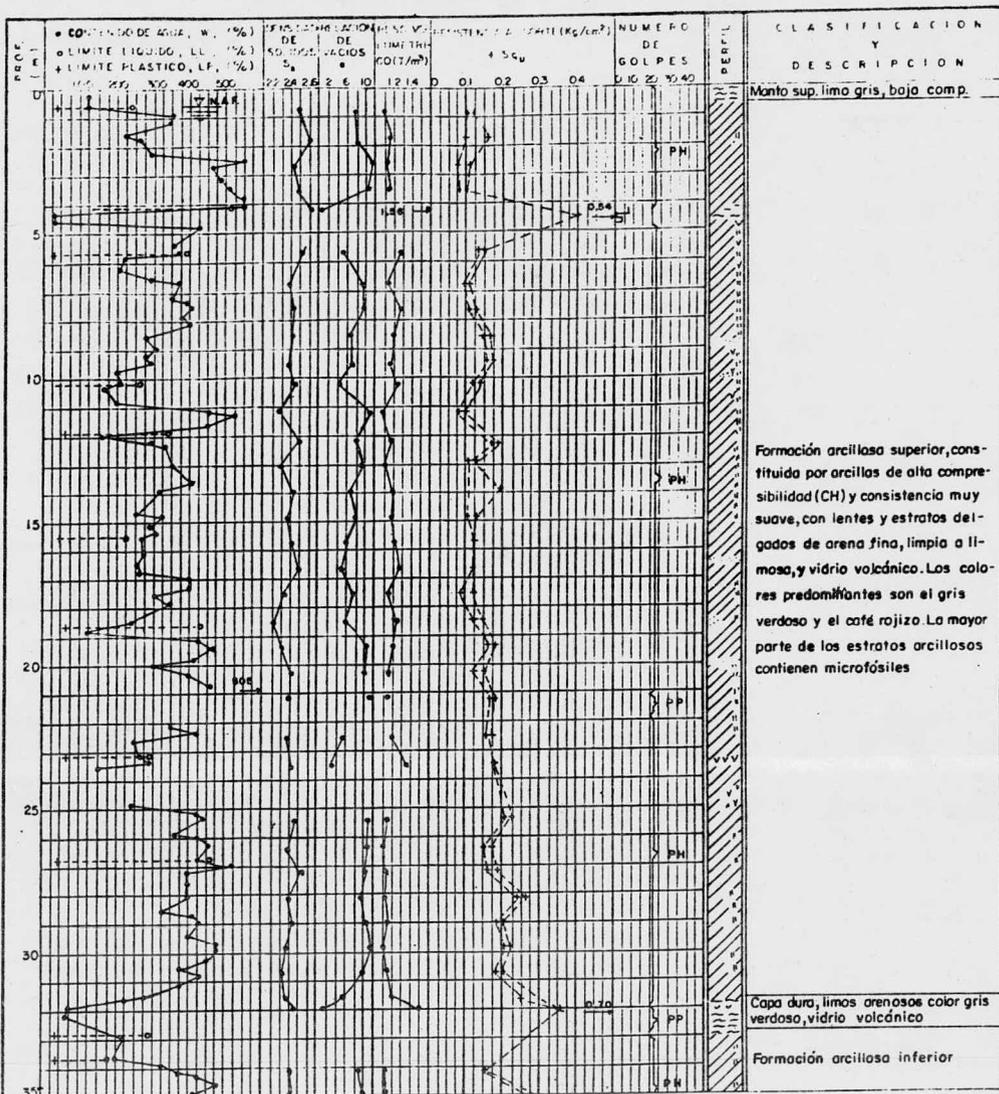


S I M B O L O S

Arcilla S_q Resistencia al corte en compresión no confinada
 Limo PH Presión Hidráulica
 Arena PP Peso Propio

Fig. 2.9a ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO SONDEO SI-1-BX (A)

Fósiles
 Vidrio volcánico



S I M B O L O S

- Arcillo S_{qu} Resistencia al corte en compresión no confinado
- Limo PH Presión Hidráulica Fig. 2.10 a
- Areno PP Peso Propio
- Fósiles
- Vidrio Volcánico

ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO
SONDEO S11-TS (B)

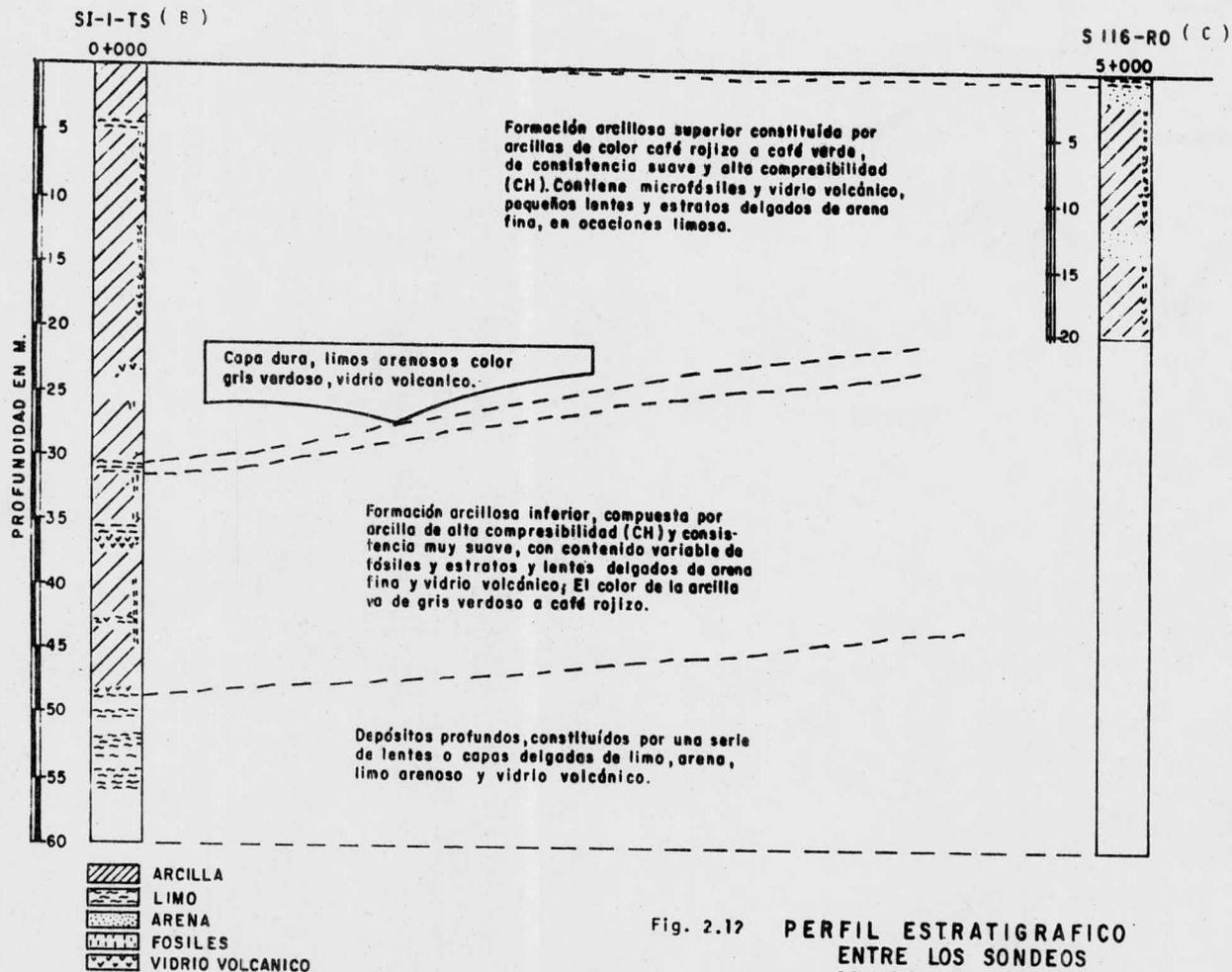


Fig. 2.12 **PERFIL ESTRATIGRAFICO**
ENTRE LOS SONDEOS
SI-I-TS y S 116-RO
(B) (C)

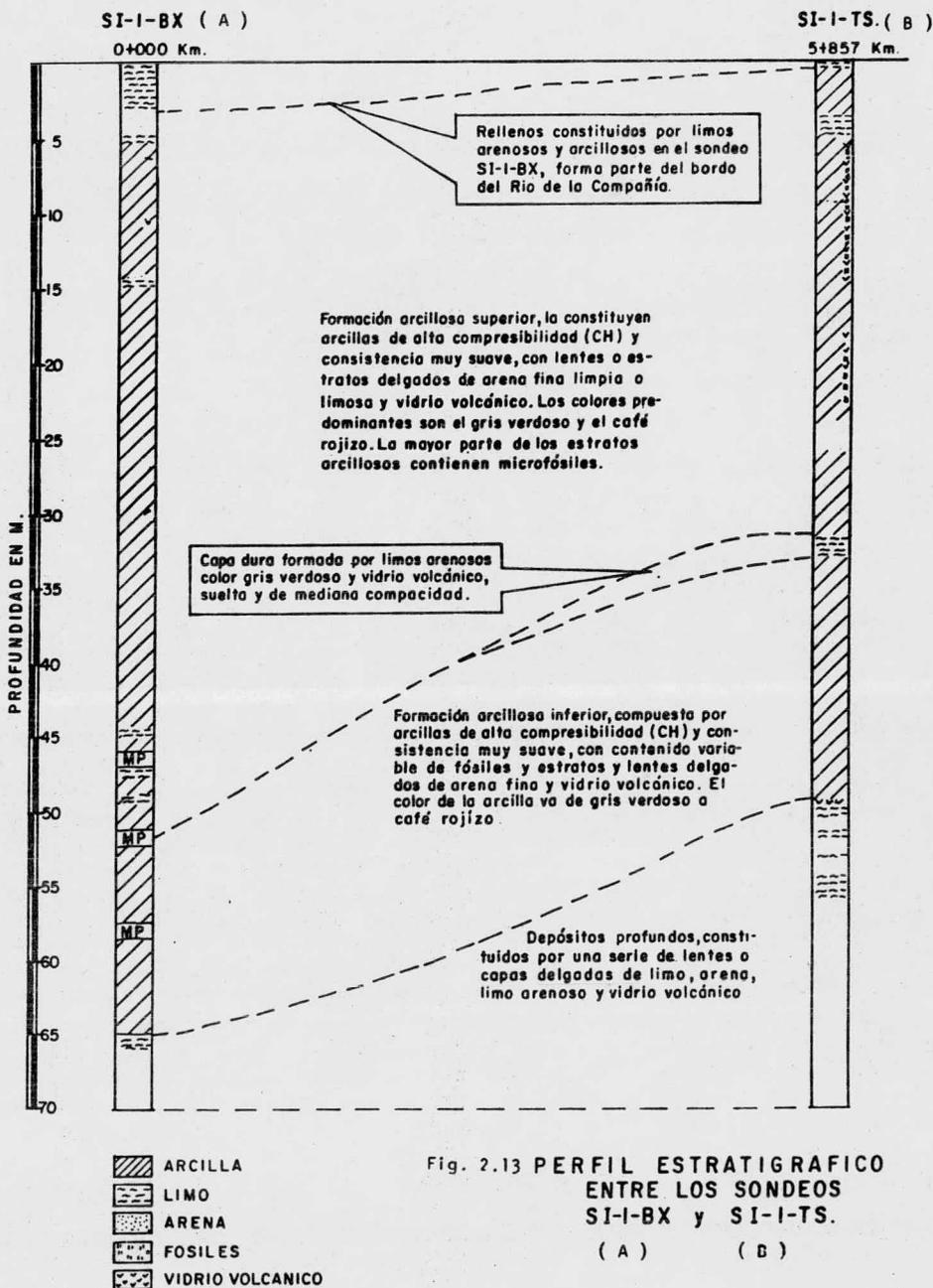


Fig. 2.13 PERFIL ESTRATIGRAFICO ENTRE LOS SONDEOS SI-I-BX y SI-I-TS.

III - ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES PARA TERRACERIAS Y PAVIMENTOS

III.1 GENERALIDADES

Uno de los costos de mayor valor en la construcción de vialidades corresponde al de los materiales a utilizar en la sección estructural, por lo que es muy importante que el estudio de localización y selección de estos sea de la manera lo más científica y completa posible, respaldado en pruebas de laboratorio.

Por las características propias del suelo donde se localiza la Ciudad de Chimalhuacán, así como de las topográficas y geológicas (como vimos en el capítulo anterior), no se podrán hacer compensaciones longitudinales o transversales, ni préstamos laterales de material para las diversas capas del pavimento, sino que en su totalidad los materiales que formen la sección estructural serán traídos de Bancos de Material.

III.2 LOCALIZACION DE BANCOS

Los estudios para la localización de zonas probables de préstamo comienzan en el gabinete con el análisis de las Cartas Topográficas y Geológicas de la región, a escala 1:50 000.

Debido a que la zona en estudio es una gran planicie podemos distinguir mediante las cartas topográficas montículos aislados que de trecho en trecho aparecen en esas zonas y que generalmente corresponden a conos cineríticos formados por depósitos de material grueso y resistente, a diferencia del material de las partes más bajas de las pla

nicies que generalmente está constituido por partículas finas; plásticas y de menor utilidad para la construcción de vialidades.

Las cartas geológicas vienen a auxiliarnos en la identificación geológica superficial de los lugares ya determinados topográficamente.

Posteriormente con fotografías aéreas si es que existen se unen para formar un mosaico en el que hace la fotointerpretación, cuyo objetivo principal es delimitar zonas de materiales con características similares. Para ello con la fotointerpretación se auxiliará en la observación de los rasgos característicos: Patrones de drenaje y tonalidad.

El agua de lluvia que no se evapora o no se infiltra corre sobre la superficie de la tierra erosionando y formando pequeños arroyos o ríos. Estos sistemas de canales formados por corrientes mayores unidos con todos sus tributarios forman los patrones de drenaje. Estas formas tienen grandes variaciones de densidad, extensión tipo, ángulo que forman las corrientes al juntarse y dependen del carácter litológico y tectónico del material en el cual se forman. Las principales influencias son el tipo de roca o suelo, dureza, porosidad, solubilidad y grado de consolidación.

Observando fotografías en estereoscopia se trazan sobre ellas todas las depresiones o canales, obteniendo un patrón de drenaje. Sue- len encontrarse diversas formas típicas: dendrítica, angular, paralela radial, etc. Con los patrones de drenaje podemos concluir que textura tiene el terreno. Por ejemplo, si los canales están muy cercanos entre sí constituyen una textura fina indicando esto que se trata de materia

les impermeables fácilmente erosionables o rocas suaves frágiles, tales como arcillas o pizarras. Al tener una textura gruesa con canales ampliamente espaciados los materiales tienen buen drenaje interno, siendo rocas masivas o resistentes que no han sido muy afectadas por tectonismo.

Se hace el análisis de tonalidad de las fotografías para poder tener una idea de la composición mineralógica. Los materiales claros como cuarzos, feldspatos o carbonatos de calcio producirán tonos claros. Los tonos oscuros corresponderán a materiales con bajo contenido de cuarzo y con predominio de piroxenos, anfíboles, biotita, etc. Y generalmente la tonalidad de los materiales es más clara en regiones áridas que en regiones húmedas. Un cambio abrupto en la tonalidad generalmente significa un cambio en la litología, pero podría significar también un cambio en la composición del material o en su contenido de agua.

Haciendo una división gruesa podemos dividir los tonos de las fotografías en tres grandes grupos; blanco, gris, y gris oscuro o negro. Los materiales con tonos casi blancos pueden ser: dunas, barrancas de arena, depósitos granulares, caliches, etc. Los materiales grisáceos generalmente son calizas, dolomitas y yesos, o sedimentos no consolidados como gravas y arenas. Corresponden al grupo de los materiales oscuros las arcillas con materia orgánica y las corrientes de lava de componentes básicos tipo basalto y areniscas oscuras.

Ya delimitadas en las fotografías las unidades de los materiales de las zonas donde se encuentran los depósitos determinados mediante cartas topográficas y geológicas, es necesario hacer un reconocimiento

aéreo en helicóptero preferentemente o si no en avión, debiendo ir un especialista en geotécnia , generalmente un geólogo. Como resultado de este reconocimiento se desechan algunas alternativas que presentan problemas como: zonas inundables, médanos, laderas con estratificación desfavorable, dificultad de acceso terrestre, por cruzar zonas pantanosas e inestables, etc.

Además se recaba la experiencia local, ya que algunos de los bancos localizados podían haber sido explotados en forma parcial para otras obras en la región.

Toda la información recabada es ordenada en gabinete y es plasmada en un plano fotogeológico para tener así ya identificados nuestros probables bancos de material y hacer su inspección posterior en compañía de un experto en geotécnia.

En la visita al campo primeramente se hacen observaciones acerca de estratificaciones, echados, heterogeneidad de los materiales, comportamiento de los talúdes naturales, alteración del material, afloramientos, morfología típica, etc. Se hace también un levantamiento topográfico somero indicando croquis de localización referido al trazo del camino y volumen de material aprovechable; como complemento a esto es recomendable tomar fotos de todo el banco para presentarlas como testimonio en la memoria y que las personas que les compete autorizar el proyecto tengan más elementos de juicio.

Posteriormente se hacen las pruebas de clasificación en campo, determinando en los materiales: color, tamaño máximo, porcentaje de boleos, estratigrafía, compacidad, angulosidad, posición del nivel --

freático, etc.

Con el fin de determinar la compactación del lugar y la humedad natural se hace la prueba de peso volumétrico seco en el lugar.

Es de gran utilidad efectuar una clasificación preliminar de acuerdo con el método de ataque que requieran los materiales para su explotación, hay tres tipos: A, B y C, que se deben indicar en porcentaje. El material tipo A se refiere a suelos sueltos y que pueden ser removidos por un tractor, el material B requiere el empleo de arado de tractor para su remoción, ya que son suelos muy duros o son rocas alteradas y el material tipo C se refiere a rocas sanas que requieren explosivos para su explotación. Es muy útil esta clasificación para formarse un criterio al diseñar los taludes, además para determinar la forma de pago y la elaboración del proyecto geométrico definitivo.

El muestreo se realiza haciendo pozos a cielo abierto en puntos de control predeterminados; cabe mencionar que no hay un criterio establecido para determinar la localización y número de estos, pero haciendo una zonificación y determinando que cada pozo corresponde a cierto volumen de material es buen método. Se hace la excavación de los pozos hasta la profundidad necesaria para determinar su estratigrafía, y se toman muestras representativas de cada estrato para ser analizadas en laboratorio. En algunas ocasiones cuando se requiera de un volumen muy grande de material es necesario investigar la potencialidad y la profundidad del banco, en este caso en lugar de hacer pozos a cielo abierto se hacen sondeos con máquina perforadora.

Para el proyecto de vialidad de Chimalhuacán se obtuvieron un total de nueve bancos de material que podíamos utilizar, pero las necesidades de volumen de la obra se satisfacían con mucho menos, así que se hizo una selección de los mejores, con el siguiente criterio:

En primer lugar tendrán preferencia los bancos con mejor calidad, esto depende del uso que se le vaya a dar a cada uno, es decir a cual de -- las capas del camino se destinará; posteriormente veremos las pruebas de calidad necesarias para los materiales según su uso. En segundo lugar se escogen los que tengan más fácil acceso y que produzcan las menores distancias de acarreo de los materiales, también tiene que ver el uso de los bancos, como por ejemplo para terracerías y capa subrasante las distancias no deben exceder de 5 km de los centros de gravedad, y para sub-base, base y carpeta se pueden localizar a distancia máxima de 50 km. Como tercer punto de importancia se preferirán los bancos cuyos materiales tuvieran tratamientos más económicos y sencillos. Como último punto había que fijarse que la explotación de los bancos elegidos no condujera a problemas legales o perjudicara a los habitantes de la región.

III.3 BANCOS PARA CAPA SUBRASANTE Y TERRACERIAS

Los bancos para terracerías en general son los que más abundan, pues para ese fin sirven casi todos los materiales que sean económicamente explotables. La capa subrasante, de acuerdo con la función que presta, de servir como transición entre el cuerpo de terraplén y el pavimento, así como de dar apoyo a éste último, el material que la forme debe cumplir con ciertos requisitos de resistencia, de tamaño máximo de las partículas y de características plásticas, sin embargo, la capa subrasante es parte todavía de las terracerías, de ma

nera que los materiales que la formen deben ser de preferencia de fácil obtención y no requerir tratamientos elaborados.

Los materiales que reúnen estos requisitos son las gravas y arenas limosas, los limos arenosos, y los limos no plásticos. Las arcillas es preferible no utilizarlas. Estos materiales se pueden presentar en depósitos aluviales, en depósitos de talud, en capas de intemperización de algunos tipos de rocas ígneas, como tobas blandas poco cementadas, así como en rocas sedimentarias.

Después de que se hizo la exploración y muestreo del banco se llevan las muestras del material al laboratorio para ser analizadas, las pruebas que se les aplican son las de calidad y resistencia. Las primeras pruebas de calidad que nos dan la clasificación del material son: análisis granulométrico para conocer el porcentaje de tamaños de las partículas al pasar una muestra por tamices de todas las medidas, y las pruebas para determinar los límites de plasticidad (líquido y plástico). Conocidos la granulometría y los límites de plasticidad podemos determinar que tipo de material se trata, con la clasificación de la S.A.H.O.P.

Otras pruebas de calidad necesarias para las terracerías y capa subrasante nos deben dar los datos siguientes:

- Contracción lineal, que dé mayor precisión en plasticidad que los límites de plasticidad.
- Peso volumétrico seco máximo (PVSM), valor que se obtiene al alcanzar el mayor valor de peso volumétrico en la prueba de compactación en laboratorio.

- Humedad óptima (w_o), es el valor de humedad correspondiente al peso - volumétrico seco máximo del material.
- Expansión, que debe estar dada en porcentaje, es el resultado de la - prueba de inmersión en agua de una pastilla de material.
- Valor relativo soporte estandar o saturado (VRS) , resultado de una - prueba de resistencia, que es muy importante para el diseño estructu- - ral del pavimento.
- Equivalente de arena, util para valuar en forma cualitativa la canti- - dad y la actividad de los finos en el suelo que se va a utilizar.

La S.A.H.O.P. indica en las Especificaciones Generales de cons- - trucción en su parte Octava referente a las normas de calidad de los - materiales para vías terrestres, en lo que respecta a terracerías y ca - pa subrasante se piden unos requisitos mínimos a seguir: la capa subra - sante no debe constituirse con material de origen orgánico, y en nin- - gún caso el material deberá exceder de el 100% de límite líquido, aun- - que se recomienda que no sea mayor de 40%, el límite plástico no será mayor de 10%. Además se pide un valor relativo soporte estandar míni- - mo de 5% y una expansión de 5% como valor máximo, como especificación para diseño se pide una mínima compactación de 90% de su peso volúme- - trico seco máximo.

Para el proyecto se seleccionó el Banco de materiales llamado --- "La Magdalena" para formar las terracerías y la capa subrasante, ya que este tiene suficiente volumen aprovechable y el material cumple con -- las especificaciones de calidad, además de que se encuentra muy cerca- - no a la obra.

En la fig. 3.1 aparece un croquis de localización de los bancos de material que se van a utilizar para la pavimentación de las vialidades de Chimalhuacán, y al final del capítulo se puede ver el cuadro con las especificaciones de los mismos, así como los informes de las pruebas de laboratorio realizadas.

III.4 BANCOS PARA SUB-BASE

El principal objetivo de la sub-base es reducir el costo del pavimento cuando este debe ser de gran espesor. La calidad de los materiales de la sub-base puede variar dentro de límites más amplios que la base, de manera que los criterios para localizar este tipo de materiales pueden ser los mismos que se siguen para localizar material para la capa subrasante, aplicando únicamente un proceso de selección un poco más estricto. Para obtener material para la sub-base no es necesario recurrir a rocas sanas, sino que pueden emplearse rocas intemperizadas.

Las pruebas que se realizan en el laboratorio son las mismas que se necesitan para las terracerías y la capa subrasante, además se pide la de valor cementante, que es una prueba de compresión simple con ciertas características.

Las especificaciones que se piden para la sub-base son un poco más estrictas que para la capa subrasante. Se necesita que la curva granulométrica quede comprendida dentro de un rango de tres zonas, y sin presentar cambios bruscos de pendiente (ver fig.3.2). El tamaño máximo de las partículas es de 2", las especificaciones para contracción lineal, valor cementante, valor relativo soporte estandar, y e--

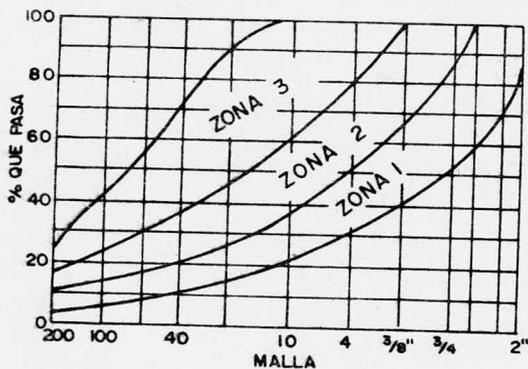


Fig. 3.2 Zona de Especificaciones Granulométricas para materiales de Sub-Base y Base.

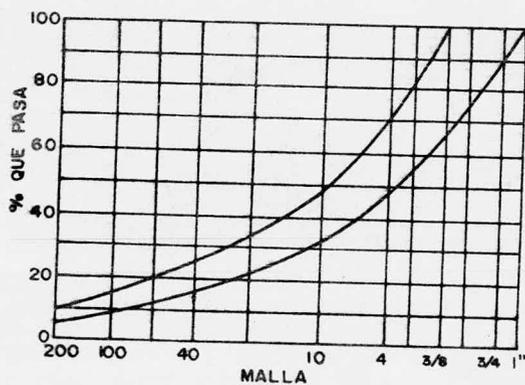


Fig. 3.3 Zona de Especificación Granulométrica para materiales de Carpeta

equivalente de arena se pueden ver en la tabla siguiente:

CARACTERISTICAS	ZONAS DE CLASIFICACION DEL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA		
	1	2	3
Contracción lineal, dada en por ciento	6.0 máx	4.5 máx	3.0 máx
Valor cementante para materiales angulosos en kg/cm ²	3.5 mín.	3.0 mín	2.5 mín.
Valor cementante para materiales redondeados en kg/cm ²	5.5 mín.	4.5 mín.	3.5 mín.
Valor relativo soporte estándar saturado en por ciento	50 mín.		
Equivalente de arena en por ciento	20 mín. (tentativo)		

Como especificación de diseño se pide una compactación mínima del 95% de su peso volumétrico seco máximo.

Se seleccionaron los bancos de material "Santa María" y "La Loma" para la sub-base ya que estos tienen el volumen necesario de material y cumplen con las especificaciones.

III.5 BANCOS PARA BASE Y CARPETA

La base es la capa del pavimento que va inmediatamente debajo de la carpeta, de manera que se le sujeta a cargas muy severas, y por lo tanto debe estar constituida por material de alta calidad; la carpeta es la parte del pavimento que proporciona la superficie de roda---

miento, por lo que debe ser resistente a la acción destructora de los vehiculos y de los agentes climatológicos.

Los materiales que formen la base deben cumplir con ciertos requisitos en cuanto a granulometría, plasticidad, y valor relativo soporte estándar. Los materiales que reúnen estos requisitos son las -- gravas limosas bien graduadas, / las fuentes de obtención preferibles son los depósitos de ríos, pero en ocasiones estas fuentes pueden encontrarse muy alejadas y hacer antieconómica la construcción, en este caso lo que conviene es recurrir a trituración de roca sana. Las mejores rocas para la obtención de material para la base son el basalto, la andesita, la caliza, la dolomita, y los conglomerados.

Para carpetas los materiales pétreos utilizados deben cumplir -- con las normas de calidad de límites más estrechos todavía, por lo -- que por lo general se recurre a la trituración de roca sana y un cribado conveniente. Las rocas que deben preferirse son las ígneas de -- componentes básicos y las calizas sanas, pues estas son las que presentan buena adherencia al asfalto.

En nuestro proyecto se va a recurrir al banco de materiales --- "Los Reyes", tanto para la base como para la carpeta y el riego de - sello; la diferencia va a ser el tratamiento que se hará en cada caso(ver cuadro de bancos).

Las pruebas que se le aplicarán al material de este banco son - las mismas que se le hacen al de la sub-base; además de aplicarse una prueba de desgaste o de "Los Angeles" para conocer la dureza y resistencia a la abrasión. También son necesarias las pruebas de adheren-

cia al agua y al asfalto como son: desprendimiento por fricción, pérdida de estabilidad por inmersión al agua, y la de cubrimiento con asfalto (prueba inglesa). Además se hace una apreciación cualitativa de la forma de las partículas. Como prueba de diseño se le aplica la - - prueba Marshal con el fin de conocer el contenido óptimo de asfalto para las carpetas.

Las especificaciones para bases de valor relativo soporte estándar , equivalente de arena e índice de durabilidad son las siguientes:

INTENSIDAD DE TRANSITO AMBOS SENTIDOS	V. R. S. ESTANDAR %	EQUIVALENTE DE ARENA	INDICE DE DURABILIDAD
Hasta 1000 vehiculos pesados al día	80 mfn	30 mfn	35 mfn
Más de 1000 vehiculos pesados al día	100 mfn	50 mfn	40 mfn

Las especificaciones de límite líquido, contracción lineal y valor cementante para bases, dependen de la zona donde se encuentre la curva - granulométrica, (ver figura 3.2) y se muestran en la siguiente tabla:

CARACTERISTICAS	ZONAS DE CLASIFICACION DEL MATERIAL DE ACUERDO CON SU GRANULOMETRIA.		
	1	2	3
Contracción lineal, dada en por ciento	4.5 máx.	3.5 máx.	2.0 máx
Limite líquido en por - ciento	30 máx.	30 máx.	30 máx
Valor cementante para ma teriales angulosos en kg/cm2.	3.5 mín.	3.0 mín.	2.5 mín
Valor cementante para ma teriales redondeados en kg/cm2.	5.5 mín.	4.5 mín.	3.5 mín

Las especificaciones de afinidad con el asfalto y con el agua tanto para bases como para carpetas se muestran en la siguiente tabla:

CAPA DE PAVIMENTO \ PRUEBA	DESPRENDI- MIENTO POR FRICCION	CUBRIMIENTO CON ASFALTO METODO - - INGLES	DESPRENDI- MIENTO DE PELICULA.	PERDIDA ESTABILI- DAD POR INMER--- SION EN AGUA.
BASE	25 máx.	90 mín.	25 máx.	--
Carpeta asfáltica (Mezcla en planta)	25 máx.	90 mín.	--	25 máx.
Carpeta asfáltica (por riegos)	25 máx.	90 mín.	--	--

Existe una zona de especificación granulométrica para materiales pétreos que se emplean en concretos asfálticos, (ver fig. 3.3). Otros requisitos se piden a las carpetas de concreto asfáltico y los riegos de sello, los cuales se muestran a continuación:

CARACTERISTICAS	CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO.	RIEGOS DE SELLO
Contracción lineal, dada en por ciento	2.0 máx.	--
Forma de partículas alargadas y/o en forma de laja dada en por ciento.	35 máx.	35 máx.
Desgaste prueba Los Angeles dada en por ciento.	40 máx.	30 máx.
Equivalente de Arena	55 mín.	--

III. 6 EXPLOTACION DE BANCOS

La explotación de bancos de roca o suelo se hace utilizando determinados equipos con características y usos bien establecidos por la experiencia previa de construcción. La selección del equipo adecuado estará en función de tres factores fundamentales:

- El tipo de material por atacar.
- La distancia de acarreo del material.
- Análisis económico de la inversión.

El tamaño del equipo dependerá del volumen de la obra por ejecutar, del tiempo en que dicha obra debe realizarse y del espacio disponible para las maniobras. En la actualidad existen máquinas sumamente diversificadas cuya utilización conjunta y racionalmente programada permite explotaciones muy eficientes y económicas; pero debido a condiciones del país de dependencia tecnológica extranjera y limitado desarrollo industrial - disponer del equipo adecuado para cada trabajo no resulta fácil. Lo común es que los procesos de explotación de bancos se tengan que hacer con base en algunos equipos tradicionales de uso diverso y utilización frecuente; y de hecho no debe excluirse la explotación manual con pico y pala.

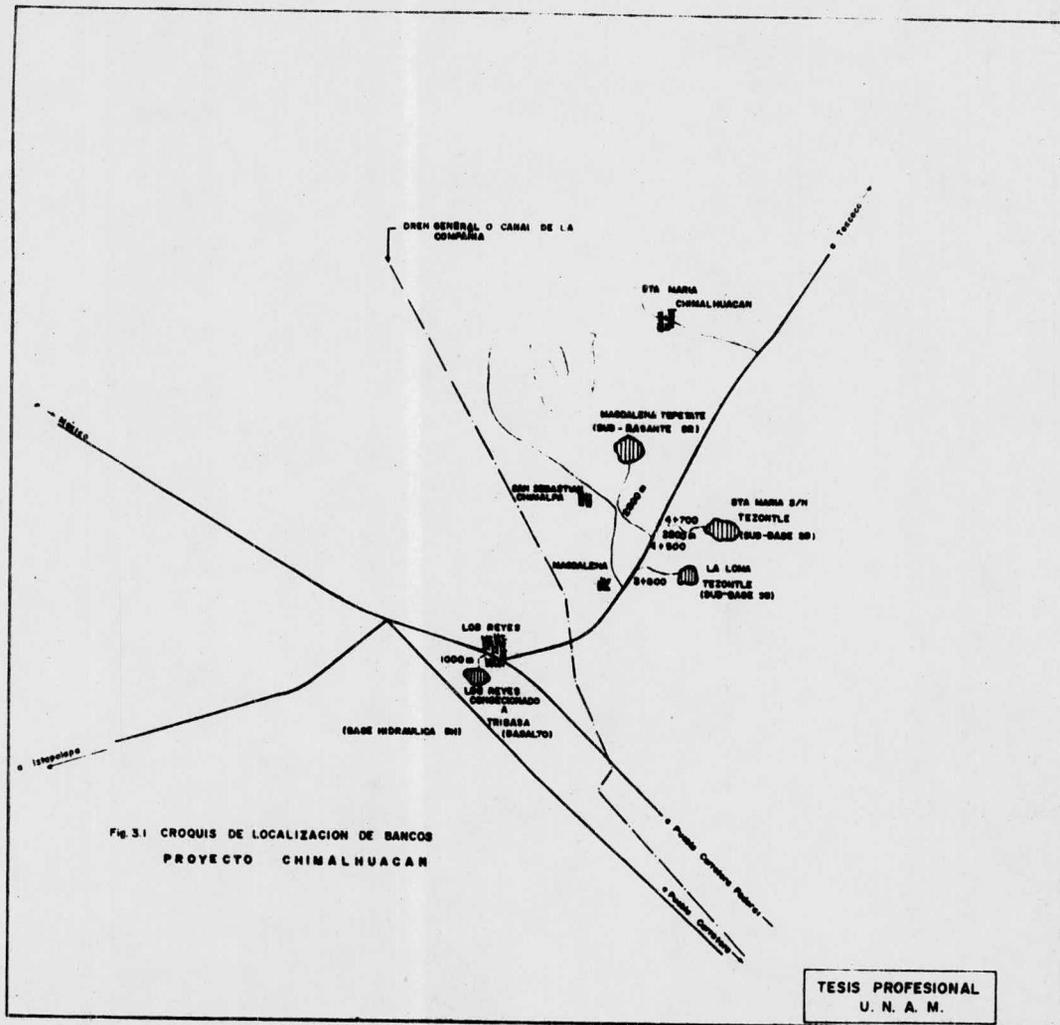
La pala mecánica es un equipo de explotación de uso frecuente; el elemento de ataque de la pala es muy variable de acuerdo con la naturaleza y posición relativa del banco. La cuchara normal se usa para cargar materiales rocosos o suelos, cuando están en frentes verticales o amontonados, la operación con draga de arrastre se utiliza cuando el material que ha de ser recogido está a un nivel inferior de la máquina; la almeja es útil cuando en una mezcla de abundantes fragmentos de roca o suelos se desea seleccionar los primeros para su utilización.

Se está generalizando cada vez más el uso de tractores pesados con arados para fragmentar los materiales hasta un grado tal que puedan ser removidos por el propio tractor o por otras máquinas evitando operaciones de barrenación y uso de explosivos. El tractor de orugas se utiliza también como máquina excavadora y empujadora.

Las escrepas y el cargador frontal también son muy utilizados en la práctica para la explotación de bancos. El transporte de los mate-

riales suele hacerse en las vías terrestres casi universalmente en camión, se exceptúan los acarreos muy cortos o los muy largos.

ANEXO III.1 DATOS DE BANCOS DE MATERIALES PARA
LA CONSTRUCCION DE VIALIDADES



TESIS PROFESIONAL
U. N. A. M.

BANCOS	LOCALIZACION	MATERIAL	TRATAMIENTO	UTILIZACION	MEZCLA APROX. PARA SU EMPLEO
"LA MAGDALENA" (BUGARIN Y BARRERA)	Km. 4 + 500 de la carretera Los Reyes- Texcoco con desviación izquierda de 2,800m Origen en los Reyes.	Arena Limosa (tepetate)	Disgregado	Terracerfas y capa subrasante	Se usará solo
"SANTA MARIA"	Km. 4+700 de la Carretera Los Reyes - Texcoco con desviación derecha de 2,200 m. Origen en Los Reyes.	Tezontle	Cribado a tamaño máximo de 50.8 mm (2"). El desperdicio será del 20%	Sub-Base Hidráulica	Se usará solo
"LOS REYES" (TRIBASA)	Km. 0+000 de la Carretera Los Reyes - Texcoco con desviación derecha de 1,000 m. El Banco está dentro de la zona urbana de Los Reyes.	Basalto	Trit. total y cribado a tamaño máximo de 38 mm. (1½").	Base hidráulica	Se usará solo
			Trit. total y cribado a tamaño máximo de 1.9mm (3/4")	Carpeta	Se usará solo
			Trit. total y cribado para obtener material 3-A (½" m 40)	Riego de sello	Se usará solo
" LA LOMA "	Km. 4+900 de la Carretera Los Reyes - Texcoco con desviación derecha de 200 m. Origen en Los Reyes, Méx.	Tezontle Rojo (GW-SM)	Cribado a tamaño máximo de 50.8 mm (2").	Sub-Base Hidráulica	Se usará solo

CUADRO DE BANCOS DE MATERIAL

BANCO DE PRESTAMO DE MATERIALES

CARRETERA PROYECTO DE CHIMALHUACAN

TRAMO _____

SUB-TRAMO _____

ORIGEN _____

PRESTAMO DE MATERIAL PARA TERRACERIAS Y CAPA SUBRASANTE DENOMINACION BANCO "LA MAGDALENA" (BUGARIN)

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.A.H.O.P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO		
	NO.	ESPESOR (Metros)			90%	95%	100%	BANDEADO	A	B	C
Km. 4+500 con desviación izquierda de 2,800 m. de la carretera Los Reyes - Texcoco	1	0.60	Suelo vegetal	Despalme							
	2	0.30	Arena volcánica suelta	Compactado	0.87	0.82	0.78				
	3	0.40	Arena volcánica compacta.	Compactado	0.96	0.91	0.86				
	4	2.00	Pómez	Compactado	1.03	0.98	0.93				
	5	Indef	Arena limosa (tepetate)	Compactado	1.06	1.00	0.95				

DIMENSIONES LARGO <u>200</u> m ANCHO <u>200</u> m. ESPESOR <u>10</u> m.	VOLUMEN APROVECHABLE 400,000 m ³	OBSERVACIONES : El banco ha sido explotado por la Compañía "TRIBASA" utilizando el material en la construcción del bordo Nabor Carrillo El banco es propiedad del Sr. Bugarín
---	--	--

DATOS DE CALIDAD Y RESISTENCIA		CROQUIS DE LOCALIZACION
LIMITE LIQUIDO	22.6	
INDICE PLASTICO	4.0	
P.V.S.M.	1590	
P.V.S.S.	1074	
HUMEDAD OPTIMA	19.2	
% DE COMPACTACION		
HUMEDAD NATURAL	8.0	
VRS ESTANDAR	95.6	
EXPANSION	0.27	
CONTRACCION LINEAL	2.5	
VRS MODIFICADO AL 90%.	20.4	
VRS MODIFICADO AL 95%.	45.8	
VRS MODIFICADO AL 100%.		
CLASIFICACION SUCS	SM	

BANCO DE PRESTAMO DE MATERIALES

CARRETERA PROYECTO DE CHIMALHUACAN

TRAMO

SUB-TRAMO

ORIGEN

PRESTAMO DE MATERIAL PARA TERRACERIAS Y CAPA SUBRASANTE DENOMINACION BANCO " LA MAGDALENA " (BARRERA)

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.A.H.O.P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO			
	NO.	ESPESOR (Metros)			90%	95%	100%	BANDEADO	A	B	C	
Km. 4+500 con desviación izquierda de 2,800 m. de la Carretera Los Reyes Texcoco	1	0.60	Suelo vegetal	Despalme								
Origen: Los Reyes, México	2	0.30	Arena volcánica suelta	Compactado	0.87	0.82	0.78					
	3	0.40	Arena volcánica compacta	Compactado	0.96	0.91	0.86					
	4	2.00	Pómez	Compactado	1.03	0.98	0.93					
	5	Indef	Arena Limosa (Tepetate)	Compactado	1.06	1.00	0.95					

DIMENSIONES
LARGO 200 m ANCHO 100 m.
ESPESOR 10 m.

VOLUMEN APROVECHABLE
200,000 m³

OBSERVACIONES : El banco ha sido explotado por la Compañía " TRIBASA " utilizando el material en la construcción del bordo Nabor Carrillo. El banco es propiedad del Sr. Barrera.

DATOS DE CALIDAD Y RESISTENCIA

CROQUIS DE LOCALIZACION

LIMITE LIQUIDO	28.4
INDICE PLASTICO	6.4
P.V.S.M.	1422
P.V.S.S.	1232
HUMEDAD OPTIMA	24.0
% DE COMPACTACION	
HUMEDAD NATURAL	8.2
VRS ESTANDAR	80.9
EXPANSION	0.0
CONTRACCION LINEAL	1.5
VRS MODIFICADO AL 90%	21.5
VRS MODIFICADO AL 95%	38.6
VRS MODIFICADO AL 100%	
CLASIFICACION SUCS	SM

BANCO DE PRESTAMO DE MATERIALES

CARRETERA _____ PROYECTO DE CHIMALHUACAN
 TRAMO _____
 SUB-TRAMO _____
 ORIGEN _____

PRESTAMO DE MATERIAL PARA		SUB-BASE		DENOMINACION		BANCO SANTA MARIA					
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.A.H.P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO		
	NO.	ESPESOR (Metros)			90%.	95%.	100%.	BANDEADO	A	B	C
Km. 4+700 con desviación de recha de 2,200 mets. de la Carretera Los Reyes-Texcoco.	1	0.30	Suelo Vegetal	Despalme	---	---	---				
	2	Indef.	Tezontle rojo con fragmentos grandes (GC)	Compactado	0.96	0.91	0.86				
DIMENSIONES		VOLUMEN APROVECHABLE		OBSERVACIONES : El banco es propiedad ejidal del Municipio de Chimalhuacán, actualmente no está en explotación.							
LARGO 150 m ANCHO 50 m.	75,000 m ³										
ESPESOR 10 m.											
DATOS DE CALIDAD Y RESISTENCIA				CROQUIS DE LOCALIZACION							
LIMITE LIQUIDO	35.5										
INDICE PLASTICO	2.75										
P.V.S.M.	1406										
P.V.S.S.	693										
HUMEDAD OPTIMA	17.65										
% DE COMPACTACION											
HUMEDAD NATURAL											
VRS ESTANDAR	95.1										
EXPANSION	0.005										
CONTRACCION LINEAL	1.075										
VRS MODIFICADO AL 90%.											
VRS MODIFICADO AL 95%.											
VRS MODIFICADO AL 100%.											
CLASIFICACION SUCS	GW										

DATOS DE SUELOS PARA BANCOS DE MATERIALES

OBRA <u>CHIMALHUACAN</u>	ENSAYES Nos. _____
LOCALIZACION <u>BANCO SANTA MARIA</u>	FECHA DE RECIBO _____
	FECHA DE INFORME _____

IDENTIFICACION	HUN. DE ENSAYE.	153	143				PROMEDIOS
	SONDEO	TEPETATE	TEZONTLE	TEZONTLE	TEZONTLE	TEZONTLE	
	ESTRATO			2	3	4	
	ESPESOR	FRENTE	FRENTE 1	FRENTE			

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	No.10	5"				
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm						
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm		33.7	43	47	46	42.47
	- - - DE 0.425 mm	79.0	20.1	18	20	17	18.77
	- - - DE 0.075 mm	47.4	8.7	3	4	3	4.67
	EQUIVALENTE DE ARENA	25.4	40.4	87	80.2	79.7	71.82
	LIMITE LIQUIDO %	45.0	29.0	42	36.0	35.0	35.5
	INDICE PLASTICO %	8.0	11.0	INAP	INAP	INAP	2.75
	CONTRACCION LINEAL %	3.8	4.3	0.0	0.0	0.0	1.08
	P.E.S. SUELTO kg/m ³		724	664	730	654	693
	P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1160	1500	1374	1450	1300	1406
	HUMEDAD OPTIMA %	41.1	18.5	14.0	18.7	19.4	17.65
	HUMEDAD NATURAL %	12.2					
	COMPACTACION DEL LUGAR %						
	V.R. 3. ESTANDAR SATURADO %		98.4	106	95	81.0	95.1
EXPANSION %		0.02	0	0	0	0.005	
CLASIFICACION SANDF	SM	GC - GW	GW	GW	GW	GW	

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA					
	CURVA DE PROYECTO					
	HUMEDAD DE PRUEBA %					
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
	ESPESOR REQUERIDO, cm					
	HUMEDAD DE PRUEBA %	44.1				
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	22.5				
	ESPESOR REQUERIDO, cm					
	HUMEDAD DE PRUEBA %	42.6				
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %	40.1				
	ESPESOR REQUERIDO, cm					
	HUMEDAD DE PRUEBA %					
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
	ESPESOR REQUERIDO, cm					

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	PESO VOLUMETRICO SECO DEL LUGAR	
	PESO VOLUMETRICO HUMEDO DEL LUGAR	
	VOLUMEN/CLASIF. PARA PRESUP.	
	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA	
	COEF. VAR. VOL. AL 90 %	
	COEF. VAR. VOL. AL 95 %	

NOTAS. La arena limosa (Tepetate) no se usará porque ya no existe volumen suficiente

BANCO DE PRESTAMO DE MATERIALES

CARRETERA PROYECTO DE CHIMALHUACAN
 TRAMO VIALIDAD URBANA
 SUB-TRAMO _____
 ORIGEN LOCAL

PRESTAMO DE MATERIAL PARA		SUB-BASE		DENOMINACION				BANCO " LA LOHA "			
UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.A.H.O.P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA				CLASIFICACION PRESUPUESTO		
	NO.	ESPESOR (Metros)			90%	95%	100%	BANDEADO	A	B	C
Km. 4+900 de la carretera	1	0.30	Suelo Vegetal	Despalme							
Los Reyes - Texcoco con desviación derecha de 200 m. - origen en los Reyes, Mex.	2	Indef	Tezontle rojo (GW - SM)	Compactado	0.96	0.91	0.86				
DIMENSIONES		VOLUMEN APROVECHABLE		OBSERVACIONES : <u>El banco es propiedad privada</u>							
LARGO <u>150</u> m	ANCHO <u>50</u> m.	75,000 m ³									
ESPESOR <u>10</u> m.											
DATOS DE CALIDAD Y RESISTENCIA			CROQUIS DE LOCALIZACION								
LIMITE LIQUIDO	33.66										
INDICE PLASTICO	INAP.										
P.V.S.M.	1360.5										
P.V.S.S.	842										
HUMEDAD OPTIMA	16.15										
% DE COMPACTACION											
HUMEDAD NATURAL											
VRS ESTANDAR	98.75										
EXPANSION	0.0										
CONTRACCION LINEAL	0.0										
VRS MODIFICADO AL 90%.											
VRS MODIFICADO AL 95%.											
VRS MODIFICADO AL 100%.											
CLASIFICACION SUCS	GW-SM										

DATOS DE SUELOS PARA BANCOS DE MATERIALES

OBRA	CHIMALHUACAN	ENSAYES Nos.	
LOCALIZACION	LA LOMA	FECHA DE RECIBO	
	Tezontle Rojo	FECHA DE INFORME	

IDENTIFICACION	HUM. DE ENSAYE.	394	395	145	PROMEDIO		
	SONDEO						
	ESTRATO						
	ESPESOR						

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMARO MAXIMO 50 mm	13.4	14.0	---	13.7	
	% RETENIDO EN MALLABE 75 mm					
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	57	52	30.2	46.	
	- - - DE 0.425 mm	25	20	10.7	18.56	
	- - - DE 0.075 mm	5	6	3.4	4.8	
	EQUIVALENTE DE ARENA	77.9				
	LIMITE LIQUIDO %	36.0	37	28	33.66	
	INDICE PLASTICO %	INAP	INAP	INAP	INAP	
	CONTRACCION LINEAL %	0.0	0.0		0.0	
	P.E.S. SUELTO kg/m ³	834	850		842	
	P.E.S. MAXIMO kg/m ³	1341	1380		1360.5	
	HUMEDAD OPTIMA %	16.3	16.0		16.15	
	HUMEDAD NATURAL %					
	COMPACTACION DEL LUGAR %					
V.R.S. ESTANDAR SATURADO %	97.1	100.4		98.75		
EXPANSION %	0.0	0.0		0.0		
CLASIFICACION SANDP	GW-SM	GW-SM		GW-SM		

ESTUDIO DE ESPEORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	70% COMP.	HUMEDAD DE PRUEBA %					
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
		ESPESOR REQUERIDO, cm					
	80% COMP.	HUMEDAD DE PRUEBA %					
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
		ESPESOR REQUERIDO, cm					
	90% COMP.	HUMEDAD DE PRUEBA %					
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
		ESPESOR REQUERIDO, cm					
	100% COMP.	HUMEDAD DE PRUEBA %					
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %							
ESPESOR REQUERIDO, cm							

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	PESO VOLUMETRICO SECO DEL LUGAR	
	PESO VOLUMETRICO HUMEDO DEL LUGAR	
	VOLUMEN/CLASIF. PARA PRESUP.	
	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA	
	COEF. VAR. VOL. AL 90 %	
	COEF. VAR. VOL. AL 95 %	
COEF. VAR. VOL. AL 100 %		

NOTAS.

BANCO DE PRESTAMO DE MATERIALES

CARRETERA	PROYECTO DE CHIMALHUACAN
TRAMO	
SUB-TRAMO	
ORIGEN	

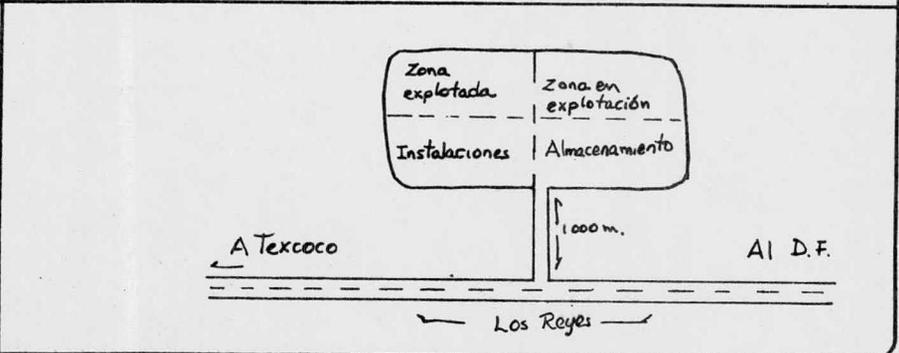
PRESTAMO DE MATERIAL PARA BASE, CARPETA Y RIEGO DE SELLO DENOMINACION " LOS REYES " (TRIBASA "

UBICACION	ESTRATO		CLASIFICACION S.A.H.O.P.	TRATAMIENTO PROBABLE	COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA			CLASIFICACION PRESUPUESTO		
	NO.	ESPESOR (Metros)			90%	95%	100%	BANDEADO		
								A	B	C
Km.0+000 con desviación de- recha de 1,000 m. de la Ca- rretera Los Reyes- Texcoco.	1	0.30	Suelo Vegetal	Despalme						
	2	Indef.	Basalto	Compactado	1.14	1.08	1.02			

DIMENSIONES LARGO <u>200</u> m ANCHO <u>30</u> m. ESPESOR <u>20</u> m.	VOLUMEN APROVECHABLE 120,000 m ³	OBSERVACIONES : El banco es propiedad de "TRIBASA" que lo explota y produce material de sello, carpeta y base. En el lugar gar cuentan con instalaciones para producir mezclas asfálticas. El banco se encuentra ubicado en la zona urbana de Los Reyes.
--	--	--

DATOS DE CALIDAD Y RESISTENCIA CROQUIS DE LOCALIZACION

LIMITE LIQUIDO	
INDICE PLASTICO	
P.V.S.M.	
P.V.S.S.	
HUMEDAD OPTIMA	
% DE COMPACTACION	
HUMEDAD NATURAL	
VRS ESTANDAR	
EXPANSION	
CONTRACCION LINEAL	
VRS MODIFICADO AL 90%.	
VRS MODIFICADO AL 95%.	
VRS MODIFICADO AL 100%.	
CLASIFICACION SUCS	



IV - ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE SECCIONES ESTRUCTURALES

Como hemos podido ver en el capítulo II la zona en estudio está formada por la arcilla característica de la "Zona del Lago de Texcoco" es decir, las obras de vialidad se colocarán sobre materiales que tienen baja resistencia al esfuerzo cortante y alta plasticidad que dan lugar a grandes hundimientos con la presencia de sobrecargas. Para efectos de proyecto y suponiendo las condiciones más críticas se consideró un Valor Relativo Soporte Estándar Saturado de 2% para la arcilla de Ciudad de Chimalhuacán sobre la cual se construirán los pavimentos.

Se necesita diseñar un tipo de pavimento que pueda ser soportado por este suelo y que con el paso de los vehículos no presente fallas, que pueden ser de dos tipos: cambio de la estructura del suelo que sería catastrófica o la debida a la presencia de grandes hundimientos -- que sería funcional. La sección estructural del pavimento aparte de -- que depende de las características de calidad y resistencia del suelo de apoyo también intervienen en el diseño los siguientes factores:

- Los recursos económicos con que se cuentan para la inversión.
- El Tránsito estimado (T.P.D.A.) así como su composición y tasa de incremento.
- Costos de Operación y Conservación, que van relacionados con el período de diseño del camino.
- La urgencia que se tenga de poner en circulación las avenidas.

A continuación analizaremos someramente las alternativas de secciones estructurales con que se cuenta en la actualidad, de donde podremos seleccionar la que mejor convenga a nuestros intereses.

IV.1 PAVIMENTO RIGIDO

Está constituido por una losa de concreto hidráulico apoyada sobre una capa de material seleccionado llamado base, pero cuando la capa subrasante es de buena calidad, la losa puede colocarse directamente sobre esta. La característica primordial de este tipo de pavimento es la distribución de los esfuerzos actuantes en toda la superficie de la losa, por lo que ofrece gran resistencia a las cargas. Una de sus ventajas es la durabilidad, ya que puede durar mucho más que un pavimento flexible. La principal desventaja es el costo, ya que la inversión inicial para su construcción es muy fuerte, llegando a ser hasta del triple en com-paración con la de un pavimento flexible; otra desventaja que presenta sobre el pavimento flexible es el tiempo que se emplea para formarlo y que hasta terminarlo se puede poner en servicio el camino.

IV.2 PAVIMENTO FLEXIBLE

Utilizando alguno de los métodos para el diseño de pavimentos flexibles del tipo tradicional se pueden conocer los espesores de las ca-pas de pavimento, debiéndose tener los datos siguientes : parámetros de resistencia del suelo de apoyo y de los materiales traídos de bancos, - valores de diseño referentes al tránsito y al periodo de diseño conside-rado.

Al tenerse un valor relativo de soporte del suelo muy bajo, el resultado del cálculo reflejará un espesor total de pavimento muy grande, significando que se necesita poner gran cantidad de material para poder soportar los esfuerzos producidos por el paso de los vehfculos. Esto representa una gran desventaja ya que por ser de gran espesor el pavimen-

to, el suelo tendrá una fuerte sobrecarga debida al peso de los materiales colocados sobre este, y aunque esta sobrecarga si pueda ser soportada por el suelo subyacente se producirán grandes hundimientos diferenciales que se notarán en la superficie de rodamiento y pueden hacer inoperante el camino.

Es necesario tener alguna variante en la estructuración del pavimento que sea la más factible económicamente y que haga que el suelo soporte las cargas y tenga la mínima compresibilidad.

IV.2.1 TERRENO NATURAL ESTABILIZADO CON CAL

Antes de construir el pavimento se puede mejorar el terreno natural, disminuyendole su plasticidad al estabilizarlo con cal; el procedimiento que se sigue es:

- Extendido y secado de la arcilla
- Disgregación de los grumos hasta tener partículas pequeñas
- Colocación de cal con aspersor
- Mezcla del material agregando agua

Este proceso tiene algunos inconvenientes, principalmente es tardado y laborioso, además se necesita una superficie de trabajo y manos adyacente al camino y no se puede realizar en temporada de lluvias.

IV.2.2 BASE ESTABILIZADA CON CEMENTO PORTLAND TIPO 1 O CON
CEMENTO ASFALTICO No. 6

Estabilizando la base con cemento portland se obtienen dos tipos de beneficios: se aumenta la resistencia del material de la base y/o se logra bajar su plasticidad, todo depende de la cantidad suministrada de cemento y del procedimiento que se siga.

Para que se obtenga mayor resistencia en la base es necesario agregarle mas del 3% de cemento portland mezclado en seco, al suministrarle agua se deja que frague provocando la unión entre las partículas y se compacta inmediatamente. Se disminuye la plasticidad del material de la base agregandole aproximadamente 5% de cemento portland sin dejar que al fraguar halla unión entre las partículas para lo -- cual se continúa mezclando el suelo con una motoconformadora cada 3 horas no permitiendo la cohesión del material.

Tambien se le puede agregar a la base cemento asfáltico No.6 con lo cual se produce una estabilización mecánica, mejorandose la resistencia de la capa.

Cabe decir que al hacer cualquier tipo de estabilización se aumenta el equivalente de arena con lo cual se reduce el espesor estructural de la base.

IV.3 PAVIMENTO MIXTO UTILIZANDO UNA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO
ENTRE LAS CAPAS DE LA SECCION ESTRUCTURAL Y UNA CARPETA DE
CONCRETO ASFALTICO

Al colocar una losa de concreto hidráulico de poco espesor encima de la capa subrasante se logra una minimización de los hundimientos diferenciales, ya que los esfuerzos producidos por las pasadas de los vehículos se transmitirán a toda la superficie de contacto de la losa -- que a su vez los transmitirá uniformemente a la capa subrasante.

Esta losa puede ser de concreto simple o reforzado con mallalac, todo depende de la magnitud de las cargas actuantes. Utilizando este sistema se reduce también el espesor total del pavimento, pero tiene desventaja económica ya que el concreto incrementa fuertemente los costos.

IV.4 PAVIMENTO QUE TIENE ADOQUIN COMO SUPERFICIE DE RODAMIENTO

La belleza arquitectónica es lo único bueno de esta variedad de pavimento, sus principales inconvenientes son los altos costos y la transfusión de agua a las capas inferiores del pavimento haciendo disminuir sus resistencias de soporte provocando hundimientos diferenciales prematuramente.

IV.5 PAVIMENTOS FLEXIBLES AUXILIADOS CON GEOREDES

Las Georedes son uno de los últimos adelantos en la tecnología de materiales; se elaboran mediante extrusión axial rotativa de polietileno de alta densidad y tienen útiles aplicaciones en la construc--

ción de vialidades, distribuyendo cargas y minimizando deformaciones diferenciales.

Las Georedes se colocan y se anclan en los extremos del camino antes de construir la subrasante y el pavimento; gracias a su alta resistencia tensional absorben las cargas minimizando los asentamientos del conjunto, y evitando las fallas por esfuerzo cortante.

Su utilización se está difundiendo en Europa y Japón, en México apenas se están efectuando pruebas iniciales.

V - EXPERIENCIAS AL RESPECTO EN LA ZONA ADYACENTE

Se hizo una recabación de la información disponible encontrándose lo siguiente:

V.1 PAVIMENTACION DE CIUDAD NETZAHUALCOYOTL

Ciudad Netzahualcóyotl tiene características similares a las de Ciudad de Chimalhuacán, por lo que conocer la construcción de sus pavimentos nos ayudará grandemente en la formación de nuestro criterio y con ello poder elegir adecuadamente la sección estructural del pavimento de Chimalhuacán.

Ciudad Netzahualcoyotl se encuentra ubicada también en la zona -- del ex-vaso de Texcoco, su área aproximada es de 4000 ha. , cuenta con 54 colonias y presenta un ritmo de crecimiento muy elevado; actualmente se puede considerar que tiene una longitud superior a 800 km de calles. La topografía que se presenta en la zona es plana con el consiguiente problema de drenaje pluvial. Estratigráficamente su suelo es similar al de Chimalhuacán.

Las primeras pavimentaciones que se hicieron en sus avenidas principales fueron en 1972 obteniéndose malos resultados ya que al poco -- tiempo fallaron, presentándose grietas, ondulaciones y baches en la superficie de rodamiento; es presumible que uno de los factores que contribuyeron a ello fué el poco presupuesto asignado.

Posteriormente se rehabilitaron las avenidas principales y se pavimentaron otras calles obteniéndose otra vez funestos resultados, es

to ocurrió hasta 1975.

Desde entonces diversas compañías constructoras y consultoras han hecho estudios de mecánica de suelos y pavimentos en la zona obteniéndose resultados muy diversos; en 1976 la Junta Local de Caminos en el Edo. de Méx. le encomendó a una compañía de proyectos y asesoría la tarea de uniformar criterios existentes y determinar los tipos de pavimentos mas adecuados para Ciudad Netzahualcóyotl.

El proyecto definitivo de pavimentación de Cd. Netzahualcóyotl - se hizo para tres tipos de vialidades:

- Circuito Vial Primario: por cuyas arterias circularán todo tipo de vehículos, y cuyo tránsito pesado estará constituido principalmente por las líneas de autobuses.
- Circuito Vial Secundario: comprendiendo las calles principales que servirán de alivio al Circuito Vial Primario.
- Calles Secundarias: todas las demás calles no incluidas en las vialidades anteriores.

A continuación se dan las alternativas de estructuración para el Circuito Vial Primario únicamente .

Los datos de Proyecto son :

Volúmen de Transito (T.P.D.A.)	5000 vehículos diarios por carril
Porcentaje de Vehículos Pesados	15%
Vida Util (Perfodo de Diseño)	10 años
Tasa de Incremento Anual	8 %

Tránsito Equivalente Acumulado	3 591 000 ejes de 8.2 Ton
Compactación del Terreno Natural	85%
V.R.S de Proyecto	3.6%

Los espesores estructurales del tipo de pavimento tradicional obtenidos por tres métodos diferentes; el de la S.A.H.O.P., el del Instituto del Asfalto (I.A.) y el del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. (I.I.) se muestran a continuación:

METODO	S.A.H.O.P	I.A.	I.I.	PROMEDIO
Carpeta de Mezcla en Planta	9 cm	9 cm	9 cm	9 cm
Base Hidráulica	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Sub-base	18 cm	23 cm	25 cm	22 cm
Capa Rompedora de Capilaridad	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Esesores totales	67 cm	72 cm	74 cm	71 cm

Estabilizando el suelo se obtuvieron los siguientes espesores estructurales:

	A	B
Carpeta de Mezcla en Planta	6 cm	8 cm
Base Asfáltica	12 cm	
Base Hidráulica		20 cm
Terreno Natural Estabilizado con cal	<u>25 cm</u>	<u>25 cm</u>
Esesores totales	43 cm	53 cm

Utilizando una losa de concreto hidráulico de $f'c$ 100 kg/cm² como variante se obtuvieron los siguientes espesores:

Carpeta de Mezcla en Planta	7 cm
Base Hidráulica	22 cm
Losa de Concreto	10 cm
Cama de Arena	<u>5 cm</u>
	44 cm

V.2 Comentarios

Como se puede observar en el diseño del pavimento flexible tipo tradicional de Ciudad Netzahualcóyotl considerando una carpeta asfáltica, base hidráulica, sub-base y una capa rompedora de capilaridad - se obtuvieron grandes espesores, debido principalmente a la baja resistencia del suelo de apoyo; los resultados obtenidos con el método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. se caracterizaron por ser los de mayores espesores estructurales. Se notó también que estabilizando el terreno natural con cal se tiene una disminución de espesor total de pavimento de aproximadamente 25%, y con una losa de concreto se disminuye en un 38% aproximadamente.

De todas las alternativas de secciones estructurales analizadas para las vialidades de Ciudad Netzahualcóyotl se eligió la que incluía una losa de concreto hidráulico armado con mallac, y actualmente se está utilizando esta estructuración para pavimentar nuevas calles y repavimentar todas aquellas que habían fallado. Cabe mencionar que hasta la fecha se han observado buenos resultados.

En las colonias de San Juan de Aragón donde también se presenta - el problema de baja resistencia y compresibilidad del suelo por estar situadas en la Zona del Ex-lago de Texcoco se ha optado también por la utilización de un pavimento que incluye una losa de concreto hidráulico armado con mallalac colocada sobre la capa subrasante.

VI - DISEÑO DEL PAVIMENTO

Debido a que no se contaba con muchos recursos económicos y se requería abrir a la circulación las vialidades lo más pronto posible, se decidió utilizar un tipo de pavimento mixto que incluía una losa de concreto hidráulico sobre la capa subrasante para las vialidades más importantes, considerando que con esto se iban a evitar los grandes asentamientos diferenciales; para las demás vialidades se decidió utilizar pavimento flexible tradicional y convivir con los asentamientos diferenciales y el correspondiente incremento de mantenimiento.

El método que se escogió para diseñar el pavimento fue el del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. porque este es el que ofrece la mayor y más actualizada clasificación de tránsito, facilita los cálculos al tener programas para calculadora programable y computadora, y además está más del lado de la seguridad porque tiene niveles de confianza hasta del 90%.

Basándose en el proyecto urbanístico en lo que corresponde a los estudios de origen y destino de la ciudad se clasificaron las vialidades para su diseño en la siguiente forma:

- a) Libramiento Urbano y Vía Central Primaria.- De 8 carriles de circulación y 50 m de ancho de corona.
- b) Vialidad Primaria.- Para 4 carriles de circulación y uno de estacionamiento a cada lado, con un ancho de corona de 30 m.
- c) Vialidad Secundaria.- Para 2 carriles de circulación y 2 de estacionamiento, con un ancho de corona de 17 m

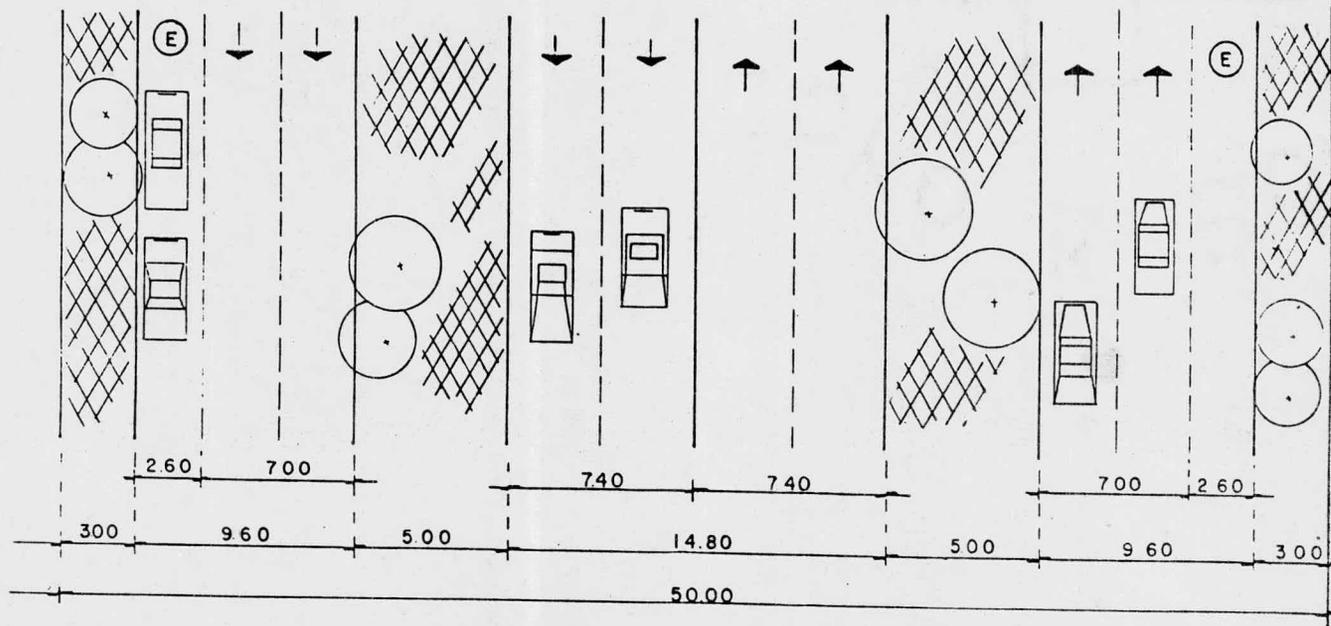
Cabe mencionar que el número de carriles se determinó en función -

de un análisis de capacidad de servicio (tiempo de saturación); el ancho de los carriles de circulación y estacionamiento fué el autorizado por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y la suma de los anchos de los carriles, banquetas y camellones para cada caso , determinó los anchos de corona correspondientes. En las figuras 6.1, 6.2 y 6.3 se pueden ver los dibujos de los tres tipos de vialidades con sus acotaciones, y al final del libro está un plano con las vialidades.

Además de separar los diseños de las vialidades por su tránsito - fué necesario separarlos en: con terracerfas construidas a la fecha y sin terracerfas; ya que en algunas calles existían terracerfas o alguna estructura de pavimento y había que considerar la posibilidad de aprovecharlas.

Debido a los motivos ya antes señalados de la urgencia de poner en servicio las avenidas y la falta de disponibilidad de dinero suficiente para realizar una obra definitiva que les garantice a las vialidades una vida útil de cuando menos 10 años, se tomó la decisión de separar el proyecto en dos etapas, que deberían ser congruentes con un programa de inversión, estas etapas son:

- Primera Etapa.- Se construirán vialidades provisionales para una vida útil de 3 años, colocándole solo una carpeta de dos riegos y un ancho de corona de 7 metros para todos los casos.
- Segunda Etapa.- Se construirán vialidades definitivas programadas para un período de diseño de 10 años teniendo carpetas de concreto asfáltico elaborado en planta y los anchos de corona serán los que se mencionaron anteriormente.



* Acotaciones en metros

LIBRAMIENTO URBANO Y
VIALIDAD CENTRAL PRIMARIA

ESC. 1:200

FIGURA 6.1

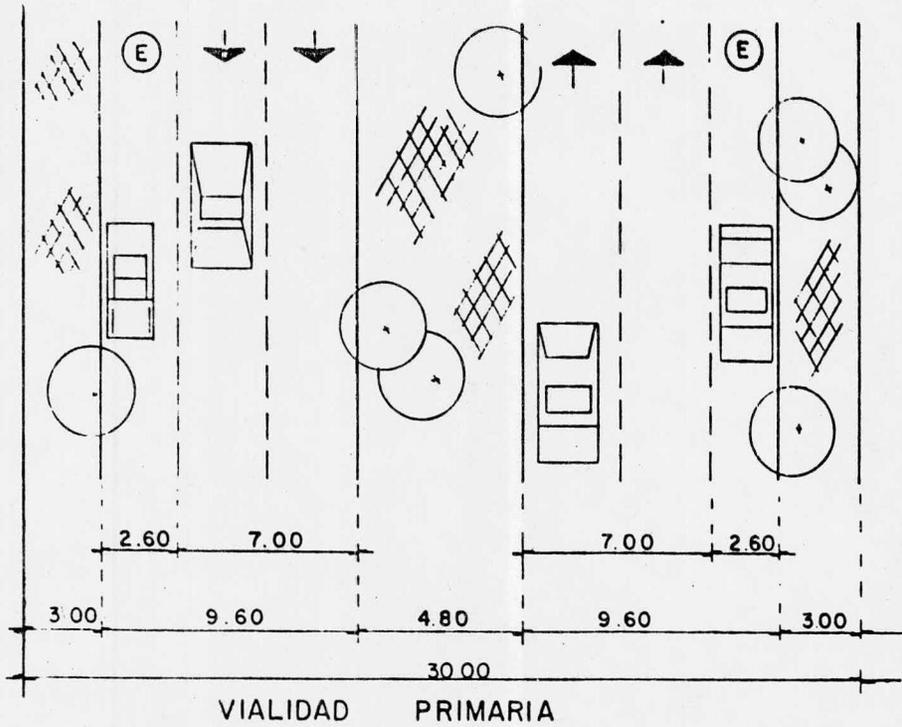
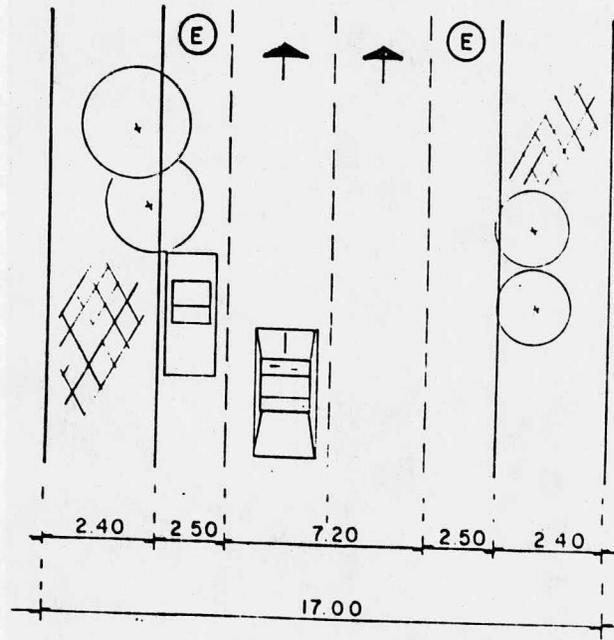


FIGURA 6.2

*
Acotaciones en metros



VIALIDAD

SECUNDARIA

*
Acolaciones en metros

FIGURA 6.3

VI.1 OBRAS PROVISIONALES Y DEFINITIVAS EN ZONAS DONDE NO EXISTEN

TERRACERIAS

VI.1.1 DATOS DE DISEÑO

El tránsito y las composiciones de este se tomaron en función del análisis de capacidad de servicio y los estudios de origen y destino; se exponen en la siguiente tabla:

<u>TIPO DE VIALIDAD</u>	<u>T.D.P.A.</u>	<u>COMPOSICION</u>	<u>TASA DE INCREMENTO</u>
Libramiento Urbano	6 000	Automóvil	A2=50%
y Vía Central Primaria		Camión ligero	A'2=20%
		Autobús (2 ejes)	B2=15%
		Camión (2 ejes)	C2=7%
		Camión (3 ejes)	C3=8%
<hr/> Vialidad Primaria	<hr/> 4 000		<hr/> A2=50%
			A'2=20%
			B2=15%
			C2=7%
			C3=8%
<hr/> Vialidad Secundaria	<hr/> 2 000		<hr/> A2=50%
			A'2=20%
			B2=15%
			C2=7%
			C3=8%

Como ya se dijo se consideró para el terreno natural un V.R.S. de 2% , los V.R.S. críticos de proyecto considerados para los materiales de los bancos de material fueron los siguientes:

CAPA DEL CAMINO/BANCO	COMPACTACION	
	90%	95%
Terracerfias y Capa Subrasante		
-Banco La Magdalena(Bugarfn)	20.4%	45.8%
-Banco La Magdalena(Barrera)	21.5%	38.6%
Sub-base		
-Banco Santa Maria	22.5%	40.1%
-Banco La Loma	--	98.8%

VI.1.2 DISEÑO DEL PAVIMENTO

De acuerdo al método del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. los espesores del pavimento se obtienen a partir de los V.R.S. críticos de proyecto y el número de ejes sencillos equivalentes de 8.2 ton. acumulados para el periodo de diseño considerado; este último parámetro se obtuvo de la siguiente manera:

- Tránsito Diario Promedio Anual en el Carril de Diseño (TCD)

Libramiento Urbano y Via

Central Primaria TCD = 6000 x 0.5 = 3000 vehiculos

Vialidad Primaria TCD = 4000 x 0.5 = 2000 vehiculos

Vialidad Secundaria TCD = 2000 x 0.5 = 1000 vehiculos

- Coeficiente de Acumulación de Tránsito (CT)

$$CT = \left[\frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] 365$$

donde: r : tasa de incremento anual
de tránsito

n : periodo de diseño

para un período de diseño de 10 años :

$$CT_{10} = \left[\frac{(1 + 0.1)^{10} - 1}{0.10} \right] 365 = 5817.16$$

para un período de diseño de 3 años :

$$CT_3 = \left[\frac{(1 + 0.1)^3 - 1}{0.10} \right] 365 = 1208.15$$

- Conversión del Tránsito a ejes sencillos de 8.2 ton.(NEU)

TIPO DE VEHICULO	COMPOSICION	COEFICIENTE DE DAÑO z=60 cm*	NUMERO DE EJES SENCILLOS EQUIVALENTES PARA UN TRANSITO UNITARIO
A2	0.5	0	0
A'2	0.2	0.015	0.003
B2	0.15	2.939	0.44085
C2	0.07	2.939	0.20573
C3	0.08	2.94	0.2352
TOTAL			0.88478

*se estudió el daño para una profundidad de 60cm

porque se esperaba un pavimento de gran espesor

- Número de ejes sencillos de 8.2 ton. acumulado (n= 10años)

TIPO DE VIALIDAD	NUMERO DE EJES EQUIVALENTES T. UNITARIO	TRANSITO CARRIL DE DISEÑO	COEF.DE ACUMULACION DE TRANSITO	NUMERO DE EJES ACUMULADOS
Lib. Urbano y Vfa Central Primaria	0.88478	3000	5817.16	1.544×10^7
Vialidad Primaria	0.88478	2000	5817.16	1.029×10^6
Vialidad Secundaria	0.88478	1000	5817.16	5.147×10^6

Los espesores de grava equivalente sobre la capa considerada obtenidos para un período de diseño de 10 años son:

TIPO DE VIALIDAD	TERRENO NATURAL VRS CRITICO= 2%	CAPA SUBRASANTE VRS CRITICO= 38.6 %
Vfa Central Primaria y Libramiento Urbano	118 cm	34 cm
Vialidad Primaria	114 cm	32 cm
Vialidad Secundaria	107 cm	30 cm

Los resultados obtenidos significan que, por ejemplo en el caso de la Vfa Central Primaria y el Libramiento Urbano se necesitará colocar - cuando menos 118 cm de espesor de grava equivalente de material sobre - el terreno natural y 34 cm de espesor de grava equivalente de pavimento sobre la capa subrasante , para las otras vialidades se tiene un significado análogo. Sin embargo el V.R.S. que rigió para el diseño del pavimento fué el del terreno natural pues es el que arroja el mayor espesor.

Apartir de los espesores totales de grava equivalente obtenidos se estudiaron varias alternativas de espesores de las capas de pavimento - tomando en cuenta los volúmenes de material disponibles de bancos , los costos resultantes de los acarreos y del costo directo de los materiales.

La estructuración del Pavimento definitiva para la Vfa Central Primaria y el Libramiento Urbano quedó de la siguiente forma:

Carpeta de Concreto Asfáltico	12 cm
Base Hidráulica	15 cm
Sub-base	40 cm
Losa de Concreto H. (f'c= 150 kg/cm ²)	10 cm
Subrasante	20 cm

esta estructuración cumple con el espesor requerido de grava equivalente:

$$12 (2)^* + 15 (1) + 40 (1) + 10 (2) + 20 (1) = 119$$

* los números que aparecen entre paréntesis son los coeficientes de resistencia estructural para cada capa considerada.

En la tabla 6.1 se muestran los espesores estructurales obtenidos tanto para las obras provisionales, como para las obras definitivas. La única diferencia que habrá entre las secciones estructurales provisionales y las definitivas será el tipo de carpeta utilizada, ya que primero se construirán los pavimentos con carpetas de dos riegos, sin valor estructural y posteriormente se tendrán que construir las definitivas de concreto asfáltico para garantizar una vida útil de 10 años.

En las figuras 6.4, 6.5 y 6.6 se aprecian las secciones estructurales de las obras provisionales.



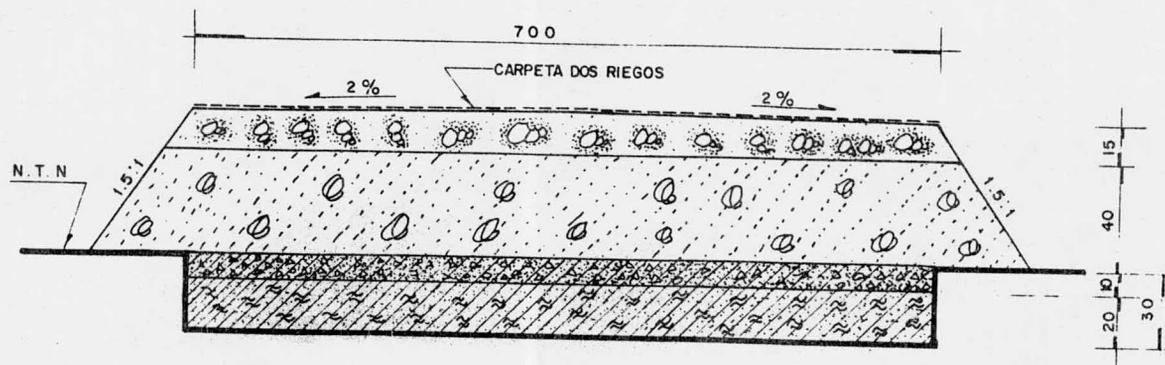
ENEP ARAGON

C A P A	LIB. URBANO Y VIALIDAD CENTRAL PRIMARIA		VIALIDAD PRIMARIA		VIALIDAD SECUNDARIA	
	OBRA PROVISIO NAL.	OBRA DEFINITI VA.	OBRA PROVISIO NAL.	OBRA DEFINITI VA.	OBRA PROVISIO NAL.	OBRA DEFINITI VA.
SUBRASANTE COMPACTADA AL 95%	20 cm.	20 cm.	20 cm.	20 cm.	20 cm.	20 cm.
LOSA DE CONCRETO HI- DRAULICO f'c = 150 KG/CM2	10 cm.	10 cm.	---	---	---	---
SUB-BASE COMPACTADA AL 95%	40 cm.	40 cm.	40 cm.	40 cm.	40 cm.	40 cm.
BASE HIDRAULICA COM- PACTADA AL 95%	15 cm.	15 cm.	35 cm.	35 cm.	30 cm.	30 cm.
CARPETA DE DOS RIEGOS	si	-----	si	-----	si	-----
CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO	---	12 cm, colocada en dos capas de 6 cm c/u.	---	10 cm.	---	10 cm.
TIEMPO DE DURACION	1.5 a 3.0 años	10 años	2 a 3.5 años	10 años	2.5 años	10 años

TABLA 6.1

ESPORES ESTRUCTURALES DE VIALIDADES SIN TERRACERIAS EXISTENTES

CROQUIS DE LA SECCION ESTRUCTURAL DE LIBRAMIENTO URBANO Y VIA CENTRAL PRIMARIA PROYECTO CHIMALHUACAN



* Acotaciones en Centímetros

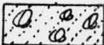
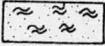
- | | | | |
|---|--|---|-----------------------------|
|  | DESPALME DE TERRENO NATURAL |  | SUB-BASE COMPACTADA AL 95 % |
|  | CAPA SUB-RASANTE COMPACTADA AL 95 % |  | BASE COMPACTADA AL 95 % |
|  | LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO DE $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ | | |

FIGURA 6.4

CROQUIS DE LA SECCION ESTRUCTURAL DE LA VIALIDAD PRIMARIA PROYECTO CHIMALHUACAN



* Acotaciones en Centímetros

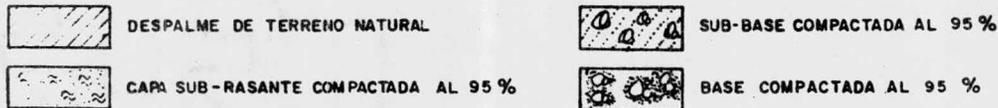
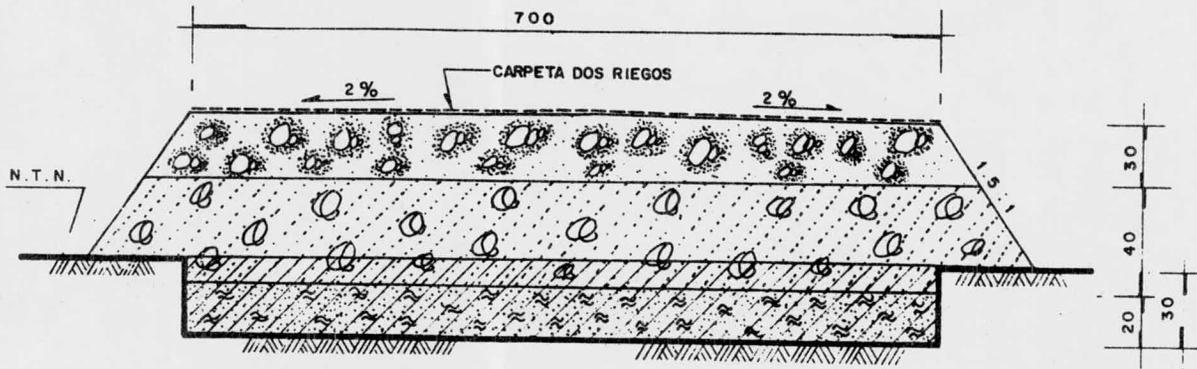


FIGURA 6.5

CROQUIS DE LA SECCION ESTRUCTURAL DE LA VIALIDAD SECUNDARIA PROYECTO CHIMALHUACAN



* Acotaciones en Centímetros

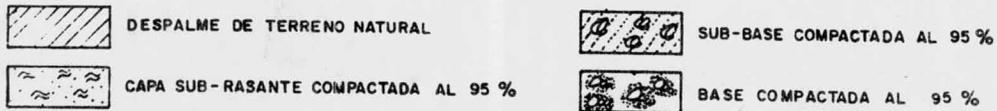


FIGURA 6.6

VI.2 OBRAS PROVISIONALES Y DEFINITIVAS EN ZONAS DONDE EXISTEN

TERRACERIAS

Entre las obras de vialidad que se van a realizar también se incluyen la rehabilitación de calles que tienen ya alguna terracería o estructura de pavimento, estas calles están situadas en el Casco Urbano de Chimalhuacán y son las que llevan por nombres : "Santa Elena",- "Peñón", Avenida "Hidalgo", que continúa como Avenida "Juárez" y después como Avenida de "Chimalhuacán". Las dos primeras cuentan ya con terracerías y la tercera con pavimento. La Avenida Sta. Elena cruza la zona de interés de sur a norte y es la calle que actualmente da acceso al Lago Nabor Carrillo y al CONALEP.

La Avenida Peñón corre prácticamente paralela a la Avenida Hidalgo o Chimalhuacán y está localizada más al norte. En cambio la Avenida Hidalgo actualmente es la vía principal de Chimalhuacán, su prolongación (Av. Chimalhuacán) comunica el Casco Urbano con la carretera - Los Reyes- Texcoco; esta avenida circunda al cerro de Chimalhuacán y luego se dirige hacia el oriente hasta cruzar con la carretera que va de Los Reyes a Texcoco.

VI.2.1 TRABAJOS DE CAMPO Y LABORATORIO

Con el propósito de conocer la estructura que actualmente tienen los pavimentos y las terracerías se realizaron siete calas en diferentes lugares situados algunos sobre el pavimento de la Avenida Hidalgo y la Avenida Chimalhuacán, otras sobre la Av. Sta. Elena y sobre la Avenida Peñón. La localización de las calas se muestra en la fig. 6.7 .

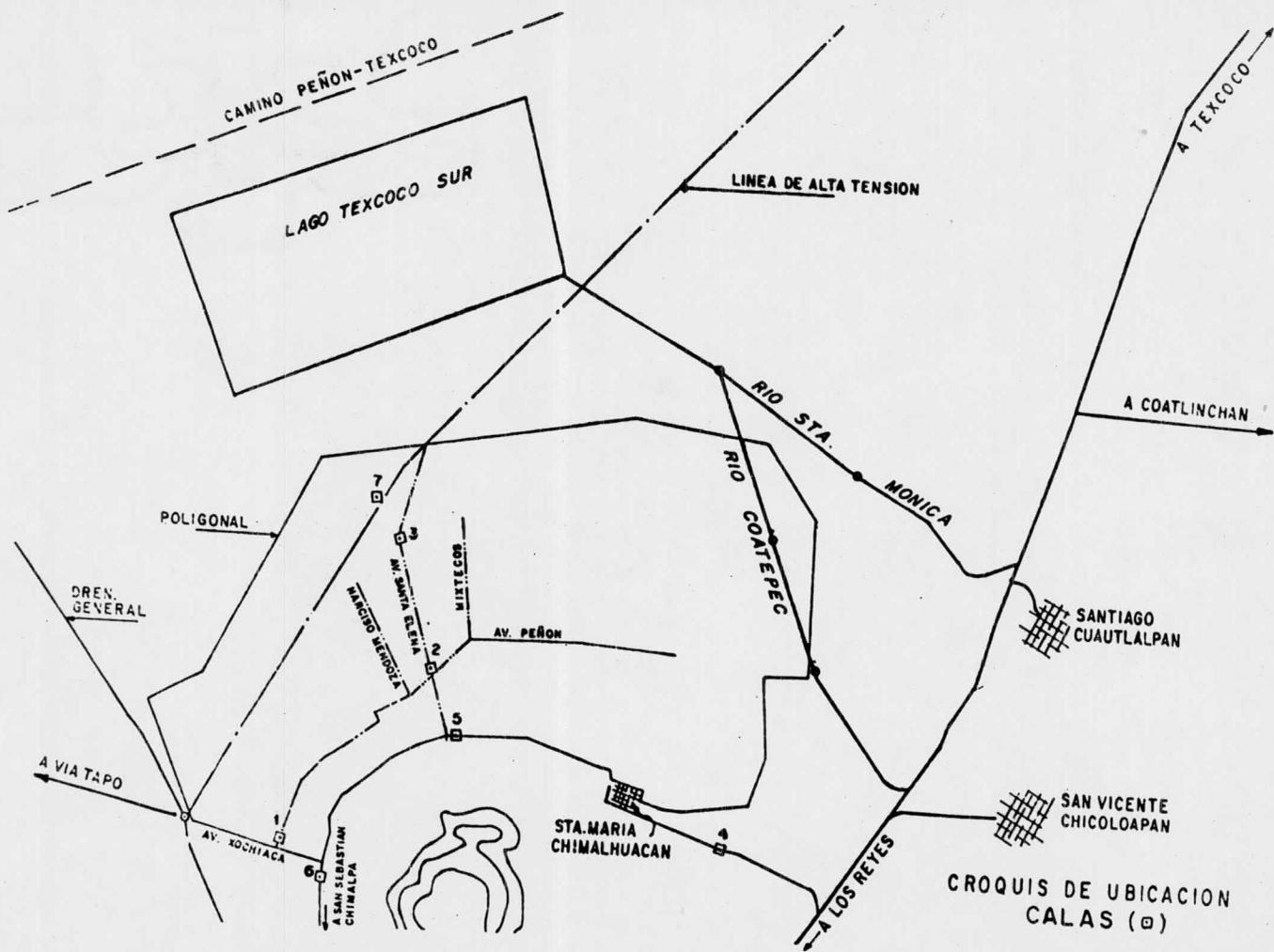


FIGURA 6.7

A las muestras obtenidas de las calas se les hicieron pruebas de calidad y resistencia y se determinaron los tipos de materiales existentes en las estructuras estudiadas, así como su grado de compactación. Los resultados obtenidos esencialmente muestran que en las calles construidas sobre la "Zona del Lago" existe una incrustación formada por tezontle y/o tepetate limo arenoso con grava y subyaciendo se tiene una capa limoarenosa con espesores del orden de 10 cm. Los resultados de las pruebas de laboratorio se muestran al final de este capítulo.

V.2.2 DATOS DE DISEÑO

En el análisis de tránsito realizado se determinó que la Av. - Sta. Elena tendría un T.D.P.A. de 2 000 vehículos debido a que es una vialidad secundaria. La Av. Hidalgo ó Chimalhuacán se consideró como vialidad primaria por lo tanto le corresponde un T.D.P.A. de 4 000 vehículos. El T.D.P.A. para la Av. Peñón considerada como Vía Central Primaria fué de 6 000 vehículos.

Para las tres avenidas la composición del tránsito fué considerada así:

Automóviles	(A)	70 %
Autobuses	(B)	15 %
Camiones de dos ejes (C2)		7 %
Camiones de tres ejes (C3)		8 %

La tasa de incremento anual fue considerada de 10 % .

Para el terreno natural y los materiales de bancos se usaron los mismos parámetros de resistencia considerados en el diseño de nuevas vialidades.

VI.2.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO

Las estructuras mas convenientes para las avenidas también se determinaron con el método de diseño de pavimentos del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., utilizando los valores de tránsito y resistencia considerados para cada avenida, tomándose en cuenta la posible utilidad de las estructuras que existen actualmente.

Como en la Av. Sta. Elena los materiales de las terracerfas encontrados son de aceptable calidad, se aprovecharán para formar la estructura definitiva. En las Avenidas Chimalhuacán e Hidalgo también se podrán aprovechar las terracerfas y las capas de pavimento existentes, - en cambio en la Av. Peñón donde se encontró una incrustación de mala calidad formada por tezontle hasta de tamaños de 6" se decidió no aprovechar dicha incrustación.

Los cálculos de los espesores del pavimento fueron similares a los realizados para vialidades nuevas, solo que en las avenidas donde se van a aprovechar estructuras de material existentes se hizo una evaluación de estas convirtiendo sus espesores reales a espesores de grava equivalente mediante factores de conversión para pavimentos construidos.

A continuación expondremos únicamente el caso de la Avenida Sta. Elena (Vialidad Secundaria) ya que para las otras vialidades el procedimiento que se siguió fue similar.

En base al espesor obtenido de grava equivalente de pavimento más la capa subrasante para las Vialidades Secundarias en la parte VI.1.2 de este capítulo se eligió la sección estructural definitiva, quedando de la siguiente forma:

Subrasante	
mat. existente	10 cm
mat. de banco	15 cm
Sub-base	40 cm
Base Hidráulica	30 cm
Carpeta de Concreto Asfáltico	10 cm

esta sección estructural cumple con el espesor de grava equivalente:

$$10 (2) + 30 (1) + 40 (1) + 15(1) + 10 (0.2)^* = 107$$

* coeficiente estructural considerado
para la capa subrasante existente

En la tabla 6.2 se resumen los espesores calculados para todas las vialidades donde existen terracerías.

C A P A	AV. SANTA ELENA		HIDALGO O CHIMALHUACAN		AV. PEÑON	
	VIALIDAD SECUNDARIA		VIALIDAD PRIMARIA		VIALIDAD CENTRAL PRIMARIA	
	OBRA PROVISIONAL	OBRA DEFINITIVA	OBRA PROVISIONAL	OBRA DEFINITIVA	OBRA PROVISIONAL	OBRA DEFINITIVA
SUBRASANTE COMPACTADA AL 95 %	25 cm	25 cm.	70 cm.	70 cm.	20 cm.	20 cm.
LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO DE F'c= 150 KG/CM2.	---	---	---	---	10 cm.	10 cm.
SUB-BASE COMPACTADA AL 95%	40 cm.	40 cm.	15 cm.	15 cm.	40 cm.	40 cm.
BASE HIDRAULICA COMPACTADA AL 95%	30 cm.	30 cm.	15 cm.	15 cm.	15 cm.	15 cm.
CARPETA DE DOS RIEGOS	SI	---	SI	---	SI	---
CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO	---	10 cm.	---	10 cm.	---	12 cm. en 2 capas de 6 cm. \checkmark
TIEMPO DE DURACION	3 años	10 años	3 años	10 años	3 años	10 años

TABLA 6.2

ESPEORES ESTRUCTURALES DE VIALIDADES CON TERRACERIAS

ANEXO VI.1 DATOS DE LAS ESTRUCTURAS EXISTENTES

EN LAS VIALIDADES

INFORME DE TERRACERIAS

OBRA	PROYECTO CHIMALHUACAN	ENSAYES No.	
LOCALIZACION	CALAS	FECHA DE RECIBO	
		FECHA DE INFORME	

IDENTIFICACION	No. CALA	1	2	2	3	3	4
	LOCALIZACION	AV. PEÑON	STA. ELENA	STA. ELENA	STA. ELENA	STA. ELENA	CHIMALHUACAN, IMSS
	CAPA	ESO. PUERTO	ESO. PEÑON	ESO. PEÑON	ESO. TERMINAL	ESO. TERMINAL	TERRENO
		INCRUSTA- CION	INCRUSTA- CION	TERRACERIA	TERRACERIA	INCRUSTA- CION	NATURAL

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	1 1/2" A 3/4"	5" / 46%	2" / 4.7%	2" / 1.7%	4" / 40%	4" / 1.7%
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm					2" - 60%	
	% QUE PASA MALLA DE 4.75 mm	92.1	57.4	65.1	80.2	0.0	95.8
	- - - DE 0.425 mm	82.0	35.4	40.1	53.0	0.0	90.4
	- - - DE 0.075 mm	49.8	15.8	19.7	24.7	0.0	52.2
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO %						
	LIMITE LIQUIDO %	32.5	26.0	33.0	36.6	---	28.7
	INDICE PLASTICO %	13.0	6.0	10.0	11.0	---	10.5
	CONTRACCION LINEAL %	6.1	2.6	3.3	4.1	---	3.1
	P. E. S. SUELTO kg/m ³						
	P. E. S. MAXIMO kg/m ³	1620	1603	1574	1575	---	1645
HUMEDAD OPTIMA %	19.9	13.4	20.2	22.9	---	3.1	
HUMEDAD NATURAL %							
COMPACTACION DEL LUGAR %	90.7	---	87.0	85.3	---	95.5	
V. R. S. ESTANDAR SATURADO %	---	100	100	100	---	---	
EXPANSION %	---	0.02	0.17	0.14	---	---	
CLASIFICACION SAMPS							

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	80% COMP. HUM.	HUMEDAD DE PRUEBA %					
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
		ESPESOR REQUERIDO, cm					
		HUMEDAD DE PRUEBA %					
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
		ESPESOR REQUERIDO, cm					
	95% COMP. HUM.	HUMEDAD DE PRUEBA %					
		VALOR RELATIVO DE SOPORTE %					
		ESPESOR REQUERIDO, cm					
	100% COMP. HUM.	HUMEDAD DE PRUEBA %					
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %						
	ESPESOR REQUERIDO, cm						

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	PESO VOLUMETRICO SECO DEL LUGAR	
	PESO VOLUMETRICO HUMEDO DEL LUGAR	
	VOLUMEN / CLASIF. PARA PRESUP.	
	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA	
	COEF. VAR. VOL. AL 90 %	
COEF. VAR. VOL. AL 95 %		
COEF. VAR. VOL. AL 100 %		

NOTAS: CAPA DE TEZONTLE ROJO CON GRANULOMETRIA ENTRE 2" Y 4"

INFORME DE TERRACERIAS

OBRA	PROYECTO CHIMALHUACAN	ENSAYES No.	_____
LOCALIZACION	CALAS	FECHA DE RECIBO	_____
		FECHA DE INFORME	_____

IDENTIFICACION	No. CALA	4 ***	5	5	5	6	6
	LOCALIZACION	CHIMALHUA-	JUAREZ	COZAMALOC Y	SAN JUAN	CENTRAL	CENTRAL
	CAPA	CAN. 1MSS	BASE	SUB-BASE	TERRENO	ESQ. PUERTO	ESQ. PUERTO
		SUB-BASE			BASE	BASE	SUB-BASE

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	TAMANO MAXIMO	4"/35 %	1"/7.8%	1"/5.9%	2"/1.9%	1"/19.8%	1"/9.6%
	% RETENIDO EN MALLA DE 75 mm	2"-65 %					
	% QUE PASAMALLA DE 4.75 mm	---	36.0	47.1	77.3	46.1	55.0
	" " " " DE 0.425mm	---	20.5	28.1	58.9	27.3	34.8
	" " " " DE 0.075mm	---	13.2	16.3	30.7	17.0	18.8
	EQUIVALENTE DE HUM. DE CAMPO %						
	LIMITE LIQUIDO %	---	47.5	31.5	24.0	40.0	35.0
	INDICE PLASTICO %	---	24.5	11.0	3.0	16.0	15.0
	CONTRACCION LINEAL %	---	10.0	5.5		6.4	5.2
	P. E. S. SUELTO kg/m ³						
	P. E. S. MAXIMO kg/m ³	---	1829	1865	1705	1907	1821
	HUMEDAD OPTIMA %	---	17.2	14.1	19.0	13.6	15.5
	HUMEDAD NATURAL %						
	COMPACTACION DEL LUGAR %	---	93.7	92.9	92.7	94.0	93.5
V. R. S. ESTANDAR SATURADO %	---	100	95.6	77.2	100	100	
EXPANSION %	---	0.05	0.06	0.53	0.0	0.0	
CLASIFICACION SAHSP							

ESTUDIO DE ESPESORES	TIPO DE PRUEBA						
	CURVA DE PROYECTO						
	HUMEDAD DE PRUEBA %						
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %						
	ESPESOR REQUERIDO, cm						
	HUMEDAD DE PRUEBA %						
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %						
	ESPESOR REQUERIDO, cm						
	HUMEDAD DE PRUEBA %						
	VALOR RELATIVO DE SOPORTE %						
	ESPESOR REQUERIDO, cm						
	HUMEDAD DE PRUEBA %						
VALOR RELATIVO DE SOPORTE %							
ESPESOR REQUERIDO, cm							

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL	PESO VOLUMETRICO SECO DEL LUGAR	
	PESO VOLUMETRICO HUMEDO DEL LUGAR	
	VOLUMEN/CLASIF. PARA PRESUP.	
	COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA	
	COEF. VAR. VOL. AL 90 %	
	COEF. VAR. VOL. AL 95 %	
COEF. VAR. VOL. AL 100 %		

NOTAS.

*** MATERIAL GRANULAR GRAVA REDONDEADA DE 2" A 4"

VII - PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION PARA LAS OBRAS PROVISIONALES Y
DEFINITIVAS

VII.1 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION PARA OBRAS DONDE NO EXISTEN
TERRACERIAS

VII.1.1 OBRAS PROVISIONALES

Para construir las obras provisionales se tienen que seguir los procedimientos que se mencionan a continuación:

1.- Despalmar el terreno natural en un espesor de 30 cm, para hacerlo se pueden seguir las siguientes alternativas:

a) Mediante una retroexcavadora o Jumbo tal que a la cuchara se le haga una adaptación para que tenga una -- profundidad de hincado de 30 cm . Para sostener el -- Jumbo se sugiere apoyarlo sobre un tramo de geored -- que a medida que realice la excavación circule sobre la geored y se coloque más adelante.

Para efectuar las operaciones se podrían considerar dos tramos de geored de 100 m de longitud y colocarlas en un ancho igual a una vez y media el ancho - de la retroexcavadora.

b) En forma manual en cuyo caso, el avance sería muy lento.

c) Si las maniobras se realizan en época de lluvias, otro procedimiento sería mediante la incrustación de - la cama de arena o subrasante propiciada por el peso propio del material y el de la maquinaria que opera--

ría en el lugar, para ayudar a realizar la incrustación se podría hacer una pequeña excavación en canal con draga.

Para realizar el proceso así descrito se tendría que llevar un avance en forma de punta de flecha y el material desplazado se tendría que alejar del lugar.

La decisión del método a usar será objeto de un tramo a prueba y de un estudio de tiempos y movimientos.

- 2.- Construir la capa subrasante o cama de trabajo con material traído del banco "La Magdalena", colocándola en una sola capa y compactándola al 95% de su peso volumétrico seco máximo, el espesor deberá ser de 20 cm de material compacto.
- 3.- En el Libramiento Urbano y la Vía Central Primaria, sobre la capa subrasante, se construirán una losa de concreto simple que deberá tener un $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 27 días y un espesor de 10 cm.
- 4.- En todas las demás vialidades, sobre la subrasante se debe construir la capa sub-base con material adecuado traído del banco "Sta. María" ó "La Loma", y debe ser de 40 cm su espesor total.
La secuela de la construcción será la siguiente:
Se extenderá el material en capas con motoconformadora y se le incorporará agua por medio de riegos y mezclados sucesivos hasta tener la homogeneidad en granulometría y humedad; el espesor de cada capa no deberá ser mayor de 15 cm, cada capa se compactará hasta

el 95% de su peso volumétrico seco máximo.

- 5.- Para el Libramiento Urbano y la Vía Central Primaria sobre la losa de concreto hidráulico se deberá construir la capa sub-base, con material del banco "Sta. María" o "La Loma", siendo de 40 cm de espesor y compactada al 95% de su peso volumétrico seco máximo.
- 6.- Sobre la sub-base terminada se construirá la base hidráulica con material traído del banco "Los Reyes" debidamente triturado y cribado al tamaño máximo de 2", el espesor de la capa será de 15 cm para el Libramiento Urbano y la Vía Central Primaria, de 35 cm en el caso de la Vialidad Primaria y de 30 cm para la Vialidad Secundaria. La base se compactará en una sola capa de 15 cm o en varias de 12 a 15 cm de espesor; el grado de compactación será del 95% de su peso volumétrico seco máximo.
- 7.- Una vez terminada la base, seca y barrida su superficie, se aplicará en todo lo ancho un riego de impregnación con asfalto rebajado del tipo FM-1, a razón de 1.5 lt/m², procurando tener una buena penetración en la base y cuidando que las espumas propicien que la superficie sea uniforme sin presentar encharcamientos de asfalto. Cabe mencionar que la elección del tipo adecuado de asfalto para el riego de impregnación así como su dosificación dependerá de la disponibilidad del mismo y de la textura de la base.
- 8.- Construir a todo lo ancho una carpeta por el sistema de dos riegos, para lo cual se deberá barrer la superficie impregnada e inmediatamente deberá construirse la carpeta de dos riegos de la siguiente

manera:

a) Primer riego

Aplíquese un riego de asfalto rebajado FR-3 a razón de 1.2 lt/m^2 para luego dar un riego de material pétreo del No.2 traído del Banco "Los Reyes", a razón de 10 lt/m^2 , este tipo de material tiene tamaños contenidos entre las mallas $3/4''$ y #8; inmediatamente después se rastreará y se compactará pasando 3 veces un rodillo liso de a 15 ton sobre la superficie, empezando de las orillas hasta llegar al centro.

b) Segundo riego

Aplíquese otro riego de asfalto rebajado FR-3 a razón de 1.2 lt/m^2 y en seguida hágase el reigo con material pétreo 3-B (material contenido entre las mallas $3/8''$ y #40) a razón de 7 lt/m^2 aproximadamente. Otra vez se rastreará y se pasará un rodillo 3 veces sobre la superficie para compactar. Transcurrido un tiempo no menor de 3 días se removerá y se recolectará el material pétreo excedente que no se adhirió al material asfáltico.

VII.1.2 OBRAS DEFINITIVAS PARA UN ANCHO DE CORONA DE 7.0 m

Cuando se decida terminar las vialidades tiene que hacerse lo siguiente:

Antes de colocar la carpeta es necesario escarificar en un espesor de 15 cm. la base y recompactarla al 100% de su peso volumétrico seco máximo. Se tendrá que hacer otra vez un barrido de la superficie y aplicarse un riego de impregnación con asfalto rebajado FM-1 a razón de -

1.5 lt/m² . Después se le aplicará un riego de liga con producto asfáltico FR-3 que es el más comunmente usado para esto, la dosificación debe ser de 0.5 lt/m² cuidándose de no tener encharcamiento.

Inmediatamente se colocará la carpeta asfáltica elaborada en la planta de asfaltos TRIBASA del banco de materiales "Los Reyes". Para las Vialidades Primaria y Secundaria la carpeta será de 10 cm de espesor, y para el Libramiento Urbano y la Vía Central Primaria la carpeta será de 12 cm colocada en dos capas de 6 cm c/u. En el tendido el material deberá estar a una temperatura promedio de 120 °C y deberá hacerse preferentemente con una máquina extendedora, ya que esta además de extender el material con el espesor requerido, le da una compactación preliminar y deja una textura uniforme; efectuado este procedimiento inmediatamente se rastrilla para desaparecer juntas y eliminar agregados gruesos indeseables.

A continuación se tiene que hacer una compactación definitiva -- cuando el material esté todavía muy caliente (90°C) utilizando primero compactadores neumáticos de 7 ton. de peso, y posteriormente, a una temperatura mínima de 70°C se pasarán rodillos lisos de 15 ton. para borrar huellas. Todas las compactaciones se deberán hacer de las orillas de la carpeta hacia el centro.

El último tratamiento que se le hará al pavimento será la aplicación de un riego de sello a la carpeta con asfalto rebajado FR-3 a razón de 0.5 lt/m² y una gravilla del No. 3E o 3A a razón de 8 lt/m².

Es necesario aclarar que no se contemplan los procedimientos de construcción finales para los anchos de carpeta determinados en el --

proyecto

VII.2 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION PARA OBRAS DONDE YA EXISTEN
TERRACERIAS

VII.2.1 OBRAS PROVISIONALES

Para construir las obras provisionales de las tres avenidas se tienen que seguir los procedimientos siguientes:

a) Para la Avenida Santa Elena (Vialidad Secundaria)

1.- Escarificar y recompartar las terracerías actuales al 95% de su peso volumétrico seco máximo, en un espesor de 10 cm.

2.- Sobre la terracería recompartada, terminar de construir la capa subrasante con material del banco "La Magdalena" compactándolo al 95% de su peso volumétrico seco máximo.

Esta capa tendrá un espesor total de 25 cm por lo que se considera deberá agregársele material del banco "La Magdalena" en un espesor de 15 cm .

3.- Formar la capa sub-base con material del banco "Sta. Marfa" o "La Loma", compactándolo al 95% de su peso volumétrico seco máximo. El espesor de esta capa será de 40 cm de material compacto.

4.- Constrúyase la base hidráulica con material del banco "Los Reyes" - compactándolo al 95% de su peso volumétrico seco máximo; esta capa tendrá un espesor de 30 cm.

5.- Una vez terminada la base y cuando su superficie esté seca y barrida se aplicará un riego de impregnación en todo el ancho de la corona - con asfalto rebajado FM-1 a razón de 1.5 lt/m^2 , aproximadamente.

6.- Bárrase la superficie impregnada e inmediatamente constrúyase la car peta de dos riegos de la siguiente manera:

- Primer riego

Aplíquese un riego de asfalto rebajado FR-3 a razón de 1.2 lt/m^2 para luego dar un riego de material pétreo No. 2 a razón de $10 \text{ -- } \text{lt/m}^2$, ambas cantidades son aproximadas.

- Segundo riego

Aplíquese un riego de asfalto rebajado FR-3 a razón de 1.2 lt/m^2 y en seguida hágase un riego de material pétreo 3-B a razón de 7 lt/m^2 . Las cantidades son aproximadas.

En todas las operaciones anteriores se debe considerar un ancho de corona terminada de 7.0 m.

b) Para la Avenida Peñón (Vfa Central Primaria)

1.- Despallar el terreno natural en 30 cm de espesor y 7.0 de ancho, - ya que el material incrustado es de muy mala calidad.

2.- Construir la capa subrasante, de 20 cm de espesor y 7.0 m de ancho, con material del banco "La Magdalena" compactándolo al 95% de su pe so volumétrico seco máximo.

3.- Construir una losa de concreto hidráulico simple de 10 cm de espesor. El concreto deberá tener un $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ a los 27 días.

4.- Ejecutar los pasos 3 a 6 del procedimiento para la Av. Sta. Elena, solo que en este caso el espesor de la base hidráulica deberá ser de 15 cm.

c) Para la Avenida Hidalgo o Chimalhuacán (Vialidad Primaria)

1.- Cortar la carpeta asfáltica actual y eliminar el material. En el caso de la Avenida Chimalhuacán, solo se barrerá y deshierbará -- la zona de desplante, sin eliminar la carpeta.

2.- Ejecutar los pasos 3 a 6 del procedimiento de la Avenida Sta. Elena, sólo que los espesores de la sub-base y base serán de 15 cm en ambos casos.

Cabe aclarar que para la Av. Hidalgo la sección es un cajón de 8.0 m de ancho y para la Av. Chimalhuacán la sección es en terraplén con un ancho de corona de 7.0 m .

VII.2.2 OBRAS DEFINITIVAS PARA UN ANCHO DE CORONA DE 7.0 m

Para terminar las vialidades tiene que hacerse lo siguiente:

Antes de colocar la carpeta se escarificará en un espesor de 15 cm la base y se recompactará al 100% de su peso volumétrico seco máximo. Se hará otra vez un barrido de la superficie antes de aplicarse un -- riego de impregnación con asfalto rebajado FM-1 a razón de 1.5 lt/m². Después se le aplicará un riego de liga con asfalto rebajado FR-3, que es el más comunmente usado para esto, la dosificación debe ser de 0.5 - 1t/m² cuidandose de no tener encharcamientos.

Inmediatamente después se colocará la carpeta de concreto asfáltico

traído de la planta de asfaltos TRIBASA del banco de materiales "Los Reyes". Para las avenidas Sta. Elena, Hidalgo y Chimalhuacán el espesor de la capa será de 10 cm y para la Avenida Peñón la carpeta será de 12 cm colocandola en dos capas de 6 cm c/u.

Los procedimientos de construcción para la carpeta de concreto asfáltico serán los mismos que se siguieron para la carpeta de de las via lidades que no tenían terracerías previamente.

VIII - NORMAS DE CALIDAD

Para obtener buenos resultados en los pavimentos es muy importante que las compañías dedicadas a proyectarlos empleen los métodos de diseño mas adecuados, pero tambien es determinante que la calidad de los materiales utilizados y los procedimientos de construcción que se sigan en la obra estén de acuerdo a lo requerido por el proyecto, de no ser asi lo más probable es que se presenten prematuramente fallas.

Las causas de las fallas de los pavimentos flexibles se pueden clasificar en la siguiente forma:

1.- Errores de Proyecto:

- a) Insuficiente espesor del Pavimento, debido a una mala predicción del tránsito diario promedio anual o a la mala selección del método de proyecto.
- b) Inadecuado material pétreo de la Carpeta.
- c) Materiales defectuosos de la Sub-base y Base, que no cumplen con los requisitos de calidad.
- d) Mala calidad y/o baja resistencia de los materiales de la Subrasante.
- e) Inadecuada dosificación de asfalto.
- f) Inadecuado tipo de asfalto.

2.- Defectos de Construcción:

- a) Compactación deficiente.
- b) Impropio calentamiento de los agregados de la carpeta.
- c) Mezclado defectuoso de los materiales
- d) Selección de materiales muy plásticos

e) Exceso de humedad en los materiales del Pavimento.

A través de los años se ha llegado a la conclusión de que de todas las fallas ocurridas el 80% de los casos son debidas a defectos de construcción. Por lo antes mencionado se debe proporcionar una gran importancia al control de calidad durante el proyecto, construcción y -- conservación para la obtención de buenos resultados en el servicio que proporcionan al usuario los pavimentos flexibles.

En el capítulo referente a bancos de material se hizo mención a la calidad que deben tener los materiales pétreos que se van a utilizar en las distintas capas del pavimento y en las terracerías, acatando lo dispuesto en las Especificaciones Generales de Construcción de la S.A.H.O.P. , en su parte Octava.

En las partes Cuarta y Segunda de las mismas Especificaciones se -- dan las normas de calidad para cada una de las etapas de construcción de los pavimentos; a continuación veremos las que son más importantes para el proyecto de pavimentación de la Ciudad de Chimalhuacán.

VIII.1 ESPECIFICACIONES PARA LA TERRACERIA

El material producto del despalme siempre se desperdiciará, y deberá ser colocado en un lugar predeterminado.

Para la capa subrasante se permitirán las siguientes tolerancias de superficie terminada :

- | | |
|--|------------|
| a) Niveles en la Subrasante | ± 3 cm |
| b) Ancho de sección, del eje a la orilla | + 10 cm |

VIII.2 ESPECIFICACIONES PARA LA SUB-BASE Y LA BASE

Para dar por terminada la construcción de la Sub-base y de la Base, se verificará el alineamiento, perfil, sección, compactación, espesor y acabado de acuerdo con lo fijado en el proyecto y las siguientes tolerancias:

	<u>SB</u>	<u>B</u>
a) Ancho de la sección, de eje a orilla	+ 10 cm	+ 10 cm
b) Pendiente transversal	± 0.5 %	± 0.5 %
c) Profundidad de las depresiones	1.5 cm	1 cm
d) Los espesores deben cumplir lo siguiente:		

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.14 \bar{e} \quad \text{Para Sub-Base}$$

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.12 \bar{e} \quad \text{Para Base}$$

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.09 \bar{e} \quad \text{Para Sub-Base más Base}$$

$$|e_r - e| \leq 0.2 e \quad \text{en el 84 \% de los casos para Sub-Base ó Base}$$

$$|e_r - e| \leq 0.2 e \quad \text{en el 95 \% de los casos para Sub-Base más Base}$$

en donde :

- e = Espesor de proyecto
- e₁, e₂, e_r, e_n = Espesores reales encontrados al efectuar sondeos y nivelaciones
- $e = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{n}$ = Espesor real promedio de todos los puntos
- n = Número de verificaciones del espesor real hechos en el tramo.

Los puntos donde se lleven a cabo los sondeos para las verificaciones de espesor y compactación deberán estar distribuidos a cada 100 m., en el centro y en los extremos del camino, las nivelaciones se harán en puntos localizados a cada 20 m, en el centro y también en los extremos.

VIII.3 ESPECIFICACIONES PARA LOS MATERIALES ASFÁLTICOS

Los riegos de materiales asfálticos se darán de preferencia por medio de petrolizadoras.

Por ningún motivo deberán aplicarse los materiales asfálticos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5° C., cuando halla amenaza de lluvia o cuando la velocidad del viento impida que la aplicación con petrolizadora sea uniforme.

Las temperaturas de los materiales asfálticos que se utilizarán en el proyecto, en el momento de su empleo deberán ser las siguientes:

Asfalto Rebajado de Fraguado Medio No. 1	30°C a 60°C
Asfalto Rebajado de Fraguado Rápido No. 3	60°C a 80°C
Cemento Asfáltico	160°C a 120°C

VIII.4 ESPECIFICACIONES PARA EL RIEGO DE IMPREGNACION

Para el riego de impregnación se deberán utilizar asfáltos rebajados de fraguado medio. El riego se hará con una petrolizadora en las horas más calurosas del día.

La superficie impregnada deberá presentar un aspecto uniforme y el asfalto rebajado deberá estar firmemente adherido, la penetración del riego deberá ser mayor a 4 mm. Una base bien terminada no debe tener depresiones sin embargo el asfalto rebajado puede formar charcos, cuando esto suceda, el exceso se quitará por medio cepillos.

La superficie impregnada de la base deberá cerrarse al tránsito preferentemente durante las 24 hrs. siguientes a su terminación.

VIII.5 ESPECIFICACIONES PARA LA CARPETA ASFALTICA POR EL SISTEMA DE RIEGOS

Los materiales asfálticos que se empleen en la construcción de carpetas por el sistema de riegos serán cementos asfálticos, asfáltos rebajados de fraguado rápido o emulsiones de rompimiento rápido.

Durante la construcción de la carpeta no debe permitirse el tránsito de vehículos sobre ella, esta suspensión se debe prolongar cuando menos 24 hrs. después del planchado final.

Para terminar la construcción de la carpeta de riegos se revisará que no se excedan las siguientes tolerancias:

- | | |
|--|--------------|
| a) Ancho de la Carpeta, de eje a la orilla | + 5 cm. |
| b) Pendiente transversal | $\pm 0.5 \%$ |
| c) Profundidad de depresiones | 1 cm. |

VIII.6 ESPECIFICACIONES PARA LA CARPETA DE CONCRETO ASFALTICO

En la elaboración de concretos asfálticos se emplearán exclusivamente cementos asfálticos. En la dosificación del cemento asfáltico se permitirá una aproximación de $\pm 2\%$ de la cantidad fijada.

Para hacer el mezclado el material petreo deberá calentarse hasta una temperatura comprendida entre 120°C y 160°C , y la temperatura de la mezcla deberá estar comprendida entre 120°C y 150°C al salir de la planta.

No se deberá extender el concreto asfáltico sobre una base húmeda, encharcada o cuando esté lloviendo.

Al terminar la construcción de la carpeta se verificará el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el acabado, y el espesor de acuerdo a lo especificado, permitiéndose las siguientes tolerancias:

- a) Ancho de la Carpeta, del eje a la orilla + 2 cm.
 b) Profundidad de las depresiones 0.5 cm.
 c) Los espesores deben cumplir lo siguiente:

$$\sqrt{\frac{(e_1-\bar{e})^2+(e_2-\bar{e})^2+\dots+(e_n-\bar{e})^2}{n}} \leq 0.11 \bar{e}$$

$$|e_r - \bar{e}| \leq 0.2 \bar{e} \quad \text{Para el 93\% de los casos}$$

En donde:

- e = Espesor de proyecto
 e_1, e_2, e_r, e_n = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.
 $\bar{e} = \frac{e_1+e_2+\dots+e_n}{n}$ = Espesor real promedio de todos los puntos
 n = Número de verificaciones del espesor real

Los puntos donde se llevarán a cabo los sondeos para la verificaciones de espesor y compactación deberán estar a cada 200 m. longitudinalmente, y transversalmente deberán ser 5, distribuidos a todo lo ancho; las nivelaciones deberán hacerse a cada 20 m. longitudinalmente, y transversalmente se harán 10 m. en forma distribuida.

VIII.7 ESPECIFICACIONES PARA LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO

Para colar las losas se utilizará cimbra metálica que no deberá moverse antes de transcurridas 8 hrs. de haberse terminado el colado;

La compactación se hará preferentemente por medio de baterías de vibradores de inmersión.

Se verificarán que el alineamiento, el perfil, la forma de la sección, espesor, anchura y acabados no excedan de la siguientes tolerancias:

- a) Anchura de la superficie, de eje a orilla + 1 cm.
- b) Pendiente transversal $\pm 0.5 \%$
- c) Como mínimo en el 80% de las verificaciones el espesor real deberá ser mayor o igual al espesor de proyecto $er \geq e$
- d) Como máximo en el 20% de la verificaciones el espesor real deberá ser mayor o igual al espesor de proyecto menos 0.5 cm. $er \geq e - 0.5 \text{ cm.}$

La verificación de los espesores se hará por medio de nivelaciones, la distribución de los puntos donde se llevarán a cabo estas será la misma que se indicó para carpetas de concreto asfáltico.

Se tendrá que revisar también que el concreto hidráulico cumpla con la resistencia fijada en el proyecto, para lo cual se harán pruebas de compresión a 2 especímenes como mínimo por cada 50 m^3 de colado en un mismo día, debiéndose cumplir lo siguiente:

- a) El promedio de la resistencia a la compresión de cada 5 especímenes consecutivos será igual o mayor que la resistencia fijada en el proyecto a los 28 días.

- b) Cuando menos 4 de los mismos 5 especímenes que se analizaron tendrán una resistencia a la compresión igual o mayor que el 90% de la resistencia fijada en el proyecto.

IX - TRAMOS DE PRUEBA

Con el fin de poder establecer un juicio del uso de las georedes en comparación con las losas de concreto o cualquier otro tipo de estructuración deberá construirse e instrumentarse un tramo experimental de una sección estructural de pavimento auxiliada con geored, y además deberá instrumentarse otro tramo con sección estructural que incluya losa de concreto hidráulico.

IX.1 TRAMO DE PRUEBA CON GEORED

El tramo de prueba estará localizado sobre el Libramiento Urbano tendrá una longitud de 500 m, los datos de tránsito fueron los mismos que se consideraron para esta vialidad.

Para todo el proyecto de vialidades se consideró un valor relativo de soporte (VRS) del terreno natural de 2%, pero partiendo de la hipótesis de que al utilizar la geored se incrementa el VRS en un 20%, se empleó un valor de 2.4 para este diseño.

IX.1.1 DISEÑO DEL PAVIMENTO

Utilizando el método de diseño del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. se obtuvieron espesores requeridos de grava equivalente de 90 cm y 104 cm para periodos de diseño de 3 y 10 años respectivamente, los cuales se cumplen con la siguiente estructuración:

OBRA PROVISIONAL (vida de 3 años)		OBRA DEFINITIVA (vida de 10 años)
Subrasante	30 cm	Adicionar a la estructuración de la
Sub-base	40 cm	obra provisional una carpeta de con-
Base	15 cm	creto asfáltico de 12 cm de espesor
Carpeta de dos riegos		y aplicar un riego de sello.

IX.1.2 PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION

Para la construcción de este tramo se seguirán los mismos procedimientos que se indicaron para el Libramiento Urbano en las obras provisionales y definitivas de las zonas sin terracerfas, solo que en lugar de colocar una losa de concreto se colocará la geored sobre la capa subrasante.

IX.1.3 INSTRUMENTACION

Para medir los asentamientos diferenciales y totales del tramo de prueba se colocarán puntos de control superficial en secciones transversales localizadas a cada 50 m en sentido longitudinal, en el sentido transversal los puntos de control se colocarán en el centro de línea de la sección, en los hombros de los terraplenes y en los pies de los taludes. Se deberán hacer nivelaciones en principio cada tres meses.

Para medir la forma en que irá comportándose la superficie de rodamiento se obtendrá el índice de servicio actual (ISA) cada 6 meses mediante el aparato de Lacroix o Mays. Para evaluar la deformación de la sección estructural, se realizarán pruebas de deflexión con el mé

todo de viga Benkelman cada 6 meses. Por otro lado se determinará con el perfilómetro transversal los movimientos que presente la superficie de rodamiento de cada sección.

Tanto las pruebas de deflexión, como las necesarias para obtener el índice de servicio actual se realizarán en el carril de mayores variaciones superficiales, sobre la rodada exterior.

IX.2 TRAMO DE PRUEBA CON LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO

El tramo de prueba de la sección constituida con losa de concreto hidráulico estará localizado también en el Libramiento Urbano, adyacente al tramo de prueba con geored habiendo una separación entre ellos de 50 m, su longitud será también de 500 m. La distribución de los puntos de control superficial para la medición de los asentamientos diferenciales y totales será la misma que se hizo para el tramo de prueba con geored.

En este tramo de prueba deberá hacerse el mismo tipo de mediciones que se le hagan al tramo de prueba con geored.

X - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con la información obtenida se llega a la conclusión de que la estratigrafía y las propiedades mecánicas del subsuelo del Ex-lago de Texcoco, y en particular en la zona de Chimalhuacán indican que la formación arcillosa superior tiene un espesor promedio de 40 m en la zona de Chimalhuacán, con un límite líquido promedio de 263% y una resistencia a la compresión simple en las condiciones más desfavorables de 0.104 kg/cm^2 . La primera capa dura se presentó con un espesor máximo de 1 m; y la formación arcillosa inferior tiene un espesor aproximado de 15 m, un límite líquido promedio de 150% y una resistencia a la compresión simple en las condiciones más desfavorables de 0.129 kg/cm^2 .

Debido a estas características del subsuelo de la zona de Chimalhuacán se van a presentar asentamientos diferenciales y totales en las terracerías que forman las vialidades, ya que la amplitud de los anchos de las coronas y la magnitud de las cargas producirán una -- distribución de los esfuerzos hasta una gran profundidad de los estratos compresibles del subsuelo, lo cual presenta verdaderos retos para la realización de todo tipo de construcciones y obras de ingeniería.

Los métodos para el proyecto de pavimentos generalmente se basan en tres factores: magnitud de las cargas, frecuencia de esas, y la resistencia del suelo de apoyo; pero particularmente para este proyecto el factor que determinó los tipos de secciones estructurales de pavimento que se deberían construir fue el de la baja resistencia de su suelo.

En la elección de los tipos de secciones estructurales más adecuados para las vialidades también influyeron otros factores, como lo son: los recursos económicos disponibles para la inversión, los costos de operación y conservación, la urgencia de poner en servicio las avenidas y especialmente las experiencias de vialidades construidas en suelos con las mismas características.

Para las vialidades más importantes que tendrán un tránsito muy intenso se optó por proyectar secciones estructurales de pavimento mixto, que incluirán una losa de concreto hidráulico sobre la capa subrasante, y una carpeta de concreto asfáltico; todo ello con el fin de -- que se minimicen los asentamientos diferenciales que se podrían presentar utilizando pavimentos flexibles convencionales, y en vista de los buenos resultados obtenidos en lugares adyacentes con este tipo de pavimentación. Para las otras vialidades, que tendrán un tránsito menor se consideró una sección estructural de pavimento flexible, que es más barata, pero en la que hay que convivir con los asentamientos diferenciales y con el consiguiente aumento de mantenimiento.

Mediante el método de diseño del Instituto de Ingeniería de la -- U.N.A.M. se determinaron los espesores estructurales para cada tipo de vialidad; y los espesores de cada capa de material se sacaron a partir de un estudio de alternativas considerando los volúmenes de material disponibles de bancos previamente estudiados, los costos directos de los materiales y los costos resultantes de los acarreos. El dimensionamiento de las secciones estructurales para las vialidades se muestra en las tablas 6.1 y 6.2

Para determinar la localización de los bancos de materiales para las diferentes capas que integran la sección estructural, es decir, - pavimento, la capa subrasante y las terracerías se siguió la metodología que comienza con el estudio de cartas topográficas y geológicas - de la región, seguida por el análisis de fotografías aéreas y el reconocimiento aéreo. Posteriormente se hizo una inspección a los lugares determinando los volúmenes aprovechables y tomando muestras representativas de material para ser analizadas en el laboratorio con el fin de determinar sus características de calidad y resistencia. La selección de los bancos se hizo en función del tipo de material y la calidad del mismo, tomando en cuenta también el volumen que se necesitaba y las distancias de acarreo correspondientes. Los bancos seleccionados fueron: "La Magdalena" para terracerías y capa subrasante, "Santa María" y "La Loma" para capa sub-base, y para la base, carpeta y - riego de sello se eligió el banco denominado "Los Reyes" (para mayor información ver el capítulo III).

Los análisis de volúmenes y precios unitarios para la elaboración del antepresupuesto de las vialidades fué hecho con precios de - julio de 1982, y los resultados obtenidos para secciones con ancho de corona de 7.0 m. fueron los siguientes:

TIPO DE VIALIDAD	OBRAS PROVISIONALES (por km.)	OBRAS DEFINITIVAS (por km.)	LONG. TOTAL (km.)	COSTO TOTAL DE LA OBRA
Vía Central Primaria	5 520 290.00	7 313 562.00	8.0	58 508 496.00
Libramiento Urbano	5 520 290.00	7 313 562.00	9.0	65 822 058.00
Vialidad Primaria	3 533 832.00	5 044 983.00	28.0	141 259 522.00
Vialidad Secundaria	3 227 129.00	4 738 288.00	23.0	108 980 438.00
TOTAL \$				374 570 514.00

Considerando las secciones con los anchos de corona especificados en el proyecto (ver figuras 6.1 a 6.3), sin tomar en cuenta banquetas ni camellón central, se obtuvieron en forma aproximada los costos:

VIALIDAD	ANCHO DE CORONA (m)	COSTOS
Vía Central Primaria	50.0	\$ 284 184 128.00
Libramiento Urbano	50.0	\$ 319 707 144.00
Vialidad Primaria	30.0	\$ 387 454 689.00
Vialidad Secundaria	17.0	\$ 189 937 335.00
TOTAL		\$ 1 181 283 296.00

Con el fin de poder establecer un juicio del uso de las georedes en comparación con las losas de concreto hidráulico o cualquier otro tipo de estructuración se recomienda construir e instrumentar un tramo experimental de una sección estructural de pavimento auxiliada -- con geored; los costos del tramo de prueba, considerando 6 mediciones (una cada 6 meses) seran los siguientes:

Costo directo del tramo de prueba de 500 m incluyendo imprevistos	\$ 2 372 463.00
Colocación de puntos de control	\$ 137 500.00
Nivelaciones de puntos de control	\$ 750 000.00
Evaluación con vigas Benkelman en ambos sentidos	\$ 600 000.00
Evaluación de la superficie de rodamiento en función de la rugosidad para obtener el índice de servicio (ISA)	\$ 600 000.00
TOTAL	\$ 4 459 963.00

Con objeto de tener elementos de comparación entre la sección constituida con losa de concreto hidráulico, y una formada con la geored, se deberá instrumentar también un tramo de 500 m de una sección estructural formada con losa de concreto hidráulico adyacente a la formada con la geored, y con una separación entre ellas de 50 m. El antepuesto aproximado de esta sección es el siguiente:

Costo directo del tramo de prueba	
de 500 m incluyendo imprevistos	2 760 144.00
Costo de la instrumentación	2 087 500.00
	<hr/>
TOTAL \$	4 847 644.00

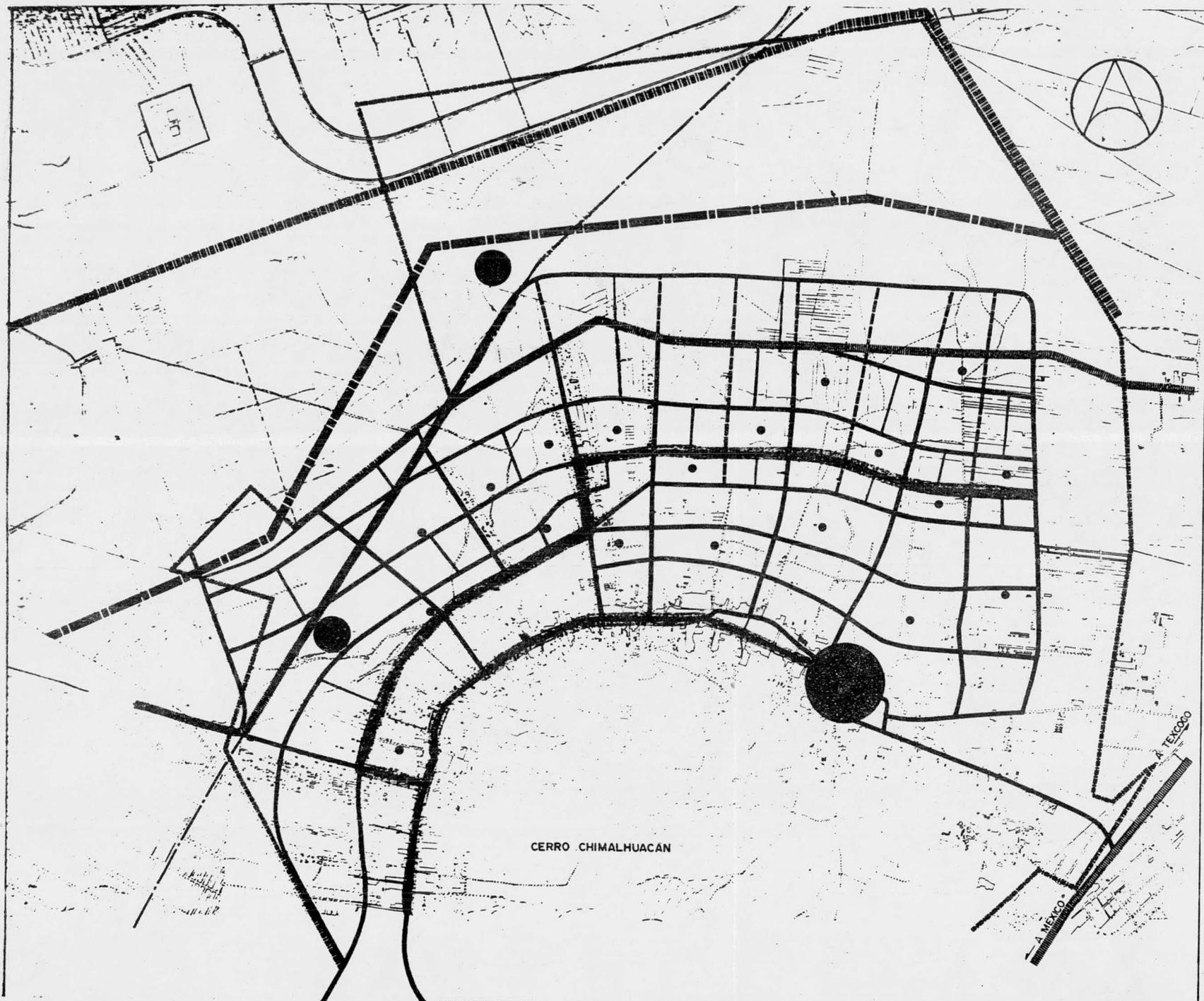
Se recomienda tener cuidado en seguir los procedimientos de construcción, y en especial alguno de los procedimientos para el despalme que se mencionan en el capítulo correspondiente; ya que en los suelos blandos se dificultan estas maniobras debido a la incrustación y atascamiento de la maquinaria de trabajo.

Debido al rápido crecimiento de población de Chimalhuacán y consecuentemente de su tránsito es necesario que halla una continuidad en las obras de vialidad conforme a lo planteado en este proyecto; para lo cual debe haber un programa de inversión.

XI- BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

- 1.- García A.G. y Murillo F.R..-"Ex-Lago de Texcoco".- Simposio del --
Subsuelo y la Ingeniería de Cimentaciones en el Area Urbana del -
Valle de México.- S.M.M.S..- México.- 1978
- 2.- Marsal R.J. y Graue P. .- "El Subsuelo del Lago de Texcoco".- Volu
men Nabor Carrillo.- S.H. y C.P..- Nacional Financiera S.A. .- 1969
- 3.- Hiriart F. y Graue R..-"Proyecto Texcoco".- Memorias de trabajos -
realizados y Conclusiones.- Volumen Nabor Carrillo.- S.H. y C.P..-
Nacional Financiera S.A..- 1969
- 4.- Rico A. y Del Castillo H..-"Ingeniería de Suelos en las Vías Terres
tres".- Volumen I
- 5.- Barragán A.S. y Holguín R.R..- "Estudios Geotécnicos para proyecto
de carreteras".- Ponencia del Seminario de Terracerías.- S.A.H.O.P.-
1979
- 6.- Orozco O.J..- "Estudios Geotécnicos para Terracerías".- Ponencia -
del Seminario de Terracerías.- S.A.H.O.P..-1979
- 7.- P.A.C.C.S.A..- "Proyecto de Pavimento para Ciudad Netzahualcóyotl
Edo. de México".- 1976
- 8.- P.A.C.C.S.A..- "Estudio para la Rehabilitación del Pavimento de di
versas Avenidas Principales de Ciudad Netzahualcóyotl, Edo. de Mé-
xico".- 1980
- 9.- Corro C.S., Magallanes N.R. / Prado O.G..- "Instructivo para el Di
seño Estructural de Pavimentos Flexibles para Carreteras".- -----
S.A.H.O.P..- 1980

- 10.- Olivera B.F..-"Tecnología para el Proyecto de Pavimentos Flexibles".- E.N.E.P. Aragón, U.N.A.M..- 1981
- 11.- Apuntes del Seminario: "Terraplenes sobre Suelos Blandos".- Asociación Mexicana de Caminos.- 1981
- 12.- Ruelas R.A..- "Construcción de la Carpeta Asfáltica del la Autopista Los Reyes-Texcoco Edo. de México".- Tesis Profesional.- Facultad de Ingeniería, U.N.A.M..- 1976
- 13.- Sosa G.R..- "La Ingeniería de Suelos en las Obras Civiles".- - IX Reunión Nacional de Mecánica de Suelos.- Mérida, México.- 1978.
- 14.- INSISA Consultores S.A..- "Anteproyecto de las secciones estructurales de Ciudad Chimalhuacán".- 1982



CHIMALHUACAN

SIMBOLOGIA

ESTRUCTURA URBANA

- CENTRO URBANO.
- SUB-CENTRO URBANO.
- CENTRO DE BARRIO.

LIMITES:

- ▬ Federal.
- ▬ Municipal.
- ▬ De Crecimiento.

VIALIDADES:

- ▬ Libramiento Urbano
- ▬ Primaria.
- ▬ Secundaria.
- ▬ Local
- ▬ VIA CENTRAL PRIMARIA
- ▬ LINEAS ALTA TENSION.

CERRO CHIMALHUACAN

ENEP ANAGON U.N.A.M.

VIALIDADES DE LA CIUDAD
DE CHIMALHUACAN
EDO. DE MEXICO

Jose Maria Hinojosa A.

TESIS PROFESIONAL