

75  
2 Ejes

# Universidad Nacional Autónoma de México



FACULTAD DE INGENIERIA

**PROBLEMAS GENERALES DEL SUBSUELO  
EN EL DESARROLLO URBANO  
" TABASCO 2000 "**

# T E S I S

**Que para obtener el Título de:  
INGENIERO CIVIL  
P r e s e n t a**

**Raúl Angel Heredia Téllez**



México, D. F.

1985



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## I.- INTRODUCCION

## I.- INTRODUCCION.

El Estado de Tabasco con una tendencia de desarrollo muy de finida, orientada primordialmente al sector agropecuario, enfren tó un cambio radical al convertirse en uno de los principales -- productores de hidrocarburos del País.

Ese cambio se manifestó en forma más acentuada a partir de- 1977, al incrementarse los trabajos de exploración, perforación- y extracción en los Estados de Tabasco, Chiapas y Campeche, modi ficándose en forma notable el ritmo de vida y los patrones de de sarrollo de la zona, lo cual originó la afluencia de equipo, ma- teriales y mano de obra en grandes cantidades.

Villahermosa resultó especialmente afectada por constituir- el polo de atracción regional, siendo la Ciudad más importante y mejor ubicada en el área de explotación ( ver fig. 1 ), y por te ner la infraestructura más desarrollada, sin embargo fué tal el - número de personas que inmigraron que sus instalaciones fueron - insuficientes.

La fuerte demanda, en contraposición con la oferta restrin- gida, provocó el congestionamiento vial, el desarrollo de zonas- urbanas y el déficit en viviendas y servicios públicos.

Los límites de la Ciudad fueron rebasados, ocupándose, en - muchos casos, las zonas menos aptas para el desarrollo urbano. - Se saturó el centro de la Ciudad, entorpeciendo el desarrollo co mercial, desplazando la vivienda y presentando como consecuencia la especulación en la venta y arrendamiento de todo tipo de in - muebles.

Como primer paso hacia la solución de estos problemas, el - Gobierno del Estado adoptó la estrategia de adquisición de terre nos, basada en la política de desarrollo y ordenamiento territo- rial, marcada por el Plan Nacional de Desarrollo Urbano, dentro-

del cual, Villahermosa, tiene asignada la prioridad más alta; por la importancia que le confieren su localización estratégica y sus recursos naturales.

Entre los predios adquiridos con este fin, destacan los del antiguo aeropuerto de la Ciudad así como los terrenos aledaños, - área que fué definida para continuar el desarrollo lógico de la - mancha urbana y que será el futuro centro geográfico de la misma - ( ver fig. 2 ).

Para el aprovechamiento de esa superficie, el Ejecutivo del Estado promovió la creación de la "Comisión para el Desarrollo Urbano Tabasco 2000".

A través de esta comisión, se plantearon cambios en la utización del suelo urbano y se promovió la ejecución de programas y proyectos que respondieran a las demandas reales de la Ciudad mediante la ampliación de un plan parcial para 780 hectáreas en las que se habrá de inducir y formar un desarrollo económico de auerdo con los lineamientos contenidos en el Plan de Desarrollo Urbano de Villahermosa.

De este total, 272 Has. fueron adquiridas por el Gobierno -- del Estado y se destinaron a la construcción de un proyecto que - no fué enfocado a satisfacer únicamente la demanda habitacional - ( aunque éste fuera uno de los principales objetivos); sino a cubrir requerimientos modernos de urbanización, comercio, turismo, - cultura y esparcimiento, que pudieran beneficiar, no solamente a quienes vivan en el área, sino a toda la Capital, al Estado en - general y en el aspecto comercial y de servicios, al Sureste del País.

Este proyecto fué hecho realidad cuando el Plan Maestro, estructurado por técnicos en construcción, en salud y en la organización social dió lugar al Desarrollo Urbano Tabasco 2000, tomando en cuenta variables económicas, sociales, físicas, funcionales

y de sistema.

El Plan Parcial denominado "Desarrollo Urbano Tabasco 2000" se plantea como un instrumento planificador que norme los usos y destinos de las 780 Has. que comprende, garantizando el desarrollo económico de las siete zonas en que se ha dividido.

La primera etapa del Plan Parcial se realizó principalmente en las 272 Has. propiedad del Gobierno del Estado, que comprende a las zonas Centro/Zona 1, Campestre/Zona 2 y los Espejos/Zona 3 (ver fig. 3).

A partir de la Ley Estatal de Desarrollo Urbano, el Plan de Desarrollo Urbano de Villahermosa y la investigación directa; -- realizada por diversos sectores, se fueron determinando los tipos de vivienda, el equipamiento comercial y la infraestructura turística y de servicios necesarios para la Ciudad y la región, -- con el objeto de ampliar y mejorar su oferta.

Los estudios de topografía, mecánica de suelos, sistemas de escurrimiento, climatología, tendencias de crecimiento urbano, -- de infraestructura, edificaciones existentes en el área de estudio, así como el uso del suelo en el entorno, fueron delineando -- restricciones en cuanto al tipo de construcción adecuada para cada área; las obras preliminares necesarias para llevarla a cabo, el incremento de los costos derivados de tales obras, las posibilidades de aprovechamiento de los recursos naturales e infraestructura existente y la forma de conseguir la integración del -- proyecto en su conjunto.

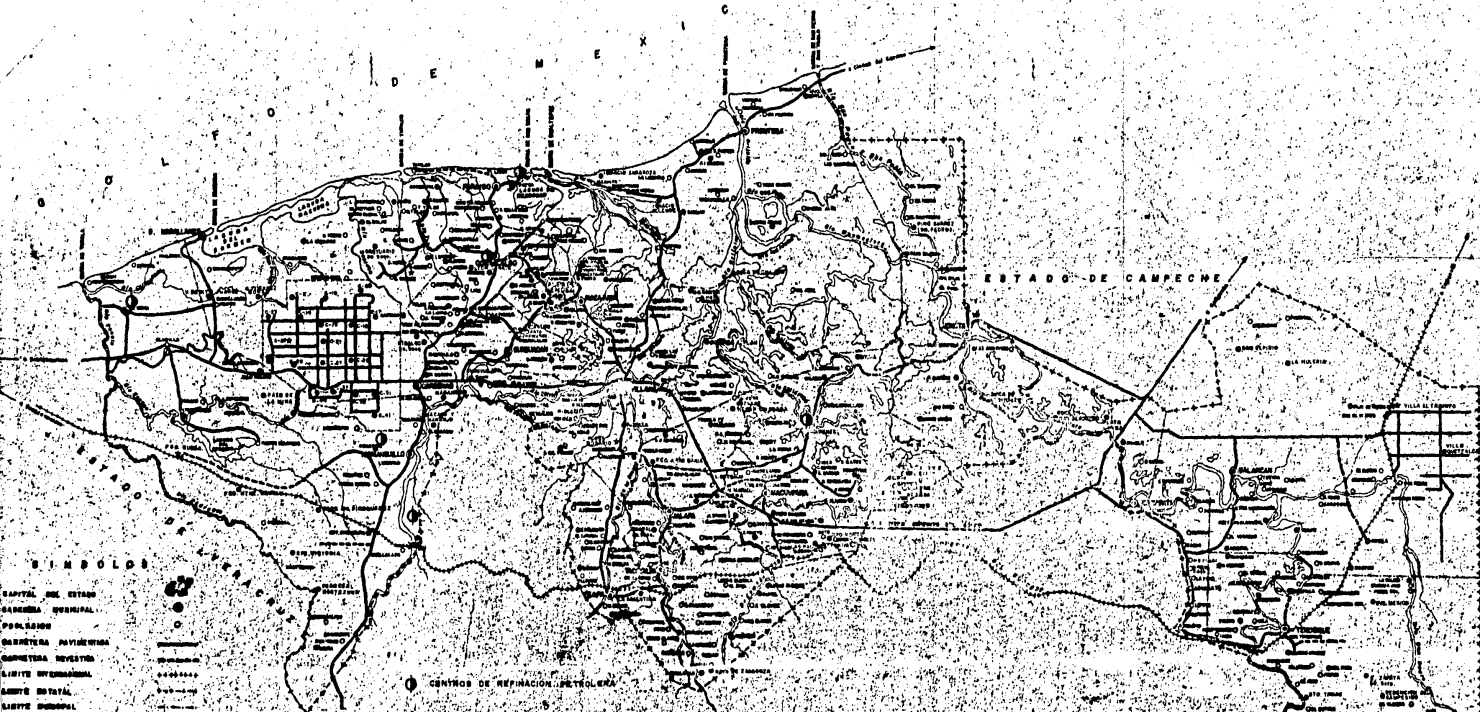
Cabe hacer notar que durante la ejecución de la primera etapa, del Plan Parcial, se vendió al sector de mayores ingresos; -- desarrollos comerciales, hoteles y lotes totalmente urbanizados, con lo cual se pudieron satisfacer los requerimientos, comerciales, turísticos y de urbanización que benefician a la Capital -- del Estado.

La inversión para la ejecución de estas obras se recuperó por medio de ventas y arrendamientos, generando excedentes que se emplearon para subsidiar, parte del costo de los predios destinados a la vivienda de interés social y para cubrir parte de los costos de construcción de los edificios de interés público; tales como: el Planetario, el Centro de Convenciones y el Palacio Municipal con lo cual se vió beneficiado, principalmente, el sector servicios.

Dentro de esta primera etapa las zonas de vivienda fueron ubicadas junto a los edificios públicos para conjuntarse con una serie de servicios que, interconectados con la Ciudad, proporcionaron un mejor desarrollo.

M E X I C O

ESTADO DE CAMPECHE



- SÍMBOLOS**
- CAPITAL DEL ESTADO
  - CABECERA MUNICIPAL
  - POBLADO
  - COMUNIDAD PATRIMONIAL
  - COMUNIDAD REVESTIDA
  - LÍMITE MUNICIPAL
  - LÍMITE ESTADAL
  - LÍMITE MUNICIPAL
  - TERMINAL

● CENTRO DE REFINACIÓN PETROLERA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TOMO : DESARROLLO URBANO

TITULO : VIGOS

PLANTE: NINA A. HEREDIA TELLEZ

OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 1

1:500,000



**II.- UBICACION Y DESCRIPCION.**

## II.- UBICACION Y DESCRIPCION.

Los terrenos seleccionados para la ejecución del proyecto - se localizan al Noroeste de la Ciudad, en donde la existencia -- del antiguo aeropuerto constituyó un tapón al crecimiento lógico, hasta 1979.

El predio seleccionado se ubica en la confluencia de dos - avenidas importantes: el Paseo Tabasco y el Paseo Usumacinta, en el lado Sureste está limitado por la Carretera Federal ( Boule - vard Grijalva ) que comunica a las principales Ciudades de la re - gión y en el lado Noroeste tiene como límite al Río Carrizal, -- que es también la frontera natural del crecimiento de la Ciudad - ( ver fig. 2 ).

La mayor parte del área de proyecto estaba constituida por - terrenos en breña, con algunas áreas utilizadas para cultivos de temporal, sin ningún tipo de infraestructura.

Atendiendo a la topografía, el terreno se puede dividir en - tres grandes zonas:

1.- Zona Alta. Comprende la parte sur del área; en prome - dio tiene cotas que van de 10 a 20 m. s. n. mm. según el banco - de referencia que está situado en la base del monumento a Sán -- chez Magallanez, cuya cota es la 20.39 m. s. n. mm., dato de la - Secretaría de Recursos Hidráulicos. Esta zona está formada por - estratos de arcilla y arena ( en ocasiones con grava ). de colo - res café rojizo y café amarillento, correspondientes a los depó - sitos clásicos del terciario.

2.- Zona Baja de Lagunas adyacentes a la Acequia El Espejo. Esta zona se define por la transición de la cota 10 m. s. n. mm. hasta la cual se tienen datos de inundaciones causadas periódica - mente por el reflujó de la Acequia al subir el nivel del Río Ca -

rrizal.

Está formada principalmente por depósitos fluvio-lacustres, definidos éstos por capas alternadas de limos y arcillas arenosas y por arenas finas de color claro y oscuro, que en ocasiones presentan materia orgánica.

### 3.- Zona pantanosa de llanuras.

Comprendida entre la Acequia el Espejo y el Río Carrizal, - de cota promedio entre 6 y 8 m. s. n. mm., esta zona presenta características muy parecidas a la anterior; sin embargo, se caracteriza por presentar amplias zonas de inundación por largos periodos del año, producto de los reflujos de la Acequia El Espejo, sobre saturación del "Rompió del Mocho" y en ocasiones por los desbordamientos laterales del Río Carrizal, aunado a la forma general del terreno.

DESCRIPCION DE LAS ZONAS QUE COMPRENDEN LA PRIMERA ETAPA DEL -  
PLAN PARCIAL.

Zona Centro / Zona 1 (fig. 4)	Area total.	112	Has.
	Area de proyec tos.	84	Has.
	Area para futu ros desarrollos.	28	Has.

Aquí se localizaron los edificios públicos de mayor impor-  
tancia: El Planetario, El Palacio Municipal, La Plaza Cívica,-  
El Centro de Convenciones, La Plaza Revolución, las áreas co -  
merciales de primer orden, la zona hotelera y estacionamientos;  
así mismo, fueron ubicados en esta zona; el tanque de almacena-  
miento de agua potable, que garantizará la dotación a toda el-  
área del proyecto, con una capacidad de 4000 m<sup>3</sup> y el antiguo -  
reloj floral.

Se desarrolló además una zona habitacional de interés so-  
cial sobre la pista del antiguo aeropuerto, la cual comprende-  
500 departamentos en condominio.

La zona hotelera está compuesta por 7 lotes. La iniciati-  
va privada presentó tres proyectos que abarcan cuatro de los -  
lotes mencionados, uno de los cuales, (Hotel Argos) se constru-  
yó durante la primera etapa de "Tabasco 2000". Los otros pro -

yectos corresponden a la construcción de los hoteles pertenecientes a las cadenas: Sheraton y Misión.

Zona Campestre / Zona 2 (fig. 5)	Area total	67 Has.
	Area de proyecto.	52 Has.
	Area para futuros desarrollos.	15 Has.

Esta zona fué destinada para la construcción de vivienda tipo residencial campestre.

Paralelamente a las áreas residenciales, se propone establecer una casa Club, como parte del equipamiento necesario, de un campo de Golf, que eventualmente servirá como atractivo turístico.

Los Espejos / Zona 3 (fig. 6)	Area total.	96 Has.
-------------------------------	-------------	---------

El diseño urbano de esta zona tiende a satisfacer, a gran escala, la demanda de vivienda en la Ciudad de Villahermosa, dentro de los rangos establecidos para unidades y lotes de interés social y vivienda media, lo que dá como resultado la más alta densidad habitacional del desarrollo.

El área se encuentra comprendida por la zona de Vivienda I y la zona de Reserva 3 (ver fig. 11).

La zona de Vivienda I ocupa una superficie de 9 Has. en forma de cuña, limitada por la prologación de la Av. 27 de febrero y el Arroyo El Espejo. Esta zona fué utilizada para la construcción de viviendas unifamiliares.

La zona de Reserva 3, de 87 Has. incluye las áreas recreativas ( Parque la Choca ), áreas de viviendas multifamiliar (Multi-80), la cual comprende 400 departamentos en condominios (habiéndose construido 140 de ellos en la Primera Etapa) y áreas de reserva para crecimiento futuro.

La construcción del Parque la Choca fué propuesto para tener una zona recreativa que cumpliera una doble función; la de centro de reunión y la de área de esparcimiento.

El desarrollo a futuro del Plan parcial (ver fig. 3) comprende otras cuatro zonas que se describen a continuación:

ZONA 4.- Esta zona se define como un área de "Actividad múltiple", con superficie igual a 64 Has. (ver fig. 7). Se propuso que constituya un polo de desarrollo de servicios institucionales, con un hospital, una escuela tecnológica y una subestación de bomberos, que deberán complementarse con otros servicios para reforzar la tendencia propuesta. La plaza de toros - localizada en esta zona, funciona como equipamiento recreativo a nivel Ciudad, que conjuntamente con el centro comercial "Plaza de las Américas" generarán una gran afluencia a las zonas colindantes.

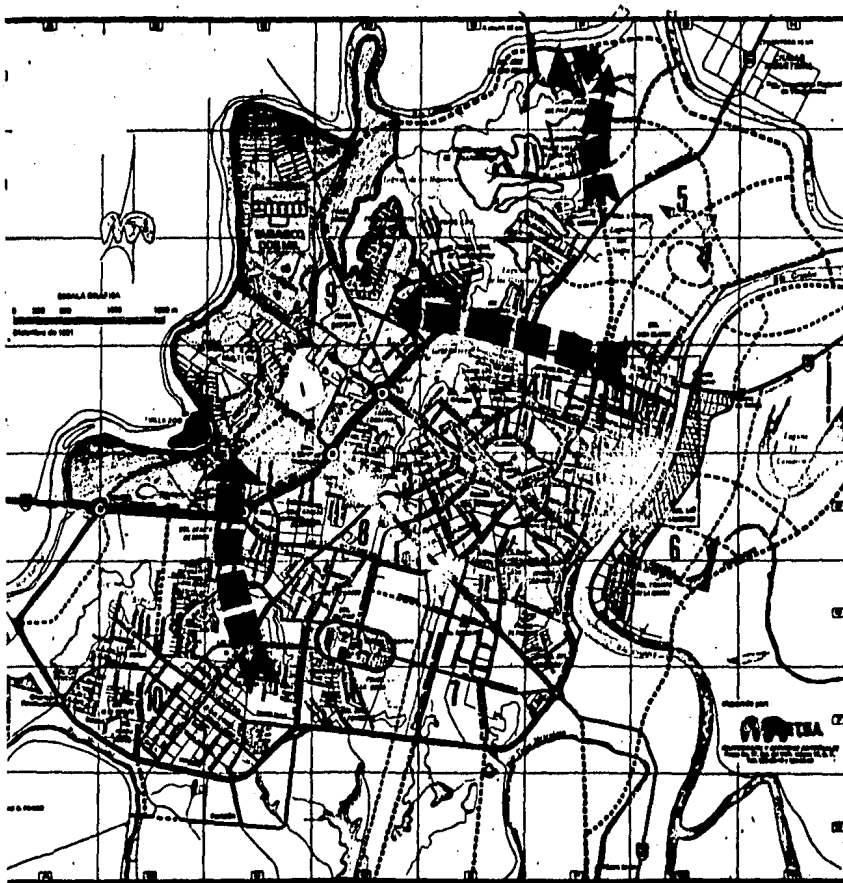
ZONA 5.- Por las características y tendencias que se observan en la zona, se le define como un área de "actividad residencial" y "área de actividad múltiple".

Dentro de esta zona se construyen: la Central de Abastos, la Villa Zoo (Zoológico de Villahermosa) y el Fraccionamiento de INVITAB, en los alrededores del Río Carrizal. Esta zona comprende 113 Has. (ver fig. 8).

ZONA 6.- Esta zona presenta el atractivo de la Laguna de las Ilusiones, en cuyos alrededores se asientan las colonias - Prados de Villahermosa, Kehoe Vincent y Oropeza que colindan a su vez con la zona 1 de este desarrollo. Comprende un área de 160 Has. (ver fig. 9).

ZONA 7.- Contiene características ambientales definidas a partir de la riqueza visual y ecológica, tales como el Río Carrizal, la Acequia El Espejo y la Laguna de las Ilusiones (ver fig. 10).

Se propuso ubicar, en la zona de meandros del Río Carrizal, un jardín botánico con invernadero, viveros e infraestructura -- de servicios, adecuada a la actividad que generará.



**LOCALIZACION TENDENCIAS  
Y VINCULOS**

**Plan parcial Desarrollo Urbano  
"Tabasco 2000". (780 Hec.)**

**BARRERAS FISICAS NATURALES**

- Río Mezcalapa
- Río Carrizal
- Río Grijalva
- Laguna de las Ilusiones
- Laguna del Espejo
- Laguna del Negro
- Laguna del Camarón
- Arroyo del Espejo

**BARRERAS FISICAS ARTIFICIALES**

- Boulevard Grijalva
- Intersecciones principales
- 1.- Glorieta Lázaro Cárdenas
- 2.- Paso a desnivel 27 de F.brero
- 3.- Glorieta y monumento a Andrés  
Sánchez Magallanes

Principales tendencias y vínculos  
tendencias de crecimiento de la ciudad

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

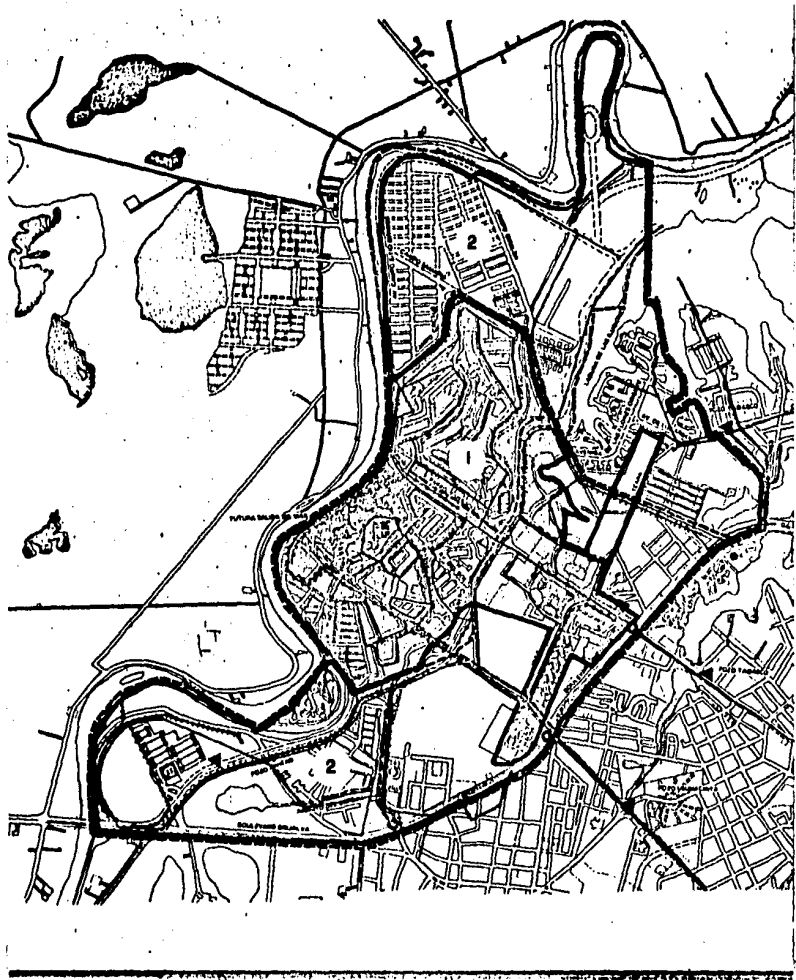
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**TESIS : DESARROLLO URBANO  
TABASCO 2000**

**PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ ,**

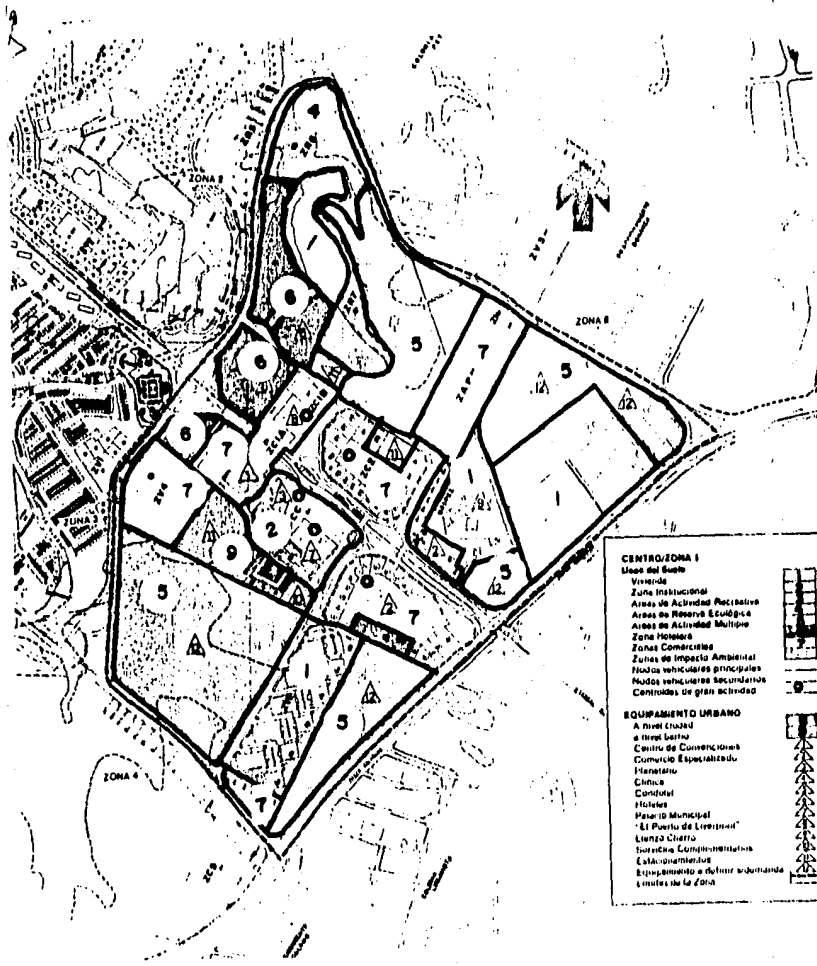
**OCTUBRE 1984      FIGURA Nº 2**





2 PRIMERA ETAPA PLAN PARCIAL (272 HAS.)  
2 DESARROLLO A FUTURO DEL PLAN PARCIAL (308 HAS.)

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000	
PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ	
OCTUBRE 1984	FIGURA NP - 3



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
 DE MEXICO**

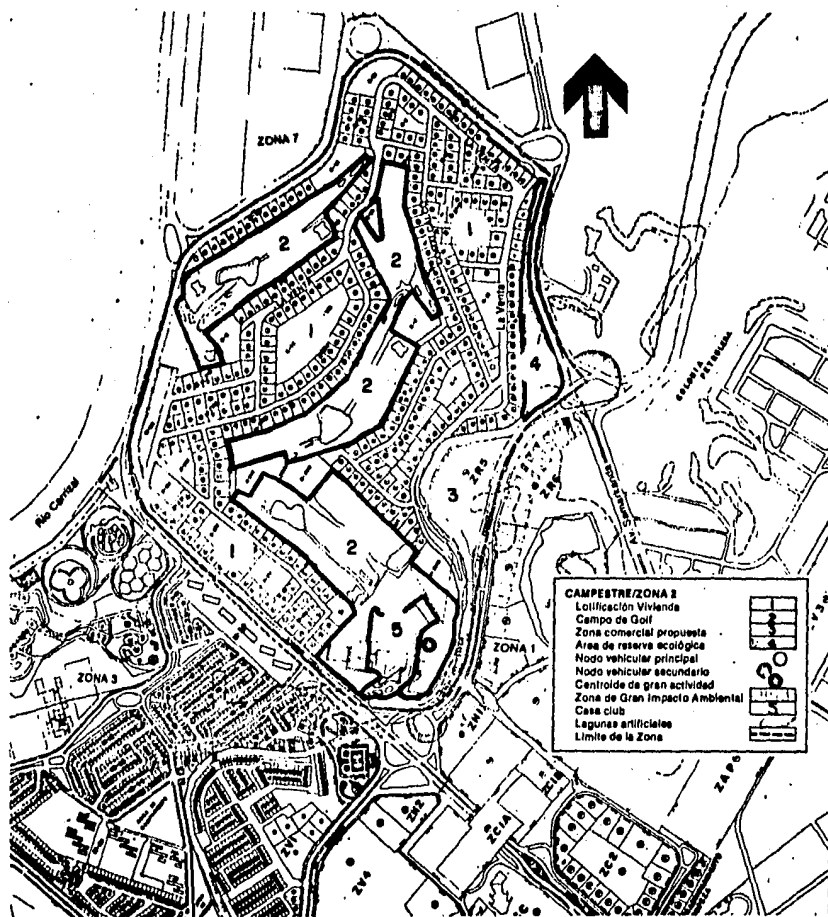
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**TESIS : DESARROLLO URBANO  
 TABASCO 2000**

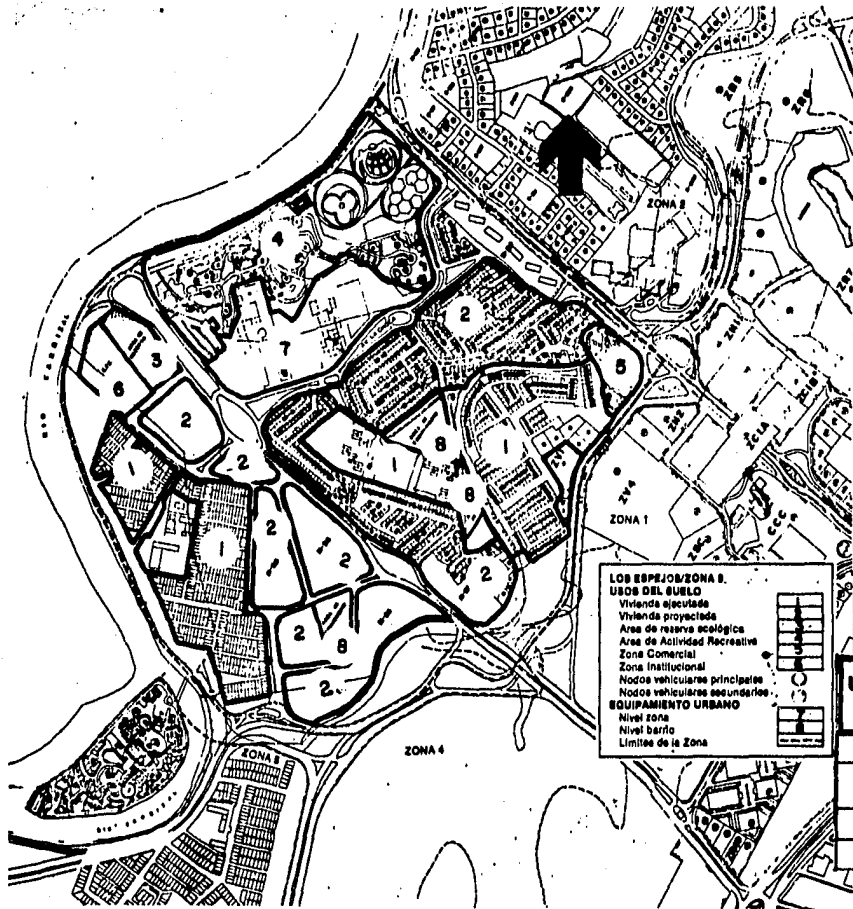
**PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ**

**OCTUBRE 1984**

**FIGURA Nº 4**



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
<b>TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000</b>	
<b>PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ</b>	
<b>OCTUBRE 1984</b>	<b>FIGURA Nº 1 5</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

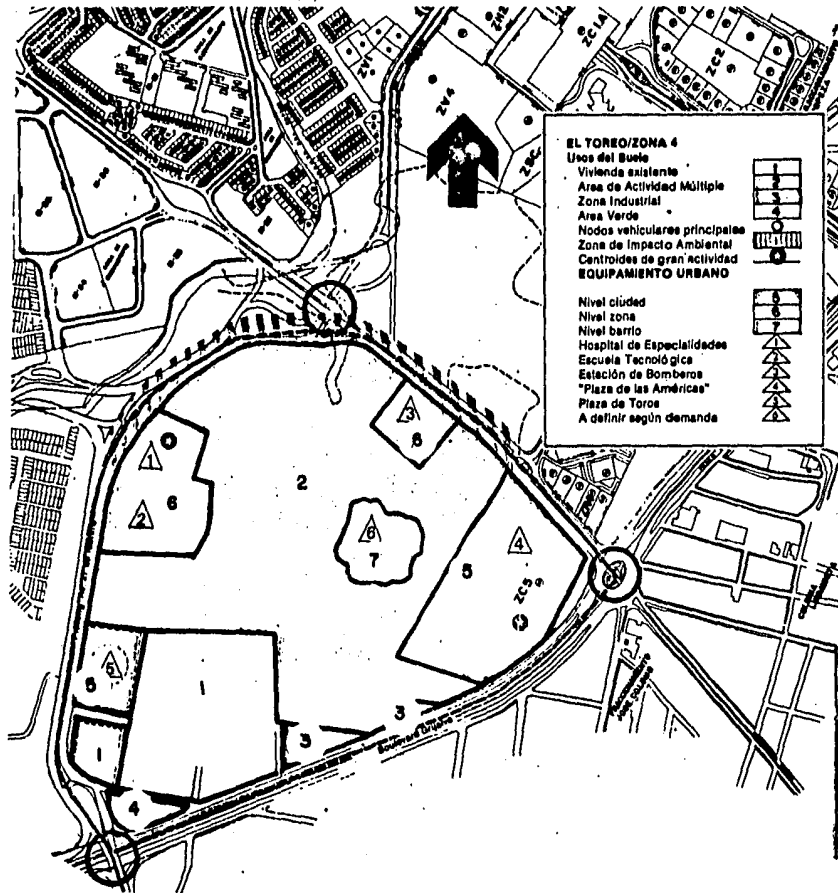
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**TESIS : DESARROLLO URBANO  
TABASCO 2000**

**PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ**

**OCTUBRE 1984**

**FIGURA Nº 6**



**EL TOREO/ZONA 4**  
 Línea del Buse  
 Vivienda existente  
 Área de Actividad Múltiple  
 Zona Industrial  
 Área Verde  
 Nodos vehiculares principales  
 Zona de Impacto Ambiental  
 Centroides de gran actividad  
**EQUIPAMIENTO URBANO**

Nivel ciudad  
 Nivel zona  
 Nivel barrio  
 Hospital de Especialidades  
 Escuela Tecnológica  
 Estación de Bomberos  
 "Plaza de las Américas"  
 Plaza de Toros  
 A definir según demanda

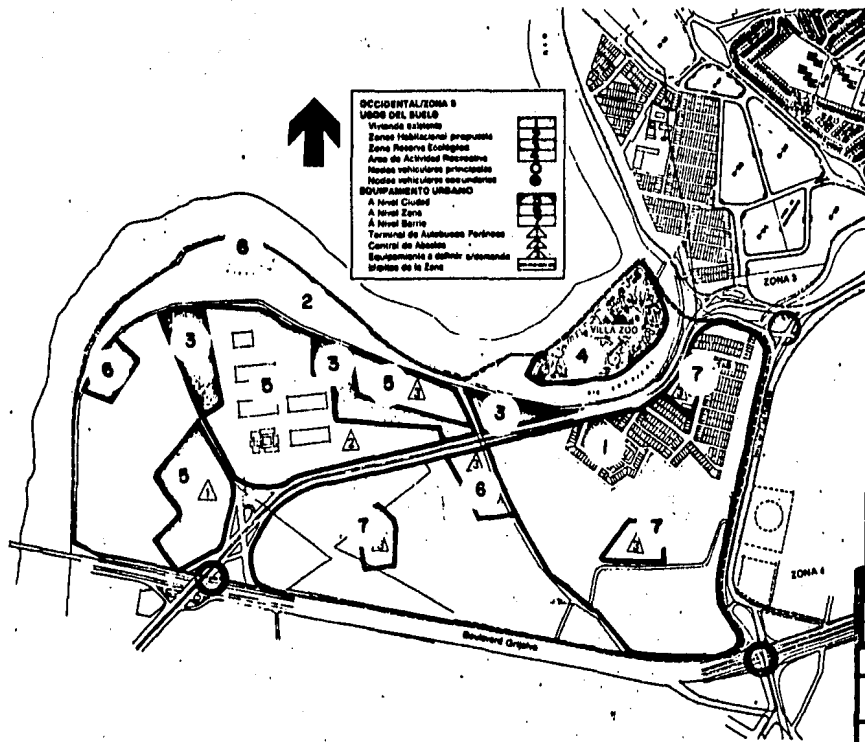
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
 DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

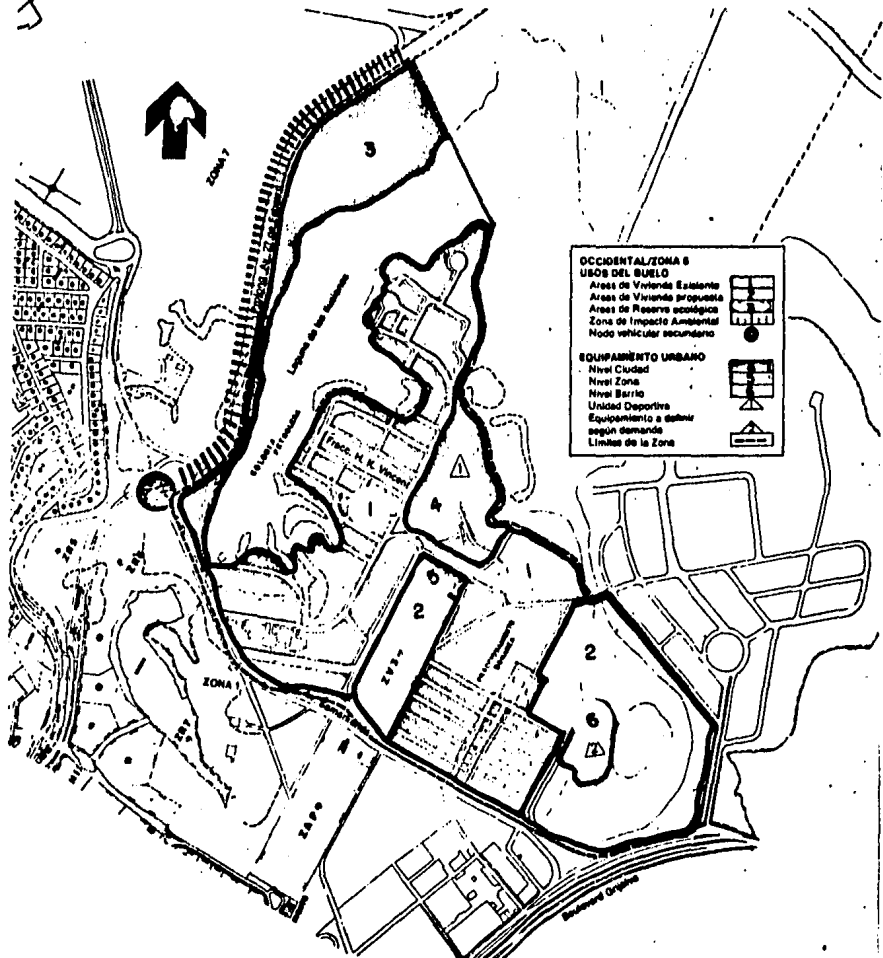
**TESIS : DESARROLLO URBANO  
 TABASCO 2000**

**PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ**

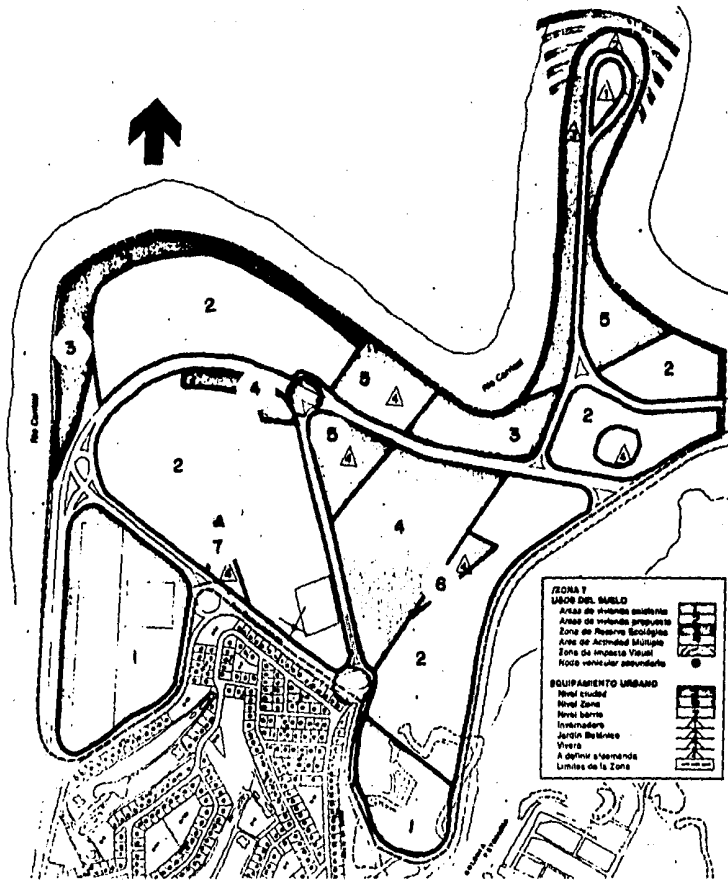
**OCTUBRE 1984    FIGURA Nº 7**



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
<b>TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000</b>	
<b>PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ</b>	
<b>OCTUBRE 1984</b>	<b>FIGURA Nº 8</b>



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
<b>TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000</b>	
<b>PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ</b>	
OCTUBRE 1984	FIGURA Nº 9



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**TESIS : DESARROLLO URBANO  
TABASCO 2000**

**PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ**

**OCTUBRE 1984**

**FIGURA Nº 10**



**III.- ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO.**

### III. ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES DEL SUBSUELO.

La Ciudad de Villahermosa se encuentra localizada sobre dos formaciones geológicas, una constituida por depósitos clásicos del Terciario que forma los lomeríos de las partes altas y la otra por depósitos fluvio-lacustres del Cuaternario, que comprenden de las zonas inundables (ref. 2).

En este caso el predio asignado al desarrollo "Tabasco 2000" también queda comprendido dentro de las dos formaciones.

Las zonas denominadas Centro y Vivienda 1 (ver fig. 11), se encuentran en la zona alta de depósitos clásicos y arenosos (en ocasiones con gravas) de colores café rojizo y café amarillento. Por su parte las zonas de Reserva 3 y Campestre (ver fig. 11) se ubican en los depósitos fluvio-lacustres, que están formados, principalmente, por capas alternadas de limos y arcillas arenosas, además de arenas finas, de color café claro y obscuro que, en ocasiones, presentan contenidos de materia orgánica.

Con la exploración del subsuelo se detectó tanto las características de los materiales del terreno natural como los provenientes de los bancos de préstamo o de cortes cercanos, que se han utilizado para construir las terracerías. En cualquier caso, de acuerdo con los resultados de clasificación y ensayos de laboratorio se observó el predominio de materiales arcillosos.

ZONAS CENTRO Y VIVIENDA I. En todos los sondeos realizados en estas zonas, con excepción de los ubicados en las inmediaciones del Arroyo el Espejo, en la zona de Vivienda I, se localizaron arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL) francas y en ocasiones arenosas, cubiertas en algunos casos por terracerías de espesores comprendidos entre 30 y 50 cms., constituidos por arenas arcillosas y por arcillas arenosas. En general el material natural presenta pesos volumétricos húmedos comprendidos entre 1300 y 2060 kg/m<sup>3</sup>, el peso volumétrico seco oscila entre 943

y  $1516 \text{ kg/m}^3$ . Dentro de los límites de consistencia, el límite líquido presenta valores de 32 a 126% y el límite plástico de 20 a 34%.

En algunos sondeos realizados en estas zonas se localizó el nivel freático a profundidades comprendidas entre 1.20 y 2.30 m.

ZONAS CAMPESTRE Y RESERVA 3. El suelo explorado en estas zonas corresponde a los materiales naturales y a las terrazas. Aunque en ambos casos se tiene marcado predominio de arcilla de alta plasticidad, también se localizaron suelos limosos, tanto en el terreno natural como en las terracerías. Así en todos los sondeos correspondientes a estas zonas, con algunas excepciones, se localizaron arcillas de alta y baja plasticidad (CH y CL) francas y arenosas, de consistencia media a blanda. En algunas ocasiones se encuentran cubiertas por arenas arcillosas y arcillas arenosas con espesores de 30 a 50 cm. las cuales se han utilizado como terracería para áreas de tránsito vehicular.

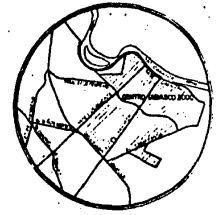
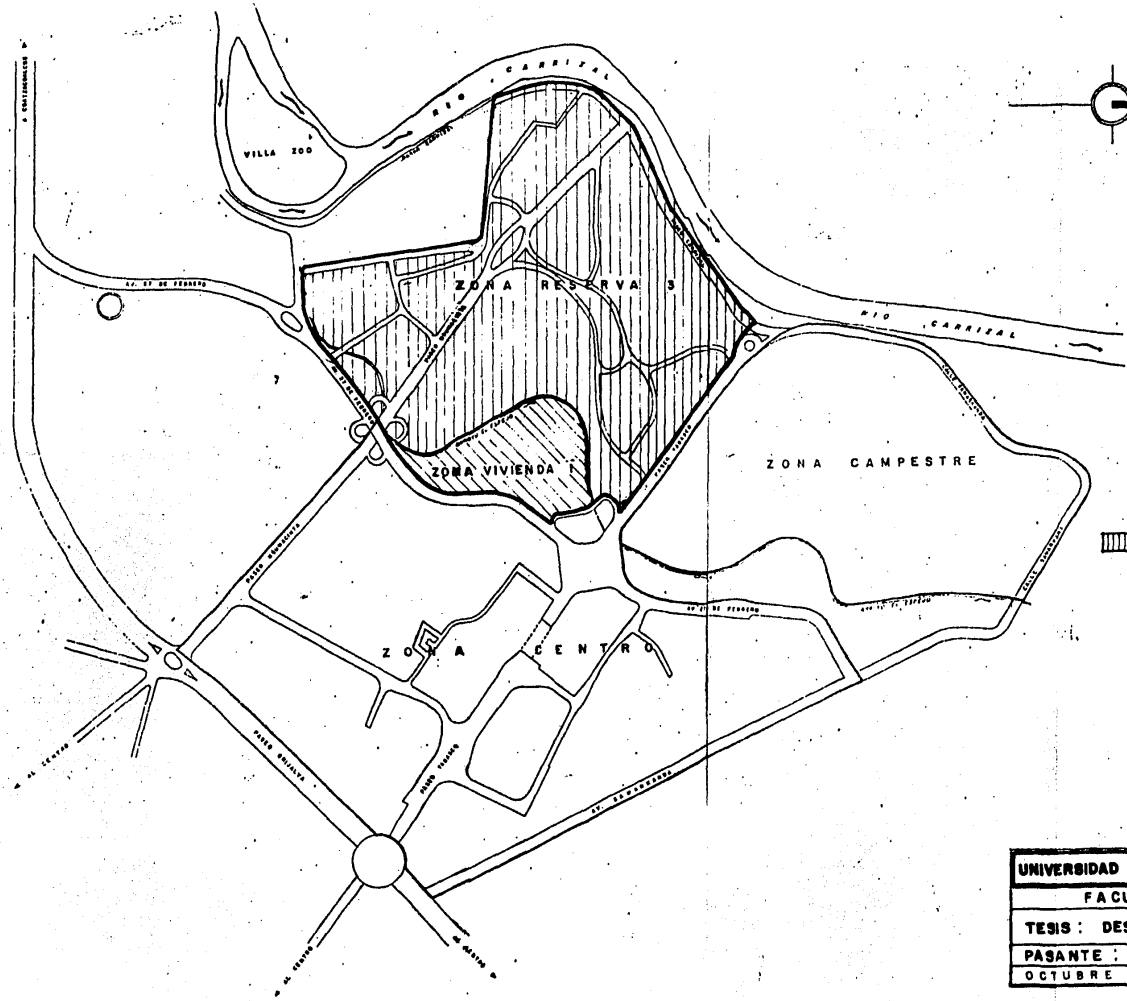
El peso volumétrico natural de las arcillas presenta valores de  $1262$  a  $1817 \text{ kg/m}^3$ , mientras que su peso volumétrico seco oscila entre  $915$  y  $1520 \text{ kg/m}^3$ .

Por otro lado en los sondeos restantes, los materiales extraídos corresponden a limos, de alta y baja plasticidad (ML y MH) de consistencia media, que en ocasiones corresponden a terracerías o bien a los depósitos aluviales del Arroyo El Espejo.

Su peso volumétrico natural oscila entre  $1419$  y  $1938 \text{ kg/m}^3$  y el peso volumétrico seco de  $1038$  a  $1517 \text{ kg/m}^3$ .

En algunos de los sondeos realizados en estas zonas, Campestre y Reserva 3, el nivel freático se localizó a profundida

des variables entre 30 cm. y 2.30 m., lo cual se atribuye a los desniveles existentes en el terreno natural.



CROQUIS DE LOCALIZACION

▨▨▨▨▨ LOS ESPEJOS / ZONA 3



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000	
PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ	
OCTUBRE 1984	FIGURA Nº II

**IV.- PROBLEMAS DE LAS CIMENTACIONES.**

#### IV.- PROBLEMAS DE LAS CIMENTACIONES.

El complejo urbanístico "Tabasco 2000" está formado, principalmente, por las siguientes edificaciones: el Centro de Convenciones, las Viviendas de interés social, el Palacio Municipal y varios Centros Comerciales.

Teniendo en consideración que uno de los objetivos primordiales, al dar origen a la "Comisión para el Desarrollo Urbano - Tabasco 2000", fué satisfacer requerimientos y demandas de tipo-habitacional; se planteó dentro del proyecto, la construcción de viviendas de interés social.

La vivienda de interés social adquiere un papel primordial en las Ciudades con alto índice de crecimiento. Por tal motivo, en este capítulo se analizarán las dificultades presentadas para realizar el diseño de su cimentación; sin embargo, se hace notar que las condiciones para el diseño de las cimentaciones, difieren totalmente, unas respecto de otras.

El terreno destinado para la construcción de la vivienda de interés social ocupa la parte Suroeste de la pista del antiguo - Aeropuerto, factor que se consideró favorable para su ubicación-dadas las características de compacidad y resistencia que presentaba el terreno por el uso al que estaba destinado anteriormente.

Las viviendas se agruparon en cinco células compuestas por-dos edificios y 100 departamentos cada una, que en conjunto arrojan un total de 500 departamentos.

En cada célula, los dos edificios que la constituyen constan de cinco niveles y están unidos, en la parte superior, por medio de trabes.

Los niveles de los edificios se proyectaron en forma escalonada, con volados hacia el patio central, de tal forma que la estructura de los mismos se asemeja a las pirámides correspondientes a la Arquitectura Prehispánica de la región (Palenque, Chis.).

La orientación de los edificios se fijó en Noroeste-Suroeste de acuerdo a los estudios de asoleamiento y vientos dominantes. La separación de cada edificio obedece también a razones de protección al asoleamiento.

El criterio de edificación que se consideró, fué el de una estructura resuelta a base de tridilosas (en donde se contemplan claros de 9 m.), apoyadas sobre columnas, tridimuros y muros de carga de concreto armado.

De acuerdo con el proyecto, se estima que la descarga transmitida por la edificación, al subsuelo, al nivel desplante, será de aproximadamente 32.50 Ton/ml. para muros interiores y de 19.50. Ton/ml. para muros de lindero.

En la zona destinada a la vivienda de interés social se hicieron estudios para determinar la estratigrafía y se realizaron los ensayos de Laboratorio, requeridos tanto para obtener la clasificación de los distintos materiales que la integran, como para determinar los valores de las propiedades mecánicas que intervienen e influyen en el análisis y diseño de la cimentación.

Para establecer la estratigrafía del subsuelo y su variación en el área de estudio, fueron ejecutados dos sondeos mixtos de exploración, los cuales alcanzaron una profundidad de 15 m. De ellos se recuperaron muestras alteradas registrando simultáneamente el número de golpes necesarios para hincar, el tubo muestreador los 30 cm. centrales en cada avance de 60 cm. En los suelos blandos encontrados a través de estos sondeos, se lograron recuperar muestras inalteradas representativas, en tubos de pared delgada de 4" de diámetro, hincados a presión (Tubo Shelby).



Las columnas estratigráficas detalladas, correspondientes a los sondeos efectuados, se muestran en las figuras 12 y 13, - en donde se consignan, gráficamente, el número de golpes ( N ) de la prueba de penetración estándar y la variación del contenido natural de agua ( W ) con respecto a la profundidad del sondeo.

En términos generales, la estratigrafía encontrada es uniforme constituida con la siguiente disposición:

Superficialmente aparece, en los sondeos realizados en la exploración, un estrato formado por limos arcillosos y arcillas limosas de consistencia media y poco compresibles con porcentajes variables de arena fina y grava, de color rojizo, con poca materia orgánica. Su resistencia a la penetración estándar es en promedio de 15 golpes lo cual es indicativo de un estrato firme ( ref. 12 ), el contenido natural de agua es de -- 30% en promedio y el espesor es de 8 m.

Subyaciendo al estrato anterior se encuentra una arcilla plástica con algunas lentes de arena, de colores café amarillento y gris verdoso, pobre en materia orgánica. El número de golpes promedio de este estrato es de 20, lo cual indica -- ( al igual que el anterior ) una consistencia firme ( ref. 12 ) El contenido de humedad en promedio es de 35%.

El nivel de aguas freáticas se detectó a 6.50 m., de profundidad, en promedio.

De acuerdo con los ensayos de Laboratorio efectuados y tomado en cuenta las condiciones estratigráficas determinadas, - se concluye que para efectuar los análisis de los sistemas de cimentación posibles para la edificación en estudio, deberán usarse los valores de las propiedades del subsuelo que están consignados en la tabla siguiente:

E S T R A T O	ESPESOR	PESO VOLUM. NA TURAL.	COHESION	ANGULO DE FRICCION INT.
	(M)	(TON/M <sup>3</sup> )	(TON/M <sup>2</sup> )	(°)
I.- Limos arcillosos y - arcillas limosas de- color rojizo, con -- porcentajes variables de arena fina y gra- vas. (MH-CL).	8.00	Para la parte superior.	3.30	16.7°
		Para los 3 m. inferiores.	4.60	12.53°
II.- Arcilla plástica de- colores café amari - llento y gris verdo- so, con algunas len- tes de arena, de con sistencia firme (CH).	6.80	1.82	9.96	16.11°

Los valores, que presenta la tabla, se obtuvieron de las pruebas triaxiales efectuadas, cuyos resultados se muestran en las figuras E1, E2 y E3.

Teniendo como base los valores de las propiedades del sub suelo, consignados en la tabla anterior, se analizó la capacidad de carga para la cimentación que se desplantará sobre la superficie actual del predio en donde se proyecta la construcción de la vivienda de interés social. Esto conduce a que dicha cimentación se apoye en el primer estrato formado por limos arcillosos y arcillas limosas. Este estrato está identificado con el número 1 en la tabla.

La capacidad de carga se calculó utilizando la fórmula de Terzaghi, como sigue:

a).- Para zapatas aisladas:

$$q_c = 1.3 c N_c + \gamma D f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$$

b).- Para zapatas corridas:

$$q_c = c N_c + \gamma D f N_q + \frac{\gamma B N_\gamma}{2}$$

2

Para ambos casos:

$$q_a = \frac{q_c}{f s}$$

Donde:

- q c .- Capacidad de carga a la falla para la cimentación analizada (Ton/m<sup>2</sup>).
- c .- Cohesión media del suelo, a lo largo de las líneas de falla ( Ton./m<sup>2</sup>).
- γ .- Peso volumétrico del suelo localizado arriba de la superficie de desplante de la cimentación ( Ton / m<sup>3</sup>).
- B .- Ancho de la cimentación ( M ).
- D f .- Profundidad de desplante. ( m ).

$N_c, N_q, N_\gamma$ .- Factores de capacidad de carga (adimensional).

$q_a$  .- Capacidad de carga admisible para la cimentación analizada ( $\text{Ton}/\text{m}^2$ ).

$f_s$  .- Factor de seguridad igual a 3.

Tomando en cuenta los valores de la tabla, en que se resumen las propiedades mecánicas del subsuelo estudiado, se obtiene una capacidad de carga admisible de  $18.50 \text{ Ton}/\text{m}^2$ , para zapatas corridas y  $22 \text{ Ton}/\text{m}^2$ , para zapatas aisladas.

Por otra parte, con base a la resistencia a la penetración estándar obtenida ( $N = 15$ ) y de acuerdo a la ref. 12, la capacidad de carga admisible resulta ser de  $18.30 \text{ Ton}/\text{m}^2$ .

De acuerdo con los valores anteriores, se puede considerar una capacidad de carga admisible mínima de  $18 \text{ Ton}/\text{m}^2$ , para ambos tipos de zapatas. Este valor es aceptable, aún considerando las limitaciones por asentamiento (2.5 cm. el máximo) por tratarse de un suelo de mediana compresibilidad. No obstante, deberá verificarse durante la construcción que la cimentación se apoye en terreno resistente evitando las capas de baja compacidad.

Tomando en cuenta la naturaleza de los materiales del subsuelo, los valores de sus propiedades mecánicas y considerando que presentan características favorables de capacidad de carga y mediana compresibilidad, así como el peso de la estructura, se puede establecer que el tipo de cimentación apropiado para la edificación, es el superficial resuelto a base de zapatas corridas o zapatas aisladas.

La capacidad de carga del estrato de apoyo, es más que suficiente para soportar las cargas que transmitirán las estructuras de los cuerpos formados por las viviendas de interés social, previniendo aún la posibilidad de fallas locales en el perímetro

metro de la cimentación. Así mismo, el factor de seguridad a la falla es mayor de 3 y los asentamientos totales esperados son inferiores a 2.5 cm., valores que son totalmente apropiados para el tipo de edificación considerada.

En el análisis se consideraron zapatas con anchos comprendidos entre 1.0 y 2.50 m., pues se estima que éste será el rango en que fluctúen sus dimensiones.

Las excavaciones que sea necesario realizar, para alojar la cimentación, podrá efectuarse a cielo abierto, formando con el perímetro, taludes que pueden ser verticales, aunque constructivamente es más conveniente formarlos con inclinación de  $1 : 1$  (horizontal - vertical ).

T A B A S C O 2 0 0 0

VIVIENDA DE INTERES SOCIAL







SONDEO SVI-2

ESTRATIGRAFIA DEL SUELO	PROP. (m)	NUMERO DE GOLPES					CONTENIDO DE AGUA <sup>w</sup> EN %					PRESION EFECTIVA P <sub>v</sub> EN Kg/cm <sup>2</sup>		RESISTENCIA AL CORTE CON TOMOMETRO X COMPRESION SIMPLE Kg/cm <sup>2</sup>
		20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	100	200	
<p>DESCRIPCION</p> <p>Limo arcilloso con arena fina y media y gravas hasta de 3/8" y de color cafe rojizo y consistencia dura a firme PNO. (CL).</p> <p>Arcilla limosa con poca arena de color cafe y gris rojizo firme pc. PNO. (CH)</p> <p>Limo arcilloso con poca arena fina de color cafe amarillento y consistencia dura, pc. PNO.</p> <p>Arcilla arenosa de color cafe amarillento y consistencia firme con un tanto de limo arcilloso al final del estrato pc.</p>														
DESCRIPCION	PROP. (m)	NUMERO DE GOLPES					CONTENIDO DE AGUA <sup>w</sup> EN %					RESISTENCIA AL CORTE CON TOMOMETRO X COMPRESION SIMPLE Kg/cm <sup>2</sup>		
ESTRATIGRAFIA DEL SUELO	(m)	NUMERO DE GOLPES					CONTENIDO DE AGUA <sup>w</sup> EN %					RESISTENCIA AL CORTE CON TOMOMETRO X COMPRESION SIMPLE Kg/cm <sup>2</sup>		

**NOMENCLATURA**

- N A S = NIVEL DE AGUAS SUPERFICIALES
- TL = PRUEBA TRIAXIAL
- ZP = PRUEBA DE GRANULOMETRIA
- Ip = INDICE DE PLASTICIDAD
- L = LIMITE LIQUIDO
- U = LIMITE ELASTICO
- S = ESTADO SUJTO
- SC = ESTADO SEMI-COMPACTO
- C = ESTADO COMPACTO
- MC = ESTADO MUY COMPACTO
- F = ANILLO DE FRICCION INTERNA
- CH = CONSOLIDACION EN kg/cm<sup>2</sup>
- MO = MATERIA ORGANICA
- FC = FUERTEMENTE CARBONATADA
- u<sub>v</sub> = RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE EN kg/cm<sup>2</sup>
- S<sub>v</sub> = DENSIDAD DE SOLIDOS
- W<sub>NAT</sub> = PESO VOLUMETRICO NATURAL EN Ton/m<sup>3</sup>
- Q = OQUEJAD EN ESTADO NATURAL
- ED = BARRIL DERIGON
- BARRIL DE DIAMANTES
- A1 = AVANCE CON TRICONICA
- N = NUMERO DE GOLPES APLICADOS AL MUESTREAR CON TUBO LIJO
- TS = TIPO SHELBY
- PE = PENETRACION ESTANDAR
- MA = MUESTRA REPRESENTATIVA

**SIMBOLOS**

-  HELLINO
-  FOSILES
-  GRASAS Y BULLS
-  ARENA
-  LINDO
-  ARCILLA

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
<b>TESIS: DESARROLLO URBANO TABASCO 2000</b>	
<b>PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ</b>	
OCTUBRE 1984	FIGURA N° 12

T A B A S C O 2 0 0 0

VIVIENDA DE INTERES SOCIAL

SONDEO SVI-1







ESTRATIGRAFIA DEL BULLO		PROF (m)	NUMERO DE GOLPES					CONTENIDO DE AGUA "W" EN %					RESISTENCIA AL CORTE CON TORQUEMETRO X COMPRESION SIMPLE Kg/cm <sup>2</sup>	
DESCRIPCION			20	40	60	80	100	20	40	60	80	100	120	2.0
Arcilla limosa con arena y algunas gravillas color cafe rojizo de consistencia firme PC, PHO. (CH)		0.0												
Limo arcilloso con arena fina y media con algunas gravillas de color cafe rojizo de consistencia firme PC, PHO. (CH)		2.0											X	
Arcilla plástica de color cafe verdoso de consistencia muy firme PC, PHO. (CH)		4.0											X	
		6.0											X	
		8.0											X	
		10.0											X	
Limo arcilloso con arena fina de color cafe rojizo y consistencia muy firme PC, PHO. (CH)		11.0											X	
Arcilla plástica de color gris verdoso y consistencia dura, PC, PHO. (CH)		12.0											X	
		14.0												
		16.0												
		18.0												
		20.0												
		22.0												
		24.0												
		26.0												
		28.0												
		30.0												
		32.0												
		34.0												
		36.0												
		38.0												
		40.0												
DESCRIPCION		PROF	NUMERO DE GOLPES					CONTENIDO DE AGUA "W" EN %					RESISTENCIA AL CORTE CON TORQUEMETRO X COMPRESION SIMPLE Kg/cm <sup>2</sup>	
ESTRATIGRAFIA DEL BULLO		(m)												



NOVENCIÓN DE

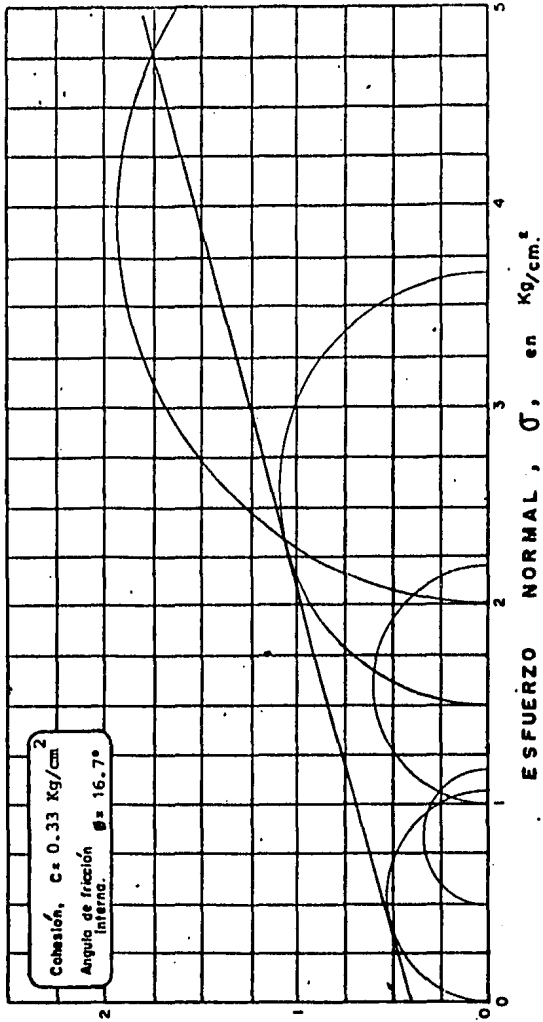
- N A B • NIVEL DE AGUAS SUPERFICIALES
- T<sub>2</sub> • PRUEBA TRIAXIAL
- ZP • PRUEBA DE GRANADOMETRÍA
- Ip • INDICE DE PLASTICIDAD
- w • LIMITE LIQUIDO
- w<sub>p</sub> • LIMITE PLASTICO
- w<sub>L</sub> • ESTADO BEATO
- SC • ESTADO SEMI-COMPACTO
- C • ESTADO COMPACTO
- MC • ESTADO MUY COMPACTO
- U • ANGULO DE FROCCION INTERNA
- CH • COHESION EN kg/cm<sup>2</sup>
- MO • MATERIA ORGANICA
- FC • FUERTEMENTE CONSOLIDADA
- RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE EN kg/cm<sup>2</sup>
- SI • DENSIDAD DE SOLIDOS
- Y<sub>NAT</sub> • PERO VOLUMETRICO NATURAL EN %
- D • DUREZA EN ESTADO NATURAL
- BD • BARRIL DENSIIDAD
- I • BARRIL DE DIAMANTES
- RT • ANGULO CON TRIANGULO
- N • NUMERO DE GOLPES APLICADOS AL
- MUESTREAR CON TUBO LIQUO
- TS • TUBO SHELBY
- PS • PENETRACION ESTANDAR
- MH • MUESTREO REPRESENTATIVA

SIMBOLOS

-  RELLENO
-  FOSILES
-  GRAVAS Y LEO
-  ARENA
-  LIMO
-  ARGILLA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000
PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ
OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 13

POZO	MUESTRA PROF.	CONTENIDO DE AGUA		LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	DENSIDAD DE SOLIDOS	PESO VOLUMETRICO NATURAL	ESFUERZO PRINCIPAL EN LA FALLA		CLASIFICACION	OBSERVACIONES
		NATURAL $w_1$	FINAL $w_f$					LL	IP		
Nº	m.	%	%	%	%		Ton/m <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>		
SPP-3	10-I	24.65	20.82				1.851	0.500	1.162	Arcilla limosa con arena fina y media de color café amarillento de mediana plasticidad y consistencia media, con gravillas y gravas hasta de 1/2" $\phi$ PC.PMO.	
	3.40-			50.60	22.12			1.000	2.186		
	3.70m							1.500	3.680		
								2.000	5.869		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ

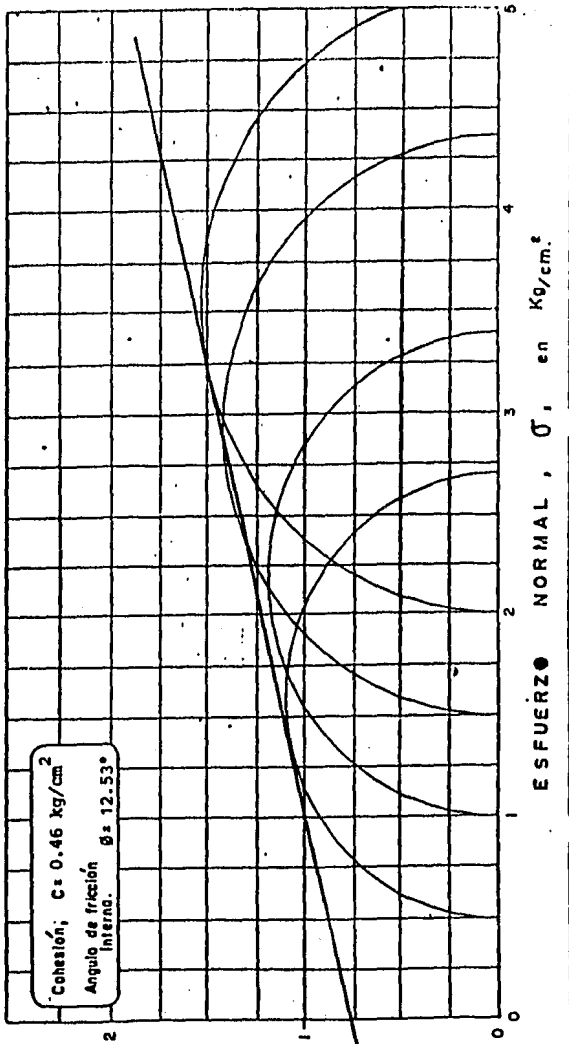
OCTUBRE 1984

FIGURA Nº E1

ESFUERZO TANGENCIAL  $\tau$ , EN KG/CM<sup>2</sup>

POZO	MUESTRA PROF.	CONTENIDO DE AGUA		LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	DENSIDAD DE SOLIDOS	PESO VOLUMETRICO NATURAL	ESFUERZO PRINCIPAL EN LA FALLA		CLASIFICACION	OBSERVACIONES
		NATURAL	FINAL					Menor	Mayor		
Nº	m.	w/1	%	LL	Ip	Gs	Ton/m <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$		
SVI-2	18-III	38.87	41.69	50.95	28.11	1.880	1.880	0.500	2.834	Limo arcilloso con arena fina de color café - rojizo y consistencia muy firme PC. PHO. --- (CH).	
	5.80-		40.58					1.000	3.433		
	6.00m.		41.63					1.500	4.375		
			40.22					2.000	5.083		

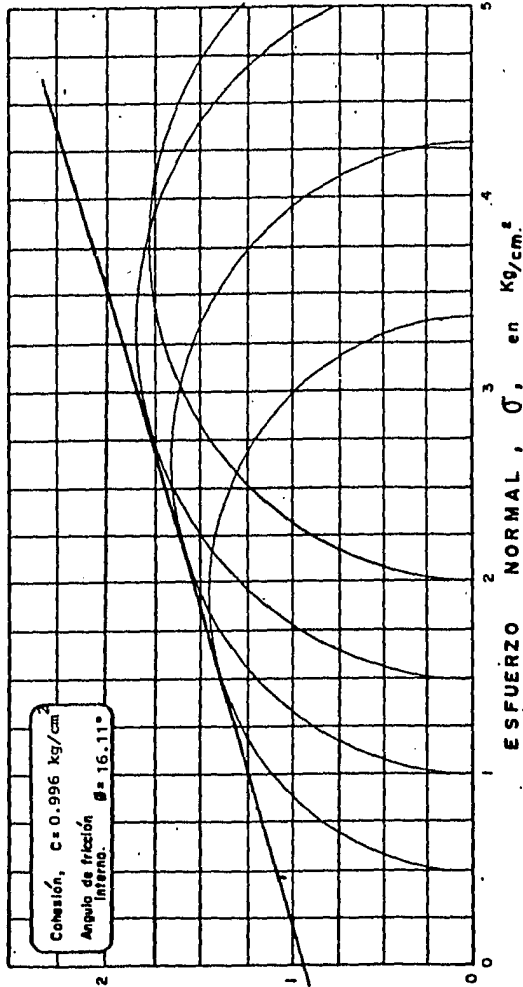
VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000  
 PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ  
 OCTUBRE 1964      FIGURA Nº E2

POZO	MUESTRA PROF.	CONTENIDO DE AGUA		LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO	DENSIDAD DE SOLIDOS	PESO VOLUMETRICO NATURAL	ESFUERZO PRINCIPAL EN LA FALLA		CLASIFICACION	OBSERVACIONES
		NATURAL	FINAL					MEMOR	MAXOR		
N°	m.	%	%	LL	ip	Gs	cm <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Arzulla plástica de color café verdoso de consistencia muy firme PC. - PWO. (CB).	
S VT-I	15-II	34.11	57.70	80.80	50.63		1.820	0.500	3.887		
	9.50		36.79					1.000	4.314		
	9.80 m		37.10					1.500	5.151		
			37.74					2.000	5.530		

VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ

OCTUBRE 1984

FIGURA Nº E3

## **V.- PROBLEMAS DE EROSION Y DESLIZAMIENTO**

## V.- PROBLEMAS DE EROSION Y DESLIZAMIENTO.

Como ya se ha mencionado la Acequia "El Espejo", canal natural que corta longitudinalmente la zona del proyecto, sufría --- anualmente reflujos durante la creciente del Río Carrizal, que -- presentaba, anualmente, el peligro de desbordamiento, en su mar -- gen derecha; en donde la mayor parte de los terrenos eran áreas -- en forma de cuenca que impedían el rápido desalojo de las aguas -- por lo que dichas áreas permanecían inundadas durante largos pe -- riodos del año.

Con el fin de solucionar estos problemas se adoptaron varias medidas que beneficiarán, no unicamente a las 272 Has. propiedad del Gobierno del Estado; sino a la superficie total de 780 Has. -- que comprende el Plan parcial y que así quedan posibilidades para futuras acciones de urbanización.

Entre tales medidas se encuentra la construcción de un bordo de protección en la margen derecha del Río Carrizal, que consiste en un terraplén protegido contra el deslizamiento y la erosión, a base de gaviones en las zonas de ataque de la corriente. Dicho -- bordo tiene una longitud de 10 Km. con 6 m. de corona, taludes en relación 1 a 1 y altura promedio de 8.60 m.

El canal natural, la Acequia "El Espejo", fué mejorado por -- medio de dragados para adecuar sus dimensiones al desalojo rápido de las aguas. En la margen derecha de dicho canal, entre la Ave. -- Paseo Tabasco y la zona de Reserva (ZR5) (ver fig. 14), se presen -- tó un fenómeno de erosión y deslizamiento del cuerpo del terra -- plén que forma la Ave. 27 de Febrero, que es adyacente al canal, -- entre los límites ya mencionados. En este caso el talud del terra -- plén que forma la Ave. 27 de Febrero coincidía con la margen dere -- cha del canal (ver fig. 15).

El canal presenta un meandro en esta zona; en la orilla cón -- cava, que se encuentra en la margen derecha que presentó fenóme -- nos de socavación, ocasionando erosión y deslizamiento del mate --

rial, con la consiguiente pérdida de terreno.

La solución a estos fenómenos condujo a proteger y fortificar la margen vulnerable a base de gaviones.

La margen derecha, del Río Carrizal, era también susceptible de erosión, en grado mayor, puesto que el gasto y la velocidad -- del escurrimiento eran considerables; además de contener meandros en los que las orillas cóncavas (ver fig. 17) se encuentran en la margen derecha. En este caso se recurrió también a los gaviones; -- para fortificar la orilla susceptible de erosión.

Por los motivos anteriores, es necesario conocer las características de la estructura de faviones, que es fundamental para el proyecto y construcción de obras racionales y capaces del máximo -- efecto, ya que definen el comportamiento estático y funcional, así como la resistencia de esta estructura particular (Ref. 11).

Los gaviones rectangulares están fabricados con malla metálica de triple torsión, de alambre de acero galvanizado calibre 12.5 (2.40 mm) y reforzados en sus aristas con alambre de acero galvanizado calibre 10 (3.40 mm). La malla presenta la forma de un -- hexágono alargado en el sentido de una de sus diagonales, cuyas -- dimensiones son 8 y 10 cm. (ver fig. 16).

Los componentes principales de la estructura de gaviones -- son: la envolvente metálica y el relleno.

La envolvente metálica consiste de una caja rectangular cuyas paredes están formadas por alambre entretejido, tal como se -- muestra en la fig. 16. La envolvente metálica puede plegarse y -- prensarse para facilitar su flete. Además debe reunir los requisitos siguientes: Galvanizado, triple torsión y reforzado, que -- garantice una larga duración y adicionalmente, que el alambre posea la dimensión apropiada a las condiciones que va a soportar.

El relleno, segundo componente esencial de la estructura de -- gaviones, es efectuado en relación con el comportamiento general -- de la estructura y de manera que no perjudique ninguna de las -- posibilidades funcionales de ésta.

El mejor relleno es aquel que, permitiendo la deformabilidad de la estructura, asegure el máximo llenado y peso.

Evidentemente que, con tal requisito, sean de preferirse -- las piedras redondeadas, de dimensión uniforme y poco mayor que la abertura de la malla (8 y 10 cm). Tal condición, ideal, no es fácil de alcanzar; ya que por economía de obra, es recomendable emplear el material de más fácil aprovechamiento. Se sugiere, -- aproximarse, lo más posible, a esta condición, cuando menos en -- las partes de la obra con mayores probabilidades de quedar sujetas a deformaciones.

Las características, técnicas, más importantes de la estructura de gaviones son las siguientes:

- Es una estructura armada, capaz de resistir todo tipo de sollicitaciones y en particular, de poder trabajar, también, a tensión. Por lo anterior debe considerarse a la envolvente metálica, no como un simple contenedor de piedra sino como una armadura estructural, valuando, en tal sentido, la función y el -- comportamiento de este elemento en particular, para dar a cada cual la posición y la dimensión apropiada, a fin de obtener la mejor condición de resistencia.
- Es una estructura flexible, en la cual la deformación no es un principio de falla sino un factor funcional de gran relieve, -- que no disminuye la resistencia de la estructura, sino la exalta, produciendo actividad en todos los elementos de la obra.
- Es una estructura drenante, que permite el flujo del agua que perjudica el terreno, eliminando, de esta manera, uno de los -- principales factores de inestabilidad. El efecto drenante de -- los gaviones se manifiesta no solo con la conducción al exterior del agua, sino también con la evaporación a través de la piedra de relleno, no quedando en el respaldo de la obra un es tancamiento de agua que mantenga al terreno saturado y en la -- peor condición estática.



- Forma una estructura de larga duración ya que el alambre galvanizado, en un ambiente normal, resiste a la oxidación el tiempo suficiente para que la piedra de relleno se cimente con los acarreos depositados en los huecos y el crecimiento de vegetación, formando una masa compacta de buenas cualidades estáticas y difícilmente erosionable. Tal consolidación puede acelerarse provocando artificialmente el crecimiento de vegetación sobre el cuerpo de los gaviones.
- Es capaz de disipar la energía de impacto del agua; además presenta a la corriente, una superficie rugosa que reduce la velocidad de los filones líquidos, que se ponen en contacto con el paramento.

Para que la envolvente metálica pueda deformarse sin perder, sino más bien mejorar su resistencia, deberá ser dispuesta y ligada a los demás elementos de la manera siguiente: colocar un cierto número de gaviones, con las aristas cosidas con alambre galvanizado, para formar la caja, procediendo directamente sobre el plano definitivo de colocación, a ligar con costuras sólidas, a lo largo de todas las aristas de contacto, todos los gaviones dispuestos, según el proyecto de la obra, dando inicio a la operación de relleno. El siguiente gavión o grupo de gaviones que sean añadidos, gradualmente, deben ser sólidamente ligados a los que ya están en obra; siendo necesario ligar, también, los múltiples estratos de gaviones. Este cosido debe ser efectuado entre gaviones vacíos lo que hará más fácil la operación. El ligar, con costuras sólidas, todos los elementos, es una operación indispensable, para conseguir una obra de gaviones monolítica, con posibilidades de soportar las deformaciones más fuertes, sin pérdida de resistencia (Ref. 11).

Normalmente, el material de relleno del gavión, está constituido de cantos rodados o piedra de explotación, cuyas dimensiones sean superiores a la abertura de la malla con que está fabricado el gavión. Por razones obvias se excluye el material de bajo peso específico, el intemperizado y el fácilmente degradable.

Una vez terminada la operación de relleno, se cierra el gavión, cosiendo la tapa a todo lo largo del borde requiriéndose, normalmente, el uso de una pequeña barra de fierro para tensar la tapa, logrando así, que las aristas coincidan, evitando dejar aberturas por donde el agua pudiera sacar las piedras.

Por otra parte, para asegurar un mejor funcionamiento de la estructura de gaviones y la prevención de la erosión del suelo, se optó por utilizar, Typar, membrana filtrante de soporte.

El Typar es colocado antes que el gavión, es decir entre el gavión y el terreno de cimentación (ver fig. 15), a lo largo de toda la margen que se va a proteger. Las funciones que desempeña esta membrana filtrante son principalmente: liberar la presión hidrostática, permitiendo que el agua fluya a través de ella y - minimizar el deslave y arrastre del suelo protegido, reteniendo las partículas finas. (Ref. 9).

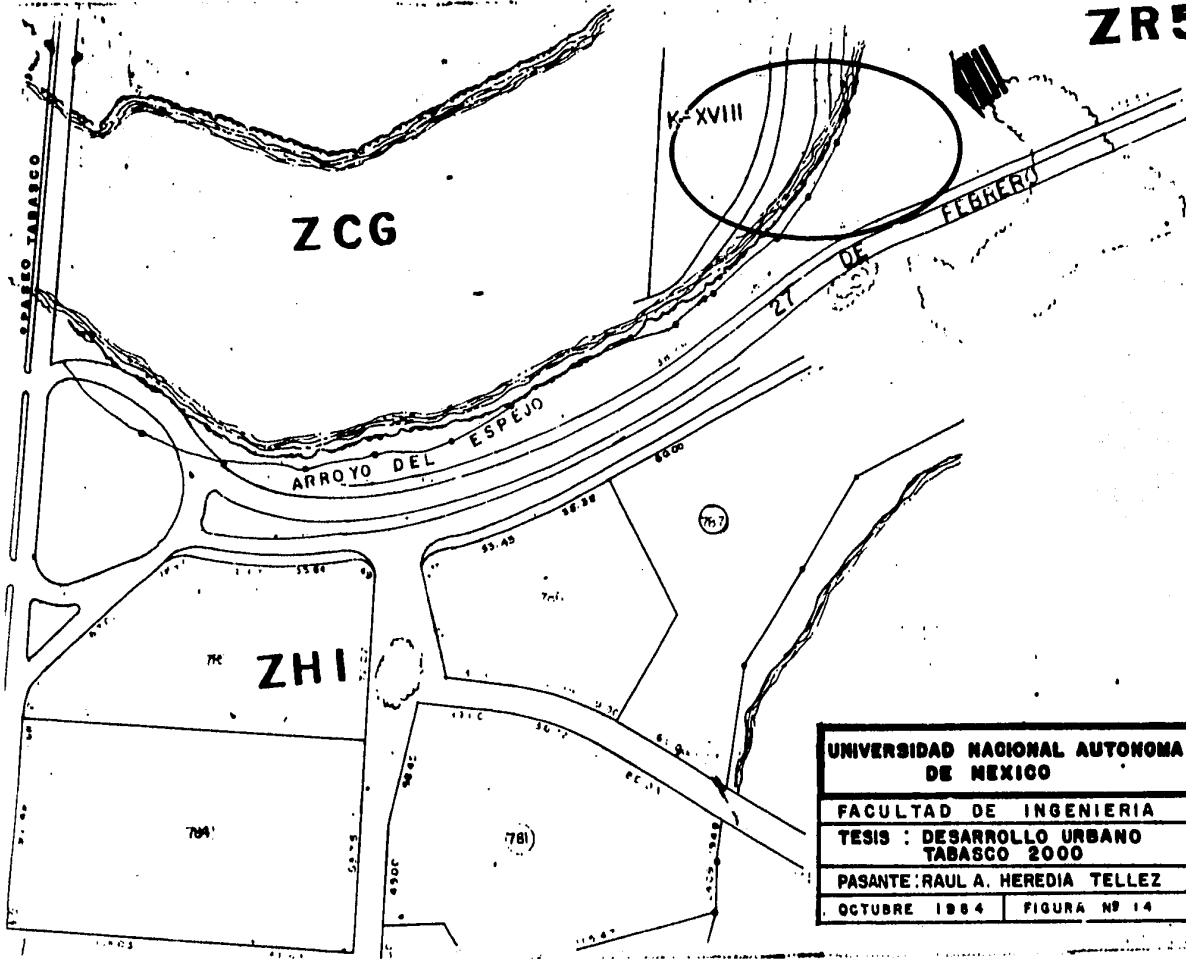
El Typar es una membrana 100% de polipropileno, muy resistente y tenaz, tejida con filamentos continuos, orientados en los sentidos longitudinal y transversal de la lámina y unidos térmicamente en los puntos de cruce. No se descompone ni le afectan los insectos, ni los agentes químicos; es muy resistente a la perforación, rasgado, deshilado, encogimiento y elongación. Para su mejor funcionamiento se establecen las siguientes recomendaciones:

- Generalmente, un traslape de 60-90 cm. es suficiente, pero en el caso de estructuras pesadas, como gaviones, es necesario -- traslapar 1.20 m. a 1.50 m. Se puede utilizar pilas o rocas para fijar la membrana durante la construcción.
- No deben dejarse vacíos entre el Typar, el suelo y las estructuras de protección; ya que el objetivo de la membrana es minimizar el moviento del suelo. Manténgase la membrana en contacto con la base.
- Antes de descargar materiales pesados; se debe proteger la superficie de la membrana con un colchón de 10 a 15 cm. de arena

o grava. Una vez hecho lo anterior se deposita el material, -  
pesado, iniciando por la parte inferior del banco y continuando  
hacia la parte superior.

- Siempre que sea posible, se deberá proteger la base del talud,  
para minimizar el riesgo de daño por socavación. Se anclará,  
firmemente el Typar en la parte superior, haciendo que una --  
parte de la membrana quede bajo el suelo. Se cubrirá con tie-  
rra y se permitirá que la vegetación crezca sobre esa zona.
- En lugares donde haya inundaciones, será necesario un anclaje  
más firme, para evitar que la corriente levante la membrana -  
y la desplace, removiendo la roca fuera de su lugar.

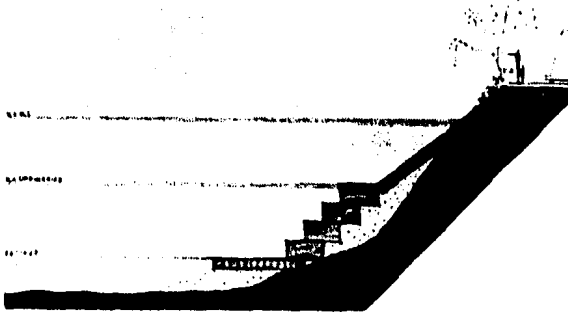
ZR5



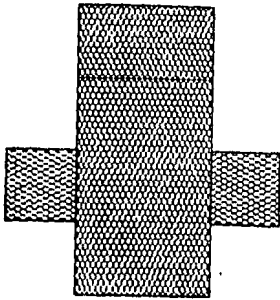
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000	
PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ	
OCTUBRE 1984	FIGURA Nº 14

PROTECCION DE LA MARGEN ACTUAL O RECTIFICADA DE UN RIO

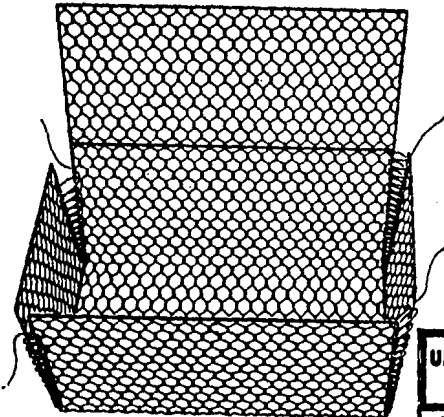
Ave. 27 de Feb.



<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
<b>TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000</b>	
<b>PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ</b>	
<b>OCTUBRE 1984</b>	<b>FIGURA Nº 15</b>



GAVION DESPLEGADO



ARMADO EN OBRA DEL GAVION

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**TESIS : DESARROLLO URBANO  
TABASCO 2000**

**PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ**

**OCTUBRE 1984**

**FIGURA Nº 16**

**VI.- MATERIALES DE BANCO**

## VI.- MATERIALES DE BANCO.

Dada la escasez de materiales granulares gruesos en la zona de Villahermosa, se buscó un material que lo sustituyese, de aquí que se estudiaran los depósitos de arena del Río Carrizal con el objeto de definir la calidad de la misma y su aprovechabilidad como material de construcción, en las diversas obras -- que se están llevando a cabo en dicho desarrollo.

El área estudiada se ubica entre el Puente los Monos, en la carretera Villahermosa - Cárdenas y la Isla Villa Zoo, en el Río Carrizal ( ver fig. 17 ) y comprende una longitud de 1.4 -- km., por todo lo ancho del río. Aguas abajo, del sitio estudiado, se realiza la extracción, mediante dos dragas de succión.

El Río Carrizal, en su proximidad a la Isla Villa Zoo (ver fig. 17) forma dos meandros, socavando la orilla cóncava y depositando el material arrancado y lavado en la orilla convexa.

El conjunto de meandros que forma el río, se va trasladando lentamente. El cauce presenta un tirante de agua entre 0.52- y 4.07 m.

La estratigrafía general, bajo el fondo del río, en la zona estudiada, es la siguiente:

A partir del fondo del cauce, 1.05 y 4.60 m. de profundidad y con un espesor entre 1.40 y 10.20 m. se detecta un manto de arena fina, en ocasiones poco arcillosa, de color gris. La compacidad del manto atravesado es de muy suelta a media, de acuerdo al número de golpes en la prueba de penetración estándar. El contenido natural de agua ( W ), varía de 0 a 40%, con un valor medio de 22%. Correspondiendo los valores bajos a las arenas limpias. Bajo el estrato arenoso ( ver fig. 18 y 19 ) se detecta un manto de arcilla franca, de alta plasticidad ( CH ), en ocasiones arenosa con algunas gravas. Este estrato se encuentra contaminado con puntos de materia orgánica y pedazos de madera ( OH ). La consistencia de las arcillas es de muy blanda a



firme; de acuerdo al número, medio, de golpes ( 4 ). El color de las arcillas es de gris a gris verdoso, el contenido de -- agua natural varía de 22 a 80%. Los límites de consistencia - resultaron de 63% el líquido y de 24% el plástico.

A continuación se resumen las propiedades principales de la arena:

TABLA I . GRANULOMETRIA

MALLA No.	% QUE PASA EN PESO		
	MINIMO	PROMEDIO	MAXIMO
4	98	99	100
8	88	98	100
16	60	92	100
30	26	84	100
50	5	62	100
100	2	35	75
200	1	13	35
<b>PRUEBAS ESPECIALES</b>	<b>MINIMO</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>MAXIMO</b>
Módulo de finura	0.25	1.30	2.23
Densidad de sólidos	2.65	2.66	2.67
Absorción %	1.13	1.29	1.44
Peso Volumétrico			
Seco suelto, kg/m <sup>3</sup>	1365	1445	1525

En las figuras 20 a 23 se observan las curvas granulométricas de la arena en algunos de los sondeos realizados, a di versas profundidades, así como la muestreada, de los playones existentes, durante la exploración (que afloran cuando el nivel de aguas es mínimo) y la obtenida por medio de dragas de succión. Así mismo, la fig. 24 indica envoltentes de dichas - curvas.

De acuerdo con la estratigrafía detectada y la inspec --

ción visual del sitio, el fondo, del cauce, lo constituye una arena fina mal graduada, poco arcillosa ( SP, SP - SC ). Existe un segundo estrato de arena arcillosa SC, en una fracción - del banco (ver fig. 19).

Para poder aprovechar este material es necesario extraer, en su totalidad, los mantos arcillosos. Un análisis de costos, definirá si resulta factible la utilización de este material.

A continuación se mencionan los usos posibles de esta --- arena:

En cuanto a su utilización en la elaboración de concreto-hidráulico, se requiere un módulo de finura entre 2.30 y 3.10- de acuerdo con las normas ASTM ( Ref. 3 ). De las propiedades- indicadas en la tabla I, exceptuando la granulometría y el módulo de finura, puede observarse que sí satisfacen los requerimientos de las normas. Su uso para la elaboración del concreto puede recomendarse, solamente, si las mezclas de pruebas cumplen con los requisitos de resistencia y durabilidad exigido - al proyecto.

Con base en las normas ASTM, exceptuando la granulometría, se observa que las muestras sí satisfacen las propiedades de - sanidad y contenido de materia orgánica; por lo que su utiliza- ción para la fabricación de mortero puede recomendarse si se - demuestra que el mortero fabricado cumple con los requisitos - de las normas ( contenido de arena, retención de agua y resis- tencia a la comprensión ), o las especificaciones que rigen en el proyecto, a criterio del diseñador.

Los mismos comentarios pueden hacerse para la utilización de la arena en la elaboración de carpeta asfáltica; es decir, - solamente si las mezclas fabricadas con esta arena satisfacen- los requisitos de resistencia y durabilidad exigidas en el pro

yecto ( Normas ASTM Ref. 4 ).

En las figuras 25, 26 y 27 se indican los rangos granulométricos en que debe encontrarse la arena, para ser utilizada en la elaboración de concreto hidráulico, mortero y carpeta - asfáltica, respectivamente.

No existen restricciones granulométricas, para decidir - el uso de una arena como constituyente de una base estabilizada, por lo que se precisa efectuar mezclas de la arena con el aglutinante para definir el comportamiento de la mezcla ( Ref 5 ). Estos ensayos permiten recomendar el uso de esta arena - en la fabricación de "base negra", formada por una mezcla de arena y emulsión asfáltica. Para ello y adicional a los ensayos realizados para determinar la calidad de la arena, se --- efectuaron dos pruebas Hubbard Field ( Ref. 10 ), que consistieron en fabricar pastillas con diferentes contenidos de -- emulsión, desde un 6% hasta un 13%, en intervalos de 1%. En - cada pastilla, fabricada, se efectuaron los siguientes ensayos: peso volumétrico, estabilidad, absorción, expansión y - residuo asfáltico; cuyos resultados se presentan, en forma -- gráfica, en las figuras 28 y 29.

La prueba Hubbard Field, se efectuó para dos clases de - emulsión asfáltica, del tipo catiónico, que es el adecuado -- para la arena del banco estudiado, por su composición granulométrica ( ver fig. 24 ) y sus propiedades físicas y por tratarse de una región de intensa precipitación pluvial. ( Ref. 10 ).

Dichas emulsiones son: la super estable catiónica y la lenta catiónica, denominadas ESE - C8 y EL - C8 ( 1 ), respectivamente, según nomenclatura de caminos y puentes federales.

En seguida, se mencionan los resultados obtenidos en ca-

da uno de los ensayos realizados:

**Peso Volumétrico.**- En las figuras 28 y 29, en la parte superior izquierda, se presenta la variación del peso volumétrico respecto al porcentaje de emulsión, obteniéndose un valor máximo, para un contenido de emulsión, de 12.5% .

**Estabilidad.**- Su variación, con respecto al contenido de emulsión, se presenta en las figuras 28 y 29 ( parte superior derecha ). Se observa que para la EL - C8 ( 1 ) se obtiene un valor máximo con un contenido de 9% de emulsión, mientras que para la ESE - C8 ( 1 ), el valor máximo de estabilidad se obtiene con un contenido de 10% de emulsión.

**Absorción y Expansión.**- En la parte inferior de las figuras 28 y 29 se muestran los resultados de dichas pruebas. Se observa que ambas disminuyen al aumentar el contenido de emulsión.

Del análisis, de los resultados obtenidos, en cada uno de los ensayos y de la observación del acabado de las pastillas; fabricadas con los distintos contenidos de una y otra emulsión, se concluye que ambas pueden ser utilizadas en la elaboración de bases estabilizadas, de acuerdo con las recomendaciones siguientes:

a) Si se utiliza emulsión super estable catiónica ESE - C8 ( 1 ) se recomienda usar un contenido óptimo de emulsión de 9%, con un contenido de agua de mezclado de 6.8% . La mezcla, así fabricada, tiene las siguientes propiedades:

- Peso volumétrico	1877 Kg/m <sup>3</sup> .
- Estabilidad después de saturarse siete días	1405 kg.
- Absorción.	2.3 %
- Expansión durante la prueba de absorción.	1 %
- Residuo asfáltico de la emulsión en peso.	62 %

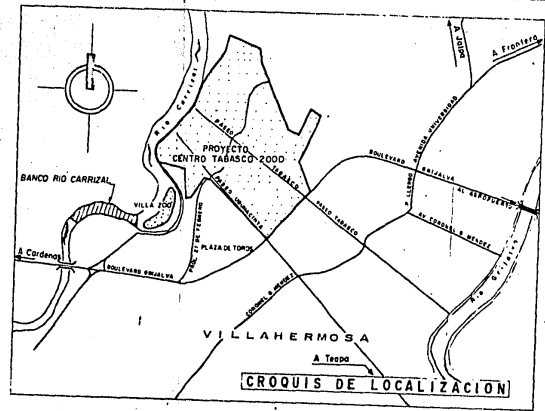
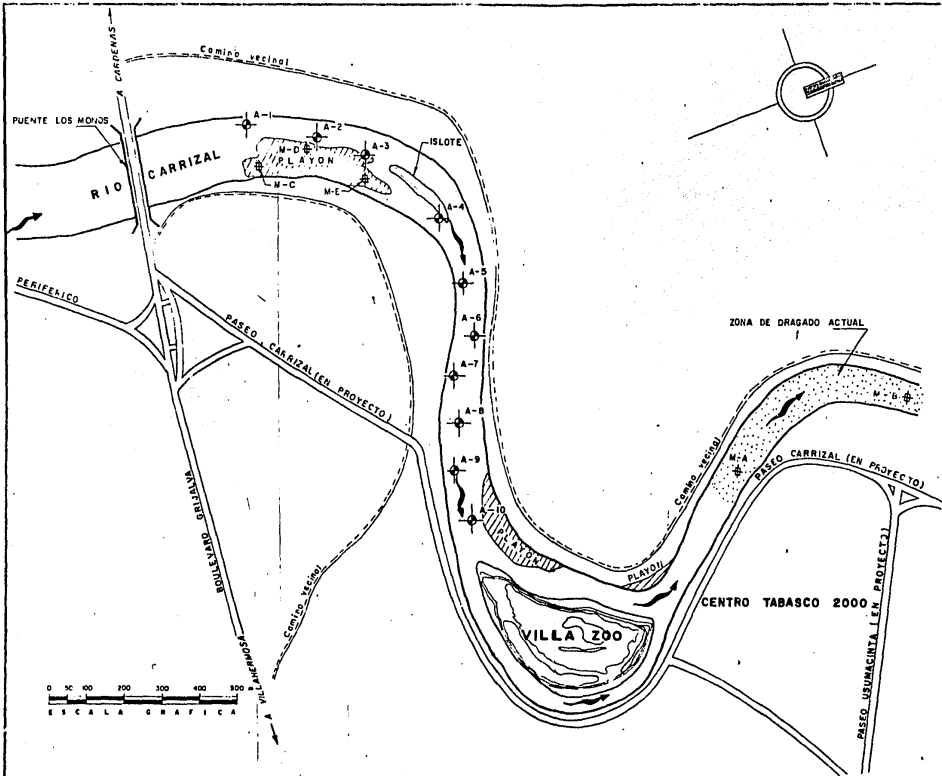
b) Si se utiliza emulsión lenta catiónica EL - C8 ( 1 ), -

se propone usar un contenido óptimo de emulsión de 8.5%, con un contenido de agua de mezclado de 9.2%. La mezcla así fabricada tiene las siguientes propiedades:

- Peso volumétrico. 1728 kg/m<sup>3</sup>.
- Estabilidad después de saturarse siete días - 1025 Kg.
- Absorción. 3.4 %
- Expansión durante la prueba de absorción. 1.6 %
- Residuo asfáltico de la emulsión en peso. 63.5 %

Se sugiere el uso de la arena mezclada con el suelo del lugar; para mejorar las propiedades del mismo y constituir la capa subrasante. La composición de la mezcla, necesaria para este objeto, es parte de la sección de pavimentación.

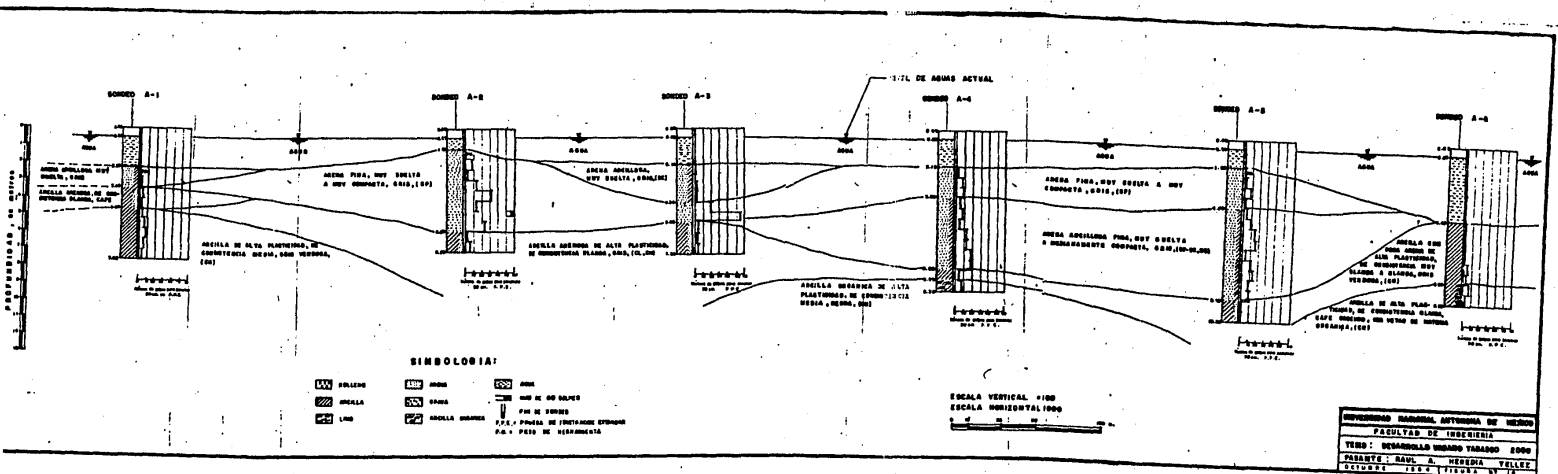
Se recomienda que la extracción de la arena continúe realizándose mediante dragas de succión; ya que este procedimiento - efectúa un lavado natural del agregado eliminándole, de esta manera, contenidos de materiales indeseables.

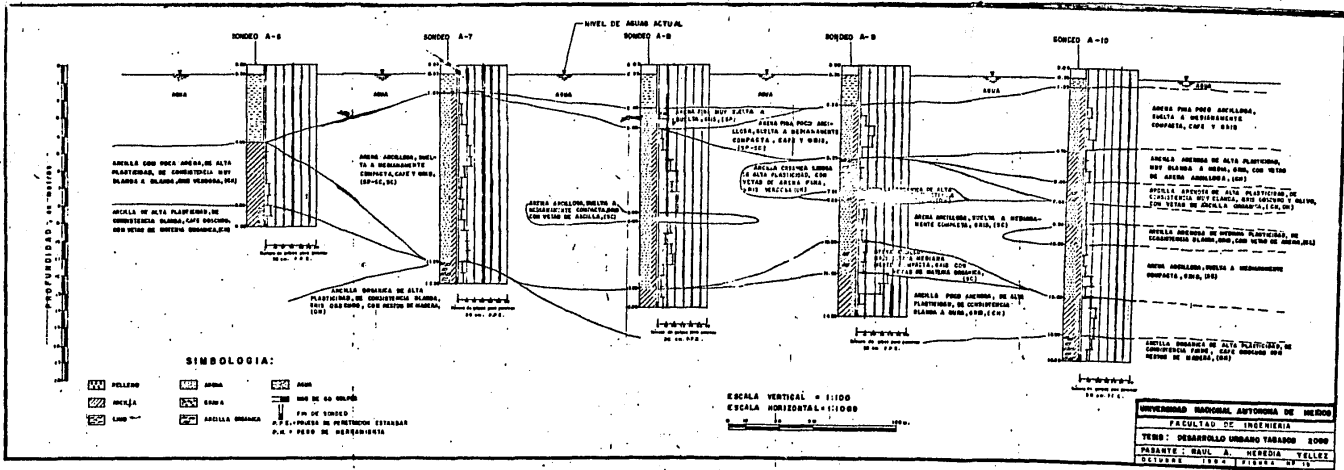


**SIMBOLOGIA :**

- ◆ SONDEO ALTERADO CONTINUO
- ◆ MUESTRA OBTENIDA SUPERFICIALMENTE

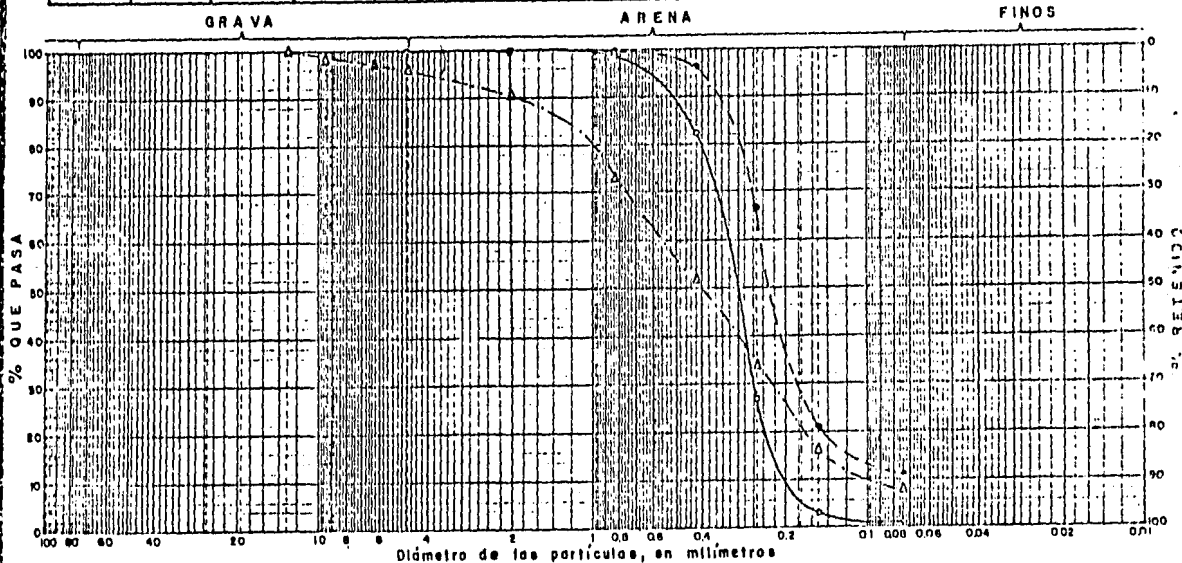
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FA CULTAD DE INGENIERIA
TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000
PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ
OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 17





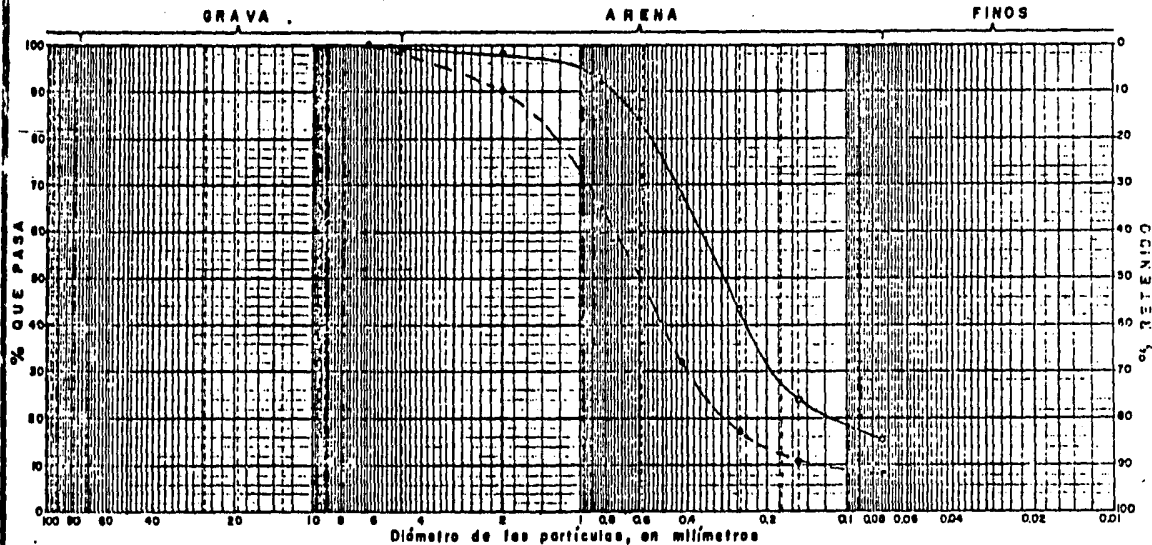


SIMBOLOGIA	PROF.	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>e</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFICACION S.U.C.S.
	m	mm	mm	mm	---	---	%	%	%	
—○—	3.12	0.20	0.26	0.32	1.6	1.0	---	98.7	1.3	SP
- - - ● - - -	4.00	---	0.18	0.25	---	---	---	88.5	11.5	SP-SC
Δ - - - Δ	6.05	0.10	0.23	0.56	5.6	0.9	3.0	87.9	8.6	SP-SC



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000**  
**PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ**  
**OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 20**

SIMBOLOGIA	PROF.	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFICACION S.U.C.S.
	m	mm	mm	mm	—	—	%	%	%	
—○—	9.75	—	0.19	0.36	—	—	0.4	84.0	15.6	SC
—○—○—	10.96	0.15	0.40	0.84	4.1	2.3	1.1	90.9	8.0	SP-SC
—○—○—○—										



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

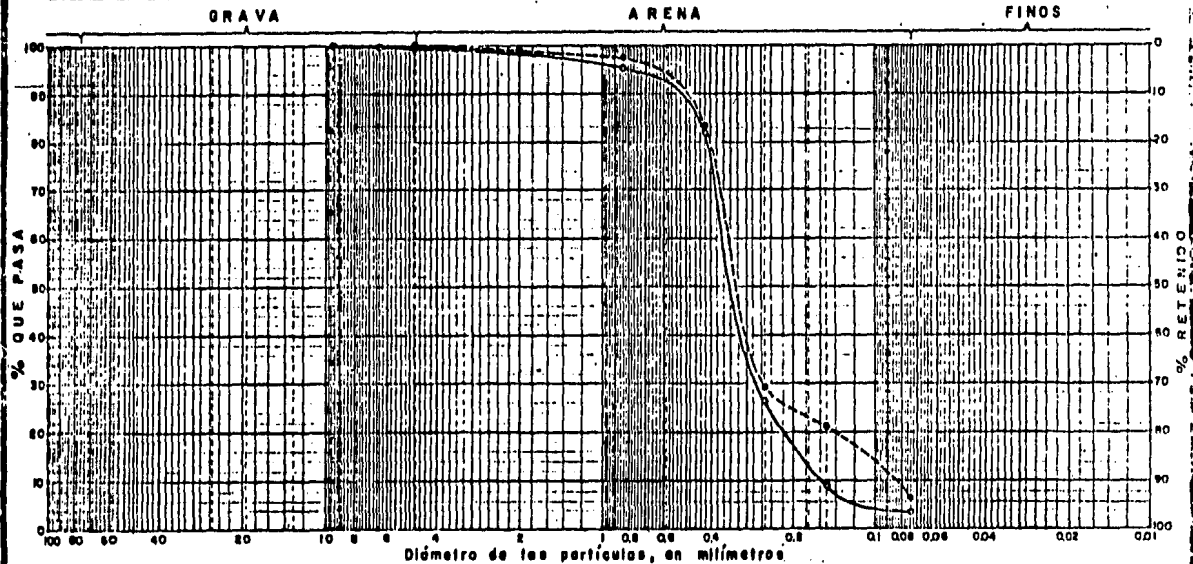
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ

OCTUBRE 1984 FIGURA N° 21

SIMBOLOGIA	MUESTRA	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFICACION S.U.C.S.
		mm	mm	mm			%	%	%	
—●—	"A"	0.16	0.27	0.36	2.2	1.3	0.6	96.6	0.0	SP
—○—	"B"	0.08	0.26	0.35	4.4	2.4	—	93.1	6.9	SP-SC
Δ—Δ										



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ

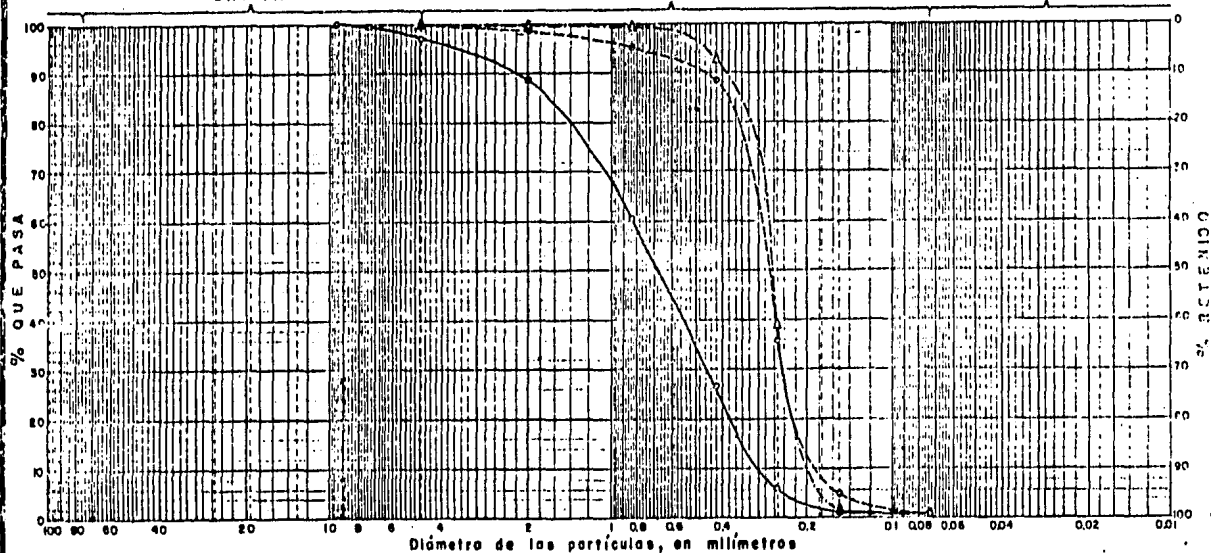
OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 22

SIMBOLOGIA	MUESTRA	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFICACION S.U.C.S.
		mm	mm	mm			%	%	%	
—○—	"C"	0.30	0.46	0.84	2.8	0.8	1.6	98.0	0.4	S P
—●—	"D"	0.19	0.25	0.28	1.5	1.2	—	99.4	0.6	S P
—△—	"E"	0.20	0.25	0.27	1.3	1.2	—	99.3	0.7	S P

GRAVA

ARENA

FINOS



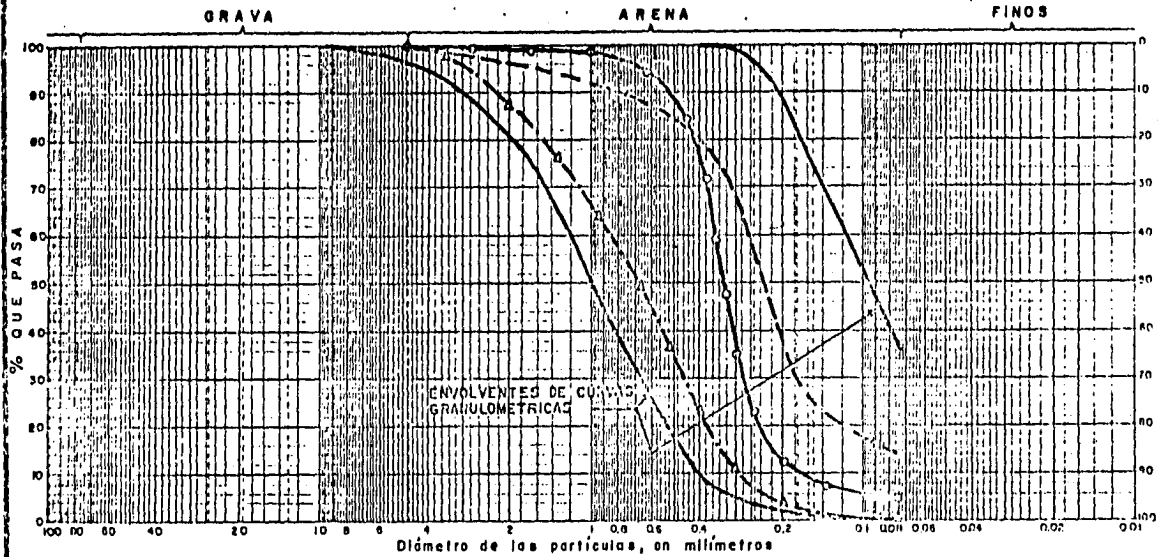
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ

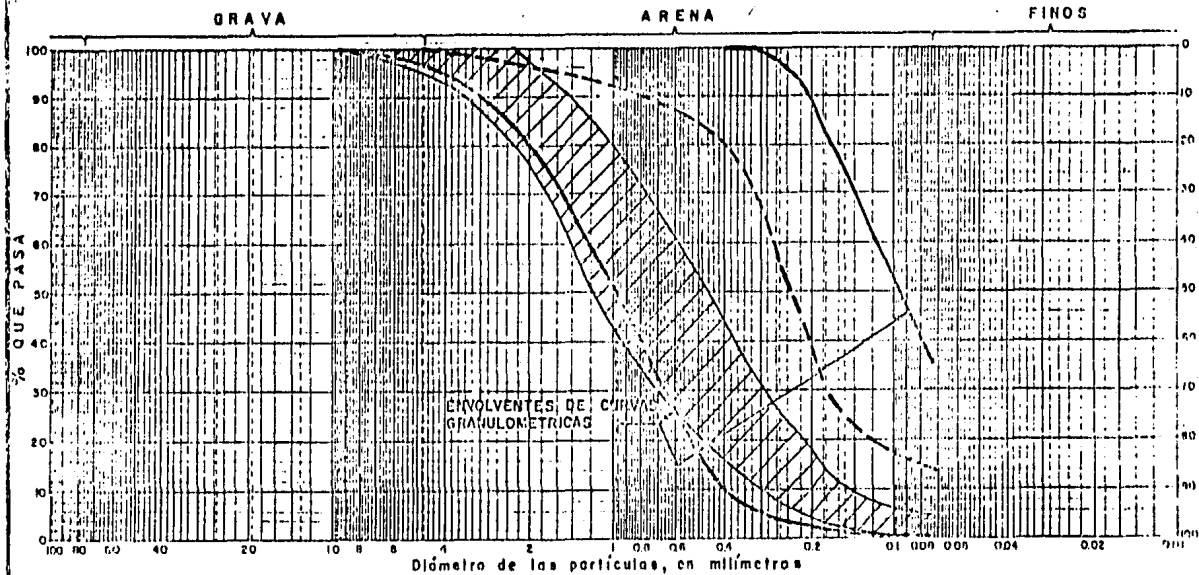
OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 23





**SIMBOLOGIA:**

- — — : CURVA GRANULOMETRICA PROMEDIO DEL BANCO
- — — — : CURVA GRANULOMETRICA DE MATERIAL OBTENIDA CON DRAGA DE SUCCION
- △ — — — : CURVA GRANULOMETRICA DE MATERIAL OBTENIDA DE LOS PLAYONES

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
<b>TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000</b>	
<b>PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ</b>	
<b>OCTUBRE 1984</b>	<b>FIGURA Nº 24</b>



**SIMBOLOGIA:**

-  = ZONA DE MATERIAL ADECUADO PARA USARSE EN LA FABRICACION DEL CONCRETO, SEGUN NORMAS ASTM-C-33-78
-  = CURVA GRANULOMETRICA PROMEDIO DEL BANCO

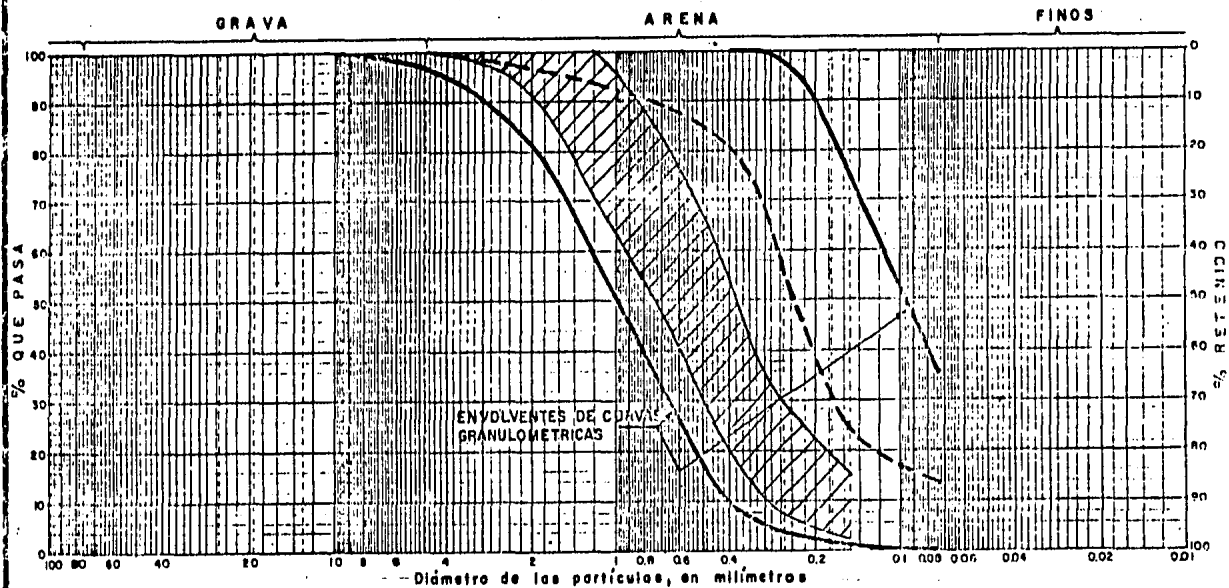
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**



**TESIS: DESARROLLO URBANO TABASCO 2000'**

**PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ**

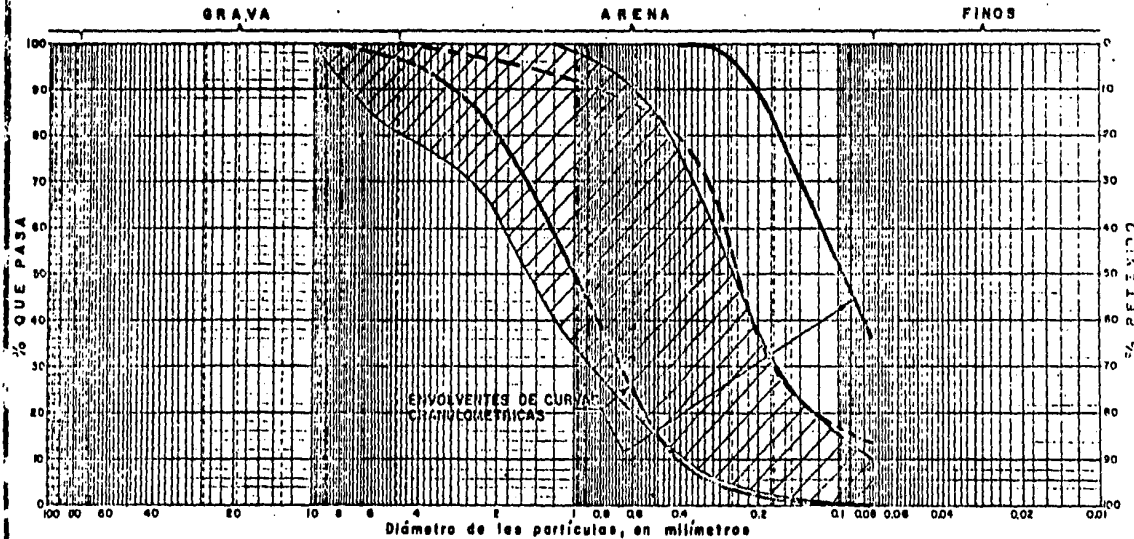
**OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 25**



**SIMBOLOGÍA:**

-  ZONA DE MATERIAL ADECUADA PARA USARSE EN LA FABRICACION DEL MORTERO, SEGUN NORMAS ASTM-C-144-76
-  CURVA GRANULOMETRICA PROMEDIO DEL BANCO

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>	
<b>FA CULTAD DE INGENIERIA</b>	
<b>TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000</b>	
<b>PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ</b>	
<b>OCTUBRE 1984</b>	<b>FIGURA Nº 26</b>

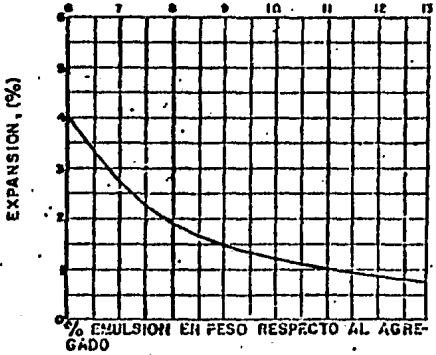
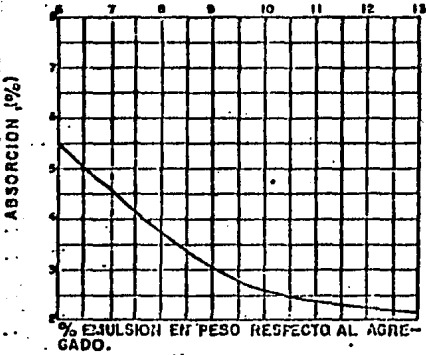
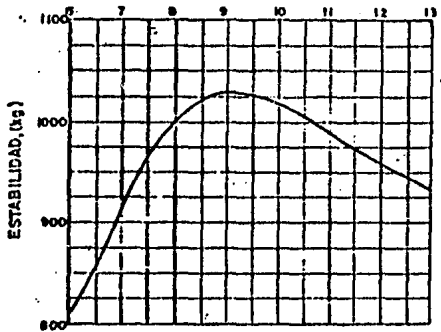
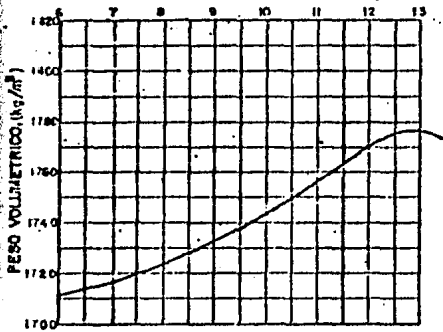


**SIMBOLOGIA :**

- ZONA DE MATERIAL ADECUADA PARA USARSE EN CARPETA, SEGUN NORMAS ASTM-D-1073-75
- CURVA GRANULOMETRICA PROMEDIO DEL BANCO

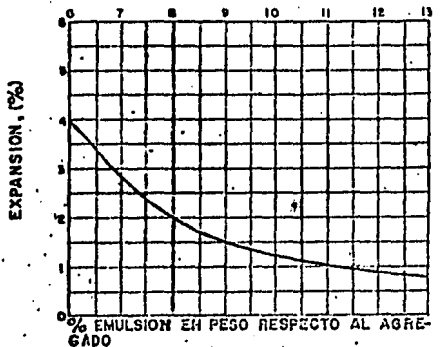
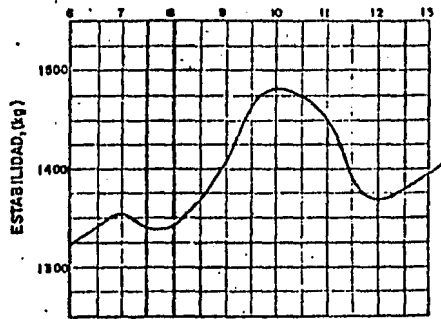
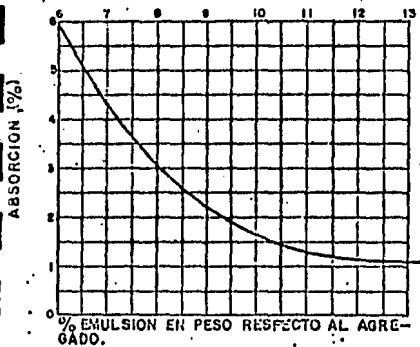
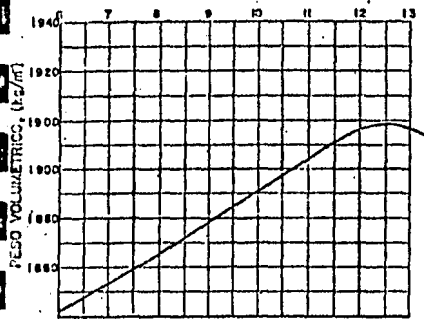
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
<b>TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000</b>
<b>PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ</b>
OCTUBRE 1984. FIGURA Nº 27





Tipo de emulsion empleado:	Emulsion lenta coloidal (EL - C-8 (1))	
Contenido óptimo de emulsion, %	8.5	
Contenido de agua de mezclado, %	9.2	
Peso específico, kg/m³	1728	
Estabilidad despues de saturarse 7. días, kg.	1025	544 Mínimo
Absorcion, %	3.4	7 Máximo
Expansión durante la prueba de absorcion, %	1.6	5 Máximo
Residuo asfáltico de la emulsion, en peso %	63.5	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000	
PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ	
OCTUBRE 1984	FIGURA Nº 28



Tipo de emulsion empleada:

Contenido óptimo de emulsion, %  
 Contenido de agua de mezclado, %  
 Peso específico, kg/m<sup>3</sup>  
 Estabilidad despues de saturarse  
 7 días, kg.  
 Absorción, %  
 Expansión durante la prueba de  
 absorción, %  
 Residuo asfáltico de la emul-  
 sión, en peso %

Emulsion super estable cationica (ESE-C-B (1))

9.0  
 6.8  
 1877  
 1405  
 544 Mínimo  
 2.3  
 7 Máximo  
 1.0  
 5 Máximo  
 62.0

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000  
 PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ  
 OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 29

VII.- PAVIMENTACION .

## VII.- PAVIMENTACION.

Como ya se había mencionado anteriormente el subsuelo de la zona se encuentra ubicado dentro de dos formaciones geológicas: - una correspondiente a las partes altas, principalmente arcillas clásicas del Terciario y la otra a las zonas bajas con materiales fluviolacustres del tipo de arcillas y limos con presencia de materia orgánica (Ref. 2).

Para conocer las características del suelo de cimentación o de los materiales que constituyen las terracerías, en los sitios, de las diferentes vialidades, se realizaron pozos a cielo abierto que alcanzaron profundidades comprendidas entre 1.10 y 2.40 m.

En todos los sondeos se realizó, en el campo, la clasificación del suelo siguiendo los lineamientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

En los pozos en que se observaron materiales que se podían considerar representativos del área en que estaban ubicados, se extrajeron muestras alteradas en cantidad suficiente para realizar en el Laboratorio tanto ensayos índice como pruebas de calidad y para diseño.

Los resultados de la estratigrafía encontrada, a lo largo de estos sondeos, fueron presentados en el capítulo correspondiente a Estratigrafía y Propiedades del Subsuelo.

Por su parte, para evaluar la calidad de las terracerías y del terreno natural, como material para capa subrasante; así como para cuantificar la resistencia para soportar el pavimento, se realizaron los ensayos especiales correspondientes a: prueba de compactación proctor estándar, valor relativo de soporte estándar en muestras compactadas al 100%, valor relativo de soporte modifi

cado en muestras compactadas al 95% proctor.

Los resultados que se obtuvieron correspondientes a las zonas Centro y Vivienda I (fig. 11), de las pruebas de valor relativo de soporte estándar saturados y sin saturar presentan valores de 3.80 a 26.90 %, mientras que en ensayos modificados con muestras compactadas al 95% Proctor y con humedades óptimas incrementadas en un 1.5%, se obtuvieron valores de 10.30 a 14.10% (Ref 6). Todo lo anterior identifica a las terracerías del lugar como materiales deficientes y de mala calidad para utilizarse como capa subrasante.

En las zonas Campestre y Reserva 3 (fig. 11), los ensayos de valor relativo de soporte modificado con muestras compactadas al 95% y con una humedad mayor en 1.5% a la óptima, arrojaron valores de 7.40 a 45.30%. Se hacen los mismos comentarios en cuanto a la utilización de las terracerías del lugar para la formación de la capa subrasante.

Entre los límites de las zonas Campestre y Reserva 3, que es la zona en donde se encuentra ubicado el Paseo Tabasco (ver fig. 36), en el tramo comprendido entre el Arroyo El Espejo y el Río Carrizal, se presentó un caso muy especial. Como ya se había mencionado anteriormente, esta área se caracteriza por presentar amplias zonas de inundaciones, por largos periodos durante el año, producto de los reflujos de la Acequia El Espejo y por los desbordamientos laterales del Río Carrizal.

Para ello, en base a las observaciones realizadas en los materiales que constituyen el subsuelo, complementados con el conocimiento de sus propiedades índice y mecánicas, las características geométricas, el comportamiento esperado de la estructura del pavimento y de las capas del subsuelo, bajo las nuevas cargas transmitidas, procedimientos de construcción y materiales usuales en la zona, se realizaron análisis para determinar la profundidad

de desplante de las terracerías, desde el punto de vista de su estabilidad y asentamientos. Lo cual dió lugar a definir los siguientes tipos de suelo:

Superficialmente se encuentra un limo arenoso, color café claro compacto; el espesor de este estrato es de 0.80 m. en promedio. Subyaciendo al estrato anterior, se detectó una arcilla limosa con lentes de arena, de mediana plasticidad, estratificada en colores gris verdoso oscuro y café verdoso claro, de consistencia blanda a firme; el espesor de este estrato varía entre 7.70 y 10.05 m. Subyaciendo al estrato anterior se detectó una arena limo-arcillosa de color gris verdoso, de compactidad suelta a compacta con lentes de arcilla gris verdosa; el espesor de este estrato varía entre 4.50 y 4.75 m. Subyaciendo al estrato anterior se encontró una arcilla poco limosa con lentes de arena de color gris verdoso oscuro y café claro de consistencia muy blanda, el espesor de este estrato es de 1.40 m. Subyaciendo al estrato anterior, se encontró un limo arenoso poco arcilloso, de color gris verdoso de compactidad muy suelta, el espesor de este estrato es de 1.10 m.

La capacidad de carga del terreno de cimentación se valuó en base a las teorías establecidas por K. Terzaghi, modificadas, para tomar en cuenta los diferentes estados de compactidad y consistencia de los materiales que servirán de apoyo a la estructura del pavimento. Para determinar la presión de reacción admisible, con base a la capacidad de carga, se empleó un factor de seguridad mínimo de 3. Los hundimientos estimados fueron obtenidos empleando procedimientos acordes con la teoría de consolidación, con el coeficiente de variación volumétrica "Mv" obtenido para los materiales analizados.

De acuerdo con la naturaleza y propiedades mecánicas del subsuelo hallado (ver fig. 37, 38 y 39), se puede concluir que-

debido a sus características de baja resistencia y alta compresibilidad, en sus primeros 6 m. de espesor, se estima necesario sustituir parcialmente los materiales del estrato superficial - hasta una profundidad mínima de 3.0 m. (ver fig. 40).

Bajo estas condiciones, se determinaron los asentamientos totales debidos al peso de la estructura, tomando en consideración la compensación parcial que existe al retirar, en un espesor de 3 m. el material existente en el estrato superficial y reemplazarlo con material de relleno; la presión en exceso, que se transmitirá a los estratos del subsuelo, resultó ser de  $2.12 \text{ ton/m}^2$ . Los resultados obtenidos son los siguientes:

Los asentamientos debidos a la construcción del terraplén serán de 12.50 cm, en donde se estima que el 50 % de los mismos se presente en un lapso de aproximadamente 6 meses y el total - en 20 años. De lo anterior se desprende que los asentamientos a largo plazo son de escasa magnitud y por lo tanto no se justifica el empleo de sobrecargas para acelerarlos.

Para la construcción del terraplén, se recomienda utilizar materiales granulares, los cuales pueden ser mezclas de arena y arcilla. El tendido del material deberá hacerse en capas de 25 cm. de espesor; cada una de estas capas se deberá compactar al 90%.

Se hace incapié en que el tratamiento anterior, a las terracerías del lugar, solo es necesario hacerlo en la zona señalada debido a sus características de inundación. Posteriormente deberá seguirse el procedimiento general, que se detallará más adelante, para formar las diversas capas que constituyen la estructura del pavimento.

Adicionalmente se tomaron muestras de arena y arcilla de -

posibles bancos de préstamo para estudiarlas como materiales para integrar las diversas capas del pavimento. La arena proviene del Banco Río Carrizal, la cual se analizó como material para base estabilizada cuyos resultados se presentaron en el capítulo correspondiente a Materiales de Banco. La arcilla proviene del Banco Santana, localizado al sur de la Ciudad de Villahermosa, en los límites de la zona urbana.

Para ello se hicieron estudios en mezclas de arena y arcilla en proporciones; 80% : 20% y 50% : 50% respectivamente para su uso como capa subrasante. En estas mezclas se realizaron los siguientes ensayos: límites de consistencia, granulometría, compactación proctor estándar y valor relativo de soporte estándar, cuyos resultados se muestran en las figuras 30 a 35.

Los estudios efectuados arrojan como resultado, arenas arcillosas con límite líquido de 26.8% para la mezcla 1 (80% arena y 20% de arcilla), y de 30.2% para la mezcla 2 (50% de arena y 50% de arcilla); las pruebas de valor relativo de soporte arrojan resultados de 31.70 y 34% para las mezclas 1 y 2 respectivamente; valores que indican que por su calidad ambas mezclas resultan adecuadas para utilizarlas como capa subrasante (Ref. 7).

Considerando lo anterior se propone utilizar la mezcla 1 (80% arena y 20% arcilla) para reducir los acarreos de arcilla del Banco Santana.

El diseño de pavimentos se realizó utilizando el método SAHOP; en función del tránsito estimado y del valor relativo de soporte modificado, del suelo que se ha supuesto como apoyo (Ref. 6).

Para la estimación del tránsito en las vialidades se con



sideraron dos casos: calles residenciales y calles colectoras y avenidas. Para el primer caso se consideró un tránsito medio de 500 vehículos por día con una distribución de 72% de automóviles, 12% de autobuses, 8% de camiones de 5 ton., 5% de camiones de 17 ton. y 3% de camiones de 25 ton.; para el segundo caso, el tránsito promedio se supuso de 2000 vehículos con la misma distribución de cargas (Ref. 8).

Por su parte, para la estimación del valor relativo de soporte de los suelos de apoyo se tomó en cuenta tanto la heterogeneidad de los materiales en el terreno natural y en las terracerías como la presencia en forma predominante de arcillas de alta plasticidad en el área; en estas condiciones, para el diseño se consideraron los valores menores obtenidos en las determinaciones del valor relativo de soporte modificado.

De esta forma, se proponen dos secciones de pavimento, una para calles residenciales y otra para calles colectoras y avenidas. En las figuras 41 y 42 se muestran las secciones transversales propuestas de la estructura del pavimento.

A continuación se detallará el procedimiento constructivo a seguir para formar cada una de las capas que constituyen la estructura del pavimento:

Teniendo como base las observaciones realizadas en los materiales que constituyen el subsuelo, complementadas con el conocimiento de las propiedades mecánicas de los materiales, determinadas en el Laboratorio, se deduce que para llegar a tener un buen comportamiento de la estructura del pavimento así como de las capas del subsuelo bajo las nuevas cargas que se impondrán, deberá tenerse especial cuidado con la última capa de las terracerías (30 cm), la cual deberá escarificarse y compactarse al 95% (Proctor estándar SAHOP), con el objeto de obtener una mejor superficie de desplante para las diver -

sas capas que componen la estructura del pavimento y reducir al mínimo los asentamientos y las deformaciones que se generarán por las nuevas cargas transmitidas al terreno.

Para formar la capa subrasante se utilizará una mezcla de arena de dragado (80%) y arcilla del Banco Santana o similar y se compactará al 95% (Proctor estándar SAHOP).

La base estará constituida por arena de dragado del Banco Carrizal, estabilizada con emulsión asfáltica del tipo super estable catiónica, ESE - C8 o con emulsión asfáltica del tipo lenta catiónica, EL - C8. Las propiedades de las mezclas (bases negras) que resultan al utilizar una u otra emulsión se mencionan en el capítulo correspondiente a Materiales de Banco.

Sobre la base terminada se aplicará un riego de liga utilizando un producto asfáltico de fraguado rápido, FR - 3 a razón de  $0.3 \text{ Lt/m}^2$ . Anterior a esta operación, deberá realizarse la compactación de la base (95% Proctor estándar SAHOP).

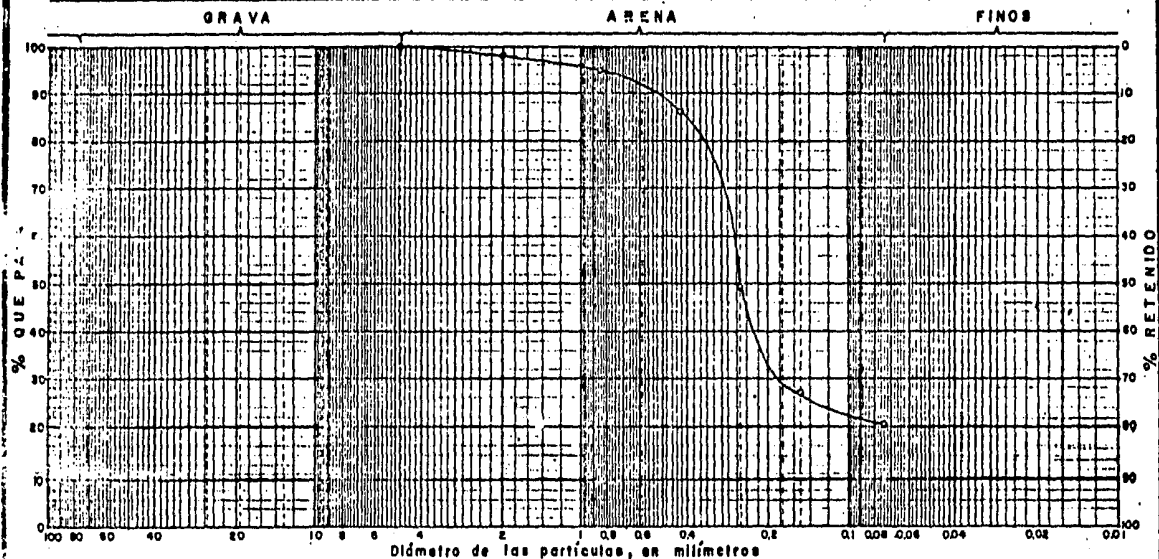
La carpeta estará formada por una mezcla asfáltica elaborada en planta. Se compactará al 95% Marshall. Los materiales y las características de la carpeta deberán cumplir las normas de calidad señaladas en la parte VIII de las Especificaciones Generales de Contrucción de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas.

Sobre la carpeta se aplicará un riego de sello el cual estará constituido por una mezcla de material pétreo tipo 3A o 3E (Ref. 7) y por asfalto rebajado de fraguado rápido tipo PR-3.

En todos los casos para la ejecución de las diversas capas que constituyen la estructura del pavimento deberá cum --

plirse con lo indicado en la parte IV de las especificaciones  
Generales de Construcción de la Secretaría de Asentamientos -  
Humanos y Obras Públicas.

SIMBOLOGIA	MUESTRA	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFICACION S.U.C.S.
		mm	mm	mm	—	—	%	%	%	
—	MEZCLA - 1	—	0.18	0.26	—	—	—	79.7	20.3	SC
—										
—										

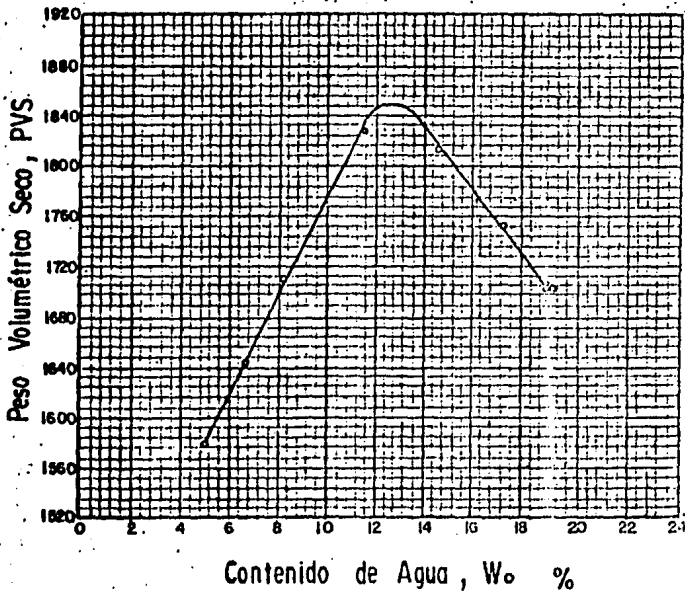


LIMITE LIQUIDO = 26.8  
 LIMITE PLASTICO = 12.5  
 INDICE PLASTICO = 14.3

MEZCLA - 1  
 80 % ARENA RIO CARRIZAL  
 20 % ARCILLA BANCO SANTAN

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>
<b>TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000</b>
<b>PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ</b>
<b>OCTUBRE 1984      FIGURA Nº 30</b>

MUESTRA	PORCENTAJE DE COMPACTACION %	PESO VOLUMETRICO SECO $\gamma_s$ Kg/m <sup>3</sup>	CONTENIDO DE AGUA OPTIMO %	ENERGIA Kg-cm/cm <sup>3</sup>	CLASIFICACION S.U.C.S.
MEZCLA - I	100	1848	13.0	6.36	SC



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

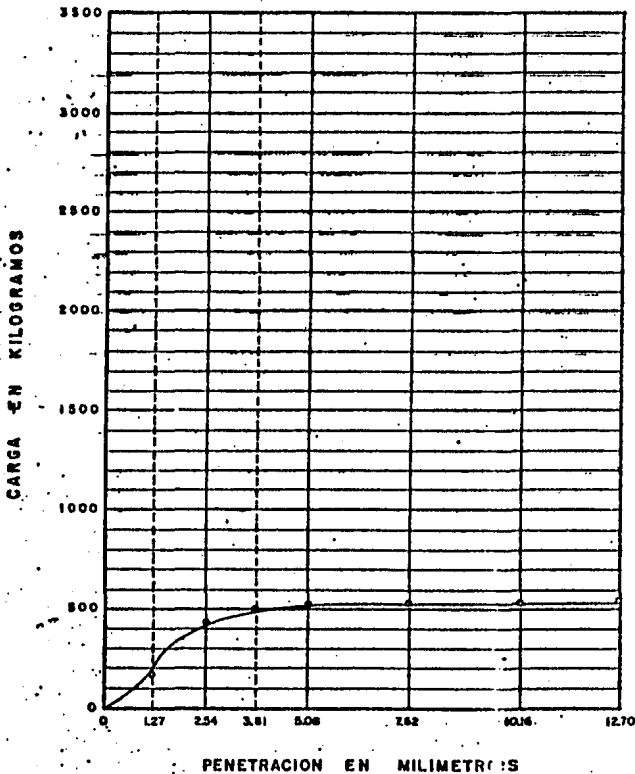
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELEZ

OCTUBRE 1984 FIGURA N° 31

MUESTRA	PESO	CONTENIDO	COMPACTACION	EXPANSION	V. R. S.	CLASIFICACION
	VOL. SECO	DE AGUA	%	%	%	S. U. C. S.
MEZCLA - I	1793	10.7	100	—	31.7	SC



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

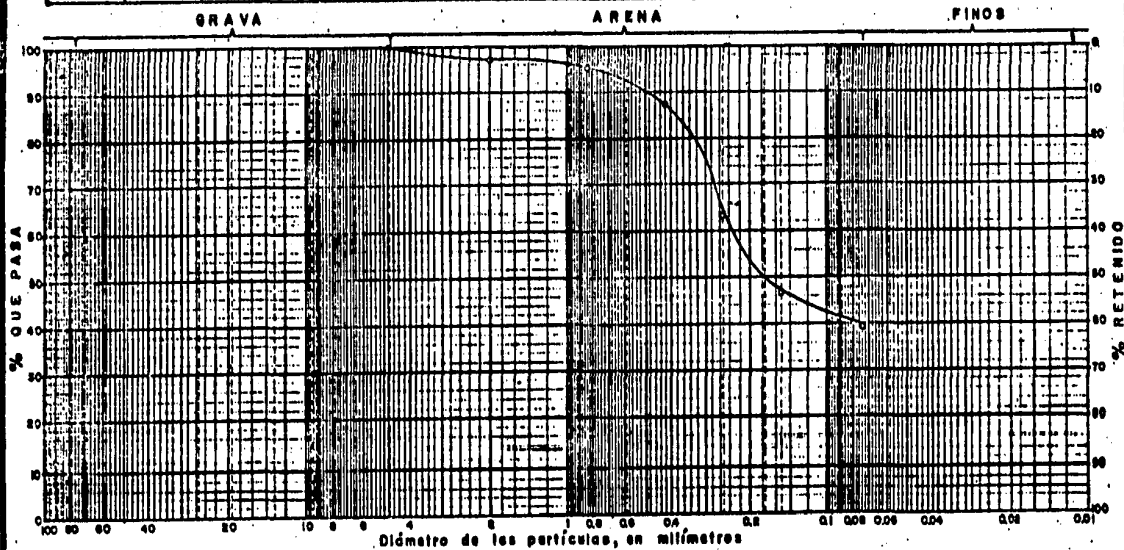
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ

OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 32

SIMBOLOGIA	MUESTRA	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	GRAVA	ARENA	FINOS	CLASIFICACION S.U.C.S.
	_____	mm	mm	mm	_____	_____	%	%	%	
—○—	MEZCLA-2	_____	_____	0.25	_____	_____	_____	60.7	39.3	SC
—●—										
—△—										



LIMITE LIQUIDO = 30.2  
 LIMITE PLASTICO = 12.7  
 INDICE PLASTICO = 17.4

MEZCLA-2  
 50% ARENA RIO CARRIZAL  
 50% ARCILLA BANCO SANTANA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

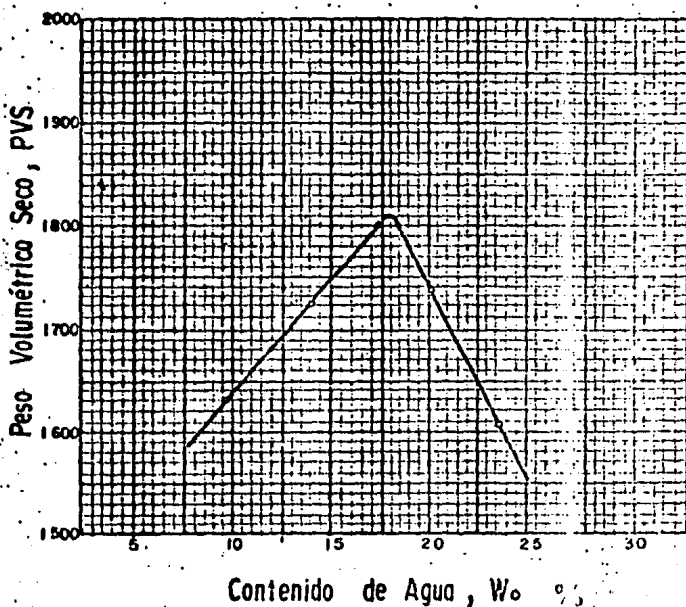
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS: DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ

OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 33

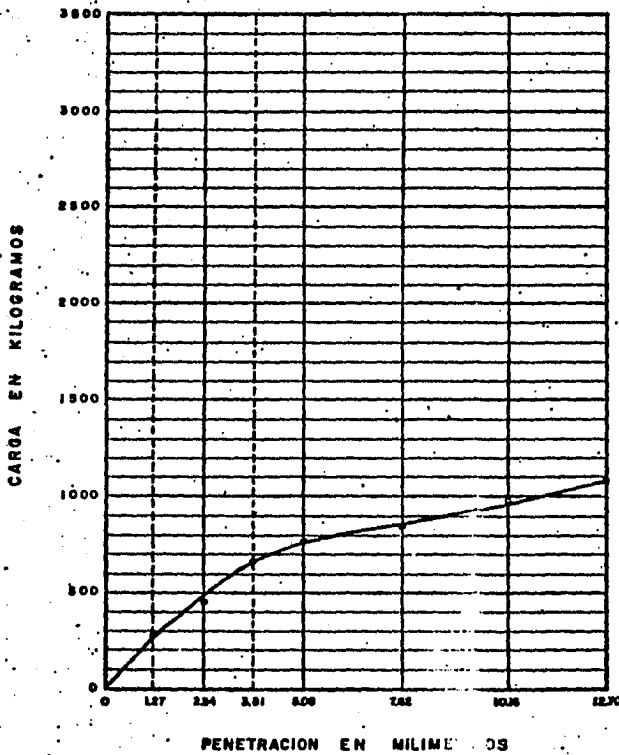
MUESTRA	PORCENTAJE DE COMPACTACION %	PESO VOLUMETRICO SECO $Kg/m^3$	CONTENIDO DE AGUA OPTIMO %	ENERGIA $Kg-cm/cm^3$	CLASIFICACION S. U. C. S.
MEZCLA-2	100	1804	18.0	6.56	S-C



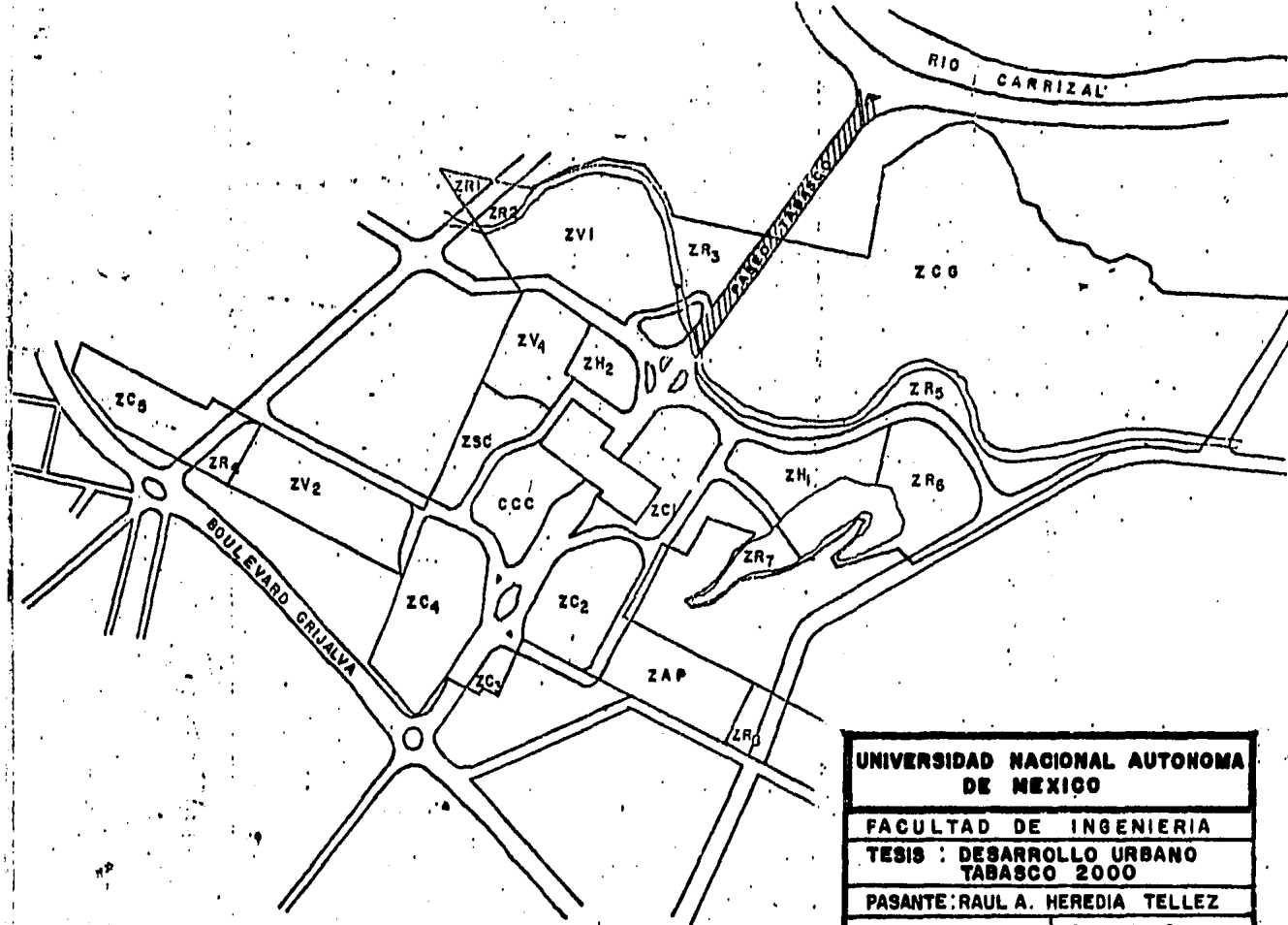
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000**  
**PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ**  
**OCTUBRE 1984 FIGURA N° 34**



MUESTRA	PESO VOL. SECO	CONTENIDO DE AGUA	COMPACTACION	EXPANSION	W. R. S.	CLASIFICACION
	ton/m <sup>3</sup>	%	%	%	%	S.U.C.S.
MEZCLA-2	1954	13.1	100	—	41.9	SC



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000**  
**PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ**  
**OCTUBRE. 1984      FIGURA Nº 35**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**TESIS : DESARROLLO URBANO  
TABASCO 2000**

**PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ**

**OCTUBRE 1984      FIGURA Nº 38**

## TERRAPLEN PASEO TABASCO

PROF.	DENSIDAD DE LOS SUELOS		CONTENIDO NATURAL DE AGUA W	GRADO DE SATURACION G <sub>l</sub>	RESISTENCIA LA CARGA SUELO SIMPLE G <sub>r</sub>	DEFORMACION A LA RUPTURA δ <sub>r</sub>	PESO VOLUMETRICO		CLASIFICACION
	e <sub>s</sub>	e <sub>t</sub>					hUMEDO	SECO	
	—	—					γ <sub>s</sub>	γ <sub>d</sub>	
m.	—	—	%	%	kg cm <sup>-2</sup>	%	kg m <sup>-3</sup>	kg m <sup>-3</sup>	
3.20- 3.45			50.0		0.4	12.30	1.776	1.170	CH
5.00- 5.30			30.16		0.502	24.00	1.936	1.503	CL
6.85- 7.15			42.85		0.369	17.00	1.937	1.357	CL
9.65- 9.95			31.92		0.389	14.00	1.352	1.452	CL
12.65- 12.90			35.96		0.24	12.50	1.785	1.381	SP
14.25- 14.50			82.25		1.461	10.50	1.719	1.245	SC

SONDEO : ST-1

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**TESIS : DESARROLLO URBANO  
TABASCO 2000**

**PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ**

OCTUBRE 1984

FIGURA Nº 37

TERRAPLEN PASEO TABASCO

PROF.	DENSIDAD DE LOS SÓLIDOS $s_s$	RELACION DE VACIOS INICIAL $e_i$	CONTENIDO NATURAL DE AGUA $w$	GRADO DE SATURACION INICIAL $G_i$	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE $G_r$	DEFORMACION A LA RUPTURA $\delta_r$	PESO VOLUMETRICO		CLASIFICACION
							hUMEDO $\gamma_s$	SECO $\gamma_d$	
m.	—	—	%	%	kg cm <sup>-2</sup>	%	kg m <sup>-3</sup>	kg m <sup>-3</sup>	
1.70-1.95			38.88		0.895	10.77	1.82	1.32	CL
4.50-4.80			33.12		0.386	21.80	1.29	1.43	CL
7.85-8.10			44.13		0.382	18.80	1.78	1.24	MH
10.05-10.30			34.62		0.272	49.50	1.64	1.37	SF
12.10-12.35			27.35		0.269	34.80	1.97	1.35	SF
13.60-13.85			41.77		0.618	49.50	1.75	1.27	CL

SONDEO: ST-2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000	
PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ	
OCTUBRE 1984	FIGURA Nº 38
UNIV. — 1984	FIGURA Nº 38

TERRAPLEN PASEO TABASCO

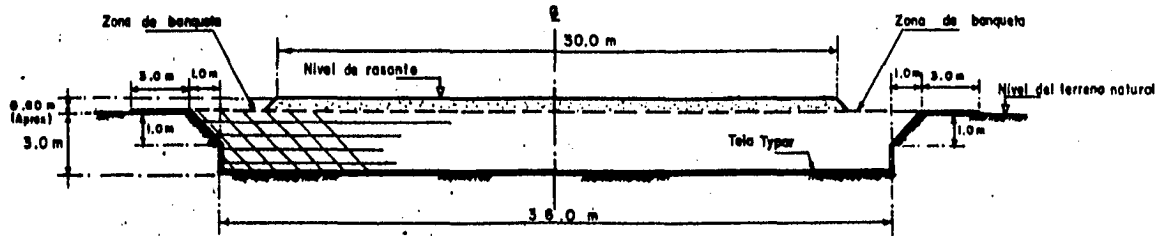
PROF.	DENSIDAD DE LOS SÓLIDOS	RELACION DE VACIOS INICIAL	CONTENIDO NATURAL DE AGUA	GRADO DE SATURACION INICIAL	RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE	ESTRUCTURA A LA RUPTURA	PESO VOLUMETRICOS		CLASIFICACION
							NUMERO	SECC	
m.	$s_s$	$e_i$	W %	$G_i$ %	$\sigma_r$ kg cm <sup>-2</sup>	$\delta_r$ %	$\gamma_s$ kg m <sup>-3</sup>	$\gamma_s$ kg m <sup>-3</sup>	
1.80-2.15			41.11		0.690	11.53	1.710	1.179	MH
4.20-5.45			29.67		0.244	36.0	1.667	1.401	SP
5.90-6.40			45.77		0.674	11.00	1.612	1.265	CH
8.40-8.75			58.94		0.678	75.80	1.653	1.294	CH
10.80-11.05			33.30		0.435	15.20	1.620	1.223	CL
12.75-13.00			34.60		0.594	50.00	1.620	1.199	CL
14.10-14.35			46.28		0.459	1.290	1.620	1.199	ME

SONDEO: ST-3






UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000	
PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ	
OCTUBRE 1964	FIGURA Nº 39

# INFRAESTRUCTURA TURISTICA CENTRO TABASCO 2000.

## DIMENSIONES DE LA EXCAVACION ( AV. PASEO TABASCO )



### S I M B O L O S

-  Despalme y eliminación de arbustos
-  Corte del terreno natural para dotar al cuerpo del terraplén
-  Colocación de tela separante Typar
-  Construcción del cuerpo del terraplén hasta el nivel del terreno natural
-  Capa subrasante y capas del pavimento

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

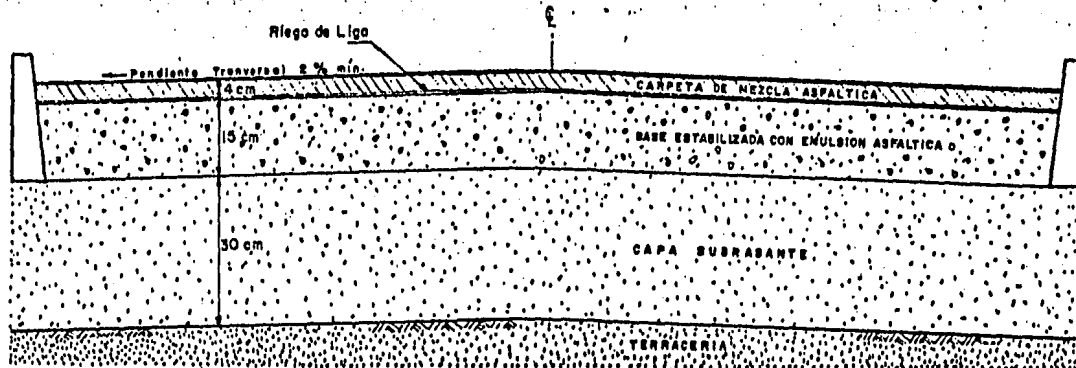
**TESIS : DESARROLLO URBANO  
TABASCO 2000**

**PASANTE: RAUL A. HEREDIA TELLEZ**

**OCTUBRE 1984**

**FIGURA Nº 40**

# CALLES PURAMENTE RESIDENCIALES



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

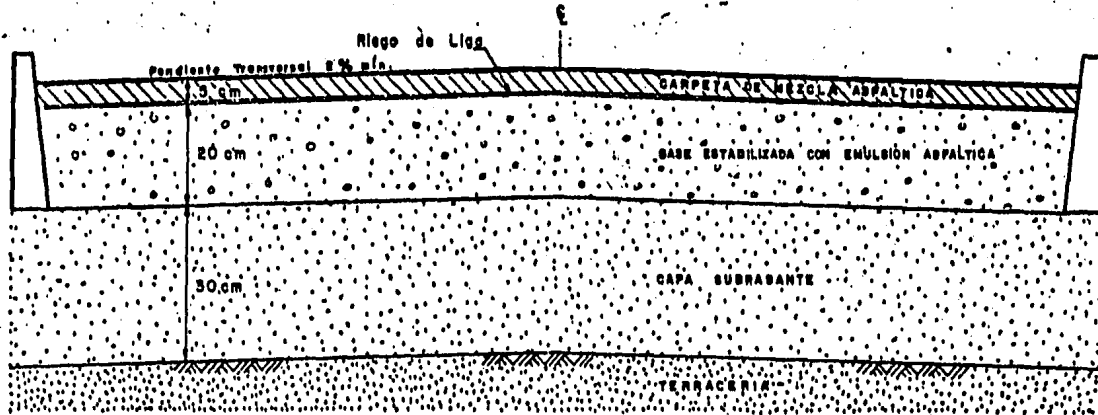
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ

OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 41

# CALLES COLECTORAS Y AVENIDAS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS : DESARROLLO URBANO TABASCO 2000

PASANTE : RAUL A. HEREDIA TELLEZ

OCTUBRE 1984 FIGURA Nº 42



VIII.- C O N C L U S I O N E S .

## VIII.- CONCLUSIONES.

1) Se ha manifestado, notablemente, para cualquier tipo de obras a construir, la importancia de la ejecución de los es tudios, tanto de campo como de Laboratorio, que permitan obtener el conjunto de recomendaciones y conclusiones necesarias - para establecer las normas geotécnicas a las que se apegaron - los proyectos, así como los procedimientos de construcción a - seguir. Así mismo se determinó el comportamiento probable del suelo, los materiales y los tratamientos requeridos para ser - utilizados.

2) La inversión destinada a la ejecución de los estudios geotécnicos condujo a obtener importantes ahorros, tanto en -- los proyectos como en los costos de construcción, quedando de- esta manera, plenamente justificada.

3) El análisis de estabilidad, en taludes, definió la na turaleza, movimientos y tendencias futuras de las zonas falla- das, debida a fenómenos de erosión y deslizamiento. La mejor - alternativa a seguir, para prevenir estas fallas, condujo al - uso de gaviones, debido principalmente a su gran durabilidad y resistencia.

4) Debido a la intensa y frecuente precipitación pluvial, que impera en la zona y su influencia en el comportamiento de- los suelos, se tomaron medidas para prevenir posibles efectos- nocivos en cada una de las obras construidas. Tales medidas - consistieron en proporcionar un drenaje pluvial adecuado y efi ciente por medio de pendientes longitudinales y transversales- capaces de facilitar el escurrimiento y por medio de la cons- trucción de bocas de tormenta. Así mismo se efectuó un riego - de sello sobre la superficie del pavimento, obteniéndose una - capa impermeable que además permite prolongar la durabilidad - de su estructura.

5) La construcción de un proyecto urbanístico como "Ta basco 2000" se recomienda en los centros de población en donde se requiera mejorar el nivel de vida, propiciando con -- ello condiciones favorables para que la población pueda satisfacer sus necesidades de suelo, vivienda, infraestructura, -- servicios públicos, urbanización y equipamiento..

**IX. - REFERENCIAS  
BIBLIOGRÁFICAS.**

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- 1.- DESARROLLO URBANO TABASCO 2000.  
1980-1982
- 2.- J. ESPINOZA.  
"VIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos"  
Tomo II.  
Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.  
Guanajuato, 1978.
- 3.- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.  
"Concret and Mineral Aggregate"  
Part No. 14  
USA, 1979.
- 4.- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.  
"Road, Paving, Bituminous, Materials, Skid Resistance"  
Part No. 15  
USA, 1979.
- 5.- ALFONSO RICO Y H. DEL CASTILLO.  
"La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres"  
México, 1979.
- 6.- OLIVERA B.F.  
"Tecnología para el Diseño de Pavimentos Flexibles"  
ENEP ARAGON.  
UNAM, 1980.
- 7.- SECRETARIA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PUBLICAS.  
"Especificaciones Generales de Construcción"  
Parte VIII.  
México, D. F., 1973.

- 8.- CORRO S.  
"Diseño de Pavimentos Flexibles"  
Publicación del Instituto de Ingeniería de la UNAM.  
No. 240, Patrocinada por SAHOP.  
México, D. F., 1970.
- 9.- TYPAR.  
"Membrana filtrante de soporte para la Industria de la  
Contrucción".  
Dupont, México.
- 10.- GUSTAVO RIVERA E.  
"Emulsiones Asfálticas"  
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S. A.  
México, D. F.
- 11.- GAVIONES LEMAC, S. A.  
Ramos Arizpe, Coahuila.
- 12.- FOUNDATION  
ANALYSIS  
DESIGN  
Second Edition.  
Joseph E. Bowles.