

881203

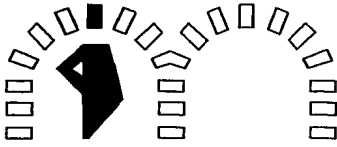
2

2ej



**UNIVERSIDAD ANAHUAC**  
VINCE IN BONO MALUM

Escuela de Arquitectura con Estudios Incorporados a la  
Universidad Nacional Autónoma de México



VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA

**T E S I S**

Que para obtener el título de

**ARQUITECTO**

Presenta

María Isabel Gallego Hernández

MEXICO, D.F.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1994



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.

# INDICE

## "VIVIENDA DE INTERES SOCIAL CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA"

**ANTECEDENTES.**

**INTRODUCCION.**

### **1. SITUACION ACTUAL DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.**

**En México.**

### **2. ANTECEDENTES HISTORICOS Y PRINCIPALES SISTEMAS**

#### **CONSTRUCTIVOS A BASE DE TIERRA.**

**Antecedentes.**

**El Adobe en México.**

**En E.U.A.**

**En Egipto.**

**En Francia.**

**Conclusiones.**

### **3. ESTUDIO DE LA TECNOLOGIA DE LA TIERRA.**

**Análisis de los Suelos.**

**Propiedades y Características de la tierra.**

**Granulometría y Sedimentometría.**

**Plasticidad.**

**Compactibilidad.**

**Estabilización**

**Adecuación a la construcción.**

#### **4. NORMAS QUE RIGEN LA CONSTRUCCION DE TIERRA.**

**En E.U.A.**

**En México.**

#### **5. ANALISIS DE MAQUINARIA.**

**Tipología**

**Descripción de los productos.**

**Desarrollo técnico de la Maquinaria.**

**Recurso de Energía**

**Energía y Transmisión**

#### **6. PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL BLOCK DE TIERRA.**

**Resistencia a la Compresión.**

**Resistencia a la Flexión.**

**Absorción.**

**Erosión - Durabilidad.**

**Características Termicas.**

**Características Acústicas.**

**Integración del Laboratorio.**

#### **7. DEFINICION DEL PROYECTO.**

**Cráteros de Diseño.**

**Cimentación.**

**Bóvedas, Entreplisos y Domos.**

**Muros, Vanos y Refuerzos.**

**Crecimiento.**

## **8. ANALISIS DEL LUGAR.**

**Localización.**

**Características de la Zona.**

**Análisis del Terreno.**

## **9. ESTUDIO ECONOMICO.**

## **10. PROYECTO EJECUTIVO.**

**Procedimiento Constructivo.**

**Análisis del sitio.**

**Lotificación y Sembrado.**

**Agrupación de 6 viviendas.**

**Mobillario Urbano.**

**Proyecto Agua Potable, drenaje y Alcantarillado.**

**Arquitectónico Prototipo "A".**

**Arquitectónico Prototipo "B".**

**Estructural.**

**Instalación Hidráulica y Sanitaria.**

**Instalación Eléctrica.**

**Carpintería y Herrería.**

**Acabados.**

**CONCLUSIONES.**

# INTRODUCCION.

**El gran crecimiento de población en nuestro país, la situación socio-económica y la concentración de la población en un número reducido de ciudades, ha ocasionado una serie de problemas dentro de los cuales uno de los más graves es la necesidad de vivienda.**

**El déficit habitacional que depende de la explosión demográfica y de la problemática económica, demanda una solución de vivienda menos costosa.**

**Actualmente el país enfrenta un rezago de vivienda de alrededor de 8 millones, entre rehabilitación y construcción de casas nuevas, lo cual sumado al acelerado crecimiento de la población hace prever que en los próximos 12 años deberán construirse 6 millones de casas habitación y rehabilitarse 8 millones más. \***

**Esta situación aunada a la problemática económica que ha encarecido tanto los materiales de construcción como los predios para sus diversos usos, obliga a buscar soluciones que incluyan innovaciones en las técnicas constructivas y en el uso de materiales regionales que abatan costos sin el detrimento de la comodidad y la duración de la vivienda, buscando al mismo tiempo la conservación de las tradiciones locales. Esto implica un necesario ajuste en el diseño urbano, arquitectónico, en la utilización de materiales y los sistemas constructivos.**

**Considerando los problemas de falta de vivienda en las familias de escasos recursos económicos la preocupación de plantear una solución que no solo satisfaga las necesidades de habitar, sino también las económicas, de seguridad, confort y estética será el propósito de esta tesis.**

**\* FUENTE: Plan Nacional de Desarrollo.**

# 1. SITUACION ACTUAL DE LA VIVIENDA DE INTERES SOCIAL.

En México.

Aspectos Sociales y Económicos.

## EN MEXICO.

Partiendo de que de el costo total de una vivienda el 80% corresponde a los materiales y solo el 20% restante a la mano de obra, para bajar los costos la alternativa más viable es la sustitución o eliminación de los materiales más costosos: el acero y concreto, cuáles forman el 50% del total.

Se analizaron posibles sustitutos de estos materiales, resultando después de este estudio que el único material que se encuentra en la mayoría de las regiones y que su uso es factible es " LA TIERRA ".

La utilización de la tierra no solo disminuye el costo de construcción si no también otros costos paralelos como fletes, intermediarios, proveedores etc., ya que se puede utilizar la tierra de la localidad y se trabaja a pie de obra solo se requiere un sencillo análisis de sus componentes y propiedades.

La tecnología actual permite que la tierra pueda mejorarse en sus propiedades y lograr componentes constructivos de un nivel técnico muy bueno tanto en estructura, propiedades térmicas, acústicas, estéticas y económicas. Además de ser un material que se adapta a un sencillo sistema constructivo que analizaremos a continuación.

La política Nacional de vivienda tiene el propósito de orientar los esfuerzos del sector hacia la satisfacción de las necesidades habitacionales, producto del incremento demográfico del país.

De esta manera, busca que la oferta habitacional crezca a ritmo con la necesidad de vivienda para así atender el déficit acumulado.

Para ello es necesario incrementar el monto de la inversión pública en vivienda y reforzar con la institución de fondos, tanto de fomento como un fideicomiso para el financiamiento de la vivienda.

En apoyo a las tareas de descentralización y ampliando la cobertura de los programas de vivienda de interés social, el Fondo para la Vivienda Fovi pretende asignar fuera de las tres áreas metropolitanas más altamente densas, recursos públicos y de vivienda. Uno de estos centros de desarrollo será el Estado de Zacatecas, con la construcción de 1070 viviendas.

Las características climatológicas que presenta el Edo. de Zacatecas, hacen posible el uso de este sistema constructivo.

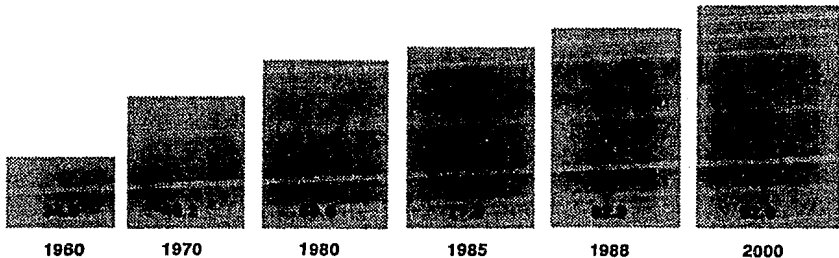
La tierra local es apropiada según un sencillo análisis de campo.

Aunado a esto la gran tradición adobera del Estado garantiza la aceptación del material ya que el 60% de las viviendas están construidas con adobe.

De aquí se desprende un análisis muy general de la situación que nos lleva a plantear una solución tanto a nivel déficit de vivienda como a un considerable abatimiento de costos.

En nuestro país el crecimiento de la población en los últimos años ha aumentado en forma acelerada como se indica en la siguiente gráfica.

## GRAFICA DE CRECIMIENTO DE POBLACION



FUENTE: De 1960 a 1980 Censos generales de Población.

De 1980 a 2000 Proyecciones Conapo.



## DEFICIT DE VIVIENDA TOTAL NACIONAL

AÑO	DEFICIT acumulado	INCREMENTO demográfico	DETERIORO	NECESIDAD de vivienda	OFERTA de vivienda	DEFICIT TOTAL
1980	4435070	298711	308435	5045216	366887	4678316
80-88	4435070	2724241	2775915	9935226	3753340	6184848
89-94	6184887	1682587	1850610	9718094	3166809	6551230
95-99	6551275	1603927	1850610	1005812	4238373	5839422
2000	6038993	283633	308435	6631061	791613	5839422

FUENTE: Secretaría de Vivienda, Dirección General de Política y Coordinación de Programas de Vivienda.

### ASPECTOS SOCIALES Y ECONOMICOS.

En los últimos años el aumento de costo registrado en los materiales y mano de obra han encarecido notablemente el costo de la vivienda, lo que ha ocasionado que los espacios de las casas de interés social se reduzcan o sean muy caros.

Este material " LA TIERRA " con la cual se ha logrado desarrollar una tecnología que permite la fabricación de casi todos los elementos que integran la vivienda, para la construcción de muros, pisos, entrepisos, cubiertas y edificar así la casa de tierra.

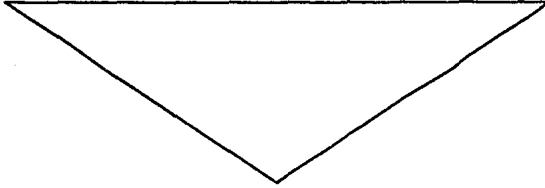
Aunque la construcción de tierra ha beneficiado al hombre desde el principio de nuestra historia, ahora en nuestros días es considerado como símbolo de pobreza en la mayoría de países.

Los materiales modernos se han convertido en símbolos de estatus, principalmente en áreas urbanas. Es importante dar a conocer las técnicas de tierra estabilizada ya que ofrecen opciones adecuadas para satisfacer las necesidades y deseos de la gente a un bajo costo, aunque conseguir esas metas no será fácil.

Los valores arquitectónicos de la tierra estabilizada deberán ser mas ampliamente demostrados tanto al gobierno como a los habitantes.

Solo en E.U. ambas técnicas de construcción con tierra estabilizada y no estabilizada tienen un alto estatus. Fomentar la economía regional, evitar fletes, ocupar la mano de obra local, reducir la importación de materiales, reducir al máximo el concreto y el acero que son los insumos que mas encarecen la construcción, son algunas de las ventajas que presenta este sistema.

# **TIERRA**



**Disponible en todo lugar**

**Fomenta economía regional**

**Mano de obra del lugar**

**Mano de obra no especializada**

**Ahorro de fletes**

**No intermediarios**

**Producto natural**

**No requiere energía para ser producido**

**Historicamente el más usado por el hombre**

**Colector solar**

**Térmico**

**Acústico**

**Económico**

**A prueba de fuego**

**No racionado**

**Resistente**

## 2. ANTECEDENTES HISTORICOS Y PRINCIPALES SISTEMAS CONSTRUCTIVOS A BASE DE TIERRA.

Antecedentes.

El Adobe en México.

En E.U.A.

En Egipto.

En Francia.

Conclusiones.

### ANTECEDENTES.

Desde el comienzo de la existencia primitiva, el hombre ha hecho uso de la tierra de una forma u otra. Sabemos que por lo menos cuatro métodos constructivos de tierra fueron utilizados a través de las eras.

- 1) "Wattle and Daub"
- 2) "Cob"
- 3) "Sun-dried Brick" o Adobe
- 4) "Rammed Earth" o Tapial

1) "Wattle and Daub". Es una técnica elemental usada por el hombre primitivo en su primer intento de resguardarse de los elementos naturales, (aparte de las cuevas).

Construían chozas con ramas y junquillos enterrados en el suelo. para rellenar los huecos entre estos usaban plastas de lodo.

Estas chozas aparecieron aproximadamente en el S. 9 A.C., y representan las primeras moradas permanentes de la historia.

Este método constructivo continua siendo usado por civilizaciones primitivas en ciertas partes del mundo.

2) "Cob". (mazorca) Método constructivo considerado como la primera aplicación de materiales de tierra de importancia.

La tierra es trabajada como barro rígido, mezclado con pasto o vegetales como adhesivo. Esta masa era amontonada en capas gruesas hasta formar una pared, luego era compactada y moldeada toscamente con herramientas primitivas. Capas adicionales se ponían hasta llegar a la altura deseada.

Este método fue utilizado durante siglos A. C. en numerosos países europeos y algunas regiones al norte de África (bordeando el Mediterráneo).

Algunas antiguas estructuras que aun existen al suroeste de E.U. parecen haber sido construidas así.

3) "Sun - Dried Brick o Adobe". Este es posiblemente el material manufacturado mas antiguo, mucha de la arquitectura domestica de las civilizaciones de occidente estaba basada en este método.

La construcción de tierra con bloques de adobe se utilizó al final de la era Neolítica.

Los historiadores indican que la introducción del adobe en viviendas urbanas fue, en la antigua Roma en su fundación 575 A.C., Grecia 560 y 546 A.C. en el Palacio de "Croesus"

4) "Rammed Earth" o Tapial. Esta basado en la técnica de construir muros de tierra húmeda. Es un método muy antiguo y barato.

Los muros de las casas construidas con este sistema están hechos de tierra acumulada, vaciada dentro de unos pesados moldes de madera, hasta formar un muro monolítico continuo.

Un buen muro construido con tapiales, es aquel que fue compactado hasta lograr su máxima densidad. A este punto, después que seca, el muro es suficientemente fuerte.

Este sistema nos proporciona uno de los muros de tierra mas durables que se han hecho, han soportado durante siglos los cambios climatológicos, y es usado en todas partes del mundo bajo los mas extremos rangos de temperatura.

Aun ahora la tierra es el material constructivo básico de por lo menos 50% de la población mundial.

Solo en los últimos 50 años ha habido serios estudios para incrementar la calidad y la utilización del "ADOBE" y además mejorar el medio ambiente y forma de vida de millones de gente que aun vive en este tipo de edificación el día de hoy.

La palabra "ADOBE" por si misma tiene raíces en un jeroglífico Egipcio. Los ladrillos Egipcios eran todos secados por el sol. "ADOBE" posiblemente sea definición para un ladrillo quemado al sol. Especialmente usado en regiones al oeste de Estados Unidos.

En la ultima década se ha desarrollado un gran interés en la estabilización y construcción de la tierra debido al reconocimiento de sus recursos potenciales y energía.

## EL ADOBE EN MEXICO.

En la República Mexicana desde siempre se ha utilizado el adobe como medio para la edificación de vivienda.

En la actualidad se ha abandonado esta practica por falta de energías adecuadas para la producción y diversificación del adobe como elemento constructivo.

Aun así, en el México moderno se construye el 36% del total de las viviendas utilizando alguna de las formas de tierra apisonada, siendo la principal de estas: el adobe.

Aunque las zonas adoberas tradicionalmente se localizan en el norte del país, también a lo largo de la zona centro se encuentran edificaciones realizadas con adobe.

En los climas tropicales, el adobe, no era del todo aceptado, principalmente por la putrefacción de los materiales que se le agregan a la tierra para darle cuerpo, además por el alto grado de absorción de humedad a través de las paredes.

Con los diversos tipos de adobe, lo anterior ya no representa problema alguno, dado que, no se utiliza material susceptible de descomposición y los grados de absorción del adobe moderno compiten contra cualquier otro método constructivo de la actualidad.

La influencia comercial de los nuevos materiales de nuestra época penetra en el campo Mexicano creando un hibridismo, muchas veces estos materiales y los sistemas de construcción que se imponen, no superan los tradicionales que además de satisfacer ampliamente las necesidades de vivienda, constituyen en si un carácter de identidad cultural.

La arquitectura popular mexicana, es la expresión de las experiencias que un pueblo ha acumulado durante siglos en búsqueda de su supervivencia.

"La actitud válida para el arquitecto de la ciudad hacia la vivienda popular ( campesina ) sería la de dejar que hable, que le modele, para conducirlo hacia la búsqueda de su propia naturaleza. Resolver sus problemas tan particulares alcanzando formas de un valor universal."

VLADIMIR KASPE.

"El deber del arquitecto es humanizar la edad de la maquina."

ALVAR AALTO.

La solución sería mejorar los modelos tradicionales aprovechando la tecnología adecuada, dando una mayor estabilidad estructural, higiene e impermeabilización, además de una vivienda agradable tanto física como espacialmente.

Dado que la economía es una influencia determinante, consideremos las ventajas que el sistema constructivo a base de tierra nos ofrece.

En la actualidad existen muchos sistemas constructivos en los que se utiliza la tierra, por lo menos 20 métodos diferentes se conocen. Una de sus principales características ha sido la adaptabilidad.

La tierra es ya un material de gran desarrollo potencial y futuro industrial. Las técnicas constructivas más importantes usadas en nuestros días son:

### a) El Adobe Moldeado a Mano o Mecanicamente.

Esta técnica consiste en moldear sin apisonamiento, bloques o ladrillos con tierra cruda y dejarlos secar naturalmente.

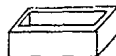
Para hacer los adobes y los aplanados, la arcilla se seca al sol y se disgrega para remojarse durante un día y amasarse al día siguiente con los pies, las manos, o bien con las patas de una bestia.

Luego se le agrega paja, limo, fibras vegetales o crines de caballo que le ayudan a tener mayor resistencia a la tensión y a disminuir la contracción durante el secado.

La proporción de estos generalmente es:

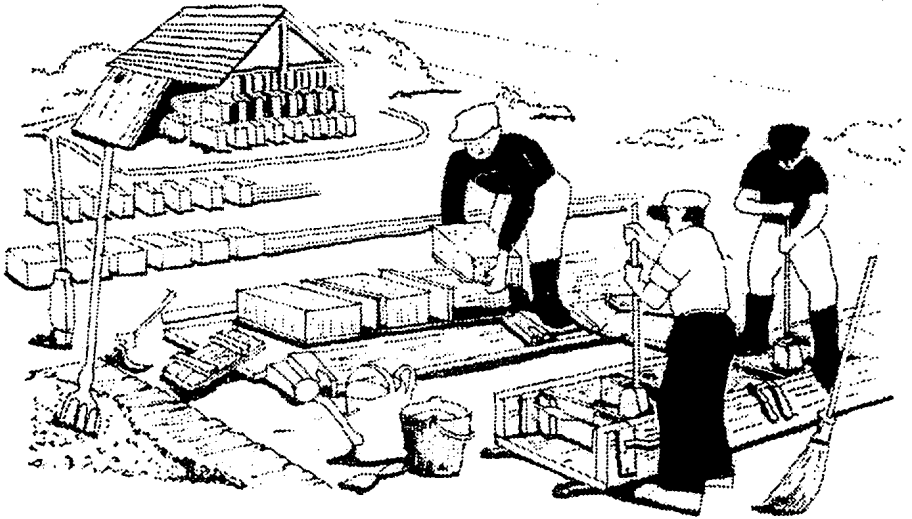
- arcilla.....20-50%
- arenas.....30-70%
- limo.....10-30%
- agregados orgánicos.....05%

MOLDE  
PARA HACER  
ADOBES



En el preparado de arcilla para adobes, se usan arenas volcánicas o sea puzolanas, que los hacen más duros y resistentes a la tensión. Preparado el barro se llenan unas gaveras o moldes de madera de diversas medidas y se presiona con las manos en las esquinas para evitar intersticios; se enrasa con una tabla para darle la misma altura y se depositan sobre un piso seco regado con arena fina, hasta que endurezcan. Para su secado completo los adobes se colocan de canto. Todo el proceso de secado tarda alrededor de 2 a 3 semanas al cabo de las cuales resisten una compresión de 10 a 15 kg/cm<sup>2</sup>.

Los adobes en los muros se unen generalmente con un mortero hecho de arcillas que se endurece lentamente y se prepara de manera semejante a los adobes.



Para evitar la erosión del muro se procura proteger las aristas mediante el tratamiento de la junta, la mas común es rajueleada con tezontle.

La producción tradicional del adobe se hacía manualmente. Actualmente, la mayor parte de los productores de EE.UU. utilizan medios mecánicos que van desde la pala cargadora, la cual a través de una tolva desplazable alimenta moldes de 20 casilleros, hasta la fábrica organizada con estación de preparación fija y productora móvil motorizada, elaborando simultáneamente miles de ladrillos de adobe cada día, con solo 5 hombres para la organización de la producción.

## b) Bloques Comprimidos.

Para producir bloques comprimidos, se introduce tierra ligeramente húmeda en una prensa teniendo un molde de dimensiones reducidas.

Por un sistema de palancas o pistones hidráulicos, se aplica una fuerza importante sobre la tierra que esta comprimida y cuyo volumen disminuye mas o menos a la mitad. Después del vaciado se obtiene un bloque denso de un buen acabado, de aspecto similar al tabique cocido, ofreciendo las mismas ventajas de flexibilidad a la puesta en obra.

Aunque la aparición de bloques de tierra comprimidos en el mercado es reciente, han sido objeto de grandes investigaciones y es aquí donde mas progresos técnicos han sido registrados. Con la ayuda de equipos periféricos como mezcladoras, pulverizadores, cernedores etc. el empleo de estas maquinas incrementa considerablemente el ahorro energético y la calidad, ya que en los mejores

casos los bloques de tierra estabilizada con cemento consumen de 35 a 60% menos energía que los ladrillos cocidos. La viabilidad de estos sistemas y la ventaja económica real continua siendo objeto de diversas búsquedas.

En relación a la presión ejercida sobre el material en la fase de moldeado, numerosas experiencias, llevadas a cabo por diversos centros de investigación y de laboratorios han demostrado claramente que una presión de 20 kg/cm<sup>2</sup> es de calidad aceptable, y los ladrillos o bloques compactados a una presión de 40 kg/cm<sup>2</sup>, son totalmente satisfactorios.

### c) Muros Colados en Sitio o Tapiales.

Consiste en colocar la tierra preparada para este efecto, entre cimbras de madera, por capas, al espesor ordinario de los muros, apisonando esta con un instrumento pesado dentro de las cimbras. De esta forma se logra que la mezcla tome consistencia y forme una masa homogénea que puede ser levantada a diversas alturas.

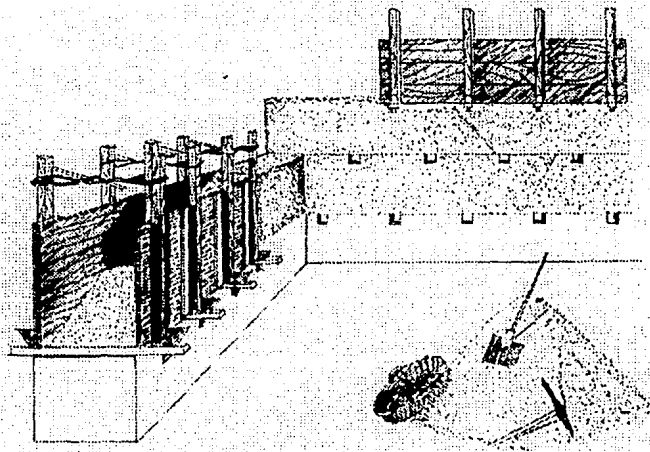
Cuando los tapiales están bien hechos, forman una sola pieza, y cuando son revestidos al exterior con un aplanado de buena calidad pueden durar siglos.



CIMBRA LONGITUDINAL



TAPIAL LATERALES





#### d) Bloques Extruídos.

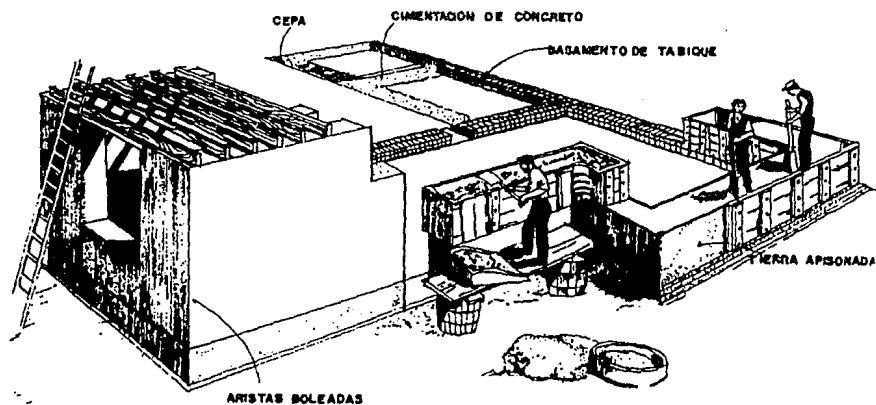
Para fabricar bloques extruídos se requiere las instalaciones de producción de una fabrica moderna de tabiques, con excepción del horno y de los cuartos de secado artificial.

La tierra se revuelve con cemento (15 a 30%) para formar una pasta de base, a la cual se le agregan aditivos plastificantes tales como la melaza. Después, esta pasta es estrada y extraldrada por un molde para transformarla en ladrillos huecos. Mediante este proceso, se pueden obtener todas las formas clásicas de ladrillos cocidos.

Un bloque estabilizado es aquel que en su mezcla le fue agregado alguna substancia para evitar la absorción de agua.

El uso de estabilizadores en las construcciones de tierra, en los pasados 50 años ha demostrado que el adobe puede ser igual o mejor que las construcciones de madera, ladrillo o concreto, respecto a su durabilidad, encanto arquitectónico y la calidad de vida y medio ambiente que proporciona, aunque en muchos casos solo provee su significado económico.

Una amplia variedad de estabilizadores han sido utilizados para la construcción de tierra. Estos incluyen lima, cemento portland, cementos naturales, latex, resinas, una variedad de productos naturales, y productos del asfalto. Estos últimos presentan ventajas desde el punto de vista costo, disponibilidad y hechura.



La mayoría de métodos de estabilización son relativamente simples y pueden ser adaptados a todos los niveles culturales.

Maestros y supervisores pueden ser fácilmente enseñados en las técnicas básicas.

El equipo necesario es simple y puede ser mecanizado para proyectos mas grandes.

La estabilización es generalmente mas económica que otros materiales, tales como bloques de concreto y madera.

En el mundo de la tecnología de la tierra, existen lugares específicos donde se han desarrollado construcciones a base de tierra desde hace muchos años, debido a la cultura, a las características del lugar y a la misma necesidad.

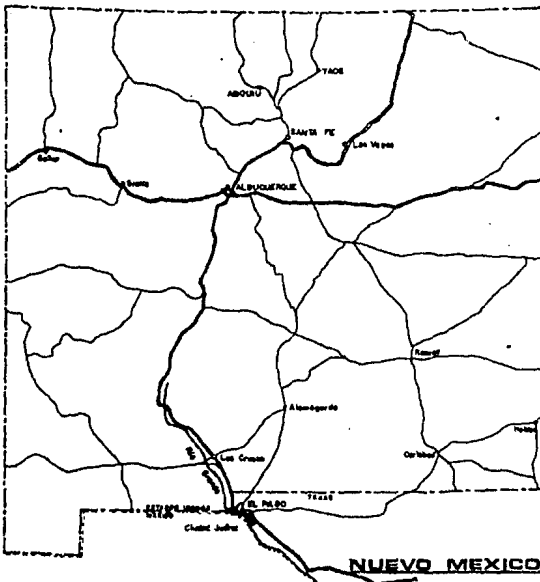
Los lugares que mas sobresalen en el mundo por este tipo de trabajo son: el estado de Nuevo México en Estados Unidos, Egipto y Francia (en donde se han hecho muchísimos estudios).

## EN E.U.A.

### Nuevo México.

En Estados Unidos el 75% del costo total de la vivienda se adjudica a la mano de obra y solo el 25% a los materiales, lo que es totalmente inverso en nuestro país.

Nuevo México siendo un estado muy pobre con un clima extremo, de mano de obra muy barata y escasez de materiales como el acero y el concreto, han utilizado la tierra como principal material constructivo.

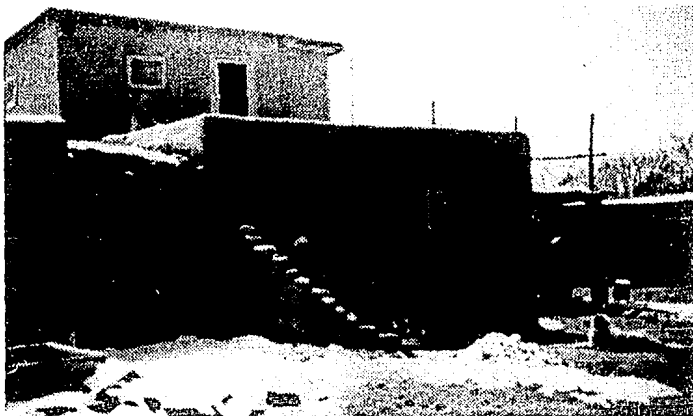


Taos, por ejemplo, que esta a unas 200 millas de Albuquerque la capital, es un pueblito en un lugar de muy poca vegetación, de una enorme pobreza y un clima sumamente extremo. Tiene aproximadamente 750 años de antigüedad, fue descubierta en 1540 por los españoles, las construcciones son totalmente de tierra, teniendo algunas hasta 5 pisos.

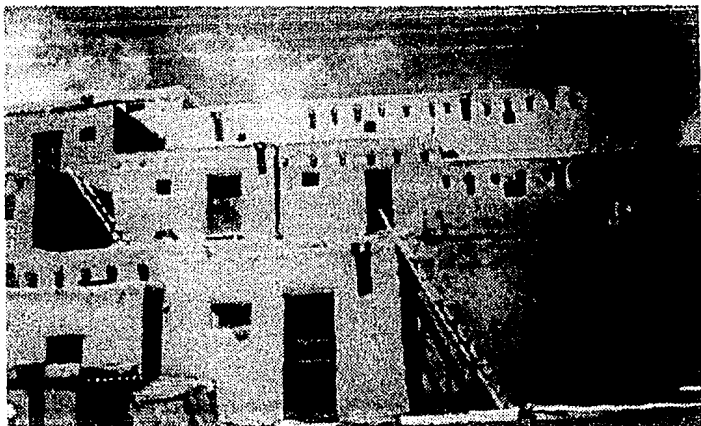
Toda la construcción es de adobe, tanto en muros como techumbres y pisos. En este caso los techos están estructurados con morillos, manejando un entablado sobre el cual colocan una capa de tierra y sobre esta una costra de tierra con cal que utilizan para impermeabilizar.

Resuelven los problemas de humedad y filtraciones de agua en sus techos planos, por medio de gárgolas que desalojan el agua que pudiera acumularse al derretirse la nieve.

Toda su manguetería es de madera pintada en colores vivos que contrasta con la tierra.



Los muros son de tierra natural de un espesor de 40 cm. recubriéndolos con un aplanado hecho a base de tierra molida con cal, aplicado con la mano, boleando las aristas para evitar que se despostille.



La construcción de las bóvedas se inicia a partir del muro piñón, inclinando las piezas con el mínimo ángulo que les permita ser autosoportables.

Se coloca una tabla de muro a muro, con objeto de evitar cimbras y que el trabajador coloque directamente las piezas de adobe lo cual simplifica el trabajo.

En cuanto a las juntas estas son de mortero de tierra pero con pedacería de piedras con el objeto que el comportamiento del mortero tenga mayor resistencia ya que el empuje es de tal magnitud que comprime el mortero de tierra tradicional produciendo colapso en las bóvedas.

Las bóvedas se aplanan en la superficie expuesta a la intemperie con una mezcla de tierra con cal, en varias capas para así darle resistencia a la humedad y al intemperismo.

Se manejan varias capas dejando la primera capa secar totalmente para que se agriete y así la siguiente llene las fisuras y así consiguientemente.

Los muros se aplanan con la misma mezcla utilizada para las bóvedas. Los vanos para puertas y ventanas, igualmente se manejan con el uso de arcos, la mayoría de los cuales son ojivales. La cimentación se construye de piedra para proteger el adobe en las hiladas inferiores.

En resumen toda la construcción se maneja con el mismo material: LA TIERRA



Las construcciones de adobe aíslan notoriamente el calor exterior provocando una temperatura agradable que permite a sus moradores vivir en confort. Se manejan aplanados con cal y tierra formando una costra delgada que protege al muro. Dichos muros se manejan con colores alegres predominando el verde turquesa que extraordinariamente coincide con el usado por los mexicanos.

En el interior se manejan muebles integrados a la misma construcción y del mismo material (camas, sillones, mesas, y nichos de adobe).

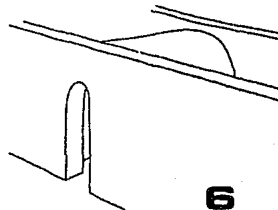
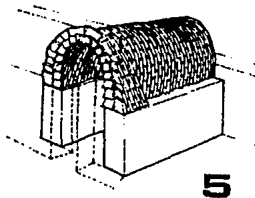
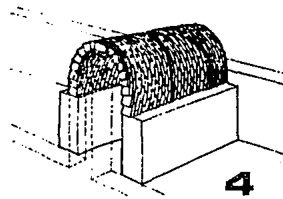
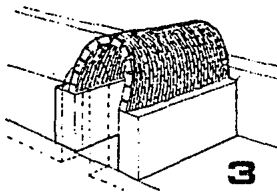
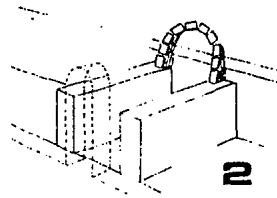
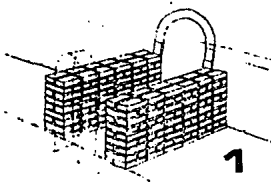
Arquitectos egipcios de nuestra época, interesados en la construcción de tierra fueron muy pocos sobresaliendo los arquitectos Hassan Fathy y Ramses Wissa Wassef. Dedicándose el primero a la arquitectura social y el segundo a una arquitectura de mayor contenido estético.



La Nueva Gurnia proyecto a gran escala de Hassan Fathy, es un conjunto habitacional y su equipamiento muy agradable en el cual predomina la curvatura de las bóvedas y las cúpulas, integrándose el color en pisos, muros y cubiertas. Destacando pequeños detalles de color en puertas, ventanas y algunos muros aislados logrados por los mismos habitantes. Los muros tienen un espesor no menor de 40 cms.

La cimentación es de piedra, material que sobresale hasta 40 cms. arriba del piso para efectos de protección contra el agua. En general son viviendas de 2 niveles en las cuales no existen cerramientos en puertas ni ventanas ya que la madera es un material tan caro como escaso.

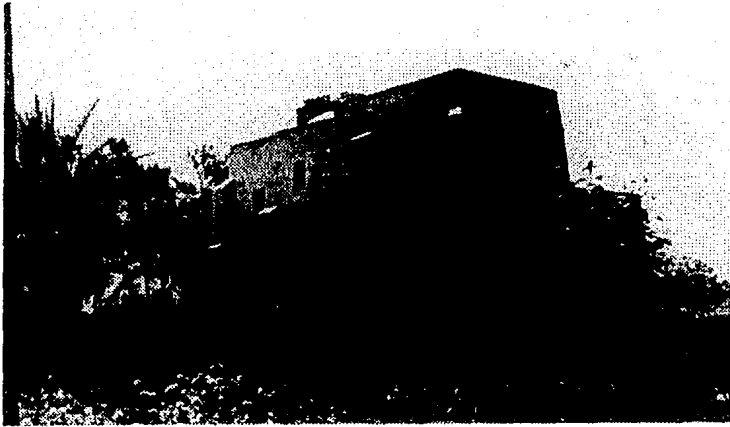
En este conjunto se puede apreciar una armonía y organización entre los diversos espacios y elementos que lo conforman. En este proyecto-ciudad se pueden apreciar todos los sistemas constructivos en tecnología de tierra y una gran riqueza de formas, diferentes tipos de bóvedas y celosías en ventanas. La mayoría de estas construcciones basan su diseño en la técnica heredada de los Nubios.



El arco y la bóveda ojival tienen una gran importancia dentro de la arquitectura egipcia, la forma curva representa una solución técnica al material ya que se busca eliminar aristas que pudieran provocar un desmoronamiento.

La bóveda de cañon corrido dado a su gran sencillez de construcción es importante en este estudio ya que su uso será de gran relevancia. Las cúpulas representan lo opuesto ya que su construcción es compleja, además de generar enormes rellenos para poder desaguar las azoteas, lo cual implica que el espesor de esta estructura sea exageradamente peraltado.

El arquitecto Ramses Wissa Wassef antecesor del arquitecto Hassan Fathy inicia la construcción de tierra con un conjunto de casas, una escuela de hilados y unos salones de exhibición en el condado de Harania en la ciudad del Cairo, a escasos 800 metros de las pirámides de Giza.



Logro en este conjunto una obra de gran calidad arquitectónica en la cual demuestra la versatilidad del material constructivo "tierra" al lograr todo tipo de formas posibles.

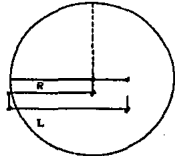
Lo mas representativo de su obra es el extraordinario uso de la luz natural, ya que juega con ella logrando espacios de grandes contrastes de claro-oscuro y el esmerado análisis de los detalles en celosías, remates de muros, ventanas y puertas.

Las fachadas también tienen una enorme riqueza pues existe una seria búsqueda de equilibrio entre las masas. Juega con el dimensionamiento de los vanos, manejando todo tipo de formas y mezclandolo con celosías, predominando siempre los macizos.

El arquitecto Wissa retoma los conceptos de la arquitectura antigua egipcia para aplicarlos con un nuevo enfoque en su arquitectura de gran sutileza y misticismo.

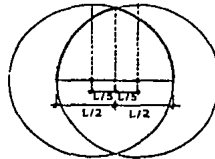
Las azoteas representan la quinta fachada, existiendo una gran preocupación en su tratamiento. La escala humana juega un papel primordial en su arquitectura ya que reduce espacios en altura y ancho con el propósito de lograr un claro contraste.

### TRAZO DE LA BOVEDA EGIPCIA

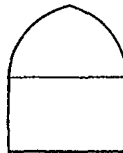


L= largo del claro a cubrir

R=  $L/2 + L/5$  = radio de circunferencia



El punto máximo de la bóveda está en la intersección de las 2 circunferencias.



La altura de la bóveda se da proporcionalmente al claro que se quiere librar.

Las perspectivas logradas por la repetición de arcos logran espacios de gran belleza. A diferencia de la arquitectura de Hassan Fathy el arquitecto Wissa utiliza pequeñas penetraciones de luz en bóvedas y cúpulas, logrando una iluminación sutil que enmarca espacios o detalles relevantes.

## EN FRANCIA.

Numerosos ejemplos de edificios en tierra, que representan un 15% del patrimonio rural francés, prueban que la tierra fue sobre varios sistemas constructivos, un material de construcción utilizado en Francia hasta el siglo XX. En los campos, esta practica se prolonga a veces hasta la segunda guerra mundial.

En el periodo siguiente a la segunda guerra mundial, la carencia de materiales de construcción convencionales conduce a algunos arquitectos e ingenieros a concebir proyectos de edificios de tierra estabilizada.

La creación y el reconocimiento oficial del grupo franco-belga CRATerre en 1979 va a romper con el muro de indiferencia. Los objetivos de este grupo son:

- desarrollar las Investigaciones y las aplicaciones en la vivienda económica.
- profundizar los conocimientos sobre la tierra.
- desarrollar una formación especializada técnica y practica.

Su estrategia se ha compuesto de cuatro tipos de acciones: formación, investigación, información y acciones operacionales sobre el terreno.



Con los años 80 nace en Francia un nuevo interés para la tierra. La crisis económica y energética ha ampliado la investigación de soluciones mas modestas, mas realistas y mas económicas también en el proceso de construcción; la investigación de soluciones mejor ancladas en las realidades culturales regionales, bien centradas sobre las potencialidades de las pequeñas y medianas empresas y otros conceptos mas recientes en Francia, relativos a la descentralización, actúan en favor de una rehabilitación de materiales locales y de un desarrollo de modelos menos universales, menos agresivos y preocupados por evitar todas las formas de despilfarro. Por fin cada vez mas se desarrolla una aspiración a un medio mas humano. El hormigón y los materiales plásticos son el símbolo de una arquitectura sin alma.

Las realizaciones de viviendas económicas aparecen como una demostración de fidelidad y va al encuentro de una demanda que se expresa cada vez mas, especialmente en los países sub-desarrollados. Así el designio de una cooperación cultural y técnica entre Europa y el tercer mundo sera el objetivo del futuro " Instituto Internacional de la Construcción en Tierra".





## CONCLUSIONES.

Desde hace miles de años, el adobe ha sido un material de construcción común e idóneo en ciertas regiones climáticas del planeta. Aun actualmente, es común encontrar construcciones de adobe en múltiples lugares, especialmente aquellos cuyo clima es templado, semi-frío, o extremo, tanto en invierno como en verano. Su uso en estos climas ha sido un ejemplo de adecuación de la vivienda al entorno, aprovechando materiales de construcción cuyas propiedades térmicas permiten a la vivienda autoregular el clima interior respecto a las variaciones diarias y estacionales de los elementos meteorológicos.

El adobe es un material que por sus características termofísicas, resulta idóneo como elemento regulador de las temperaturas interiores de espacios habitables en climas semi-fríos, templados, de altitud y extremos en invierno y verano.

La tierra como material constructivo ha sido utilizado desde siempre en todas partes del mundo y por todos los pueblos. Actualmente, alrededor de un 30 a 50% de la población mundial, vive en construcciones de tierra.

Es considerado el material de construcción más ampliamente utilizado en el mundo. En los países en vías de desarrollo, el 80% de la población rural utiliza la tierra; en los países industrializados en el área urbana el 20% de la población utiliza la tierra.

Sin embargo, a pesar de que la tierra es el material de construcción más usado, es uno de los menos conocidos entre los constructores e ignorado por las dependencias gubernamentales encargadas del desarrollo de vivienda, educación, recreación, etc. En los últimos 30 años se ha observado un gran progreso en la utilización de nuevas tecnologías para la producción de materiales constructivos a base de tierra.

También ahora es más ampliamente reconocido que el "adobe estabilizado" puede ser el único camino práctico que nos conduzca a un puente entre los materiales constructivos primitivos y modernos para las crecientes poblaciones en los países en desarrollo.

# 3. ESTUDIO DE LA TECNOLOGIA DE LA TIERRA.

Análisis de los Suelos.

Propiedades y Características de la tierra.

Granulometría y Sedimentometría.

Plasticidad.

Compactibilidad.

Estabilización

Adecuación a la construcción.

## ANALISIS DE LOS SUELOS.

Para utilizar la TIERRA como material de construcción es necesario, antes que nada, hacer un estudio sistemático donde se debe analizar profundamente el material, sus propiedades fundamentales, su resistencia a la compresión en estado seco, su contracción por secado a partir de su fabricación y su resistencia a la erosión por la lluvia, que se relaciona con su facultad de absorción de agua.

## PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE LA TIERRA.

La parte superficial de la corteza terrestre se compone esencialmente de una acumulación heterogénea de granos minerales, que provienen de la alteración mecánica y química de las rocas bajo la acción de fenómenos climáticos y organismos vivientes. Sin embargo de la roca madre a la tierra superficial, rica en materia orgánica se pueden distinguir diferentes capas. Habitualmente se divide el suelo en tres horizontes: *Horizonte A*: suelo superficial de material desintegrado *Horizonte B*: bajo suelo. *Horizonte C*: roca madre (zona de material primario).

Las tierras de los horizontes A y B serán las que se utilicen para la fabricación de bloques de tierra sin cocer. Sin embargo no todas las tierras que se encuentra en estos horizontes son por sí solas adecuadas para construir, pues debido a sus componentes cada tierra tiene diferente comportamiento.

## a.) Componentes.

Si ponemos aparte la materia orgánica que afecta las propiedades de los suelos y los hace impropios para la construcción, los suelos se componen de mezcla en proporciones variables de 4 clases de elementos: las gravas, las arenas, los limos y las arcillas. El comportamiento de cada uno es específico y cuando están sometidos a variaciones de humedad, los tres primeros son estables, en tanto que el último es inestable. Esta noción de estabilidad, es decir aptitud a soportar las alteraciones de humedad y sequedad sin variaciones de propiedad, es fundamental para un material de construcción.

### 1. Gravav.

Las gravas están constituidas de fragmentos de rocas más o menos duras cuyo tamaño se sitúa entre 5 y 100 mm. aproximadamente. Son un constituyente estable del suelo.

Sus propiedades mecánicas no sufren ninguna modificación sensible en presencia del agua.

### 2. Arenas.

Se componen de granos minerales cuyo tamaño varía de 0.08 a 5 mm. Constituyentes estables del suelo, no poseen cohesión cuando están secos, pero poseen una fricción interna fuerte, es decir una gran resistencia mecánica al frotamiento de los desplazamientos relativos de las partículas que los componen.

Ligeramente húmedas, poseen una cohesión aparente, debido a la tensión superficial del agua ocupando los vacíos entre los granos.

### 3. Limos.

Son granos cuyos tamaños están entre 0.002 y 0.08 mm. Secos, no poseen cohesión, y tienen una resistencia al frotamiento más débil que la de las arenas. Húmedas muestran una buena cohesión y pueden, cuando su humedad varía, sufrir variaciones sensibles de volumen, contracción y abufamiento.

### 4. Arcillas.

Constituyen generalmente la fracción más fina de los suelos (menos de 0.002 mm.). Pero la distinción de tamaño entre limos y arcilla no es sistemática. Poseen características muy distintas de los otros componentes del suelo. Son minerales microscópicos en forma de pliegos.

Las partículas de arcilla son recubiertas por una película de agua y la pequeñez de los granos hace que su peso sea débil con relación a las fuerzas debidas a las tensiones superficiales al nivel de la película. Las fuerzas de volumen son débiles ante las fuerzas de superficie. La película de agua absorbida forma puentes entre las partículas que dan a la arcilla su cohesión y la esencia de su resistencia mecánica. La arcilla actúa como un aglutinante entre los elementos más gruesos que constituyen el esqueleto del suelo.

Sin embargo al contrario de las arenas y gravas, las arcillas son inestables, es decir son sensibles a las variaciones de humedad.

Cuando la proporción de agua aumenta, las películas de esta se espesan y el volumen total aparente de la arcilla aumenta. (las arcillas pierden su cohesión cuando la proporción de agua supera al límite líquido). Por el contrario, al secarse, sufren una contracción y pueden aparecer fisuras. Estas fisuras permitirán al agua infiltrarse en el momento de un nuevo aumento de la humedad. Así el "Inflamiento-contracción" o variaciones del volumen con la proporción de agua, constituye un peligro para los suelos arcillosos. No se debe olvidar que la tierra es también una mezcla trifásica de granos sólidos, aire y agua. Este último constituyente va a actuar sobre sus estados de consistencia.

## **b.) Clasificación.**

El proceso metodológico para la identificación y clasificación de suelos, editado por la Secretaría de Recursos Hidráulicos "El sistema Unificado de Clasificación de Suelos" (SUCS) del Ingeniero Casagrande. Se basa en el reconocimiento del tipo y predominio de los componentes, considerando, graduación y características de los granos por medio de pruebas y ensayos muy simples, los cuales se pueden realizar tanto en el laboratorio como en el campo, los cuales están descritos a continuación.

A pesar de que la mayor parte de las clasificaciones del suelo se harán a simple vista y por medio de las pruebas manuales, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos ha tomado en cuenta la manera de clasificar con precisión a un suelo por medio de pruebas de laboratorio, que consisten en análisis mecánicos y determinación de los límites de Atterberg. Dentro del rango de tamaños del sistema hay dos grandes dimensiones:

- 1) **Los granos gruesos**, que son los retenidos en la malla No. 200 (0.074 mm.), y se dividen en:
  - Grava (G) de 76.2 mm (partículas mayores se excluyen) al tamaño de la malla No. 4 (4.69 mm.).
  - Grava gruesa de 76.2 mm a 19.1 mm.
  - Grava fina de 19.1 mm. al tamaño de la malla No.4 (4.69mm)
  - Arena (A) de la malla No. 4 a malla No. 10 (1.651 mm.).
  - Arena media, malla No. 10 a malla No. 40 (0.420 mm.).
  - Arena fina, malla No. 40 a malla No. 200.(0.074 mm.).

Para la clasificación visual se puede tomar 6.4 mm. como tamaño equivalente a la malla No. 4 (4.69 mm.) y la malla No. 200 (0.074 mm.) es el tamaño más pequeño de partículas que pueden distinguirse individualmente a simple vista.

- 2) **Los granos finos**, que son menores que la malla No. 200 (0.074 mm.): Limo (L) y arcilla (B).
- 3) **La materia orgánica**, sin ningún tamaño de grano específico, tiene por símbolo (O).

En el campo, la identificación de los suelos se lleva a cabo por medio de inspección visual para los granos gruesos y por medio de pruebas manuales sencillas para los granos finos. Una muestra representativa del suelo (excluyendo las partículas mayores de 76.2 mm.) se clasifica inicialmente como suelo grueso o suelo fino, estimando si el 50 % en peso de las partículas pueden o no verse individualmente a simple vista (granos gruesos). Los suelos que contienen más del 50 % de partículas gruesas son suelos gruesos y viceversa.

El suelo predominantemente grueso se indentifica como grava, esto es cuando el 50% ó más de sus granos son mayores que la malla No. 4 (4.69 mm.), o arena, si son menores a los que pueden pasar por la misma malla.

Si el suelo es una grava debe a continuación identificarse como limpia; ésto es si contiene pocos finos o ninguno; o sucia, si contiene apreciable cantidad de finos.

Para las gravas "limpias", la clasificación final se hace estimando su graduación. Las gravas bien graduadas, pertenecen al grupo (Gb); las gravas con deficiencias en algunos tamaños de granos pertenecen al grupo (Gm).

Las gravas "sucias" son de dos tipos: aquellas con finos no plásticos (limosas: GI), y aquellas con finos plásticos (arcillosas: GB).

Si el suelo es una arena, los mismos pasos y criterios que se usaron en las gravas se repiten de modo de llegar a determinar si el suelo es una arena limpia bien graduada (Ab), arena limpia mal graduada (Am), arena con granos finos limosos (Al), o arena con granos finos arcillosos (Ab).

Si un material es predominantemente fino (más del 50% en peso), se clasifica en uno de los seis grupos (Lp, Bp, Op, Lo, Bo, Oc), estimando su deformabilidad (reacción al agitado), resistencia en seco (características de quebramiento), y su tenacidad (consistencia cerca del límite plástico), e identificandolo como orgánico ó inorgánico.

Los suelos que son típicos de los diversos grupos, se clasifican inmediatamente por los procedimientos señalados.

Sin embargo, muchos suelos en su estado natural tendrán características propias de dos grupos, debido a que están cerca de la frontera de los dos grupos de que se trate, en porcentaje de los varios tamaños ó en características de plasticidad.

Para este considerable número de suelos, se usan clasificaciones de frontera, esto es; los dos grupos que describen de la mejor manera al suelo, se indican separados por un guión, como sigue (Gb-GB).

La clasificación correcta de un suelo cercano a la línea de frontera entre los suelos gruesos y los suelos finos, se hace clasificando primeramente al suelo como si se tratara de un suelo grueso y después como un suelo fino. Así clasificaciones tales como AL-LP y AB-Bp, son comunes.

Dentro de la división de los suelos finos, las clasificaciones de frontera pueden ocurrir tanto en los suelos de alto o bajo límite líquido como entre materiales limosos o arcillosos en el mismo rango de límites líquidos. Por ejemplo, podemos tener suelos: Lp-Lc, Bp-Bc, Op-Oc; y - Lp-Bp, Lp-Op, Bp-Op, Lo-Bc, Lc-Oc.



## c.) Ensayos del terreno para reconocer un suelo.

Se han determinado una serie de pruebas y ensayos sensoriales que permiten conocer el tipo de suelo. Proveen en efecto informaciones cualitativas y permiten una clasificación bastante fina de los suelos y luego una apreciación directa de sus posibilidades de utilización.

- 1) Prueba del olor.
- 2) Prueba de la mordedura.
- 3) Prueba visual de texturas.
- 4) Prueba del tacto.
- 5) Prueba del lavado de manos.
- 6) Prueba del color.
- 7) Prueba del brillo.
- 8) Pruebas sobre los finos.
- 9) Prueba de identificación rápida de las arcillas.

### 1. Prueba del olor.

Tiene por objeto identificar por el olor de la tierra, el contenido de materia orgánica ó no. Para hacer ésta prueba debe extraerse una pequeña muestra de tierra y humedecerse, al despide un olor a moho, se trata de un suelo con materia orgánica. Esta prueba se puede comprobar calentando el material, puesto que el olor se amplifica.

### 2. Prueba de la mordedura.

A través de ella se determina el componente predominante de un suelo, ya sea arena, arcilla ó, limo por medio del rechinado del material entre los dientes. Se toma un poco de material y se aplasta ligeramente entre los dientes para determinar las siguientes clasificaciones:

- Suelo arcilloso: Cuando al morder el material este no rechina, es decir, la sensación es lisa o harinosa. Se comprueba haciendo una pastilla de tierra dejandola secar para luego tocarla con la lengua, si al aplicarle la lengua, la pastilla se agarra o pega fuertemente quiere decir que es un suelo arcilloso.

- Suelo limoso: Si al morder el material este rechina ligeramente pero no es desagradable.

- Suelo arenoso: Mientras al morder el material este rechina desagradablemente.

### 3. Prueba visual de texturas.

Se trata de identificar a simple vista la proporción de grupos de partículas en el suelo.

- **Gravas:** El suelo presenta en su mayoría una composición muy gruesa de partículas.
- **Arenas:** La composición del suelo es gruesa y sus partículas menores se pueden distinguir a simple vista. (arenas de 0.08 mm.).
- **Limos y Arcillas:** Cuando la composición granulométrica es fina o muy fina y las partículas no pueden apreclarse a simple vista.

### 4. Prueba del tacto.

Para hacer esta prueba se toma una muestra del material cuidando que no tenga partículas mayores de 6mm (1/4"), acto seguido se debe amasar o pulverizar la muestra con los dedos en la palma de la mano para detectar por su rugosidad el contenido de partículas.

- **Suelo arenoso:** Si se tiene una sensación rugosa o rasposa.
- **Suelo limoso:** Al tener una sensación de rugosidad menos acentuada que en el anterior y si la tierra húmeda tiene una plasticidad media.
- **Suelo Arcilloso:** Cuando la tierra seca contiene terrones o granos voluminosos y ofrece una fuerte resistencia al aplastamiento, o si cuando esta húmeda es plástica y se pega a los dedos.

### 5. Prueba del lavado de manos.

Con esta prueba se determina el contenido de limos, arcillas o arenas en un suelo una vez que se ha tratado la tierra en estado húmedo mediante el lavado de manos. Esta se hará frotándose las manos bajo el chorro del agua, sin el uso del jabón.

- **Suelo arcilloso.** Al lavarse las manos, se siente una sensación jabonosa y presenta dificultad a una rápida limpieza.
- **Suelo Limoso.** Cuando las manos se sienten polvosas después de manejar el material y al lavarse las manos se enjuagan fácilmente.
- **Suelo Arenoso:** Si quedan en las manos residuos aislados de partículas visibies a simple vista y al lavado de manos se enjuaga con facilidad.

### 6. Prueba del color.

Las tierras varían de color dependiendo la cantidad de agua que contengan, por lo que se debe hacer la prueba con tierra completamente seca. Los colores que podemos encontrar son los siguientes:

- **Castaño oscuro, a verde olivo o negro:** Pueden ser suelos orgánicos.



- Blanco, blanco grisáceo, azul marino, café o negrozco: quiere decir que tienen señales de materias orgánicas.

- Las tierras de color blanco y gris es probable que contengan cal o yeso, situación que las hace fácilmente erosionables.

- Gris claro: Contiene limos y/o carbonatos de calcio, por lo que su cohesión no es buena y se erosionan con facilidad.

- Amarillo y ocre: Contienen hidratos de carbonato.

- De rojo a castaño oscuro, contienen óxido de hierro.

- Los suelos de colores claros y brillantes, tienen como característica común que son suelos inorgánicos.

#### *7. Prueba del brillo.*

Para esta prueba se toma un poco de material y se le deben deshacer los grumos que contenga con trozo de madera. Una vez que se ha preparado el material, se le agrega agua para amasarlo hasta formar una esfera de unos 8 cms. aproximadamente de diámetro, y lo suficientemente compacta para que no se desmorone; se corta la esfera por la mitad ayudados con una espátula y se observan las superficies de corte para determinar las características predominantes del suelo en función del brillo de las partículas.

Esta prueba confirma las deducciones obtenidas de los ensayos sensoriales del tacto, del olor, y de la mordedura en cuanto a que un suelo sea arcilloso, limoso, ó arenoso mediante el brillo de las partículas del material en su límite líquido.

- Suelo Arcilloso: Cuando la superficie cortada es brillante.

- Suelo Limoso: Si la superficie de la muesca es poco brillante.

- Suelo Arenoso: La superficie cortada es opaca.

Para verificar estos resultados se revisa la espátula al momento del corte, si hay que hacer fuerza para encajar la espátula y al retirarla se adhiere la tierra, quiere decir que el suelo es muy arcilloso; en caso que la espátula se introduzca en el material sin gran dificultad, y al momento de retirarla, la tierra se adhiere a la espátula, se trata de un suelo poco arcilloso; cuando la espátula se introduzca y se retire sin dificultad, aún cuando salga sucia, se trata de un suelo arenoso.

#### d.) Pruebas sobre los componentes finos.

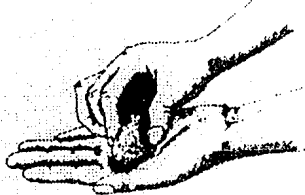
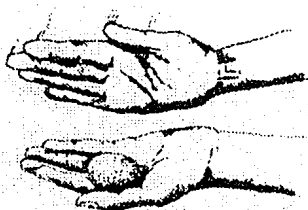
Las pruebas siguientes, son realizadas sobre los componentes finos de los suelos, para ésto deben previamente ser aislados por tamizaje o decantación.

Para la decantación, se rellena un frasco cilíndrico de una capacidad de un medio litro o más con 1/4 de tierra y 3/4 de agua, se cierra el frasco y se agita fuertemente. Después se deja descansar 30 segundos. Con un tubo de goma se saca inmediatamente el agua y los materiales que ésta contenga en suspensión. Se deja decantar en un recipiente liso hasta que el agua sea clara, se vacía el agua y el exceso de ésta se elimina por evaporación.



#### a. Prueba de sacudidas.

Se toma una porción de la muestra decantada, que se amasa en una bola de 2 o 3 centímetros de diámetro. La bola tiene que ser lo suficientemente blanda para que no se pegue a los dedos, se aplasta ligeramente en la palma de la mano horizontalmente y del corte de esta mano, se golpea algunas veces vigorosamente sobre la otra mano. Las sacudidas hacen salir el agua a la superficie de la muestra, después se aprieta la tierra entre el pulgar y el índice y se observan las modificaciones de aspecto de la bola.



- **Reacción rápida:** Basta con 5 o 10 minutos para hacer venir el agua a la superficie. Apretando la muestra, se hace desaparecer el agua y la superficie se torna mate.

Si se aprieta más fuerte, y la muestra se desmorona, entonces se trata de una arena muy fina o de un limo grueso, sin materia orgánica. La presencia de una débil proporción de agua suprime esta reacción.

- **Reacción lenta:** Entre 20 y 30 golpes son necesarios para que el agua aparezca a la superficie, después, cuando se prensa la muestra, no se agrieta ni se desmorona, pero se aplasta como una bola de masique, indica un limo ligeramente plástico o una arcilla limosa.

- **Reacción muy lenta o inexistente:** El suelo es más arcilloso y la reacción es más lenta cuando se aprieta la muestra, y su superficie queda brillante.

*b. Prueba del cordón.*

Esta agrega precisiones suplementarias a la prueba de sacudidas. Para realizarla, se toma una muestra de tierra con bastante agua para que se pueda moldear fácilmente. Sobre una superficie llana y limpia, se rueda la muestra para obtener un cordón y se adelgaza progresivamente. Si se rompe antes de tener un diámetro de 3 mm., la tierra es demasiado seca y se le añadirá un poco de agua. Cuando la proporción de agua es correcta el cordón se romperá cuando su diámetro alcance por lo menos 3mm. Si la tierra se desmorona fácilmente y por consiguiente no se puede hacer un cordón, el suelo contiene muy poca arcilla.

Si se hace un cordón, y éste se rompe en pedazos de 3 mm. de diámetro, entonces se reconstruye una bola con ellos y se aplasta entre el pulgar y el índice para definir lo siguiente:

- **Cordón muy duro:** Cuando se aprieta la bola, se fisura y se desmigaja. El suelo puede ser bueno para la construcción.

- **Cordón duro:** Si la bola es difícil de aplastar y no se fisura ni se desmigaja, el suelo contiene mucha arcilla. El suelo puede ser utilizado para la construcción, pero con algún estabilizante.

- **Cordón frágil:** Si el suelo contiene mucho limo o arena, es imposible formar la bola sin que se rompa. Este suelo conviene para tapiales.

- **Cordón blando y esponjoso:** Cuando los cordones y bolas son blandos y tienen un comportamiento esponjoso entre los dedos, se trata de tierra con alto contenido de materia orgánica. No conviene para la construcción.

*c. Prueba de la cintilla.*

Esta completa la prueba del cordón. Se toma un poco de material y se amasa con agua, sobre una superficie lisa, y se fabrica una cintilla. Al sostenerla sobre la palma de la mano se debe medir la longitud en que la cintilla se rompe.

- **Cintilla larga:** Si la cintilla se rompe a una longitud mayor de 15 cms. se trata de un suelo arcilloso. Podrá ser utilizado para la construcción pero con estabilizante.

- **Cintilla corta:** Si se puede obtener una cintilla de 5 a 15 cms., el suelo contiene una proporción débil o medía de arcilla, conviene para la construcción

- **No cintilla:** Con algunos suelos no se puede obtener la cintilla, esta tierra podrá ser utilizada para muros de tierra apisonada ó tapiales.

HACER UNA TIRA

LO MAS LARGA

POSIBLE

SI SE ROMPE

ENTRE 5 Y 15 CM

TIERRA BUENA

ANTES DE 5 CM

CONTIENE MUCHA

ARENA

MAS DE 15 CM

CONTIENE

DEMASIADA ARCILLA



#### *d. Prueba de resistencia seca.*

Se preparan con tierra blanda 2 o 3 pastillas de más de 12mm. de espesor y de 25 a 30 mm. de diámetro. Se ponen a secar al sol, y posteriormente dentro de un horno, después se rompen las pastillas y se intenta reducirías en polvo entre el pulgar y el índice.

- Gran resistencia seca: Cuando es muy difícil romper la pastilla, y no se puede aplastar la tierra entre el pulgar y el índice, se trata de una arcilla casi pura.

- Resistencia media: Si no es difícil romper la pastilla y se puede reducir en polvo, se trata de una arcilla limosa o arenosa.

- Resistencia débil: Cuando la pastilla se rompe y se reduce en polvo sin ningún problema, se puede tratar de un limo, de una arena fina o de un suelo que contiene una débil cantidad de arcilla.

#### *9. Prueba de Identificación rápida de las arcillas o test de Emerson.*

Se efectúa esta prueba sobre una muestra del tamaño de un frijol, que no debe ser amasado. Se coloca en un recipiente de vidrio llenado con agua destilada o de lluvia. Después de 10 min., el pedazo puede quedarse intacto o disgregarse. La observación de su comportamiento permite una determinación rudimentaria del tipo de la arcilla, pero no puede sustituir un análisis mineralógico riguroso.

La dispersión se detecta fácilmente por la formación de un halo alrededor del terrón, si la prueba se efectúa sobre un fondo oscuro el halo será más marcado, el suelo se dispersa más. Si el terrón no estaba seco, la prueba es válida pero esta categoría incluye también "lilites" y suelos orgánicos. No hay dispersión cuando, después de 10 min., la parte superior del líquido se hace clara.

## **GRANULOMETRIA Y SEDIMENTOMETRIA.**

### **a) El análisis granulométrico.**

El análisis granulométrico de un suelo consiste en separar y clasificar por tamaño los granos que lo componen, permitiendo definir la cantidad respectiva de los diferentes elementos constituyentes del suelo. (grava, arena, limo, y arcilla). A partir de esto, es posible formarse una idea aproximada de otras propiedades del mismo.

Los resultados del análisis se presentan gráficamente en la forma de una curva granulométrica trazada sobre un diagrama donde la abscisa representa el tamaño de los granos y la ordenada representa el % acumulado que pasa por el tamiz. Este porcentaje expresa la proporción en peso en relación a la muestra seca de los granos cuyo tamaño es inferior al asentado en la abscisa.

El tamaño de los granos más gruesos que 0.1mm es medido por medio de tamices, el de los granos de tamaño inferior por el método de sedimentación.

## b) Prueba Granulométrica.

*El procedimiento para el análisis es el siguiente:*

1o. Se pesan 2 Kg. de material húmedo (tal como esté) y se pone a secar en la estufa dentro de una charola metálica hasta que el material no suelte vapor, moviendo y moliendo el material en proceso. Se deja enfriar a la temperatura ambiente y se pesa el material seco.

2o. Se desmoronan los grumos cuidando de no romper el material con un trozo de madera escuadrado.

3o. Se colocan las mallas en orden progresivo de la #8 a la #200 y al final la charola; se vacía el material seco en la malla #8 y se tapa.

4o. Se agita vigorosamente en sentido circular y vertical, con algunos golpes secos de vez en cuando. El tamizado no debe durar menos de 15 minutos.

5o. Se quita la tapa y se pesan las porciones de suelo retenidas en cada malla sin forzarlas a que las partículas que se detienen en los hilos pasen a la siguiente malla.

6o. La suma de los pesos retenidos deben ser igual al peso seco con una tolerancia del 0.5% por pérdidas, las cuales se le atribuyen a la primera malla.

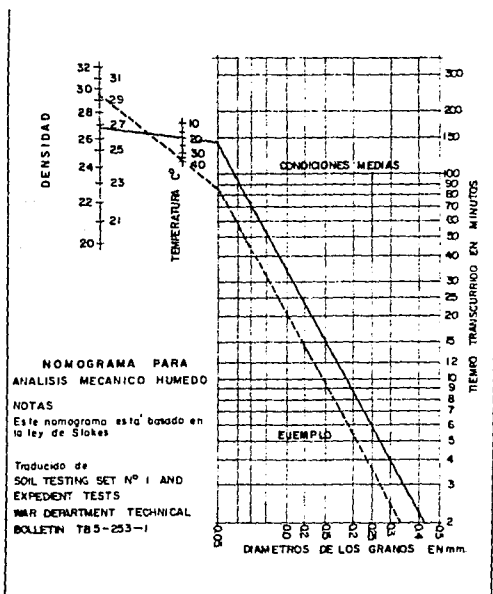
7o. Los valores obtenidos se registran en una tabla y después sobre el diagrama granulométrico.

La clasificación granulométrica de la fracción fina de la muestra que pasa la malla #200 se determina por el procedimiento de decantación separada ó la del hidrómetro, las cuales se basan en la ley de Stokes, que sustenta que para una temperatura T y una misma densidad de sólidos en suspensión, la velocidad de caída de las partículas es proporcional al cuadrado de sus diámetros; en consecuencia, se determina un punto fijo del líquido que dista una altura (h) de la superficie y transcurrido cierto tiempo (t) de iniciada la sedimentación se toma una muestra de la suspensión, de esta forma es posible determinar el porcentaje en peso de las partículas contenidas en la muestra cuyo diámetro es menor al que retiene la malla #200.

Para determinar la densidad de las partículas se pueden tomar como rangos aplicables los siguientes valores a los suelos:

- Cenizas volcánicas ..... 2.20 a 2.50
- Suelos orgánicos ..... 2.50 a 2.65
- Arenas y Gravas ..... 2.65 a 2.67
- Limos Inorgánicos y gujarros arcillosos ..... 2.67 a 2.72
- Arcillas poco y medianamente plásticas ..... 2.72 a 2.78
- Arcillas medianamente y muy plásticas ..... 2.78 a 2.84
- Arcillas expansivas ..... 2.84 a 2.88

El uso de nomograma 6 abaco construido por el Dr. Casagrande abrevia el calculo de los diámetros y se ejemplifica de la siguiente manera:



1. Datos: densidad del suelo y temperatura de la suspensión.

2. Determinar el tiempo de reposo para partículas menores de 0.02 mm.

3. Marcar en la escala de densidad de sólidos el valor que se tiene y unirlo con la temperatura obtenida prolongando la línea hasta la tabla de tamaños / tiempo. 4. En la intersección con la vertical de 0.005 mm se traza una paralela a la línea de condiciones medias.

5. Para el punto que corta la vertical la línea paralela se lee el espacio de tiempo de la escala para la identificación de los diámetros de los granos por medio de la sedimentación. El procedimiento de la decantación separada se hace como sigue:

- 10. Se toman 500 gr. de material que haya pasado la malla #4 y se desmoronan. Se deja remojando el material de 12 a 24 horas; después se vacía su contenido en la malla #100 colocada sobre un bote para recoger todo el material fino.
- 20. Se deja reposar la suspensión durante 24 horas y después se extrae el agua por medio de un sifón.
- 30. El material asentado en el bote se recoge y se pone a secar en la estufa.
- 40. Se pesan 100 grs. de material seco para hacer el análisis granulométrico si el material es arenoso, y 50 grs. si es arcilloso.
- 50. Una vez pesado, se coloca en un recipiente limpio y liso y se le agregan 20 cm<sup>3</sup> del defloculante (solución de oxalato de sodio o de silicato de sodio al 3%), a fin de que se separen más rápidamente la materia orgánica de la inorgánica, y después el agua necesaria para cubrir los sólidos del recipiente.
- 60. Se vacía la suspensión en el cilindro de sedimentación, lavando la cápsula para remover todos los finos. Después se le añade agua hasta la marca de 1000 cm<sup>3</sup>.
- 70. Se agita el cilindro vigorosamente cubriendo el extremo abierto del cilindro durante 1 minuto.

- 8o. Se toma la temperatura de la suspensión para entrar al abaco de Casagrande. Transcurrido el tiempo de reposo calculado para un determinado diámetro de partícula, se quita el tapón del orificio y se recogen 100 cm<sup>3</sup> en una probeta graduada. El tiempo de reposo se calculará dependiendo del diámetro de las partículas expresado en la parte inferior de la tabla, contra el Tiempo Transcurrido en Minutos, en el lado izquierdo de la misma, en el punto donde corte la diagonal se tendrá el tiempo de reposo.

- 9o. Se ponen a secar las partículas de la suspensión en la estufa y se deja enfriar para pesarlas con aproximación de 0.01 gr.

- 10o. Se repone el agua necesaria para enrasar la marca de 1000 cm<sup>3</sup> en el cilindro de sedimentación y se repiten los pasos 7, 8, y 9 para otros diámetros de partículas según el abaco de Casagrande.

- 11o. Para relacionar los porcentajes parciales obtenidos en el cilindro de decantación con el material grueso, se multiplica el valor del porcentaje acumulativo correspondiente a la malla #200, por cada uno de los anteriores, y con estos valores se dibuja la curva de distribución granulométrica.

Un proceso simplificado propuesto por el CRATerre (Centro de Investigación y de Aplicación de la Tierra, en Francia), para la prueba del hidrómetro utilizan 2 del tipo de Casagrande. El procedimiento es el siguiente:

#### Preparación.

-1. Se pesan 20 g. de los finos, de diámetro menor a la malla 200 previamente secos.

-2. Se pone esta muestra en un vaso de precipitado y se mezcla con 20 cm<sup>3</sup> de defloculante de acuerdo a lo siguiente:

**DEFLOCULANTE:** 8 g de carbonato de sodio + 3.6 g de hexametáfosfato de sodio + 1 litro de agua destilada. Esta solución es inservible después de un mes.

-se debe verificar su acidez con papel PH después de la defloculación (PH 9.5)

-se debe también verificar el contraste de los decímetros en agua destilada para comparar si se necesita la corrección de lecturas, ésta se hará de la siguiente forma: para una lectura dada en grados Centígrados, se deberá multiplicar por el factor que aparece en seguida de los grados, así se obtendrá la lectura correcta en dm<sup>3</sup>.

temp.	factor	temp.	factor
18 C	0.9986244 dm <sup>3</sup>	24 C	0.9973286 dm <sup>3</sup>
19 C	0.9984347 dm <sup>3</sup>	25 C	0.9970770 dm <sup>3</sup>
20 C	0.9982343 dm <sup>3</sup>	26 C	0.9968156 dm <sup>3</sup>
21 C	0.9980233 dm <sup>3</sup>	27 C	0.9966541 dm <sup>3</sup>
22 C	0.9978019 dm <sup>3</sup>	28 C	0.9962652 dm <sup>3</sup>
23 C	0.9975702 dm <sup>3</sup>	29 C	0.9959761 dm <sup>3</sup>

3. Calentar el vaso moviendo hasta 40 °C (controlar con el termómetro).
4. Se vierte el líquido dentro de una probeta. Se aclara el vaso y el termómetro con agua destilada.
5. Se mueve con agitador durante 3 min.
6. Se deja descansar 18 hrs.
7. Se prepara una segunda probeta de referencia con 20 cm<sup>3</sup> de defloculante y 1 lit de agua destilada.
8. Se pone un termómetro y un densímetro dentro de esta segunda probeta.

Medidas. (después de 18 hrs.)

1. Se agita la solución de la primera probeta durante 3 min.
2. Se sumerge el densímetro con precaución después de 45 segundos.
3. Tomar, con ayuda del cronómetro, medidas a 1 min. y 2 min. sin sacar el hidrómetro. La lectura se hace a la cima del menisco.
4. Para todas las otras medidas a 5 min, 10 min, 30 min, 1 hr, 2 hrs, 5 hrs. y 24 hrs, se introduce el densímetro unos 15 segundos antes de la lectura y se retira en seguida, para evitar el depósito de las partículas que se puedan dejar en la solución.

Se verifica por cada medida de la solución estudiada la temperatura de la solución de referencia. Cada cambio de temperatura influye la experimentación: se lee sobre el densímetro de referencia y se anota cada variación.

Es imposible querer perseguir la granulometría menor de 0.001 mm. A partir de esta medida, fenómenos de convección, y turbulencia, perturban la defloculación.

*Resultados.*

Sobre la hoja de ensayo, se anota el número del último tamiz utilizado y:

R = % retenido acumulado.

P = % que pasa = 100 - R

T = temperatura del líquido de referencia.

- Suspensión A: lectura del densímetro de la solución estudiada.
- Referencia B: lectura del densímetro de la solución de referencia.
- $8 \times (A - B) \%$  : porcentaje de los elementos de dimensión (d) dada en micras en la muestra de finos utilizada.
- $8 \times (A - B) P\%$  : porcentaje acumulado de los elementos de dimensión = (d), dado en micras, contenidos en la totalidad de la tierra.



Ejemplo:

tamizaje            tamiz            0.08% retenido  
                         acumulado        R= 72%  
                         que pasa            P= 28%

**TABLA Prueba Granulométrica. Hoja de Laboratorio**

Tiempo min.	Temp o C	Susp. A	Refer. B	A-B	g(A-B) %	g(A-B) P%	d
1	22	1012.00	1001.5	10.5	84	23.54	55
2	22	1011.50	1001.5	10.0	80	22.40	40
5	22	1011.00	1001.5	9.5	76	21.28	25
10	22	1010.50	1001.5	9.0	72	20.16	17
30	22	1010.00	1001.5	8.5	68	19.04	10
60	22	1008.75	1001.5	7.25	58	16.24	7
120	22	1007.75	1001.5	5.25	50	14.00	5
300	22	1006.25	1001.5	4.75	38	10.64	3
1440	22	1004.50	1001.5	3.00	24	6.73	1.5

Para responder a las exigencias de una granulometría óptima un suelo tiene que responder a las condiciones siguientes:

- Su curva granulométrica tiene que ser contenida en el huso límite. (HUSO = DOSIFICACION GRANULOMETRICA OPTIMA).

- Tiene que acercarse lo mas posible a la curva ideal.

- Tiene que ser aproximadamente paralela a la curva ideal y a las curvas límite especialmente en la región de los limos.

Sin embargo, los resultados obtenidos a partir de las pruebas establecerán la granulometría que mejor resultados dé al nivel de las piezas.

- Tiene que acercarse lo mas posible a la curva ideal.

- Tiene que ser aproximadamente paralela a la curva ideal y a las curvas límite especialmente en la región de los limos.

Sin embargo, los resultados obtenidos a partir de las pruebas establecerán la granulometría que mejor resultados dé al nivel de las piezas.

### c) Correcciones de Granulometría.

Los suelos disponibles pueden a veces ser mejorados cuando sus curvas no pertenecen, en su totalidad o en parte, al huso límite. Es posible en efecto, mezclar un suelo rico en elementos con otro suelo que le faltan, y así obtener un producto satisfactorio.

Sobre esta gráfica aparecen las curvas de dos suelos (1) y (2). La curva de una mezcla compuesta de M % de (1) N % de (2) será tal que:

M A2 M

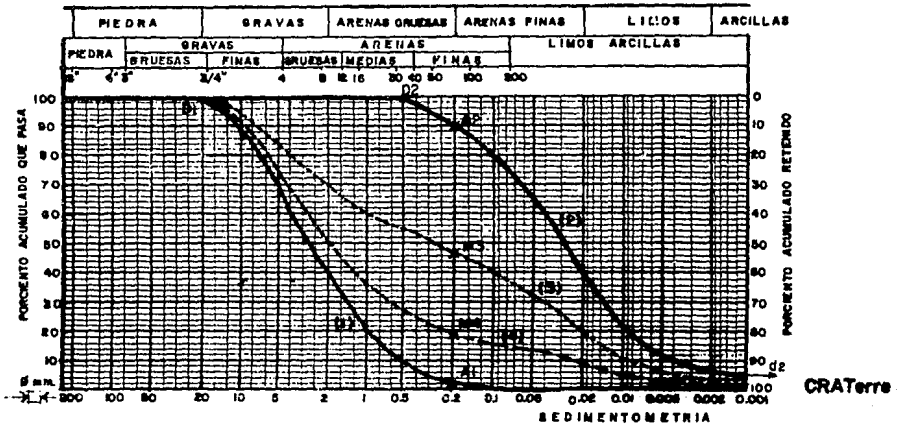
— = —

M A1 N

M pertenece a la curva de una mezcla, A1 y A2 a las curvas (1) y (2).

(3) = Mezcla de 50% de (1) y 50% de (2).

(4) = Mezcla de 80% de (1) y 20% de (2).



(3) = Mezcla del 50% de (1) y 50% de (2).

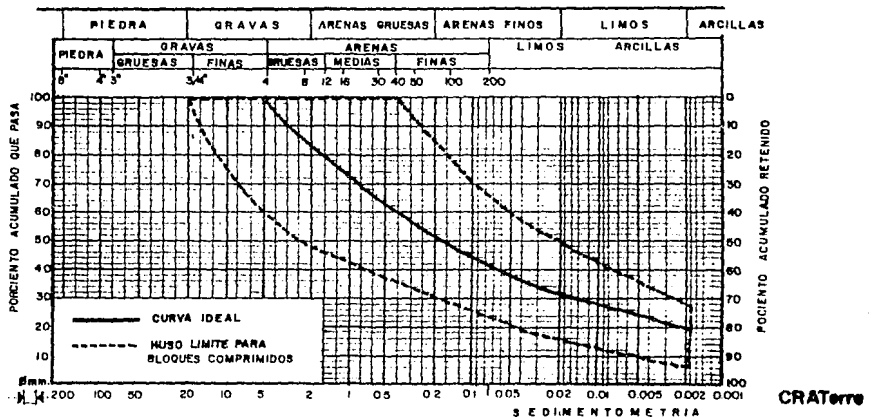
## d) Granulometría Óptima Teórica.

Los componentes del suelo tienen papeles diferentes en una estructura de tierra.

Los elementos como las gravas y arenas son los elementos resistentes del material, mientras que las arcillas aseguran la cohesión del suelo y los limos tienen una función intermedia menos explícita. Se trata entonces de sacar provecho de las cualidades de los elementos del suelo o bien encontrar una granulometría óptima.

Los documentos publicados sobre la tierra estabilizada permitirán al CRATerre definir esta granulometría óptima. Proponen una curva ideal y las curvas límite (husos límite) para los bloques comprimidos.

### CURVA OPTIMA Y HUSO LIMITE PARA LOS BLOQUES COMPRIMIDOS

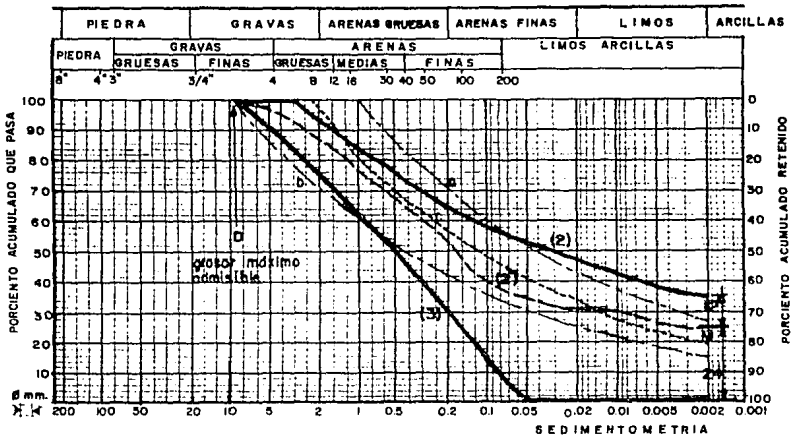


Los diagramas siguientes presentan dos ejemplos de corrección de suelos:

#### Suelo conteniendo una proporción demasiado fuerte de elementos finos.

Se puede en este caso lavar el suelo pero es difícil controlar la cantidad de finos que van a partir. Es preferible mezclar el suelo con un suelo que no contiene ni finos ni elementos de tamaño superior al tamaño mínimo permisible. Sobre este ejemplo, el huso específico que la proporción de elementos de tamaño inferior a 0.002 mm. no tiene que superar el 24 % (punto M). Entonces la curva mezcla tendrá que cortar la ordenada 0.002 mm en M, ó debajo.

La curva (2') representa una mezcla de 24 partes del suelo (2) y 12 partes del suelo (3) sobre 36 partes totales.



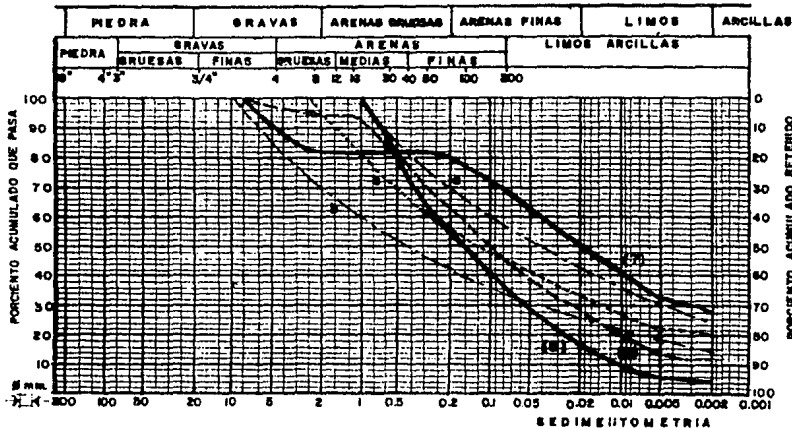
CRATerre

Suelo conteniendo granulometría discontinua)

La curva (7) caracteriza un suelo que no contiene elementos comprendidos entre 2 y 0.2 mm. entonces es necesario añadirle un suelo rico en elementos de este tamaño.

La curva (9) representa una mezcla de 30 % de suelo (7) con 70 % de arena limosa (8), es un poco pobre en arcilla y una parte de 60 % solamente de arena limosa habría conducido a una mejor granulometría.

De la misma manera, un suelo demasiado grueso o fino será mezclado con un suelo opuesto, y si contiene una proporción demasiado grande de elementos gruesos podrá ser tamizado.



CRATerre

## **e) Prueba de Sedimentación Simplificada en campo.**

Esta prueba sirve para la comprobación en campo del análisis granulométrico que debe tener el material que se ha determinado como bueno para la utilización de éste en la construcción, en función del porcentaje de componentes del suelo.

Las secuencia de actividades que debe efectuarse es la siguiente:

1o. Se muele perfectamente un poco de material hasta que los grumos de tierra se deshagan, cuidando de no romper las partículas sólidas, como las arenas ó gravas.

2o. Se apisona el material y se coloca en una botella graduada agregandole una cantidad igual de agua que contenga una cucharada de sal previamente diluida con el fin de acelerar el proceso de sedimentación.

3o. Se agita vigorosamente el recipiente durante 30 segundos y se deja reposar el material durante un periodo de 5 horas por lo menos.

4o. En la decantación lo primero que se sedimenta serán las arenas, seguidas de los limos y por ultimo las arcillas que son las partículas más ligeras. La materia orgánica normalmente se queda suspendida en el agua.

5o. Los diferentes grupos de partículas asentadas en el agua se verán claramente diferenciados, los cuales se medirán sobre la graduación del frasco y obtener así el porcentaje.

El tamaño de los elementos de un suelo condiciona fuertemente sus características físico-mecánicas, pero no es el único parámetro, otros análisis son necesarios.

## **PLASTICIDAD.**

La consistencia de los suelos finos triturados varía con su proporción de agua, y estos pueden ser líquidos, plásticos o sólidos. El Dr. Atterberg definió una serie de pruebas normalizadas que permiten analizar los cambios de estados con la proporción de agua, o fijar límites entre estados de consistencia.

Como para la granulometría, estudios estadísticos fueron hechos con la meta de precisar límites de Atterberg ideales para el uso de la tierra en la construcción. Así el conocimiento de estos límites permite prever rápidamente las posibilidades constructivas de un suelo.

## a) Límites de Atterberg.

Marcan convencionalmente las fronteras entre estados de consistencia de los suelos:

Estado de dispersión

Estado líquido

————— Límite Líquido LI

Estado plástico

————— Límite Plástico Lp

Estado sólido con contracción

Estado sólido sin contracción

————— Límite de contracción Lc

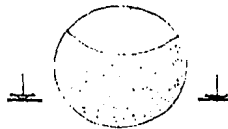
La determinación de los límites de Atterberg se practica sobre la parte fina del suelo o mortero, el cual se compone de las partículas que pasan a través del tamiz de 0,4 mm. En efecto son solo los elementos cuya consistencia es modificada por agua.

### Límite Líquido. (LI)

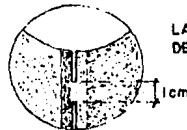
Marca el paso del estado plástico al estado líquido. Se mide con el aparato de Casagrande constituido por una copa de metal que puede sufrir choques gracias a un mecanismo manual. Con una espátula se extiende tierra en la copa y con una herramienta especial se cava un surco en la pasta. Después se somete la copa a un cierto número de choques hasta que se cierre el surco sobre 1 cm. Se añade un poco de agua y se vuelve a hacer una nueva prueba que da un número de golpes más débil. Se traza la curva de evolución del número de golpes en función de la proporción de agua. El límite líquido se obtiene por la proporción de agua para la cual el surco se cierra sobre una longitud de 1 cm en 25 golpes.

LÍMITE LÍQUIDO

MODO DE OPERACION



RELLENO

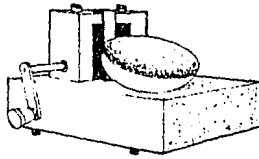


LA RANURA SE CIERRA  
DESPUES DE LOS CHOQUES

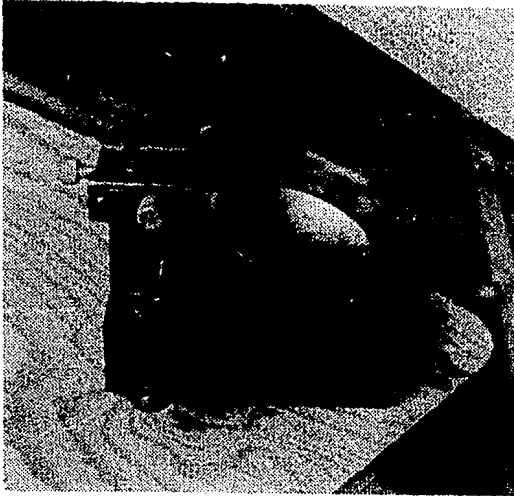
1cm.



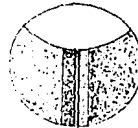
## APARATO DE CASAGRANDE



Herramienta especial para ranurar



RANURA



### Límite Plástico. (Lp)

Marca el paso del estado plástico al estado sólido. Corresponde a la proporción de agua para la cual un pequeño rollo formado con el suelo sobre una placa no absorbente

(de vidrio o mármol) se rompe en trozos de 1 a 2 cm. de longitud cuando su diámetro alcanza 3 mm. Si el rollo se disgrega cuando su diámetro es superior a 3 mm. se añade un poco de agua. Si llega a 3 mm sin disgregarse, se seca un poco la tierra. Después del secamiento en la estufa, se calcula la proporción de agua obtenida ( peso de agua sobre peso seco ).

### Límite de Contracción. (Lc)

Corresponde a la proporción de agua más allá de la cual el volumen se queda constante. Para determinarlo, se seca una muestra que tiene una proporción de agua cercana al LI y se miden sus variaciones de volumen y de masa. En el momento para el cual el volumen se mantiene estable, y la proporción de agua sigue bajando, se determina el límite de contracción.

### Límite de Absorción. (La)

A estos tres límites es necesario añadir, para la construcción, el límite de absorción, que corresponde a la proporción de agua a partir de la cual ésta ya no penetra en el material. Para medirlo, se hace caer una gota de agua sobre la pasta bien homogénea. Si la gota es absorbida en menos de 30 segundos, se homogeniza la pasta, y se vuelve a hacer la prueba hasta que la gota ya no penetra sobre una faceta horizontal antes de 30 seg. La gota forma entonces una mancha brillante. El límite de absorción es lógicamente superior al límite de contracción y en este caso el material tiende a absorber humedad y se infla. A veces puede ser inferior al límite de contracción, lo que pone el material al abrigo del inflamamiento. Este caso es preferible.

### Índice de Plasticidad. (Ip)

La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, se llama índice de plasticidad del suelo, éste se obtiene determinado en porcentaje del agua con respecto al peso seco del material.

$$ip = LI - Lp$$

Este índice permite apreciar la plasticidad del material de acuerdo a los siguientes Parámetros:

Plasticidad débil    5    Ip    10

Plasticidad media    10    Ip    20

Plasticidad fuerte    Ip    20

Por ejemplo, el índice de plasticidad de una arena se sitúa entre 0 y 10, su límite entre 0 y 20; el índice de plasticidad de un limo se sitúa entre 5 y 25, su límite líquido entre 20 y 50; el índice de plasticidad de una arcilla es superior a 20, su límite líquido superior a 40.

### b) Coeficiente de Actividad.

Es la razón entre el índice de plasticidad y el porcentaje de granos inferiores a 2 micras.(arcillas).

El coeficiente de actividad da una idea del inflamamiento y contracción de un suelo, características importantes para la construcción.

$$Ca = \frac{ip}{\text{---}}$$

% arcillas ( diámetro 2 micras )



Los suelos pueden ser clasificados según su grado de actividad:

Inactivo		Ca	0.75
Actividad media	0.75	Ca	1.25
Activo	1.25	Ca	2.00
Muy Activo	2.00	Ca	

Desde el punto de vista de las cualidades mecánicas, se puede decir que un suelo inactivo puede prescindir de estabilización y que un suelo con actividad media la necesitará, a fin de controlar su actividad.

Se puede también apreciar si un suelo conviene más o menos para la construcción, por medio de la apreciación directa de sus límites de Atterberg.

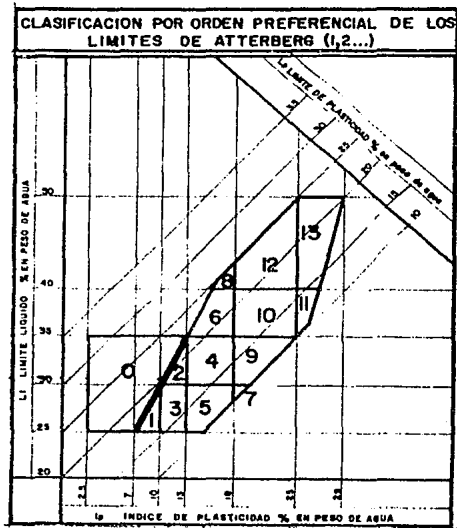
Por el estudio de las especificaciones sobre límites de Atterberg propuestos por diferentes autores, el CRATerre pudo establecer una clasificación por orden preferencial de los límites.

La tabla siguiente presenta una recopilación de las especificaciones concernientes a los límites de Atterberg.

	ZONAS LIMITES	ZONAS PREFERENCIALES
Ip	7 a 29	7 a 18
LI	25 a 50	30 a 35
Lp	10 a 25	12 a 22
c	8 a 18	Lc P.A.O.

(P.A.O. = Proporción de agua Óptima)

La gráfica, a continuación, da una clasificación por orden preferencial (1,2,...) de los límites de Atterberg.



### **c). Prueba de Campo para obtener el límite líquido.**

**La prueba de Vicat tiene por meta determinar el límite líquido del material.**

**Para elaborar esta prueba se muele un poco de tierra y se le agrega agua hasta que el material sea maleable. Después se llena un recipiente cilíndrico con el material hasta el ras y se apoya sobre el mismo una varilla de 50 cms. de largo y de 3/8 " de diámetro.**

**Se sueña la varilla sin empujarla y si ésta penetra 2 cms. es el momento en que el material está en su límite líquido. Se mide luego su proporción de agua. En caso de que la penetración sea diferente se agregará mayor cantidad de tierra o agua y se repetirá la prueba.**

#### d). Contracción Lineal.

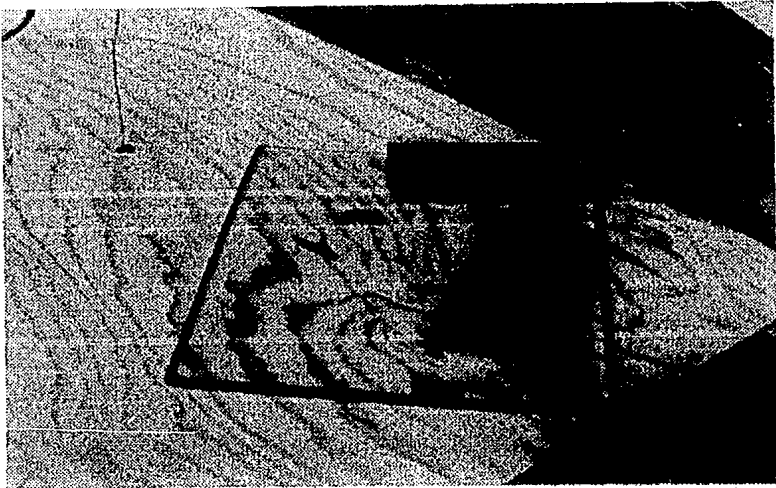
Para elaborar esta prueba se muele un poco de tierra y se le agrega agua hasta llegar cerca del límite líquido (de acuerdo a la prueba de Vicat por ejemplo). Con este material se llena el molde metálico o de madera de 2 x 2 x 10 cms. de medidas interiores y se deja secar a temperatura ambiente por un lapso no menor de 3 días.

Transcurrido el periodo de secado se mide su contracción por la diferencia de su longitud en relación al molde, expresado en porcentaje. Se observa también si la muestra presenta fuertes agrietamientos.

La contracción lineal no debe exceder un 2 % a los 3 días de secado a cubierto.

La contracción de un material, es decir su disminución de volumen al secamiento, informa sobre la cantidad y el nivel de actividad de las arcillas que lo componen. Existe un riesgo de agrietamiento al secar los productos ricos en arcilla, que sufren por su naturaleza, un inflamiento significativo al absorber agua.

La prueba de contracción permite prever este tipo de reacción y saber si se necesita una estabilización, en caso de un agrietamiento significativo.



# COMPACTIBILIDAD.

La compactibilidad de un suelo caracteriza su aptitud a ser comprimido y varía en función de sus características.

La compactación o aumento de la compactibilidad constituye el primer medio de mejorar la resistencia de un suelo. Un incremento de la densidad seca, particularmente para los valores altos de densidad, representa un aumento importante de la resistencia mecánica. Se trata, para utilizar la tierra como material de construcción, de aumentar su densidad, disminuyendo su índice de vacíos, a través de una acción mecánica.

## a) Parámetros de la Compactación.

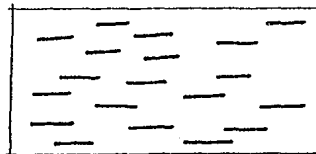
La eficacia de la compactación depende de varios parámetros, principalmente:

- La granulometría del material.
- La proporción de agua del material.
- Los límites de Atterberg.
- El modo y la energía de compactación.

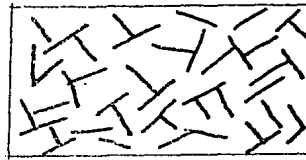
En lo que concierne a la granulometría, una mezcla de elementos finos y gruesos (granulometría entendida) permite obtener una mejor compactación (dá productos más densos), que un suelo compuesto exclusivamente de elementos finos. Pero si agregamos de 30 a 50 % de grava a los suelos finos, dan una masa volumétrica más resistente después de la compactación, especialmente para mezclas con granulometría discontinua. Ahora bien el mortero es el factor principal de cohesión y de resistencia del material. Entonces más vale utilizar una mezcla con 20 a 30% de grava, que conduce a una ganancia apreciable de la compactación de la mezcla, garantizando al mismo tiempo un buen nivel de compactación del mortero, ya que las posibilidades de absorción de agua por parte del material se reducen notablemente.

Entre los parámetros de la compactibilidad, la proporción de agua tiene un papel muy importante para hacerla más eficaz, la compactación tiene que ser realizada sobre un material cuya proporción de agua sea óptima, es decir, que asegure la lubricación de los granos del suelo y permita una cohesión óptima a las arcillas. En efecto, para las arcillas, la pequeñez de los granos y su gran superficie específica les confiere un comportamiento particular: según la importancia de las fuerzas de repulsión y de atracción, se observan 2 tipos de estructuras:

1) La estructura dispersada en la cual predominan las fuerzas de repulsión. Las tabletas de arcilla, cuya separación entre si tiende a ser paralela. Esto corresponde a una alta proporción de agua.



2) La estructura floculada en la cual predominan las fuerzas de atracción. Las tabletas de arcilla se acercan y forman entre ellas ángulos importantes. Esta característica se debe a la baja proporción de agua.



El óptimo de compactación o proporción de agua que da la mejor masa volumétrica seca después de compactada, aparece como un estado para el cual las fuerzas de atracción son suficientes para una buena compactibilidad, mientras que las fuerzas de repulsión facilitan un arreglo ordenado de las partículas. Este estado de las partículas va a traducirse en una disminución de la permeabilidad, la compresibilidad, la absorción de agua y del inflamiento en ambiente húmedo, y en un aumento de las resistencias mecánicas iniciales a largo plazo.

La P.A.O; siempre inferior al límite de plasticidad, aumenta con el límite de liquidez, al tiempo que la masa volumétrica disminuye.

### b) Proporción de agua óptima: la Prueba Proctor Estandar.

La prueba Proctor tiene como meta el determinar la Proporción de Agua Óptima u óptimos Proctor. El procedimiento de la prueba es el siguiente:

Se coloca en un molde cilíndrico de volumen conocido, una muestra de tierra de la cual sabemos la proporción de agua, se apisona esta muestra según un proceso definido, después se mide la masa y se controla la proporción de agua de la muestra comprimida. Se deduce la masa volumétrica seca

#### PRUEBA " PROCTOR " ESTANDAR

Pisón: M = 2.496 Kg diámetro = 5.08 cms.

Molde Cilíndrico: V = 949.0 cm<sup>3</sup>

H = 11.70 cms.

Q = 10.16 cms.

Masa de tierra necesaria x medida: ... 1.5 Kg.

Energía unitaria: ..... 6 J/cm<sup>3</sup>

Número de golpes por capa: ..... 25

Espesor de las capas: ..... 4 cms.

Número de capas: ..... 3

Altura de caída del pisón: ..... 30.5 cms.

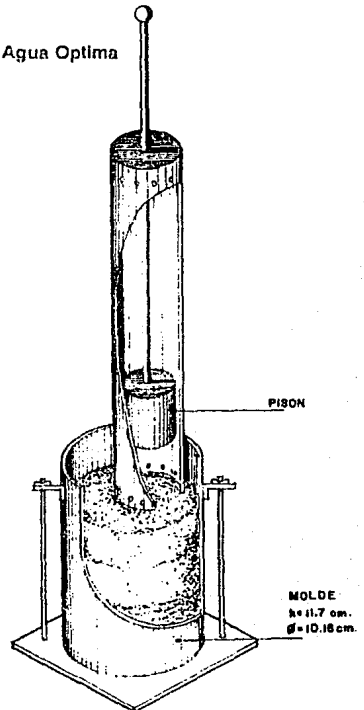
ALTURA DE CAÍDA: 30.5 cm.

25 GOLPES POR CAPA DE TIERRA

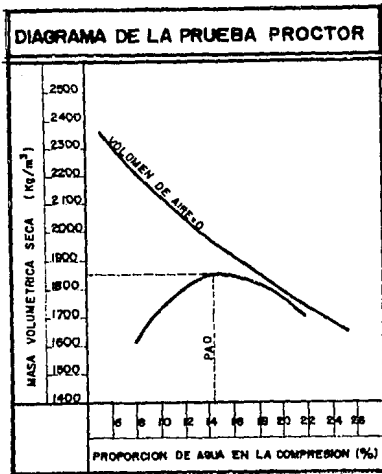
TIERRA COMPACTADA EN 3 CAPAS DE 4 cm.

PISÓN

MOLDE h = 11.7 cm. Ø = 10.16 cm.



La gráfica obtenida es la siguiente:



La prueba PROCTOR estandar es bastante bien adaptada a los bloques realizados con prensa. Se puede interpretar la prueba PROCTOR de la manera siguiente:

Si la masa volumétrica seca obtenida se sitúa entre:

1650 y 1760 Kg/m3 .....resultado bastante mediocre.

1760 y 2100 Kg/m3 .....resultado muy satisfactorio. ( material bastante arcilloso )

2100 y 2200 Kg/m3 .....resultado excelente. ( material rico en elementos gruesos )

2200 y 2400 Kg/m3 .....resultado excepcional.

De estos resultados , así como anteriores, dependerá la elección del suelo para la fabricación de bloques de tierra.

APRECIACION Y POSIBILIDADES DE ESTABILIZACION SEGUN LA P.A.O. Proporción de agua óptima.

P.A.O. %	Apreciación	Posible Estabilización	Estabilizante tradicional
7 a 9	buena		cemento
9 a 17	excelente	facil de estabilizar	cemento
17 a 22	aceptable	dificil de estabilizar	cal
22 a 25	no aceptable		cal

### c) Pruebas de Campo para obtener la proporción de agua óptima.

El CRATerre propone un método práctico para obtener la proporción de agua óptima en la obra cuando la máquina de adobes ya es conocida. El modo operativo es el siguiente:

1) Fabricar 3 bloques con la misma proporción de agua.

- Intentar encontrar una fuerza de compresión admisible.
- Producir 3 bloques y pesarlos.
- Tomar las medidas siguientes:

Peso seco del bloque ..... ( P<sub>is</sub> )

Volumen del bloque ..... ( L x l x H ) = ( V )

Peso húmedo del bloque ..... ( P<sub>ih</sub> )

Proporción de agua de la mezcla: para ésto tomar unos 200 gr.), pesar el peso húmedo (P<sub>ih</sub>), dejar secar y se toma el peso seco (P<sub>is</sub>).

W = proporción de agua:

$$W = ( P_{ih} - P_{is} / P_{is} ) \times 100 \text{ (\%)}$$

- Calcular el peso seco del bloque: (P<sub>s</sub>)

$$P_s = ( P_h / 100 + W ) \times 100 \text{ (Kg)}$$

- Calcular la densidad seca del bloque: (d<sub>i</sub>)

$$d_i = P_s \text{ (kg)} / V \text{ (m}^3\text{)}$$

- Calcular la densidad media de los bloques (d)

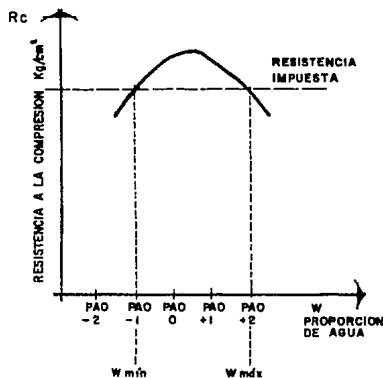
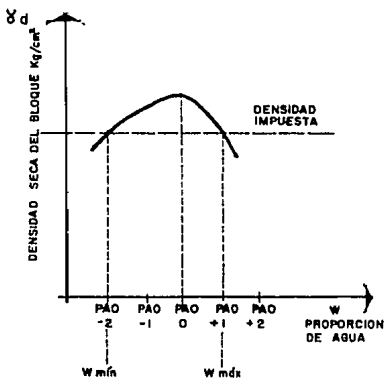
$$d = d_i / 3$$

2) Volver al punto 1. y aumentar de un punto la proporción de agua.

3) Hacer de 4 a 5 veces la operación para obtener densidades en torno a la P.A.O ( + - 2%).

4) Secar los bloques y hacer pruebas de resistencia.

Los diagramas obtenidos son los siguientes:



## Estimación rápida de la proporción de agua en campo.

### Prueba de la bola.

Para estimar sobre la obra la proporción de agua óptima, se puede tomar un puñado de tierra ya amasada y dejarla caer de una altura de 1.10 m sobre una superficie dura. Si al caer la bola se pulveriza, la proporción de agua no es suficiente. Si se aplasta el material y no se desbarata, tiene exceso de agua. Si se desmorona en 4 ó 5 trozos, el material tiene un adecuado contenido de agua para fabricar bloques de tierra compactada.

La compactación disminuye la porosidad del material, mejorando sus características naturales, con esto podemos eliminar el problema que nos originaría la absorción de agua por ejemplo en los bloques o adobes destinados a la construcción. Pero si es el único proceso de estabilización utilizado, las mejoras obtenidas no serán irreversibles para los materiales finos.

1) Zacatecas: Tiene una granulometría muy apropiada para la construcción aunque sea poco rica en arenas gruesas y medias. Sin embargo el valor muy alto del índice plástico, 44.5% debe incitar a desconfiar en la naturaleza de las arcillas.

El límite líquido de 62.5% indica que los pliegues de arcillas pueden absorber mucha agua superficial y entonces existen riesgos de "Inflamiento-contracción".

La prueba de contracción lineal, con un valor de 10.6% confirma la actividad de las arcillas.

En cambio, este suelo, por su granulometría bien repartida, reacciona muy bien a la compactación. Se alcanza a la prueba PROCTOR una densidad máxima después de la compresión de 1735  $\text{kg/m}^3$  (para una proporción de agua de 16.6%)

Para este suelo, una estabilización con cal podría sin duda limitar la actividad de las arcillas. En efecto, la cal produce una modificación de los enlaces entre partículas: la arcilla toma una estructura floculada mientras que los iones de calcio introducidos por la cal constituyen puentes entre partículas a largo plazo, se observa la formación por reacción arcilla-cal, de nuevos elementos cristalinos que vienen a cementar los granos del suelo. Esto implica una demora en el almacenamiento.



## ESTABILIZACION.

Para resolver un problema de estabilización es necesario conocer:

1. Las propiedades de la tierra por tratar.
2. Los mejoramientos deseados.
3. Los productos y procedimientos a utilizar.
4. Las diversas tecnologías de construcción por emplear.
5. Los costos y plazos de realización de la obra.
6. Las condiciones de mantenimiento de la obra en servicio.

La tierra es muy sensible a la erosión causada por el agua, por tal motivo es vital evitar en el diseño, la presencia del agua. Estabilizar la tierra para darle impermeabilidad al bloque crudo, ayuda notablemente a lograr tal fin, pues con esto se evitan las variaciones del volumen, al mismo tiempo que se obtiene una resistencia a la compresión, flexión, intemperismo y humedad.

El estabilizador tiene por objeto unir las partículas de las mezclas de tierra, e impedir que absorban agua para que las contracciones o hinchamientos se reduzcan al mínimo.

Más de cien agentes estabilizadores se conocen, desde la utilización de materias orgánicas, hasta minerales y fibras sintéticas. Sin embargo, estabilizar una tierra no es cosa fácil, pues depende del tipo de tierra, las mezclas que éstas tengan, y el tipo de estabilizador a usar. No obstante la cantidad y variedad de estabilizantes empleados, los más usados son el cemento, la cal, y el asfalto.

### a) Estabilización por Cementación.

Consiste en incorporar a la mezcla de tierra una sustancia apta para solidarizar los granos de arena y las partículas, a fin de formar un esqueleto interno capaz de oponerse a las variaciones del volumen que produce la arcilla y a su absorción de agua.

El cemento tipo portland constituye el primero de los estabilizadores. Este requiere de un buen mezclado a fin de evitar los grumos, y como seca muy de prisa, debe ir mezclándose poco a poco según se necesite. Su resistencia aumenta cuando se retrasa el secado del bloque de tierra estabilizado, debiendo resguardarlo del sol una semana aproximadamente.

La cal se puede utilizar, pues permite un plazo más largo de secado y así puede ser preparada de antemano en cantidades más importantes, en contrapartida al cemento, que requiere de dos semanas en lugar de una, pero la resistencia final es idéntica y la cal es más común de obtener y de menor costo.

La mezcla cal-cemento es perfectamente posible, pues permite aprovechar las ventajas respectivas de cada uno de ellos; más tiempo disponible para la mezcla y producción del bloque que con el cemento solo; secado y resistencia más rápidos (para la manipulación de los ladrillos por ejemplo), que con la cal sola.

Las proporciones utilizadas en la mezcla cal-cemento normalmente son 2:1 (2 partes de cal por una de cemento) ó 1:1 variando de un 5 a un 20% del peso específico del material, dependiendo de sus características cohesivas.

## **b). Estabilización por Armazón.**

El procedimiento para lograr un adobe con armazón es agregarle a la tierra, 500 grs. de materias vegetales, por cada 100 litros de tierra, las cuales se deben mezclar perfectamente antes de agregarle agua. Se puede utilizar también una mezcla de coque de hulla (sustancia carbonosa sólida resultante de la calcinación de la hulla), de cáscara de arroz, por ejemplo, y cal y obtener así un cementante pobre, pero con buenas propiedades a pesar de todo, ó bien, utilizarlo como mortero para muros, bóvedas o arcos.

La estabilización por armazón, combinada con un cementante ayuda considerablemente a obtener mejores resultados, aunque implica un mayor costo. La proporción de cal puede variar entre un 5 y un 20% del peso específico de la tierra dependiendo de las características autocementantes del material base.

Este método de estabilizar la tierra trata de darle cohesión a la mezcla que permita asegurar, a través del frotamiento de los elementos mezclados a la arcilla (grano, fibra, etc.), una mayor firmeza. Estos elementos cohesivos aumentan la resistencia inmediata de la tierra, pero la disminuyen una vez que se ha secado; este método no protege a las construcciones totalmente de las infiltraciones de agua debido a que las fibras absorben fácilmente el agua. Sin embargo, asegura una buena subsistencia contra la erosión que provoca la lluvia y el viento, porque la capa exterior del bloque está formado por el material agregado, que es en sí resistente. Esta técnica es la más socorrida, pues con materiales locales, y el bajo costo que representan, permite edificar construcciones con la seguridad de que su resistencia es buena; esta estabilización es la variante más económica de las que se enuncian, debido a la facilidad para conseguirlos y el bajo costo que representan.

El mayor inconveniente que presentan, es que al utilizar materias vegetales como las pajas secas, las fibras de hojas de palmera o cañamo, las virutas de madera, etc., facilitan que los bloques presenten patología en las obras de albañilería, debido a que son elementos 100% orgánicos, y por lo tanto biodegradables.

## **c). Estabilización por Impermeabilización.**

Esta técnica consiste en envolver las partículas finas de arcilla en una capa impermeable con el fin de controlar la actividad de estas cuando entran en contacto con la humedad.

El asfalto es el más conocido para lograr una impermeabilización segura; su uso ya se conocía desde épocas inmemorables. Se presenta bajo la forma de un líquido pastoso que es necesario mezclar con agua o con un solvente volátil. Este modo de estabilizar la tierra solo requiere cantidades reducidas de emulsión bituminosa. La tierra conserva su cohesión; en cambio pierde su plasticidad y ya no queda sujeta a las indeseables variaciones de volumen. Esta lubricación de partículas arcillosas permite un apisonamiento más importante, pero la cantidad de agua necesaria, es relativamente grande para asegurar un adecuado mezclado, lo que limita su uso tan solo a la fabricación de bloques y no a la construcción de tierra comprimida, para la cual la tierra no debe estar muy húmeda.

Para bloques de tierra comprimida puede utilizarse Bentonita, pues su mezcla con el material no requiere de una proporción tan alta de agua en la mezcla, y el índice plástico o la proporción óptima de agua no requiere subir a la frontera de el límite plástico.

#### **d). Estabilización por tratamiento Químico.**

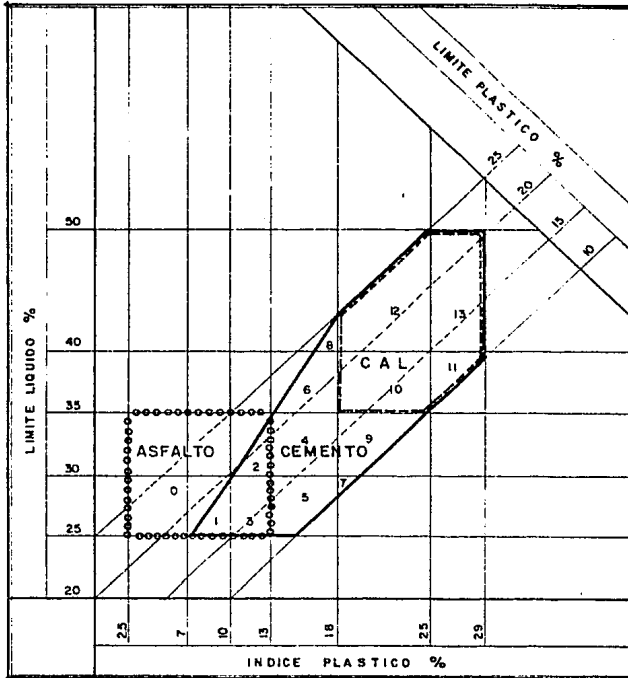
Al igual que los anteriores métodos de estabilización, este método, consiste en mejorar las propiedades de la tierra añadiéndole diversas sustancias capaces de formar compuestos estables con elementos de arcilla. Los productos químicos varían según la composición misma de la tierra, y es necesario elaborar análisis para evaluar las reacciones químicas de los materiales. En algunos casos, la estabilización a base de cal se revela como una estabilización por tratamiento químico mas que por cementación, pues la cal puede reaccionar con los silicatos y los aluminatos para formar compuestos puzolánicos estables, disminuyendo la plasticidad de la tierra. Los silicatos de sosa, por ejemplo, son productos poco caros y muy eficaces; otros mas rústicos, como la orina de ganado en ciertos casos permite alcanzar resultados positivos.

La preparación de morteros par a levantar muros o aplanarlos, no necesitan como condición utilizar el mismo tipo de estabilizador que se usó para la fabricación de piezas, y pueden elaborarse con impermeabilizadores naturales o adyuvantes de cemento y cal, como paja y estércol.

El uso de aditivos poliméricos como estabilizadores químicos es otra alternativa para la fabricación de adobes comprimidos. La preparación del polímero se realiza de la siguiente manera:

En un tambor de 200 lts. de capacidad se agrega agua y 10 Kg. de polímero en polvo, los cuales deben mezclarse enérgicamente, al tiempo que debe elevarse la temperatura a 40 oC por lo menos, y mantenerse así por un tiempo de una hora hasta que se aprecie que no existen puntos blancos en la solución. Cuando la tierra por su nivel de humedad no requiera mayor agua, la solución del polímero debe efectuarse con 20 kg. La proporción mínima de polímero es de 0.1 % del peso específico de la tierra.

**HUSO DE ESTABILIZACION PARA CAL, CEMENTO ASFALTO  
(SOLOS ELEMENTOS FINOS SON TOMADOS EN CONSIDERACION)**



**ESTABILIZANTES Y LIMITES DE  
ATTERBERG**

## **e). Uso de los Aditivos CONSOLID 444 y CONSERVEX.**

La firma CONSOLID AG en Heerburg, Suiza ha introducido en todos los continentes los aditivos CONSOLID 444 y CONSERVEX, para mejorar las características del suelo en cuanto a impermeabilización se refiere, a fin de utilizarlo entre otras cosas, para la fabricación de ladrillos de tierra sin cocer, que combinando la compactación y el uso de aditivos químicos que mejoren sus características.

El CONSOLID 444 o C-444 es un estabilizador de suelos, consistente en una emulsión inversa ligeramente ácida (PH-5), compuesta por varios reactivos químicos cuya misión, es la de modificar el comportamiento físico-químico de las partículas del suelo en presencia de desestabilizadores como el agua. Con el uso del CONSOLID 444 se obtienen las siguientes características al mezclarse con el suelo.

- 1) Una cohesión estable de las partículas de limo y arcilla que se encuentran separadas.
- 2) Se reduce la tendencia a la absorción capilar debido al efecto impermeable que produce el C-444

El Conservex es una emulsión ligeramente alcalina (PH9), que lleva como parte de su composición el asfalto, éste es depositado en los vacíos de aire con el fin de impedir la entrada de agua incrementando la resistencia de la tierra en estado natural.

El objeto del uso de estos aditivos, es tratar de evitar la erosión que provoca el medio ambiente a través de la lluvia y el viento principalmente, convirtiéndolo a la tierra en su proceso de transformación en un elemento idóneo para construir. Los aditivos presentados en forma de concentrado deben prepararse como emulsiones de la siguiente forma:

- 1) La emulsión C-444.

Para obtener un litro de emulsión, se prepara mezclando 0.2 litros de C-444 en 0.8 litros de agua con un PH menor o igual a 7.

- 2) La emulsión Conservex.

Para obtener 10 litros de emulsión, se preparan mezclando 0.5 litros del aditivo en 9.5 litros de FM-1.

A partir de las emulsiones se preparan las soluciones de trabajo de la siguiente manera:

- 1) La solución C-444 se prepara con 40 lts. de agua con un PH igual ó menor a 7 mezclado con 1 litro de la emulsión C-444.

- 2) La solución de Conservex se prepara con 10 litros de agua con un PH menor o igual a 7 mezclado con 10 litros de Conservex en emulsión.

Es importante mencionar que el manejo de los aditivos debe ser siempre con guantes y deben mantenerse cerrados los depósitos de concentrados, emulsiones y soluciones para evitar la pérdida de solventes.

Para comprobar si el PH del agua es el correcto las emulsiones deben dispersarse bien, y en caso contrario deberá añadirse a cada litro de 10 a 20 gotas de ácido muriático antes de mezclar las emulsiones.

Para la preparación de las mezclas del material suelto con las soluciones de aditivos deberán cuidarse los siguientes aspectos:

1) El material debe tener entre el 10 y el 25% de arcillas (finos plásticos). Si éste excede este porcentaje, puede modificarse agregándole arena, o si por el contrario esta por abajo del porcentaje deberá agregarse material arcilloso para garantizar la cohesividad propia de este.

2) Se recomienda pulverizar o cribar el material si las partículas que componen la tierra son mayores de 13mm (1/2") en su diámetro.

3) El material debe estar con menor humedad que la necesaria para su proporción óptima de agua, pues las soluciones C-444 y Conservex darán el porcentaje de humedad necesario para una adecuada compactación.

4) Después de mezclado el material debe mostrar un aspecto granulado.

5) Por cada 50 litros de tierra, se debe agregar un litro de solución C-444 y medio litro de Conservex. En caso de necesitar más agua para la maniobrabilidad del material en el proceso de compactación, esta puede ser agregada en pequeñas cantidades con la precaución de no sobrepasar la humedad óptima. Después de varias prácticas el operador estará capacitado para conocer el tipo de material lo cual permitirá, basado en la experiencia, modificar las cantidades de Conservex.

De los 4 métodos de estabilización expuestos a ninguno de ellos puede considerarse como ideal para todo tipo de tierra, pues los resultados obtenidos varían con las características de esta. Los parámetros de granulometría y plasticidad son decisivos para escoger un tipo de estabilizante. Así el cemento conviene para suelos gravosos o arenosos por su acción física (crea ligas mecánicas resistentes entre elementos gruesos), y la cal conviene más bien para suelos arcillosos por su acción química (los iones de calcio de la cal introducen puentes entre las partículas de arcilla y a largo plazo, se crean elementos cristalinos nuevos, por reacción arcilla-cal)

## ADECUACION A LA CONSTRUCCION

Para utilizar la tierra como material de construcción es aconsejable explotar un banco que no contenga piedras gruesas, raíces, ni tierra vegetal. Si la tierra contiene demasiada materia orgánica, el efecto de su descomposición se traduce en una inestabilidad de las características del material al paso del tiempo: de porosidad, así como una baja durabilidad en presencia de agua.

Se puede tener una idea de las posibilidades de empleo de los suelos como materiales de construcción a partir de las pruebas citadas anteriormente. La proporción de limo, arcilla y arena que se encuentre en la tierra, determinara en gran parte su comportamiento.

Si la tierra contiene demasiada arcilla, podrán aparecer fisuras en el momento del secado, la inestabilidad volumétrica de este material en presencia de agua explica el fenómeno y hace los bloques poco resistentes a la erosión.

Cuando la tierra contiene demasiada arena, los granos son muy numerosos y no podrán ser suficientemente unidos. La cohesión del conjunto sera demasiado débil y los bloques se disgregaran. Entonces se trata de encontrar un suelo no orgánico, ni demasiado arcilloso, ni demasiado arenoso.

De los ensayos sensoriales podemos sacar conclusiones preliminares:

En el caso que los resultados de las pruebas de olor y color, el contenido de materia orgánica sea importante, no deberá utilizarse la tierra. Generalmente las tierras amarillas, ocreas, castañas o rojas son las adecuadas para elaborar cualquier tipo de adobe, bloque o tapial. En las pruebas de mordedura, textura, tacto y lavado de manos conocemos el tipo predominante de elementos que componen una tierra. Después la tabla siguiente propuesta por el CRA Terre, (Centro de Investigación y de Aplicación de la Tierra, Francia), indica las posibilidades de utilización de los suelos en relación con las pruebas hechas sobre componentes finos que permiten definir un suelo con más precisión.

Datos que vienen de pruebas simples, permiten tener una idea de la utilización de un suelo. Pero podemos también hacer aparecer aquí el cuadro de propiedades y usos del SUCS, que si bien, no esta aplicado a la construcción, puede suministrar datos interesantes en cuanto a la permeabilidad y posibilidades de trabajar los diferentes tipos de suelos.

Por último podemos citar los 7 tipos característicos de suelo y sus recomendaciones para utilizarlos, según el Ing. L.E. Hernández Ruíz y el Arq. J.A. Marquez Luna (Cartilla de Pruebas de Campo para la Selección de Tierra en la Fabricación de Adobes). En ésta clasificación de suelos se utilizan los siguientes nombres convencionales:

- 1) Arcilloso: 60% de arcilla, 20% de arena, y 20% de limo.
- 2) Franco arcilloso: 40% de arcilla, 30 % de arena, y 30% de limo.
- 3) Franco: 20% de arcilla, 40% de arena, 40% de limo.
- 4) Franco arenoso: 15% de arcilla, 65% de arena, 20% de limo.
- 5) Arenoso: 5% de arcilla, 90% de arena, 5% de limo.
- 6) Franco limoso: 15% de arcilla, 20% de arena, 65% de limo.
- 7) Limoso: 10% de arcilla, 5% de arena y 85% de limo.

Según los autores, el suelo Franco es recomendable para la hechura de adobes crudos tradicionales, estabilizados con armazón. El suelo Franco arenoso es recomendable para la hechura de bloques de tierra comprimida estabilizados con cal, cemento o asfalto. El suelo arenoso es recomendable para hacer los tapiales comprimidos en el interior de un encofrado, estabilizados con un aplanado de tierra y arena o paja o junco de cal y arena. También sirve para construir tapiales encañizados o con paja.

Se debe saber además, que para una estabilización con asfalto, la proporción de sales alcalinas tiene que ser inferior a 0.2%, si no, los bloques se desmoronarían a largo plazo.

Es necesario saber también que los sulfatos son susceptibles de atacar ciertos cementos, el sulfato más frecuentemente encontrado es el sulfato de calcio, anhídrido o yeso. Estos tienen una doble acción: Destruyen el cemento endurecido, particularmente cuando está en contacto con agua que contiene sulfato disuelto y aumentan la capacidad de absorción de las arcillas.

#### APLICACION AL TERRENO.

La Tierra de Zacatecas tiene una granulometría muy apropiada para la construcción, aunque sea poco rica en arenas gruesas y medias. Sin embargo tiene un valor muy alto del índice plástico, (44.5%) esto nos hace desconfiar de la naturaleza de las arcillas.

El límite líquido de (62.5%) indica que los pliegues de arcillas pueden absorber mucha agua superficial y entonces existen riesgos de "inflamamiento - contracción".

La prueba de contracción lineal, con un valor de ( 10.6%) confirma la actividad de las arcillas. En cambio, este suelo, por su granulometría bien repartida, reacciona muy bien a la compactación. Se alcanza en la prueba PROCTOR una densidad máxima después de la compresión de 1735 Kg/m<sup>3</sup> ( para una proporción de agua de 16.6%).

Para este suelo, una estabilización con cal podría sin duda limitar la actividad de las arcillas. La cal produce una modificación de los enlaces entre partículas, la arcilla toma una estructura floculada mientras que los iones de calcio introducidos por la cal constituyen puentes entre partículas a largo plazo, se observa la formación por reacción arcilla-cal, de nuevos elementos cristalinos que vienen a cementar los granos del suelo. Esto implica una demora en el almacenamiento.



## 4. NORMAS QUE RIGEN LA CONSTRUCCION DE TIERRA.

En E.U.A.

En México.

En E.U.A.

Se toman a consideración las normas que establecen las diferentes instituciones especializadas para construcción con tierra antes de diseñar o construir.

En México, debido a la falta de Normas específicas sobre la utilización de bloques de tierra comprimida para la construcción de muros y cubiertas, se recurrió al Código de Estados Unidos, el cual establece las condiciones de uso según cada estado.

Uniform Building Code (UBC)

El Código Uniforme de Construcción, es un reglamento de construcción usado en Estados Unidos. Se revisa cada 2 años y cada Estado tiene sus propias cláusulas.

La referencia al Adobe aparece en la sección 2405.

De este reglamento se desprende "El Nuevo Código del Adobe" que establece las normas aplicables tanto a los adobes naturales como a los estabilizados.

Algunos de los puntos importantes que este reglamento señala son los siguientes.

-Se permite utilizar el material o suelo como mortero, este es menos caro que el mortero tipo S (cemento-cal) que se requería anteriormente.

-Adobes no tratados o crudos no podrán ser usados más abajo de 10 cm. de la base del nivel de piso terminado hacia arriba. Los adobes estabilizados pueden ser utilizados desde ese punto hacia abajo hasta la base de los cimientos.

-El rango de la prueba por muestreo de los adobes manufacturados se hace a cada 25,000 fabricados.

-Los adobes pueden salir fuera del nivel de los cimientos de los muros en 5 cm. para permitir que se pueda aplicar un aislante desde la faída de la base del muro hasta su corona.

**-Las vigas de anclaje pueden ser tanto de madera como de acero reforzado o acero-concreto reforzado.**

**-Se permite un espesor de 20 cm. en los muros de adobe que se utilizan tanto en el interior como en los muros del porte de la carga.**

**-Se permite una capa protectora en los muros exteriores de adobe natural o crudo diferente al aplinado con cemento.**

**-Se permite el uso de un alambrado sencillo al hacer el aplinado.**

**-Se permite el uso de bloques de madera clavados (jamba) en el muro de adobe, que sirve para soportar las puertas.**

**-Se legaliza el uso por mas tiempo de los adobes en los muros de 25 cm. de espesor en estructuras de un solo piso, cuando el muro se encuentra adecuadamente cimentado.**

**-Por falta de textos reglamentarios, los diferentes organismos que intervinieron en la operación definieron las propiedades que parecían esenciales en los bloques:**

**- La resistencia a la compresión sobre material seco y sobre material húmedo.**

**- La absorción de agua por subida capilar.**

**- La estabilidad dimensional (contracciones).**

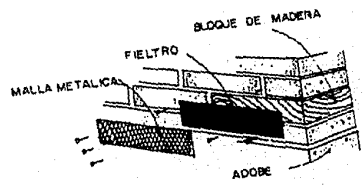
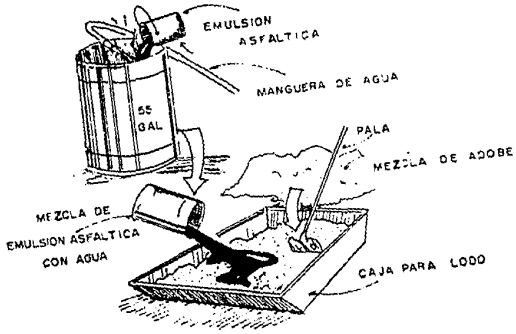
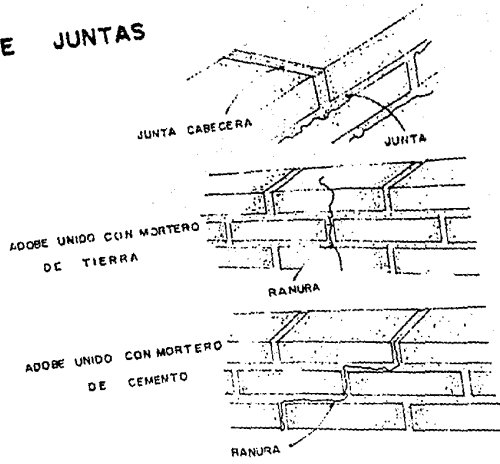
**Para el material tierra, estabilizado no existen procedimientos de pruebas normalizadas o codificadas, por lo que fueron empleados procedimientos experimentales utilizados para otros materiales de construcción.**

GENERALIDADES	MUROS	FUERZA DE COMPRESION	FATIGA DE RUPTURA	MATERIAL	TIPOS DE ROQUE	MORTERO	MUEST	
ARIZONA CIUDAD DE MESA	CONSTRUCCIONES NO MAYORES A UN PISO N	h ≤ 10 VECES ESP. DE MURO M.E. = .40 m M.I. = .30 m	21 Kg cm <sup>2</sup>  UNA MUESTRA DE CADA 5 TENDRA UNA COMP. DE 18kg X cm <sup>2</sup>	3.63 kg X cm <sup>2</sup>  FR = (2) 3uL 280	25% < h < 45% QUE PASE UN TRATZ DE 200  NO MAS DEL 1% SALES SOLUBLES AGUA	TRATADOS: ESTABILIZADOS  NO TRATADOS: 10 cm ARRIBA DEL SUELO	TRATADOS: M ó S  NO TRATADOS: M, S ó N TRASLAPADOS 10 cm	5 DE CAC
ARIZONA CIUDAD DE YUMA	CONSTRUCCIONES NO MAYORES A UN PISO N	h ≤ 10 VECES ESP. DE MURO SI SE SUJETA LATERALMENTE h ≤ 24 VECES ESP. DE MURO M.E. = .25 m M.I. = .25 m	21 Kg cm <sup>2</sup>  UNA MUESTRA DE CADA 5 TENDRA UNA COMP. DE 18kg X cm <sup>2</sup>	3.63 kg X cm <sup>2</sup>  FR = (2) 3uL 280	25% < h < 45% QUE PASE UN TRATZ DE 200  NO MAS DEL 1% SALES SOLUBLES AGUA	TRATADOS: ESTABILIZADOS  NO TRATADOS: 10 cm ARRIBA DEL SUELO	TRATADOS: M ó S  NO TRATADOS: M, S ó N TRASLAPADOS 50 %	
ARIZONA CIUDAD DE TUCSON	CONSTRUCCIONES NO MAYORES A UN PISO N	h ≤ 10 VECES ESP. DE MURO M.E. = .35 m M.I. = .25 m MURO EN PATIO h = 1.80 m ESPESOR = .20 m	21 Kg cm <sup>2</sup>  UNA MUESTRA DE CADA 5 TENDRA UNA COMP. DE 18kg X cm <sup>2</sup>	3.50 kg X cm <sup>2</sup>  FR = (2) 3uL 200	NO MAS DEL 1% SALES SOLUBLES AGUA	TRATADOS: ESTABILIZADOS  NO TRATADOS: 10 cm ARRIBA DEL SUELO	TRATADOS: M ó S  NO TRATADOS: M, S ó N TRASLAPADOS 50 %	
CALIFORNIA	CONSTRUCCIONES NO MAYORES A UN PISO	h ≤ 10 VECES ESP. DE MURO	21 Kg cm <sup>2</sup>  UNA MUESTRA DE CADA 5 TENDRA UNA COMP. DE 18kg X cm <sup>2</sup>	3.63 X cm <sup>2</sup>  (3) 3uL 280	25% < h < 45% QUE PASE UN TRATZ DE 200  NO MAS DEL 1% SALES SOLUBLES AGUA	TRATADOS: ESTABILIZADOS  NO TRATADOS: 10 cm ARRIBA DEL SUELO	TRATADOS: M ó S  NO TRATADOS: M, S ó N	5 DE CAC
NUevo MEXICO	ESPESOR 20 cm.	21 LOS X cm <sup>2</sup> 5 ROBRES	3.63 X cm <sup>2</sup>  (3) 3uL 280		TRATADOS: ESTABILIZADOS  NO TRATADOS: 10 cm ARRIBA DEL SUELO	CON TIERRA ESTABIL. SE PUEDE UTILIZAR COMO MORTERO.  PARA TIPOS M.S.N. TRASLAPADOS 10 cm.	5 DE CAC	
TEXAS	CONSTRUCCIONES NO MAYORES A UN PISO N	h ≤ 10 VECES ESP. DE MURO M.E. = .40 m M.I. = .30 m	21 Kg cm <sup>2</sup>  UNA MUESTRA DE CADA 5 TENDRA UNA COMP. DE 18kg X cm <sup>2</sup>	3.63 kg X cm <sup>2</sup>  FR = (2) 3uL 280	25% < h < 45% QUE PASE UN TRATZ DE 200  NO MAS DEL 1% SALES SOLUBLES AGUA	TRATADOS: ESTABILIZADOS  NO TRATADOS: 10 cm ARRIBA DEL SUELO	TRATADOS: M ó S  NO TRATADOS: M, S ó N TRASLAPADOS 10 cm	5 DE CAC

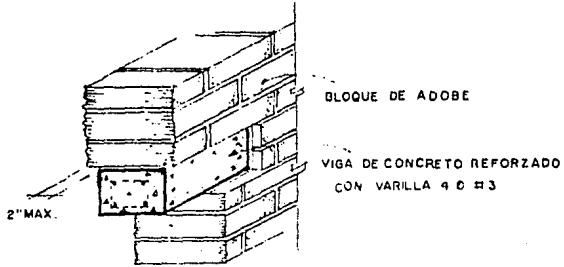
MUESTRO	CONTENIDO DE HUMEDAD	RESORCION	FISURAS POR ENCOGIMIENTO	USO	CIMENTOS	VIGA DE UNION Y ANCLAJE	APLJO
5 DE CADA 5000	NO MAYOR AL 4% DE SU PESO	MUESTRA DE 10 cm <sup>3</sup>	NO MAS DE 3 FISURAS QUE NO EXEDAN 5 cm DE LARGO .32 cm DE ANCHO	COLARSE EN UN MURO HASTA DESPUES DE 3 SEMANAS DE SU FABRICACION	NO ESTABILIZADO: BASE DE CONCRETO DE 15 cm. ESPESOR 1/2 A MURO (15 cm. MAX)	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 CEMENTO PORTL 6 EQUIVALENTE. MALLA DE ALF. CALIBRE 2.5 <
	NO MAYOR AL 4% DE SU PESO	MUESTRA DE 10 cm <sup>3</sup>	NO MAS DE 3 FISURAS QUE NO EXEDAN 7.5 cm DE LARGO .32 cm DE ANCHO	SECARSE AL SOL POR 1 SEMANA. APILARSE 2 SEMANAS MAS ANTES DE COLOCARSE	NO ESTABILIZADO: BASE DE CONCRETO DE 15 cm. ESPESOR 1/2 A MURO (15 cm. MAX)	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 CEMENTO PORTL 6 EQUIVALENTE. MALLA DE ALF. CALIBRE 2.5 <
		MUESTRA DE 10 cm <sup>3</sup>	NO MAS DE 3 FISURAS QUE NO EXEDAN 7.6 cm DE LARGO .30 cm DE ANCHO		NO ESTABILIZADO: BASE DE CONCRETO DE 15 cm. ESPESOR 1/2 A MURO (15 cm. MAX)	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 CEMENTO PORTL 6 EQUIVALENTE. MALLA DE ALF. CALIBRE 2.5 <
5 DE CADA 5000		MUESTRA DE 10 cm <sup>3</sup>	NO MAS DE 3 FISURAS QUE NO EXEDAN 7.5 cm DE LARGO .31 cm DE ANCHO	NO TIENE TIEMPO DE COLOCACION PUEDE SER 2 DIAS MIENTRAS ESTE PERFECTAMENTE SECO	ELEVACION NO MENOR DE 15 cm.	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 CEMENTO PORTL 6 EQUIVALENTE. MALLA DE ALF. CALIBRE 2.5 <
5 DE CADA 25,000						ESTOS PUEDEN SER TANTO DE MADERA COMO DE CONCRETO O ACERO.	UTILIZAR MALLA 2.5 DE ABERTURA Y CALIBRE DE
5 DE CADA 5000	NO MAYOR AL 4% DE SU PESO.	MUESTRA DE 10 cm <sup>3</sup>	NO MAS DE 3 FISURAS QUE NO EXEDAN 5 cm DE LARGO .32 cm DE ANCHO	COLOCARSE EN UN MURO HASTA DESPUES DE 3 SEMANAS DE SU FABRICACION	NO ESTABILIZADO: BASE DE CONCRETO DE 15 cm. ESPESOR 1/2 A MURO (15 cm. MAX)	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 CEMENTO PORTL 6 EQUIVALENTE. MALLA DE ALF. CALIBRE 2.5 <

CERRAMIENTOS	VIGA DE UNION Y ANCLAJE	APLJO	VANOS	DIVISIONES DE MADETA	CERRAMIENTOS
ESTABILIZADO: DE CONCRETO 1. ca. PAR 2 A MURO (ca. MAX)	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 ca. CEMENTO PORTL 0 EQUIVALENTE. MALLA DE ALPA CALIBRE 2.5 c	RESPECTAR ESQUINAS HASTA .70 ca Y ENTRE VANOS NO MENOS DE .70 ca.	FIJARSE AL ADOBES ARRIBA DE 1.25 m DE h.	CLARO MAX. 1.0 m. Y EMPOTRAMIENTO DE 30 ca. EN
ESTABILIZADO: DE CONCRETO 1. ca. PAR 2 A MURO (ca. MAX)	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 ca. CEMENTO PORTL 0 EQUIVALENTE. MALLA DE ALPA CALIBRE 2.5 c			CLARO MAX. 2.4 m.  EL ADOBE PUEDE SALIR UN MAX. DE 5 ca. DE CADA LADO.
ESTABILIZADO: DE CONCRETO 1. ca. PAR 2 A MURO (ca. MAX)	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 ca. CEMENTO PORTL 0 EQUIVALENTE. MALLA DE ALPA CALIBRE 2.5 c			CLARO MAX. 1.0 m. DEBEN SER DE CONCRETO REFORZ. EL ADOBE PUEDE SALIR UN MAX. DE 5 ca. DE CADA LADO.
CON UN DE 15 ca.	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 ca. CEMENTO PORTL 0 EQUIVALENTE. MALLA DE ALPA CALIBRE 2.5 c			
	ESTOS PUEDEN SER TANTO DE MADERA COMO DE CONCRETO O ACERO.	UTILIZAR MALLA 2.5 DE ABERTU Y CALIBRE DE			
ESTABILIZADO: DE CONCRETO 1. ca. PAR 2 A MURO (ca. MAX)	LOS MUROS EXTERIORES DEBEN TENER VIGA CONTINUA DE 25 x 25 MIN. Y DOS VARILLAS CORRUGADAS DEL No. 4	NO TRATADOS: APLANADO EXT. 9 ca. CEMENTO PORTL 0 EQUIVALENTE. MALLA DE ALPA CALIBRE 2.5 c	RESPECTAR ESQUINAS HASTA .70 ca Y ENTRE VANOS NO MENOS DE .70 ca.		CLARO MAX. 2.4 m.  EL ADOBE PUEDE SALIR UN MAX. DE 5 ca. DE CADA LADO.

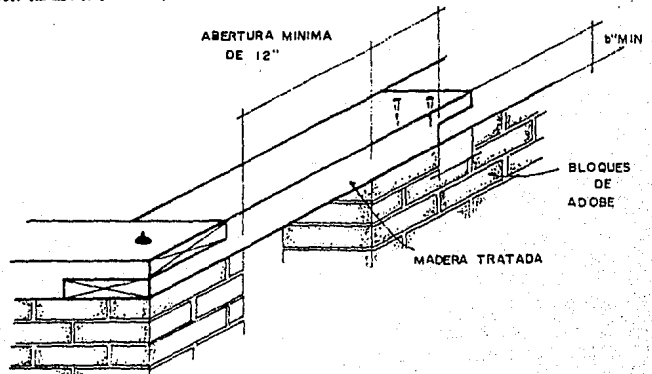
# DETALLE DE JUNTAS



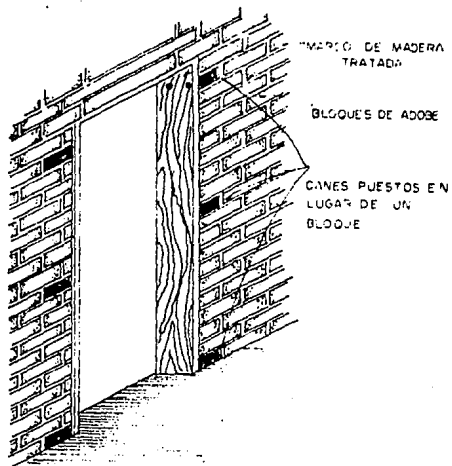
# DINTEL O CERRAMIENTO



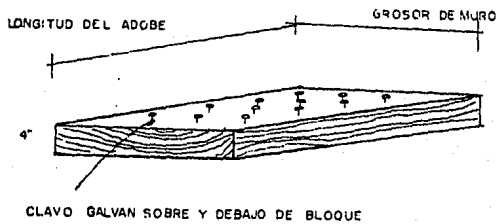
# TRABE DE MADERA



VANO

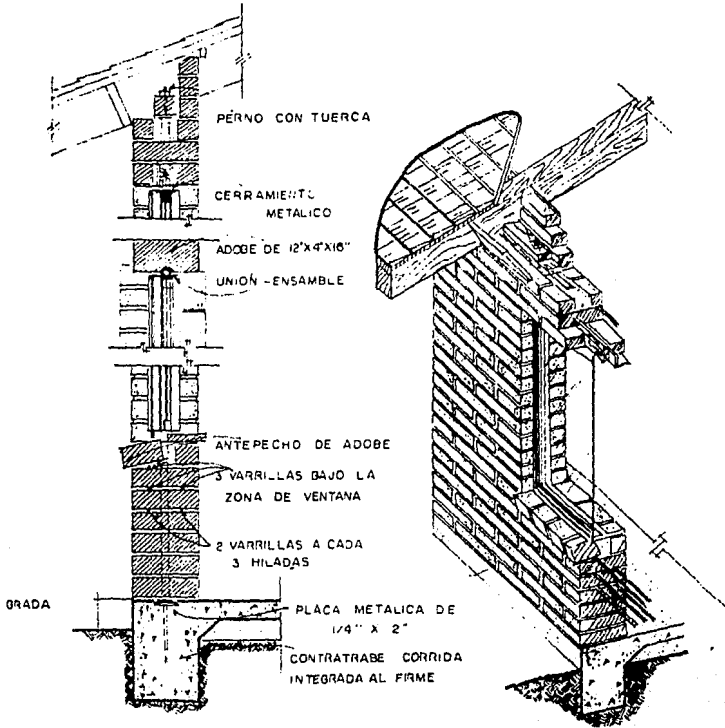


FORMA DE TRATAR LA MADERA

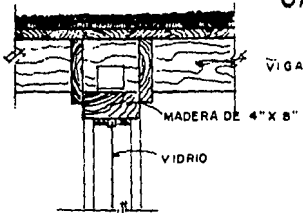




# DETALLE DE MARCO DE ACERO EN ADOBE



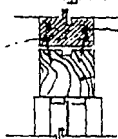
## CABEZA



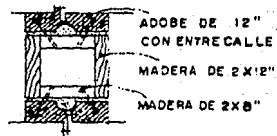
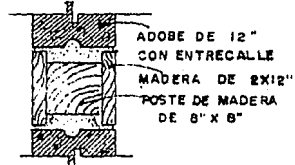
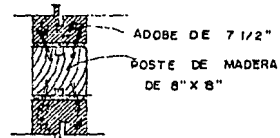
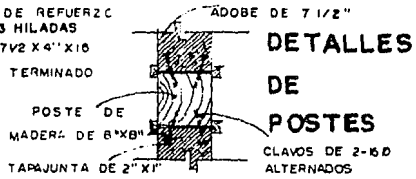
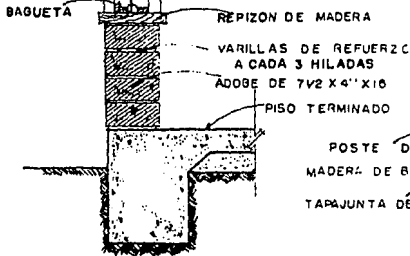
## JAMBA

CLAVOS DE 2-10 D  
ALTERNADOS A  
CADA 3

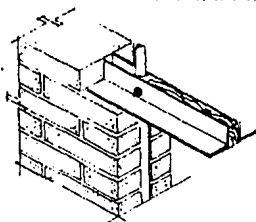
CERRAMIENTO DE MADERA  
POSTE DE MADERA DE 8\"/>



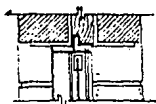
## ANTEPECHO O REPIZON



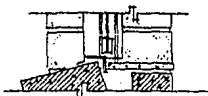
# CERRAMIENTO METALICO



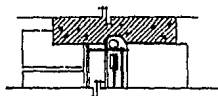
CABEZA



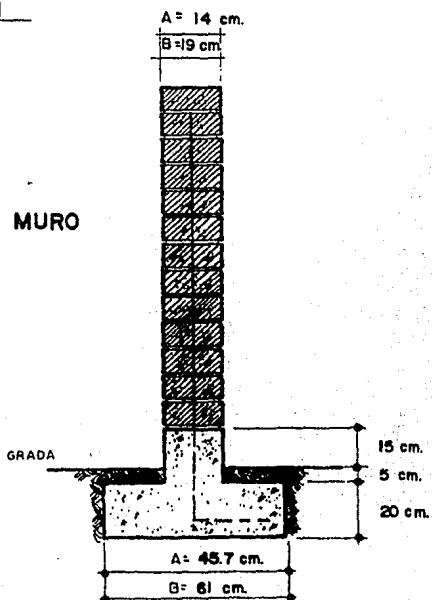
ANTEPECHO O REPIZON



JAMBA



DETALLE DE MURO O BARDA



## **En México.**

**No existen en México Normas para este tipo de construcción por lo que se tomaron en cuenta las siguientes Normas Oficiales Mexicanas.**

- a) Coordinación Modular.**
- b) Ladrillos y bloques cerámicos, de barro, arcilla y/o similares.**
- c) Determinación del agua absorbida por los ladrillos y bloques para la construcción.**
- d) Determinación del coeficiente de absorción y de la impedancia acústica específica de los materiales de construcción por el método del tubo de ondas.**
- e) Tecnología de materiales aislantes acústicos**
- f) Efecto de las impurezas orgánicas en los agregados finos sobre la resistencia de los morteros.**

# 5. ANALISIS DE MAQUINARIA.

Tipología.

Descripción de los productos.

Desarrollo técnico de la Maquinaria.

Recurso de Energía.

Energía y Transmisión.

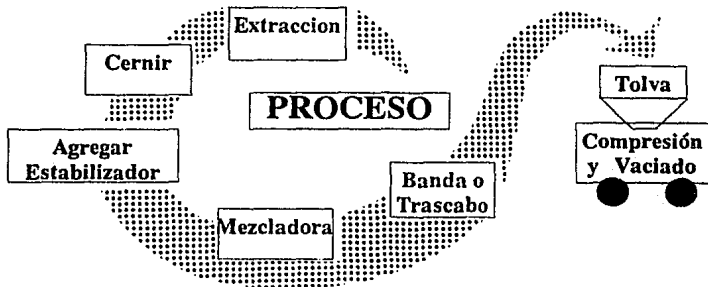
La duración de una construcción a base de tierra depende de su estabilidad al contacto con el agua, el viento y del trabajo estructural que sufra.

En el caso de la tierra cruda se puede incrementar su resistencia agregando un aditivo y/o la compresión del material. Esta compresión es obtenida por medio de una prensa que hace que las partículas pequeñas llenen los espacios entre las partículas grandes. Pudiendo ser esta técnica estática o dinámica.

La elección de la maquinaria a utilizar depende de múltiples factores, que van desde lo técnico, hasta lo económico. A continuación presento un estudio sobre las diferentes máquinas y sus características, tanto técnicas como económicas, rendimientos, consumos de energía, y en fin, una serie de datos técnicos básicos para la elección de un equipo adecuado.

Existen varios tipos de prensas, las manuales y las motorizadas, estas últimas pueden ser móviles o estacionarias, automáticas, de operación simultánea o alternativa (una acción a la vez) de gasolina o eléctricas, de transmisión mecánica o hidráulica, etc...

Existen también junto con las máquinas equipos periféricos que facilitan determinado trabajo. Estos pueden ser: CERNIDOR, BANDA TRANSPORTADORA, MEZCLADORA, TOLVA ETC. y así crear todo un proceso mecanizado para la fabricación de bloques.



## **TIPOLOGIA.**

La primera división que encontramos en la maquinaria para la fabricación de bloques de tierra comprimida, es el mecanismo de operación que presenta, siendo los principales los siguientes:

### **a). Prensas manuales:**

Las operaciones de comprensión y extracción de las piezas son llevadas a cabo manualmente, sin consumo de ningún tipo de energético.

### **b). Prensas motorizadas:**

Las operaciones de comprensión y extracción de las piezas son llevadas a cabo por máquinas motorizadas.

Otro factor importante a considerar, es la posibilidad de trasladar la máquina al lugar que se requiere, o que presente la posibilidad de un traslado que no implique demasiados problemas.

### **c). Unidades de Producción Móviles:**

Cuya característica principal es la fácil transportación. Tenemos que existen prensas motorizadas y eventualmente automáticas. La máquina puede equiparse con llantas a fin de transportarla manualmente, o jalarla con algún vehículo adaptado para tal fin. En el caso de una máquina pequeña, ésta no representa mayor problema, ya que esta se podrá desplazar manualmente o montar sobre un vehículo sin mayor dificultad.

### **d). Unidades de Producción Estacionarias:**

De difícil o nula posibilidad de transportación. Tenemos que existen motorizadas y eventualmente automáticas. Esta maquinaria es del tipo industrial, ó de un alto rendimiento. Generalmente, son muy voluminosas y pesadas, por lo que se requiere de un equipo especial para su transportación, e incluso su instalación.

## **DESCRIPCION DE LOS PRODUCTOS.**

Ciertas máquinas pueden producir un rango completo de componentes (blocks, losetas, tejas, etc.), y para cada uno de los productos, se debe solicitar:

- Denominación.
- Descripción geométrica y dimensiones.
- Esquemas.
- Fotos.

## a). Dimensiones del block:

Es indispensable conocer el tamaño y la geometría del block que produce cada máquina (regular ó irregular), ya que en base a las dimensiones del mismo, partirán las posibilidades de aplicación de cada elemento dentro de la construcción.

Las dimensiones más comunes del block son de 30x15x10 cm., las dos primeras de esas dimensiones corresponden al molde empleado; La tercera dimensión se refiere a la altura. Existen otras dimensiones de blocks que se inspiran en las medidas de los blocks de concreto y del tabique.

Para el típico block, debe solicitarse:

- Dimensiones completas.
- Tolerancias.
- Radio del vano-vacio.
- Secado de la masa.
- Descripción geométrica.
- Esquemas.
- Fotos.

Para distinguir la manera en que el block se colocará, debemos de considerar sus dimensiones y forma, ya que generalmente, éste se acomodará en la misma dirección en la cual se aplicó la compresión durante su fabricación.

Para el molde del bloque, debe tomarse en cuenta la forma y superficie del canto, debido a las juntas tradicionales del mortero (de 1 a 1.5cm de espesor), ó eventualmente para la ausencia de ellas (técnica de autoensamble).

Para tierra con una consistencia dada, las prensas nunca producen blocks idénticos, ésto se debe a la irregularidad en el llenado del molde y a las variaciones de las operaciones de la máquina (temperatura, desgaste mecánico, etc.). Una variación de menos de 1 mm. de altura en el block es buena, mientras que un promedio de 1 a 3 mm. es aceptable; más de 3 mm es medlocre.

Para una acción de compresión estática, por simple transmisión mecánica existe una limitación a una superficie de compresión de alrededor de 500 centímetros cuadrados y diez centímetros de altura. Si las dimensiones del block son muy grandes. Su manejo se dificultara debido al tamaño y peso excesivo del bulto, además de aumentar la fragilidad del mismo.

## b). Dimensiones de Otros Productos:

De la misma forma que el block, para otro tipo de productos se realizará el mismo proceso de evaluación.

Para estos productos terminados se solicitara:

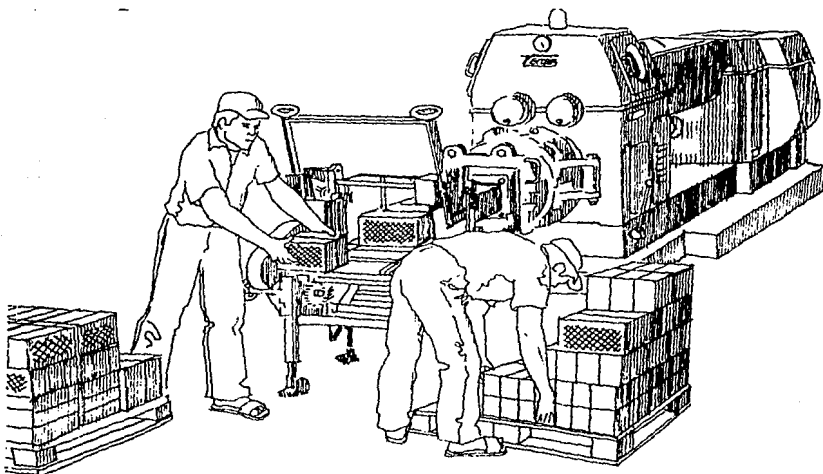
- Denominación.
- Dimensiones completas (L x l x h).
- Tolerancia.
- Radio del vano-vacio.
- Tipo de secado de masa.
- Descripción de geometría.
- Esquemas.
- Fotos.

### c). Apariencia del Block:

Cierta compresión y secado deja expuestos los lados del producto suave, otros lo dejan rugoso. Una u otra de las soluciones puede ser ventajosa, dependiendo del uso posterior del producto. Si los lados del block que serán cubiertos son muy suaves, el proceso de adherencia entre el block y el mortero no se facilitará.

### d). Vaciado:

Dependiendo de las exigencias del diseño y construcción, se pueden producir blocks con vaciado de todo tipo (hueco, perforado parcial ó total de un lado a otro). El volumen vaciado es limitado generalmente a 30% (radio vacío) del total del volumen del producto. En el caso de las máquinas más eficientes, la calidad del granulado de la tierra debe adaptarse al grosor de la partición o lado del panel del bloque, para evitar debilitamiento mecánico y mantener correctamente la apariencia del producto.





## **DESARROLLO TECNICO DE LA MAQUINARIA.**

### **a). Grado de integración:**

En el caso de la producción con unidades móviles ó industriales, que han integrado equipos para la preparación de la tierra y evacuación del producto, se debe verificar si la unidad está provista de operación simultánea ó alternativa (una sola acción cada vez), y las reglas elementales de producción (provisión, correcto proporcionamiento, tiempo de mezclado, etc). Estos son representadas por los diferentes periféricos empleados como son cernidor, transportador ó banda, mezcladora, tolva, etc, y deben presentar capacidades homogéneas para su correcto funcionamiento.

### **b). Grado de automatización:**

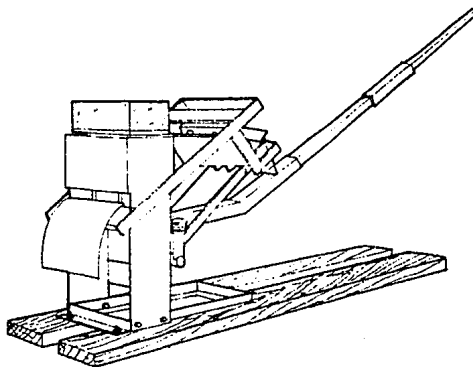
Ciertas máquinas, pueden ejecutar automáticamente todos o parte de las acciones del proceso de producción. Generalmente son la alimentación, compresión, y vaciado dentro del ciclo que es automático. Deberá existir la posibilidad de parar el ciclo en cualquier momento para ajustes, rango de producción y mantenimiento. La precisión de los sistemas de control tanto los mecánicos como electrónicos deben ser verificados cuidadosamente antes de iniciar. Cualquier tipo de reparación deberá ser realizada por un técnico especializado.

## RECURSO DE ENERGIA.

Para operar la prensa, se requieren básicamente dos tipos de consumo de energía, y esta dependerá del tipo de prensa con que se fabrique el bloque. Para una prensa manual, dependeremos del recurso humano, mientras que para, las prensas mecánicas de motor t ó eléctrico dependeremos de un consumo de gasolina, diesel ó electricidad.

### a). Prensas manuales:

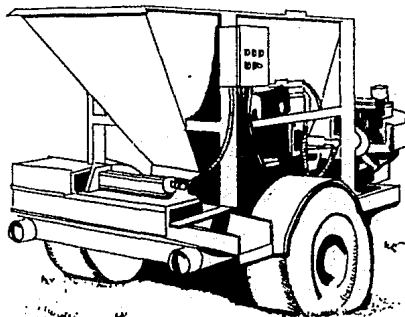
La fuerza ejercida por uno ó varios trabajadores depende principalmente de su peso, de su vigor-fibra y de la atención que le pongan a su trabajo. Existe regularmente una diferencia de calidad notable en el producto final, especialmente después de varias horas de trabajo. Una forma de compensar esta variación en la calidad del bloque, es la de implementar varias cuadrillas de trabajo, las cuales se turnaran durante la jornada de trabajo para operar la prensa.



### b). Prensas motorizadas:

La motorización elimina la fatiga humana asociada con la utilización de las prensas manuales, e incrementa notablemente la fuerza ejercida en la fabricación, por medio de un mayor número de transmisiones mecánicas.

Hasta donde sea posible, es recomendable proveerse de motores grandes, capaces de funcionar en condiciones de uso continuo y forzado ó bajo un clima tropical, por ejemplo, eligiendo entre un rango de motores disponibles en los mercados locales, incluyendo: distribución, partes de repuesto, reparaciones y servicios de mantenimiento adecuados.



Tratando con unidades móviles ó industriales, el uso de un recurso de energía común, para alimentar las diferentes subunidades, crea un problema de interdependencia, que puede causar complicaciones e incluso imposibilitar o dificultar la operación del equipo completo, en el caso de la descompostura de uno de los periféricos (mezcladoras, dosificadores, trituradoras, etc), además de dificultar el acceso y reparación de la falla en el momento de la descompostura mecánica.

## ENERGIA Y TRANSMISION.

La energía puede ser transmitida a los diferentes mecanismos y a la tierra por medio de palancas, pivotes, conexión de varillas-vástagos ó pelota y juntas de sockets, pistones, etc. Hay dos grupos principales dentro de los sistemas de transmisión: el mecánico y el hidráulico.

### a). Sistemas mecánicos:

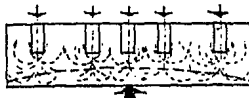
Estos sistemas, generalmente transmiten la energía por medio de engranes, palancas y esfuerzos compartidos entre sus partes. Estos equipos son de una operación simple, pero son sumamente pesados. Este tipo de maquinaria presenta un desgaste considerable al cabo del tiempo por lo que frecuentemente deja de operar para darles mantenimiento, en la producción. En el caso de una descompostura, es a menudo difícil la reparación.

### b). Sistemas hidráulicos:

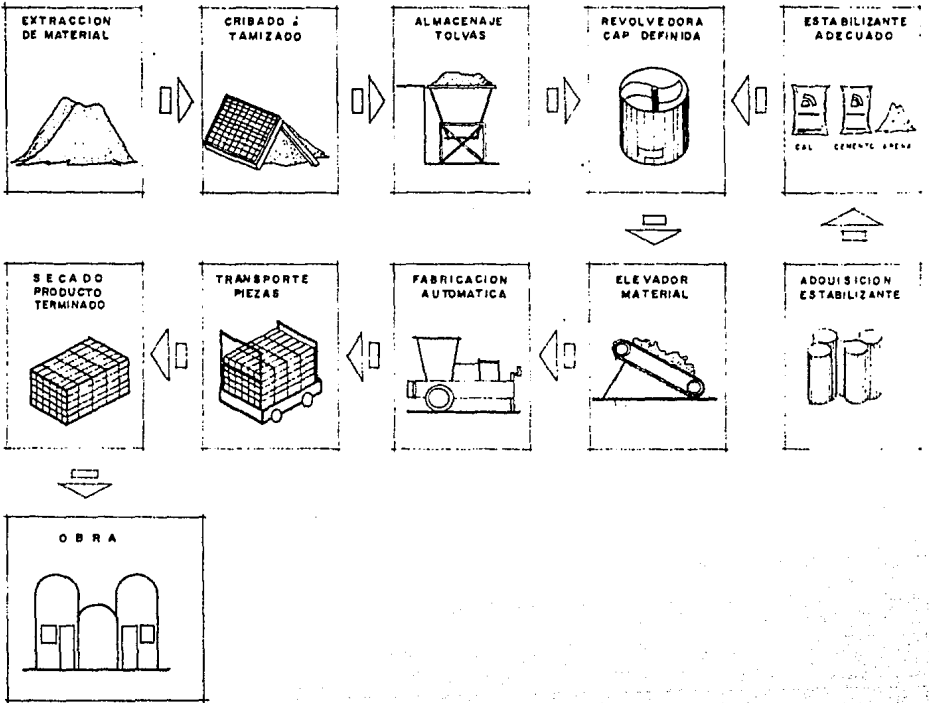
Estas máquinas son más complejas y generalmente más susceptibles a las influencias ambientales, particularmente al aire con polvo ó partículas de arena (las bombas sumergidas son las más protegidas) y por altas temperaturas durante el proceso de producción.

La gran mayoría de las piezas de refacciones para estos sistemas, están diseñadas para que funcionen a temperaturas mínimas de 70 C obligando a los fabricantes equipar las máquinas con mecanismos de enfriamiento para el líquido hidráulico y/o el agua del radiador del motor, ó bien para emplear partes y líquido hidráulico que resista 120 C ó más, todo esto a fin de reducir la presión del líquido dentro del motor y mecanismos. El problema asociado con el sobrecalentamiento de los sistemas hidráulicos son más susceptibles en climas tropicales.

**PRINCIPIO DE LOS  
CICLOS DE VACIADO,  
COMPRESION Y PIEZA  
TERMINADA**



# PROCESO DE PRODUCCION Y ALMACENAJE



ESPECIFICACIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
CLU-3000 MEXICO VIV. PUEBLO	CLU-400 MEXICO VIV. PUEBLO	APL-4000 MEXICO VIV. PUEBLO	ADOPRESS 1000 MEXICO ITALMEN	ADOPRESS 2000 MEXICO ITALMEN	ADOPRESS 3000 MEXICO ITALMEN	ADOPRESS 5000 MEXICO ITALMEN	ADOPRESS 2000 MEXICO ITALMEN	ADOPRESS 12000 MEXICO ITALMEN	ECOMARK 1000 SUIZA	SBA-16 EE-2 FRANC.	CRATERRE TIPO-1 FRANC.	CRATERRE TIPO-2 FRANC.	CRATERRE TIPO-3 FRANC.	ADUBE PRESS 2000 EE.UU.	ADUBE PRESS 5000 EE.UU.	UMATA 1001 BELGICA	REGARR 0 FRANC.	
MOTOR	DIESEL 15.5 CV 2500 RPM	DIESEL 15.5 CV 2500 RPM	ELECT. 15 H.P.	ELECT. 5 H.P.	ELECT. 10 H.P.	ELECT. 20 H.P.	ELECT. 30 H.P.	ELECT. 30 H.P.	ELECT. 40 H.P.	DIESEL 1002 EE-70 7 H.P.	ELECT. 300 V.	MANUAL	GASOLINA	GASOLINA	GASOLINA 10 H.P.	DIESEL	MANUAL	ELECT.
MECANISMO DE OPERACION	HIDR. MANUAL AUTOMAT.	HIDR. MANUAL AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	MECANICA	MECANICA	HIDR. SENT. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	HIDR. AUTOMAT.	MECANICA	HIDR. AUTOMAT.
FZA. DE COMP. (KG.)	15000	15000	15000							15000					15000	15000	15000	31400
DIMEN. DE LA MAQUINA																		
LARGO CM	300	50	185	100	100	140	200	200	220	160	150				250		70	300
ANCHO CM	145	93	130	70	70	70	163	163	163	120	130				140		45	140
ALTO CM	152	163	200	144	144	144	205	205	205	161	250				170		26	200
PESO CM	1600	394		400	405	555	150	1510	1700	600	2000				1500		85	1500
FLEX. DE OPERACION	PORTATIL	ESTAC.	ESTAC.	ESTAC.	ESTAC.	ESTAC.	ESTAC.	ESTAC.	ESTAC.	PORTATIL	ESTAC.	PORTATIL	PORTATIL	PORTATIL	PORTATIL	PORTATIL	PORTATIL	PORTATIL
VOL. DE PROD. DIARIA 8 Hrs	3000	400	4000	1150	2200	3600	5200	2200	14400	800	1000	1200	2400	3600	2000	5000	240000	2000
VOL. DE PROD. POR HORA	375	50	500	145	275	450	650	1025	1800	100	125	150	300	450	250	625	30000	250
ELEVADOR DE MATERIAL	INDEPEN. MANUAL	INDEPEN. MANUAL	INDEPEN. MANUAL	INDEPEN. AUTOMAT.	INDEPEN. AUTOMAT.	INDEPEN. AUTOMAT.	INDEPEN. AUTOMAT.	INDEPEN. AUTOMAT.	INDEPEN. AUTOMAT.	INDEPEN. AUTOMAT.	INDEPEN. AUTOMAT.	INDEPEN. MANUAL	INDEPEN. MANUAL	INDEPEN. AUTOMAT.	INDEPEN. AUTOMAT.			INDEPEN. AUTOMAT.
MEZCLADOR DOSIFICADOR CAPACIDAD	HORIZ. INTEGRAL 100 lts.	INDEPEN. MANUAL	INDEPEN. 110 lts.	INDEPEN. HORIZ. 30-33 m3	INDEPEN. HORIZ. 30-33 m3	INDEPEN. HORIZ. 30-33 m3	INDEPEN. HORIZ. 30-33 m3	INDEPEN. HORIZ. 30-33 m3	INDEPEN. HORIZ. 30-33 m3	INTEGRAM. HORIZ. 5 m3/HR	INTEGRAM. HORIZ. 5 m3/HR		INDEPEN.	INDEPEN.	INDEPEN.	INDEPEN.		INTEGRAM. HORIZ. 300 Lq
COSTO APROX. EN U.S. DLS.	12,500		13,000				17,200		72,250	25,850		4,375	36,000	153,275	12,000	35,000	505	
GASTOS IMPORT. EN U.S. DLS.										7,750		1,300	10,000	45,900	4,300	10,500	320	
COSTO TOTAL EN U.S. DLS.	12,500		13,000				17,200		72,250	33,600		5,675	46,000	199,255	16,300	45,500	825	

NOTA:  
 PARIDAD DE U.S. DLS. A PESOS  
 1 DOLLAR = 2230 PESOS

# 6. PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DEL BLOCK DE TIERRA.

- Resistencia a la Compresión.
- Resistencia a la Flexión.
- Absorción.
- Erosión - Durabilidad.
- Características Termicas.
- Características Acústicas.
- Integración del Laboratorio.

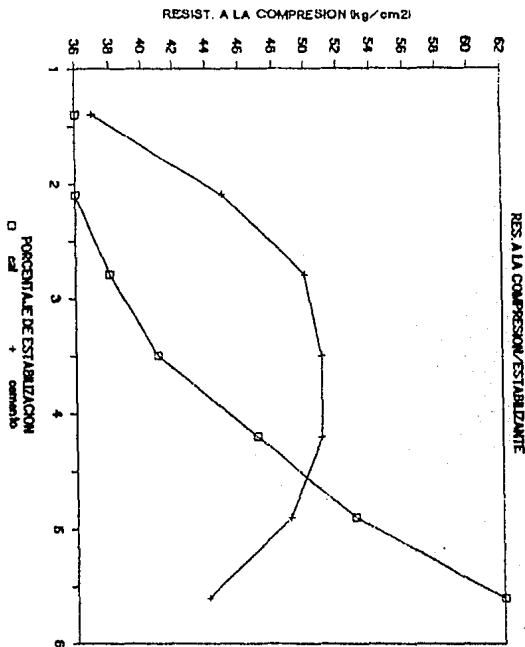
Después del análisis de identificación de materiales básicos, que tiene como fin seleccionar una mezcla con las cualidades requeridas para la fabricación de bloques para la construcción, se deben hacer las pruebas necesarias para la adecuación de estos materiales, las cuales nos permiten verificar si el material de construcción obtenido es bueno. Se deben conocer las reacciones de los materiales antes de pasar al diseño y la realización de la obra, y después, se deben analizar los bloques en términos de la resistencia a la compresión y los efectos de la erosión causados por el agua.

## RESISTENCIA A LA COMPRESION.

Las pruebas de resistencia a la compresión tienen como finalidad determinar la capacidad del bloque para soportar cargas verticales.

Se deben realizar por una parte sobre bloques o probetas cilíndricas (control del material de construcción básico), y sobre muretes (control de la mampostería).

Los resultados sobre características mecánicas de los bloques de tierra comprimida presentados a continuación son producto de ensayos realizados en diversas partes del mundo (Australia, Francia, Perú, México, Estados Unidos, etc.), bajo la supervisión del Centro de Investigación y Aplicación de Tecnologías de la Tierra (CRATerre).



## RESISTENCIA A LA COMPRESION

<i>estabilizante:</i>	<i>Rangos de Resistencia:</i>
Fibras .....	5 a 20 kg/cm <sup>2</sup>
Productos Químicos .....	20 a 40 Kg/cm <sup>2</sup>
Asfalto .....	15 a 60 Kg/cm <sup>2</sup>
Cal .....	30 a 80 Kg/cm <sup>2</sup>
Cemento .....	50 a 100 Kg/cm <sup>2</sup>
Productos Químicos Poderosos ....	150 a 400 Kg/cm <sup>2</sup>

Independientemente a estos resultados se deben realizar los análisis para cada tipo de bloques de tierra, para determinar su comportamiento de acuerdo a los estabilizantes empleados para su fabricación.

En Perú, en base a estudios realizados bajo la supervisión del CRATerre, las recomendaciones para las resistencias de los bloques son las siguientes:

17.6 Kg/cm<sup>2</sup> ..... bueno

17.6 a 14 Kg/cm<sup>2</sup> ..... límite

inferior a 14 Kg/cm<sup>2</sup> ..... malo

### Pruebas sobre los BLOQUES.

#### a) Prueba de Laboratorio.

Las pruebas de compresión se realizarán sobre probetas cilíndricas de 5 cms. de diámetro y 5 cms. de alto, según el UBC (Código de Construcción Uniforme, EUA), ó bien sobre los bloques completos. Después del primer secado destinado a evitar las fisuras de contracción, ( 28 días para productos estabilizados con cemento), las piezas son colocadas en una estufa hasta que alcancen un peso constante para la prueba sobre material seco. Para uniformizar la distribución de carga se asegura después el paralelismo de las superficies poniendo una capa de azufre o de yeso sobre las superficies superior e inferior de las muestras. Después de haber determinado las secciones brutas de los bloques se procede a una prueba de compresión simple con una prensa para materiales duros.

El modo operatorio es semejante al definido en la Norma Oficial para bloques de concreto. La probeta es cargada hasta la rotura. Se registra la carga máxima sostenida. La resistencia a la compresión es obtenida dividiendo la carga de rotura entre la superficie. Las pruebas se deben realizar sobre 5 muestras, y obtener la media.

El "Uniform Building Code" da una resistencia a la compresión mínima aceptable para el adobe estabilizado de 24 Kg/cm<sup>2</sup>. Las recomendaciones de la ONU ("Inter American Housing and Planing Center"), propone una resistencia húmeda mínima de 14 Kg/cm<sup>2</sup>.

## b) Prueba de Campo.

Para ésta prueba se requieren fabricar cilindros de prueba, de 10 cms. de altura por 5 cms. de diámetro c/u.

Los moldes deberán llenarse del material y compactarse con la prensa. Una vez asegurado el secado de las muestras, se procede a realizar las pruebas de carga. Con 2 vigas de madera atadas en un extremo, se coloca el cilindro entre las vigas a una distancia X<sub>1</sub> de 1,00 mt. del amarre. Posteriormente, una persona de peso conocido, empezará a caminar sobre la viga superior y definirá la longitud X<sub>2</sub>, como la distancia del amarre a la posición de falla, y mediante la fórmula  $RI = P/A$ , se calculará la resistencia a la compresión, medida en Kg/cm<sup>2</sup>.

$$P = W (X_2 / X_1)$$

en donde:

P = fuerza actuando sobre el cilindro.

W = peso de la persona sobre la viga.

X<sub>1</sub> = distancia del amarre al cilindro.

X<sub>2</sub> = distancia del amarre a la posición de la persona en el momento de la falla.

A = área de la cara del cilindro en contacto con la viga.

La resistencia final será el promedio de las resistencias de los 5 adobes sometidos a prueba.

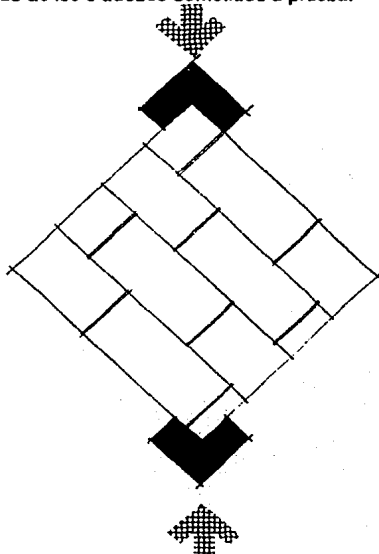
## Pruebas sobre los MURETES.

### a) Prueba de Laboratorio.

Esta prueba de laboratorio trata de probar la resistencia a la compresión vertical y diagonal de la mampostería.

Para la prueba de compresión simple, se fabrican muretes sobreponiendo cinco hiladas de bloques, unidos con mortero, y luego se prueban estos muretes ya secos, siguiendo el mismo procedimiento utilizado para los bloques.

Para la prueba de compresión diagonal, se fabrican muretes cuadrados, se dejan a secar y se prueban en la prensa.





En esta prueba se debe notar además del esfuerzo soportado, el modo de fisuración que presenta el murete por esfuerzo cortante ó por tensión vertical. El modo de fisuración determina la adherencia de los bloques con el mortero, y si este es lo suficientemente fuerte.

Según el estabilizante usado y el tipo de tierra se obtienen diferentes resultados en cuanto a la resistencia a la compresión, por eso es importante hacer las pruebas de las diferentes mezclas y seleccionar así el estabilizante adecuado, según los resultados obtenidos.

## RESISTENCIA A LA FLEXION.

### a) Prueba de Laboratorio.

Esta prueba permite calcular el módulo de ruptura del material, al someter los bloques de la siguiente forma:

Se coloca una pieza sobre dos soportes paralelos de tubo, separados 25 cms. entre si. Una carga concentrada es aplicada a través de otro tubo horizontal colocado sobre la otra cara, en medio del bloque a probar, a razón de 250 Kg/min.

Se observa la carga necesaria para romper el bloque. En donde el módulo de ruptura puede ser calculado por la fórmula siguiente:

$$R = P/2 \times 25 \times \{ P/ (a) \times (e) \times (2) \}$$

Donde:

R = Módulo de ruptura en Kg/cm<sup>2</sup>.

P = Fuerza actuando sobre el cilindro.

25 = Distancia de soporte en cms.

a = Ancho del bloque en cms.

e = Espesor del bloque en cms.

Se toma la media de 5 pruebas para establecer el módulo de ruptura.

El "UBC" (Uniform Building Code, USA), propone para la tierra estabilizada un módulo de ruptura un mínimo de 4 Kg/cm<sup>2</sup>.

En Perú, las recomendaciones para adobe estabilizado, el módulo de ruptura tiene que ser superior a 3.5 Kg/cm<sup>2</sup> para ser aceptado.

## ABSORCION.

### a) Prueba de Laboratorio.

Para realizar la prueba es necesario tallar en el material, cinco muestras cubicas de 10 cm. de lado, estas se secan en una estufa hasta que alcancen un peso constante, y la pérdida de peso será apuntada (proporción de agua).

Ya secas, las muestras serán refrigeradas y colocadas sobre una superficie porosa constantemente saturada de agua, y en una atmosfera húmeda. Después de 7 días, se mide el aumento de peso de las muestras restandole el porcentaje del peso seco. Posteriormente se obtiene la media de las 5 muestras las cuales son tomadas al azar de un lote de producción no mayor de 1,000 piezas.

Después de un secado en una estufa ventilada a 50 C durante 4 días las muestras se colocan sobre una rejilla metálica cubierta con un material absorbente (papel filtro por ejemplo), y cuyos bordes estarán inmersos en agua. Las medidas serán hechas hasta obtener una masa constante.

El "UBC", para adobe estabilizado da una absorción máxima en 7 días de 2.5% del peso seco, y una proporción de agua máxima del 4% del peso seco.

Las recomendaciones en Perú sobre el adobe estabilizado marcan los siguientes parámetros:

- 2 % o menos ..... excelente
- 2 % a 3 % ..... bueno
- 3 % a 4 % ..... tolerable
- 4 % o más ..... insuficiente

## EROSION- DURABILIDAD.

### a) Prueba de Laboratorio.

La prueba de remojo-secamiento permite probar la durabilidad del material . Para la realización de ésta prueba se deben confeccionar 3 probetas: "A", "B", y "C".

"A" servirá para el estudio de las variaciones de volumen.

"B" y "C" servirán para determinar la pérdida de pesos del material después de cada ciclo.

Las muestras serán secadas al aire y sometidas a una serie de 12 ciclos que se componen de los siguientes pasos:

- 1) 5 horas de inmersión al final de las cuales la probeta "A" es medida y pesada.
- 2) 42 horas de secamiento en la estufa a 60 C la probeta "A" es medida y pesada, las probetas "B" y "C" son cepilladas: 4 cepilladas en las extremidades, y de 18 a 20 sobre las paredes, después son vueltas a pesar.

El ciclo completo no debe excederse de 48 horas. Se repite el ciclo 12 veces, y luego las muestras son secadas hasta obtener un peso constante. La pérdida de peso admitida después de 12 ciclos no debe ser mayor al 10%.

Las recomendaciones de la ONU por parte del "American Housing and Planning Center" (INVA), dictan que la pérdida de peso después de 12 ciclos de remojo-secamiento será dentro de los siguientes rangos:

Edificios Urbanos:

5% para todos los climas,

10% en clima seco.

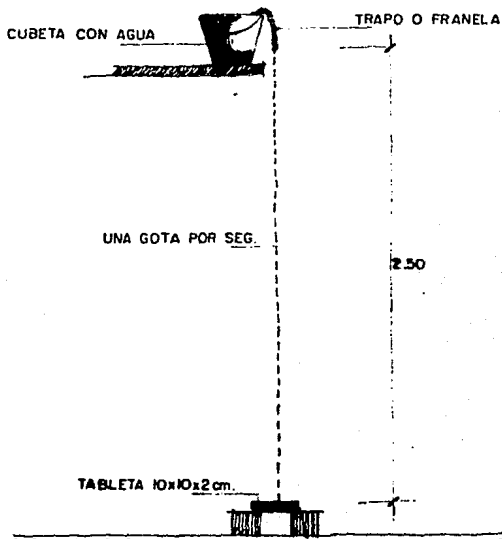
Edificios Rurales modestos

10 % para todos los climas y clima seco.

En su cartilla de pruebas de campo, el Ing. L. E. Hernández Ruiz y el Arq. J. A. Marquez Luna, proponen una prueba que permite conocer la resistencia al intemperismo en bloques fabricados con tierra, al someterlos a un goteo continuo para simular lluvia.

para llevar a cabo la prueba, se mezcla un poco de material con agua; se rellena un molde de madera de 10 x 10 x 2cm. y se deja secar (curar en el caso de estar estabilizado con cemento). Se coloca la placa en el piso y a una altura de 2.50 m, se deja caer una gota desde un recipiente lleno de agua, en el cual se introduce una tela formando un pico al exterior, por donde caerá la gota constantemente.

Cuando la placa resiste el goteo con una frecuencia de 50 a 60 gotas por minuto sin perforarse, se considera que el material es adecuado para utilizarse en la construcción.



## CARACTERISTICAS TERMICAS.

En cualquier región del mundo las condiciones de confort térmico al interior de las viviendas, oscila entre los 17 y 20 C. y dependen de las características físicas de la construcción (muros, techos, ventanas, orientación, etc.). Estos definen la magnitud y dirección de los intercambios de calor entre el exterior y el interior de la vivienda, mediante procesos de radiación, convección y conducción.

Para un muro construido según los diferentes materiales, estas características serán principalmente:

- El color de la superficie exterior (mayor o menor absorción de calor del sol).
- Su espesor.
- La conductividad del material.
- La capacidad calorífica del material.

La conductividad térmica ( $\sim$ ) caracteriza la capacidad de cada material para transmitir calor. Para una superficie (a) de un muro de espesor (e), cuyas paredes están a unas temperaturas (T1) y (T2) respectivamente, el flujo de calor transmitido (Q) por conducción es:

$$Q = (\sim) \times (a) \times T_1 - T_2 / (e)$$

Donde:

Q = Flujo de calor transmitido por conducción.

$\sim$  = Conductividad Térmica.

a = Superficie del muro.

T1 = Temperatura del muro en la pared exterior.

T2 = Temperatura del muro en la pared interior.

e = Espesor del muro.

Así un muro hecho de un material de elevada conductividad térmica, transfiere mejor el calor de su superficie exterior a la interior.

La capacidad calorífica representa la cantidad de calor que debe suministrarse a una unidad de masa del material para que su temperatura se eleve 1 grado C. Esta expresa entonces una capacidad de retención de calor mayor ó menor.

Mientras que el espesor y la capacidad térmica del muro aumenten y la conductividad térmica del material disminuya, la amplitud de la onda calorífica disminuirá. Es decir, que el retraso térmico (ó espaciamiento horario de los índices máximos de temperatura entre ambas superficies del muro), y el amortiguamiento térmico (relación entre las temperaturas máximas interiores y máximas exteriores) serán más importantes, ó bien que la inercia térmica del muro será más importante.

Generalmente los materiales de construcción más densos poseen gran inercia térmica, comparada con los menos densos.

Ensayos experimentales fueron realizados por varios organismos en Australia, EUA, y Francia, y dan una idea de las características de la tierra. Su conductividad sigue una curva creciente en función de la densidad aparente (ésta curva está muy cerca de las que describe el concreto), y se sitúa generalmente entre 0.44 y 0.57 Kcal/hm C., y su calor específico de la tierra varía de 0.18 Kcal/kg a 0.2 Kcal/kg.

El coeficiente global de transmisión de un muro que traduce ambos fenómenos de la conducción y de la convección al nivel de las superficies es:

$K = 1.6 \text{ Kcal/hm}^2$ , para un muro de 20 cms.

$K = 1.2 \text{ Kcal/hm}^2$ , para un muro de 30 cms.

$K = 1.0 \text{ Kcal/hm}^2$ , para un muro de 40 cms.

$K = 0.8 \text{ Kcal/hm}^2$ , para un muro de 50 cms.

Se puede también medir el amortiguamiento térmico: para un muro de 40 cms. será de un 10%, y el retraso térmico de 8 a 12 horas para el mismo muro.

La tierra estabilizada es parte entonces de los materiales de gran inercia térmica. En comparación, la conductividad del concreto se sitúa entre 0.68 y 1.46 Kcal/hm y su calor específico tiene el valor de 0.21 Kcal/kg.

De la gran inercia térmica de la tierra se puede deducir la adecuación de este tipo de material en las regiones donde el ambiente externo es muy variable (países tropicales secos con asoleamiento fuerte), por lo que las condiciones internas de confort son difíciles de mantener, y la tierra como elemento térmico, es de los pocos materiales capaces de lograr un aislamiento confortable con respecto al exterior.

La tierra comprimida con una densidad que varía de 1.5 a 2.0 ó más posee las características de los materiales de construcción densos. Los muros de tierra tienen la propiedad de absorber energía solar durante el día, la cual es transferida como calor al interior de la vivienda en un lapso de tiempo que coincide con las necesidades de radiación por las noches. La irradiación de calor desde el interior de los muros se efectúa durante la noche y cesa por la mañana, manteniendo fresca la vivienda durante el día, y caliente por las noches.

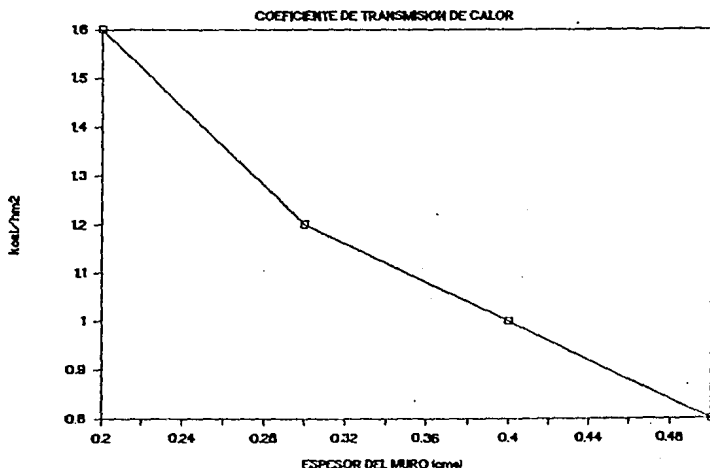
Por el contrario, en clima cálido seco, con estación de invierno templado y en verano caluroso, deberá evitarse el uso de materiales pesados que propicien la acumulación de calor hasta un nivel que imposibilite su enfriamiento, aún por las noches. Los habitantes de las regiones desérticas han recurrido a viviendas construidas con materiales muy ligeros incapaces de absorber calor.

La tierra tiene la propiedad de cambiar sus características térmicas con la humedad. El porcentaje de absorción de agua de los muros dependiendo de la temperatura y esencialmente de la humedad relativa, puede variar entre 1.5% en verano y 7% en invierno. Estas variaciones son más o menos acentuadas según la higroscopicidad del material y la de sus recubrimientos.

Paralelamente las variaciones de la conductividad son importantes y equivalen a un aumento de un 12% para un incremento de un 1% del porcentaje de la humedad en volumen.

La capacidad calorífica, en cuanto a ella, aumenta con la humedad. La facultad de absorción de agua de la tierra multiplica su capacidad de almacenamiento térmico sin embargo, la lentitud de los fenómenos de migración de agua en los muros de tierra hace que ésta capacidad sólo pueda jugar completamente sobre ciclos largos ó anuales, pero que la capacidad realmente utilizada en los ciclos diarios es mucho más débil.

Así se podría llegar a la paradoja aparente que las tierras más ligeras son a la vez más aislantes (la conductividad disminuye con la densidad) y más inertes.



## CARACTERISTICAS ACUSTICAS.

Actualmente, la edificación ha experimentado progresos en casi todos los aspectos, sin embargo hay un aspecto que se ha relegado a un 2do. término por resolver otros de carácter económico, es la sonoridad.

En la actualidad uno de los principales problemas son los altos niveles de contaminación. Un nivel de ruido alto es la causa de muchos trastornos físicos y psicológicos principalmente. Esto ha hecho que actualmente se desarrollen investigaciones para lograr materiales capaces de aislar acústicamente a las construcciones de una manera efectiva.

Actualmente las viviendas son incomparablemente más ruidosas que las de hace medio siglo, y esto se debe principalmente a:

- a) El crecimiento urbano y suburbano.
- b) Los materiales aligerados o prefabricados que se emplean en la construcción de vivienda de interés social, los cuales carecen de defensa sonora.

Se utilizan muros y cubiertas en espesores de 20 cms. para los casos de muros exteriores y comunes, a fin de aislar acústicamente la vivienda del exterior, ó entre ellas mismas; y muros de 10 cms. en muros divisorios en el interior de la vivienda.

Los bloques de tierra estabilizada y comprimida poseen un alto poder aislante para el sonido ya que presentan una densidad alta, y la pérdida por transmisión (TL) en decibeles oscila entre los 48 y 59db. en frecuencias de 250 c/s a 2,000 c/s respectivamente.

TL = Pérdida de transmisión media = 51 db.

Esto representa un 50% más que el block hueco de 10 cms. ya que el peso del material es de 9.0 Kgs por pieza (270 Kgs/m<sup>2</sup>), y su densidad favorece altamente sus características de aislamiento acústico.

## **INTEGRACION DEL LABORATORIO.**

La obtención de una buena calidad requiere la integración de laboratorios que permitan un control regular de las materias primas, de la fabricación y los productos acabados.

Llevar un control desde el principio, dentro del ciclo de producción reducirá las demoras de reacción en caso de falla. Implica también una explotación permanente de los resultados y su utilización para mejorar la fabricación y las composiciones del material. La verificación de las cualidades esenciales requeridas se puede hacer por una parte en campo, por otra parte dentro de un laboratorio, es decir un lugar en donde se puedan colocar algunos equipos no móviles.

### **a) Laboratorio Técnico.**

El laboratorio central requiere un cierto número de aparatos que deben permitir controlar con precisión las características del material básico y de los bloques.

Sin embargo es imposible conocer los límites de estas pruebas, es decir su relatividad. Esta relatividad tiene que ser tomada en cuenta a nivel de la interpretación.

Así un método de decisión va apoyarse por una parte sobre datos obtenidos en el laboratorio y por otra parte por experiencias y apreciaciones sensoriales.

Los ensayos se pueden repartir en 3 niveles:

- Análisis de la tierra y elaboración de la materia prima
- Fabricación de los bloques.
- Control de la producción.

La tabla siguiente presenta algunas pruebas esenciales y sus equipos. Estas siguen una progresión que toma en cuenta las etapas de la producción.

L A B O R A T O R I O    T E C N I C O

ETAPA	PRUEBA	EQUIPO REQUERIDO	DATOS
ANALISIS DE LA TIERRA DISPONIBLE	PERCENTAJE DE AGUA NATURAL	- HOPHO - BALANZA DE TORSION	PORCENTAJE DE AGUA INICIAL DE LA TIERRA
	GRANULOMETRIA	- CHAROLAS METALICAS - JUEGO DE PALAS - BALANZA DE TORSION O ELECTRICA DE 0.1 g DE APROXIMACION - HORNO DE TEMPERATURA CONSTANTE DE 105 °C. - BROCHA - ESPATULA - PISETA	CURVA GRANULOMETRICA DE LA TIERRA
	SEDIMENTACION	- PAPEL PH - DEFLOCULANTE - AGUA DESTILADA - 2 PROBETAS GRADUADAS DE 1000 ml - 2 DENSIMETROS " HIDROMETROS DE CASORANDE " GRADUADOS DE 995 A 1050 - TERMOMETRO DE LABORATORIO DE MERCURIO DE 1/8 DE °C GRADUADO DE +10°C A 60°C - AGITADOR MANUAL PARA PROBETA DE 1 LITRO - 1 CROMOMETRO - UN VASO DE PRECIPITADO DE MAS DE 20 CM3	CURVA GRANULOMETRICA DE LA TIERRA
	LIMITE DE LIQUIDACION	- DISPOSITIVO DE CASORANDE INCLUYENDO SOLERA PLANA DE 1 CM. DE ESPESOR Y EL RAJURADO PLANO - PLACA DE VIDRIO - CAPSULAS DE PORCELANA - HORNO	PLASTICIDAD
ELABORACION DE UN MATERIAL BASICO ADECUADO POR SI ES NECESARIO	CONTRACCION	- CAJA DE MADERA DE 2 X 2 X 10 CM. - ESPATULA - REGLA - HORNO	ACTIVIDAD DE LAS ARCILLAS
CORRECCION DE GRANULOMETRIA Y UTILIZACION DE ESTABILIZANTES	PRUEBA PROCTOR	- CILINDRO PROCTOR DE COMPACTACION - CHAROLA - JUEGO DE ESPATULAS Y ENRASADOR - PIEZA DE MADERA PARA DESMORONAR FERROYES - PROBETA GRADUADA DE 500 CM3 - CAPSULA DE PORCELANA O MATERIAL REFRACTARIO - BALANZA - HORNO	CONTENIDO DE AGUA OPTIMO PARA COMPACTACION
CONTROL DE LA PRODUCCION	DENSIDAD SECA	- HORNO - BALANZA	
	PRUEBA DE COMPRESION	- PRENSA ESPECIAL PARA PRUEBAS DE COMPRESION - RECIPIENTES PARA PREPARACION DEL AZUFRE	RESISTENCIA A LA COMPRESION DE BLOQUES Y MUESTRAS
	PRUEBA DE FLEXION	- MAQUINA PARA PRUEBA A FLEXION	RESISTENCIA A LA FLEXION
	PRUEBA DE ABSORCION	- REJILLA - CHAROLA - PAPEL FILTRO - BALANZA	COMPORTAMIENTO CON RESPECTO AL AGUA
	PRUEBA DE EROSION	- REJILLA - SURTIDOR - REGLA - BALANZA	RESISTENCIA A LA EROSION POR AGUA
	PRUEBA DE REMOJO Y SECAMIENTO	- CHAROLAS - HORNO - CEPILLO - BALANZA	RESISTENCIA A LA EROSION POR AGUA



## b) Laboratorio de campo.

Lo que llamamos laboratorio de campo en realidad solo agrupa herramientas limitadas. En el terreno mismo se realizan ensayos sensoriales y pruebas sencillas que permiten apreciar las cualidades de la tierra, cuestión que depende de la experiencia de la persona que realiza las pruebas.

La tabla siguiente propone un orden posible de realización de las pruebas, y precisa el equipo requerido para cada una de ellas.

L A B O R A T O R I O D E C A M P O

ETAPA	PRUEBA	EQUIPO REQUERIDO	DATOS
ANÁLISIS DE LA TIERRA DISPONIBLE	PRUEBA DEL OLOR	- PRUEBA SENSORIAL	PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA
	PRUEBA DEL COLOR	- PRUEBA SENSORIAL	PRESENCIA DE MATERIA ORGÁNICA
	PRUEBA VISUAL DE TEXTURA	- PRUEBA SENSORIAL	COMPONENTE PREDOMINANTE DEL SUELO
	PRUEBA DEL TACTO	- PRUEBA SENSORIAL	COMPONENTE PREDOMINANTE DEL SUELO
	PRUEBA DE LA HORDEDURA	- PRUEBA SENSORIAL	COMPONENTE PREDOMINANTE DEL SUELO
	PRUEBA DEL LAVO DE MANOS	- PRUEBA SENSORIAL	COMPONENTE PREDOMINANTE DEL SUELO
ELABORACION DE UN MATERIAL BASICO ADECUADO POR SI ES NECESARIO	PRUEBA DEL BRILLO	- CUCHILLO	COMPONENTE PREDOMINANTE DEL SUELO
CORRECCION DE GRANULOMETRIA	PRUEBA DE SEDIMENTACION SIMPLIFICADA EN CAMPO	- BOTECLA DE VIDRIO TRANSPARENTE GRADUADA - CHAROLA - TROZO DE MADERA ESCUADRADO	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENA, LIMO Y ARCILLA,
UTILIZACION DE ESTABILIZANTES	PRUEBA SOBRE LOS FINOS: - DE SACUDIDAS - DE CORDON - DE LA CINTILLA - DE RESISTENCIA SECA - CONTRACCION - CAJA DE MADERA DE 2 X 2 X 10 CM - ESPATULA - REGLA	- PLACA DE VIDRIO	CONTENIDO DE ARCILLA, PLASTICIDAD.
FABRICACION DE LOS BLOQUES	PRUEBA DE LA BOLA	- PLACA PLANA - ESTUFA - CHAROLA MECANICA - BALANZA	CONTENIDO DE AGUA ADECUADO PARA LA COMPACTACION.
CONTROL DE LA PRODUCCION	PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE	- MOLDES PARA FABRICAR CILINDROS - DOS VIGAS DE MADERA - CORDON PARA AMARRE - CINTA DE MEDIR	RESISTENCIA A LA COMPRESION
	PRUEBA DE FLEXION	- RELOJ O CRONOMETRO	RESISTENCIA A LA FLEXION
	PRUEBA DE ABSORCION	- CHAROLA	
	PRUEBA DE PERMEABILIDAD	- MOLDE DE MADERA DE 10 X 10 X 2 CM - ESPATULA - RECIPIENTE PARA AGUA - PEDRAZO DE TELA	RESISTENCIA AL INTemperismo

Conociendo las características que se deben tomar en cuenta, tanto en el nivel de la materia prima como en el de los productos acabados y teniendo el equipo necesario para realizar las pruebas, se trata de seguir un paso que nos permita aprovechar los resultados conseguidos ya sea en campo o en el laboratorio, sin pérdida de tiempo.

### **c) Recomendaciones para las pruebas de Laboratorio.**

Para la determinación de los esfuerzos de piezas, morteros y mamposterías de deberán tomar los siguientes criterios de análisis:

Se determinará la resistencia a la compresión de las piezas comprimidas, tanto para morteros como para mamposterías, en base a las Normas Técnicas Complementarias para Diseño de Mamposterías del D.D.F; las cuales se refieren a los siguientes puntos:

A) A la resistencia a la compresión de las piezas que deberá ser alcanzado por el 98% de las piezas, a través de 3 muestras de 10 pzas. c/u de diferentes lotes de fabricación.

B) A la resistencia a la compresión de los morteros, de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas.

C) A la compresión de los muros, en base al alcanzado por pilas de por lo menos 3 piezas sobrepuestas y con una relación de altura-espesor de 2:5, considerando los factores correctivos de esbeltez indicados en las mismas normas. Las pruebas se habrán de realizar sobre un mínimo de 9 pilas construidas con piezas procedentes de diferentes lotes de fabricación.

D) Pruebas para determinar el esfuerzo ortante resistente con muretes de una longitud igual a 1.5 veces la dimensión máxima de la pieza y las hileras necesarias para que la altura sea igual al largo de los muretes.

## 7. DEFINICION DEL PROYECTO.

- Criterios de Diseño.
- Cimentación.
- Bóvedas, Entrepisos y Domos.
- Muros, Vanos y Refuerzos.
- Crecimiento.

### CRITERIOS DE DISEÑO.

Se trata de integrar un sistema de vivienda que contemple todos y cada uno de los elementos y actividades que componen un conjunto habitacional.

Ayudados en la normatividad que dicta la coordinación modular se utilizara una red modular de 3.30 x 3.30 mts. generandose así espacios arquitectónicos y urbanos que permitan el desarrollo adecuado de un diseño modular humanamente habitable.

A nivel arquitectónico la vivienda debe tener la virtud de adaptarse a cualquier cajón de los organismos que financian la construcción, en México ( FONHAPO, FONAVIR, FOVI, INFONAVIT, etc...) pudiendose dotar, si se quiere, desde lotes con servicios hasta vivienda terminada, pasando por las diferentes graduaciones que se tienen: vivienda pie de casa, vivienda progresiva y vivienda terminada.

A nivel urbano las viviendas deben formar al agruparse, pequeñas células entrono a un patio central el cual puede albergar las areas de estacionamiento, dependiendo de las necesidades especificas del caso en cuestión.

Estas células se plantean en un regimen de condominio, con el propósito de optimizar los recursos que se tengan para una promoción de vivienda, como por ejemplo utilizar muros medianeros, el prorateo de instalaciones generales, optimización de vialidades y circulaciones horizontales, etc...

## CIMENTACION.

Toda construcción hecha a base de tierra ha tenido desde siempre una premisa básica:

"Las casas de tierra deben tener unos buenos zapatos y un buen sombrero para protegerse de su peor enemigo: el agua."

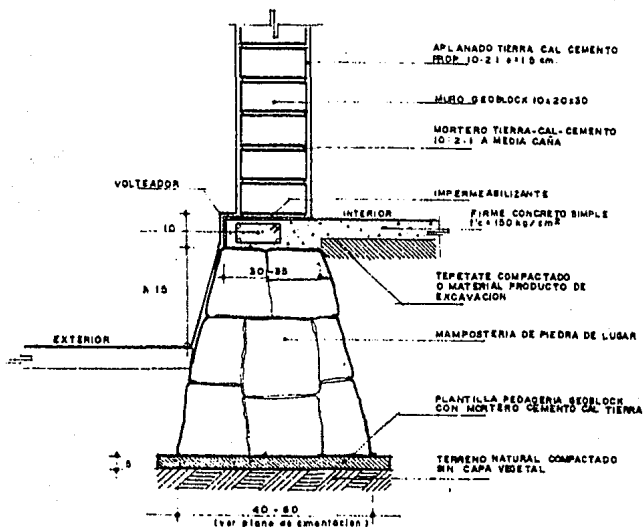
Esta metáfora que caracteriza el objetivo de permanencia de una construcción de tierra, subraya que con un basamento y una techumbre bien impermeabilizadas garantizarán que la erosión no haga mella en la construcción.

No basta solamente la protección que se adquiere estableciendo los bloques, sino garantizando por un lado, que la cimentación no permita el paso del agua por capilaridad hacia los muros, impermeabilizando de una forma eficaz la corona de la cimentación, y como tradicionalmente se hace en cualquier tipo de cimentación, en el desplante de los muros.

El material de los cimientos debe resistir la carga que recibirá de la edificación, así como aislar los muros del suelo adyacente, sobresaliendo un mínimo de 15 cms. sobre cualquier punto del terreno adyacente.

Como principio básico de protección debemos observar estos puntos en cualquier proyecto donde sea utilizada la tierra como material básico de construcción.

### DESPLANTE MUROS



## MUROS, VANOS Y REFUERZOS.

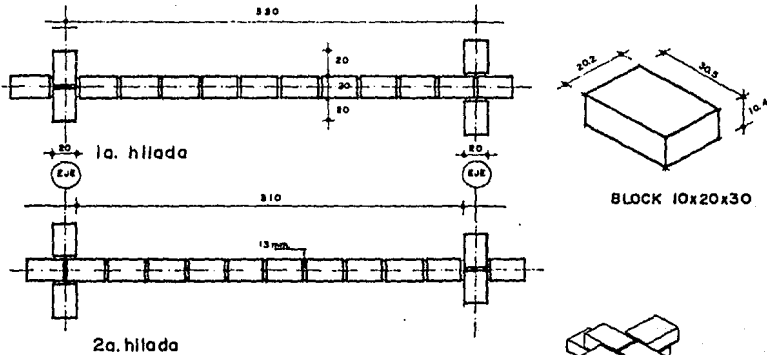
La forma de acomodo de los adobes al construir un muro, dependerá del espesor que éste tendrá. A continuación se presentan diversas formas de acomodo según las dimensiones de las piezas y el espesor que se desee lograr en el muro, con las diferentes soluciones para sus crucesos.

La relación de esbeltez (ancho-alto) de los muros, dependerá del trabajo estructural que realicen cada uno de ellos. De ésta manera los podremos dividir en:

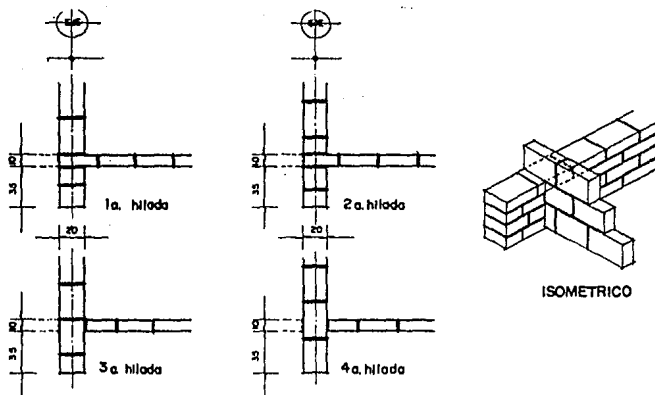
- 1) Muros de carga
- 2) Muros divisorios

En base al bloque de medidas nominales 10 x 20 x 30 cm. planteamos tres alternativas de solución y despiece para muros y sus crucesos, tomando en cuenta el trabajo estructural que realizarán:

- A) Muros de 10 cms. de espesor, para elementos divisorios.
- B) Muros de 20 cms. de espesor, para elementos de carga.
- C) Intersecciones de Muros de 10 y 20 cms. de espesor.

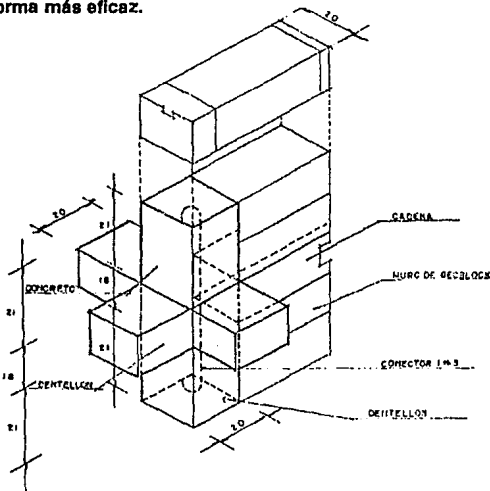


Con el propósito de rigidizar la estructura sin el uso de castillos de concreto para confinar los muros, se retoma una solución de antaño: generar cruceros a base de traslapar los bloques en las esquinas a manera de contrafuertes.



Para evitar los posibles desplazamientos de la estructura, se debe colar en todos los coronamientos de los muros, una cadena de liga con el fin de hacer un cinturón perimetral que amarre la estructura. Bajo ésta dala ó cadena, se colarán dentellones de concreto en las esquinas de cada muro, los cuales estarán localizados en la parte baja de la dala misma, sustituyendo a un bloque.

Estos dentellones evitarán los posibles desplazamientos de la estructura, ya que anclará la dala a los muros de una forma más eficaz.



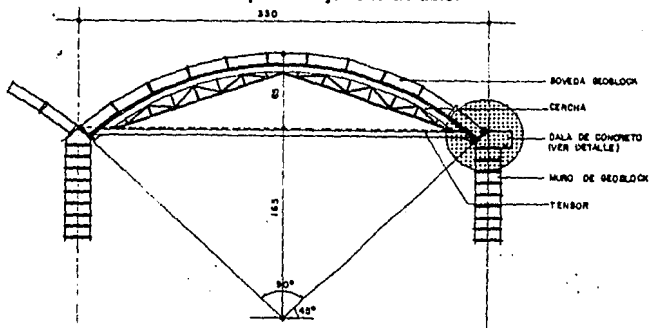
DETALLE DE DENTELLON  
(2 niveles)

En los casos que los muros tengan doble altura, será necesario colar a la mitad de ésta, un sincho o cadena perimetral, que coincidirá con la altura del entrepiso, y ésta será adicional a la que se localiza en el coronamiento de los muros, para garantizar la rigidez estructural necesaria de éstos, y que servirá como apoyo a futuro del entrepiso a base de materiales ligeros, como veremos más adelante.

Los vanos de puertas y ventanas deben estar dimensionados de tal manera, que la relación del vano-macizo nunca se vea igualada ó superada por las perforaciones. Para salvar los claros, se utilizarán las mismas cadenas de cerramiento en la parte superior de éstos. Los vanos estarán localizados a una distancia tal de las esquinas, que permitan el desarrollo completo de los crucesos, ya que una reducción en las dimensiones de éstos, debilitaría al muro donde se encuentren, generando problemas estructurales sobre dichos muros.

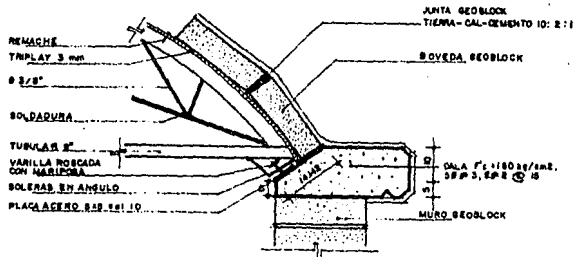
## BOVEDAS, ENTREPISOS Y DOMOS.

Las bóvedas de cañón corrido al ser autoportantes, no requieren de ningún tipo de armado ó refuerzo para sostenerse, eliminando el uso de materiales que encarecen el costo final de una techumbre en un porcentaje considerable.



Las bóvedas son fabricadas a base del mismo block, dispuestos de tal forma, que todas y cada una de las piezas trabajan a compresión, ya que es la mejor forma de trabajo estructural que soportan.

La bóveda arranca sobre la cadena de liga perimetral, que tiene una sección pentagonal, para permitir el desplante de los bloques que la conforman.



Para su fabricación, debe utilizarse una cercha ó cimbra desmontable, sobre la cual se presentan los bloques, traslapándose en el sentido longitudinal de la hilada, retacando después las juntas con mezcla de tierra-cal-cemento; de ésta forma se obtiene un alto rendimiento en el proceso de su construcción, y por consecuencia un ahorro considerable.





Para eliminar las deficiencias en los niveles de iluminación de un local, o bien por cuestiones formales de diseño, se propone la utilización de domos sobre las bóvedas. Estos se harán sustituyendo una hilada de block para formar alrededor del hueco un sardinel hecho a base de los mismos bloques, al cual se le fijará un acrílico.

La permanencia de las construcciones de adobe, se debe principalmente al aislamiento que tengan sus elementos del agua. Por esto se hace fundamental que los muros y cubiertas, que estén contruidos a base de tierra, no tengan ó eviten lo más posible el contacto con el agua. Por esto debemos desalojar el agua en cubiertas de la manera más rápida y eficaz en caso de lluvia, no permitiendo estancamientos.

El problema se puede presentar sobre todo en la unión de dos bóvedas, por lo que una alternativa de solución es forjar un canal a base de tezontle, acabado con mortero cemento arena, con una pendiente hacia uno de los extremos, o en su caso los dos, con el fin de drenar rápidamente la cubierta, colocando en el extremo del canal una gárgola a base de tubo de asbesto-cemento ó fierro galvanizado que desaloje el agua evitando el escurrimiento sobre el muro.

Los recubrimientos en toda la construcción son indispensables. Todos los aplanados deben garantizar un correcto aislamiento y resistencia a la intemperie, por lo que se propone aplanar con una mezcla a base de Cemento, Cal y Arena.

Una protección básica entonces la tenemos al aplicar un aplanado en muros y bóvedas, para después aplicar un impermeabilizante, sobre todo en las techumbres, supervisando la correcta aplicación de éstos, con el fin de garantizar la permanencia de la construcción. El impermeabilizante podrá ser de cualquier tipo ó marca existente en el mercado, siempre y cuando cumpla con los requerimientos del proyecto referentes a la impermeabilización.

Los replzones de las ventanas sobre todo, sufren un gran deterioro a causa de la lluvia que cae sobre ellos. Por lo que es necesario recubrirlos con un material resistente a la erosión, con el propósito de aislar del contacto del agua en estos puntos, como lo son losetas cerámicas o aplanados de mezcla.

La base de los muros ó los coronamientos de los cimientos se deben impermeabilizar, o bien construirlos arriba del suelo por lo menos 15 cms, con el fin de eliminar humedades por capilaridad en la base de estos.

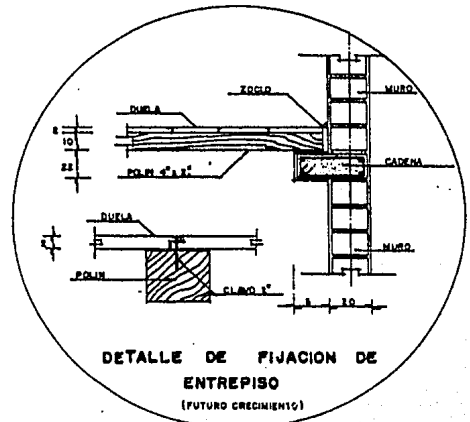
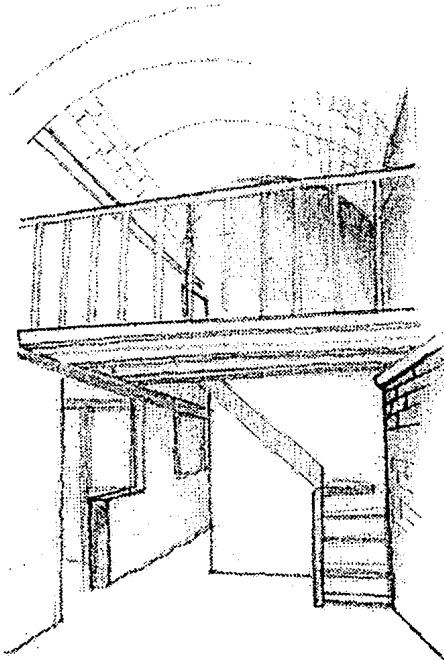
En el interior de las viviendas es recomendable colocar un zoclo en todos los muros, a base de loseta o aplanado de mezcla con el fin de evitar posibles humedades a causa del agua cuando de trapea o se barre el piso.

## CRECIMIENTO.

El crecimiento de una vivienda, es el día de hoy, un aspecto muy importante del diseño, por lo que debemos prever, plantear y permitir estos crecimientos con el fin de que sean realizados en forma ordenada y sobre todo segura.

Tomando en cuenta las posibilidades de cada familia se plantea dejar a futuro, un crecimiento de la vivienda dentro de la misma.

La solución para éste crecimiento se propone dentro de una estructura a doble altura, dejando preparaciones en la cadena ó dala intermedia de los muros, a fin de colocar sobre ésta, a manera de tapanco, un entrepiso de madera ó algún material ligero, para así lograr duplicar el área útil de la vivienda en una forma ágil y económica, además de no alterar la imagen formal prevista en los conjuntos.



## 8. ANALISIS DEL LUGAR.

- Localización.
- Características de la Zona.
- Análisis del Terreno.



### LOCALIZACION.



### ZACATECAS, ZAC.

Latitud 22o 47' N

Longitud 102o 39' W

Altitud 2612 msnm

Clima: Templado, Semi-extremoso escasamente lluvioso y soleado

Temperatura media anual 16 oC

Oscilación termica media anual 7.9 oC

Humedad Relativa media anual 51 %

Precipitación pluvial baja entre 400 y 500 mm.

Vientos moderados del Suroeste y Este todo el año



### a) Regional.

El crecimiento de la Ciudad de Zacatecas se está dando en forma natural y programada hacia los municipios colindantes al núcleo urbano y justo en este límite se encuentra nuestro terreno, muy cerca del acceso principal a Zacatecas.

La ubicación es la más adecuada para dar un crecimiento ordenado, tomando en cuenta además que las políticas de desarrollo urbano contemplan a esta zona como área de mejoramiento.

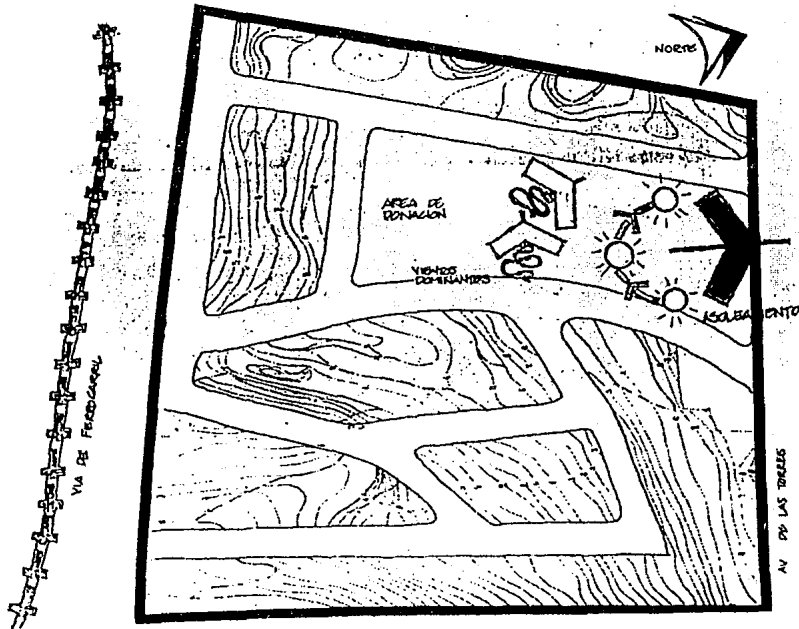
## b) Municipal.

El terreno se encuentra ubicado en el Estado de Zacatecas, al Sureste del municipio de Zacatecas

El municipio de Zacatecas se localiza en las coordenadas 23o 53' 22" de latitud norte y 103o 01' 33" de longitud oeste y a una altura media de 2,496 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con los municipios de Calera, Morelos y Vetagrande, al sur con los de Guadalupe, Villanueva y Genaro Codina, al poniente con el de Jerez y al oriente con el de Guadalupe. La superficie total del municipio es de 719.6 kilómetros cuadrados.

## c) Terreno.

Colinda al Noreste con terrenos del fraccionamiento Médicos Veterinarios, al suroeste con la vía de Ferrocarril y al Noroeste y sur con terrenos del Municipio de Guadalupe y una zona con carencia de pavimento poblada por asentamientos irregulares.





## CARACTERISTICAS DE LA ZONA.

### a) Factores Naturales.

#### *Clima:*

El clima del municipio y por lo tanto del área de estudio, es el característico de la zona Norte y seca de la República Mexicana, está clasificado como BSwk (seco estepario). Es un clima extremo con una temperatura media anual de 16°C y precipitación baja entre 400 y 500 mm.

Los vientos dominantes son del este, sureste y suroeste con una velocidad de 8 km/h, 3 km/h, y 14 km/h respectivamente. En general vientos secos agradables especialmente en el verano.

#### *Orografía:*

Este municipio por lo regular es plano, teniendo en su parte nroeste el cerro de la Virgen y al noreste en los límites con San Luis Potosí, pequeñas elevaciones montañosas.

#### *Edafología:*

La composición del suelo corresponde a los del tipo castaño y café rojizo.

#### *Flora y Fauna:*

Existe una variada flora, en donde podemos encontrar especies vegetales como mezquite, nopal, maguey y algunas herbáceas como engorda, cabra, relacionadas y adaptadas al clima seco.

La fauna silvestre existente está formada por conejo, liebre, coyote, zorra gris, mapache, codorniz, palomas y algunas aves migratorias y acuáticas.

#### *Conclusiones:*

Los días grado nos indican los requerimientos básicos de calefacción y/o enfriamiento para el municipio.

El déficit de grados de temperatura mínima de confort es de 18 °C durante las cuatro estaciones del año, por lo que se concluye que es necesaria la calefacción todo el año.

Resultan en confort el 1.9 % de días del año, por lo que la utilización de materiales térmicos resulta indispensable.

#### Recomendaciones:

- \* masividad en muros y utilización de materiales termicos.
- \* protección de muros norte.
- \* colores cálidos.
- \* vivienda en planta cuadrada o rectangular de configuración compacta.
- \* diseño de techumbre para desalojar rapidamente el agua de lluvia.

## b) Factores Artificiales.

#### *Población:*

En el Estado de Zacatecas de 1960 a la fecha se ha observado un lento desarrollo y un crecimiento poblacional moderado, incrementandose alrededor del 20 % por década.

La población se encuentra asentada principalmente en el centro y sur del estado. Se identifica predominantemente rural con tendencia a la urbanización.

Los municipios de mayor densidad y por lo tanto de más déficit de vivienda son Zacatecas la capital y el municipio de Guadalupe, las cuales por las oportunidades que brindan han tenido gran inmigración rural.

La población total del municipio de Zacatecas asciende a 114,351 habitantes, cifra que representa el 8.5% del Estado y el 14% Nacional. La tasa media anual de crecimiento fué de 4.23% para el periodo 1980-86. Se estima que para el año 2000 la población alcance la cifra de 164,000 habitantes si las condiciones actuales no se modifican. Siendo la población de la cabecera municipal de 100,000 habitantes aprox. donde existe mayor concentración.

La densidad de población a nivel municipal es de 158.91 hab./km2. El municipio de Zacatecas cuenta con una población de 53,052 hab. mayores de 18 años y 61,299 menores, lo cual representa el 53.61% del municipio.

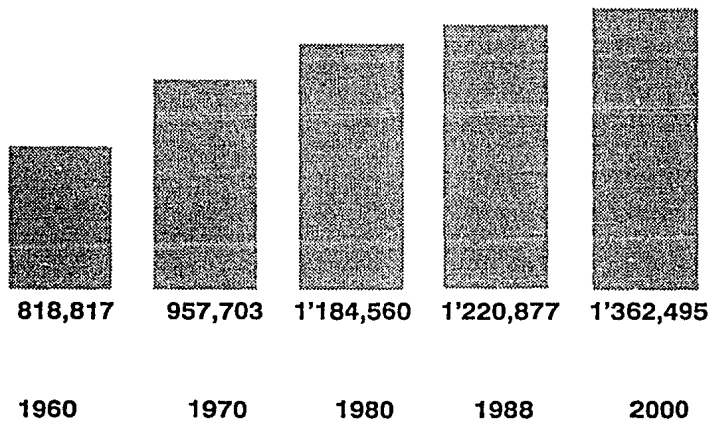
Con una estructura poblacional de 55,514 hombres y 58,837 mujeres correspondiente a 1980. El mayor porcentaje de los habitantes corresponde a población urbana. Con una inmigración de 12,443 en la década 1970-1980; o sea el 14% con relación al total del municipio.

En términos generales es déficit de vivienda se da principalmente en el medio urbano, mientras que en el medio rural el problema fundamental es el hacinamiento y el deterioro.

FUENTE: 1960-2000 Estimaciones del Consejo Nacional de Población.

1988-2000 Plan Nacional de Desarrollo, X Censo General de Población 1980, Zac.

## CRECIMIENTO DE POBLACION DEL ESTADO DE ZACATECAS



FUENTE: Consejo Nacional de Población.

1988-2000 Plan Nacional de Desarrollo, Programa para los municipios de Zacatecas y Guadalupe.

**Vivienda:**

El número total de viviendas en el municipio de Zacatecas asciende a 17,671. La relación población-vivienda fué de 6.44 en el año de 1986. Para los años 1987, 1988, 1989 y 1990 el número de viviendas alcanzó las cifras 18,293 18,840 19,403 y 19,984 respectivamente.

La vivienda es fundamentalmente privada. El material predominante en techos es losa de concreto, bóveda de ladrillo, terrado, enladrillado sobre vigas, láminas de asbesto, metálica, de cartón, palma, tejamanil o madera y otros; en pisos se encontró cemento o firme y tierra; y en muros tabique, tabicón, block, adobe y otros materiales.

La concentración urbana que se da en Zacatecas ha provocado un déficit habitacional posible de superar.

## DEFICIT DE VIVIENDA

	ESTADO DE ZACATECAS	MUNICIPIOS ZACATECAS Y GPE.
No. de habitantes	495,357	114,351
Incremento de población	2,147	781
Reposición de vivienda	2,094	485
<b>Déficit Total</b>	<b>4,077</b>	<b>1,266</b>

FUENTE: Programa trienal 1988 de acciones prioritarias de los municipios del Edo. de Zacatecas.



## **Políticas de Desarrollo Urbano:**

Las políticas de Desarrollo Urbano en la Zona de estudio contemplan el mejoramiento del sitio, por lo que el establecimiento del conjunto constituirá una pauta para el desarrollo de las mismas.

Estas definen a la zona conurbada de Zacatecas-Guadalupe como ciudad media y centros de servicio estatales.

El propósito fundamental de la estrategia es mejorar la calidad de servicios e infraestructura así como organizar mas eficientemente el espacio urbano, a fin de beneficiar a sus habitantes y muy particularmente a aquellos de bajos ingresos. Así como la regularización del uso del suelo y la adjudicación de reservas territoriales para un eficiente ordenamiento del espacio urbano y preservación ecológica.

## **c) Servicios.**

El municipio ofrece a sus habitantes los servicios de agua potable y alcantarillado, alumbrado público, parques y jardines, centros recreativos, central de abastos, mercados, rastros, panteones, recolección de basura, vialidades y seguridad pública.

En cuanto a las comunicaciones y transportes, el municipio de Zacatecas cuenta con una red de carreteras pavimentadas que cruzan su territorio y son la México - Cd. Juárez y la Sotillo - Guadalajara, así mismo cuenta con una central de autobuses en donde se tiene servicio de los mismos a las principales ciudades del país y municipios del Estado; además de una estación de ferrocarril México - Cd. Juárez.

Las principales vías de comunicación cercanas al terreno se señalan en el plano anexo y se consideran suficientes para darle acceso, aunque será necesaria la planeación de una vía que conecte directamente al conjunto con una vía urbana.

El municipio cuenta con la infraestructura necesaria para impartir servicios educativos formales y complementarios en los niveles; elemental, medio, normal y licenciatura.

En el aspecto recreativo, deportivo y cultural existen centros de esparcimiento, salas de cine, un teleférico que une el cerro de la Bufa con el cerro del Grillo, un lago artificial y tren escénico, además de un lienzo charro y las instalaciones para la feria.

Existe también una unidad deportiva, instalaciones del CREA, un club campestre, estadio de beisbol, futbol y parques de recreación infantil.

La cabecera municipal cuenta con diversos servicios como centros comerciales, hospedaje, asistencia profesional, taxis, restaurantes, gasolineras, bancos, hospitales, etc.



## ANALISIS DEL TERRENO.

El terreno tiene pendiente media predominantemente, adecuado para el desarrollo de vivienda. Existen en el sitio trazas de caminos de terracería que pueden ser aprovechados como parte de la traza urbana del conjunto.

La imagen urbana del contexto inmediato no resulta agradable, por lo que el desarrollo en el sitio puede constituir un hito de la zona.

Los servicios públicos de la zona son suficientes, así como las vías de acceso y comunicación.

El terreno cuenta con red de agua potable suficiente para la conexión del alcantarillado. Dadas las redes existentes, el proyecto se adaptará para seguir la continuidad de estas en lo posible.

La utilización de la tierra del sitio en la construcción hace que el conjunto no contraste, sino se mimetice en el contexto siendo muy agradable al formar parte del paisaje natural.



# 9. ESTUDIO ECONOMICO.

NOV '91

NUM	E L E M E N T O	UNI DAD	CANTIDAD POR VIV.	PRECIO	IMPORTE POR VIV
<b>A I CIMENTACION</b>					
1	- DEMOLICIONES	LTE			
2	- LIMPIA DE TERRENO	M2	73.45	1,931	141,832
3	- TRAZO Y EXCAVACIONES	M3	55.72	16,050	899,306
4	- CONSOLIDACION DEL TERRENO	M2	49.84	3,200	159,688
5	- CIMIENTOS DE PIEDRA BRAZA	M3	16.76	152,000	2,547,520
6	- CIMIENTOS DE CONCRETO ARMADO	M3			
7	- IMPERMEABILIZACION DE CADENA	M2	18.82	16,000	301,120
8	- TRABE DE LIGA DE CONCRETO ARMADO	ML			
9	- LISA P. D.	M2			
10	- PULIDO	M2	44.90	25,400	1,140,460
S U M A ...				S U M A ...	5,184,726
<b>B II OBRA GRUESA</b>					
1	- MUROS DE GEOBLOCK 10x20x30	M2			
	- MUROS DE TABIQUE 1) DE 0.14	M2	81.81	48,400	3,959,604
	- MUROS DE TABIQUE 2) DE 0.21	M2			
	- MUROS DE TABIQUE 3) DE 0.28	M2			
2	- CASTILLOS DE CONCRETO ARMADO	ML			
3	- COLUMNAS DE CONCRETO ARMADO	ML			
4	- TRABES DE CONCRETO ARMADO	M3			
5	- CIERRAMIENTOS	ML	60.72	42,550	2,583,636
6	- ENTREPISOS DE CONCRETO ARMADO	M2			
7	- TECHO DE CONCRETO ARMADO	M2			
8	- TECHO EN BOVEDAS CON TABIQUE	M2	56.05	37,876	2,122,950
9	- TRAGALUCES DE ACRILICO	PZA	1.00	79,600	79,600
10	- PRETILES EN AZOTEA	ML	7.94	63,240	502,126
11	- IMPERMEABILIZACION DE AZOTEAS	M2	70.48	17,150	1,208,752
12	- ENLADRILLADO	M2			
13	- DENTELLONES DE CONCRETO ARMADO	PZA	9.00	22,000	198,000
14	- SUMINISTRO Y COLOCACION DE GARGOLA	PZA	3.50	28,000	98,000
S U M A ...				S U M A ...	10,752,648
<b>C III REVESTIMIENTOS Y ACABADOS</b>					
1	- APLANADO DE MEZCLA	M2			
2	- FACHADA APLANADA DE ACABADO RUSTICO	M2			
3	- REVESTIMIENTO EN FACHADA DE	M2			
4	- REVESTIMIENTO DE AC. RUSTICO INTERIOR	M2	27.38	42,360	1,159,817
5	- FIRMES CON MALLA EN AZOTEA	M2	18.70	12,600	235,620
6	- ACABADO CON SELADOR EN MUROS	M2			
7	- PAVIMENTO DE KERALITA	M2			
8	- PAVIMENTO DE KERALITA	M2			
9	- PAVIMENTO DE KERALITA	M2			
10	- ZOCLOS	M2			
11	- SARDINELES	ML			
12	- LAMBRINES DE AZULEJO BAROS	M2			
13	- LAMBRINES DE	M2			
14	- ESCALERAS DE	M2			
15	- ESCALERAS DE MADERA	LTE			
16	- ACABADO FLOTEADO INTERIOR Y EXTERIOR	M2	1.00	372,000	372,000
17	- ENBOQUILLADOS Y APARENTADOS	LTE			
S U M A ...				S U M A ...	1,767,437
<b>D IV OBRAS EXTERIORES</b>					
1	- CIMIENTOS DE BARDAS	M3			
2	- MUROS DE TABIQUE EN BARDAS	M2			
3	- DALAS Y CASTILLOS EN BARDAS	ML			
4	- JARDINERAS DE	LTE			
5	- CISTERNA	LTE			
6	- OBRA EXTERIOR	LTE			
S U M A ...				S U M A ...	
<b>E V ESTRUCTURA DE FIERRO INCLUYENDO MONTAJE</b>					
1	- TRABES	KG			
2	- COLUMNAS	KG			
3	- POSTES	KG			
4	- MARQUESINA	KG			
5	- ARMADURA DE TECHOS	KG			
6	- TENSOR DE VARILLAS DE # 4	PZA			
7	- ESTRUCTURA METALICA BOVEDA	LTE			
8	-				
S U M A ...				S U M A ...	

NUM	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>F VI OBRAS SANITARIAS</b>					
1	- ALBAÑALES INC. EXC. Y RELLENO	LTE	1.00	492,600	492,600
2	- REGISTRO	PZA	2.50	426,170	1,065,425
3	- COLADERAS	PZA			
4	- BAJADAS DE ALBAÑAL	PZA			
5	- RAMALES MUEBLES	PZA			
6	- TUBERIA GENERAL (PRECIO MEDIO)	SAL			
7	- LLAVES	SAL			
8	- INSTALACION HIDROSANITARIA	LTE	1.00	641,290	641,290
S U M A...				S U M A...	2,199,315
<b>F VI MUEBLES DE BAÑO</b>					
9	- TINA	PZA			
10	- W.C. TANQUE BAJO O ALTO	PZA	1.00	216,100	216,100
11	- LAVABO PEDESTAL O PARED	PZA	1.00	172,850	172,850
12	- BIDET	PZA			
13	- REGADERA	PZA	1.00	64,500	64,500
14	- CALENTADOR	PZA			
15	- ACCESORIOS BAÑO	LTE	1.00	216,000	216,000
16	- INSTALACION DE GAS	LTE			
S U M A...				S U M A...	669,450
<b>F VI MUEBLES DE BAÑO CRIADOS Y COCINA</b>					
	- W.C.	PZA			
	- LAVADERO INC. COLOCACION	PZA	1.00	122,700	122,700
	- LAVABO INC. COLOCACION	PZA			
	- REGADERA INC. COLOCACION	PZA			
	- FREGADERO INC. COLOCACION	PZA			
	- COLOCACION DE MUEBLES	SAL			
	- INSTALACION BOMBA	SAL			
	- BOMBA (INDICAR CARACTERISTICAS)	PZA			
S U M A...				S U M A...	122,700
<b>G VII INSTALACIONES ELECTRICAS</b>					
1	- SALIDAS DE LA LUZ CENTROS	SAL			
2	- SALIDAS DE LA LUZ CONTACTOS	SAL			
3	- INST. SALIDAS T.V.	PZA			
4	- INSTALACION DE TUMBRES	SAL			
5	- INSTALACION DE TELEFONOS	PZA			
6	- INSTALACION DE FUERZA	SAL			
7	- ALIMENTACIONES GENERALES	SAL			
8	- INTERRUPTOR GENERAL	SAL			
9	- CENTRO DE CARGA	PZA			
10	- INTERPHONE	PZA			
11	- ANTENAS	PZA			
12	- INSTALACION ELECTRICA GENERAL	LTE	1.00	498,200	498,200
S U M A...				S U M A...	498,200
<b>H VII YESERIA</b>					
1	- APLANADOS DE YESO EN MUROS	M2			
2	- APLANADOS DE YESO EN PLAFONES	M2			
3	- YESO EN TRABES	NL			
4	- YESO EN COLUMNAS	NL			
5	- EMBOQUILLADO PUERTAS Y VENTANAS	NL			
6	- METAL DESPLEGADO	M2			
7	-				
8	-				
9	-				
S U M A...				S U M A...	
<b>I IX CARPINTERIA</b>					
1	- PUERTA PRINCIPAL DE 0.90x2.10 M	PZA	1.00	225,000	225,000
2	- PUERTAS DE 0.70x2.10 M	PZA	1.00	200,000	200,000
3	- PUERTAS DE	PZA			
4	- VENTANAS	M2			
5	- PISOS DE DUELA	M2			
6	- PISOS DE PARQUET	M2			
7	- ALFOMBRAS	M2			
8	- LOSETA VIMILICA	M2			
9	- LAMBRIS	M2			
10	- CANCELES	M2			
11	- CLOSETS	PZA			
12	- ESCALERA, TAPANCO, Y BARANDAL DE MADERA	LTE			
13	-				
14	-				
15	-				
16	-				
S U M A...				S U M A...	425,000

NUM	ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>J X HERRERIA</b>					
1	- PUERTAS METALICAS DE SERVICIO	PZA	2.00	155,000	310,000
2	- VENTANAS METALICAS	PZA	4.00	60,000	240,000
3	- VENTANAS METALICAS	M2			
4	- ENREJADOS DE M. DE ALTURA	LTE			
5	- REJAS DE FACHADA	M2			
6	- TAPAJUNTAS DE LAMINA GALVANIZADA	ML			
7	- BARANDALES	ML			
8	- ESCALERAS DE SERVICIO	PZA			
9	- CANCELES	PZA	1.00	127,000	127,000
10	- CORTINAS ONDULADAS ARTICULADAS	PZA			
	S U M A...			S U M A...	677,000
<b>K XI VIDRIERIA</b>					
1	- VIDRIO SENCILLO	M2	9.74	31,500	306,810
2	- VIDRIO MEDIO DOBLE	M2			
3	- VIDRIO ESPECIAL (TRANSLUCIDO)	M2	.50	35,000	17,500
4	- CRISTALES	M2			
5	- DOMOS DE ACRILICO	PZA			
6	-				
	S U M A...			S U M A...	324,310
<b>L XII PINTURA</b>					
1	- PINTURA VINILICA	M2			
2	- PINTURA ACEITE	M2			
3	- PINTURA	M2			
4	- PINTURA ESMALTE	M2			
5	- PINTURAS DE ACEITE PUERT. Y VENT.	LTE			
6	- ENTINTADO BARNIZADO DE PUERT. Y VENT.	PZA			
7	- PINTURA ACEITE EN HERRERIA	LTE			
8	- PINTURA DE TUBERIA TIRACOS BAJADAS	LTE			
9	- PULIDO, ENTINTADO, ENCEGADO DE PISOS	M2			
10	- PINTURA DE TIERRA EN MUROS	M2			
11	- PINTURA EPOXICA EN PISOS Y MUROS DE REG	M2			
	S U M A...			S U M A...	
<b>M XIII CERRAJERIA</b>					
1	- CHAPAS DE MOD. FAHAL 175 O SIMILAR	PZA	1.00	39,200	39,200
2	- CHAPAS DE EDOMEX O SIMILAR	PZA	1.00	16,500	16,500
3	- PICAPORTES DE	PZA			
4	-				
	S U M A...			S U M A...	55,700
<b>N XIV DIVERSOS</b>					
1	- LICENCIA DE OBRAS Y ALINEAMIENTOS				
2	- CONEXION DE AGUA INCLUYENDO MATERIALES				
3	- CONEXION DE A.BARAL INC. MAERIALES				
4	- VELADOR				
5	- INSPECCION DEL CONTROL ELECTRICO				
6	- SEGURO CONTRA ACCIDENTES				
7	- CALFACCION CENTRAL				
8	- CLIMA ARTIFICIAL				
9	- ELEVADORES				
10	- DETALLES METALICOS EN FACHADA				
11	- LIMPIEZA GENERAL	LTE	1.00	231,000	231,000
12	- PLANOS COPIAS PROYECTO ARQUITECTONICO				
13	- PROYECTO ESTRUCTURAL E INSTALACIONES				
	S U M A...			S U M A...	231,000

# RESUMEN

	TOTAL
A - CIMENTACION.....	5,184,726
B - OBRA GRUESA.....	10,752,648
C - REVESTIMIENTOS Y ACABADOS.....	1,767,437
D - OBRAS EXTERIORES.....	
E - ESTRUCTURA DE FIERRO INCLUYENDO MONTAJE.....	
F - OBRAS SANITARIAS.....	2,991,465
G - INSTALACIONES ELECTRICAS.....	498,200
H - YESERIA.....	
I - CARPINTERIA.....	425,000
J - HERRERIA.....	677,000
K - VIDIERIA.....	324,310
L - PINTURA.....	
M - CERRAJERIA.....	55,700
N - DIVERSOS.....	231,000
	S U M A.... 22,907,486
O - IMPREVISTOS.....	
P - INDIRECTOS Y HONORARIOS POR CONCEPTO DE CONSTRUCCION.....	5,497,797

ESTE PRESUPUESTO IMPORTA LA CANTIDAD DE..... 28,405,283

# 10. PROYECTO EJECUTIVO.

- Memoria Descriptiva
- Procedimiento Constructivo.
- Análisis del sitio.
- Lotificación y Sembrado.
- Agrupación de 6 viviendas.
- Mobiliario Urbano.
- Proyecto de Agua Potable, Drenaje y Alcantarillado.
- Arquitectónico Prototipo " A ".
- Arquitectónico Prototipo " B ".
- Estructural.
- Instalación Hidráulica y Sanitaria.
- Instalación Eléctrica.
- Carpintería y Herrería.
- Acabados.

# **MEMORIA DESCRIPTIVA " VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL CONSTRUIDAS CON TIERRA TECNIFICADA " UBICADAS EN EL MUNICIPIO DE GUADALUPE, ZACATECAS.**

## **I. ANTECEDENTES.**

Se pretende construir un conjunto de 320 viviendas del "cajón" más barato que ofrece el FOVI (Fondo de la Vivienda) del Banco de México.

Zacatecas es una plaza pobre con baja capacidad económica de sus habitantes. Los salarios son bajos y el mayor problema que se presenta al adquirente es la integración de su enganche ya que el ahorro en este Estado es prácticamente inexistente.

El producto que se ofrecerá deberá ser el más barato del mercado pero además la casa deberá ser lo más grande posible ya que la costumbre, aún con la crisis que vivimos es habitar viviendas amplias. Se presenta en este caso el reto de lograr un producto barato pero grande.

La presente investigación fué planteada con este fin: lograr viviendas mejores y más baratas.

Se construirá 40 % más de área con el mismo valor de venta, el precio de venta será el equivalente a 125 salarios mínimos (\$ 9,700.00) vigentes en la actualidad (septiembre 91) lo cual representa :  
 $125 \times 9,700.00 = \$ 11,525,000$

El enganche será del 15 % del monto de venta diferido en 8 meses (tiempo de construcción del conjunto).

El pago mensual sera de : \$ 400,000.00 mensual

El interés actual es de 22% anual , por lo que se pagará por cada millon de pesos 10,000 mensuales.



### **Desglose de la promoción:**

**Terreno \$ %**

**Proyecto**

**Licencias**

**Construcción**

**Ventas**

**etc.**

## **II. UBICACION.**

El terreno se encuentra en la periferia de la ciudad de Zacatecas en el Municipio de Guadalupe esta muy bien ubicado ya que se empieza a desarrollar una gran Infraestructura , pues es precisamente en esa zona a donde tiende el crecimiento de la ciudad.

Cuenta con todos los servicios necesarios para el desarrollo.

El terreno tiene 45,364.25 m2 y una pendiente de aproximadamente 10 %.

## **III. PROYECTO.**

a) *URBANO*

Se respetaron las supermanzanas existentes eliminando algunas calles del proyecto urbano aprobado por el Gobierno del Estado de Zacatecas (minimizar al máximo las vialidades).

Los estacionamientos se ubicaron perimetrales a las manzanas para no tener costos adicionales en vialidades y así poder generar un conjunto peatonal más humano en la cual la vida comunitaria se pueda llevar a cabo en un ambiente más seguro y agradable.

Las casas se adaptarán a la topografía accidentada del terreno apegándose lo más posible a las curvas de nivel. Se ajustarán los niveles con mampostería de piedra ya que esta abunda en la zona y es barata.

Se ubicarán tanques elevados en lugares estratégicos (niveles altos) para abastecer al conjunto, estos se diseñaron cilíndricos tanto por tener un costo menor como por la apariencia más agradable.

Las techumbres juegan un papel fundamental en el diseño ya que en terrenos con pendiente es una fachada adicional; tal vez la más importante ya que en algunos ángulos es la fachada que más cuenta, por eso el manejo de la bóveda tiene gran importancia.

*b) VIVIENDA.*

Las viviendas que se plantearon tienen la ventaja de adaptarse a las necesidades del cliente y poder crecer gracias a su doble altura como se puede apreciar en los planos.

La investigación explica a detalle el sistema constructivo por lo cual sólo mencionaremos las ventajas que tiene para el adquiriente:

a) Estéticamente es una vivienda muy agradable, que en conjunto logra una composición muy dinámica.

b) 40 % más de área construida, por el mismo precio.

c) Térmicamente, gracias a su material ofrece grandes beneficios, ya que la casa es fresca en verano y caliente en invierno.

d) Acústicamente también ofrece mayores beneficios que los muros normales ya que su espesor es de 20 cms. y su material muy denso.

e) Crecimiento: Las viviendas crecen en su interior sin afectar la imagen del conjunto y se adecúan a las necesidades particulares de cada familia.

f) Horizontalidad: por su alta densidad pero con "casitas" lo cual el 90 % de la gente prefiere.

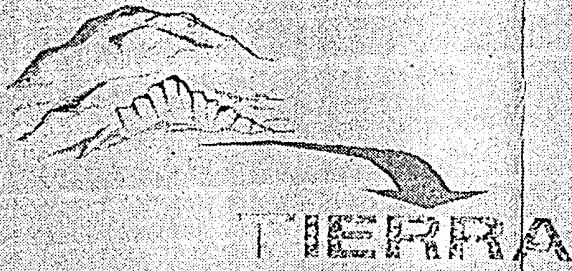
g) Seguridad: andadores y zonas de juego para los niños aisladas de las vialidades, plazas interiores que fomentan la convivencia.

h) La vivienda se entrega con mínimos acabados pero la gente podrá ir mejorando su vivienda con el tiempo.

**Es mejor dar más área inicial y crecimiento interior.**

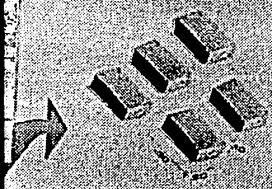
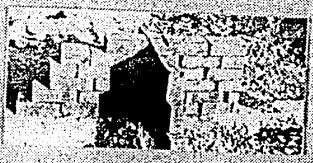
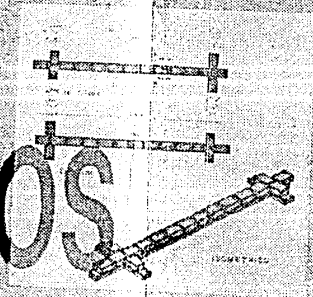
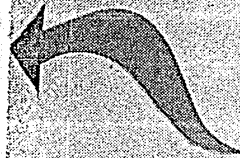
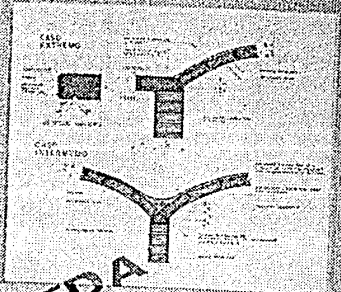
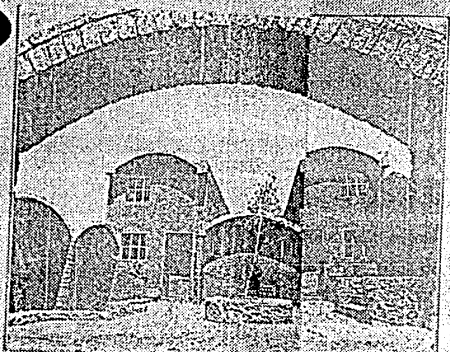
# PROCEDIMIENTO

CONSTITUCION



MU

TO



MUROS



VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA

proceso constructivo

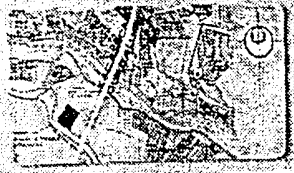
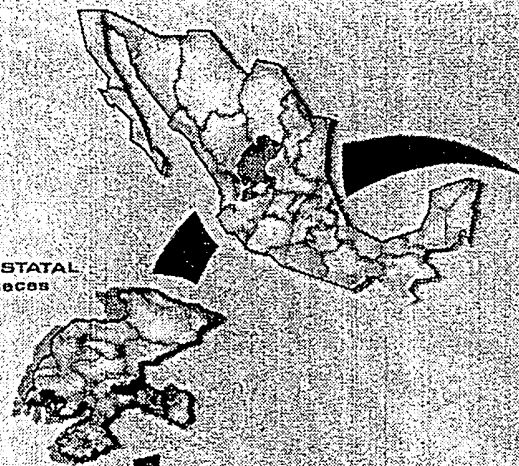


UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE LA PLATA

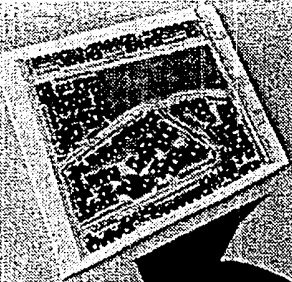
P-2

1

A NIVEL ESTATAL  
zacatecos



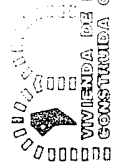
A NIVEL MUNICIPAL



LOCALIZACION



INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA



CONSTRUÍDA CON VERDAD Y JUSTICIA

# 3

**USO DEL SUELO TOTAL**

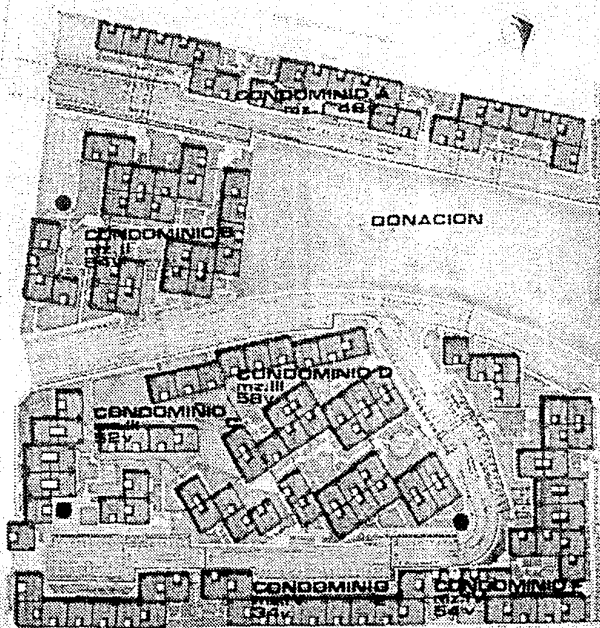
sup. total 45.364.25 m<sup>2</sup>  
 302 viviendas  
 5.6 habitantes / vivienda  
 poblacion 1.691 hab.

densidad 80 viv/ha

**TABLA DE AREAS**

ALICATA	Nu. viv.	AREA M <sup>2</sup>	Nu. ESTRUCOS
I	40	40.00	40
II	30	30.00	30
III	20	20.00	20
IV	10	10.00	10
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>100.00</b>	<b>100</b>

AREA TOTAL: 5.601.310 M<sup>2</sup>  
 VALORES: 37.913.00 M<sup>2</sup>  
 SUPERFICIE TOTAL: 27.913.00 M<sup>2</sup>  
 ESPALFAMIENTO: 6.648.25 M<sup>2</sup>  
 AREAS EXTERIORES: 8.622.00 M<sup>2</sup>  
 (Cercas y Muros)



**planta de conjunto**  
 ESC 1:500

**A-1**



VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
 CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA

4



instalaciones conjunto

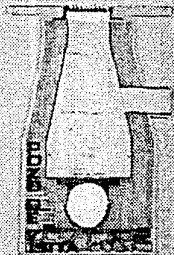
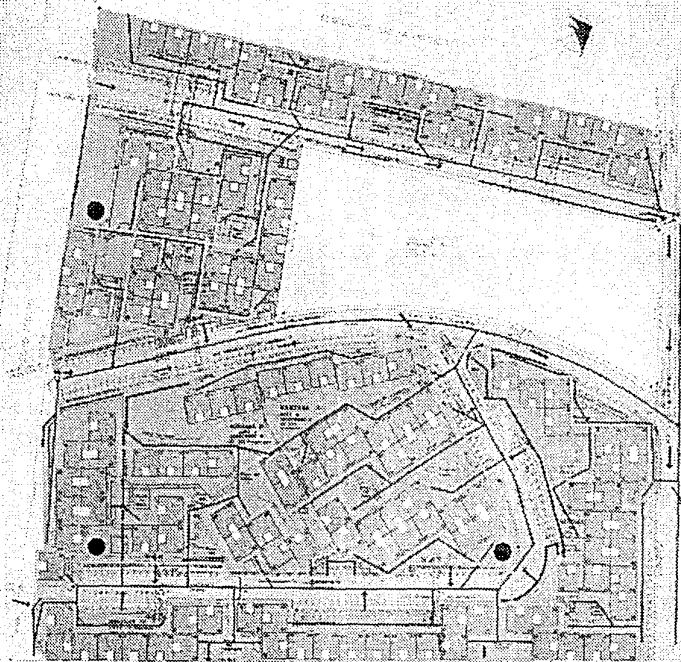
REC 1500

ICG-1

VIVERIA DE INTERES SOCIAL  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA



ESTA FICHA NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



LEGENDA

— edificación

— red agua potable

— drenaje pluvial

— drenaje sanitario



5

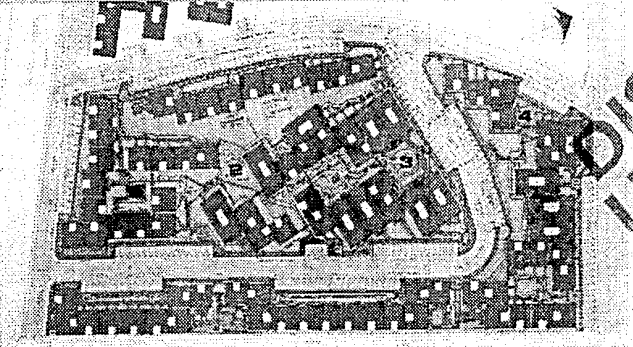
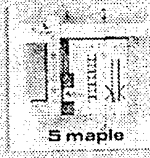
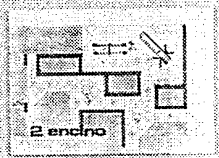
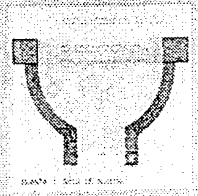
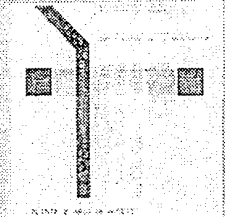
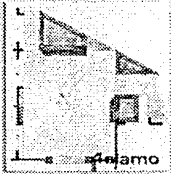
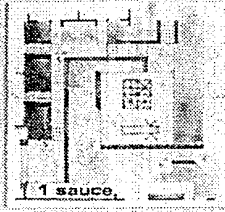
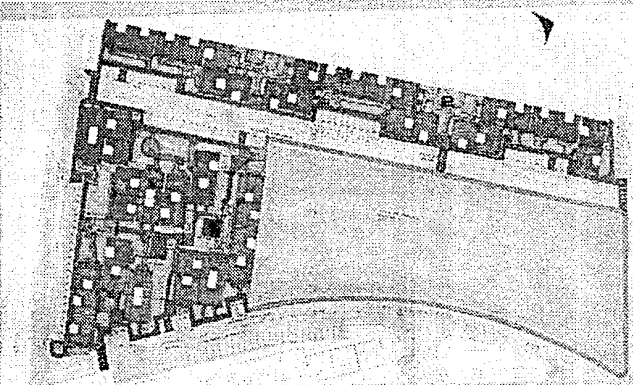


INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

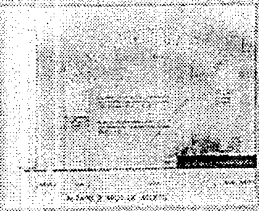
mobiliario urbano  
1800 series

A-3

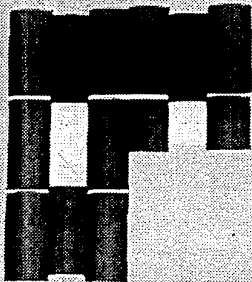
VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA



# DISEÑO URBANO



# AGRUPACION DE 6 VIVIENDAS



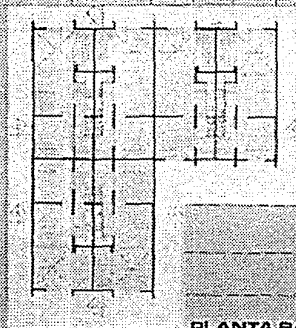
PLANTA DE TECHOS



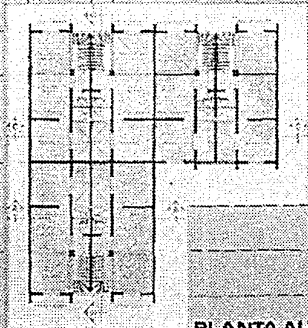
FACHADA



CORTE cc



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA



CORTE bb

6



6 viv.  
I.S.C. 1-1000

A-2

agrupacion

VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA



7

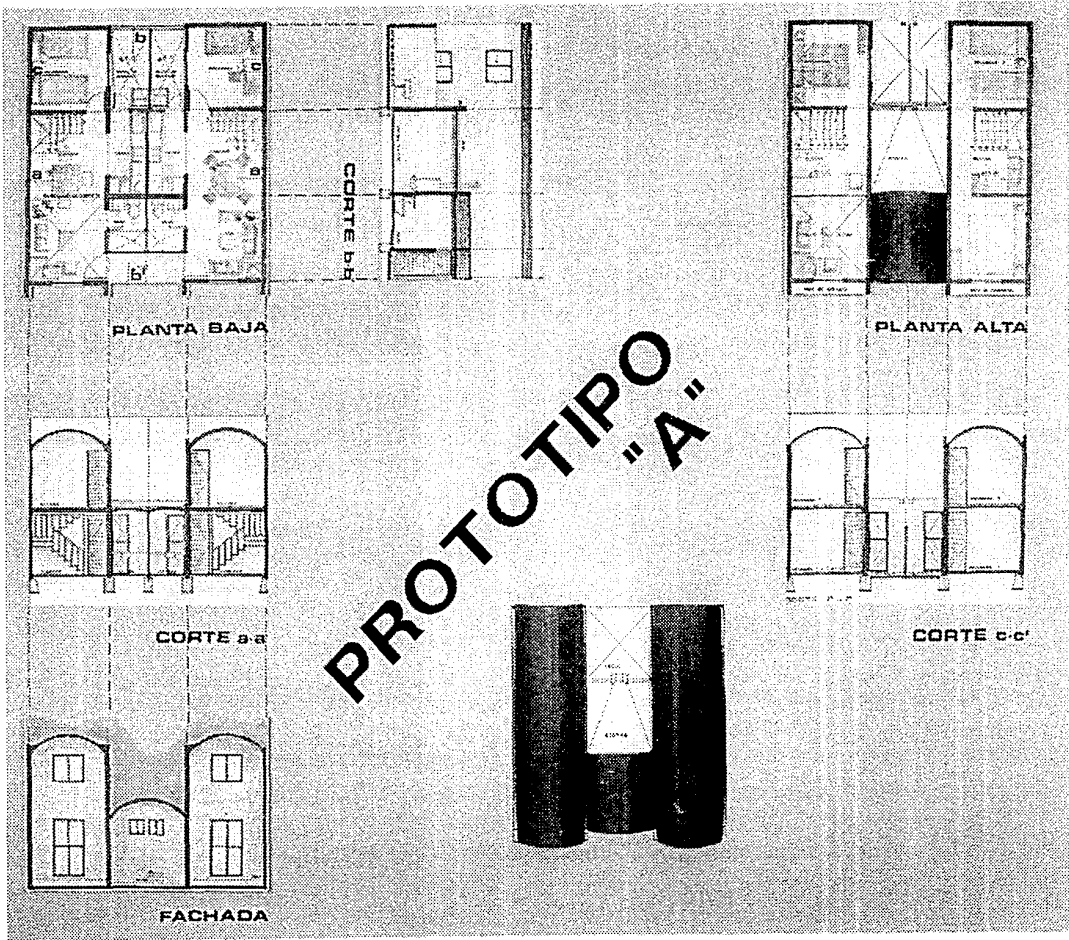


INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES Y PROYECTOS DE ARQUITECTURA

prototipo A  
DEC 1960

A-4

VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA



# PROTOTIPO "A"

PLANTA BAJA

PLANTA ALTA

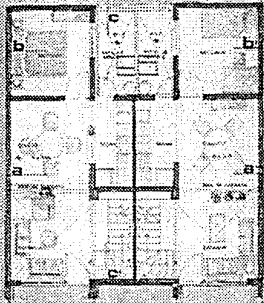
CORTE a-a

CORTE c-c

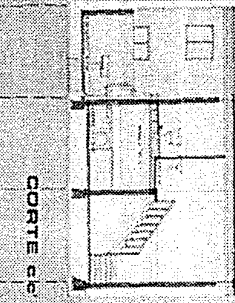
FACHADA

CORTE b-b

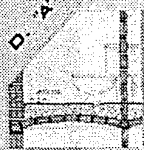
8



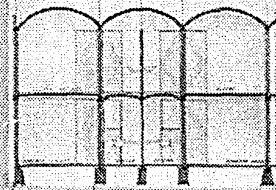
PLANTA BAJA



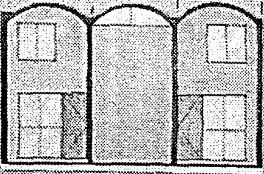
CORTE c c



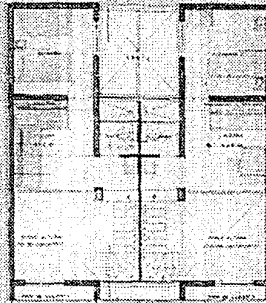
D. A.



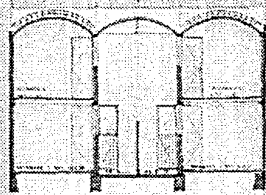
CORTE a a



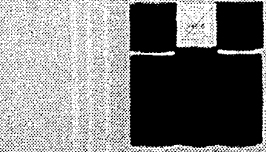
FACHADA



PLANTA ALTA



CORTE b b



PLANTA DE TECHOS

**PROTOTIPO "B"**

Alcoba y comedor	37.50	m <sup>2</sup>
baño n.º 1	5.45	m <sup>2</sup>
baño n.º 2	5.45	m <sup>2</sup>
trastero	5.00	m <sup>2</sup>
vestib.	5.00	m <sup>2</sup>
escalera	4.56	m <sup>2</sup>
zoo	3.42	m <sup>2</sup>
vestibulo	4.42	m <sup>2</sup>
patio	15.50	m <sup>2</sup>
<b>AREA TOTAL</b>	<b>84.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
patio de estacion	4.00	m <sup>2</sup>
<b>AREA TOTAL</b>	<b>88.00</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
patio a. de estacion	8.43	m <sup>2</sup>
<b>AREA TOTAL</b>	<b>96.43</b>	<b>m<sup>2</sup></b>
patio later.	45.00	m <sup>2</sup>

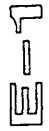
**TABLA DE AREAS**

**prototipo B**  
USO USO  
**A-5**

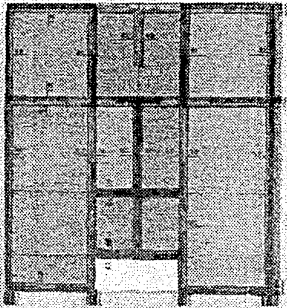
VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
 CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA



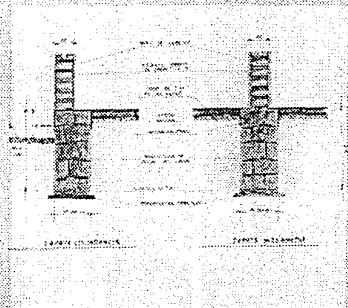
**estructural**  
S.C. DE C.V.



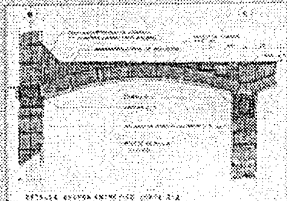
VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA



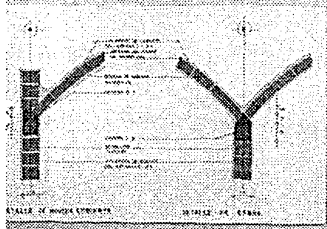
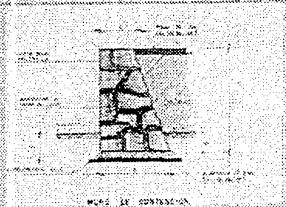
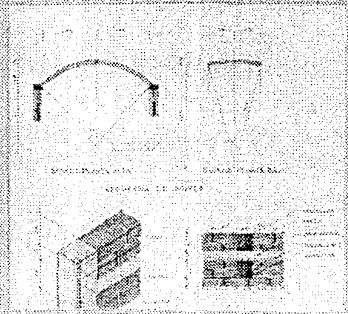
CIMENTACION



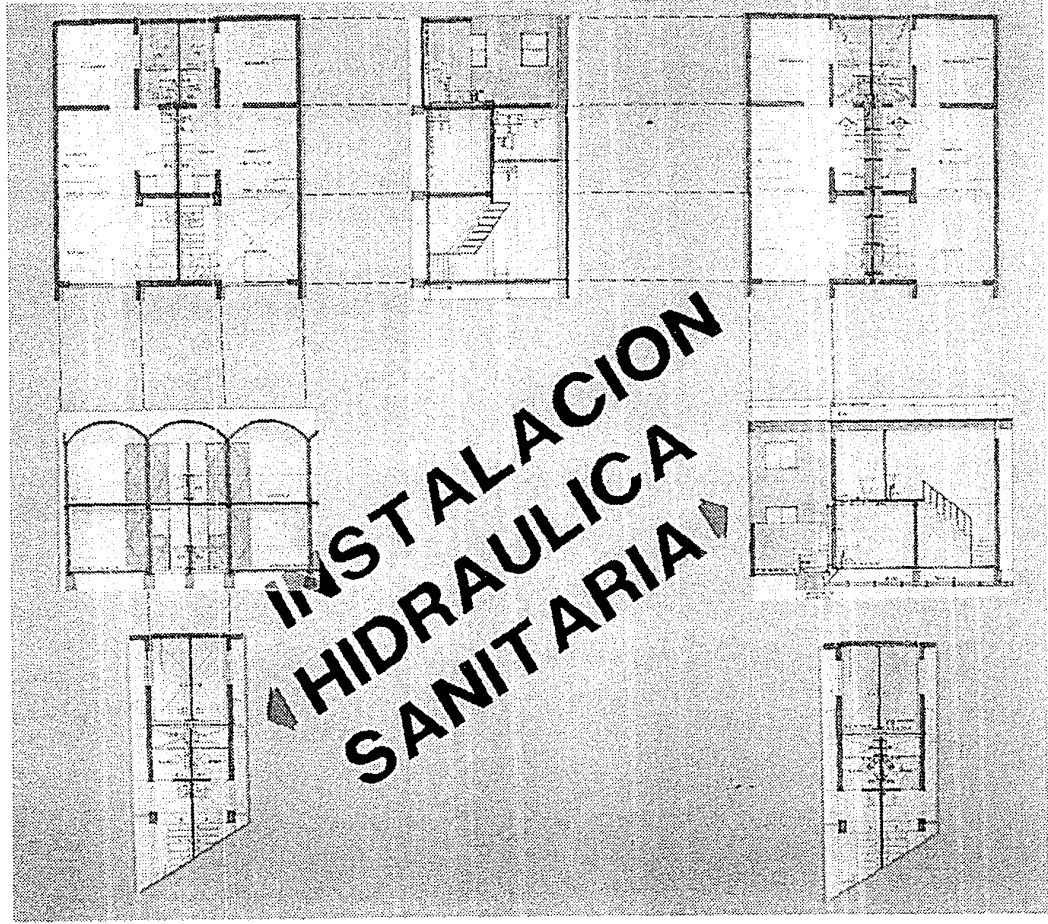
ENTREPISO



BOVEDA



# ESTRUCTURAL



# INSTALACION HIDRAULICA SANITARIA

10



Instalacion y sanitaria  
HIDRAULICA  
HIS-1

VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA

11

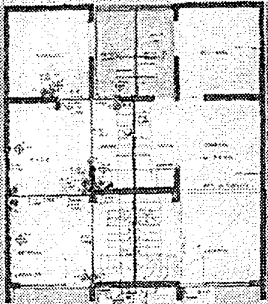


CONSTITUCION DE 1967

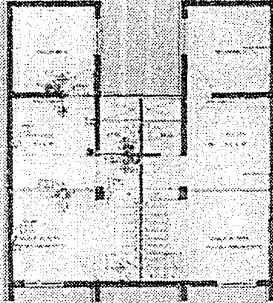
Instalacion electrica  
I.E.C. T.E.C.O.

IE-1

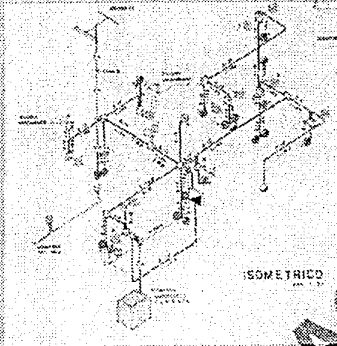
VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECNIFICADA



PLANTA BAJA

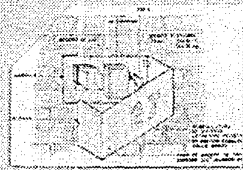
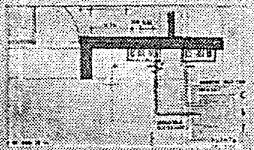
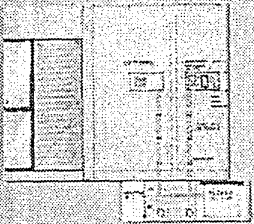


PLANTA ALTA



ISOMETRICO

# INSTALACION ELECTRICA



CUADRO DE CARGAS	
1	2
3	4
5	6
7	8
9	10
11	12
13	14
15	16
17	18
19	20
21	22
23	24
25	26
27	28
29	30
31	32
33	34
35	36
37	38
39	40
41	42
43	44
45	46
47	48
49	50
51	52
53	54
55	56
57	58
59	60
61	62
63	64
65	66
67	68
69	70
71	72
73	74
75	76
77	78
79	80
81	82
83	84
85	86
87	88
89	90
91	92
93	94
95	96
97	98
99	100

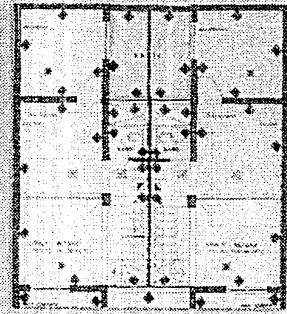
# 12



**acabados**  
HSC TEB

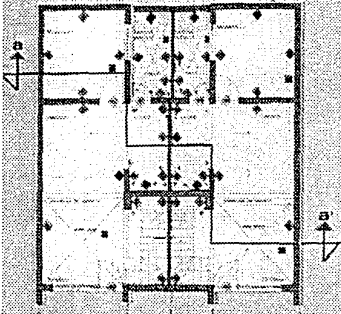
AC-1

VIVIENDA DE INTERESES SOCIALES  
CONSTRUIDA CON TIERRA TECHIGADA

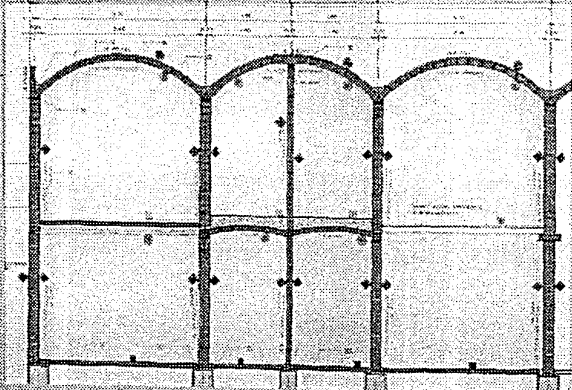


PLANTA ALTA

ACABADOS		
ESQUEMA	ACABADO SOCIAL	ACABADO FINAL
●	ALBAÑILERIA	ALBAÑILERIA
◆	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
■	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
□	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
○	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
△	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◇	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
×	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
+	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
•	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◊	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◌	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◐	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◑	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◒	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◅	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◆	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◇	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◈	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◉	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◊	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◌	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◐	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◑	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◒	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◅	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◆	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◇	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◈	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED
◉	REVESTIMIENTO DE PARED	REVESTIMIENTO DE PARED

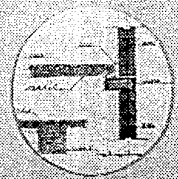


PLANTA BAJA



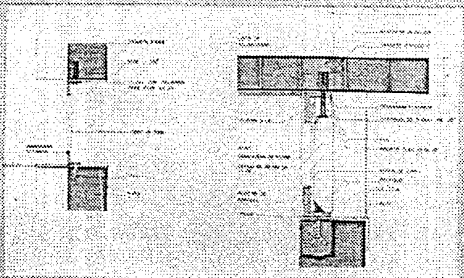
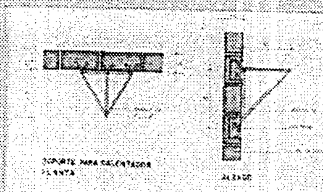
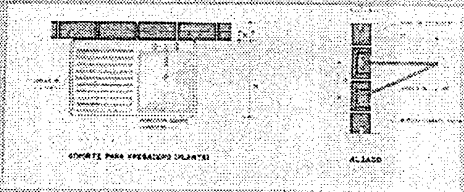
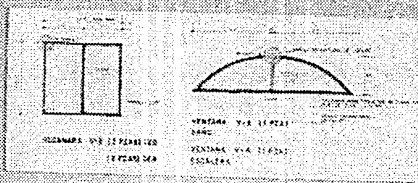
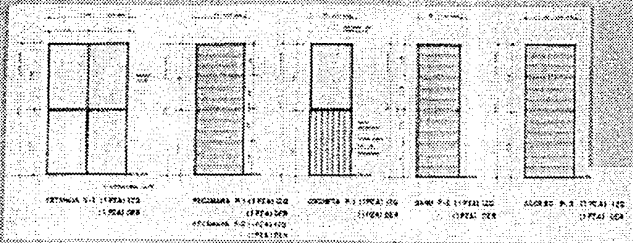
CORTE a-a

# ACABADOS



DETALLE DE FIJACION DE ENTREPISO





# CARPINTERIA Y HERRERIA



EDITORIAL ARCA  
 CALLE 14 N. 100  
 BOGOTÁ, COLOMBIA

**carpinteria y herreria**  
 uso vertice

D-1



VIVIENDA DE INTERES SOCIAL  
 CONSTRUIDA CON TÉCNICA TECNIFICADA

# CONCLUSIONES.

Las conclusiones que se presentan en esta tesis se dividen en tres áreas diferentes, que considero son las mas importantes.

- 
- Económicas.
- Técnicas.
- Sociales.

## a) Económicas.

Desde el punto de vista económico, está demostrado que el sistema constructivo a base de tierra, presenta beneficios al reducir el costo de construcción, sobre todo enfocado a la vivienda popular.

1. Fomenta la "Economía Regional" con el empleo de mano de obra de la localidad en cuanto a la fabricación de componentes de tierra, además de eliminar el I.V.A. en estos conceptos.

2. El Sistema y fabricación de bloques de tierra tecnificada no requieren mano de obra especializada, la construcción de muros y bóvedas utiliza la mano de obra tradicional.

3. Contribuye a la "Autonomía Regional" ya que se elimina la dependencia de suministro de materiales dentro y fuera de la localidad.

4. Representa el control del Flujo Económico dentro de la obra y el equilibrio de egresos iniciales en la misma, ya que se eliminan subcontratos de materiales y/o sistemas constructivos que implican un costo indirecto a favor del proveedor o fabricante.

5. Se reduce de manera importante el intermediarismo en la adquisición de materiales para la construcción de muros y cubiertas.

6. Reduce el factor de costo en fletes de transporte de los materiales empleados en obra.

7. Por la solución de Diseño y de Estructuras en la vivienda, se sustituyen los castillos por cruceros de bloques de tierra tecnificada y se utiliza en la construcción de muros y bóvedas un mortero a base de cemento-cal-arena.

8. La solución en los muros y cubiertas son las partidas que representan el mayor ahorro dentro del sistema.

9. Uno de los aspectos mas importantes es el costo total de la vivienda, ya que en muchos casos se dan viviendas de areas mínimas y sin posibilidades de crecimiento, utilizando este tipo de sistema constructivo se pretende dar la opción de crecimiento interno ( a base de tapancos de madera ) en cuyo caso se presenta una ventaja en economía para el comprador.

## **b) Técnicas.**

Dentro de esta área podemos mencionar también ventajas importantes que fueron fundamentadas en el contenido de esta tesis.

Sistema adecuado a la AUTOCONSTRUCCION Y AUTOFABRICACION de insumos, ya que existen alternativas de selección de maquinaria para la fabricación de los bloques dependiendo del volumen de necesidades, que van desde una prensa manual como la máquina belga "Unata 1001", hasta una "Adobe Press 2000" que produce de 3 a 4 piezas por minuto.

Es un material muy confiable en su resistencia tanto de compresión simple como tensión diagonal, obteniendo resultados bastante buenos.

El material ofrece gran maleabilidad ya que se puede seleccionar la forma y dimensión de las piezas, aunque de este análisis se concluye el manejar una sola dimensión que permita múltiples aplicaciones (10 x 20 x 30 cms.) tanto en muros como en cubiertas (bóvedas).

Sus características térmicas y acústicas favorecen el confort de la vivienda ya que los bloques de tierra tecnificada en clima cálido extremo y frío representan ventajas comprobadas sobre otros materiales.

Fundamentalmente el Sistema Constructivo que se propone, busca la sustitución de castillos en las esquinas por cruceros hechos del mismo block a base de tierra tecnificada que hacen las veces de contrafuertes y rigidizan los muros conjuntamente con sus dadas perimetrales ancladas, por medio de espolones de concreto en cada una de las esquinas.

El Sistema Estructural resistente se compone de muros de carga de bloques estabilizados y comprimidos que resisten cargas verticales y horizontales. Al igual que la bóveda con un trazo adecuado para el mejor comportamiento de cada elemento.

Este sistema se adapta a diferentes tipos de edificios: vivienda de tipo rural, suburbana y urbana, escuelas, mercados, bodegas y comercios; ya que se desarrolla a través de un sistema modulado que rige la solución urbana y arquitectónica obteniendo ventajas de flexibilidad, crecimiento futuro, integración al medio y sobre todo su aplicación universal ya que LA TIERRA y su composición pueden adaptarse en cada región.

## c) Sociales

El adobe en su forma tradicional es bien visto por las clases altas y de buen nivel cultural, ya que aprecian sus cualidades técnicas y estéticas. Las clases populares por el contrario ven este material como un símbolo de pobreza y estancamiento dentro de la tecnología actual.

Los bloques de tierra tecnificada poseen cualidades especiales que lo alejan del adobe tradicional e incrementan sus características técnicas de resistencia, apariencia y permeabilidad.

## CONCLUSION GENERAL.

La construcción de tierra como sistema para generar conjuntos de vivienda a gran escala no ha sido lo suficientemente explotado, ya sea por que no representa negocio para monopolizar la tierra y hacer mercadería o por que se construye en forma artesanal e independiente transmitiendo por generaciones las experiencias y "secretos" adquiridos.

La situación económica del país nos obliga a usar tecnologías y sistemas constructivos alternativos, como pueden ser los bloques de tierra comprimida para construir viviendas en masa teniendo los mismos elementos, con variaciones ligeras en tamaño y forma, dispuestos en diferentes combinaciones, pero siempre con la escala humana como referencia.

Es importante entonces plantear una metodología para transformar la TIERRA, en material de construcción. Esta tesis se ha enfocado a conocer lo mejor posible el material y su tratamiento para fabricar bloques de tierra estabilizada con productos químicos o naturales que mejorarán su comportamiento ante los medios naturales.

Es de subrayar que para la construcción en tierra se necesita contemplar dos aspectos que van estrechamente ligados y que son: lo *práctico* y lo *técnico*. Obtener una buena calidad de tierra supone por una parte apoyarse sobre experiencias científicas y por otra parte adquirir destreza al nivel de la ejecución, realizando controles sencillos a lo largo de la fabricación.

Esta tesis se apoya sobre las experiencias de organismos o instituciones citadas en cada caso, con el fin de adaptar sus resultados y consideraciones para poder plantear una metodología sencilla y fácil de aplicar sin necesidad de equipo sofisticado o difícil de ser llevado a lugares apartados.

Está comprobado con el análisis de diferentes tierras que casi todos los suelos son aptos para ser utilizados como material de construcción, pero en todos los casos necesita estabilizarse y/o mejorarse para que su resistencia al agua y a la carga sea la óptima.

# BIBLIOGRAFIA

- "Actualité de la Construction de Terre en France".

Actes du Seminaire - Habitat.

- "Adobe Abodes".

Leonore Harris Huges.  
Hughes Publishing Co.  
El Paso Texas, 1985.

- "Arquitectura Para los Pobres".

Hassan Fathy.

- "Cartilla de Pruebas de Campo Para la Selección de Tierras en la Fabricación de Adobes".

Ing. Luis Enrique Hernandez Ruiz.  
Arq. Jose Antonio Marquez Luna.  
Conesca A.C. 1983.

- "An Introduction to ancient Egypt".

T.G.H. James.

- "Build with Adobe".

Marcla Southwick.  
1981

- "Early Architecture in New Mexico".

Balnbridge Buting.  
1984.

- "Les Carnets de la Recherche Architecturale".

Ecole D'Architecture de Grenoble.  
CRATerre 1976.

- "Marrakech 87 Habitat en Terre".

CRATerre 1987.

- "The Art and Architecture of Islam 650-1250".

Richard Ettinghausen and Oleg Grabar.  
1987.

- "Vivienda Campesina en Mexico".

Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas,  
México 1978.

- "The Handbook of Earth Shelter Design".

Mike Edelhart.

- "MTEC - 86 Tomo 1 y 2.

CRATerre

- "Amenager".

Equipo et Construire Pour le Plus Grand Nombre  
CRATerre

- "Architecture di Terre".

Revista Editada Por: "Centro Georges Pompidou, Parle".  
1987.

- "Blocs de Terre Hypercomprime Stabilisee".

Janvier 1986.

- "Habitat et Performance".

CRATerre

- "Rammed Earth Designs For The Desert Southwest".

- "Small-Scale Manufacture of Stabilised Soil Blocks".

Technical Memorandum No. 12  
International Labour Office Geneva 1987.

- "Técnicas Mixtas de Construcción Con Tierra".

A. Hays, S. Matuk, F. Vitoux.  
CRATerre 1986.

- "Taos Pueblo".

John J. Bodine 1977.

- "Tour de la Terre".

CRATerre.

- "Uniform Building Code".

- "Adobe Codes, From Around The Southwest".

- "Mecánica de Suelos".

Secretaría de recursos Hidráulicos.

- "Manual del Arquitecto Descalzo".

Johan Van Lengen.

- "Ageless Adobe".

Jerome Iowa.  
Historia y Preservación en la Arquitectura de Suroeste  
de E.U.A.

- "Reglamento de Construcción del D.F."

- "Dwellings (viviendas)".

Paul Oliver.

- **Manual del Adobe, Revista,**

"Arquitectura y Urbanismo No. 2".  
UNAM.

- **"IFEC".**

Stabilized Earth Construction.

- **"Conference On Earth Building Materials".**

Soil Analysis for Earth Buildings.

- **"Revista Scientific American, Julio 1978"**

Arches and Vaults in the Ancient Near East.

- **"Folleto : Habitación Popular de México"**

1987. Año Internacional del Derecho a la Vivienda.

- **"Cartilla de la Vivienda".**

Sociedad de Arquitectos Mexicanos.

- **"El Adobe"**

Simposio Internacional y Curso-Taller Sobre  
Conservación.  
UNESCO.

- **"Arquitecturas de Adobe".**

Patrick Bardou, Varoujan Arzoumanian.  
G.Gillil. Barcelona. 1981.