UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

INGENIERIA CIVIL

Comportamiento del Cemento como estabilizador de distintos suelos.

PRESENTADO POR

MARIO EDGARDO AQUINO CERNA

ELBA ALICIA VARGAS HERNANDEZ

OLGA JUDITH VILLACORTA MARTINEZ

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DEL 1999.-

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

DR. JOSE BENJAMIN LOPEZ GUILLEN

SECRETARIO GENERAL :

LIC. ENNIO ARTURO LUNA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

SECRETARIO a.i. :

ING. OSCAR EDUARDO MARROQUIN HERNANDEZ

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

DIRECTOR :

ING. LUIS RODOLFO NOSIGLIA DURAN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO CIVIL

Titulo :

Comportamiento del Cemento como estabilizador de distintos suelos

Presentado por :

MARIO EDGARDO AQUINO CERNA
ELBA ALICIA VARGAS HERNANDEZ
OLGA JUDITH VILLACORTA MARTINEZ

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador :

ING. CIRILO MENDEZ RAYMUNDO.

Asesor :

ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE

San Salvador, Febrero de 1999.-

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador :

ING. CIRILO MENDEZ RAYMUNDO

Asesor :

ING. JOSE MIGUEL LANDAVERDE

FAC. DE ING. Y ARQ. -- UES

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas aquellas personas o entidades que de una u otra manera contribuyeron a la realización de este trabajo.

En especial:

- A nuestro Coordinador y Asesor de Trabajo de Graduación Ing. Cirilo Méndez Raymundo e Ingeniero José Miguel Landaverde, quienes nos ayudaron y orientaron en la realización del presente trabajo.
- Ing. Rafael Alejandro González, por Orientarnos y proporcionarnos toda la ayuda necesaria en la realización de está investigación.
- A CESSA, por el patrocinio para la realización de está investigación.
- Al Laboratorista Emiliano Espinoza, por ofrecernos su amistad y valiosa ayuda.
- A Federico Alberto Villacorta, Por su colaboración y ayuda para la realización de nuestro trabajo.
- A la familia Vargas Hernandez y en Especial a Carlos Armando Vargas que nos brindaron su hospitalidad y ayuda.

EL GRUPO

DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRABAJO:

A DIOS TODOPODEROSO :

Por darme la sabiduría necesaria para cumplir mis metas y acompañarme en cada momento.

A MI MADRE :

Leonor Vargas por confiar y creer en mi en los momentos más difíciles de mi vida.

A MIS HERMANOS :

Isabel, Chepito, Leonor, Lino, Angélica, Blanca, Yolanda, Carlos Armando por apoyarme siempre.

A MIS SOBRINOS :

Marisol, Tito, Sandra, María José, Ricardo, Jazmín, Ronald y Oscar porque los quiero.

A MIS AMIGAS :

Aracely, Leonor y Olga por brindarme su confianza y amistad en todo momento.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

Daysi, Nohemy, Rudy, Luis, Hugo, Jaime, Yanez, Manuel, Carlos, Emiliano, Sergio, Oscar y a Don Federico Villacorta por su apoyo incondicional.

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO:

Aracely, Guadalupe, Lily, Lucy, Balbina, Oscar, Roberto, Jaco y especialmente a la Ing. Cecilia Reyes de Morán por su confianza.

EN GENERAL :

A todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron a la finalización de este trabajo de graduación.

GRACIAS

ELBA ALICIA

DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRABAJO:

A DIOS TODOPODEROSO :

Por guiarme y ayudarme en todo mi camino y por permitirme culminar mi carrera.

A LA SANTISIMA VIRGEN MARIA:

Por guiarme y darme la paciencia para superar todas las dificultades y por ayudarme a terminar este trabajo.

A MIS PADRES :

Federico Alberto Villacorta y María del Transito de Villacorta por estar siempre a mi lado y por el ejemplo que tengo en ustedes, gracias Papa y Mama por todos los sacrificios para que terminara mi carrera, este triunfo es de ustedes también.

A MIS ABUELITOS :

Mamita y Papita y Mama Angela que desde el cielo se que ustedes me ayudan a salir adelante y recibo sus bendiciones, gracias abuelitos nunca los olvido.

A MIS HERMANOS :

Nelson, Marielos, Migue, Fede, Ana, Saúl, Fredy y especialmente a mi hermana Maythe porque siempre ha sido una segunda madre para mí, a mis cuñadas Blanqui, EU y Maritza, gracias a todos por sus consejos y ayuda.

A MIS SOBRINOS :

Ade, Margareth, José, Sandra, Carlos, Josué, Jahir, David, Nelsito, Olguita y Andrea por darme la alegría y el amor de todos.

A OSCAR :

Con todo mi amor, gracias negrito por estar siempre conmigo ayudándome, por la paciencia y la confianza para poder terminar mi carrera, gracias por aguantarme te llevo siempre en mi corazón, TE AMO.

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS:

Gracias por impulsarme a seguir adelante.

A MIS AMIGOS :

Elba, Daysi, Nohemy, Aracely, Hugo, Rudy, Edgar, Omar, Joaquín, por la amistad que me brindaron.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS:

Elba y Mario por la paciencia para lograr juntos está meta.

A LA FAMILIA VARGAS HERNANDEZ:

Gracias por las atenciones y la amistad que me brindaron para lograr finalizar este trabajo.

EN GENERAL :

A todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron a la finalización de este trabajo de graduación.

GRACIAS

OLGA JUDITH

DEDICATORIA

DEDICO ESTE TRABAJO:

A DIOS TODOPODEROSO :

Por darme la vida e Inteligencia y por haberme guiado y permitido terminar con éxito mis estudios. Confiando en que nada sucede si él no lo permite.

A MIS PADRES :

Mario y Ana María quienes con todo su amor me brindaron todo su apoyo, compresión y consejos durante toda mi carrera y a lo largo de toda mi vida.

A MI HERMANO :

Carlo Roberto, que siempre me dio ánimo para seguir adelante a pesar de las circunstancias, aunque hubiese momentos difíciles gracias por escuchar todos esos problemas.

A MI ESPOSA QUERIDA :

Claudia Carolina, por todo su amor, cariño y comprensión durante toda mi carrera y haber tenido paciencia cuando yo la había perdido, Gracias Amor.

A MIS TIOS :

Tía Juana, Tío Aris, Tío Carlos, Tío Daniel, Tío Changel y demás, que siempre estuvieron al pendiente de mi carrera ayudándome con valiosos consejos que no podré olvidar.

A MIS AMIGOS :

Por estar al pendiente de toda mi carrera, y siempre me dieron su apoyo ya sea en las buenas como en las malas.

EN GENERAL :

A todas aquellas personas de una u otra forma contribuyeron al feliz término de mi carrera.

GRACIAS

MARIO EDGARDO

INDICE

CAPITULO I

INTRODUCCION 1

ANTECEDENTES 2

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 6

OBJETIVOS 7

ALCANCES 8

LIMITACIONES 10

JUSTIFICACIONES 11

CAPITULO II

ASPECTOS BASICOS DEL SUELO CEMENTO

INTRODUCCION 12

2.1 COMPONENTES 13

2.1.1 SUELO 13

2.1.1.1 CONCEPTO 13

2.1.1.2 ORIGEN DE LOS SUELOS 14

2.1.1.3 TAMAÑO DE LAS PARTICULAS . . . 16

2.1.1.4 FORMA DE LAS PARTICULAS . . . 20

2.1.1.5 MINERALOGIA 22

2.1.1.6 RELACIONES VOLUMETRICAS Y GRAVIMETRICAS 25

2.1.1.7 GRANULOMETRIA. 27

2.1.1.8 PLASTICIDAD 30

2.1.1.9 CLASIFICACION DE SUELOS . . . 32

2.1.2 CEMENTO. 36

2.1.2.1 DEFINICION Y COMPOSICION. . . . 36

2.1.2.2 TIPOS DE CEMENTO PORTLAND. . . 37

2.1.3 AGUA. 39

2.2 SUELO CEMENTO 45

2.2.1 INTRODUCCION. 45

2.2.2 DEFINICION 45

2.2.3 CLASIFICACION DEL SUELO CEMENTO SEGÚN SU CONSISTENCIA 46

2.2.3.1 SUELO CEMENTO RIGIDO . . . 46

2.2.3.2 SUELO CEMENTO SEMIFLUIDO. . . 47

2.2.3.3 SUELO CEMENTO FLUIDO . . . 47

2.2.4 USOS DEL SUELO CEMENTO 48

2.2.5 DEFINICIONES BASICAS PARA LA ELABORACION DEL SUELO CEMENTO 48

2.2.6 PROPIEDADES DEL SUELO CEMENTO. . . . 50

2.2.6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION . . 51

2.2.6.2 RESISTENCIA A LA FLEXION . . . 53

2.2.6.3 RESISTENCIA A LA TENSION . . . 55

2.2.6.4 ABSORCION. 57

CAPITULO III

PRUEBAS DE LABORATORIO

INTRODUCCION 59

3.1 DESCRIPCION Y LOCALIZACION DE TODOS LOS BANCOS DE PRESTAMO INVESTIGADOS.. 60

3.2 CLASIFICACION DE LOS SUELOS DE LOS DISTINTOS BANCOS DE PRESTAMO 65

3.2.1 ANALISIS GRANULOMETRICO 65

3.2.1.1 RESULTADOS DE LOS ANALISIS GRANULOMETRICOS PARA CADA SUELO . 69

3.2.2 PLASTICIDAD DE LOS SUELOS 94

3.2.2.1 RESULTADOS DE PRUEBAS DE LIMITES DE ATTERBERG. 100

3.3 SELECCIÓN DE BANCOS 113

3.3.1 BANCO DE PRESTAMO #1 113

3.3.2 BANCO DE PRESTAMO #2 114

3.3.3 BANCO DE PRESTAMO #3 114

3.4 DISEÑO DE MEZCLA 117

3.4.1 PROCEDIMIENTO 117

3.4.2 EJEMPLO DE CALCULO DE DISEÑO DE MEZCLA . 122

3.4.2.1 DISEÑOS DE MEZCLA 126

3.5 ELABORACION DE MEZCLA 145

3.5.1 MATERIAL Y EQUIPO 145

3.5.2 PROCEDIMIENTO 146

3.6 PRUEBAS DE LABORATORIO 152

3.6.1 ELEMENTOS DE PRUEBA 152

3.6.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION . . . 152

3.6.3 RESISTENCIA A LA FLEXION 153

3.6.4 RESISTENCIA A LA TENSION 155

3.6.5 ABSORCION 156

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

INTRODUCCION 157

4.0 ANALISIS DE RESULTADOS 158

4.1 BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN KM. 76 ½ 158

4.1.1 PRUEBA DE COMPRESION . . . 158

4.1.2 PRUEBA DE TENSION 161

4.1.3 PRUEBA DE FLEXION 163

4.1.4 ABSORCION. 166

4.1.5 PESO VOLUMETRICO HUMEDO (HUMEDAD DE FALLA) 168

4.1.6 COMPARACION DEL ESFUERZO DE COMPRESION CON EL ESFUERZO DE TENSION 169

4.2 BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A CHALATENANGO KM. 57 ½ 172

4.2.1 PRUEBA DE COMPRESION . . . 172

4.2.2 PRUEBA DE TENSION 175

4.2.3 PRUEBA DE FLEXION 177

4.2.4 ABSORCION 180

4.2.5 PESO VOLUMETRICO HUMEDO (HUMEDAD DE FALLA) 182

4.2.6 COMPARACION DEL ESFUERZO DE COMPRESION CON EL ESFUERZO DE TENSION. 184

4.3 BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE. . . . 186

4.3.1 PRUEBA DE COMPRESION . . . 186

4.3.2 PRUEBA DE TENSION 189

4.3.3 PRUEBA DE FLEXION 191

4.3.4 ABSORCION. 194

4.3.5 PESO VOLUMETRICO HUMEDO HUMEDAD DE FALLA 196

4.3.6 COMPARACION DEL ESFUERZO DE COMPRESION CON EL ESFUERZO DE TENSION 198

4.4 ANALISIS DE COSTOS 200

4.4.1 COSTO DISEÑO PATRON 201

4.4.2 COSTO BANCO DE PRESTAMO CARRETERA A METAPAN KM. 76 ½ . . 203

4.4.3 COSTO BANCO DE PRESTAMO CARRETERA A CHALATENANGO KM. 57 ½ 209

4.4.4 COSTO BANCO DE PRESTAMO FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE, SAN MIGUEL . . . 215

4.5 COMPARACION DE RESISTENCIA Y COSTO . . 221

4.5.1 BANCO DE PRESTAMO CARRETERA A METAPAN KM. 76 ½ 221

4.5.2 BANCO DE PRESTAMO CARRETERA A CHALATENANGO KM. 57 ½ . . . 223

4.5.3 BANCO DE PRESTAMO FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE . 225

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES 227

5.2 RECOMENDACIONES 233

BIBLIOGRAFIA

LISTADO DE NORMAS UTILIZADAS

CAPITULO I

INTRODUCCION

Desde tiempos antiguos, el suelo cemento se ha usado como material de construcción; en la actualidad tiene mucha importancia ya que debido a sus diversos usos requiere de una investigación especial, que permita determinar sus diferentes propiedades.

El suelo cemento tiene las ventajas siguientes: es económico, fácil de elaborar y de una resistencia adecuada.

El suelo cemento en nuestro medio siempre se ha elaborado con tierra blanca (ceniza volcánica), cemento y agua, sin embargo en este trabajo se tratará de demostrar que existen otros tipos de suelo con características propias y que podrán ser usados en suelo cemento, además se proporcionará distintos diseños de mezclas de suelo cemento para ser utilizados en cualquier tipo de edificación; se pretende con esto que se utilice el suelo que se encuentra en el lugar de la construcción, ya que con esto se reducirán costos de transporte y se aprovecharan los recursos disponibles en cada lugar.

ANTECEDENTES

El origen de la idea de mezclar suelo y cemento Portland para elaborar un material usado en la construcción no ha sido establecido con exactitud; sín embargo en los Estados Unidos la primera información oficial se refiere a una patente realizada en el año de 1,917 con el nombre de "SOILAMES", material para usarse en carreteras. Pero fue hasta en el año de 1,932 que oficialmente se empezó a trabajar con este nuevo material y desde esta fecha se han hecho muchos ensayos tanto en la rama de carreteras como en la construcción de vivienda.

El Departamento de Carreteras del Estado de Carolina del Sur, bajo la dirección del Dr. C. H. Moorefield realizó pruebas en caminos entre los años de 1,933 y 1,934 con varios espesores obteniéndose un material endurecido que no formaba zanjas, tampoco se desplazaba en la época lluviosa, no se desintegraba ni formaba fangales, ní polvaredas.

Como se obtuvieron buenos resultados al usar este material, se efectuaron varios estudios teóricos y fué incrementándose su aplicación.

En 1, 957 en Colombia se realizó la construcción de una vivienda experimental a base de suelo cemento, basados en que la resistencia del suelo cemento depende en dos

hechos, la presencia del cemento, que sirve como elemento aglutinante químico, y en la compactación mecánica del suelo-cemento o mezcla.

En nuestro país el cemento se ha venido empleando desde hace muchos años como estabilizador de suelos, utilizándolo comúnmente en relaciones de proporción de volúmenes con un único suelo que es tierra blanca.

En la Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, sé han realizado diferentes investigaciones sobre el suelo-cemento, previo a optar al Titulo de Ingeniero Civil de las cuales podemos mencionar:

- " Tecnología y Aplicación del Suelo Cemento"
  Presentado por Agustín Antonio Castro y otros, en el año de 1,970.

- " Suelo Cemento Investigación de Bloques para la Construcción." Presentado por José Luis Melara Solórzano, en el año de 1,970.

- " El Suelo Cemento Aplicado a la Construcción de Carreteras". Presentado por Ballardo Rolando Arriaza y otros, en el año de 1,970.

- " Estabilización de Suelo con Cal". Presentado por Carlos Alberto Leiva y otros, en el año de 1,970.

- "Suelo cemento, estabilización de taludes". Presentado por los Ing. Rafael Retana Guerrero, Edgar Armando Rodríguez Cartagena y Danilo Eduardo Pineda Carbonero en el año de 1,971.

- "Suelo cemento de ceniza volcánica; utilización del suelo cemento en la construcción de vivienda". Presentado por los Ingenieros Roberto Arango Quezada, Mauricio Currlin, Ena Leticia Padilla y Carlos Solano, en el año de 1,972.

- " Suelo cemento, Estabilización de la tierra blanca" presentado por Roberto González Esperanza y otros en el año de 1,972.

- " Bloques de suelo cemento para la construcción de vivienda", presentado por José Antonio Rivas Escobar y otros en el año de 1,973.

- "Suelo cemento de ceniza volcánica; utilización del suelo cemento en la construcción de vivienda". Presentado por el Ing. Frances Fadon y el Ing. Jaime Antonio Sánchez en el año 1,976.

- "Aplicación de suelo cemento a la vivienda mínima". Presentada por los Ing. José Antonio Huezo Solis y Salvador Alvarado Flores en el año 1,983.

- "Mampostería de suelo cemento para la vivienda de bajo costo (utilizando cemento especial de mampostería)". Presentado por Francisco Miranda Romero y otros en el año 1,985.
- "Materiales y Métodos Constructivos para la Vivienda Marginal y Rural. Presentado por: Roberto Otoniel Berganza Estrada y otros en el año 1,987.
- "Estudio experimental de las arcillas negras de Pasaquina, para su utilización como material de construcción", presentado por Luis Alberto Guerrero y otros, en el año de 1,992.
- "Estudio de suelo cemento semi fluido para la construcción de muros de retención y pilas". Presentado por los Ing. José Javier Cardoza López, Sergio Alonso Castillo Fabian y Rodolfo Antonio Guadron Figueroa en el año de 1,995.

- Utilización de bloques de suelo cemento, machimbrado en la construcción de viviendas de bajo costo. Presentado por Rudy Armando Martínez Deras y otros, en el año de 1,998.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en nuestro país, el suelo cemento tiene una gran demanda, por sus diferentes aplicaciones en la construcción de obras civiles tales como, muros de mampostería, muro de barro colado (tapial), bases para pavimentos, protección de taludes, revestimientos, estabilización de fundaciones, paredes para vivienda, etc.

En la mayoría de las investigaciones realizadas, los componentes básicos del suelo-cemento han sido: el cemento, la tierra blanca y el agua. Ya que la tierra blanca solo se encuentra en la zona central, utilizarla en cualquier parte del país provoca un aumento en el costo del suelo-cemento, por lo que este trabajo busca la forma de estabilizar diferentes tipos de suelo con cemento, encontrando dosificaciones óptimas, para poder emplear el suelo del lugar y así disminuir costos de transporte.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Investigar el comportamiento del suelo-cemento con distintos tipos de suelo, obteniendo primero información de las propiedades índices para su clasificación y propiedades mecánicas para determinar su factibilidad técnica, a través de ensayos de laboratorio descritos en las normas a utilizar e investigaciones bibliográficas. Se definirá un diseño de mezcla óptima para cada tipo de suelo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar las propiedades índices de los bancos de préstamo para poder clasificar suelos representativos del interior del país.
- Seleccionar los bancos de préstamo a investigar conforme a los parametros establecidos.
- Realizar a los especímenes elaborados de los diferentes diseños de mezclas, las pruebas mecánicas de compresión, flexión, tensión y absorción.
- Tabular y analizar los resultados obtenidos de las distintas pruebas realizadas en el laboratorio, para determinar si se logra estabilizar los suelos de cada banco de préstamo. Obteniendo además la dosificación óptima para cada uno de ellos.

ALCANCES

En el proceso de la investigación, se pretende obtener información acerca del comportamiento de distintos tipos de suelo con cemento Portland tipo I (PM) y agua analizando los siguientes parámetros:

- Clasificación de suelos: para clasificar y caracterizar los suelos es necesario Realizar entre otras pruebas:

  - Análisis granulométrico.
  - Límites de consistencia (ATTERBERG)

- Obtención de las propiedades mecánicas del suelo-cemento para las diferentes dosificaciones:

  - Resistencia a la compresión.
  - Resistencia a la flexión.
  - Resistencia a la tensión.
  - Absorción.

- Variación del tiempo de curado para estudiar el cambio de resistencia a la compresión con la edad de 7, 14, 28, 60 y 90 días.

Logrando definir las dosificaciones óptimas para los tres diferentes tipos de suelos

investigados.

- Análisis de resultados.

- Se hará una comparación de cada diseño de mezcla en cuanto a sus propiedades mecánicas y su costo, con un diseño tomado como patrón.

LIMITACIONES

En el presente trabajo la investigación se limitará al estudio de tres bancos de suelo, seleccionados previamente entre los tipos de suelo muestreados de diferentes puntos del país; los bancos que se seleccionaran serán aquellos que reúnan las características deseadas para esta investigación como lo son:

- Ubicación geográfica.
- Indice de plasticidad.
- Zona potencial de desarrollo.

Se utilizaran muestras alteradas.

Al elaborar las diferentes mezcla de prueba de suelo-cemento se revolverán los componentes (cemento, agua y suelo) manualmente, ya que no se cuenta con el equipo adecuado para el mezclado de estos, o sea, una mezcladora de eje horizontal que se usa para elaborar suelo cemento fluído.

La prueba de flexión se realizará a los especímenes (viguetas) de los diferentes bancos a la edad de 28, 60 y 90 días ya que antes de estas edades se obtienen resistencias muy bajas.

La prueba de tensión se ejecutará a los 28 días para cumplir con la norma ASTM C-496-86 y a los 90 días para verificar la ganancia de resistencia.

JUSTIFICACIONES

El suelo-cemento se ha utilizado para diferentes usos y aplicaciones así:

- Protección de taludes
- Revestimientos de bases y sub-bases.
- Estabilización de fundaciones, de edificaciones, pavimentos, paredes, pistas de aterrizaje, embalses, depósitos o lagunas de oxidación, plazas de parques y patios de bodegas, etc.

Generalmente se usa la misma dosificación (1:20) y el mismo suelo (tierra blanca), para lo cual en este trabajo se diseñaran distintas dosificaciones de mezclas de suelo-cemento para diferentes tipos de suelo, esto reduciría los costos en la elaboración del suelo-cemento porque se utilizará el suelo más próximo a la edificación.

Los resultados deben servir para mejorar la forma de utilizar el suelo en la construcción, bajar los costos de transporte de material, compra de material y la reducción del tiempo para ejecutar una obra civil.

Dado que la utilización del suelo cemento tiende a incrementar su uso en nuestro país, se estima necesario realizar la investigación antes citada, para conocer las propiedades del suelo cemento elaborados con suelos no tradicionales.

CAPITULO II

ASPECTOS BASICOS DEL SUELO CEMENTO

INTRODUCCION

En anteriores estudios se ha logrado establecer que el 85 por ciento de suelos usados para suelo cemento modifican sus propiedades convenientemente con un porcentaje del 14 por ciento o menos de cemento, también es cierto que más del 50 por ciento de los mismos requieren solamente el 10 por ciento de cemento, lo que hace necesario estudiar diferentes tipos de suelos.

En nuestro país se ha estudiado y usado suelo cemento sólo con tierra blanca (ceniza volcánica de color marfil), es por esto y basados en lo anterior, que se pretende conocer las mejoras de diferentes suelos al combinarlos con cemento portland como aglutinante.

2.1 COMPONENTES

2.1.1. SUELO

2.1.1.1 CONCEPTO.

Se define en ingeniería como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos, productos de la desintegración mecánica o la descomposición química de rocas preexistentes, estas pueden acumularse en el lugar de origen o ser transportados y depositados en otro sitio.[1]

Los suelos se originan por la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas Madres, (sean éstas ígnea, metamórfica y sedimentaria), que por el intemperismo, cambian su composición química y mineralógica, así como sus propiedades físicas y mecánicas, en el tiempo.

Entre los agentes físicos que provocan cambios en las rocas figuran la temperatura, el viento, el agua y los glaciales.

Algunos agentes químicos principales que podemos mencionar como causantes de cambios en las rocas son la oxidación, la carbonatación y la hidratación.

[1] Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones de Sowers, Sowers y mecánica de suelos y Cimentaciones de Carlos Crespo.

En la investigación se analizará el comportamiento de diferentes tipos de suelo de algunos bancos de préstamo en el interior del país.

2.1.1.2 ORIGEN DE LOS SUELOS.

a) **Suelos residuales**: es el producto del intemperismo de las rocas que permanecen en el sitio donde se formó o son producto del ataque de los agentes de intemperismo, pueden quedar en el lugar, directamente sobre la roca de la cual se derivan.

b) **Suelos Transportados**: Cuando los suelos son removidos del lugar de formación por los mismos agentes geológicos y redepositados en otra zona. Así se generan suelos que sobreyacen sobre otros estratos sin relación directa con ellos.

Existen en la naturaleza número agentes de transporte, de los cuales pueden citarse como principales: los glaciales, el viento, los ríos y corrientes de agua superficial, los mares y las fuerzas de gravedad.

AGENTES DE TRANSPORTE.

POR GRAVEDAD: TALUD

Un derrubio (talus) es la acumulación de rocas y escombros de rocas caídos en la base de los frentes y de los taludes empinados de rocas, el derrubio está compuesto de partículas gruesas irregulares y generalmente se encuentra en condiciones de inestabilidad.

POR AGUA: DEPÓSITOS DE RÍOS (ALUVIÓN)

El agua que corre es uno de los agentes más activos para el transporte del suelo. El agua como agente transportador sirve para mezclar suelos de diferentes orígenes y después seleccionarlos y depositarlos de acuerdo con el tamaño.

DEPÓSITOS LACUSTRES

Los lagos son, geológicamente, estanques temporales; los lagos actúan como gigantescos depósitos de sedimentación en los que se deposita la mayor parte de las materias que llevan en suspensión las corrientes que los alimentan.

POR VIENTO: DEPÓSITOS EÓLICOS.

El viento es un agente de transporte de partículas sumamente selectivo. El viento hace rodar las partículas mayores de 0.05 mm, como la arena, o las puede

levantar a una pequeña distancia. Los sedimentos o depósitos de arena formados principalmente la acción del viento se llaman médanos. Se forman en regiones desérticas; la característica más importante de estos es su continua migración en la dirección de los vientos reinantes.

POR GLACIALES: DEPÓSITOS GLACIALES.

El hielo, que en la forma de glaciales ha sido un agente muy activo en la meteorización y en el transporte. La expansión de las capas de hielo aplana las cimas de las colinas, tritura la roca y mezcla a medida que los empuja.

Algunos de los materiales fueron depositados directamente por el hielo en movimiento, mientras que el resto fue transportado por el agua del deshielo y depositado en los lagos, a lo largo de las fuentes de las capas de hielo, o transportados en los ríos que se alejaban del hielo.

Los depósitos directos de los glaciales se llaman morreras.

2.1.1.3 TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS

Los suelos por su tamaño, los suelos se dividen en

a- gravas

b- arenas

c- limos

d- arcillas

e- Coloides.

A- GRAVAS

Son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas que varían en su tamaño entre 7.62 cm y 2 mm de diámetro. Si éstas son acarreadas por las aguas tiene forma redondeada. Suele encontrársele en forma suelta en los lechos, en las márgenes y conos deyección de los ríos, también, depresiones de terreno rellenadas.

B- ARENAS

Están formadas por granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial, sus partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro. El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo deposito. Las arenas estando limpias no sufren contracciones al secarse, no son plásticas y al aplicárseles carga se comprimen casi instantáneamente.

C- LIMOS

Son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, estos pueden ser inorgánico como el producido en canteras, o limo orgánico como el que se

encuentra en los ríos. El diámetro de las partículas varía entre 0.05 mm y 0.005 mm. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. Su permeabilidad es muy baja y compresibilidad muy alta en los limos orgánicos.

D- ARCILLAS

Son partículas sólidas con diámetro menor a 0.005 mm y cuya masa se vuelve plástica al ser mezclado con agua, químicamente es un silicato de Alúmina hidratado, aunque en pocas ocasiones contiene silicatos de hierro o de magnesio hidratados. La estructura de estos minerales es cristalina y complicado y sus átomos están dispuestos en forma laminar.

De acuerdo a su arreglo reticular los minerales de arcilla se clasifican así:

1- El Caolinítico (del Chino Kau-ling) este procede de la carbonatación de la ortoclasa (feldespatos potásico) (fig. 1). Están formadas por una lámina sílica y una lámina alumínica superpuestas de manera indefinida y con una unión tal que entre sus retículas que no permiten la penetración de agua entre ellas, es debido a esto que estas arcillas sean bastantes estables en presencia del agua.

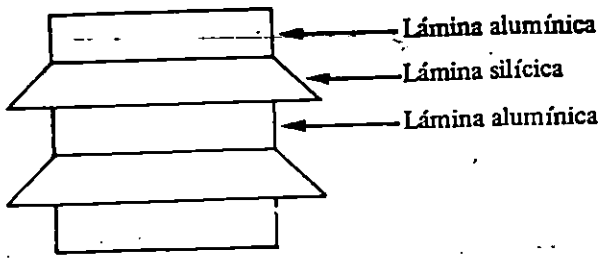


Figura 1 Arcilla caolinítica.

2- El montmorilonítico (del francés Montmorillón) a esta pertenecen las bentonitas, se forman por la superposición indefinida de una lámina alumínica entre dos laminas sílicas, pero con una adición débil entre sus retículas, permitiendo el ingreso fácil del agua. Estas arcillas sufren fuerte expansión (fig. 2) lo que las hace muy inestables.

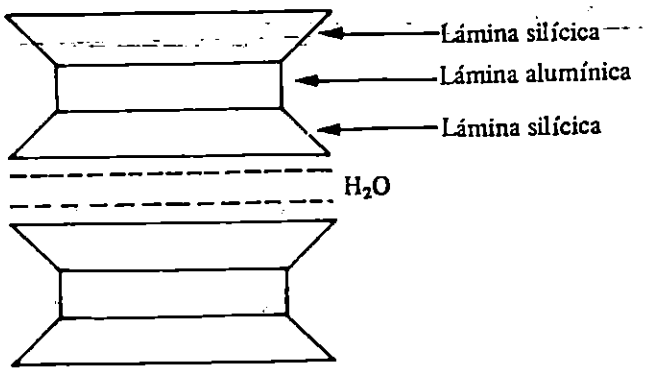


Figura 2 Arcilla montmorilonítica.

3- El ilítico (debe su nombre a illinois, EUA) producto de la hidratación de las micas con un arreglo similar a las montmoriloníticas, pero con una tendencia a formar grumos por la presencia de iones de potasio, esto reduce el área expuesta a el agua, razón por la que no son tan expansivas como las arcillas Montmoriloniticas. (Fig. 3).

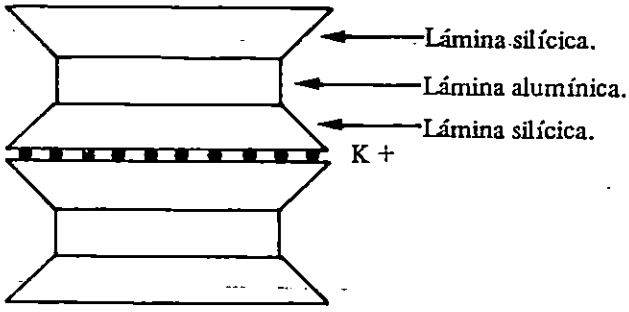


Figura 3 Arcilla ilítica.

2.1.1.4 FORMA DE LAS PARTÍCULAS.

La forma de los granos puede ser de 3 clases, granos redondeados, granos laminares o escamosos y granos circulares.

ESFERICIDAD.

Las características significativas de los granos redondeados son dos: la esfericidad y la angulosidad o redondez: la esfericidad describe las diferencias entre el largo (L), ancho (B), y el espesor (H). El diámetro equivalente de la partícula D_e, es el diámetro de una esfera de igual volumen que la partícula

$$D_e = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$$

por lo tanto, la esfericidad, X, se define de la siguiente manera:

$$X = D_e/L$$

Una esfera tiene esfericidad e, mientras que una partícula plana o alargada tiene un valor menor. Otro índice es la planiformidad (F), el cual se define por:

$$F = B/H$$

El alargamiento, E, es

$$E = L/B$$

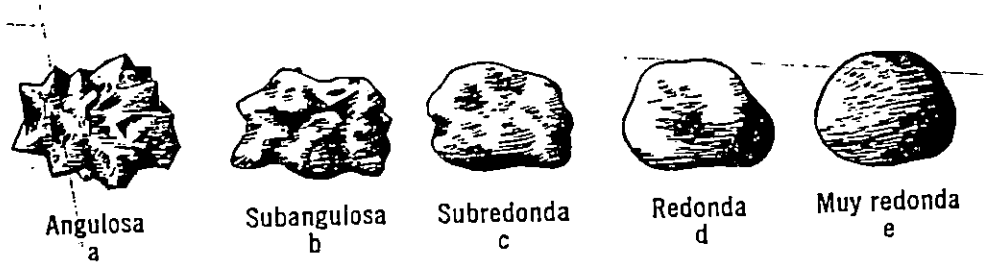
Con la esfericidad se relacionan la facilidad de manipular los suelos o rocas fracturadas, la capacidad de permanecer estables cuando están sometidos a choques y su resistencia a rótura debido a la acción de las cargas.

ANGULOSIDAD

La angulosidad o la redondez, R, son medidas de la agudeza de los vértices de las partículas y se define así:

$$R = \frac{Radio\ promedio\ de\ los\ vértices\ y\ aristas}{Radio\ de\ la\ esfera\ maxima\ inscrita}$$

para medir la angulosidad de las partículas se describe cualitativamente en la figura N° 4:



Redondez de las partículas.

Figura 4

Son angulosas las partículas redondeadas que se formaron primeramente por trituración o molido de las rocas; después que las aristas más afiladas se han suavizado se dice que son subangulosas; cuando las áreas entre las aristas están algo suavizadas y los vértices comienzan a desgastarse, la partícula es sobredonda, son redondas, cuando las irregularidades están prácticamente suavizadas pero se pueden apreciar aún la forma original y por último cuando la partícula es muy redonda cuando ha desaparecido todo rastro de la forma original.

LAMINARES

Estas partículas tienen muy baja esfericidad (típicamente menor que 0.01), son finas, pero no necesariamente alargadas; parecen hojas de papel en cuanto a sus dimensiones relativas se forman por la meteorización mecánica o desintegración de las micas, pero las partículas laminares más comunes son las de los minerales arcillosos.

2.1.1.5 MINERALOGIA

Un mineral es una sustancia inorgánica y natural, con una estructura interna característica determinada por un cierto arreglo específico de sus átomos e iones.

Algunos minerales existentes en el suelo son:

- la sílice (dióxido de Silicio) es uno de los más importantes en la naturaleza y se presente en dos formas: cristalina (cuarzo) y amorfa (pedernal, sílex y calcedonia). Es inerte a la meteorización química e insoluble en agua ligeramente soluble en un medio básico. Es dura, tenaz, no presenta exfoliación y resiste la meteorización mecánica.

- los feldespatos: constituidos por polisilicatos de aluminio y potasio, sodio y calcio. Son frágiles con planos de exfoliaciones pronunciados, se rompen para formar pequeñas partículas prismáticas. Son muy susceptibles a la descomposición química y mecánica, por lo que es raro encontrar fragmentos de feldespatos en regiones húmedas.

- Las micas: son silicatos minerales que contienen hierro, magnesio y potasio. Las laminas de mica son blandas y flexibles con una pronunciada exfoliación. La descomposición química es similar a los feldespatos, produciendo minerales arcillosos carbonatos y sílice.

- Minerales ferromagnesianos (incluyen la horblenda, el olivino y piroxeno)

  Son silicatos complejos de aluminio que contienen hierro y magnesio; son moderadamente duros y resistentes, no tienen exfoliación pronunciada y se rompen mecánicamente en fragmentos color oscuro. Si se descomponen

químicamente forman óxidos de hierro, minerales arcillas y otros productos de la descomposición de los silicatos.

- Los óxidos e hidróxidos de hierro.

Se presentan en la naturaleza en diversas formas cristalinas y amorfas y en ambas existe el estado ferroso y férrico. Puede estar presente en la roca original o ser producto de la meteorización de los minerales que contienen hierro como la biotita o el grupo ferromagnesiano. Al hierro se debe en gran parte la coloración de materiales que carian desde verdosos. Los hierros ferrosos a los rojos brillantes y púrpura de los materiales férricos. En la tabla N°1 se presenta los principales minerales de rocas y suelos.

TABLA 1. Principales minerales de rocas y suelos.

Grupo minera	Variedad	Dureza	Color	Exfoliación	Peso especifico relativo
Silice	Cuarzo	7	Incoloro-blanco	Ninguna	2.66
	Pedernal	7	Claro	Ninguna	2.66
Feldespato	Moscovita	6	Blanco–rosado	Ángulo recto	2.75-3.0
	Biotita	6	Blanco–gris	Ángulo recto	
				Superficie estriada	
Mica	Piroxeno: augita	2-2.5	Plateado	Escamosa fina	2.75-3.0
	Anfibola: hornblenda	2.5-3	Oscuro	Escamosa fina	
	Olivino				
Ferromagnesiano	Limonita, magnetita	5-6	Negro	Ángulo recto	3.1-3.6
		5-6	Negro	Ángulo oblicuo	2.9-3.8
		6-5.7	Verdoso		3.3
Óxidos de hierro		5-6	Rojo, amarillo, negro		5.4

Tomado de Sowers and Sowers, pag. 32

- Minerales constituidos de suelos gruesos: los minerales predominantes son: silicatos, feldespatos, micas y olivino, serpentina, etc. algunos óxidos cuyos principales exponentes son el cuarzo ($Si0_2$), la limonita, la magnetita y el corindón.

- Minerales constituidos de las arcillas

  Están constituidos básicamente por silicatos de aluminio hidratados y algunas veces silicatos de magnesio, hierro y otros metales también hidratados. Estos minerales poseen una estructura cristalina definida, cuyos átomos se disponen en laminas.

2.1.1.6 RELACIONES VOLUMÉTRICAS Y GRAVIMETRICAS.

Los suelos presentan las relaciones importantes entre su peso y volumen, entre ellas están:

a) Relación de Vacíos, Oquedad o índice de poros (e), a la relación entre el volumen de vacíos y el de los sólidos de un suelo.

$$\ell = \frac{V_v}{V_s}$$

Esta relación puede variar de O (Vv=0) a ∞ (valor correspondiente a un espacio vacío).

b) Porosidad es la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa se expresa como porcentaje

$$n(\%) = \frac{V_v}{Vm} \times 100$$

Esta relación puede variar de 0 (en un suelo ideal con sólo fase sólida) a 100 espacio vacío.

c) Grado de Saturación

Es la relación entre el volumen de agua y el volumen de sus vacíos, es expresado como porcentaje.

$$G_w(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Varía de 0 (suelo seco) a 100% (suelo totalmente saturado)

d) Humedad o contenido de agua.

Es la relación entre el peso de agua contenida en el mismo y el peso de su fase sólido, se expresa en porcentaje:

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Varía teóricamente de 0 a ∞.

e) Peso especifico de los sólidos: peso de los sólidos entre el volumen de los sólidos.

$$\gamma_s = \frac{\omega s}{Vs}$$

f) Gravedad especifica:

$$Ss = \frac{\gamma_s}{\gamma_o}$$

2.1.1.7 GRANULOMETRÍA.

El análisis granulométrico. se refiere a las determinación de la cantidad en porcentaje de los diversos tamaños de las partículas que constituyen el suelo.

Algunas clasificaciones granulométrica de los suelos según sus tamaños son los siguientes:

a) Clasificación internacional.

Tamaño en mm

2.0	0.2	0.02	0.002	0.0002
Arena gruesa	*Arena fina*	*Limo*	*Arcilla*	*Ultra-Arcilla (coloides)*

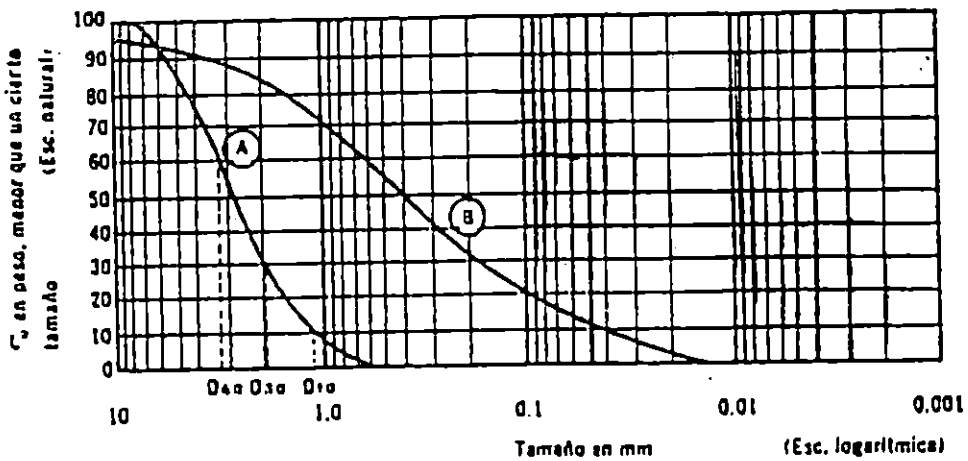
b) Clasificación MIT

Tamaño en mm

2.0	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	0.0006	0.0002
Gruesa	*Media*	*Fina*	*Grueso*	*Medio*	*Fino*	*Gruesa*	*Media*	*Fina (coloides)*
ARENA			LIMO			ARCILLA		

c) Procedimiento por lavado según NORMA ASTM C-117

Es un buen método por el cual se puede representar la composición granulométrica de un suelo; los distintos tamaños de los granos se dibujan en escala logarítmica en las abscisas y los porcentajes en peso de los granos más finos que un tamaño determinado, en escala natural en las ordenadas. (Figura N°5). A esta gráfica se conoce como Curva Granulométrica, la cual se forma por la línea que une todos los puntos que representan los diferentes tamaños de que esta compuesto un suelo. Si la curva es vertical el suelo esta constituido por partículas de un solo tamaño, si la curva es suave o muy tendida se esta en presencia de un suelo bien graduado, o sea, con una gran variedad en los tamaños de las partículas.



Curvas granulométricas de algunos suelos.

A) Arena muy uniforme, de Ciudad Cuauhtémoc, México.
B) Suelo bien graduado, Puebla, México.

Figura 5.

Como medida simple de la uniformidad del suelo Allen Hazen propuso él coeficiente

de uniformidad $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

Donde:

D_{60}: es el tamaño de partículas al 60% del % de peso que pasa.

D_{10}: es el tamaño de partículas, al 10% de peso que pasa.

En realidad es un coeficiente de No uniformidad, pues su valor numérico disminuye cuando la uniformidad aumenta.

Suelos con Cu menores de 3 se consideran uniformes.

Otro índice para definir la graduación es el coeficiente de curvatura, el cual se calcula así : $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}}$

D_{30} se define análogamente que los D_{10} y D_{60}. En suelos bien graduados este oscila entre 1 y 3.

2.1.1.8 PLASTICIDAD

La plasticidad es, la propiedad de un material por el cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse. Para conocer la plasticidad de un suelo se hace uso de los límites de Atterberg, quién por medio de ellos separa los cuatro estados de consistencia de los suelos cohesivos, los mencionados limites son:

a- Límite líquido (LL)

b- Límite plástico (LP)

c- Límite de Contracción (LC)

d- Indice de Plasticidad (IP)

e- Indice de Contracción (IC)

a- **Límite líquido**, es el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia de estado liquido al plástico.

b- **Límite plástico**, se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semi-sólido. a un estado plástico.

c- **Límite de Contracción**, es el porcentaje de humedad con respecto al peso seco de la muestra, con el cual una reducción de agua no ocasiona ya disminución en el volumen del suelo.

c- **Indice de plasticidad**, es la diferencia numérica entre el limite liquido y el limite plástico, y representa el margen de humedad dentro del cual se encuentra en estado plástico un determinado suelo y se calcula: Ip = (LL-LP)

e- **Indice de Contracción**, señala el rango de humedad para el cual el suelo tiene una consistencia semi sólida y se calcula así: IC= (LP-LC)

2.1.1.9 CLASIFICACION DE SUELOS.

Un sistema de clasificación de suelos es un ordenamiento de las diferentes suelos en grupos que tiene características y propiedades similares, con el propósito de facilitar al ingeniero un método para estimar las propiedades o aptitudes de un suelo.

Los suelos pueden clasificarse por:

1- Clasificación geológica de los suelos.

Esta se realiza con respecto a la forma de depositación e historia geológica de un suelo.

2- Clasificación por tamaño de las partículas.

Para clasificar el suelo se toma el porcentaje de arena, limo y arcilla sobre la escala del lado correspondiente del triángulo se trazan tres rectas como se muestra en la figura No 6. y su punto común da la clasificación del suelo.

La clasificación del suelo por el tamaño es la mas simple, pero tiene el inconveniente de que su relación con las principales características físicas es indirecta, pues el tamaño es uno de los diferentes factores que dependen ciertas propiedades físicas importantes de los suelos.

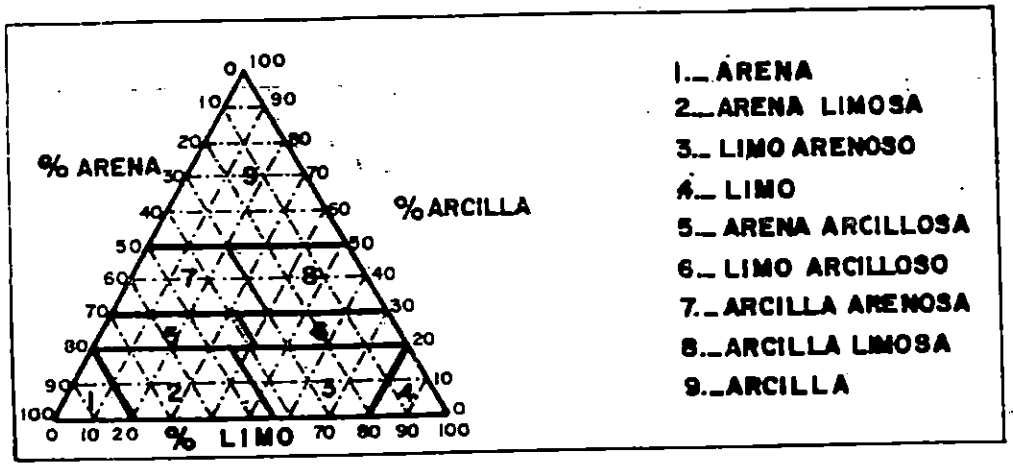


Figura 6

3- Clasificación AASHO (American Association of State Highway Officials)

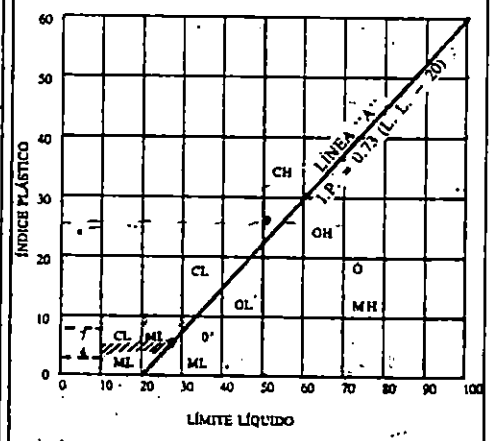
Es uno de los sistemas más antiguos sistemas para clasificar los suelos, desde su introducción en 1929 ha sufrido muchas revisiones y modificaciones y se usa ampliamente para evaluar los suelos en la construcción de sub-rasantes de carreteras y terraplenes.

4- Sistema unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

Es el más utilizado entre todos los diversos sistemas de clasificación. Este sistema fue presentado por Arthur Casagrande como una modificación y adaptación mas general a un sistema de clasificación propuesto en 1942 para aeropuertos. (Tabla N° 2).

TABLA N°2 Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) Incluyendo identificación y descripción

DIVISIÓN MAYOR					Símbolo	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO	
SUELO DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 ✧	Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla N° 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla N° 4.	(PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE ½ CM. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA N° 4)	GRAVAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas).	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos.	DETERMÍNESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA, DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINOS (fracción que pasa por la malla N° 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: Menos del 5%: GW, GP, SW, SP. Más de 12%: GM, GC, SM, SC. 5% al 12%: Casos de frontera que requieren el uso del símbolos dobles **	Coeficiente de uniformidad Cu: mayor de 4. Coeficiente de curvatura Cc: entre 1 y 3. $Cu = \frac{D60}{D10}$ $Cc = \frac{(D30)^2}{D10 \times D60}$
					GP	Gravas mal graduadas, mezclas de gravas y arena con poco o nada de finos.		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.
				GRAVA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas).	GM P d / GM P u	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.	Límites de Atterberg abajo de la "línea A" o I.P. menor que 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.
					GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla.	Límites de Atterberg arriba de la "línea A" con I.P. mayor que 7.	
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla N° 4.		ARENA LIMPIA (Poco o nada de partículas finas).	SW	Arenas bien graduadas, arenas con gravas, con poco o nada de finos.	$Cu = \frac{D60}{D10}$ mayor de 6, $Cc = \frac{(D30)^2}{D10 \times D60}$ entre 1 y 3	
					SP	Arenas mal graduadas, arenas con gravas, con poco o nada de finos.	No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW.	
				ARENA CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas).	SM s d / SM s u	Arenas limosas, mezclas de arenas y limo.	Límites de Atterberg abajo de la "línea A" con I.P. menor que 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requiere el uso de símbolos dobles.
					SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	Límites de Atterberg arriba de la "línea A" con I.P. mayor que 7.	
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 ✧		LIMOS Y ARCILLAS Límite-Líquido menor de 50			ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	EQUIVALENCIA DE SÍMBOLOS G = gravas, M = limo; O = suelos orgánicos; W = bien graduados. S = arenas; C = arcilla; P.I. = turbo; P = mal graduados; L = baja compresibilidad; H = alta compresibilidad.	
					CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.		
					OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.		
		LIMOS Y ARCILLAS Límite-Líquido mayor de 50			MH	Limos inorgánicos, limos micaceos o diatomaceos, limos elásticos.	CARTA DE PLASTICIDAD Para la Clasificación de Suelos de Partículas Finas en el Lab.	
					CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.		
					OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.		
		SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS.			Pt	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		



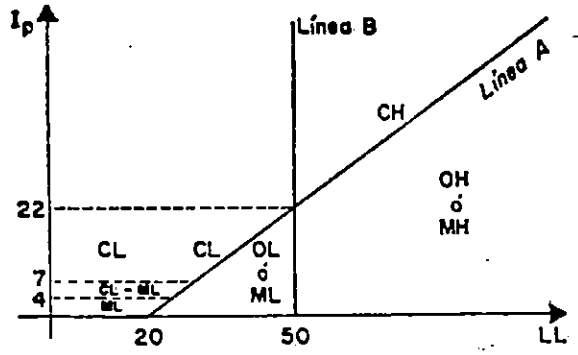
ING. C.C./R.L.

** Clasificación de frontera —Los suelos que posean las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos, por ejemplo GW-GC, mezcla de arena y grava bien graduadas con cementante arcilloso.
✧ Todos los tamaños de las mallas en esta carta son los U.S. Standard.
* La división de los grupos GM y SM en subdivisiones d. y u. son para caminos y aeropuertos únicamente, la subdivisión está basada en los límites de Atterberg. El sufijo *d* se usa cuando el L.L. es de 28 o menos y el I.P. es de 6 o menos. El sufijo *u* es usado cuando el L.L. es mayor que 28.

Los suelos se dividen primeramente en dos clases de grano grueso y finos. Los suelos de granos gruesos tienen más del 50% en peso de granos mas gruesos de 0.074 mm (tamiz #200).[2]

Los suelos de grano fino tienen mas del 50% en peso, de granos más finos que 0.074mm (tamiz #200) estos además se dividen en 3 grupos: C, Arcillas; M, Limos y arcillas limosas; y O, limos y arcillas orgánicas. Los símbolos H y L denotan alto o bajo potencial compresibilidad en los suelos limosos y orgánicos y en el caso de las arcillas, denotan alta o baja plasticidad.

La gráfica de plasticidad de Casagrande es la base para dividir los suelos de grano fino; así como una buena ayuda para comparar los diferentes tipos de suelo (fig. N° 7)



Carta de plasticidad, tal como se usa actualmente.

Figura 7

[2] pag. 74 Merritt, Tomo 1

En la investigación se clasificaran los suelos por este método ya que es el mas utilizado en nuestro medio.

2.1.2 CEMENTO

2.1.2.1 DEFINICION Y COMPOSICION.

Los cementos Portland son cementos hidráulicos compuestos principalmente de silicatos de calcio hidráulico, que al reaccionar químicamente con el agua, fraguan y endurecen formando una pasta de aspecto similar a una roca.

El cemento Portland esta definido en la norma C-150-89.

Para la elaboración del cemento Portland se mezclan materiales calcáreos y arcillosos que entre sus principales constituyentes se encuentran: la cal, sílice, óxido de aluminio y además componentes de oxido de hierro, que al combinarse forman los siguientes compuestos silicato tricálcico (C_3S), silicato dicálcico (C_2S), aluminato tricálcico (C_3A) y ferro aluminato tetracálcico ($C4A_F$); cuyas propiedades influyen en las características del cemento, las cuales son tiempo de fraguado y resistencia.

2.1.2.2 TIPOS DE CEMENTOS PORTLAND

En la actualidad se fabrican en ocho tipos para determinar propiedades físicas y químicas para casos especiales. Esto se han normalizado bajo la base de la especificación ASTM de normas para el cemento Portland (C-150)

TIPO I: cemento para uso general, es el que más se emplea para fines estructurales, cuando no se especifiquen propiedades especiales en el cemento.

TIPO II: se emplea donde sea necesario tomar precauciones contra el ataque moderado de sulfatos. Cuando se requiere un moderado calor de hidratación.

TIPO III: proporción alta resistencia inicial, normalmente una resistencia en 7 días igual, a una resistencia desarrollada en 28 días. Química y físicamente es similar al tipo I, con la variante que sus partículas son molidas mas finamente.

TIPO IV: es un cemento de bajo calor de hidratación y se debe a usar donde el grado y la cantidad de calor generado debe reducirse al mínimo: desarrolla resistencia a una velocidad muy inferior a la de otros tipos de cemento.

TIPO V: se emplea exclusivamente un concretos expuestos a acciones severas de sulfatos.

Los últimos tres tipos de cementos portland, IA, IIA, IIIA, se conocen como Portland incluseros de aire con la salvedad que pequeñas cantidades de material inclusor de aire han sido mezcladas con el clinker durante su manufactura.

El tipo de cemento a utilizar en la investigación es: Portland Tipo I (PM), por ser el de uso general en nuestro país.

2.1.3 AGUA.

Por lo general cualquier agua natural que sea potable y que no tenga un sabor u olor puede ser usada para elaborar suelo-cemento.[3]

La calidad del agua a utilizar es importante por ser parte tanto, en: a- Proceso mezclado: b- Proceso de Curado.

Proceso de Mezclado:

Se recomienda que el agua potable, se utilice para elaborar suelo cemento pero también algunas aguas no potables pueden usarse en su producción siempre que este, bajo las proporciones máximos permitidas de algunas químicos que se encuentran en el agua. En la tabla N°3, se presentan algunos parámetros sobre algunos químicos presentes en el agua que no deben rebasarse al hacer suelo cemento ya que cabe mencionar, que algunos impurezas presentes en esta agua pueden tener efectos principales sobre el tiempo de fraguado, ya sea adelantándolo o rebasándolo, y la resistencia del suelo cemento.

[3] Tomado de Diseño y Control de mezclas de concreto.

TABLA N°3

CEMENTO	CONCENTRACIÓN MAXIMA	EFECTOS Y OBSERVACIONES
CLORURO I	500 PPM	Corrosión en el acero de refuerzo
SULFATO	3000 ppm	Provoca reacciones expansivas y deteriora la mezcla
ÁLCALIS	600 ppm	
SÓLIDOS TOTALES	50000 ppm	
SALES COMUNES	400 ppm	
SALES DE HIERRO	40000 ppm	No afectan de manera adversa la resistencia
DIVERSAS SALES INORGÁNICAS	500 ppm	• reducción resistencia • variación tiempo de fraguado
AGUA DE MAR	35000 ppm de sales disueltas solo concreto simple	No usar en: • concreto reforzado • concretos pre-esforzados
AGUAS ACIDAS	Menor 10000 ppm Ph>3.0	
AGUAS ALCALINAS	Concentración de 0.5% del peso del cemento de hidróxido de sodio	No afectan resistencia
	1.2% del peso de cemento de hidróxido de potasio	Afecta poco la resistencia en algunos tipos de cemento, pero en otros si la afecta
AGUAS DE DESPERDICIOS	4000 ppm	Hay reducción de resistencia en un 10% y 15% necesita ensayar antes de usar.
AGUAS NEGRAS	Tratadas	Antes del tratamiento contienen 400 ppm de materia, pero después se reduce a 20 ppm aprox.; así no tiene ningún efecto nocivo.
AZÚCAR	500 ppm	Cantidades de 0.03%-0.15% retardan el fraguada del cemento cantidades del 0.25% provocan un fraguado rápido y reducción en resistencia a los 28 dias.
SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN	2000 ppm	De arcillas o partículas finas de rocas en suspensión
	50000 ppm	En agua de enjuague recicladas
ACEITES	>2.5% del peso del cemento	Bajan la resistencia hasta más del 20%

RELACIÓN AGUA CEMENTO

La relación agua–cemento es la relación entre el peso del agua, dividido entre el peso del cemento.

La relación agua–cemento que se escoja al diseñar cualquier mezcla deberá ser el menor valor necesario para cubrir las consideraciones de exposición de diseño, tal como en la tabla 4

TABLA 4

Relaciones agua-cemento máximas para diversas condiciones de exposición*.

Condición de exposición	Relación agua-cemento máxima (en peso) para concreto de peso normal
Concreto protegido contra la exposición a la congelación y deshielo o a la aplicación de productos químicos descongelantes	Escoja la relación agua-cemento basándose en los requisitos de resistencia, trabajabilidad y acabados
Concreto que se pretende sea hermético:	
a. Concreto expuesto a agua dulce	0.50
b. Concreto expuesto a agua salobre o a agua de mar	0.45
Concreto expuesto a congelación y deshielo en condición húmeda:**	
a. Guarniciones, cunetas, guardarrieles, o secciones delgadas	0.45
b. Otros elementos	0.50
c. En presencia de productos químicos descongelantes	0.45
Como protección contra la corrosión del concreto reforzado expuesto a sales descongelantes, aguas salobres, agua de mar, o a rocío preveniente de estas fuentes	0.40†

*. Adaptado de la Referencia 7-9.
** Concreto con aire incluido.
† Si el recubrimiento mínimo requerido por el Reglamento ACI 318 Sección 7.7 se incrementa en 13 mm, entonces la relación agua-cemento se puede aumentar a 0.45, para los concretos de peso normal.

. Si la durabilidad no es el factor que rige el diseño, la relación Agua-Cemento deberá elegirse con base en la resistencia a compresión en estos casos.

La relación agua–cemento y las proporciones de la mezcla para la resistencia requeridas deben basarse en datos de campo o mezclas de prueba hechas con los materiales que realmente se trabajará.

Además de la composición química del agua a utilizar para elaborar suelo-cemento, debe tomarse en cuenta la cantidad de agua que se le agrega a la mezcla, porque afecta la resistencia y la durabilidad del suelo-cemento.

Proceso de Curado

El curado del suelo–cemento es de vital importancia, ya que con este proceso se pretende alcanzar las siguientes metas:

a- Impedir la pérdida del agua de la mezcla

b- Proporcionar al cemento, el agua necesaria para su proceso de hidratación y ganancia de resistencia.

c- Mantener una temperatura favorable a la mezcla durante un período definido.

Algunos factores importantes a tomar en cuenta en el curado pueden ser:

a- Tipo de Cemento, ya que dependiendo del Cemento con el que se trabaje así se alargará o acortará el tiempo de Curado.

b- Las proporciones de la mezcla. Una mezcla con un elevado porcentaje de cemente sufre de mayor calor de hidratación, por lo que necesita de un mayor y eficiente tiempo de curado.

c- La resistencia requerida, si no se da a la mezcla ya fraguada, un buen curado no se alcanzarán las resistencias requeridas en un tiempo determinado.

d- Las condiciones ambientales: en un clima cálido, el calor de hidratación del cemento tiende a elevarse, por lo que el proceso de curado busca la manera de tratar de bajar la temperatura del calor de hidratación manteniendo las temperaturas favorables de curado de 10°C á 21°C [4]; caso contrario se da en climas fríos donde a menudo se necesita de una cantidad adicional de calor, esto se logra utilizando, calentadores de combustión de gas o petróleo o de Vapor Directo.

Cabe notar que el curado a altas temperaturas aumenta la resistencia a edades tempranas pero tiende a bajar la resistencia a los 28 días. Esto se representa en la figura N° 8

[4] Tomado de Diseño y Control de mezclas de concreto.

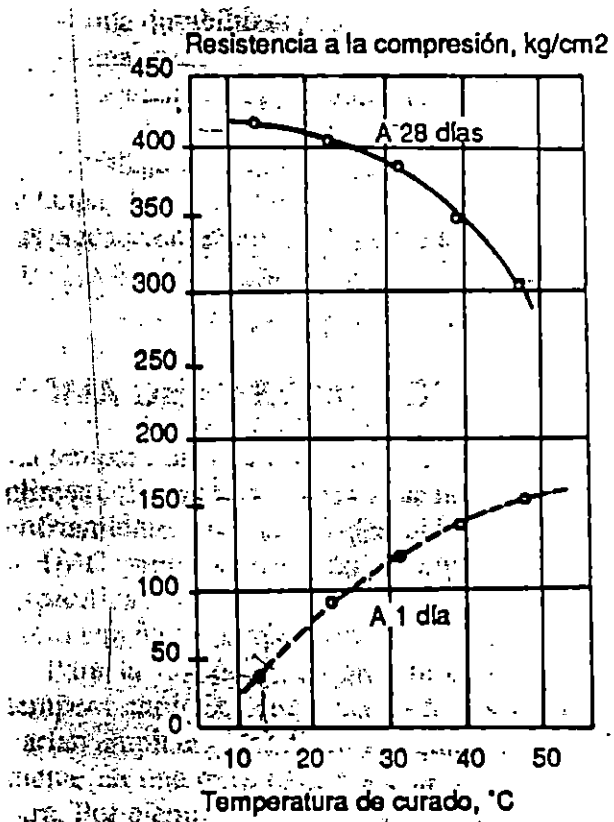


Figura 10-8. La resistencia a un día de edad se incrementa con el aumento de la temperatura de curado, aunque la resistencia a los 28 días disminuye con dicho aumento de la temperatura de curado. Referencia 10-13.

Figura 8

Si el agua que se utilizará en el curado posee demasiadas impurezas puede causar eflorescencia, machado, inestabilidad volumétrica y menor durabilidad al suelo–cemento.

2.2 SUELO CEMENTO

2.2.1 INTRODUCCION

2.2.2 DEFINICIÓN

El suelo cemento se define como el resultado de combinar suelo y cantidades, de cemento y agua, bajo condiciones determinadas con el fin de mejorar las propiedades mecánicas del suelo.

Al suelo cemento también se le conoce como: tierra compactada, base de agregado con cemento.[5]

De forma diferente a lo que sucede en el concreto, en donde los granos de cemento rodean a las partículas de los agregados, en el suelo cemento las partículas de suelo son las que rodean a los granos de cemento. Al hidratarse el cemento se observa un efecto de coagulación del suelo que produce un aumento en la fricción interna, disminución en la cohesión y plasticidad del suelo, hasta que finalmente la mezcla se vuelve una masa sólida.

Por medio de estudios petrográficos se ha demostrado que la estructura interna del suelo cemento endurecido, esta formada por "Cadenas rígido-plásticas originadas por la cristalización del cemento. Es por esto que mucho tecnológos opinan que el suelo-cemento debe ser considerado como otro material que posee

propiedades especificas y que puede ser utilizado para diferentes usos en el campo de la ingeniería civil.

2.2.3 CLASIFICACION DEL SUELO-CEMENTO SEGUN SUS CONSISTENCIA.

De acuerdo a las condiciones física, el suelo cemento en su estado fresco, puede clasificarse:

a) suelo cemento rígido.

b) suelo cemento semi-fluido.

c) suelo cemento fluido.

Estos tipos de suelo cemento difieren uno de los otros por la cantidad de agua presente en la mezcla, ya que al aumentarla, se incrementa la trabajabilidad, lo que provoca la ventaja de requerir menor energía mecánica de compactación, pero si se mantiene constante la cantidad de cemento se provoca una disminución en la resistencia, por lo que para mantener constante la resistencia, es necesario incrementar el cemento según aumente la trabajabilidad.

2.2.3.1 SUELO CEMENTO RIGIDO.

Es una mezcla semi-seca ya que solo requiere de una cantidad de agua necesaria para mantenerla compacta mediante equipos convencionales, que se

[5] Revista ASIA N°108. Pág. 37

utilizan en la compactación de suelos, tales como rodillo liso, rodillo pata de cabra, bailarinas, etc. Sus usos principales es en la construcción de carreteras, como base para fundaciones, pistas para aeropuertos, etc.

2.2.3.2 SUELO CEMENTO SEMI-FLUIDO.

Es una mezcla homogénea compuesta por suelo y cemento, variando del anterior por contener una cantidad de agua mayor, hasta formar una mezcla cuya trabajabilidad, sea tal que con el efecto del vibrado facilite el reacomodo de esta, eliminando los vacíos que se formen en el mezcla para hacer bloques.

2.2.3.3 SUELO CEMENTO FLUIDO.

Es una mezcla cuya trabajabilidad se obtiene mediante el incremento del agua, hasta el punto que no se requiere de mayor acción externa para acomodarse en lugar que se necesite, y tomar la forma requerida hasta endurecer y alcanzar la resistencia deseada. Es necesario el vibrado para eliminar las burbujas de aire que pueden haber quedado atrapadas en la zona de contacto del suelo-cemento con el molde.

2.2.4 USOS DEL SUELO CEMENTO.

Existen una gran variedad de obras de ingeniería en la que se puede usar suelo cemento, tales como: construcción de carreteras, pistas de aterrizaje, presas, revestimientos, protección de taludes, estabilización de fundaciones, construcción de paredes para viviendas, etc.; aunque existe la desventaja en el uso del suelo cemento, que se origina con las características propias de cada suelo, debido a la gran variedad y diferentes conjuntamente de cada uno de ellos. Lo anterior nos obliga a investigar directamente el material con que se va a trabajar a fin de conocer sus propiedades y su comportamiento ya que las variaciones que puede presentar el suelo, aun teniendo características externas similares y proceder de sitios cercanos pueden ser significados.

2.2.5 DEFINICIONES BASICAS PARA LA ELABORACION DEL SUELO CEMENTO.

- Compactación: Consiste en la reducción del volumen de vacíos en la mezcla de suelo cemento mediante procesos mecánicos, lo cual nos da como resultado un aumento en sus propiedades mecánicas. Las causas que inciden principalmente en la compactación del suelo cemento son; contenido de agua y la energía de compactación.

- Curado: Básicamente se realiza para controlar la hidratación del cemento, mantener constante la temperatura y humedad del material: la pérdida del agua en el suelo cemento, provoca contracciones produciendo esfuerzos de tensión, si estos esfuerzos de tensión se dan antes de que el suelo cemento, haya obtenido la resistencia adecuada puede sufrir agrietamiento.
- Resistencia Mecánica: Es la capacidad de un material para soportar cargas sin fallar.
- Exudación: Es una forma de segregación en la cual una parte del agua de la mezcla tiende a elevarse a la superficie del suelo cemento recién colado, esto se debe a que los constituyentes sólidos de la mezcla no pueden retener toda el agua cuando se asientan.
- Trabajabilidad: Es la facilidad con que se puede movilizar la masa de suelo cemento fresco y depende de los medios de compactación disponibles y la cantidad de agua presente en la mezcla.
- Consistencia: Es la firmeza o facilidad para fluir el suelo cemento y esto va desde la mezcla más seca hasta lo más fluida.
- Tiempo de Fraguado: Es el tiempo que tarda una mezcla en endurecer y desarrollar sus reacciones de hidratación de manera normal.

- Diseño Patrón: es un diseño de mezcla de Suelo Cemento que sirve como parámetro para comparar sus características de resistencia y costo, con otros tipos de mezcla.
- Diseño Optimo: es el diseño de mezcla de Suelo Cemento que cumple con ser económico y de buena resistencia de acuerdo a un patrón de referencia.

2.2.6 PROPIEDADES DEL SUELO CEMENTO.

El suelo cemento es un material de construcción que cuenta con propiedades mecánicas especificas en casos especiales.

El suelo cemento al igual que otros materiales de construcción posee también propiedades mecánica, por lo que puede ser utilizado de muchas maneras, anteriormente mencionadas.

De estas propiedades se estudiaran la resistencia a la compresion, resistencia a la tensión, resistencia a la flexión y absorción, para establecer la eficacia del suelo para ser utilizado en mezclas de suelo cemento.

2.2.6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESION.

Es la propiedad del suelo cemento semifluido endurecido de soportar esfuerzos de comprensión provocados por cargas a las que puede estar sometido.

El ensayo de compresión es una prueba sencilla y rápida de realizar, de resultados más confiables; esta se efectúa en especímenes apegados a una serie de rigurosas especificaciones.

Las muestras elaboradas deben curarse y romperse bajo condiciones normalizadas para darle credibilidad a los resultados obtenidos. La norma a utilizarse para el ensayo es ASTM C-39-86. Algunas limitaciones especiales del ensayo de compresion son:

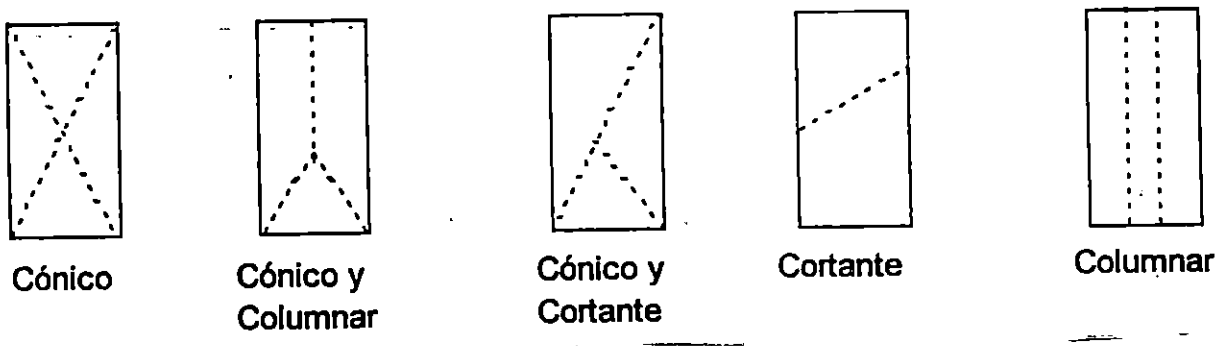
- La dificultad de aplicar una carga verdaderamente concéntrica y axial.

- Debido a la expansión lateral de la probeta.

- Las áreas secciónales relativamente mayores de la probeta.

OBSERVACIONES DEL ENSAYO.

La identificación, las dimensiones, las cargas criticas, las lecturas compresométricas, el tipo de falla, se registran en una forma apropiada tipo de ensayo y la extensión de los datos a tomar. Los materiales quebradizos se rompen comúnmente a lo largo de un plano diagonal o con fracturas en forma de cono, ocasionalmente denominada fractura en forma de reloj de arena. Ver figura No 9.



Planos de falla de cilindros en ensayos a la compresión.

Figura 9

A continuación en la tabla N°5 se presentan algunos requerimientos de las normas ASTM sobre la velocidad de ensaye de compresion.

TABLA N°5.

Material probado	Referencia	Máxima velocidad del puente plg/min	Velocidad de carga, lb/plg²/seg	Tiempo para aplicar la segunda mitad de la carga, seg
CONCRETO	C39	0.05	20-50	
MORTERO	C109	.....	.....	20-80+
LADRILLO	C67	.....	.....	60-120
LOSETA DE BARRO	C112	0.05		

+ Tiempo de carga total, si la carga última es menor de 3000 lb.

2.2.6.2 RESISTENCIA A LA FLEXION.

Si la fuerzas actuantes sobre un elemento provocan esfuerzos de compresion en parte de su sección transversal y tensión sobre la parte restante, se dice que este elemento esta sometido a flexión.

El ensayo de flexión puede servir, como un medio director, para evaluar el comportamiento de un elemento bajo cargas flexionantes, particularmente para determinar los limites de la estabilidad estructural de las vigas de varios tamaños y formas los ensayos flexionantes de vigas usualmente se hacen para determinar la resistencia y la rigidez a la flexión.

La resistencia en la flexión puede determinarse por lo siguientes métodos, vigas simplemente apoyadas por carga al centro (ASTM C-293) ó con cargas al tercio medio del claro (ASTM C-78). En esta investigación se ensayarán los especímenes con la carga al tercio medio especificado por la norma ASTM C-78, que produce un corte a 45° en el espécimen.

El efecto del tipo de carga lo ilustran los resultados de numerosos ensayos de concreto los cuales han indicado que las magnitudes relativas del módulo de ruptura para los dos tipos comunes de cargado son los siguientes:

1) en un claro simple, el máximo valor del módulo de ruptura se obtiene de carga central.

2) La carga en los tercios sobre un claro simple arroja resultados invariablemente un poco menores que la carga central (en términos generales 10, 25%) parece razonable que como la resistencia del material varía un tanto a todo el largo de la viga, en la carga en los tercios, la sección más débil (de aquellos sometidos a momento constante) se busca

En general, el método de carga a los tercios parece arrojar los resultados más concordantes[6].

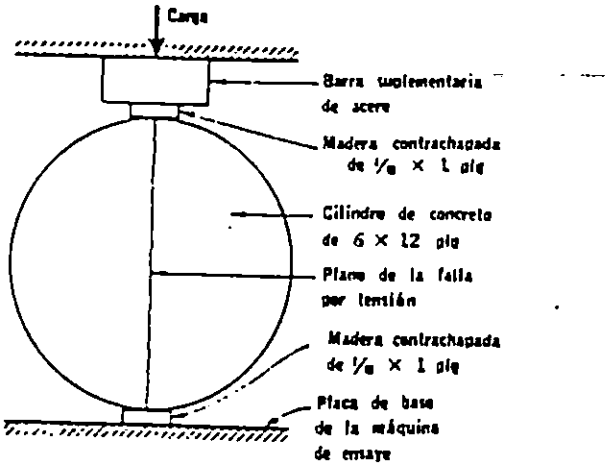
2.2.6.3 RESISTENCIA A LA TENSION

Las resistencias a la tensión es una propiedad importante para verificar el comportamiento en el suelo cemento, ya que da un parámetro de la capacidad de corte y la compresion de la estructura.

El método indirecto de la prueba de la tensión en forma de separación longitudinal, es conocido como la "la prueba Brasileña" (ASTM C496)

Como se muestra en la figura 10 utiliza un cilindro normal de 6"x12" el cual se carga en compresion a lo largo de dos líneas axiales con una separación de 180o se usan tiras delgadas de madera contrachapada (triplay o corcho duro) de 1 1/8" de pulgada como corcho a lo largo de esta línea de carga.

[6]Tomado de Inspección de los materiales en Ingeniería, pag. 232.



Método para cargar una probeta de concreto para un ensayo de tensión por hendido

Figura N°10.

La resistencia a tensión se calcula por la siguiente expresión:

$$\sigma T = \frac{2.P}{\pi.L.D}$$

donde

P : carga que produce la falla

D: diámetro del cilindro

L: longitud del cilindro

2.2.6.4 ABSORCION.

Es el proceso por el cual se mide las cantidades de agua que penetra en el suelo cemento y que tiende a llenar completamente sus poros permeables, después de permanecer sumergido en agua y ser expresado en peso del material seco.

La absorción adquiere importancia en aquellos casos en la que la estructura se encuentra en contacto con agua, la cual puede contener sustancias dañinas al cemento.

Las especificaciones ASTM C-90 establece que el tiempo de absorción es de 24 horas, tiempo sobre el cual se considera el material se satura; la absorción del material dependerá de la porosidad y de la intercomunicación de sus poros, por lo que la velocidad de absorción o el tiempo de saturación varia de un material a otro.

En el suelo cemento una absorción elevada, no afecta negativamente las propiedades mecánicas del suelo cemento, como lo haría en suelos tradicionales que rinden sus propiedades mecánicas por saturación.

En conclusión el objetivo primordial de la prueba de absorción es conocer el porcentaje de agua necesaria para llevar los poros permeables del material y poderla suministrar adicionalmente en la elaboración del suelo cemento para no alterar la

relación de agua cemento. Otro punto importante es que por media de esta propiedad nos damos cuenta en que medida un suelo sé esta estabilizando, es decir, disminuyendo la capacidad que este tiene para absorber agua y el grado de compactación que posee una mezcla.

CAPITULO III

PRUEBAS DE LABORATORIO

INTRODUCCION

Para poder investigar el COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS se han seleccionado una serie de bancos en diferentes puntos del territorio nacional, a los cuales se les ha realizado algunas pruebas tales como: Análisis Granulometrico y Limites de Consistencia de Attemberg, para ser clasificados bajo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCC).

De todos estos bancos estudiados, se hizo una escogitaciòn de tres de ellos, para elaborar algunos diseños de mezcla (suelo-cemento) que sirvieron para cumplir con la finalidad de la investigación.

La selección de los bancos de suelo se realizo entre todas las investigaciones, en aquellas que mejor cumplen los objetivos del trabajo, considerando el grado de plasticidad de los tres bancos seleccionados.

3.1 DESCRIPCION Y LOCALIZACION DE TODOS LOS BANCOS DE PRÉSTAMO INVESTIGADOS.(ver esquema 1)

BANCO DE PRÉSTAMO N°1

CARRETERA A METAPÁN

Se localiza en la carretera a Metapán sobre el Km 72 ½ y al noreste de la Ciudad de Santa Ana; El suelo de este banco posee un color café oscuro con ciertos tonos rojizos, este suelo de acuerdo a los resultados obtenidos y al sistema Unificado de Clasificación de Suelos se clasifica como un limo inorgánico. "ML". este banco de préstamo fue utilizado en la construcción de la carretera a Metapán.

BANCO DE PRÉSTAMO N°2

BY PASS SANTA ANA

Se ubica en el Km 66 a la altura del by pass de la carretera CA-12 que conduce a Metapán, el material fue extraído de las faldas del cerro Tecana. Posee un color café claro con un porcentaje bajo de pómez y se clasifica de acuerdo a la carta de plasticidad como un limo inorgánico de alta plasticidad. "MH"

BANCO DE PRESTAMO N°3

CANDELARIA DE LA FRONTERA

Está ubicado en Candelaria de la frontera, en el Departamento de Santa Ana, sobre la carretera Panamericana. Este suelo posee color café oscuro y de los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas se ha clasificado como una arcilla inorgánica de baja plasticidad, "CL".

BANCO DE PRÉSTAMO N°4

CANTON TEPEAGUA

Se localiza en el desvío al cantón Tepeagua en Km 27 de la carretera al puerto de la Libertad, este suelo posee un color café claro y pueden observarse en el camino de acceso cortes donde predomina este suelo, y su clasificación resulta ser un limo inorgánico "ML".

BANCO DE PRÉSTAMO N°5

CANTON SANTA CRUZ

Se localiza en el desvío a Rosario de Mora, a la altura del Km 48 de la carretera del Litoral, de este banco se extrajeron dos tipos de suelo: el primero a 0.30 mts de profundidad y el otro a una profundidad de 1.00 mts de la superficie.

El suelo N°1, a una profundidad de 0.30 mt posee un color café rojizo y se clasifica como un limo inorgánico "ML"

El suelo N°2 obtenido a una profundidad de 1.00 mt es de color beige y conforme a los resultados obtenidos de las pruebas se clasifica como un limo inorgánico "ML"

BANCO DE PRÉSTAMO N°6

CANTON BUENOS AIRES

Este banco esta ubicado en la carretera a Tamanique, posee un color café oscuro, pueden observarse varios cerros con este tipo de material y se clasifica como arcilla inorgánica de alta plasticidad, "CH".

BANCO DE PRÉSTAMO N°7

LA MONTAÑONA, CHALATENANGO

Se localiza a 16 Kms. Al norte de la ciudad de Chalatenango, es un suelo bastante fino ya que el 91.7% paso la malla N° 200, posee un color rojizo y se clasifica de acuerdo al S.U.C.S. como un limo inorgánico "MH".

BANCO DE PRÉSTAMO N°8

SAN JOSÉ LOS SITIOS, CHALATENANGO

Esta ubicado a 2 ½ Kms. al norte del desvío el morrito de la carretera que conduce a Chalatenango, posee un color gris claro con un porcentaje alto de pómez, se clasifica como una arena bien graduada o una arena limosa "SW–SM"

BANCO DE PRÉSTAMO N°9

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE, SAN MIGUEL.

La muestra de este suelo fue extraída de la Facultad Multidisciplinaria de Oriente sobre la carretera a San Miguel el cuco, a la altura de Km. 144, posee un color negro y se clasifica como una arcilla inorgánica de alta plasticidad "CH".

BANCO DE PRÉSTAMO N°10

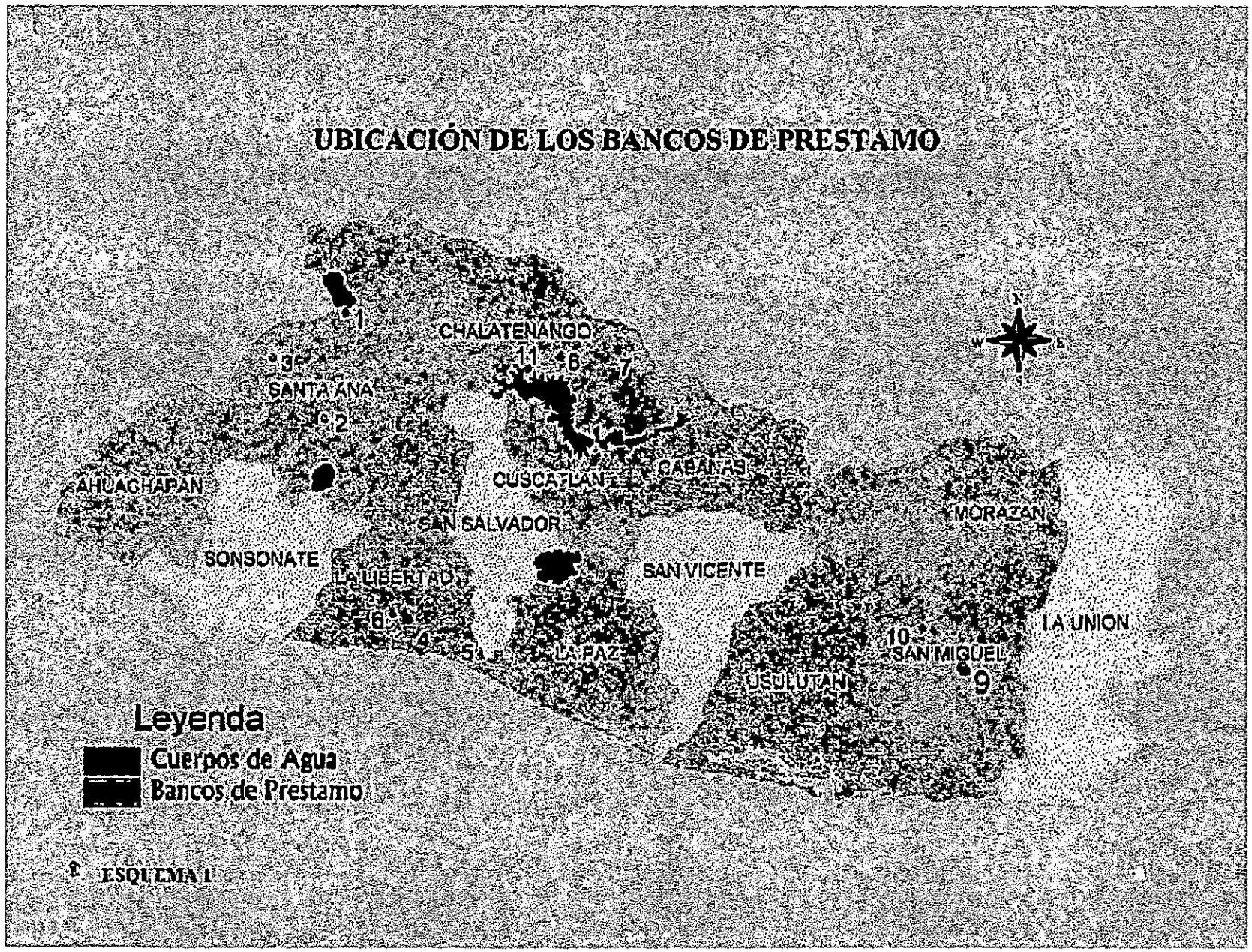
MONCAGUA, SAN MIGUEL

Se ubica a 15 Kms. Al noreste de San Miguel, posee un color café oscuro y una cantidad moderada de pómez y se clasifica como una arena bien graduada, "SW".

BANCO DE PRESTAMOS N°11

CARRETERA A CHALATENANGO.

A la altura del Km 57, posee un color rojizo, y se clasifica como una arcilla inorgánica de baja a media plasticidad "CL".


UBICACIÓN DE LOS BANCOS DE PRESTAMO
CHALATENANGO
SANTA ANA
AHUACHAPAN
CUSCATLAN
CABAÑAS
SAN SALVADOR
MORAZAN
SONSONATE
LA LIBERTAD
SAN VICENTE
LA UNION
LA PAZ
SAN MIGUEL
USULUTAN
Leyenda
Cuerpos de Agua
Bancos de Prestamo

ESQUEMA 1

3.2 CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LOS DISTINTOS BANCOS DE PRESTAMOS

El método usado para clasificar las muestras de suelo de los diferentes Bancos, fue el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

3.2.1 ANALISIS GRANULOMETRICOS

Estas pruebas fueron realizadas según las normas ASTM D421-85 y ASTM D 422-90.

MATERIAL Y EQUIPO. (VER FIGURA N.11)

- Juego de tamices estándares ½", 3/8", N°4, N°8, N°16; N° 30, N°50, N°100, y N°200 con tapa y fondo.
- Un vibrador electrónico Rop- Tap.
- Balanza de precisión de 0.1 gr
- Brochas pequeñas
- Cepillo
- Tara para pesar muestras
- Horno

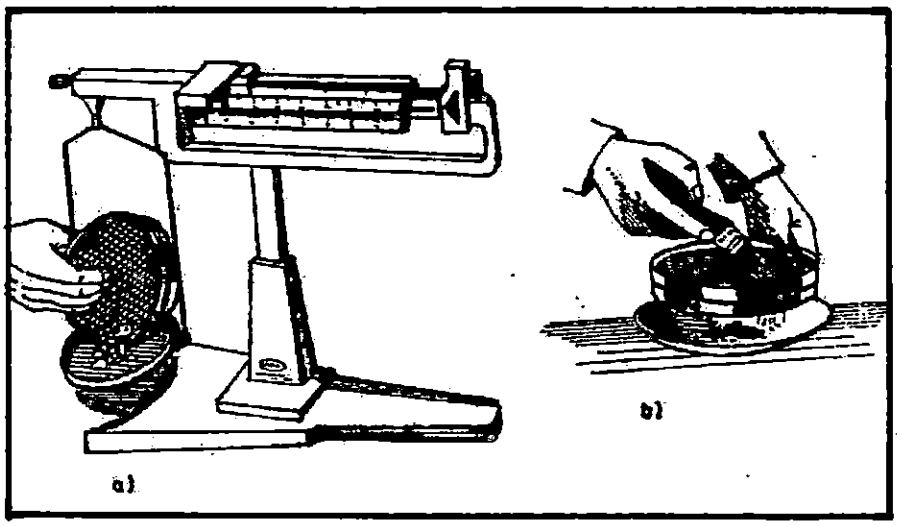


FIGURA N°11 EQUIPO PARA GRANULOMETRIA

PROCEDIMIENTO.

a- Pasos para la preparación de las muestras

1) Exponer una muestra de suelo al sol o secarlos al horno.

2) Cuartear el suelo hasta obtener una muestra adecuada (500 gr) (ver fig.N°12)

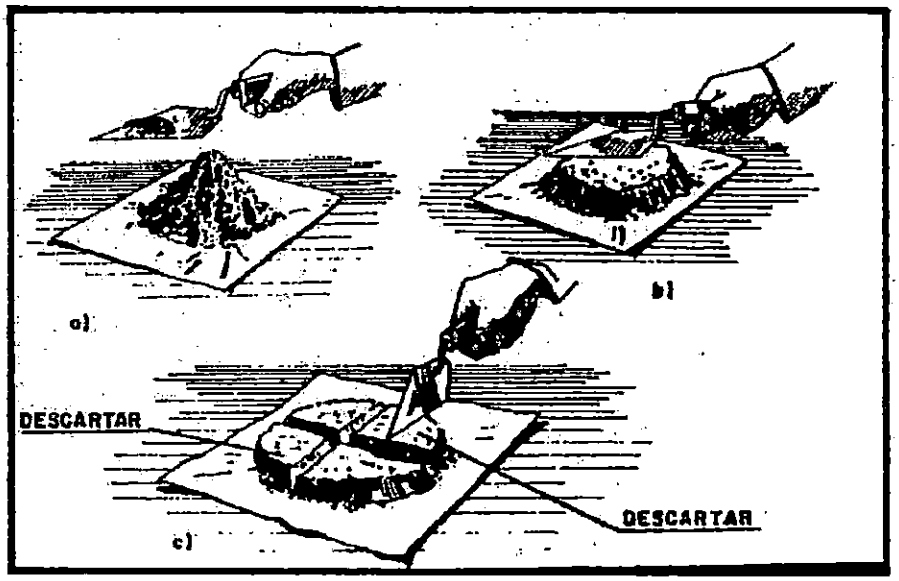


FIGURA 12. MÉTODO DE CUARTEADO.

3) Pasar todas las muestras por las mallas N°4 para separar gravas de arenas.

b- Pasos para la realización de la Granulometría.

1) Se observan los finos y se determina si es necesario la Granulometría por lavado, y se seca la muestra.

2) Pesar la muestra seca total y luego colocar las muestra sobre el tamiz N°200 y lavar cuidadosamente con agua el material a través del tamiz, hasta que el agua que pase a través de la malla se mantenga transparente.

3) Colocar las muestras retenida en la malla N°200 por lavado en el horno durante 18–24 horas a 110°C, con el cuidado de no perder partículas de suelo y pesar dicha muestra.

4) Calcular el peso del material perdido en el lavado así:

   Material que pasa la malla N°200 = Peso total seco – peso retenido parcial seco.

5) Tamizar el material retenido parcial seco por las siguientes mallas: N° ½", N°3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200 en el proceso de tamizado(fig. 13), si se tiene una pérdida de más de 0.5%. Con respecto al peso retenido parcial seco se considerará que el ensayo no es satisfactorio, si es menor se considera valido y se procederá a compensar sumando o restando la diferencia entre el peso total de la muestra antes del tamizado y el peso total de la muestra

después del tamizado, al mayor peso retenido, con el fin de obtener el peso inicial de la muestra.

6) Calcular los porcentajes de material retenido en cada Tamiz dividiendo el peso retenido en cada uno por el peso total seco.

7) Con los por cientos retenidos parciales, calcular los por cientos retenidos acumulados y los por cientos que pasan.

8) Trazar la curva granulométrica del material en una gráfica donde la abertura de las mallas se sitúan en las abscisas en escala logarítmica y en las ordenadas los porcentajes de material que pasan por dichas mallas, a escala natural.

9) Obtener de ella los diámetros característicos, para calcular el coeficiente de uniformidad y el coeficiente de curvatura del suelo analizado.

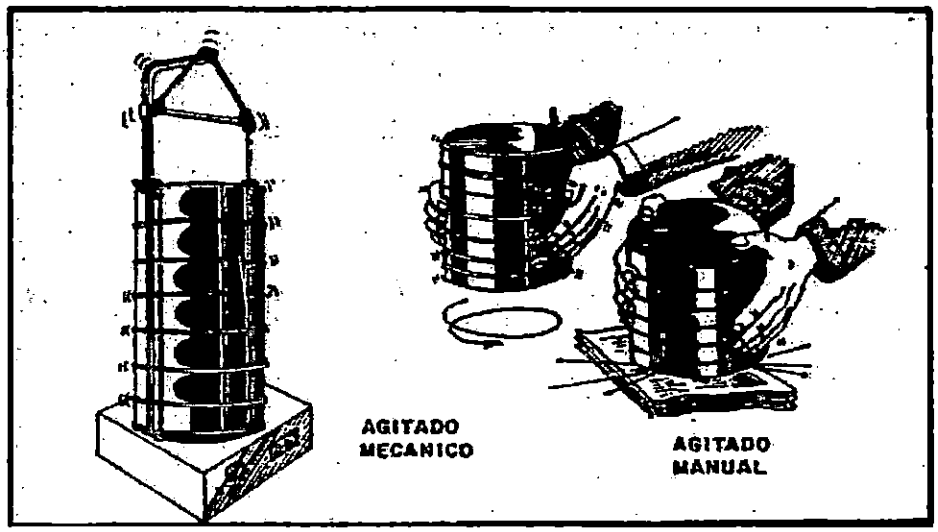


FIGURA 13. AGITADO DE MALLAS. MECÁNICO Y MANUAL.

3.2.1.1 RESULTADOS DE LOS ANALISIS GRANULOMETRICOS PARA CADA SUELO.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 1

UBICACION: CARRETERA A METAPAN KM- 57 1/2.

MUESTRA No 1 **PROFUNDIDAD:** 0.50 MT

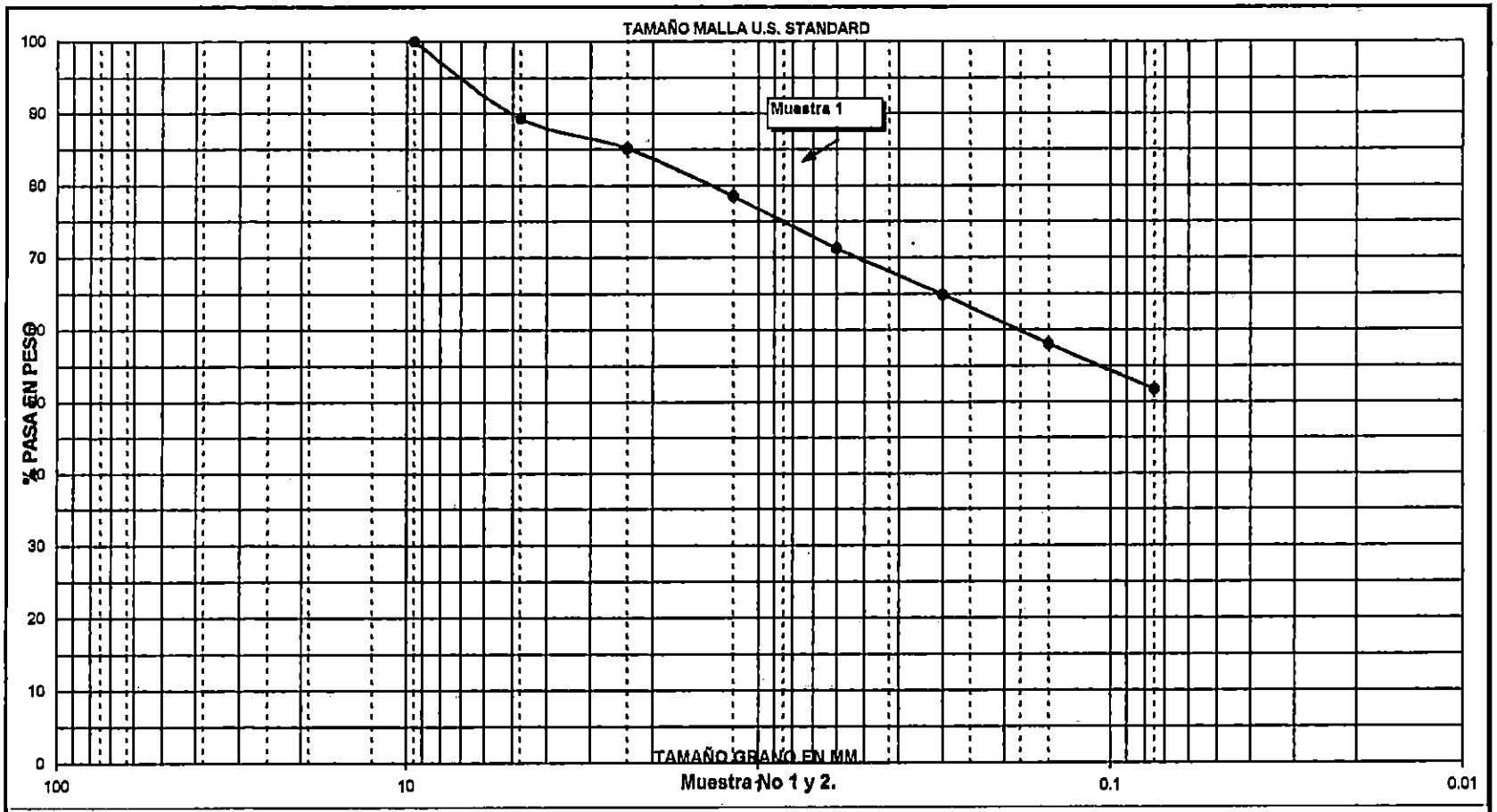
FECHA: 10-Abr-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0	0.00	0	0	100
No 4	53.4	10.68	11	11	89
No 8	21.1	4.22	4	15	85
No 16	32.9	6.58	7	21	79
No 30	36.5	7.30	7	29	71
No 50	31.5	6.30	6	35	65
No 100	34.3	6.86	7	42	58
No 200	31.6	6.32	6	48	52
Pasa No 200	258.7	51.74	52	100	0
Suma	500.0				

Observaciones:

LABORATORISTA: _____ REVISO: _____



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS

UBICACIÓN: CARRETERA A METAPAN KM 57-1/2

MUESTRA No 1 PROFUNDIDAD 0.50 MT.

LABORATORISTA: REVISO: FECHA: 10-Abr-98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 2

UBICACION: BY PASS DE LA CARRETERA A METAPAN KM 66.

MUESTRA No 2 PROFUNDIDAD: 0.50 MT

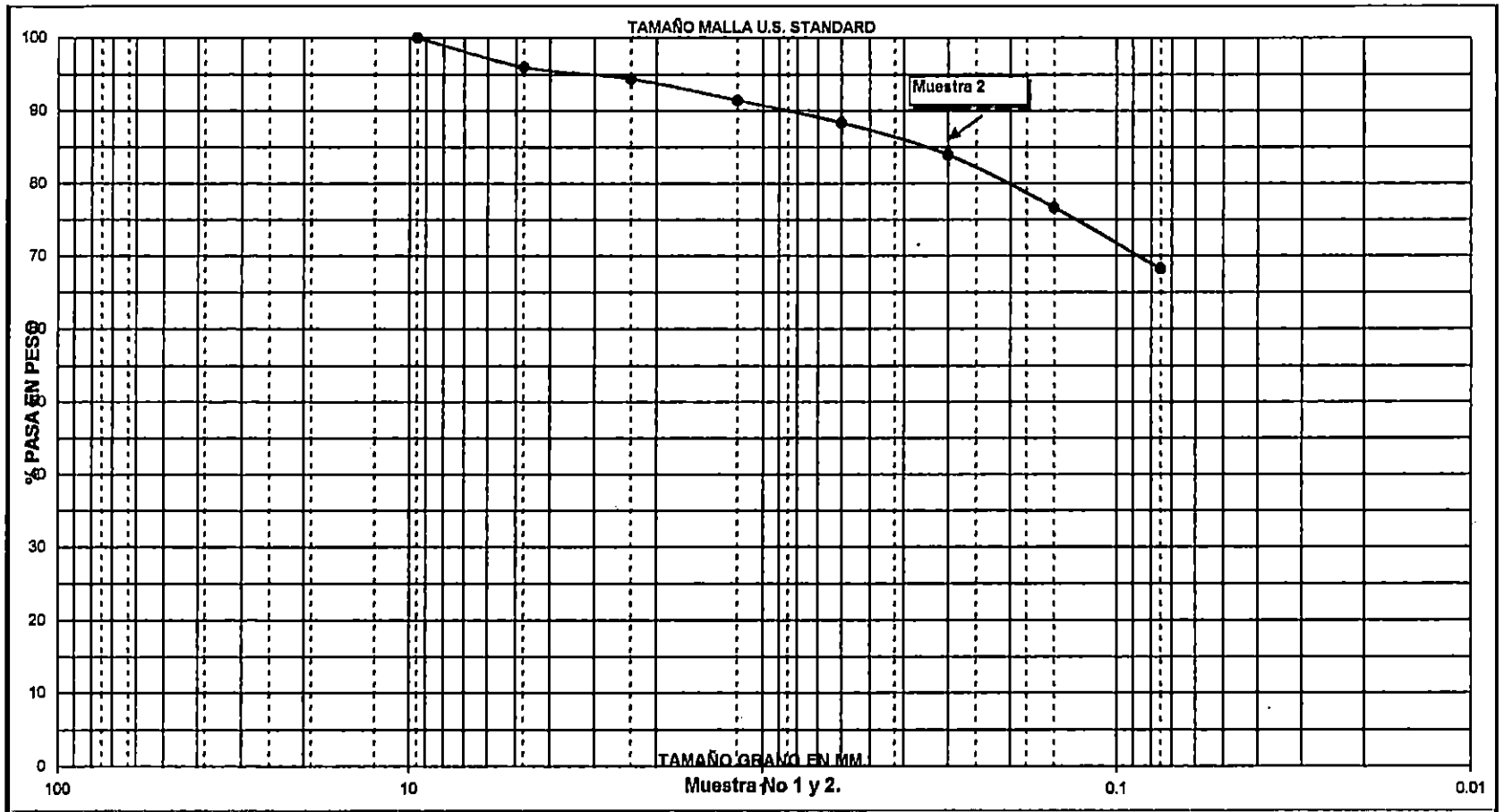
FECHA: 14-Abr-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0	0.00	0	0	100
No 4	19.6	3.92	4	4	96
No 8	8.5	1.70	2	6	94
No 16	14.8	2.96	3	9	91
No 30	15.4	3.08	3	12	88
No 50	22.1	4.42	4	16	84
No 100	36.3	7.26	7	23	77
No 200	42.2	8.44	8	32	68
Pasa No 200	341.1	68.22	68	100	0
Suma	500.0				

Observaciones: _____

LABORATORISTA: _____ REVISO: _____



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS TRABAJO No 2

UBICACIÓN: SANTA ANA BY PASS KM 66

MUESTRA No 2 PROFUNDIDAD 0.30 MT

LABORATORISTA: REVISO: FECHA: 14-Abr-98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 3

UBICACION: CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA

MUESTRA No 3 **PROFUNDIDAD:** 0.50 MT

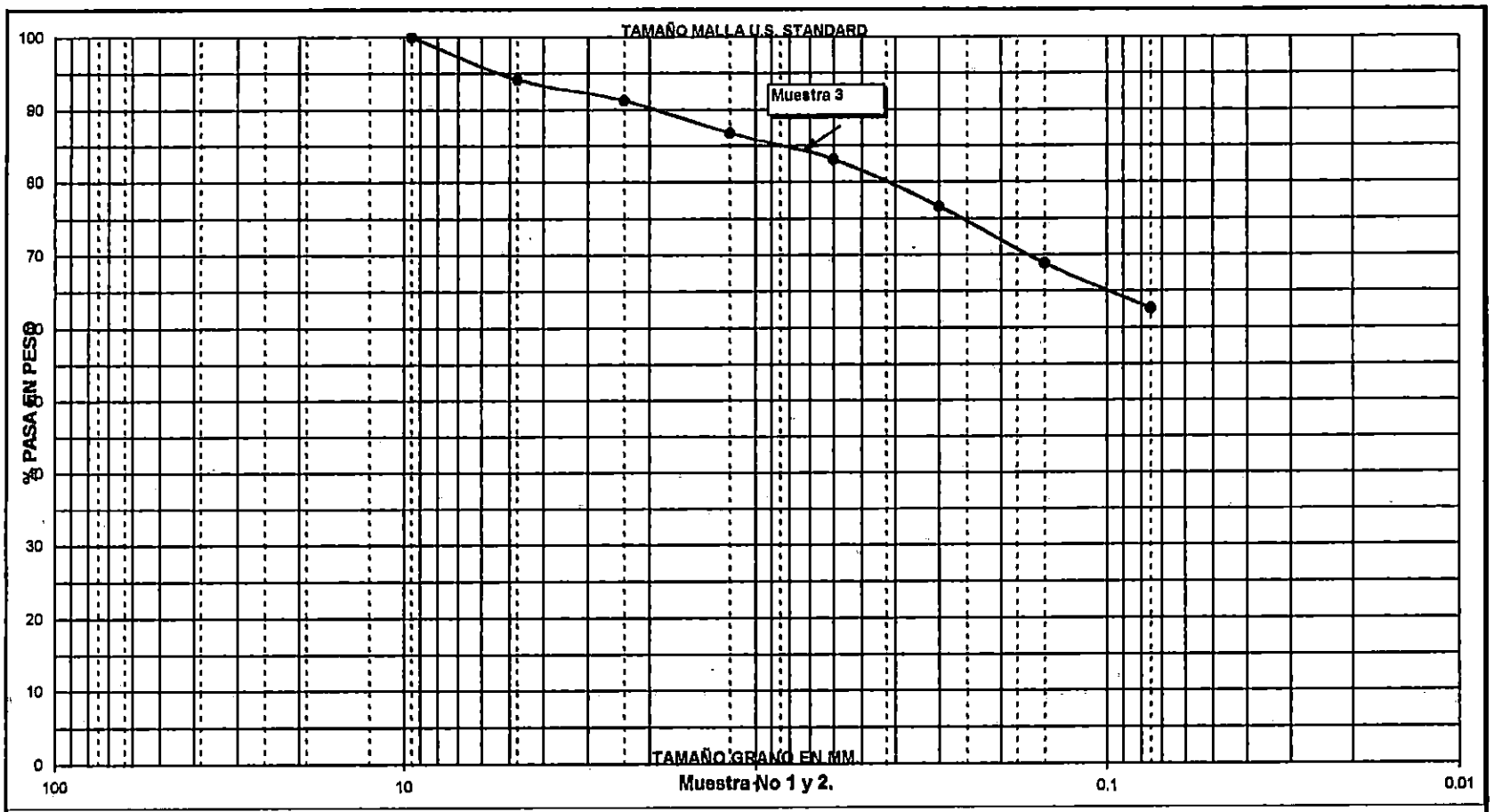
FECHA: 15-Abr-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0.00	0.00	0	0	100
No 4	29.09	5.82	6	6	94
No 8	14.50	2.90	3	9	91
No 16	22.40	4.48	4	13	87
No 30	18.50	3.70	4	17	83
No 50	32.08	6.42	6	23	77
No 100	39.20	7.84	8	31	69
No 200	31.32	6.26	6	37	63
Pasa No 200	312.95	62.59	63	100	0
Suma	500.0				

Observaciones:

LABORATORISTA: REVISO:



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS

UBICACIÓN: CANDELARIA DE LA FRONTERA, SANTA ANA.

MUESTRA No 3 PROFUNDIDAD 0.50 MT.

LABORATORISTA: REVISO: FECHA: 15-Abr-98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 4

UBICACION: CANTON TEPEAGUA, LA LIBERTAD.

MUESTRA No 4 **PROFUNDIDAD:** 0.50 MT

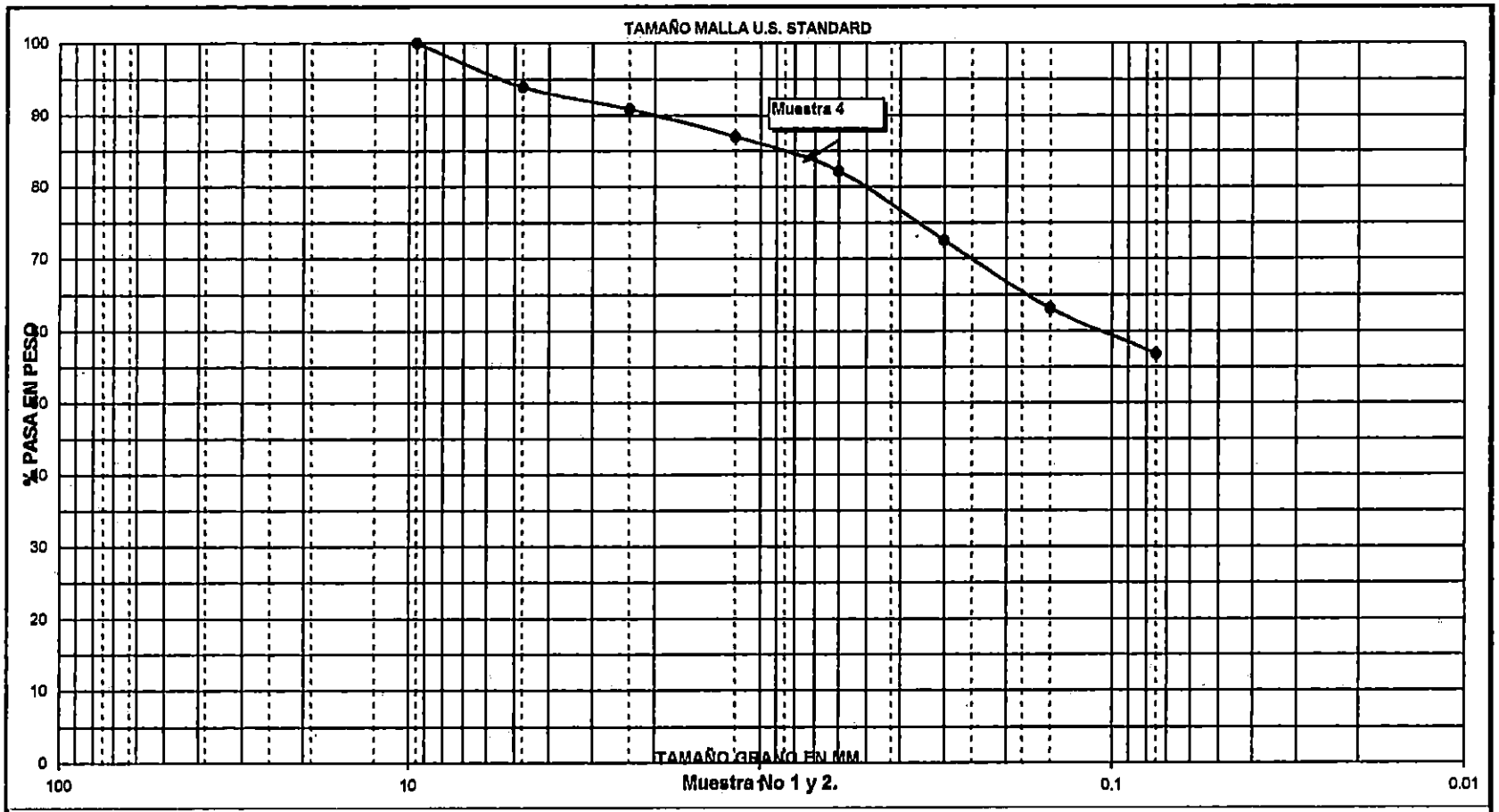
FECHA: 13-Abr-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0.00	0.00	0	0	100
No 4	30.35	6.07	6	6	94
No 8	15.12	3.02	3	9	91
No 16	19.69	3.94	4	13	87
No 30	23.88	4.78	5	18	82
No 50	48.21	9.64	10	27	73
No 100	46.92	9.38	9	37	63
No 200	31.60	6.32	6	43	57
Pasa No 200	284.27	56.85	57	100	0
Suma	500.0				

Observaciones:

LABORATORISTA: REVISO:



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS TRABAJO No 4

UBICACIÓN: CANTON TEPEAGUA, LA LIBERTAD

MUESTRA No 4 PROFUNDIDAD 0.30 MT

LABORATORISTA: REVISO: FECHA: 13-Abr-98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 5

UBICACION: CANTON SANTA CRUZ, LA LIBERTAD, SOBRE DESVIO A ROSARIO DE MORA.

MUESTRA No 5 PROFUNDIDAD: 0+1.00 EN ADELANTE.

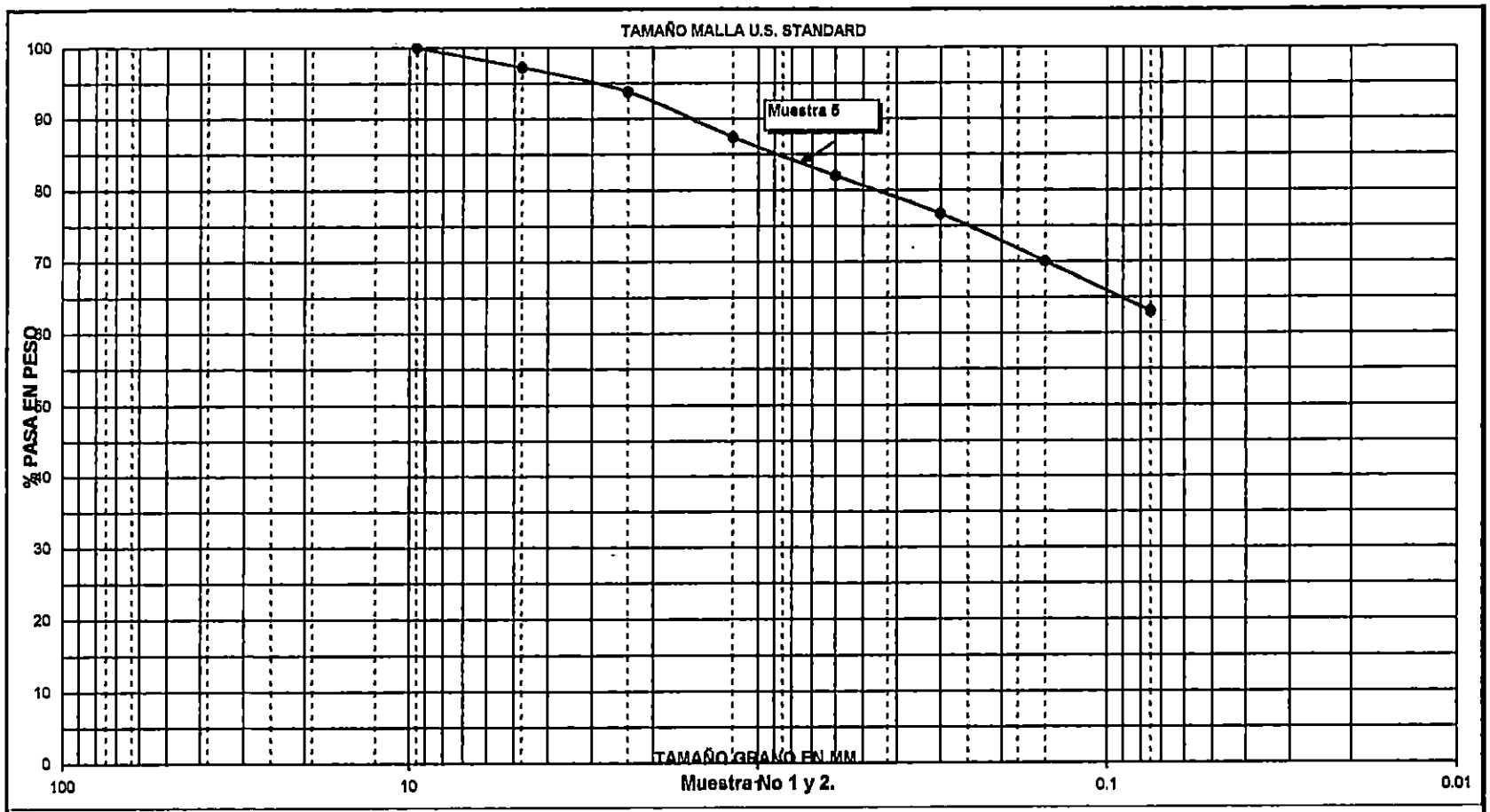
FECHA: 13-Abr-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0.00	0.00	0	0	100
No 4	13.80	2.76	3	3	97
No 8	17.12	3.42	3	6	94
No 16	32.07	6.41	6	13	87
No 30	26.88	5.38	5	18	82
No 50	26.68	5.34	5	23	77
No 100	33.44	6.69	7	30	70
No 200	34.59	6.92	7	37	63
Pasa No 200	315.46	63.09	63	100	0
Suma	500.0				

Observaciones:

LABORATORISTA: REVISO:



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS TRABAJO No 5.1

UBICACIÓN: CANTON SANTA CRUZ, LA LIBERTAD, SOBRE DESVIO A ROSARIO DE MORA.

MUESTRA No 5 PROFUNDIDAD 0+1.00 en delante

LABORATORISTA: REVISO: FECHA: 13-Abr-98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 5.1

UBICACION: CANTON SANTA CRUZ, LA LIBERTAD, SOBRE DESVIO A ROSARIO DE MORA.

MUESTRA No 5.1 **PROFUNDIDAD:** desde 0+00 hasta 0+1.00

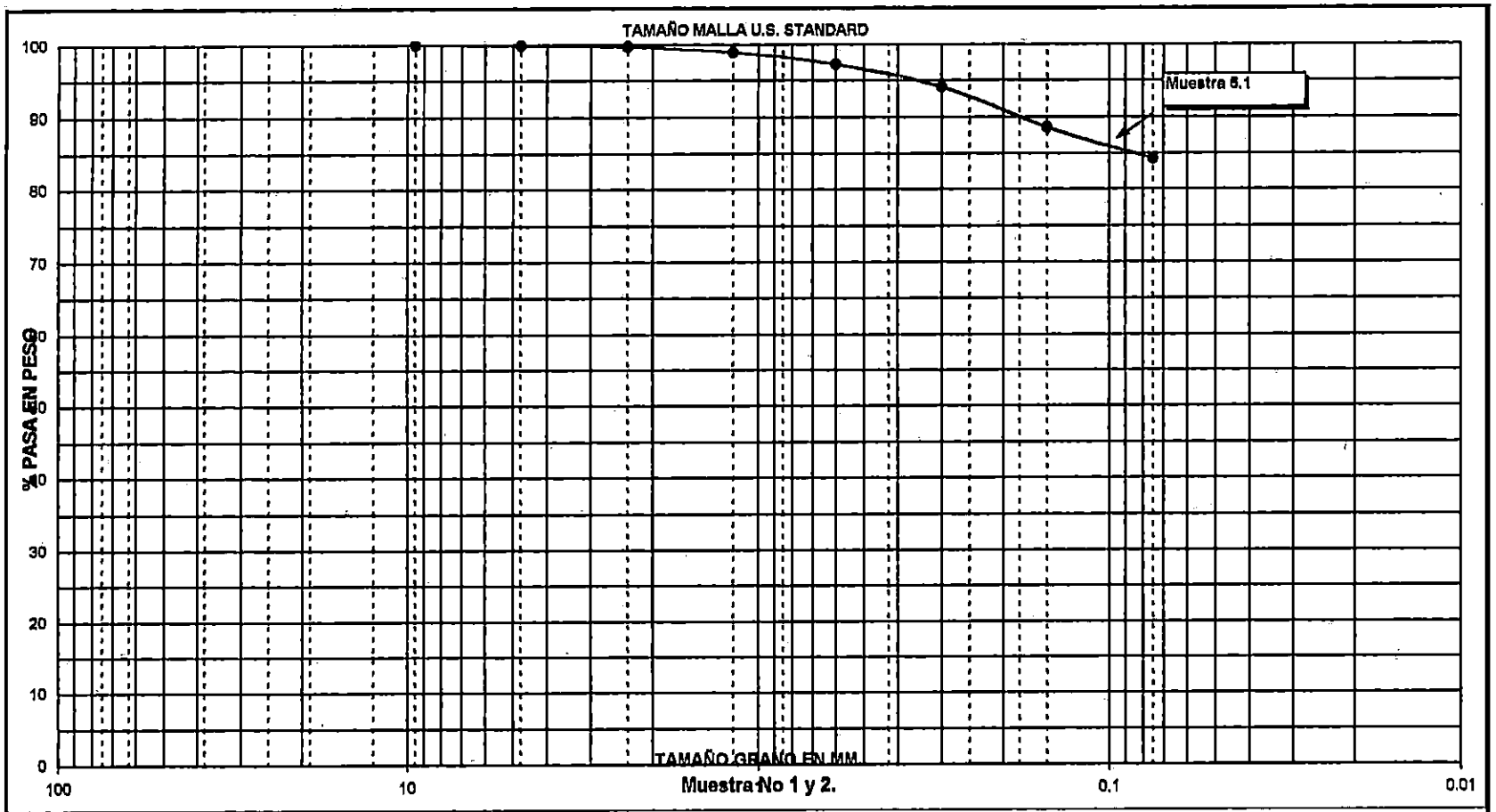
FECHA: 15-Abr-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0.00	0.00	0	0	100
No 4	0.41	0.08	0	0	100
No 8	0.80	0.16	0	0	100
No 16	4.13	0.83	1	1	99
No 30	8.37	1.67	2	3	97
No 50	15.72	3.14	3	6	94
No 100	27.65	5.53	6	11	89
No 200	21.62	4.32	4	16	84
Pasa No 200	421.34	84.27	84	100	0
Suma	500.0				

Observaciones: _____

LABORATORISTA: _____ REVISO: _____



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS TRABAJO No 5.1

UBICACIÓN: CANTON SANTA CRUZ, LA LIBERTAD, SOBRE DESVIO A ROSARIO DE MORA.

MUESTRA No 5.1 PROFUNDIDAD desde 0+00 hasta 0+1.00

LABORATORISTA: REVISO: FECHA: 15/Abr/98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 6

UBICACION: CANTON BUENOS AIRES, TAMANIQUE.

MUESTRA No 6 **PROFUNDIDAD:** 1.00 MT

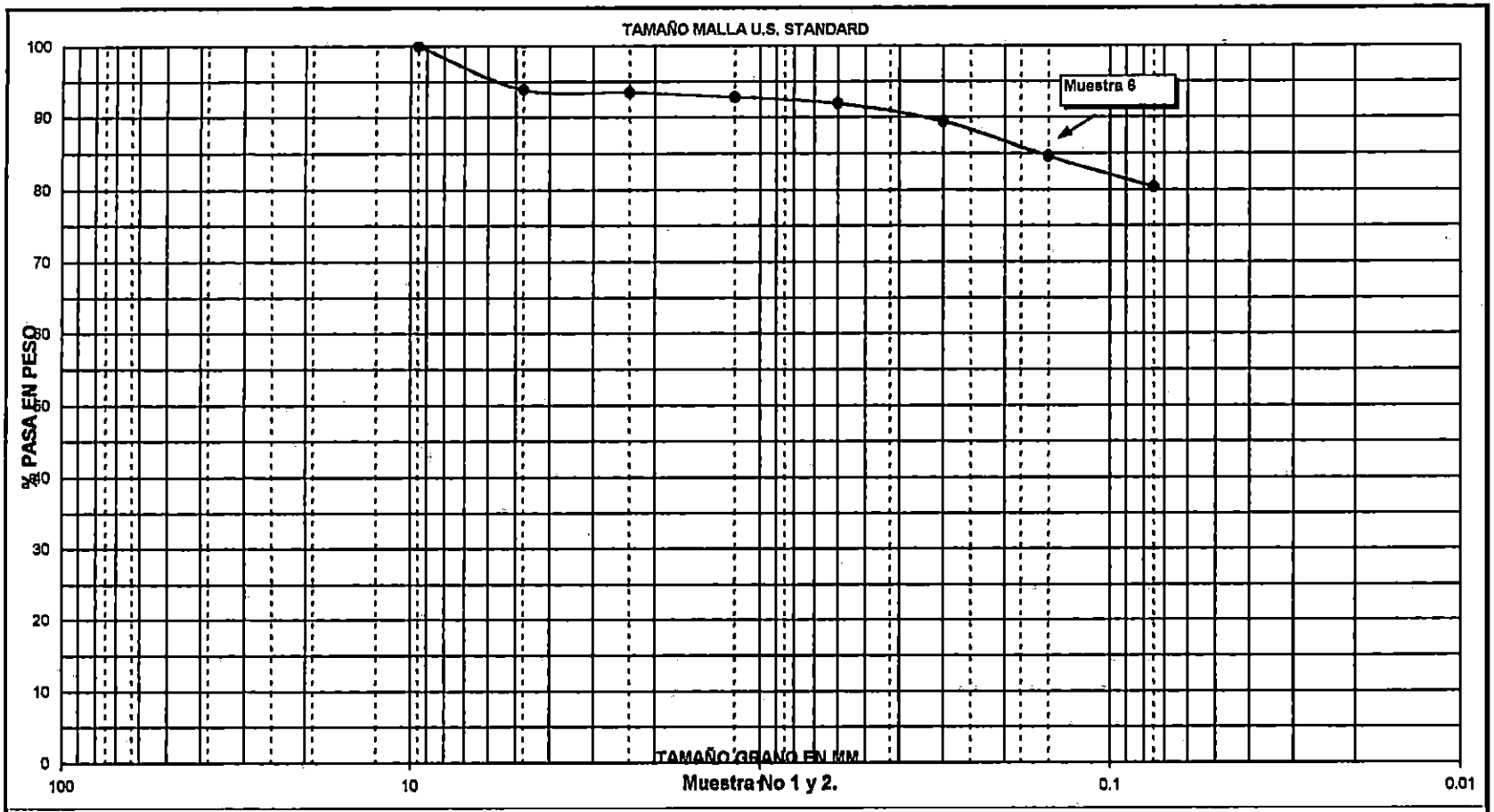
FECHA: 14-Abr-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0.00	0.00	0	0	100
No 4	30.52	6.10	6	6	94
No 8	1.98	0.40	0	7	94
No 16	3.42	0.68	1	7	93
No 30	4.44	0.89	1	8	92
No 50	12.60	2.52	3	11	89
No 100	24.05	4.81	5	15	85
No 200	21.12	4.22	4	20	80
Pasa No 200	401.87	80.37	80	100	0
Suma	500.0				

Observaciones:

LABORATORISTA: REVISO:



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS TRABAJO No 1

UBICACIÓN: CANTON BUENOS AIRES, TAMANIQUE

MUESTRA No 6 PROFUNDIDAD 1.00 mt

LABORATORISTA: REVISO: FECHA: 14/Abr/98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 7

UBICACION: La Montañona, Chalatenango.

MUESTRA No 7 **PROFUNDIDAD:** 0.50 MT

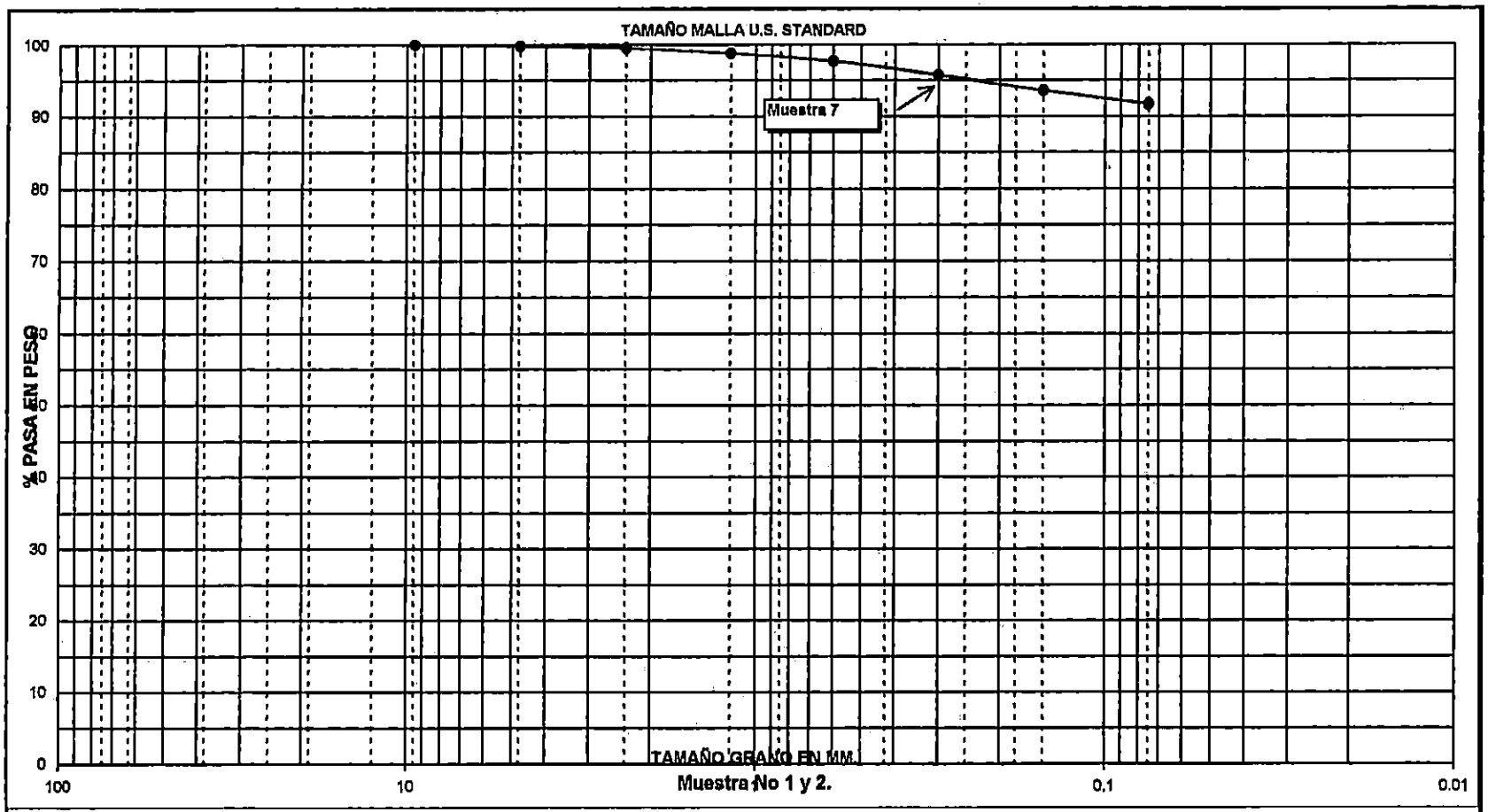
FECHA: 1-May-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0.00	0.00	0	0	100
No 4	1.00	0.20	0	0	100
No 8	1.40	0.28	0	0	100
No 16	3.40	0.68	1	1	99
No 30	5.90	1.18	1	2	98
No 50	9.40	1.88	2	4	96
No 100	11.20	2.24	2	6	94
No 200	9.22	1.84	2	8	92
Pasa No 200	458.50	91.70	92	100	0
Suma	500.0				

Observaciones:

LABORATORISTA: REVISO:



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS

UBICACIÓN: La Montañona, Chalatenango.

MUESTRA No 7 PROFUNDIDAD 0.50 MT.

LABORATORISTA: _____ REVISO: _____ FECHA: 1-May-98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 8

UBICACION: SAN JOSE LOS SITIOS, CHALATENANGO.

MUESTRA No 8 PROFUNDIDAD: 0.50 MT

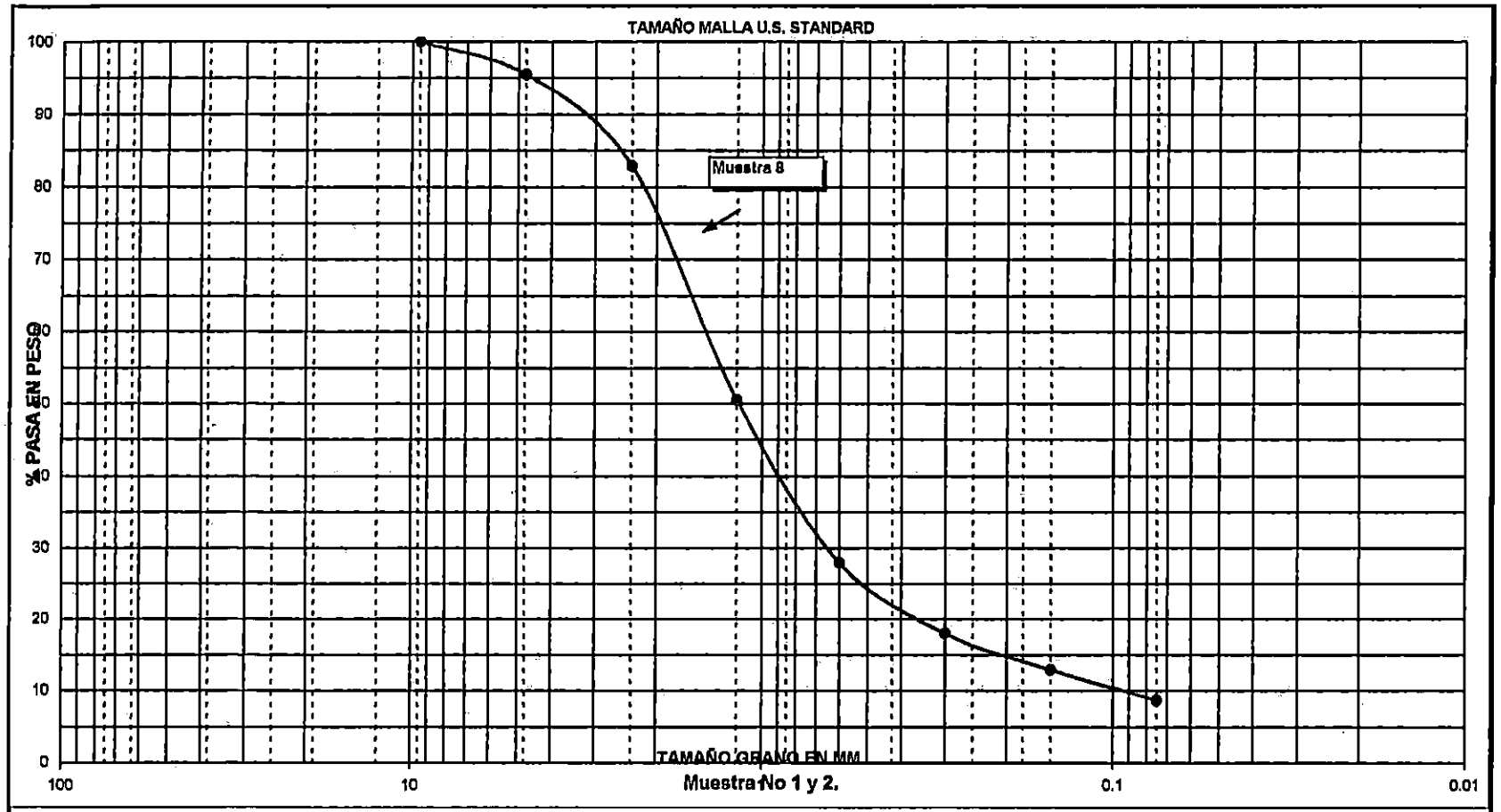
FECHA: 6-May-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0.00	0.00	0	0	100
No 4	22.60	4.52	5	5	95
No 8	63.10	12.62	13	17	83
No 16	161.72	32.34	32	49	51
No 30	112.50	22.50	23	72	28
No 50	49.80	9.96	10	82	18
No 100	25.50	5.10	5	87	13
No 200	21.40	4.28	4	91	9
Pasa No 200	43.40	8.68	9	100	0
Suma	500.0				

Observaciones:

LABORATORISTA: REVISO:



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS

UBICACIÓN: SAN JOSE LOS SITIOS, CHALATENANGO

MUESTRA No 8 PROFUNDIDAD 0.50 MT.

LABORATORISTA: _____ REVISO: _____ FECHA: 6-May-98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 9

UBICACION: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE, SAN MIGUEL.

MUESTRA No 9 **PROFUNDIDAD:** 0.50 MT

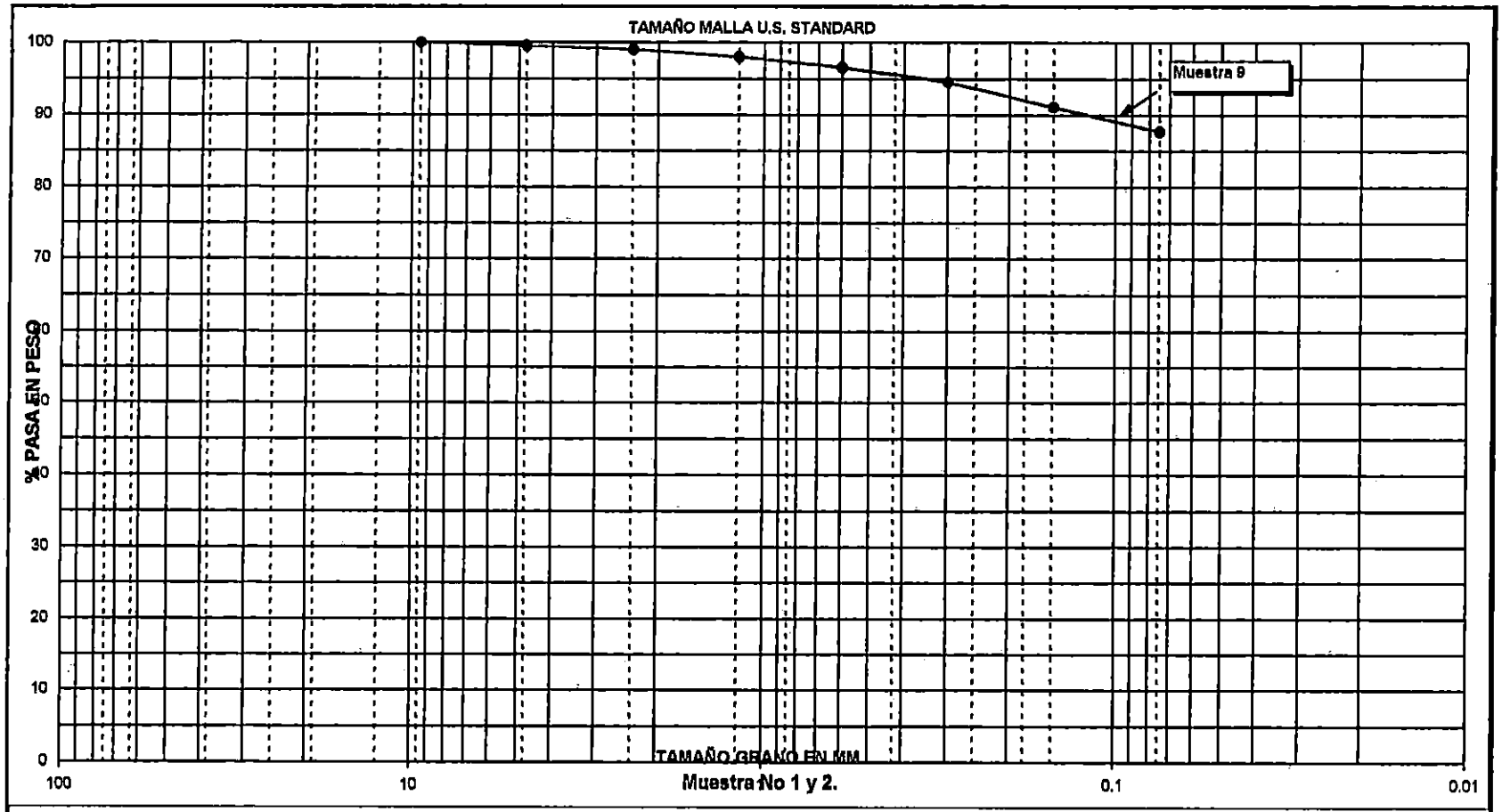
FECHA: 22-Abr-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0.00	0.00	0	0	100
No 4	2.30	0.46	0	0	100
No 8	2.72	0.54	1	1	99
No 16	4.80	0.96	1	2	98
No 30	7.20	1.44	1	3	97
No 50	10.10	2.02	2	5	95
No 100	17.40	3.48	3	9	91
No 200	17.20	3.44	3	12	88
Pasa No 200	438.30	87.66	88	100	0
Suma	500.0				

Observaciones:

LABORATORISTA: REVISO:



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS

UBICACIÓN: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE, SAN MIGUEL

MUESTRA No 9 PROFUNDIDAD 0.50 MT.

LABORATORISTA: _____ REVISO: _____ FECHA: 22-Abr-98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 10

UBICACION: MONCAGUA, SAN MIGUEL.

MUESTRA No 10 PROFUNDIDAD: 0.50 MT

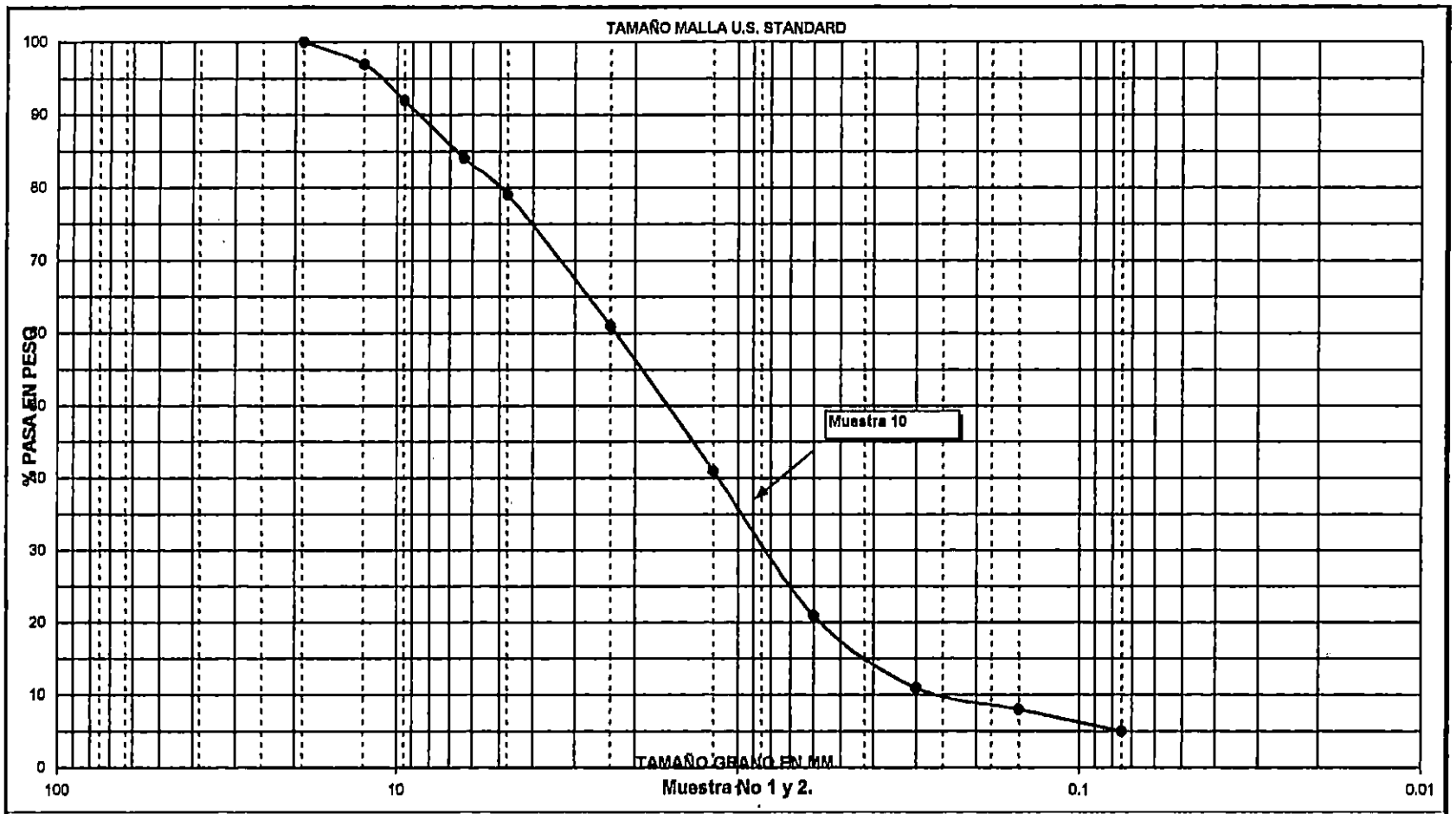
FECHA: 19-May-98

Peso Neto: 594.5 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO			% ACUMULADO QUE PASA
		PARCIAL		ACUMULADO	
3/4	0.00	0.00	0	0	100
1/2	16.80	2.83	3	3	97
3/8	31.10	5.23	5	8	92
1/4	44.50	7.49	7	16	84
No 4	33.50	5.63	6	21	79
No 8	107.40	18.07	18	39	61
No 16	117.40	19.75	20	59	41
No 30	119.40	20.08	20	79	21
No 50	57.70	9.71	10	89	11
No 100	21.10	3.55	4	92	8
No 200	14.60	2.46	2	95	5
Pasa No 200	31.00	5.21	5	100	0
Suma	594.5				

Observaciones:

LABORATORISTA: REVISO:



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS

UBICACIÓN: MONCAGUA SAN MIGUEL.

MUESTRA No 10 PROFUNDIDAD 0.50 MT.

LABORATORISTA: _____ REVISO: _____ FECHA: 19-May-98

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
"ING. MARIO ANGEL GUZMAN URBINA".

ENSAYO DE GRANULOMETRIA.
ASTM D 422-90

TESIS : COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ENSAYO #: 11

UBICACION: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57-1/2.

MUESTRA No 11 PROFUNDIDAD: 0.50 MT

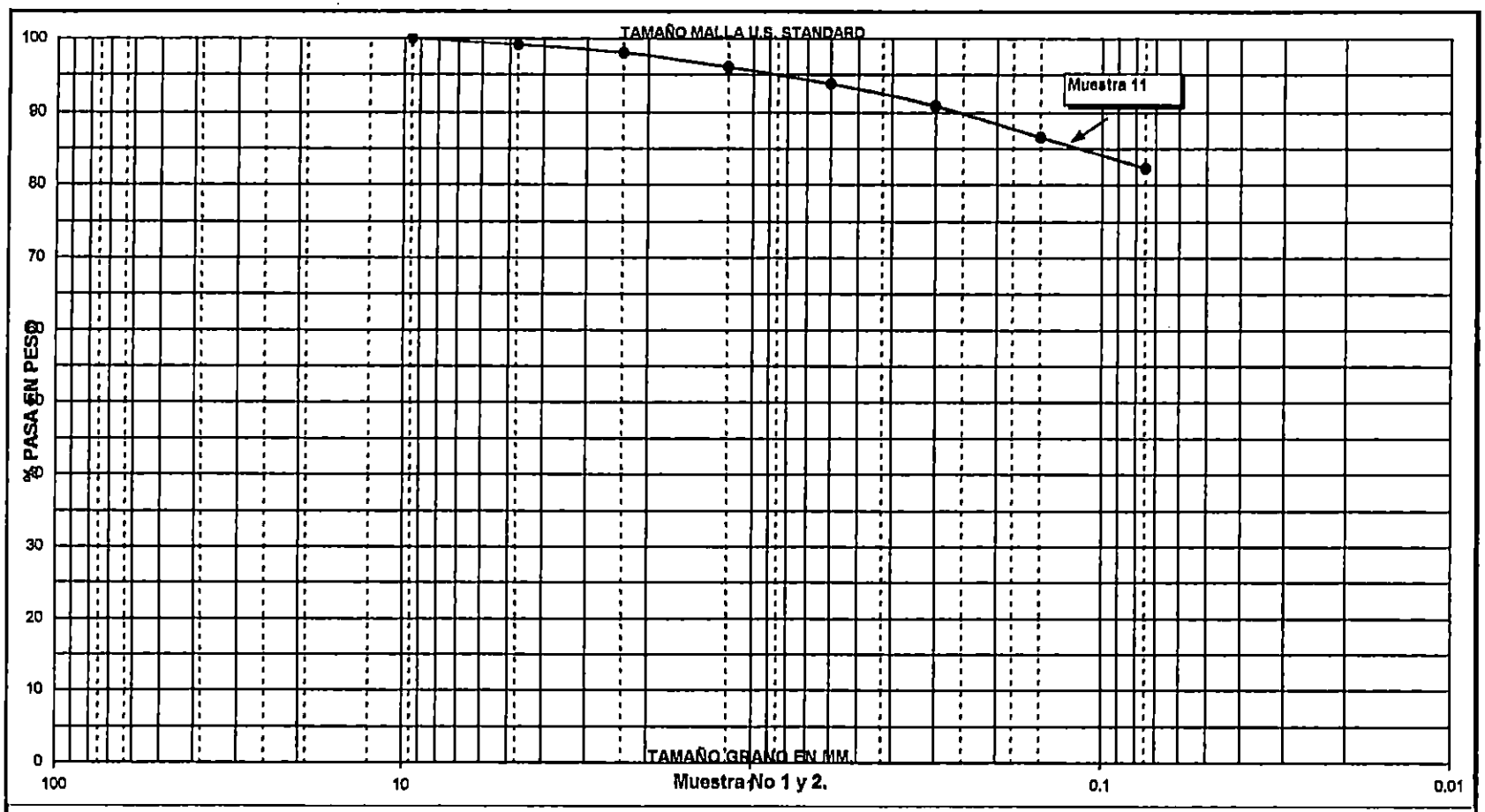
FECHA: 22-Ago-98

Peso Neto: 500 grs.

MALLA	PESO RETENIDO Kgrs.	% RETENIDO PARCIAL		% RETENIDO ACUMULADO	% ACUMULADO QUE PASA
3/8	0.00	0.00	0	0	100
No 4	4.42	0.88	1	1	99
No 8	5.40	1.08	1	2	98
No 16	9.70	1.94	2	4	96
No 30	11.60	2.32	2	6	94
No 50	14.50	2.90	3	9	91
No 100	21.20	4.24	4	13	87
No 200	21.50	4.30	4	18	82
Pasa No 200	411.69	82.34	82	100	0
Suma	500.0				

Observaciones:

LABORATORISTA: REVISO:



Muestra No 1 y 2.

GUIJARRO	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
	GRUESA	FINA	GRUESA	MEDIA	FINA	

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

"ING. MARIO A. GUZMAN URBINA"

CURVA GRANULOMETRICA

TESIS: COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTBILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS

UBICACIÓN: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57-1/2.

MUESTRA No 11 PROFUNDIDAD 0.50 MT.

LABORATORISTA: _____ REVISO: _____ FECHA: 22-Ago-98

3.2.2 PLASTICIDAD DE LOS SUELOS.

Se necesita conocer la plasticidad del suelo, procedente de cada banco investigado para clasificarlos y seleccionar los bancos de interés, según los objetivos planteados en la investigación, para ello se determinaron los limites de ATTERBERG: Límite Liquido, Límite Plástico. Los ensayos se realizaron según las normas ASTM D–4318 .

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO.

MATERIAL Y EQUIPO. (VER FIGURA N. 14)

- 1Copa de Casagrande con ranurador
- 1 balanza de 0.01 gr de precisión
- 2 cápsulas de porcelana
- 8 platillos dobles de cristal
- 1 malla N°40
- 1 placa de vidrio
- 1 espátula
- 1 pipeta.

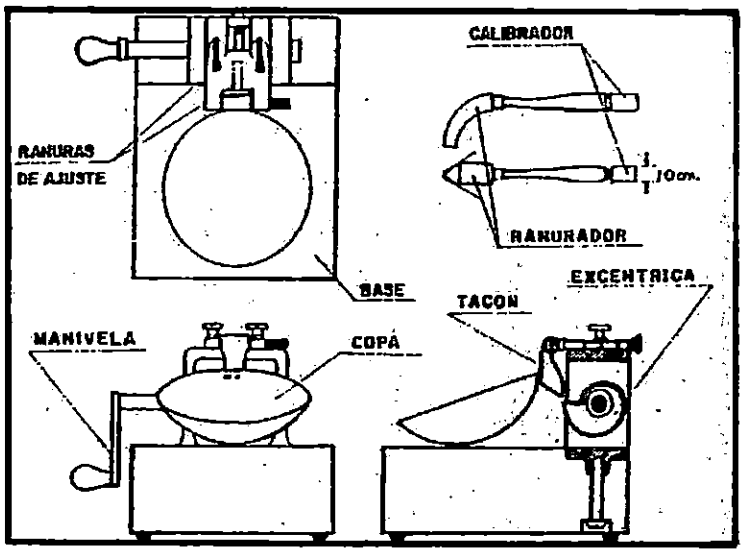


FIGURA 14. COPA DE CASAGRANDE Y RANUDADOR

a- Preparación de la muestra.

1- Se tomará una muestra de material secado al aire.

2- El material que se ha secado, se pasa por la malla N°40 y se toma como muestra el material que pasa dicho tamiz.

3- Se mezcla con agua el suelo que pasa por el tamiz N°40 hasta que tiene la consistencia de una pasta espesa y suave, se cubre con un paño o papel húmedo y se deja reposar desde 1 hora a 24 horas.

b- Cálculo del Límite Liquido.

1- Tomar una porción de suelo y colocarla en el platillo de bronce distribuyéndola con el menor número posible de golpes de espátula, teniendo cuidado de que no se formen burbujas de aire dentro de la masa del suelo.

Este se nivelara con espátula de tal forma que tenga 1 cm de espesor como máximo. El sobrante de suelo debe quitarse y colocarse en la cápsula de porcelana. El suelo colocado en la copa de bronce se dividirá cortándola por medio del ranurador, los cortes se efectuaran moviendo el ranurador de 2 a 6 veces de adelante hacia atrás como máximo. (Ver fig.N°15).

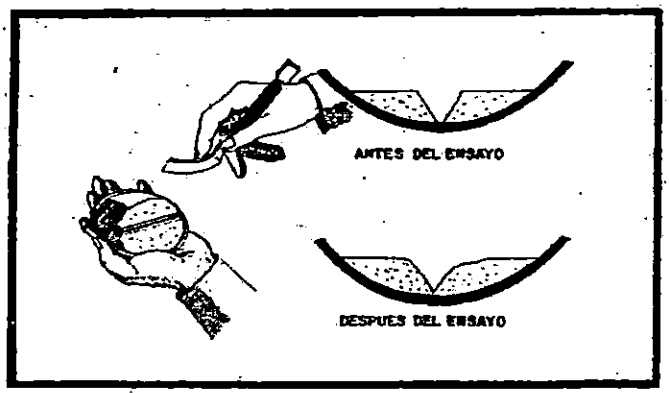


FIGURA 15. MUESTRA ANTES Y DESPUÉS DE ENSAYO.

2- La copa de bronce con la muestra preparada y ranurada tendrá que ser levantada a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, hasta que las dos mitades de la muestra se unan en su base en una distancia de ½" (1.3 cm aproximadamente)

Luego se registrara el número de golpes necesario para cerrar el canal. (ver fig.N°16)

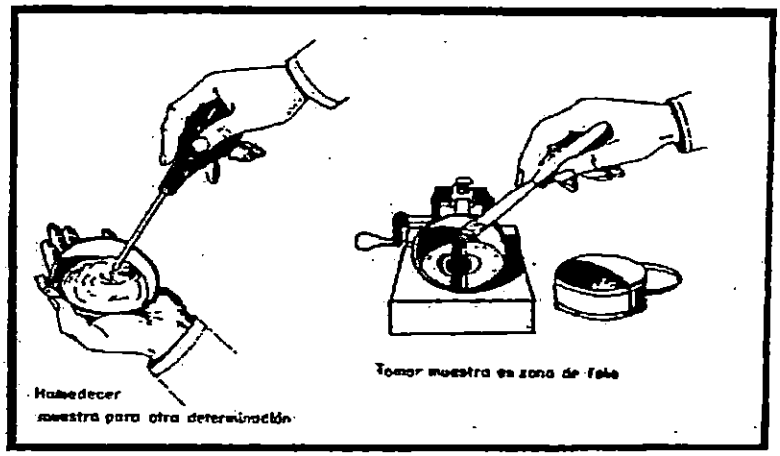


FIGURA 16. HUMEDECIMIENTO Y DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD EN LA ZONA CERRADA.

3- Una porción de suelo, se toma de la sección donde se unieron las dos mitades de la muestra, se coloca en un platillo de vidrio previamente pesado, se pesa el conjunto. Posteriormente se introduce al horno a una temperatura de 110°C ± 5°C. Pesar después de transcurridas 24 horas la muestra seca.

4- El suelo que queda en la copa de bronce será trasladado a la cápsula de porcelana. Luego se lavará y secará debidamente la copa de bronce y el ranurador, y se repetirá la operación.

5- Las operaciones anteriores se repiten añadiendo agua hasta que el suelo tenga una consistencia fluida.

6- El contenido de humedad del suelo se expresará así:

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso suelo seco}} \times 100$$

El contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes se anotara como limite liquido del suelo. Deberán obtenerse 4 ó 5 puntos para definir el gráfico.

c- Cálculo del Limite Plástico.

1- Se colocará una muestra de suelo en una cápsula y se le añade agua, mezclando debidamente hasta que la masa del suelo se vuelve suficientemente plástica para darle forma de bola, se puede utilizar el suelo sobrante del Límite Líquido.

2- Se toma una porción de esta bola y se enrolla esta masa colocándola entre los dedos de las manos, y la placa de vidrio y con suficiente presión se hace una barrita o rrollito con diámetro uniforme en toda su longitud.(ver fig.N°17)

FIGURA 17. DETERMINACIÓN DE LP.

3- Cuando el diámetro de la barrita se reduzca a $^1/_8$" se corta a unos 6 a 8 pedazos. Nuevamente se unen los pedazos entre los dedos y pulgares de ambas manos hasta darle a la masa una forma helizoidal y vuelve amasarse. Se repite la operación hasta que el cilindro formado se cuartee bajo la presión del amasado y no sea ya posible obtener rollitos de $^1/_8$".

4- Reúnanse las porciones de suelo resquebrajado y colóquese en un platillo de cristal pésese el platillo con el suelo y regístrese este peso.

5- Colocar el platillo con el suelo en el horno a una temperatura de 110°C ±5°C durante 24 horas.

6- Sacar el platillo con el suelo del horno y registrar este peso.

7- Calcúlese el límite plástico

$$L_p = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco del suelo}} X\ 100$$

Donde:

L_P = Límite plástico.

8- Obtener el Lp del suelo como un promedio de tres determinaciones.

3.2.2.1 RESULTADOS DE PRUEBAS DE LIMITES DE ATTEMBERG.

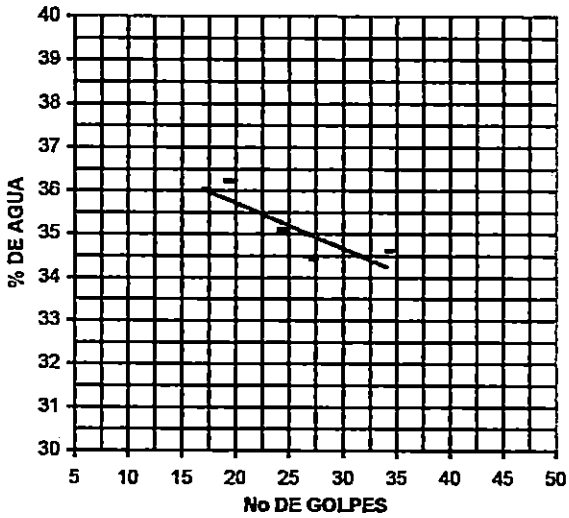
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D423-66
D424-71

ENSAYO: **LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES**

TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS
Ubicación. CARRETERA A METAPAN KM 57-1/2.
Muestra No. 1
fecha: 10-abr-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	34	27	24	19	17	13			
Recipiente No.	83	10	81	2	4	94	20.00	B-CH	14
Peso de suelo Húmedo y tara	36.53	48.03	38.65	47.44	45.36	38.47	28.46	30.94	33.30
Peso de suelo seco y tara	32.91	43.59	34.41	43.13	41.26	32.34	26.69	28.44	31.35
Tara	22.45	30.70	22.33	31.23	29.88	22.46	19.81	19.30	24.52
Peso de agua	3.62	4.44	4.24	4.31	4.10	4.13	1.77	2.50	1.95
Peso de suelo seco	10.46	12.89	12.08	11.90	11.38	9.88	6.88	9.14	6.83
Contenido de agua %	34.61	34.45	35.10	36.22	36.03	41.80	25.73	27.35	28.55



LIMITES%	
Líquido	35.20%
Plástico	27.40%
INDICES	
Indice Plastico	7.8
Clasificación	ML

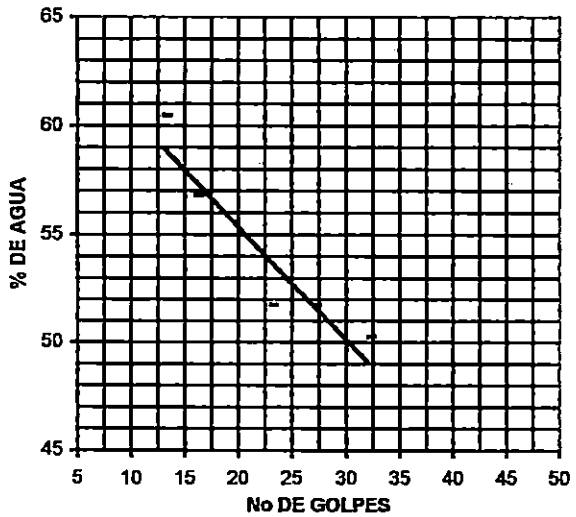
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D423-66
D424-71

ENSAYO: **LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES**

TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS
Ubicación. BY PASS DE LA CARRETEA A METAPAN KM 66.
Muestra No. 2
fecha: 14-abr-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	32	27	23	16	13	12			
Recipiente No.	17	27	23	30	37	12	38	22	11
Peso de suelo Húmedo y tara	34.19	30.49	30.82	28.24	28.57	18.54	21.87	20.85	9.68
Peso de suelo seco y tara	29.03	26.33	26.85	24.95	24.99	13.91	20.99	20.24	8.70
Tara	18.76	18.29	19.18	19.16	19.07	6.20	18.71	18.61	6.17
Peso de agua	5.16	4.16	3.97	3.29	3.58	4.63	0.88	0.61	0.98
Peso de suelo seco	10.27	8.04	7.67	5.79	5.92	7.71	2.28	1.63	2.53
Contenido de agua %	50.24	51.74	51.76	56.82	60.47	60.05	38.60	37.42	38.74



LIMITES%	
Líquido	53.0%
Plástico	38.30%
INDICES	
Indice Plastico	14.7
Clasificación	MH

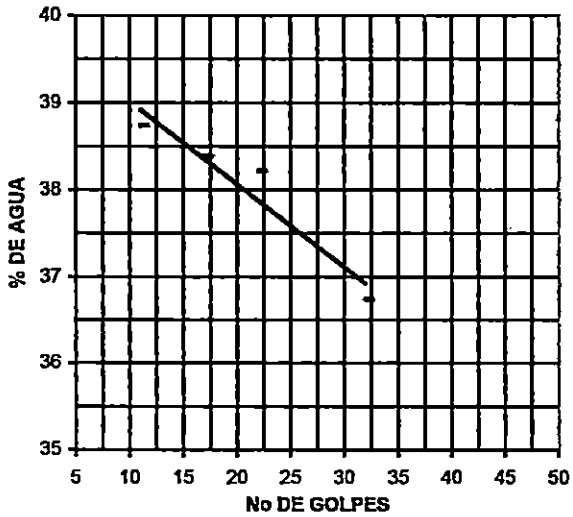
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D 4 2 3 - 6 6
D 4 2 4 - 7 1

ENSAYO: **LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES**

TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS
Ubicación. Candelaria de la Frontera.
Muestra No. 3
fecha: 15-abr-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	32	22	17	11					
Recipiente No.	34	21	47	14			13.00	31	
Peso de suelo Húmedo y tara	33.47	33.08	31.63	32.52			22.20	21.96	
Peso de suelo seco y tara	29.37	29.12	28.11	28.65			21.63	21.35	
Tara	18.21	18.76	18.94	18.66			19.11	18.69	
Peso de agua	4.10	3.96	3.52	3.87			0.57	0.61	
Peso de suelo seco	11.16	10.36	9.17	9.99			2.52	2.66	
Contenido de agua %	36.74	38.22	38.39	38.74			22.62	22.93	



LIMITES %	
Liquido	37.60%
Plástico	22.78%
INDICES	
Indice Plastico	14.82
Clasificación	CL

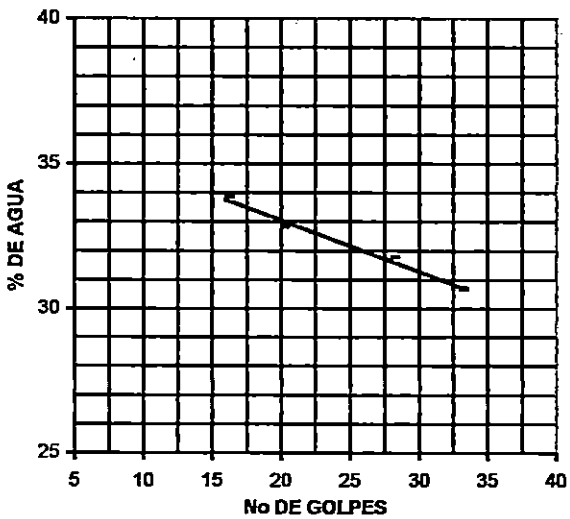
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D 4 2 3 - 6 6
D 4 2 4 - 7 1

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES

TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS
Ubicación. CANTON TEPEAGUA, LA LIBERTAD.
Muestra No. 4
fecha: 13-abr-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	33	28	20	16					
Recipiente No.	27	34	47	37			12	38	22
Peso de suelo Húmedo y tara	44.17	40.43	35.73	36.93			11.09	23.17	23.60
Peso de suelo seco y tara	38.09	35.07	31.58	32.41			10.12	22.29	22.54
Tara	18.3	18.2	18.94	19.1			6	18.7	18.6
Peso de agua	6.08	5.36	4.15	4.52			0.97	0.88	1.06
Peso de suelo seco	19.80	16.86	12.64	13.34			3.95	3.58	3.94
Contenido de agua %	30.7	31.8	32.8	33.9			24.6	24.6	26.9



LIMITES %	
Líquido	32.2%
Plástico	24.60%
INDICES	
Indice Plastico	7.6
Clasificación	ML

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D423-66
D424-71

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES

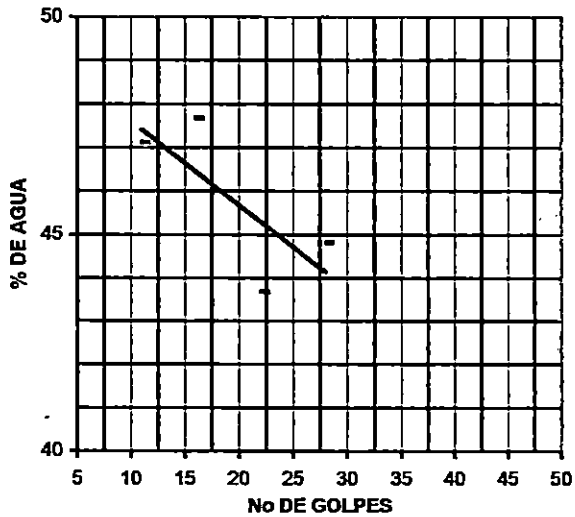
TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS

UBICACIÓN: CANTON SANTA CRUZ, LA LIBERTAD, SOBRE DESVIO A ROSARIO DE MORA.

Muestra No. 5

fecha: 13-abr-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.		2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes		28	22	16	11				
Recipiente No.		82	3	CL	7*		22.00	43	33
Peso de suelo Húmedo y tara		38.87	47.49	43.20	40.74		31.14	33.95	32.92
Peso de suelo seco y tara		33.82	42.05	39.09	37.23		27.98	30.27	29.29
Tara		22.55	29.60	30.47	29.78		18.61	19.05	19.10
Peso de agua		5.05	5.44	4.11	3.51		3.16	3.68	3.63
Peso de suelo seco		11.27	12.45	8.62	7.45		9.37	11.22	10.19
Contenido de agua %		44.81	43.69	47.68	47.11		33.72	32.80	35.62



LIMITES %	
Liquido	44.9%
Plástico	33.33%
INDICES	
Indice Plastico	11.6
Clasificación	ML

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D423-66
D424-71

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES

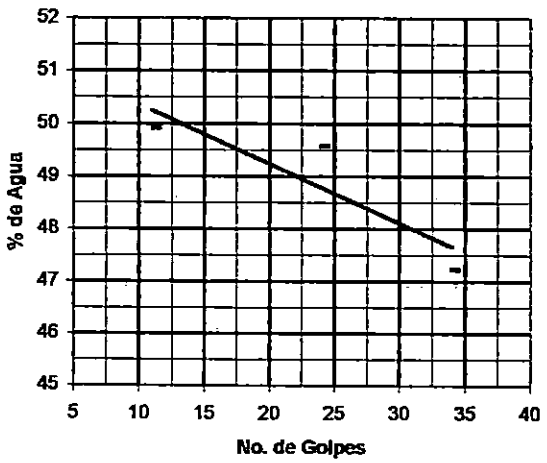
TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS

UBICACIÓN: CANTON SANTA CRUZ, LA LIBERTAD, SOBRE DESVIO A ROSARIO DE MORA.

Muestra No. 5.1

fecha: 15-abr-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	34	28	24	18	11				
Recipiente No.	BL	91	77	D	36		C-CH	10	43
Peso de suelo Húmedo y tara	35.59	36.38	41.48	47.86	29.52		29.16	33.11	23.37
Peso de suelo seco y tara	30.38	32.00	35.17	42.35	24.14		26.36	29.68	20.00
Tara	19.35	22.41	22.44	30.62	13.36		18.00	19.75	10.33
Peso de agua	5.21	4.38	6.31	5.51	5.38		2.80	3.43	3.37
Peso de suelo seco	11.03	9.59	12.73	11.73	10.78		8.36	9.93	9.67
Contenido de agua %	47.23	45.67	49.57	46.97	49.91		33.49	34.54	34.85



LIMITES%	
Liquido	48.8%
Plástico	34.70%
INDICES	
Indice Plastico	14.05
Clasificación	ML

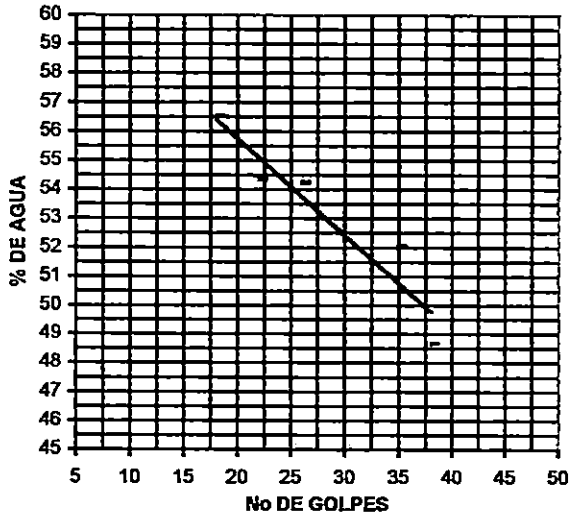
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D423-66
D424-71

ENSAYO: **LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES**

TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS
Ubicación. CANTON BUENOS AIRES, TAMANIQUE.
Muestra No. 6
fecha: 14-abr-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	38	35	26	22	18	15			
Recipiente No.	21	32	13	14	45	23	30	31	17
Peso de suelo Húmedo y tara	29.97	29.93	30.74	31.07	29.85	33.72	21.80	20.90	21.70
Peso de suelo seco y tara	26.30	26.36	26.65	26.70	25.83	28.48	21.21	20.42	21.04
Tara	18.76	19.50	19.11	18.66	18.72	19.20	19.16	18.69	18.80
Peso de agua	3.67	3.57	4.09	4.37	4.02	5.24	0.59	0.48	0.66
Peso de suelo seco	7.54	6.86	7.54	8.04	7.11	9.30	2.05	1.73	2.28
Contenido de agua %	48.67	52.04	54.24	54.35	56.54	56.34	28.78	27.75	28.95



LIMITES %	
Líquido	54.3%
Plástico	28.50%
INDICES	
Indice Plastico	25.8
Clasificación	CH

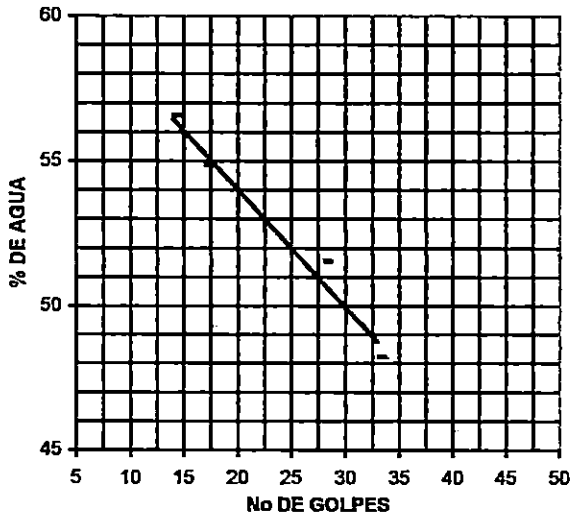
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D423-66
D424-71

ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES

TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS
Ubicación. La Montañona, Chalatenango.
Muestra No. 7
fecha: 01-may-98.

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	33	28	23	17	14				
Recipiente No.	3	2	10	C-L	4		D	16	83
Peso de suelo Húmedo y tara	42.14	41.96	46.31	42.89	42.50		35.97	26.30	26.74
Peso de suelo seco y tara	38.06	38.31	41.03	38.49	37.94		34.42	25.35	25.56
Tara	29.60	31.23	30.70	30.47	29.88		30.62	22.41	22.50
Peso de agua	4.08	3.65	5.28	4.40	4.56		1.55	0.95	1.18
Peso de suelo seco	8.46	7.08	10.33	8.02	8.06		3.80	2.94	3.06
Contenido de agua %	48.23	51.55		54.86	56.58		40.79	32.31	38.56



LIMITES %	
Liquido	52.0%
Plástico	39.40%
INDICES	
Indice Plastico	12.6
Clasificación	OH

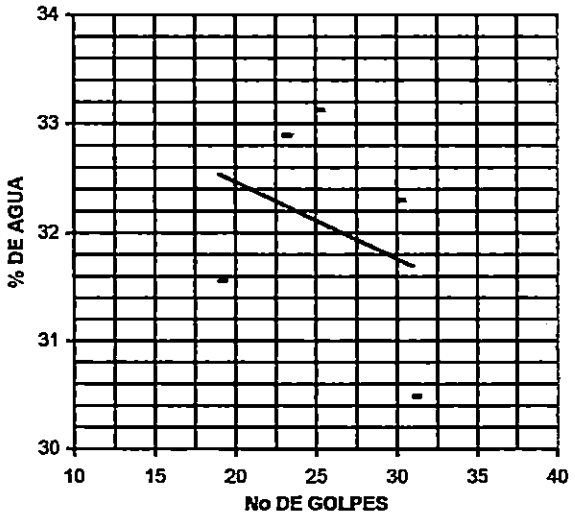
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D 4 2 3 - 6 6
D 4 2 4 - 7 1

ENSAYO: **LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES**

TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS
Ubicación. San Jose Los Sitios.
Muestra No. 8
fecha: 06-may-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	31	30	25	23	19	13			
Recipiente No.	17	CL	4	7	77	3	10.00	2	D
Peso de suelo Húmedo y tara	33.64	40.67	40.77	41.82	49.91	41.88	41.33	39.18	38.00
Peso de suelo seco y tara	30.00	38.18	38.06	38.84	43.32	38.64	33.90	37.52	36.42
Tara	18.06	30.47	29.88	29.78	22.44	29.60	30.70	31.23	30.62
Peso de agua	3.64	2.49	2.71	2.98	6.59	3.24	7.43	1.66	1.58
Peso de suelo seco	11.94	7.71	8.18	9.06	20.88	9.04	3.20	6.29	5.80
Contenido de agua %	30.49	32.30	33.13	32.89	31.56	35.84	232.19	26.39	27.24



LIMITES %	
Liquido	32.15%
Plástico	26.80%
INDICES	
Indice Plastico	5.35
Clasificación	ML

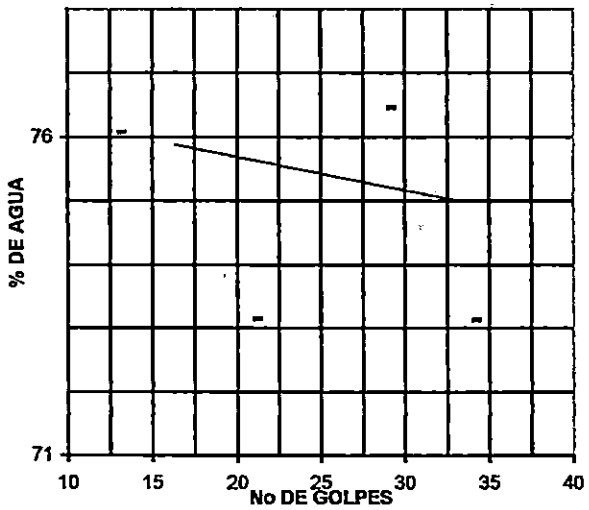
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D 4 2 3 - 6 6
D 4 2 4 - 7 1

ENSAYO: **LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES**

TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS
Ubicación. FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE, SAN MIGUEL.
Muestra No. 9
fecha: 22-abr-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	34	29	21	19	13		1	2	3
Recipiente No.	3	C-L	2	10	16		12.00	11	40
Peso de suelo Húmedo y tara	42.29	40.44	41.03	40.68	33.45		21.25	21.44	30.99
Peso de suelo seco y tara	36.93	36.12	36.89	36.57	28.68		17.60	17.61	27.97
Tara	29.6	30.5	31.23	30.7	22.4		6	6.2	18.7
Peso de agua	5.36	4.32	4.14	4.11	4.77		3.65	3.83	3.02
Peso de suelo seco	7.33	5.65	5.66	5.87	6.27		11.43	11.44	9.32
Contenido de agua %	73.1	76.5	73.1	70.0	76.1		31.9	33.5	32.4



LIMITES %	
Líquido	75.5%
Plástico	32.60%
INDICES	
Indice Plastico	42.9
Clasificación	CH

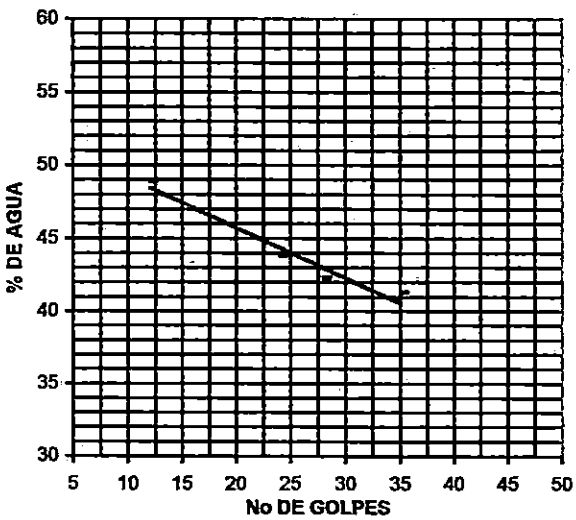
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES
ING. MARIO ÁNGEL GUZMAN URBINA

ASTM
D 4 2 3 - 6 6
D 4 2 4 - 7 1

ENSAYO: **LIMITES DE CONSISTENCIA E INDICES**

TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS
Ubicación. CARRETERA A CHALATENANGO KM 57-1/2.
Muestra No. 11
fecha: 22-ago-98

	LIMITE LIQUIDO						LIMITE PLASTICO		
Ensayo No.	1	2	3	4	5	6	1	2	3
No de Golpes	12	24	28	35					
Recipiente No.	36	77	16	94			A	Ø	3
Peso de suelo Húmedo y tara	24.94	34.47	33.30	33.00			36.84	43.47	40.27
Peso de suelo seco y tara	21.15	30.79	30.06	29.93			35.30	40.58	37.94
Tara	13.40	22.40	22.40	22.50			30.00	30.60	29.60
Peso de agua	3.79	3.68	3.24	3.07			1.54	2.89	2.33
Peso de suelo seco	7.75	8.39	7.66	7.43			5.30	9.98	8.34
Contenido de agua %	48.90	43.86	42.30	41.32			29.06	28.96	27.94



LIMITES %	
Liquido	44.5%
Plástico	27.83%
INDICES	
Indice Plastico	16.67
Clasificación	CL

CUADRO RESUMEN DE BANCOS DE PRESTAMOS.

COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.

ITEM	BANCO	GRANULOMETRÍA												PLASTICIDAD			
		½	3/8	¼	4	8	16	30	50	100	200	Cu	Cc	LL	LP	IP	SIMB.
1	Carretera a Metapán Km 76 ½				89.32	85.10	78.52	71.22	64.92	58.06	51.74	-	-	35.2	27.4	7.80	ML
2	By Pass Santa Ana.				96.08	94.38	91.42	88.34	83.92	76.66	68.22	-	-	53.0	38.3	14.70	MH
3	Candelaria de la Frontera, Santa Ana.				94.18	91.28	86.8	83.1	76.69	68.85	62.58	-	-	37.6	22.8	14.82	CL
4	Cantón Tepeagua, La Libertad.				93.93	90.91	86.99	82.21	72.57	63.18	56.86	-	-	32.2	24.6	7.60	ML
5	Cantón Santa Cruz, La Libertad, desde 1 mt.				97.24	93.82	87.4	82.03	76.69	70	63.08	-	-	44.9	33.3	11.60	ML
	Cantón Santa Cruz, La Libertad, hasta 1 mts.				99.92	99.76	98.93	97.26	94.11	88.58	84.25	-	-	48.75	34.7	14.05	ML
6	Cantón Buenos Aires, La Libertad.				93.90	93.50	92.82	91.93	89.41	84.6	80.37	-	-	54.3	28.5	25.80	CH
7	La Montañona, Chalatenango.				99.8	99.52	98.84	97.66	95.78	93.54	91.7	-	-	52.0	39.4	12.60	MH
8	San José Los Sitios, Chalatenango.				95.48	82.86	50.52	28.02	18.06	12.96	8.68	16.84	2.87	32.15	26.8	5.35	SW SM
9	Facultad Multidisciplinaria de Oriente, San Miguel.				99.54	99	98.04	96.6	94.58	91.10	87.66	-	-	75.5	32.6	42.90	CH
10	Moncagua, San Miguel.	97.17	91.94	84.46	78.82	60.76	41.01	20.93	11.22	7.67	5.21	9.23	1.16				SW
11	Chalatenango, Km 57 ½.				99	98	96	94	91	87	82	-	-	44.5	27.83	16.67	CL

* Cu <3 suelos uniformes Cc entre 1 y 3 son suelos bien graduados

Nota: SW-SM → caso de frontera.

3.3 SELECCIÓN DE BANCOS

Se han investigado once bancos de préstamo diferentes en todo el país, para seleccionar tres que cumplan con algunos requisitos tales como: estar ubicado en una zona potencial de desarrollo, su clasificación del tipo de suelo (no ser tierra blanca y poseer plasticidad), condiciones topográficas del lugar y poseer un volumen considerable de explotación.

3.3.1 BANCO DE PRÉSTAMO N°1

Localizado sobre el Km 76 ½ de la carretera que conduce a Metapán. Del análisis de resultados de laboratorio y campo se ha comprobado que los suelos predominantes en la zona corresponden a limos inorgánicos ligeramente plástico (ML), de color café claro.

Este banco fue escogido por, poseer un índice de plasticidad bajo, equivalente al 7.8%, y estar ubicado en una zona potencial de desarrollo al estar ubicado entre Santa Ana y Metapàn àdemás poseer un volumen de material considerable para su explotación. (ver esquema N°2)

Posee una topografía medianamente accidentada donde se ubican varias lomas al costado poniente de la carretera, estas lomas están formadas con este material el cual por el intemperismo toma un color rojizo.

3.3.2 BANCO DE PRÉSTAMO N°2.

Localizado sobre Km. 57 ½ de la carretera que conduce a Chalatenango en el lugar llamado hacienda Santa Barbara.

Del análisis de laboratorio y de campo se ha comprobado que el tipo de suelo de este banco es arcilla inorgánica de plasticidad baja a media (CL), de color rojizo.

Este banco fué escogido por poseer un índice plástico medio de 16.67% es decir de mediana plasticidad; también por estar ubicado en una zona de alto desarrollo y poseer un volumen considerable para explotación. (ver esquema N°2)

La topografía del lugar es plana, al costado norte inicia un lomerio formado por arcilla mezclado con roca de todo tamaño.

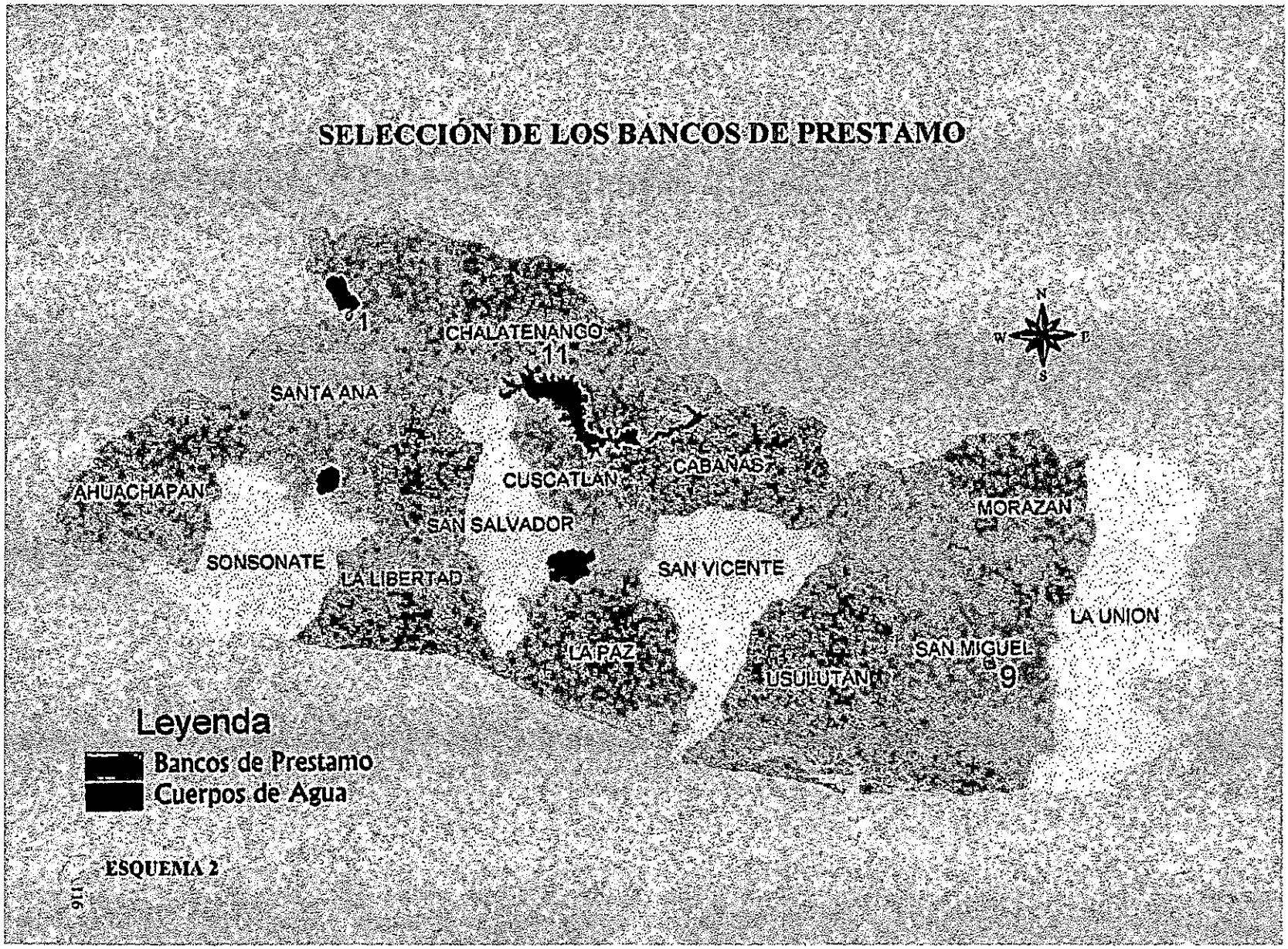
3.3.3 BANCO DE PRÉSTAMO N°3.

Localizado en el Departamento de San Miguel en la Facultad Multidisciplinaria de Oriente, de los análisis de laboratorio se comprobó que se estaba en presencia de una arcilla altamente plástica de color negro.

Este banco fue escogido por poseer un índice plástico elevado, equivalente al 42.9%, es decir altamente plástico, por estar ubicado en una zona de expansión urbana (San

Miguel) en el país, además de ser el suelo predominante en el área, él cual si se logra estabilizar podría ser utilizado para beneficio de la ciudad.(ver esquema 2)

La topografía de la zona es plana en su totalidad con la excepción del `paso del río El Jute al costado sur de San Miguel.


SELECCIÓN DE LOS BANCOS DE PRESTAMO
1
CHALATENANGO
11
SANTA ANA
AHUACHAPAN
CUSCATLAN
CABAÑAS
SAN SALVADOR
SONSONATE
LA LIBERTAD
SAN VICENTE
MORAZAN
LA UNION
LA PAZ
USULUTAN
SAN MIGUEL
9
N
W
E
S
Leyenda
Bancos de Prestamo
Cuerpos de Agua

ESQUEMA 2

3.4 DISEÑO DE MEZCLA.

Para la elaboración del diseño de mezcla de suelo-cemento fluido se han utilizado las normas para Concreto ya que para suelo cemento no se cuenta con el equipo necesario para realizar las pruebas según las normas ASTM D 1632, D 1633 y D 1635.

Algunos parámetros necesarios para el diseño son:

- peso volumétrico seco suelto
- Humedad natural
- Porcentaje de agua
- Revenimiento.

3.4.1 PROCEDIMIENTO

A- CALCULO DEL PESO VOLUMÉTRICO SECO SUELTO. (PVSS)

Consiste en llenar un recipiente de volumen conocido, con el suelo seco, determinando el peso del conjunto para luego calcular el PVSS. Así:

$$PVSS = \frac{\text{peso material}}{\text{Vol. recipiente}}$$

Ej.Calculo de PVSS para Banco de Préstamo N°1. Carretera a Metapán, Km 76 ½

Recipiente : Alto: 6.5 cm

Diámetro : 18.5 cm

$$\text{Volumen recipiente}: \frac{\pi(\text{diametro})^2}{4} \times \text{ALTO}$$

$$: \frac{\pi(18.5)^2}{4} \times 6.5$$

$$: 1747.22\,cm^3$$

Peso suelo (tarado) → 2017.1 gr.

$$PVSS = \frac{2017.1\,gr}{1747.22\,cm^3} = 1.155\,gr/cm^3$$

$$= 1155\,Kg/m^3.$$

Los demás bancos de préstamo se elaboraron por el mismo procedimiento, obteniendo:

- Banco de Préstamo N°2, Carretera a Chalatenango, Km 57 ½

  PVSS = 1190.21 Kg/m^3

- Banco de Préstamo N°3, San Miguel. Facultad Muldiciplinaria de Oriente

  PVSS = 999.56 Kg/m^3

B- HUMEDAD NATURAL

Se calculó de la manera siguiente:

$$W\% = \frac{Ww}{Ws} * 100$$

Donde:

W%: Contenido de humedad

W_W: Peso de agua

W_S : Peso de Suelo Seco.

Ej. Para el Banco de Préstamo N°1, Carretera a Metapán. Km 76 ½.

Para el diseño 1:8:

MUESTRA	1	2
Peso húmeda + Tara(gr)	528.4	196.9
Tara (gr)	106.4	65.1
Peso Seco + Tara(gr)	457.2	174.8
Peso Seco (gr)	350.8	109.7
Peso Agua (gr	71.2	22.1
%w	20.30	20.14
%W promedio	20.22	

Para los diseños 1:9, 1:10, 1:11, 1:13

MUESTRA	1	2
Peso húmeda + Tara(gr)	304.4	455.8
Tara (gr)	106.5	107.5
Peso Seco + Tara(gr)	274.3	405.2
Peso Seco (gr)	167.8	297.7
Peso Agua (gr	30.1	50.6
%w	17.94	16.99
%W promedio	17.47	

Los demás bancos de préstamo se elaboraron similarmente:

- Banco de Préstamo N°2. Carretera a Chalatenango Km 57 ½. Diseños 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9. Se obtuvo la humedad de 28.89%.

- Banco de Préstamo N°3, San Miguel, Facultad Multidisciplinaria de Oriente. Para los diseños 1:7, 1:6, 1:4, 2:6, 2:5 se obtuvo la humedad de 35.86%

C- PORCENTAJE DE AGUA (Contenido de humedad.)

Es el porcentaje de agua necesario para darle trabajabilidad a la mezcla de Suelo–Cemento.

Para determinar los porcentajes de agua requeridos para cada uno de los distintos bancos se utilizo el método del Cono de Revenimiento.

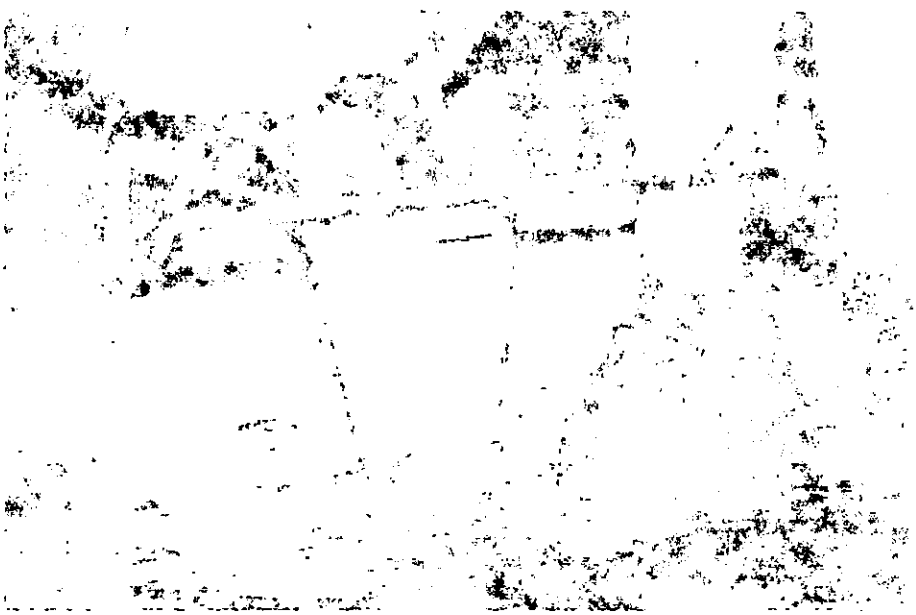
D- CONO DE REVENIMIENTO.

Es un método eficaz para medir la trabajabilidad, consistencia y plasticidad de una mezcla para condiciones de trabajo. Esta prueba se realiza bajo la norma ASTM C-143. Y consiste en llenar un molde metálico de forma cónica, de 30 cm de altura con un diámetro de 20 cm en la base y 10 cm en la parte superior colocado a plomo sobre una superficie plana y sólida en tres capas con la mezcla de aproximadamente igual volumen, a cada capa se le aplican 25 golpes con una varilla de acero punta de bala de 5/8" de diámetro y 61 cm. De largo. Luego del varillado la ultima capa se enrasa y se retira el cono lenta y verticalmente mientras la mezcla asienta hasta alcanzar una nueva altura, el cono de revenimiento vacío se coloca enseguida junto a la mezcla asentada, el revenimiento será la distancia vertical que la mezcla se ha asentado desde la parte

superior del cono de revenimiento hasta el centro de la mezcla desplomada. (ver fig. N°18 y N°19)

FIGURA 18. ELABORACION DE LA PRUEBA REVENIMIENTO

FIGURA 19.TOMA DE LECTURADE REVENIMIENTO



Haciendo uso del cono de revenimiento se determinaron mediante prueba y error, el porcentaje de agua necesario para cada uno de los distintos Bancos de Préstamo, elaborando varias mezclas variando los porcentajes de agua y dejando constante el cemento y el suelo.

Para el material del Banco de Préstamo N°1 clasificado como un limo Inorgánico ligeramente plástico (ML), se elaboraron mezclas con porcentajes de agua comprendido entre un 20% y 30%, encontrando la trabajabilidad optima en 27.19 ya que con porcentajes de agua debajo del 20% se observó que la mezcla no presentaba la trabajabilidad necesaria para acomodarse con la vibración, un cambio arriba del 30% la mezcla se volvía fluida.

De la misma forma se determino el porcentaje de agua para los Banco de Prestamos restantes, obteniendo:

- Banco de Préstamo N°2 con un porcentaje de agua de 36.90%
- Banco de Préstamo N°3 con un porcentaje de agua de 49.14%

3.4.2 EJEMPLO DE CALCULO DE DISEÑO DE MEZCLA

Banco de Préstamo: Carretera a Metapán, Km 76 ½

Tipo de Suelo: Limo Inorgánico (ML)

Proporción Volumétrica: 1:8

% de agua: 27.19

Peso del suelo seco suelto: 1155 Kg/m^3

Humedad Natural del suelo: 17.47%

Símbolo de la mezcla: 11

- Cálculo del Porcentaje del Cemento en Volumen.

1 bolsas de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 Kg

Suelo = 0.0283 x 8 = 0.2264 m^3

Peso de Suelo = Volumen x Peso unitario del suelo seco suelto.

= 0.2264 x 1155 = 261.492 Kg

$$\% \text{ de cemento} = \frac{\text{Peso de Cemento}}{\text{Peso de Suelo}} * 100$$

$$= \left(\frac{42.5}{261.492} \times 100\right) = 16.25\% \checkmark$$

- Peso de Suelo Húmedo = 250 Kg

$$\text{Peso de Suelo Seco} = \frac{\text{Peso de suelo Húmedo}}{1 + \text{humedad natural}}$$

$$= \frac{250}{1+0.1747} = \cancel{250kg.}\ 212.82\ Kg$$

- Peso de Cemento = % de Cemento x peso de Suelo

= 0.1625 x 212.82 Kg

= ~~24.59~~ Kg

34.59

- Peso Seco de la mezcla = Peso del Cemento + Peso del suelo Seco

= 34.59 + 212.82

= 247.41 Kg

CALCULO DE AGUA PARA LA MEZCLA

$$\text{Peso de agua} = \%\ \text{agua} \times \frac{\text{peso seco de la mezcla}}{100 - \%\ \text{de agua}}$$

$$= \cancel{17.47}\ 27.19 \times \frac{247.41.}{100-\cancel{17.47}\ 27.19}$$

= 92.39 Kg

$$\text{Agua Añadida} = \text{Peso de Agua} - [\text{Peso suelo seco} \times \frac{\%\ \text{Humedad}}{100}]$$

$$= 92.39 - [\ 212.82 \times \frac{17.47}{100}]$$

= 55.21 Kg

- Porcentaje de la Mezcla en Peso.

$$\text{Cemento} = \text{Peso de Cemento} \times \frac{100 - \%\ \text{de agua.}}{\text{Peso seco de la mezcla}}$$

$$\text{Cemento} = 34.59 \times \frac{100 - 27.19}{247.41}$$

= 10.18%

Suelo = [100 - %Agua] - % de Cemento

= [100-27.19] – 10.18

= 62.63%

Agua = 27.19%

- Relación Agua–Cemento.

$$A/C = \frac{\%\ agua}{\%\ cemento} = \frac{27.19}{10.18}$$

A/C = 2.67

De igual forma se calcularon los porcentajes para las demás mezclas que a continuación se presentan:

3.4.2.1 DISEÑOS DE MEZCLAS

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA

BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN KM-76 1/2.

DISEÑO	SIMBOLO	% VOLUMETRICO	PESO SUELO HUMEDO (KG)	PESO SUELO SECO (KG)	PESO CEMENTO (KG)	PESO DE AGUA (KG)	AGUA TEORICA AÑADIDA (KG)	% DE MEZCLA EN PESO			RELACION A/C	REVENIMIENTO (PLG)
								CEMENTO	SUELO	AGUA		
1	11	1:8	250.00	212.82	34.59	92.39	55.21	10.18	62.63	27.19	2.67	4 1/2"
2	12	1:9	225.44	191.91	27.73	82.02	48.49	9.19	63.62	27.19	2.96	6 1/2"
3	13	1:10	236.00	200.90	26.12	84.78	49.68	8.38	64.43	27.19	3.25	4 "
4	14	1:11	236.00	200.90	23.75	83.89	48.79	7.70	65.11	27.19	3.53	4 "
5	15	1:13	236.00	200.90	20.09	82.53	47.43	6.62	66.19	27.19	4.11	3 3/4"

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2.
ENSAYO # 1 SIMBOLO : 11

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	01-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		17.47	%
% DE AGUA A UTILIZAR		27.19	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	1155.00 kg/m^3	8	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.2264 m^3
Peso suelo = 261.492 kg
42.5
% cemento = 16.25

Material a utilizar en las pruebas = 250.00 kg REVENIMIENTO = 4 1/2"

Peso suelo seco = 212.82 kg
Peso de cemento = 34.59 kg
Peso seco de la mezcla = 247.41 kg
72.81

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 92.39 kg
Agua a añadir = 55.21 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	10.18	%
SUELO =	62.63	%
AGUA =	27.19	%
	100.00	%

RELACION a/c = 2.67

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2.
ENSAYO # 2 SIMBOLO : 12

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	22-Jun-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		17.47	%
% DE AGUA A UTILIZAR		27.19	%
% VOLUMETRICO		1 de cemento	
Peso de suelo seco suelto =	1155.00 kg/m^3	9 de suelo	

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.2547 m^3
Peso suelo = 294.1785 kg
42.5
% cemento = 14.45

Material a utilizar en las pruebas = 225.44 kg REVENIMIENTO: 6 1/2"

Peso suelo seco = 191.91 kg
Peso de cemento = 27.73 kg
Peso seco de la mezcla = 219.64 kg
72.81

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 82.02 kg
Agua a añadir = 48.49 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	9.19	%
SUELO =	63.62	%
AGUA =	27.19	%
	100.00	%

RELACION a/c = 2.96

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2.
ENSAYO # 3 SIMBOLO : 13

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	23-Jun-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		17.47	%
% DE AGUA A UTILIZAR		27.19	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	1155.00 kg/m^3	10	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.283 m^3

Peso suelo = 326.865 kg

42.5

% cemento = 13.00

Material a utilizar en las pruebas = 236.00 kg REVENIMIENTO : 4 "

Peso suelo seco = 200.90 kg

Peso de cemento = 26.12 kg

Peso seco de la mezcla = 227.02 kg

72.81

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 84.78 kg

Agua a añadir = 49.68 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	8.38	%
SUELO =	64.43	%
AGUA =	27.19	%
	100.00	%

RELACION a/c = 3.25

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2.
ENSAYO # 4 SIMBOLO : 14

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	24-Jun-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		17.47	%
% DE AGUA A UTILIZAR		27.19	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	1155.00 kg/m^3	11	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.3113 m^3

Peso suelo = 359.5515 kg

42.5

% cemento = 11.82

Material a utilizar en las pruebas = 236.00 kg REVENIMIENTO: 4 "

Peso suelo seco = 200.90 kg

Peso de cemento = 23.75 kg

Peso seco de la mezcla = 224.65 kg

72.81

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 83.89 kg

Agua a añadir = 48.79 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	7.70	%
SUELO =	65.11	%
AGUA =	27.19	%
	100.00	%

RELACION a/c = 3.53

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2.
ENSAYO # 5 SIMBOLO : 15

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	25-Jun-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		17.47	%
% DE AGUA A UTILIZAR		27.19	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	1155.00 kg/m^3	13	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.3679 m^3
Peso suelo = 424.9245 kg
42.5
% cemento = 10.00

Material a utilizar en las pruebas = 236.00 kg REVENIMIENTO : 3 3/4"

Peso suelo seco = 200.90 kg
Peso de cemento = 20.09 kg
Peso seco de la mezcla = 221.00 kg
72.81

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 82.53 kg
Agua a añadir = 47.43 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	6.62	%
SUELO =	66.19	%
AGUA =	27.19	%
	100.00	%

RELACION a/c = 4.11

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA

BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A CHALATENANGO KM-57 1/2.

DISEÑO	SIMBOLO	% VOLUMETRICO	PESO SUELO HUMEDO (KG)	PESO SUELO SECO (KG)	PESO CEMENTO (KG)	PESO DE AGUA (KG)	AGUA TEORICA AÑADIDA (KG)	% DE MEZCLA EN PESO			RELACION A/C	REVENIMIENTO (PLG)
								CEMENTO	SUELO	AGUA		
1	21	1:9	240.00	186.21	26.11	124.16	70.36	7.76	55.34	36.90	4.76	4 1/2"
2	22	1:8	240.00	186.21	29.37	126.06	72.27	8.60	54.50	36.90	4.29	6 1/2"
3	23	1:7	240.00	186.21	33.56	128.52	74.72	9.64	53.46	36.90	3.83	4 3/4"
4	24	1:6	240.00	186.21	39.16	131.79	77.99	10.96	52.14	36.90	3.37	5 1/2"
5	25	1:5	240.00	186.21	46.99	136.37	82.57	12.71	50.39	36.90	2.90	4 3/4"

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2.
ENSAYO # 1 SIMBOLO: 21

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	02-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		28.89	%
% DE AGUA A UTILIZAR		36.90	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	1190.21 kg/m^3	9	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

· suelo = 0.2547 m^3

Peso suelo = 303.146487 kg

42.5

% cemento = 14.02

Material a utilizar en las pruebas = 240.00 kg REVENIMIENTO = 4 1/2"

Peso suelo seco = 186.21 kg

Peso de cemento = 26.11 kg

Peso seco de la mezcla = 212.31 kg

63.1

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 124.16 kg

Agua a añadir = 70.36 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	7.76	%
SUELO =	55.34	%
AGUA =	36.9	%
	100.00	%

RELACION a/c = 4.76

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2.
ENSAYO # 2 SIMBOLO: 22

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	03-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		28.89	%
% DE AGUA A UTILIZAR		36.90	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	1190.21 kg/m^3	8	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.2264 m^3

Peso suelo = 269.463544 kg

42.5

% cemento = 15.77

Material a utilizar en las pruebas = 240.00 kg REVENIMIENTO: 6 1/2"

Peso suelo seco = 186.21 kg

Peso de cemento = 29.37 kg

Peso seco de la mezcla = 215.57 kg

63.1

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 126.06 kg

Agua a añadir = 72.27 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	8.60	%
SUELO =	54.50	%
AGUA =	36.9	%
	100.00	%

RELACION a/c = 4.29

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2.
ENSAYO # 3 SIMBOLO: 23

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	06-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		28.89	%
% DE AGUA A UTILIZAR		36.90	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	1190.21 kg/m^3	7	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento =	0.0283 m^3 =	42.5 kg
suelo =	0.1981 m^3	
Peso suelo =	235.780601 kg	
	42.5	
% cemento =	18.03	

Material a utilizar en las pruebas = 240.00 kg REVENIMIENTO : 4 3/4"

Peso suelo seco =	186.21 kg
Peso de cemento =	33.56 kg
Peso seco de la mezcla =	219.77 kg
	63.1

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua =	128.52 kg
Agua a añadir =	74.72 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	9.64	%
SUELO =	53.46	%
AGUA =	36.9	%
	100.00	%

RELACION a/c = 3.83

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2.
ENSAYO # 4 SIMBOLO: 24

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	07-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		28.89	%
% DE AGUA A UTILIZAR		36.90	%
% VOLUMETRICO		1 de cemento	
Peso de suelo seco suelto =	1190.21 kg/m^3	6 de suelo	

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.1698 m^3

Peso suelo = 202.097658 kg

42.5

% cemento = 21.03

Material a utilizar en las pruebas = 240.00 kg REVENIMIENTO: 5 1/2"

Peso suelo seco = 186.21 kg

Peso de cemento = 39.16 kg

Peso seco de la mezcla = 225.36 kg

63.1

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 131.79 kg

Agua a añadir = 77.99 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	10.96	%
SUELO =	52.14	%
AGUA =	36.9	%
	100.00	%

RELACION a/c = 3.37

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2.
ENSAYO # 5 SIMBOLO: 25

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	08-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		28.89	%
% DE AGUA A UTILIZAR		36.90	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	1190.21 kg/m^3	5	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.1415 m^3
Peso suelo = 168.414715 kg
42.5
% cemento = 25.24

Material a utilizar en las pruebas = 240.00 kg REVENIMIENTO : 4 3/4"

Peso suelo seco = 186.21 kg
Peso de cemento = 46.99 kg
Peso seco de la mezcla = 233.19 kg
63.1

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 136.37 kg
Agua a añadir = 82.57 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	12.71	%
SUELO =	50.39	%
AGUA =	36.9	%
	100.00	%

RELACION a/c = 2.90

RESUMEN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLA

BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE, SAN MIGUEL.

DISEÑO	SIMBOLO	% VOLUMETRICO	PESO SUELO HUMEDO (KG)	PESO SUELO SECO (KG)	PESO CEMENTO (KG)	PESO DE AGUA (KG)	AGUA TEORICA AÑADIDA (KG)	% DE MEZCLA EN PESO			RELACION A/C	REVENIMIENTO (PLG)
								CEMENTO	SUELO	AGUA		
1	31	1:7	230.00	169.29	36.34	198.67	137.97	8.99	41.87	49.14	5.47	3 1/2"
2	32	1:6	200.00	147.21	36.86	177.85	125.06	10.19	40.67	49.14	4.82	6 1/2"
3	33	1:4	195.00	143.53	53.91	190.76	139.29	13.89	36.97	49.14	3.54	4 3/4"
4	34	1:3	195.00	143.53	71.88	208.13	156.66	16.97	33.89	49.14	2.90	6"
5	35	1:2.5	195.00	143.53	86.26	222.02	170.55	19.09	31.77	49.14	2.57	5"

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: SAN MIGUEL, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE
ENSAYO # 1 SIMBOLO: 31

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	15-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		35.86	%
% DE AGUA A UTILIZAR		49.14	%
% VOLUMETRICO		1 de cemento	
Peso de suelo seco suelto =	999.56 kg/m^3	7 de suelo	

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.1981 m^3
Peso suelo = 198.012836 kg
42.5
% cemento = 21.46

Material a utilizar en las pruebas = 230.00 kg REVENIMIENTO = 3 1/2"

Peso suelo seco = 169.29 kg
Peso de cemento = 36.34 kg
Peso seco de la mezcla = 205.63 kg
50.86

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 198.67 kg
Agua a añadir = 137.97 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	8.99	%
SUELO =	41.87	%
AGUA =	49.14	%
	100.00	%

RELACION a/c = 5.47

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: SAN MIGUEL, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE
ENSAYO # 2 SIMBOLO: 32

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	16-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		35.86	%
% DE AGUA A UTILIZAR		49.14	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	999.56 kg/m^3	6	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.1698 m^3
Peso suelo = 169.725288 kg
42.5
% cemento = 25.04

Material a utilizar en las pruebas = 200.00 kg REVENIMIENTO: 6 1/2"

Peso suelo seco = 147.21 kg
Peso de cemento = 36.86 kg
Peso seco de la mezcla = 184.07 kg
50.86

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 177.85 kg
Agua a añadir = 125.06 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	10.19	%
SUELO =	40.67	%
AGUA =	49.14	%
	100.00	%

RELACION a/c = 4.82

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: SAN MIGUEL, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE
ENSAYO # 3 SIMBOLO: 33

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	17-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		35.86	%
% DE AGUA A UTILIZAR		49.14	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	999.56 kg/m^3	4	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.1132 m^3

Peso suelo = 113.150192 kg

42.5

% cemento = 37.56

Material a utilizar en las pruebas = 195.00 kg REVENIMIENTO : 4 3/4"

Peso suelo seco = 143.53 kg

Peso de cemento = 53.91 kg

Peso seco de la mezcla = 197.44 kg

50.86

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 190.76 kg

Agua a añadir = 139.29 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	13.89	%
SUELO =	36.97	%
AGUA =	49.14	%
	100.00	%

RELACION a/c = 3.54

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: SAN MIGUEL, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE
ENSAYO # 4 SIMBOLO: 34

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	20-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		35.86	%
% DE AGUA A UTILIZAR		49.14	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	999.56 kg/m^3	3	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.0849 m^3

Peso suelo = 84.862644 kg

42.5

% cemento = 50.08

Material a utilizar en las pruebas = 195.00 kg REVENIMIENTO: 6"

Peso suelo seco = 143.53 kg

Peso de cemento = 71.88 kg

Peso seco de la mezcla = 215.41 kg

50.86

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 208.13 kg

Agua a añadir = 156.66 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	16.97	%
SUELO =	33.89	%
AGUA =	49.14	%
	100.00	%

RELACION a/c = 2.90

DISEÑO DE MEZCLA PARA SUELO CEMENTO

BANCO DE MATERIALES: SAN MIGUEL, FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE
ENSAYO # 5 SIMBOLO: 35

DATOS GENERALES

fecha de ensayo:	21-Jul-98

HUMEDAD NATURAL DEL SUELO		35.86	%
% DE AGUA A UTILIZAR		49.14	%
% VOLUMETRICO		1	de cemento
Peso de suelo seco suelto =	999.56 kg/m^3	2.5	de suelo

CALCULO DEL % DE CEMENTO

1 bolsa de cemento = 0.0283 m^3 = 42.5 kg

suelo = 0.07075 m^3
Peso suelo = 70.71887 kg
42.5
% cemento = 60.10

Material a utilizar en las pruebas = 195.00 kg REVENIMIENTO : 5"

Peso suelo seco = 143.53 kg
Peso de cemento = 86.26 kg
Peso seco de la mezcla = 229.79 kg
50.86

Calculo del agua a utilizar

Peso de agua = 222.02 kg
Agua a añadir = 170.55 kg

PORCENTAJES DE MEZCLA EN PESO

CEMENTO =	19.09	%
SUELO =	31.77	%
AGUA =	49.14	%
	100.00	%

RELACION a/c = 2.57

3.5 ELABORACIÓN DE MEZCLA.

Los especímenes se elaboración según Norma ASTM C–192 "Norma Practica para la fabricación y curado en el laboratorio de especímenes de pruebas de concreto".

3.5.1 MATERIAL Y EQUIPO.

- Moldes cilíndricos 6"x12" sus respectivas bases.
- Moldes de acero de 6"x6"x24" para colado de vigas.
- Wippe
- Vibrador eléctrico.
- Varilla compactadora punta de bala de 5/8"
- Cucharón
- Cuchara de albañil
- Martillos de hule
- Palas
- Carretillas
- Azadón
- Mezcla de Suelo–cemento en estado fresco
- Guantes de hule.

3.5.2 PROCEDIMIENTO

- Se engrasaron los moldes y se verificó que estuvieran bien armados y ajustados. Para engrasar los moldes se utilizó aceite de motor y wippe.

- Se colocaron los moldes en una superficie plana y firme, preferiblemente en el lugar donde se realizó el colado. (ver fig. N°20)

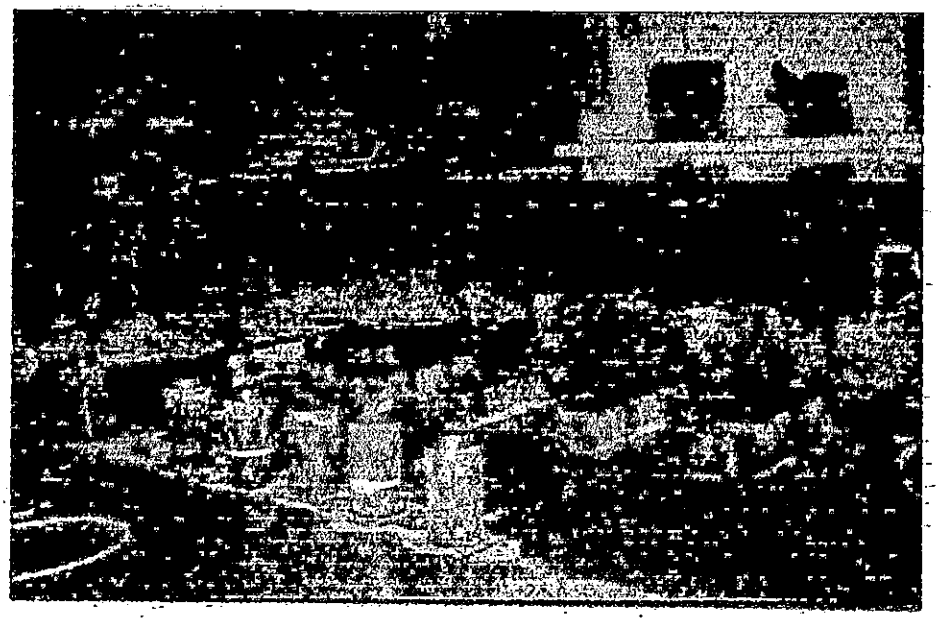


FIG. 20. COLOCACIÓN DE MOLDES

- La mezcla se elaboró mezclando primero el suelo y el cemento para garantizar su homogeneidad. Luego se añadió el agua previamente pesada; la revoltura se realizó de forma manual con un proceso similar a la hechura del ladrillo de obra

es decir, pateando la mezcla hasta que esta posea el grado de trabajabilidad necesario. (ver fig. N°21, N°22, N°23)

FIG. 21. MEZCLADO DE MATERIALES SECOS (SUELO Y CEMENTO)

FIGURA 22. ADICIÓN DE AGUA A LA MEZCLA DE SUELO Y CEMENTO.

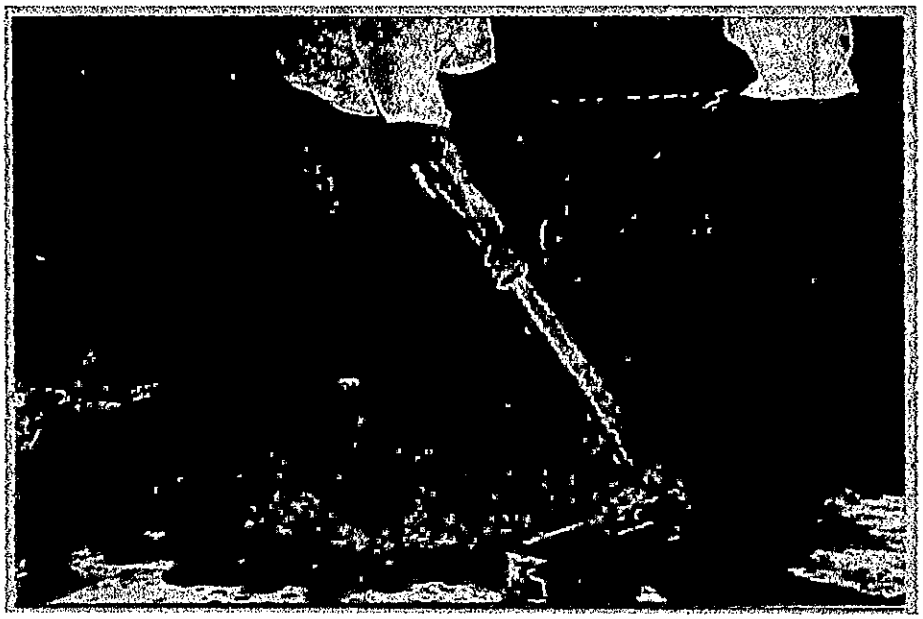


FIGURA 23. PROCESO DE MEZCLADO(ARTESANAL).

- Durante el proceso de mezclado se realizaron pruebas de revenimiento para medir la trabajabilidad, consistencia y plasticidad de la mezcla y definir la forma mas adecuada para las condiciones de trabajo.

- Se llenaron los cilindros en 3 capas con un volumen igual de suelo–cemento y el colado de las viguetas en una sola capa. Después de cada capa se procedió a compactar el suelo–cemento usando un vibrador eléctrico, introduciéndolo de 4 a 5 veces con una duración de inmersión de 3 a 4 segundos en cada etapa. (ver fig.N°24)

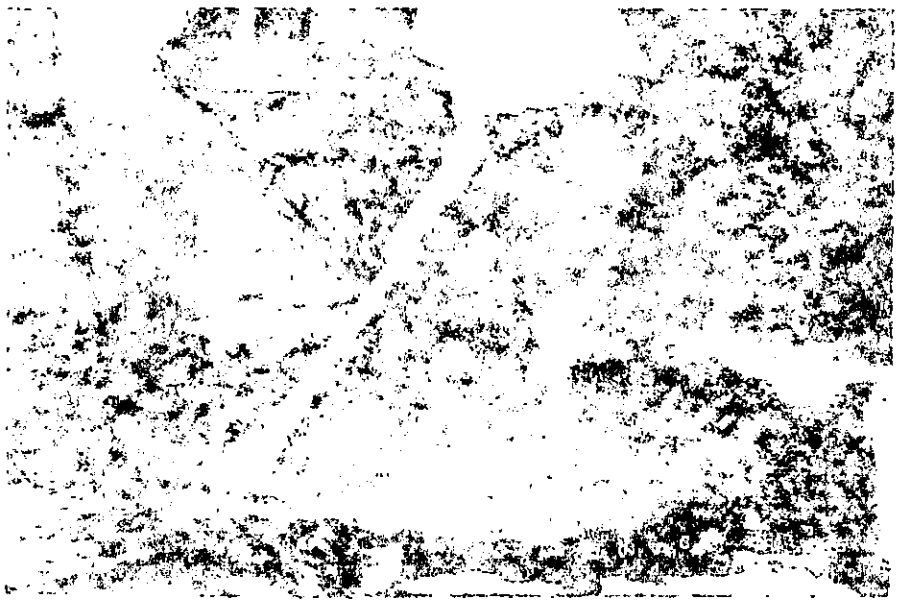
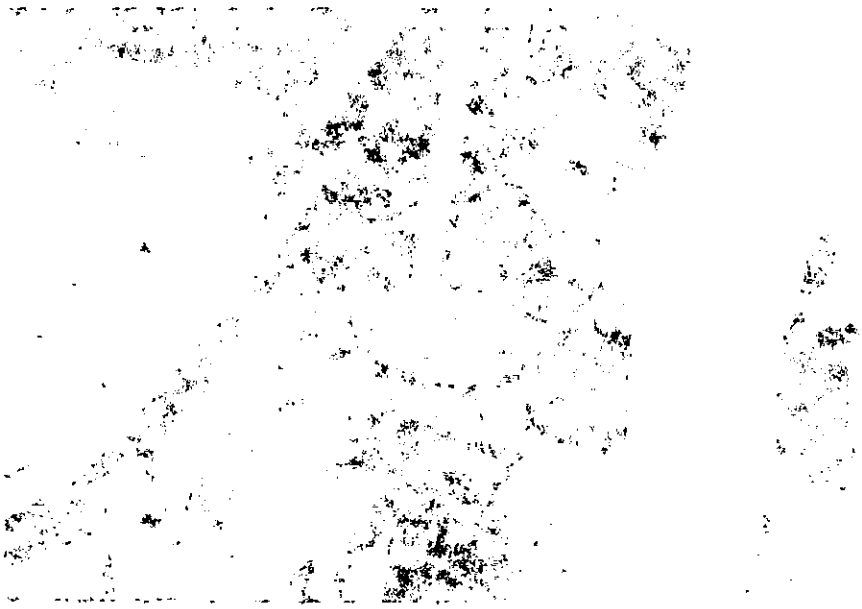
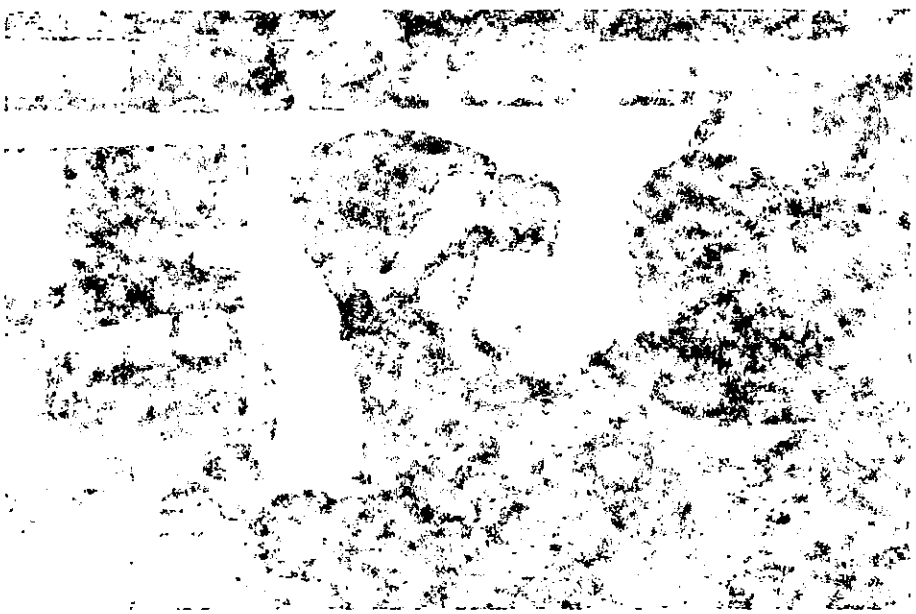


FIGURA 24 COLADO Y VIBRADO DE CILINDROS

- Para la ultima capa, se lleno con mezcla en exceso, luego se procedió a vibrar y golpear el molde con el martillo de hule para evitar que quede aire atrapado en la mezcla. (ver fig. N°25)

FIGURA 25. GOLPEADO DE MOLDE PARA EXTRAER EL AIRE ATRAPADO.





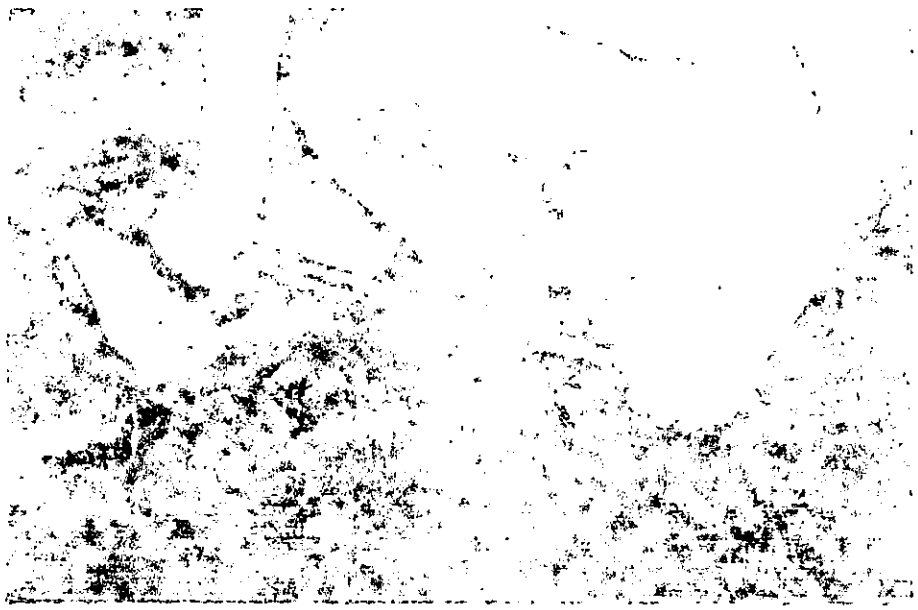
- Se enrraso la parte superior del molde con la varilla enrrasadora y se aliso la superficie con la cuchara de albañil. (ver fig. N°26)

FIGURA 26. PROCESO DE ENRASADO.

- Se procedió a identificar cada cilindro y vigueta.

- Se protegió la superficie de los moldes con cubiertas húmedas para evitar la pérdida temprana de humedad. Y se dejo en el molde por 48 horas, para luego ser desmoldado y colocado en el sitio asignado para dar el proceso de Curado.

- El proceso de curado consistió en colocar cubiertas húmedas y sobre estas se colocaron cubiertas plásticas para evitar la perdida de humedad. (ver fig. N°27)



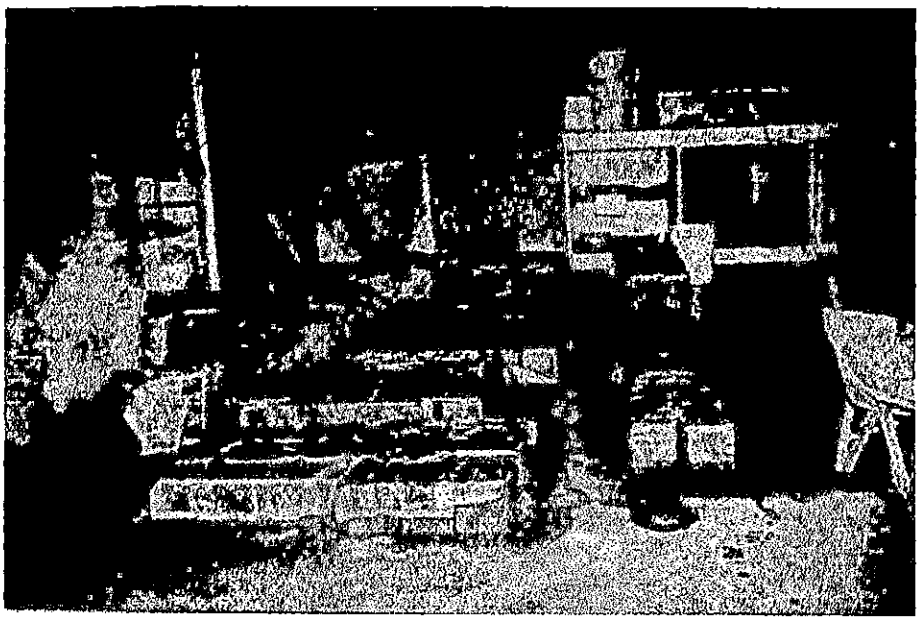
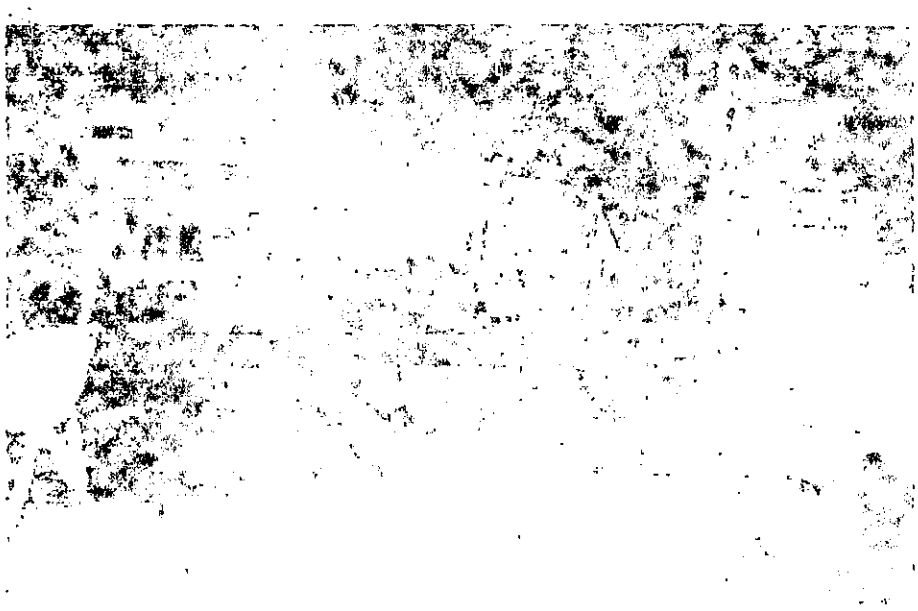


FIGURA 27. PROCESO DE CURADO

El procedimiento anteriormente descrito varia únicamente para el suelo de la Facultad Multidisciplinaria de Oriente, San Miguel, al elaborar la mezcla ya que este suelo se tuvo que saturar durante 24 horas antes de adicionar el cemento. Luego el procedimiento se realizo de la misma forma antes mencionada.



3.6 PRUEBAS DE LABORATORIO.

3.6.1 ELEMENTOS DE PRUEBAS.

En esta serie de pruebas se elaboraron , 14 cilindros y 6 viguetas de cada mezcla, para disponer de 10 unidades para ser ensayadas a compresión por parejas a las edades de 7, 14, 28, 60 y 90 días y los 4 restantes ensayarlos a tensión mediante la prueba Brasileña, a la edad de 28 y 90 días; las 6 viguetas serán ensayados a flexión por parejas a los 28, 60 y 90 días.

3.6.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

El ensayo de resistencia a la compresión del suelo cemento semifluido endurecido, se realizó en base a las Norma ASTM C-39-86, para cilindros de muestra, a los 7, 14,28, 60 y 90 días, con el fin de obtener parámetros de las resistencias del suelo cemento semifluido a diferentes edades, y así poder elaborar curvas de resistencia–edad, Resistencia–Dosificación, Resistencia–Costo, para cada uno de los tipos de suelo y para cada dosificación. Los especímenes fueron ensayados en la máquina universal Tinius Olsen. (ver fig. N°28)

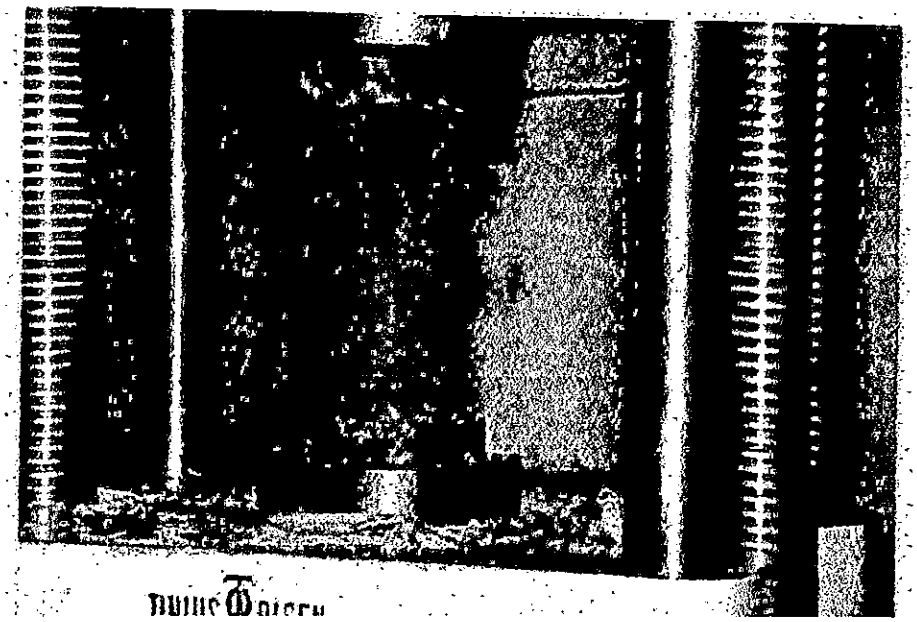


FIGURA 28. PRUEBA DE COMPRESION

3.6.3 RESISTENCIA A L A FLEXIÓN.

La resistencia a la flexión puede determinarse utilizando vigas simplemente apoyadas con cargas al centro del claro (ASTM C-293) o con cargas al tercio medio del claro (ASTM C-78)

Para nuestra investigación se realizará al tercio medio del claro de la viga especificado por las normas ASTM C-78, a las edades 28, 60 y 90 días. (ver fig. N°29 y N°30)

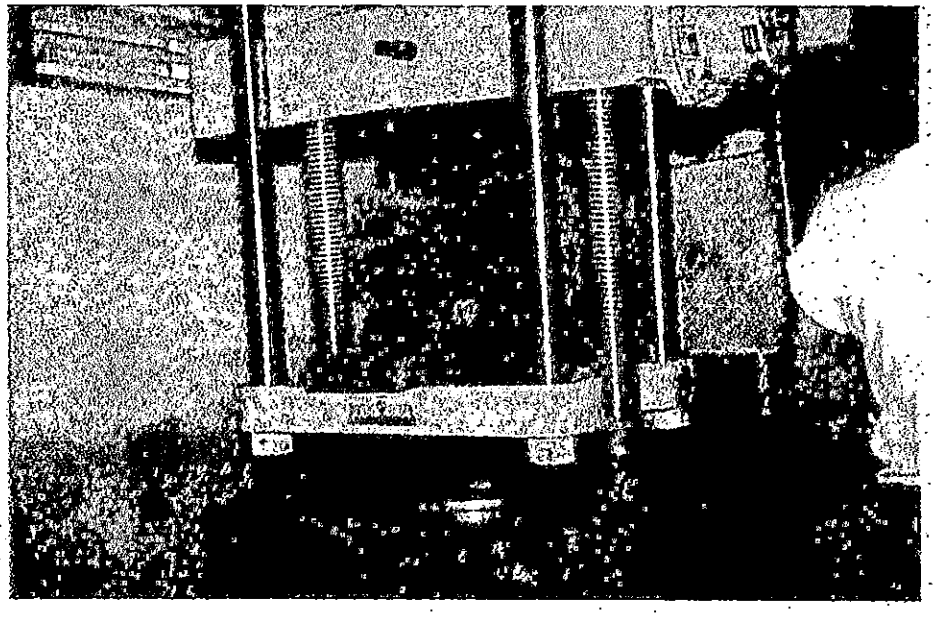


FIGURA 29.COLOCACIÓN DE ESPECÍMENES EN LA PRUEBA DE FLEXIÓN.

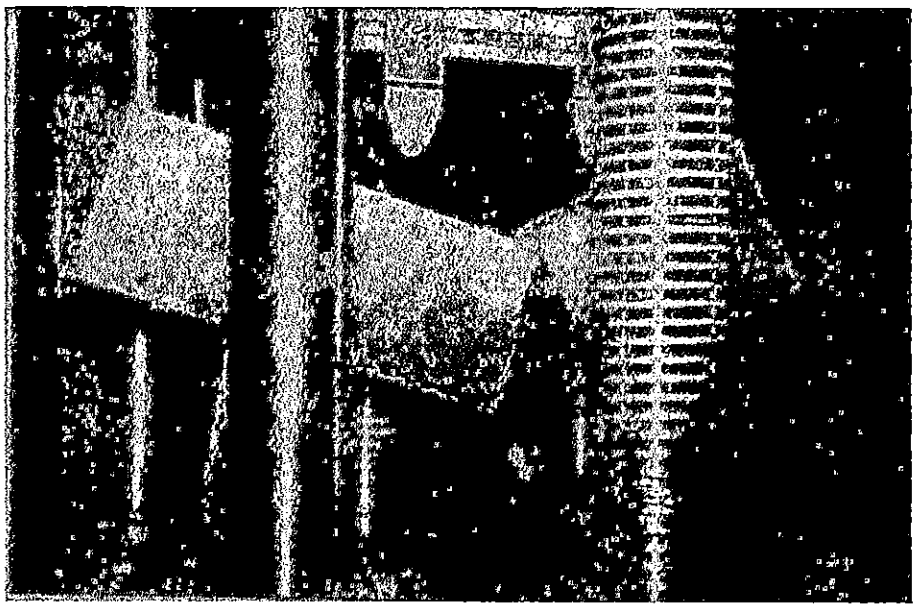


FIGURA 30. FALLA DE VIGUETA EN LA PRUEBA DE FLEXIÓN.

3.6.4 RESISTENCIA A LA TENSIÓN.

Una prueba de resistencia indirecta a la tensión es conocida como Prueba Brasileña. En esta prueba un cilindro estándar de suelo cemento se coloca con su eje en posición horizontal entre las placas de la máquina de ensayo y se aumenta la carga hasta observar una falla de separación por compresión a lo largo del diámetro vertical. (ver fig. N°31)

Este procedimiento esta especificado por las normas ASTM C-496.

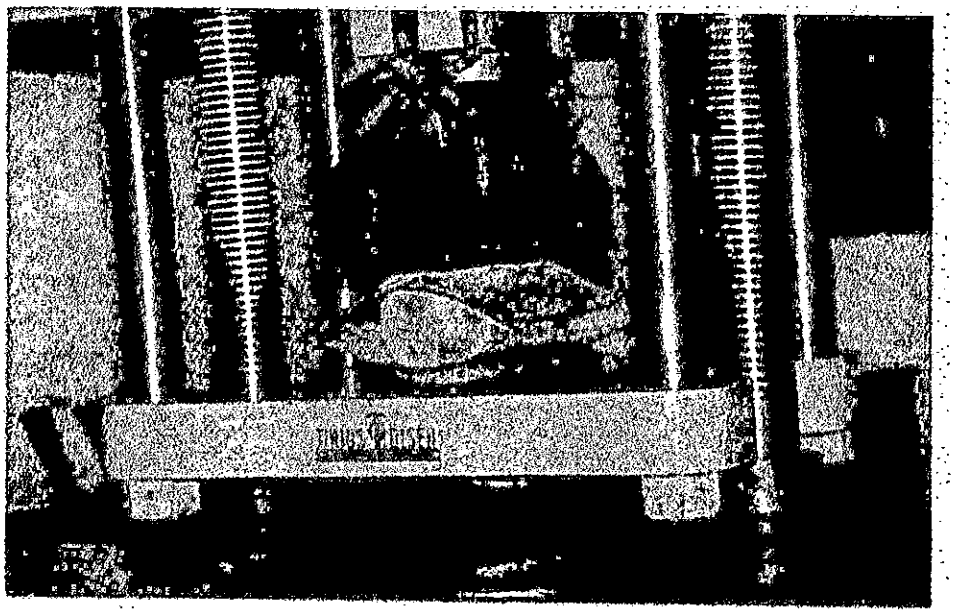


FIGURA 31. PRUEBA DE TENSIÓN.

3.6.5 ABSORCION

Para la realización de la prueba de Absorción se utilizó la Norma ASTM C-90 , que es una prueba para Bloques de concreto, para lo cual se sacaron resultados de muestra a los 14 y 28 días. Con el fin de verificar la variación de la absorción con respecto al tiempo de curado y confirmar que al aumentar el porcentaje de cemento debe de disminuir la absorción.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

INTRODUCCION

Este capitulo detalla el análisis de resultados de todas las pruebas realizadas en el laboratorio, tales como: Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Tensión, Resistencia a la Flexión y Absorción. Lo anterior se detalla presentando gráficos que contienen familias de curvas derivadas de los diferentes Diseños de Mezcla de los tres bancos de préstamo, agregando además el análisis de cada uno de los gráficos.

También se calculan costos unitarios de los diferentes Diseños de mezcla para cada uno de los bancos de préstamo, así se pueden establecer un Diseño de Mezcla óptimo que cumpla con las expectativas de nuestra investigación de ser Resistente y de bajo costo.

4.0 ANALISIS DE RESULTADOS

Realizadas las pruebas de acuerdo a las Normas ASTM y cumplidos los tiempos de ruptura previstos, se obtuvieron los resultados de cada banco investigado y estos son los siguientes:

4.1- BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN Km. 76 ½.

4.1.1- Prueba de Compresión.

DISEÑO 1:8.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	6150	181.46	7	33.89	33.34
2	5950	181.46		32.79	
3	8050	186.27	14	43.22	44.83
4	8650	186.27		46.44	
5	9400	186.27	28	50.47	52.89
6	10300	186.27		55.30	
7	11250	188.69	60	59.62	58.74
8	10500	181.34		57.86	
9	11150	183.85	90	60.65	63.61
10	12400	186.27		66.57	

DISEÑO 1:9.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	5600	176..714	7	31.69	32.10
2	5900	181.458		32.51	
3	7300	181.46	14	40.23	39.56
4	7150	183.85		38.89	
5	8400	188.69	28	44.52	46.64
6	9200	188.69		48.76	
7	9500	183.85	60	51.67	53.30
8	10100	183.85		54.93	
9	10150	183.85	90	55.21	58.07
10	11350	186.27		60.93	

DISEÑO 1:10.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	4850	181.46	7	26.73	26.18
2	4650	181.46		25.63	
3	5600	181.46	14	30.86	30.93
4	5550	179.08		30.99	
5	7300	183.85	28	39.70	39.18
6	7200	186.27		38.65	
7	8600	186.27	60	46.17	45.17
8	8350	186.69		44.17	
9	8800	186.27	90	47.24	45.23
10	8050	186.27		43.21	

DISEÑO 1:11.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	4800	176.71	7	27.16	25.16
2	4200	181.46		23.15	
3	4800	176.71	14	27.16	27.91
4	5200	181.46		28.66	
5	6400	183.85	28	34.81	33.04
6	5900	188.69		31.27	
7	6600	183.85	60	35.90	37.67
8	7250	183.85		39.43	
9	7300	186.27	90	39.19	41.61
10	8200	186.27		44.04	

DISEÑO 1:13.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2500	181.46	7	13.78	15.99
2	3300	181.46		18.69	
3	3600	176.71	14	20.37	22.35
4	4300	176.71		24.33	
5	4000	186.27	28	21.47	24.29
6	5050	186.27		27.11	
7	4550	186.27	60	24.43	25.00
8	4700	183.85		25.50	
9	5200	186.27	90	27.92	27.92
10	5200	186.27		27.92	

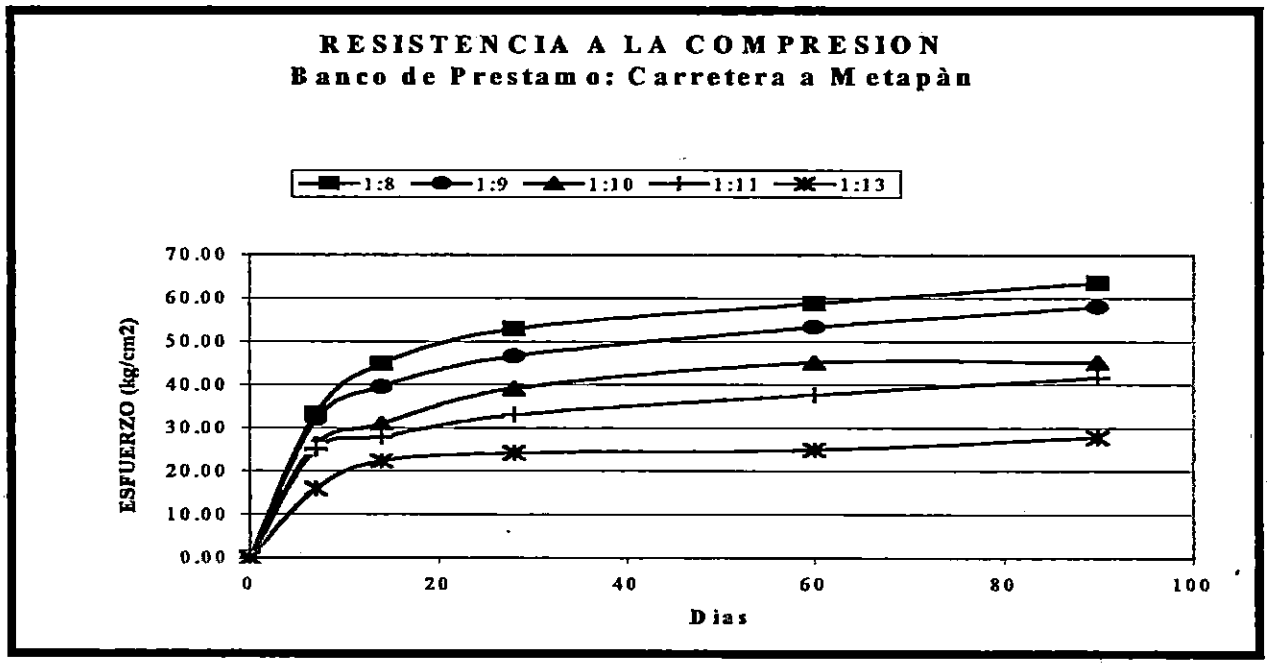


Gráfico #1

En la gráfica # 1 se demuestra, por las tendencias de las curvas que el esfuerzo de compresión presenta una relación proporcional al aumento del porcentaje de cemento en peso presente en la mezcla, por lo que se puede afirmar claramente que a más cantidad de cemento, mayor será la resistencia esperada y viceversa. Esto se demuestra en la tabla N°6.

TABLA 6. Porcentaje de aumento de la Resistencia, Respecto al Porcentaje de cemento.

Relación de diseños.		
Diseños	Resistencia a Compresión Aumento en %	Cemento en Peso aumento en %
1:13 ↓ 1:11	36.02%	1.08%
1:11 ↓ 1:10	18.58%	0.68%
1:10 ↓ 1:9	19.04%	0.81%
1:9 ↓ 1:8	13.40%	0.99%
Promedio	21.76%	0.89%

De esta manera se puede afirmar en cuanto a Resistencia a Compresión que este Tipo de suelo clasificado como un Limo Inorgánico (ML) aumenta su resistencia un 21.76% al aumentar el porcentaje de cemento en peso un 0.89% en el rango de prueba. En el rango de proporcionamiento de 1:8 a 1:13

4.1.2 Prueba de Tensión:

DISEÑO 1:8.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	4100	188.69	28	5.50	5.31
2	3800	188.69		5.12	
3	5200	183.85	90	7.07	7.39
4	5700	186.27		7.70	

DISEÑO 1:9.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2900	176.71	28	4.04	4.51
2	3700	188.69		4.98	
3	3775	183.85	90	5.15	5.14
4	3798	186.27		5.13	

DISEÑO 1:10.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	3350	183.85	28	4.54	4.37
2	3100	183.85		4.20	
3	3775	186.27	90	5.08	4.92
4	3500	183.86		4.76	

DISEÑO 1:11.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2655	186.27	28	3.58	3.23
2	2150	188.69		2.87	
3	2700	181.46	90	3.70	3.89
4	3000	183.85		4.08	

DISEÑO 1:13.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	1700	186.27	28	2.30	2.51
2	2050	190.07		2.71	
3	2200	186.27	90	2.97	2.84
4	2000	186.27		2.70	

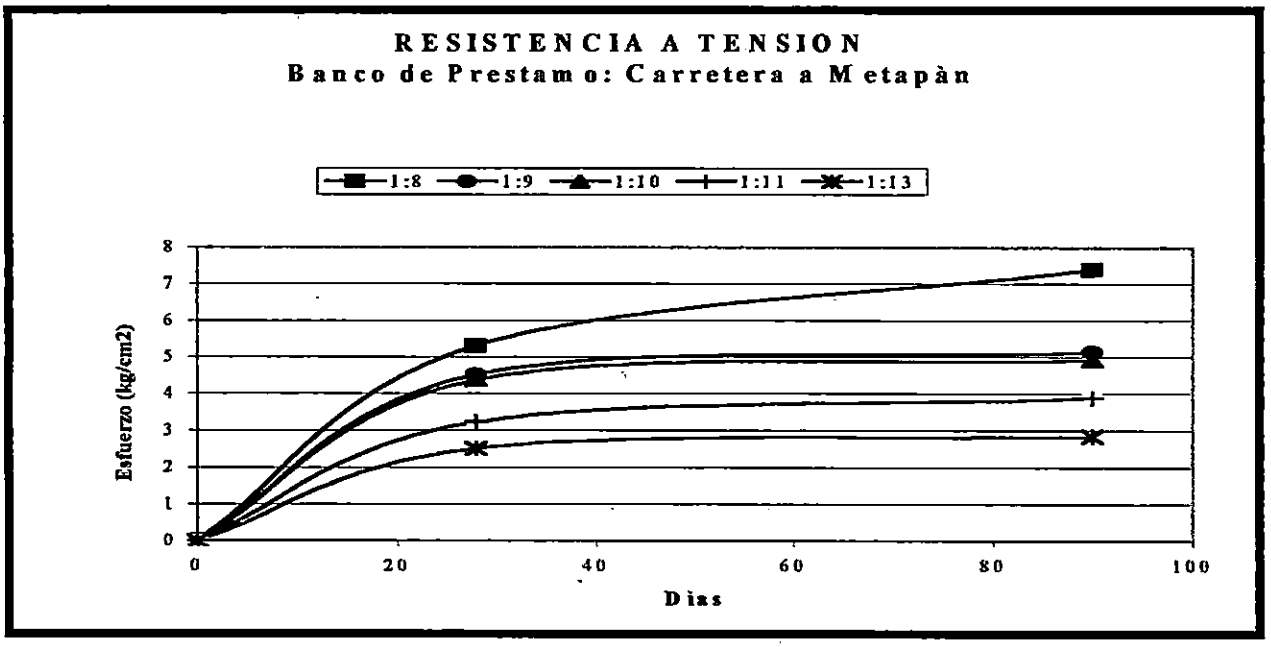


Gráfico #2

Al observar el gráfico # 2 se puede decir que las curvas de los diseños 1:13, 1:11, 1:10, 1:9 y 1:8 poseen una misma tendencia a las diferentes edades ensayadas evidenciando el aumento de resistencia respecto al aumento del porcentaje de cemento.

4.1.3 Prueba de Flexión.

DISEÑO 1:8.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al tercio ½	405	28	5.19	6.80
2	Al tercio ½	630		8.40	
3	Al tercio ½	835	60	10.99	10.83
4	Al tercio ½	800		10.67	
5	Al tercio ½	700	90	8.80	9.66
6	Al tercio ½	820		10.51	

DISEÑO 1:9.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al tercio ½	480	28	6.40	6.71
2	Al tercio ½	520		7.03	
3	Al centro	670	60	8.70	8.17
4	Al centro	580		7.63	
5	Al tercio ½	570	90	7.35	8.93
6	Al tercio ½	820		10.51	

DISEÑO 1:10.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al centro	520	28	6.62	6.17
2	Al centro	450		5.73	
3	Al centro	530	60	6.79	7.08
4	Al tercio ½	575		7.37	
5	Al centro	670	90	8.47	7.27
6	Al tercio ½	480		6.07	

DISEÑO 1:11.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al tercio ½	375	28	5.00	6.03
2	Al tercio ½	530		7.07	
3	Al tercio ½	485	60	6.42	6.48
4	Al tercio ½	490		6.53	
5	Al tercio ½	490	90	6.44	6.76
6	Al tercio ½	530		7.07	

DISEÑO 1:13.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al tercio ½	290	28	3.84	4.41
2	Al centro	370		4.93	
3	Al centro	340	60	4.41	4.51
4	Al tercio ½	370		4.61	
5	Al tercio ½	405	90	5.40	5.50
6	Al tercio ½	430		5.58	

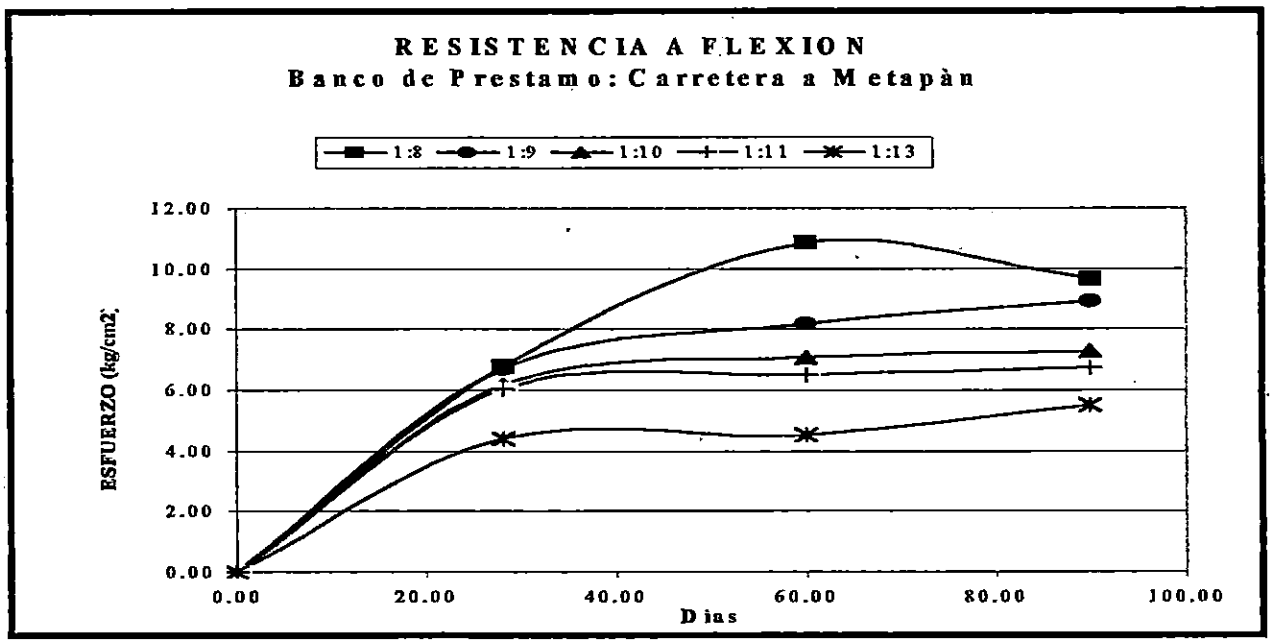


Gráfico #3

Del gráfico # 3 se puede observar que todas las curvas de los diseños presentan la misma tendencia hasta los 28 días, a los 60 días sufren un reacomodo en la ganancia de resistencia, con excepción del diseño 1:8, esto se puede describir de la siguiente manera:

- Entre las edades de 28 días hasta aproximadamente los 48 días los diseños 1:13, 1:11 y 1:10 disminuyen su resistencia, en tanto el diseño 1:9 sigue aumentando hasta un punto en donde el incremento de resistencia es pequeño la pendiente de la curva, siempre cambia manteniéndose en aumento hasta los 90 días.

- Entre las edades de 48 días aproximadamente hasta los 60 días en los diseños 1:13, 1:11 y 1:10 empieza a aumentar la resistencia la cual se mantiene con la misma pendiente hasta los 90 días.

4.1.4 Absorción.

DISEÑO 1:8.

N° ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	25.09	23.72
2		22.35	
3	28	18.75	16.90
4		15.05	

DISEÑO 1:9.

N° ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	24.32	25.23
2		26.27	
3	28	19.55	19.86
4		20.17	

DISEÑO 1:10.

N° ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	26.05	27.22
2		28.38	
3	28	19.71	17.53
4		15.35	

DISEÑO 1:11.

N° ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	21.49	21.49
2		21.49	
3	28	18.54	18.06
4		17.58	

DISEÑO 1:13.

Nº ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	22.97	24.19
2		25.41	
3	28	18.50	19.71
4		20.92	

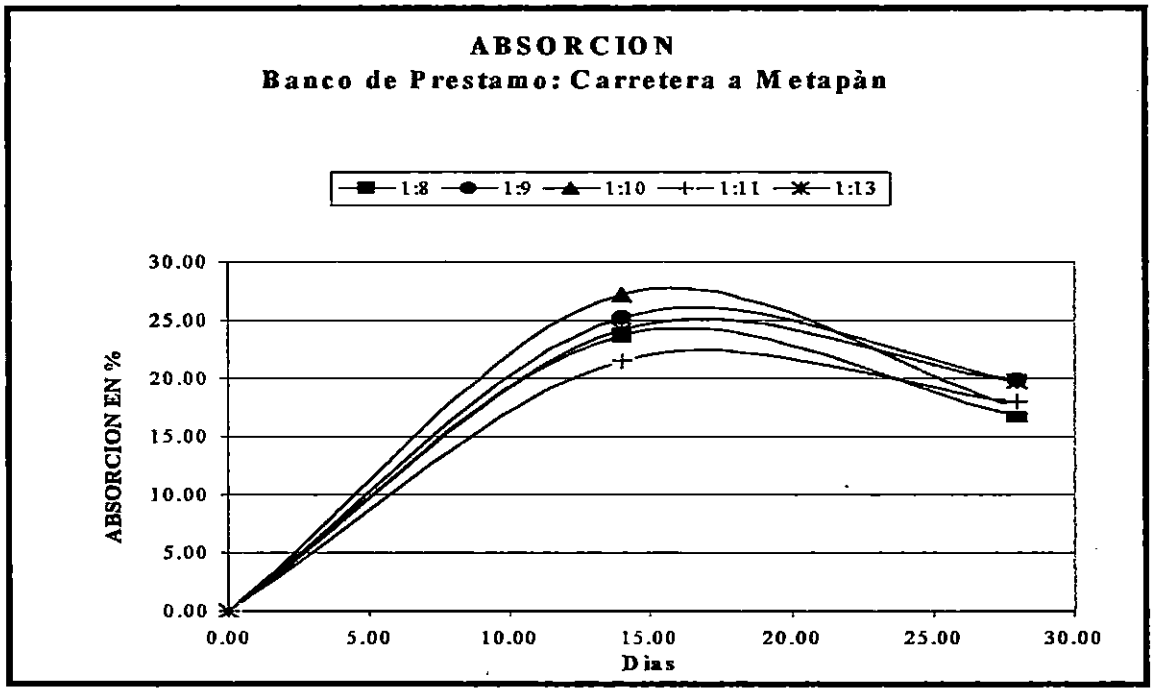


Gráfico #4

De la familia de curvas presentadas en el gráfico # 4 podemos decir que todas las curvas disminuye su absorción a los 28 días, cumpliendo con lo planteado de que al adicionar cemento a una mezcla, se tiende a bajar el porcentaje de absorción de la misma. También cumple con que a mayor porcentaje de cemento menor porcentaje de absorción, exceptuando el diseño 1:9.

4.1.5 Peso Volumétrico Húmedo (humedad de falla).

Los valores de Peso Volumétrico para los diferentes especímenes de este suelo se presentan a continuación:

TABLA 7. PESO VOLUMETRICO

BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN KM-76 ½.

ESPECIMEN	DISEÑO 1:8*	DISEÑO 1:9*	DISEÑO 1:10*	DISEÑO 1:11*	DISEÑO 1:13*
1	1927.01	1895.80	1867.38	1925.86	1841.37
2	1904.42	1860.34	1859.98	1867.38	1851.30
3	1842.96	1896.11	1858.35	1921.22	1912.87
4	1857.92	1847.51	1898.61	1896.84	1895.53
5	1795.96	1788.67	1813.86	1816.87	1789.98
6	1832.22	1788.67	1792.24	1766.55	1777.28
7	1803.09	1930.13	1819.88	1787.76	1769.91
8	1807.79	1804.49	1791.71	1765.40	1690.62
9	1831.07	1836.85	1782.16	1828.74	1784.61
10	1853.04	1808.90	1731.31	1861.17	1826.01
11	1908.31	1818.98	1782.72	1792.54	1805.99
12	1883.78	1780.94	1767.47	1831.13	1777.99
13	1875.25	1802.93	1762.75	1842.73	1800.44
14	1890.10	1805.18	1807.35	1813.75	1814.65
PROMEDIO	**1858.07**	**1833.25**	**1809.70**	**1837.00**	**1809.90**

* Unidades en kg/m^3.

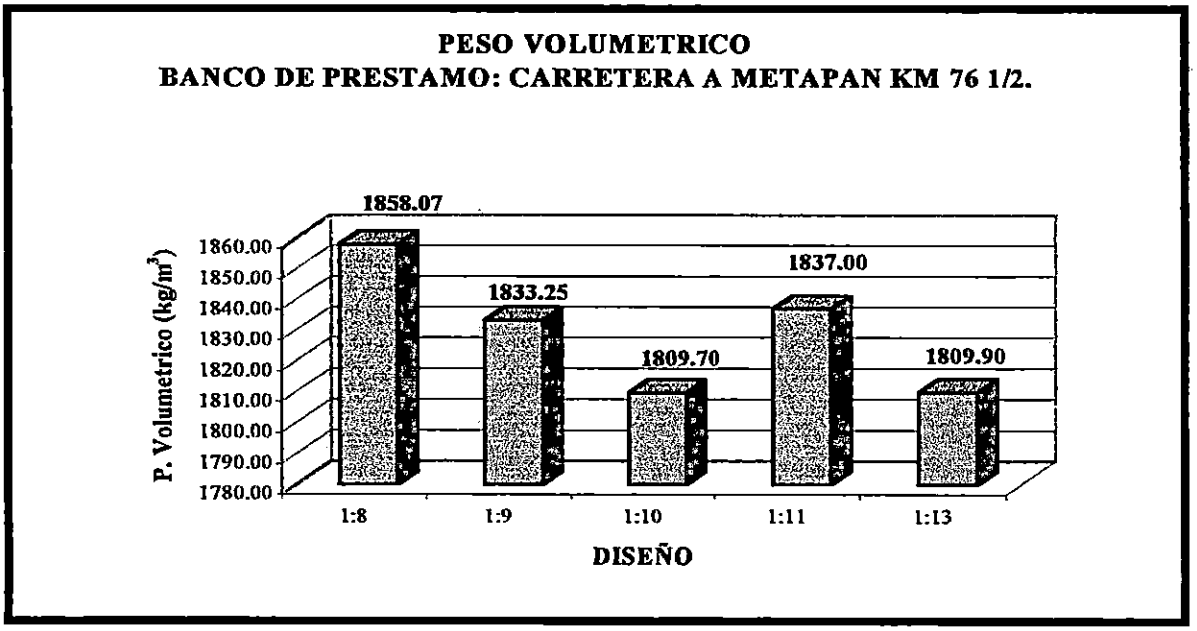


Gráfico #5

Del gráfico podemos decir que el Peso Volumétrico para este banco de préstamo tiende aumentar conforme al aumento del porcentaje de cemento con excepción de los diseños más pobres (1:11 y 1:13).

4.1.6 Comparación del Esfuerzo de Compresión con El Esfuerzo de Tensión.

Para verificar si el Esfuerzo de Tensión cumple con el porcentaje del esfuerzo de compresión a la edad de 28 días, se presentan la siguiente tabla:

TABLA 8.Comparación del Esfuerzo de Compresión con el Esfuerzo de Tensión.

DISEÑO	EDAD	ESFUERZO DE COMPRESION	ESFUERZO DE TENSION	% DE COMPRESIÓN
1:8	28	52.89	5.31	10.04
1:9	28	46.64	4.51	9.67
1:10	28	39.18	4.37	11.15
1:11	28	33.04	3.23	9.78
1:13	28	24.29	2.51	10.33
PROMEDIO DEL PORCENTAJE				10.19

De la tabla se puede afirmar que para este Banco de préstamo el Esfuerzo de Tensión es 10.19% del Esfuerzo de Compresión.

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

DISEÑO	EDAD (dias)	BANCO: CARRETERA A METAPAN KM-76 ½			
		COMPRESION (kg/cm^2)	TENSION (kg/cm^2)	FLEXION (kg/cm^2)	ABSORCION (%)
SIMBOLO 11 1:8	7	33.34			
	14	44.83			23.72
	28	52.89	5.31	6.80	16.90
	60	58.74		10.83	
	90	63.61	7.39	9.66	
SIMBOLO 12 1:9	7	32.10			
	14	39.56			25.23
	28	46.64	4.51	6.71	19.86
	60	53.30		8.17	
	90	58.07	5.14	8.93	
SIMBOLO 13 1:10	7	26.18			
	14	30.93			27.22
	28	39.18	4.37	6.17	17.53
	60	45.17		7.08	
	90	45.23	4.92	7.27	
SIMBOLO 14 1:11	7	25.16			
	14	27.91			21.49
	28	33.04	3.23	6.03	18.06
	60	37.67		6.48	
	90	41.61	3.89	6.76	
SIMBOLO 15 1:13	7	15.99			
	14	22.35			24.19
	28	24.29	2.51	4.41	19.71
	60	25.00		4.51	
	90	27.92	2.84	5.50	

4.2 BANCO DE PRESTAMO CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 ½.

4.2.1 Prueba de Compresión.

DISEÑO 1:5.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	5200	186.27	7	27.92	28.27
2	5400	188.69		28.62	
3	5550	183.85	14	30.19	29.78
4	5400	183.85		29.37	
5	7050	186.27	28	37.85	37.45
6	6900	186.27		37.04	
7	7500	183.85	60	40.79	38.95
8	7000	188.69		37.09	
9	7350	181.46	90	40.50	41.87
10	7950	183.85		43.24	

DISEÑO 1:6.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	3700	188.69	7	19.61	20.68
2	4050	186.27		21.74	
3	5000	186.27	14	26.84	26.75
4	4900	183.85		26.65	
5	6400	186.27	28	34.36	34.90
6	6600	186.27		35.40	
7	6350	181.96	60	34.99	35.47
8	6800	188.69		36.04	
9	7100	186.27	90	38.61	38.35
10	7000	186.27		38.07	

DISEÑO 1:7.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	4550	186.27	7	24.43	24.73
2	4600	183.85		25.02	
3	5150	186.27	14	27.65	27.97
4	5000	176.71		28.29	
5	5650	186.27	28	30.33	29.13
6	5200	186.27		27.92	
7	6078	186.27	60	32.63	33.18
8	6200	183.85		33.72	
9	6500	183.85	90	32.48	33.15
10	6300	183.85		33.82	

DISEÑO 1:8.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2800	188.69	7	14.84	14.84
2	2800	188.69		14.84	
3	3150	183.85	14	17.13	18.22
4	3550	183.85		19.31	
5	4000	186.27	28	21.47	22.66
6	4500	188.69		23.84	
7	4000	188.69	60	21.20	20.53
8	3700	186.27		19.86	
9	4275	183.85	90	23.25	23.93
10	4525	183.85		24.61	

DISEÑO 1:9.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	3175	181.46	7	17.50	17.63
2	3225	181.46		17.77	
3	3618	183.85	14	19.68	19.84
4	3630	181.46		20.0	
5	4100	186.27	28	22.01	21.88
6	4050	186.27		21.74	
7	3050	183.85	60	16.59	18.36
8	3700	183.85		20.13	
9	4090	183.85	90	22.25	23.40
10	4455	181.46		24.55	

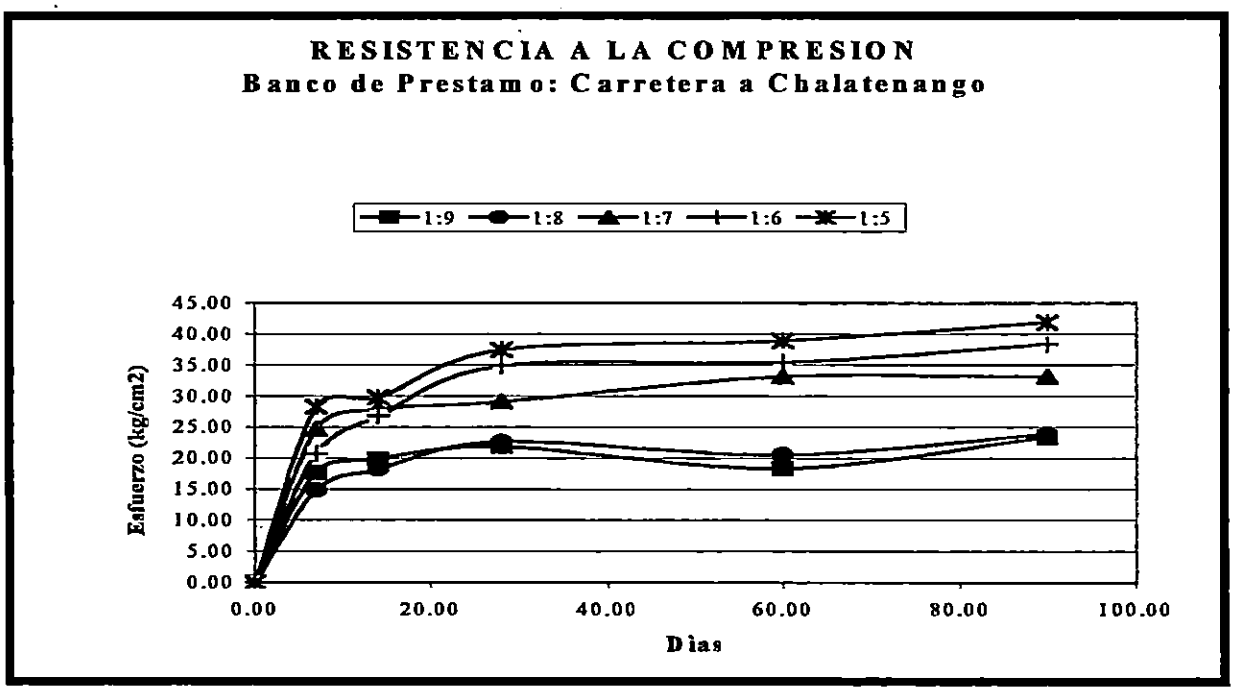


Gráfico #6

La gráfica # 6 presenta un aumento proporcional de la Resistencia a Compresión con respecto al cemento a la edad de los 7 y a 28 días, en cambio a los 14, 60 y 90 días las gráficas se interceptan unas con otras. Además se observa un reacomodo en la Resistencia a edades tempranas.

Los diseños 1:9, 1:8 y 1:6 presentan una disminución en la resistencia a los 60 días. También se observa que la resistencia a los 90 días presenta un decremento en los diseños 1:5 y 1:6.

A continuación se presentan el aumento de resistencia respecto al aumento del porcentaje de cemento en peso para cada diseño a la edad de 28 días.

TABLA 9. Porcentaje de aumento de la Resistencia, Respecto al porcentaje de cemento.

Relación de diseños.		
Diseños	Resistencia a Compresión	Cemento en peso
	Aumento en %	aumento en %
1:9 ↓ 1:8	3.56 %	0.84 %
1:8 ↓ 1:7	28.55 %	1.04 %
1:7 ↓ 1:6	19.81 %	1.32 %
1:6 ↓ 1:5	7.31 %	1.75 %
Promedio	14.81 %	1.24 %

De esta manera se puede afirmar en cuanto a Resistencia a Compresión que este Tipo de suelo clasificado como una Arcilla Inorgánica de Baja a Media Plasticidad (CL) aumenta su resistencia un 14.81 % al aumentar el porcentaje de cemento en peso un 1.24%. En el rango de proporcionamiento de 1:5 a 1:9

4.2.2 Prueba de Tensión.

DISEÑO 1:5

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2400	186.27	28	3.25	3.42
2	2650	186.27		3.59	
3	4100	186.27	90	5.54	4.51
4	2550	183.85		3.48	

DISEÑO 1:6

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	1950	186.27	28	2.63	2.63
2	1950	188.69		2.63	
3	3100	186.27	90	4.19	4.06
4	2900	186.27		3.93	

DISEÑO 1:7.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	1850	186.27	28	2.50	2.37
2	1650	186.27		2.23	
3	2350	181.46	90	3.22	3.06
4	2150	186.27		2.90	

DISEÑO 1:8

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	1400	186.27	28	1.90	2.07
2	1650	183.85		2.23	
3	2045	181.46	90	2.80	2.74
4	1955	183.85		2.68	

DISEÑO 1:9

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	1500	186.27	28	2.03	1.84
2	1200	183.85		1.64	
3	1925	191.14	90	2.58	2.51
4	1800	183.85		2.45	

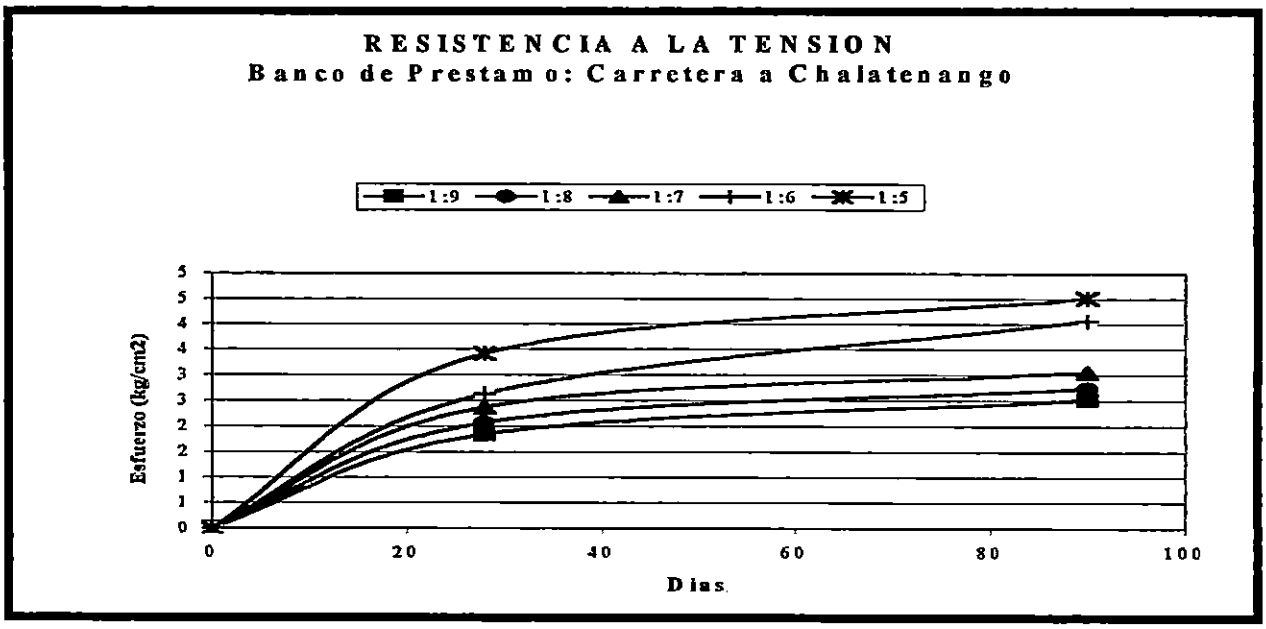


Gráfico #7

Del gráfico # 7 podemos decir que las curvas de los diseños 1:9, 1:8, 1:7, 1:6 y 1:5 poseen similar tendencia a las diferentes edades ensayadas, cumpliendo la relación que a más cemento mayor resistencia a la tensión.

4.2.3 Prueba de Flexión.

DISEÑO 1:5.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al tercio ½	290	28	3.77	3.33
2	Al tercio ½	235		2.90	
3	Al centro	291	60	3.81	3.61
4	Al tercio ½	260		3.42	
5	Al tercio ½	230	90	3.07	3.16
6	Al tercio ½	250		3.25	

DISEÑO 1:6.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al centro	250	28	3.10	4.20
2	Al tercio ½	405		5.29	
3	Al tercio ½	220	60	2.89	5.44
4	Al tercio ½	595		7.99	
5	Al tercio ½	280	90	3.64	3.63
6	Al tercio ½	270		3.62	

DISEÑO 1:7.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al centro	275	28	3.52	3.90
2	Al centro	330		4.28	
3	Al tercio ½	250	60	3.29	4.25
4	Al tercio ½	390		5.20	
5	Al tercio ½	320	90	4.24	3.55
6	Al tercio ½	220		2.86	

DISEÑO 1:8.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al centro	185	28	2.37	2.70
2	Al tercio ½	230		3.03	
3	Al tercio ½	270	60	3.55	3.16
4	Al tercio ½	210		2.76	
5	Al tercio ½	270	90	3.46	2.92
6	Al centro	185		2.37	

DISEÑO 1:9.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al centro	290	28	3.87	3.12
2	Al centro	180		2.37	
3	Al tercio ½	320	60	4.21	3.24
4	Al tercio ½	175		2.27	
5	Al tercio ½	185	90	2.37	3.12
6	Al tercio ½	290		3.87	

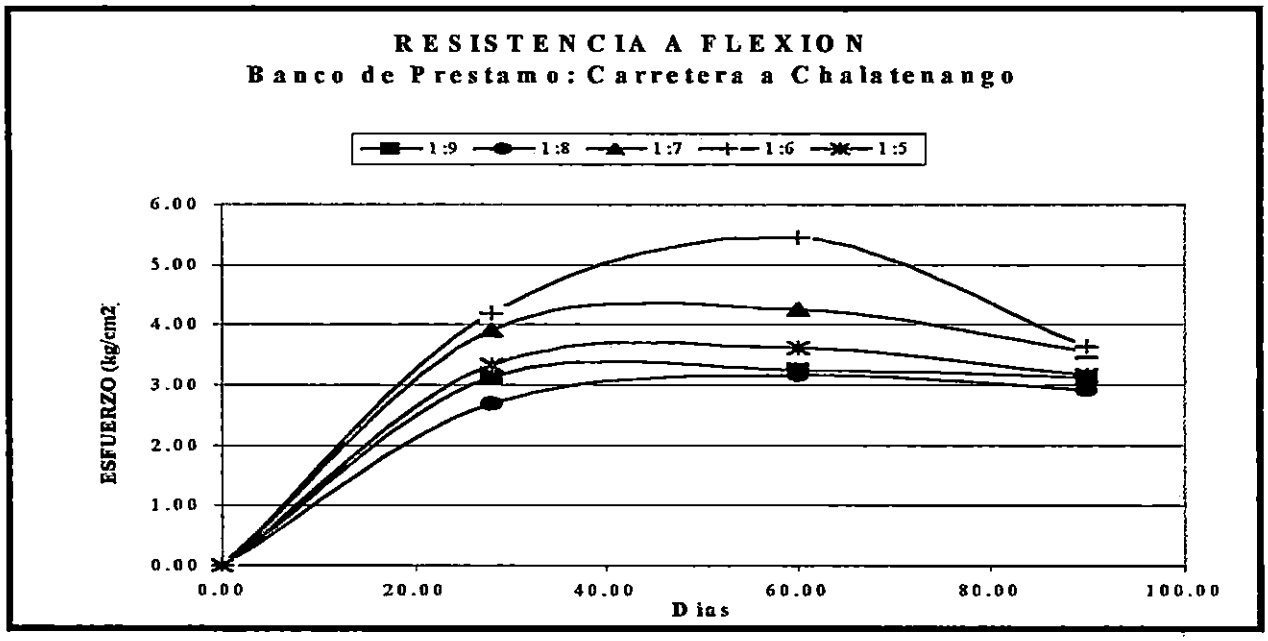


Gráfico #8

En la familia de curvas de la gráfica # 8 puede observarse una tendencia uniforme, aunque al observar a simple vista pareciera que dos curvas poseen la misma tendencia, pero esto es falso al chequear los porcentajes de cemento en cada una de ellas, el diseño 1:9 de menos porcentaje de cemento presenta valores de resistencia mayores al diseño 1:8. Además todos los diseños disminuyen su resistencia a los 90 días.

El diseño 1:5 siendo el de mayor porcentaje de cemento obtuvo resistencias menores que el diseño 1:6 a las edades de 28 y 60 días, y aun más bajas a los 90 días viéndose superado por los diseños 1: 7 y 1:6; algo peculiar que presentan las curvas

1:6 y 1:7 es que ambas poseen la misma tendencia aumentan su resistencia hasta alcanzar la máxima a los 60 días y luego tienden a disminuir a los 90 días

4.2.4 Absorción.

DISEÑO 1:5.

Nº ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	29.21	29.28
2		29.35	
3	28	17.85	17.82
4		17.79	

DISEÑO 1:6.

Nº ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	32.82	31.47
2		30.11	
3	28	27.19	25.79
4		24.40	

DISEÑO 1:7.

Nº ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	30.32	29.91
2		29.50	
3	28	22.90	21.90
4		20.90	

DISEÑO 1:8.

Nº ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	40.18	39.11
2		38.03	
3	28	25.16	27.11
4		29.05	

DISEÑO 1:9.

N° ESPECIMEN	EDAD (dias)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	32.81	32.86
2		32.90	
3	28	29.62	22.92
4		16.21	

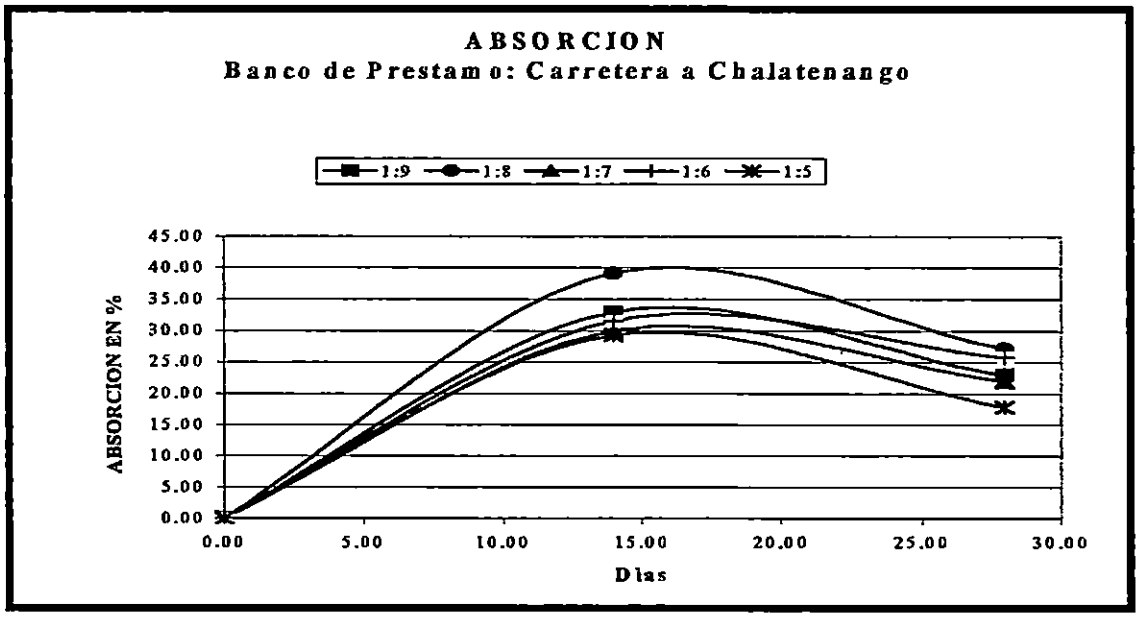


Gráfico #9

Del gráfico # 9 podemos decir que los diseños 1:6 y 1:5 poseen la misma tendencia verificando que a mayor cemento menor porcentaje de absorción, en cambio los demás diseños aunque su absorción disminuye con el tiempo no cumple con lo planteado anteriormente.

4.2.5 Peso Volumétrico Húmedo (humedad de falla).

TABLA 10. PESO VOLUMETRICO

BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A CHALATENANGO KM-57 1/2.

ESPECIMEN	DISEÑO 1:9*	DISEÑO 1:8*	DISEÑO 1:7*	DISEÑO 1:6*	DISEÑO 1:5*
1	1661.46	1632.33	1635.17	1644.63	1642.19
2	1665.92	1602.06	1667.40	1631.73	1616.22
3	1620.06	1650.99	1659.54	1595.74	1642.89
4	1668.50	1632.09	1734.64	1634.94	1643.24
5	1599.24	1614.83	1624.69	1594.82	1608.51
6	1597.41	1624.53	1613.25	1603.59	1588.61
7	1635.28	1609.00	1640.96	1630.14	1652.35
8	1610.86	1607.09	1680.23	1610.67	1566.41
9	1625.68	1644.70	1656.08	1654.61	1698.44
10	1607.34	1629.59	1673.64	1658.85	1699.49
11	1571.00	1606.38	1621.14	1586.39	1582.97
12	1588.93	1633.49	1632.54	1622.91	1617.65
13	1557.22	1665.51	1678.84	1646.05	1658.85
14	1587.29	1669.66	1636.04	1644.93	1693.61
PROMEDIO	**1614.01**	**1630.16**	**1653.87**	**1625.71**	**1636.53**

* Unidades en kg/m^3.

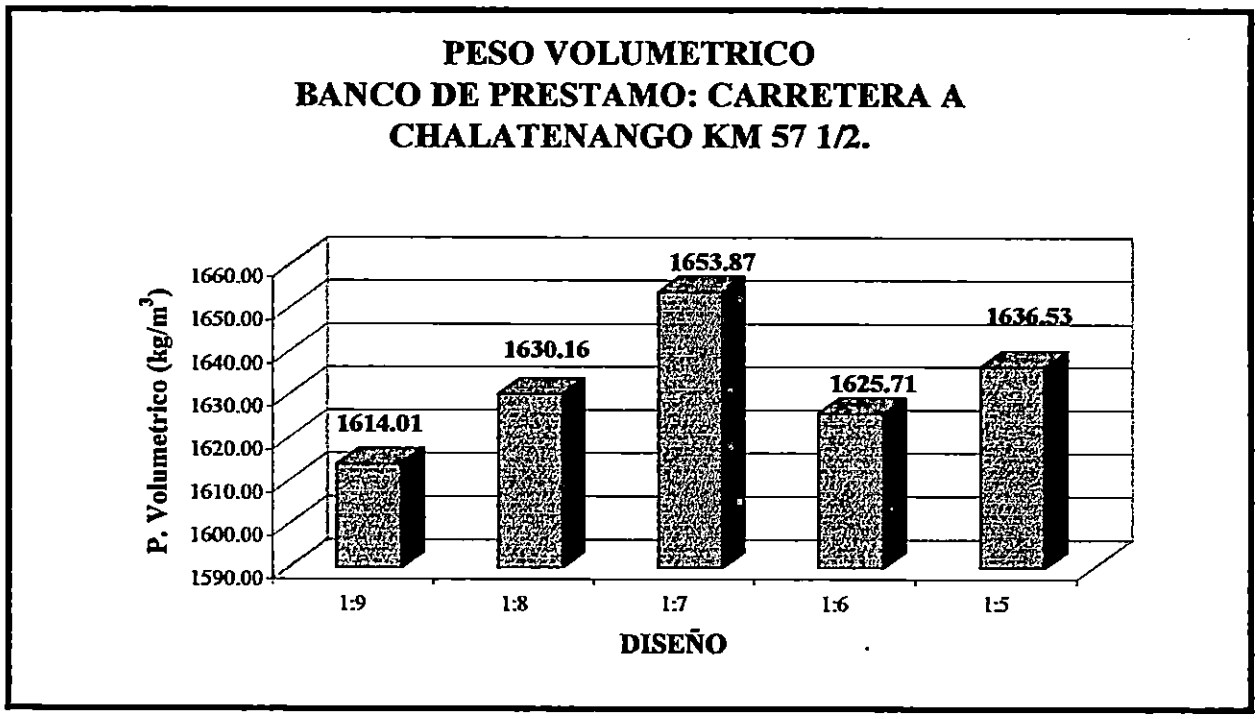


Gráfico #10

Puede notarse que no existe un patrón normal en el comportamiento de los diseños en cuanto al Peso Volumétrico, ya que, algunos valores aumentan y otros decrecen sin notarse el incremento del porcentaje de cemento. Como por ejemplo el diseño 1:7 que posee menor porcentaje de cemento que los diseños 1:6 y 1:5 y alcanzo el mayor valor de Peso Volumétrico.

4.2.6 Comparación del Esfuerzo de Compresión con el Esfuerzo de Tensión.

Para verificar si el Esfuerzo de Tensión cumple con ser el diez porciento (10%) del Esfuerzo de Compresión a la edad de 28 días, se presentan las siguientes tablas:

TABLA 11. Comparación del Esfuerzo de Compresión con el Esfuerzo de Tensión.

DISEÑO	EDAD	ESFUERZO DE COMPRESION	ESFUERZO DE TENSION	% DE COMPRESIÓN
1:9	28	21.88	1.84	8.41
1:8	28	22.66	2.07	9.14
1:7	28	29.13	2.37	8.14
1:6	28	34.90	2.63	7.54
1:5	28	37.45	3.42	9.13
PROMEDIO DEL PORCENTAJE				8.47

De la tabla se puede afirmar que para este Banco de préstamo el Esfuerzo de Tensión es 8.47% del Esfuerzo de Compresión.

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

DISEÑO	EDAD (días)	BANCO: CARRETERA A CHALATENANGO KM-57 1/2			
		COMPRESION (kg/cm^2)	TENSION (kg/cm^2)	FLEXION (kg/cm^2)	ABSORCION (%)
SIMBOLO 21 1:9	7	17.63			
	14	19.84			32.86
	28	21.88	1.84	3.12	22.92
	60	18.36		3.24	
	90	23.40	2.51	3.12	
SIMBOLO 22 1:8	7	14.84			
	14	18.22			39.11
	28	22.66	2.07	2.70	27.11
	60	20.53		3.16	
	90	23.93	2.74	2.92	
SIMBOLO 23 1:7	7	24.73			
	14	27.97			29.91
	28	29.13	2.37	3.90	21.90
	60	33.18		4.25	
	90	33.15	3.06	3.55	
SIMBOLO 24 1:6	7	20.68			
	14	26.75			31.47
	28	34.90	2.63	4.20	25.79
	60	35.47		5.44	
	90	38.35	4.06	3.63	
SIMBOLO 25 1:5	7	28.27			
	14	29.78			29.28
	28	37.45	3.42	3.33	17.82
	60	38.95		3.61	
	90	41.87	4.51	3.16	

4.3 BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE.

4.3.1 Prueba de Compresión.

DISEÑO 1:2.5.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	3050	186.27	7	16.37	15.44
2	2700	186.27		14.50	
3	4650	183.85	14	25.29	25.26
4	4700	186.27		25.23	
5	7000	186.27	28	37.58	40.28
6	7900	183.85		42.97	
7	10150	188.69	60	53.79	48.37
8	8000	186.27		42.95	
9	10750	186.27	90	57.71*	57.71
10	13800	183.85		75.06	

DISEÑO 1:3.

Nº ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2550	186.27	7	13.69	12.75
2	2200	186.27		11.81	
3	3300	176.71	14	18.67	17.77
4	3100	183.85		16.86	
5	5200	183.85	28	28.28	30.05
6	5850	183.85		31.82	
7	8000	186.27	60	42.95	42.95
8	8000	186.27		42.95	
9	7950	183.85	90	43.24	43.90
10	8300	186.27		44.56	

DISEÑO 1:4.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2200	186.27	7	11.81	11.54
2	2100	186.27		11.27	
3	3000	186.27	14	14.31	21.35
4	3770	186.27		28.38	
5	5200	183.85	28	28.28	26.86
6	4800	188.69		25.44	
7	5250	188.69	60	27.82	27.60
8	5100	186.27		27.38	
9	6100	183.85	90	33.18	38.60
10	8200	186.26		44.02	

DISEÑO 1:6.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2150	186.27	7	11.54	11.27
2	2050	186.27		11.01	
3	3190	186.27	14	17.13	17.33
4	3265	186.27		17.53	
5	4450	183.85	28	24.20	22.44
6	3800	183.85		20.67	
7	4300	183.85	60	23.39	25.92
8	5300	186.27		28.45	
9	5200	183.85	90	28.28	30.87
10	6150	183.85		33.45	

DISEÑO 1:7.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	1300	186.27	7	6.98*	6.98
2	1500	186.27		8.05	
3	1800	188.69	14	9.54	9.33
4	1700	186.27		9.13	
5	3250	188.69	28	17.22	19.34
6	4000	186.27		21.47	
7	2600	183.83	60	14.14	16.61
8	3600	188.69		19.08	
9	3000	183.85	90	16.32	15.14
10	2600	186.27		13.96	

(*) Se escoge este valor para darle tendencia lógica a la curva

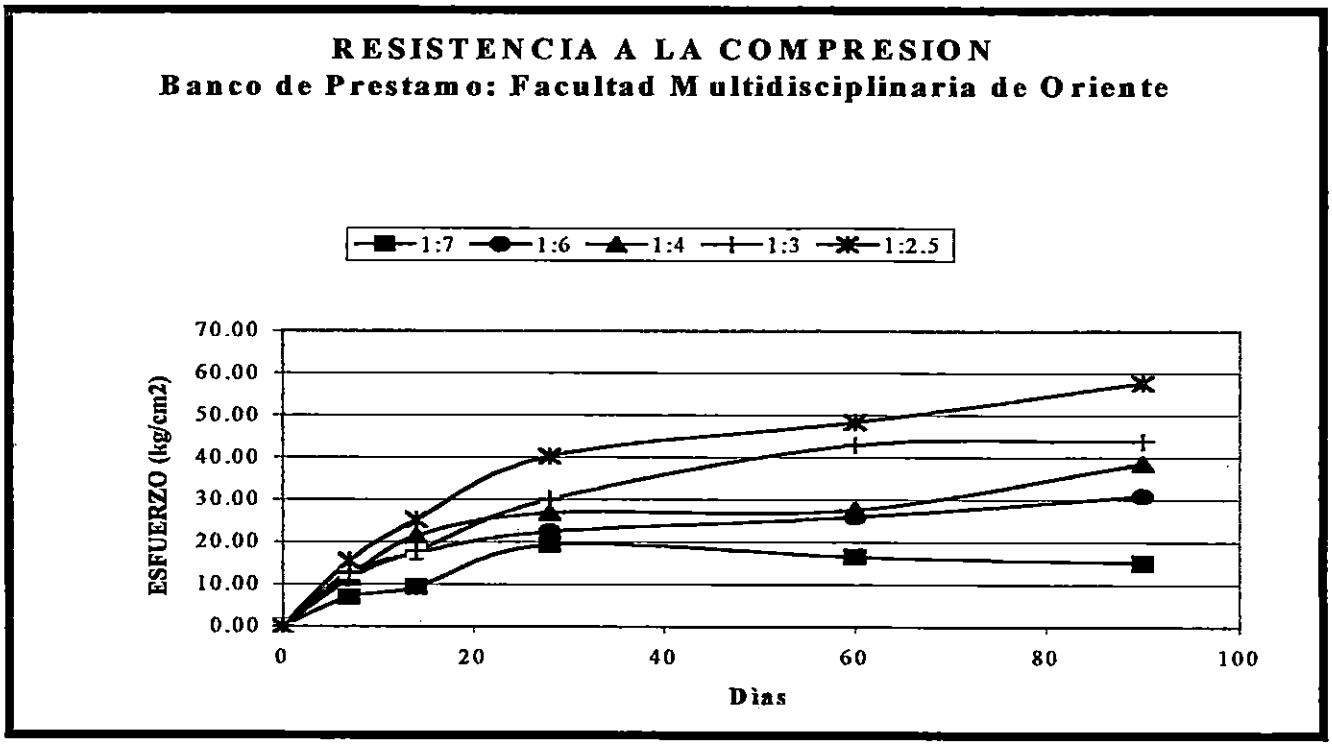


Gráfico 11

La gráfica # 11 presenta un aumento proporcional de la Resistencia a la Compresión a los 7 días, luego a la edad de 14 y 28 días las curvas se interceptan y aumentan su resistencia.

Para los diseños 1:7 y 1:4 se observa un decremento en su resistencia a la edad de 60 días y para los restantes la resistencia aumento; a los 90 días la resistencia aumento en todos los diseños excepto para 1:7 que tuvo una leve disminución.

A continuación se presentan la relación de aumento de la resistencia con respecto al porcentaje de cemento en peso para la edad de 28 días.

TABLA 12. Porcentaje de aumento de la Resistencia respecto al porcentaje de cemento.

Relación de diseños.		
Diseños	Resistencia a Compresión aumento en %	Cemento en peso aumento en %
1:7 ↓ 1:6	16.03 %	1.20 %
1:6 ↓ 1:4	19.70 %	3.70 %
1:4 ↓ 1:3	11.88 %	3.08 %
1:3 ↓ 1:2.5	34.04 %	2.12 %
Promedio	20.41 %	2.53 %

De esta manera se puede afirmar en cuanto a Resistencia a Compresión que este Tipo de suelo clasificado como una Arcilla Inorgánica de Alta Plasticidad (CH) aumenta su resistencia un 20.41 % al aumentar el porcentaje de cemento en peso un 2.53 %. En el rango de proporcionamiento de 1:7 a 1:2.5

4.3.2 Prueba de Tensión.

DISEÑO 1:2.5.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	3200	183.85	28	4.37	3.60
2	2100	188.69		2.83	
3	4225	183.85	90	5.76	5.12
4	3300	186.27		4.47	

DISEÑO 1:3.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2500	188.69	28	3.37	3.04
2	2000	186.27		2.71	
3	3800	183.85	90	5.18	4.77
4	3200	183.85		4.37	

DISEÑO 1:4.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	2200	186.27	28	2.98	2.75
2	1850	186.27		2.51	
3	3350	186.27	90	4.54	3.65
4	2050	188.69		2.76	

DISEÑO 1:6.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	1700	186.27	28	2.3	2.44
2	1885	183.85		2.57	
3	1850	183.85	90	2.52	3.06
4	2650	183.85		3.60	

DISEÑO 1:7.

N° ESPECIMEN	CARGA (kg)	AREA (cm^2)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	1800	186.27	28	2.44	2.34
2	1675	191.13		2.23	
3	2500	186.27	90	3.39	2.82
4	1650	186.27		2.24	

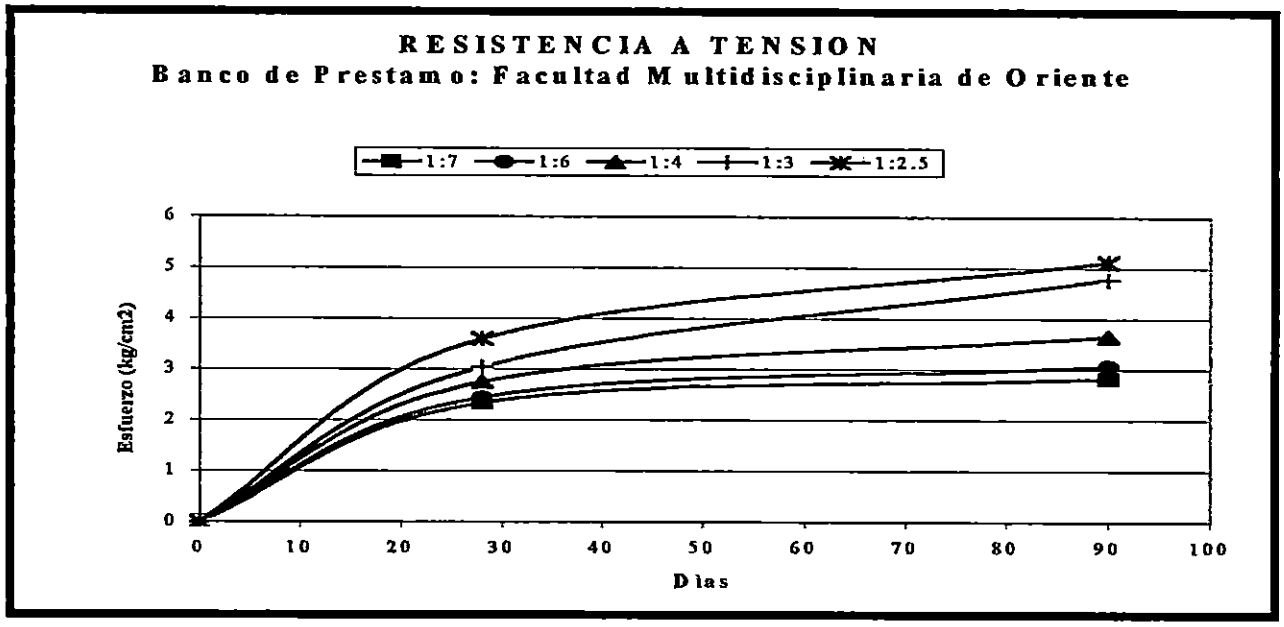


Gráfico 12

Analizando el gráfico # 12 podemos decir que todos los diseños poseen la misma tendencia a las diferentes edades de ensayo, y puede notarse que se cumple que a mayor porcentaje de cemento mayor será la resistencia a Tensión alcanzada.

4.3.3 Prueba de Flexión.

DISEÑO 1:2.5.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (dias)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al centro	370	28	4.93	5.13
2	Al centro	405		5.33	
3	Al tercio ½	520	60	6.71	6.65
4	Al tercio ½	490		6.58	
5	Al tercio ½	400	90	5.41	4.82
6	Al centro	330		4.23	

DISEÑO 1:3.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al tercio ½	390	28	5.13	4.93
2	Al tercio ½	355		4.73	
3	Al centro	470	60	5.94	5.57
4	Al centro	390		5.20	
5	Al tercio ½	215	90	2.87	4.77
6	Al tercio ½	500		6.67	

DISEÑO 1:4.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al tercio ½	260	28	3.42	4.18
2	Al tercio ½	370		4.93	
3	Al centro	360	60	4.80	4.54
4	Al tercio ½	320		4.27	
5	Al centro	310	90	4.03	4.26
6	Al centro	350		4.48	

DISEÑO 1:6.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al centro	240	28	3.20	2.63
2	Al centro	165		2.05	
3	Al tercio ½	115	60	1.53	3.2
4	Al tercio ½	240		3.20*	
5	Al centro	155	90	1.95	2.21
6	Al centro	190		2.47	

DISEÑO 1:7.

N° ESPECIMEN	TIPO DE FALLA	CARGA (kg)	EDAD (días)	ESFUERZO (kg/cm^2)	ESFUERZO PROMEDIO (kg/cm^2)
1	Al centro	155	28	2.08	1.93
2	Al centro	135		1.78	
3	Al tercio ½	155	60	2.07	2.42
4	Al tercio ½	210		2.76	
5	Al centro	80	90	1.02	1.93
6	Al centro	145		1.93	

(*) Se escoge este valor para darle tendencia lógica a la curva.

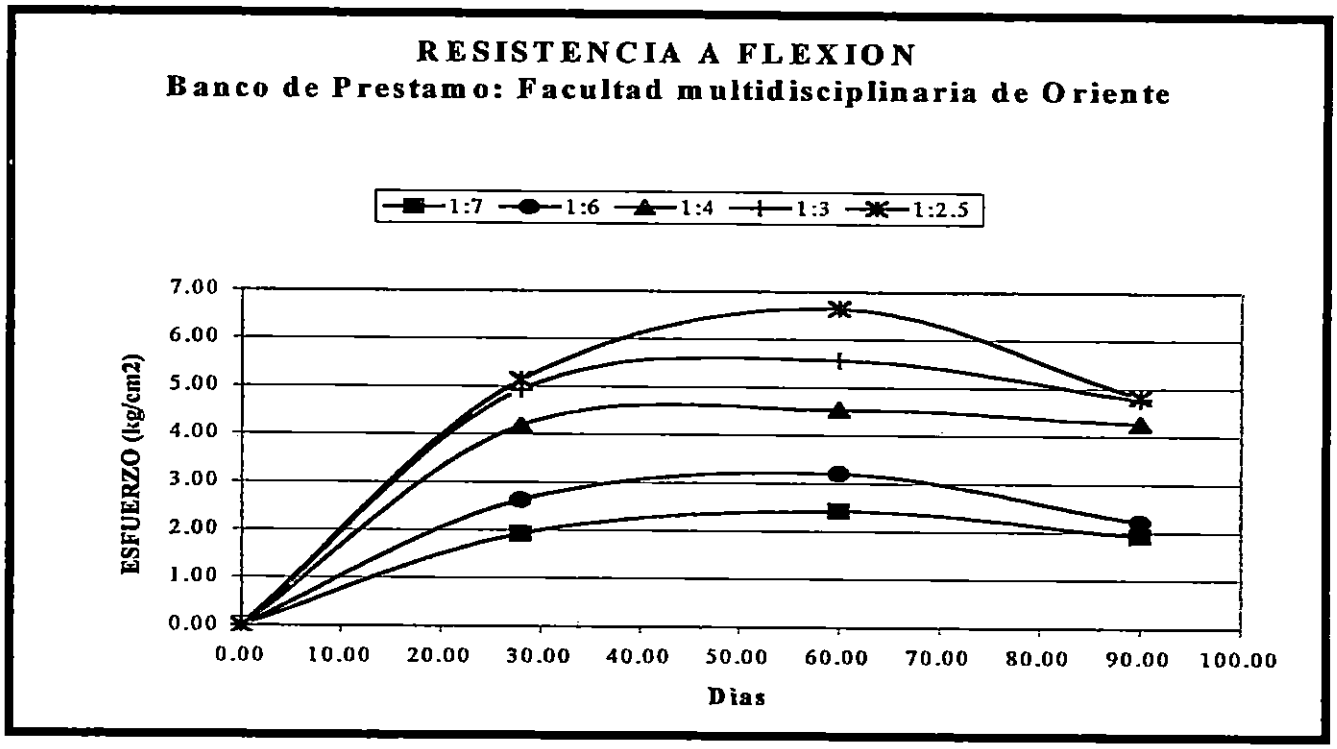


Gráfico 13

Observando la gráfica # 13 puede notarse que todas las curvas presentan la misma tendencia hasta los 28 días verificándose el aumento de resistencia al aumentar el porcentaje de cemento en peso.

Esta similitud en las curvas se mantiene además de los 30 días en adelante donde: todos los diseños aumentan su resistencia hasta los 60 días y luego hay una disminución hasta alcanzar aproximadamente el valor de resistencia a los 28 días.

4.3.4 Absorción.

DISEÑO 1:2.5.

N° ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	60.76	60.76
2		60.76	
3	28	45.32	45.46
4		45.60	

DISEÑO 1:3.

N° ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	63.73	65.85
2		67.97	
3	28	60.62	59.74
4		58.85	

DISEÑO 1:4.

N° ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	59.5	60.82
2		62.14	
3	28	43.4	46.8
4		50.2	

DISEÑO 1:6.

N° ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	74.37	74.37
2		74.37	
3	28	38.40	44.05
4		49.70	

DISEÑO 1:7.

Nº ESPECIMEN	EDAD (días)	ABSORCION (%)	ABSORCION PROMEDIO (%)
1	14	52.62	55.14
2		57.66	
3	28	55.49	55.97
4		56.44	

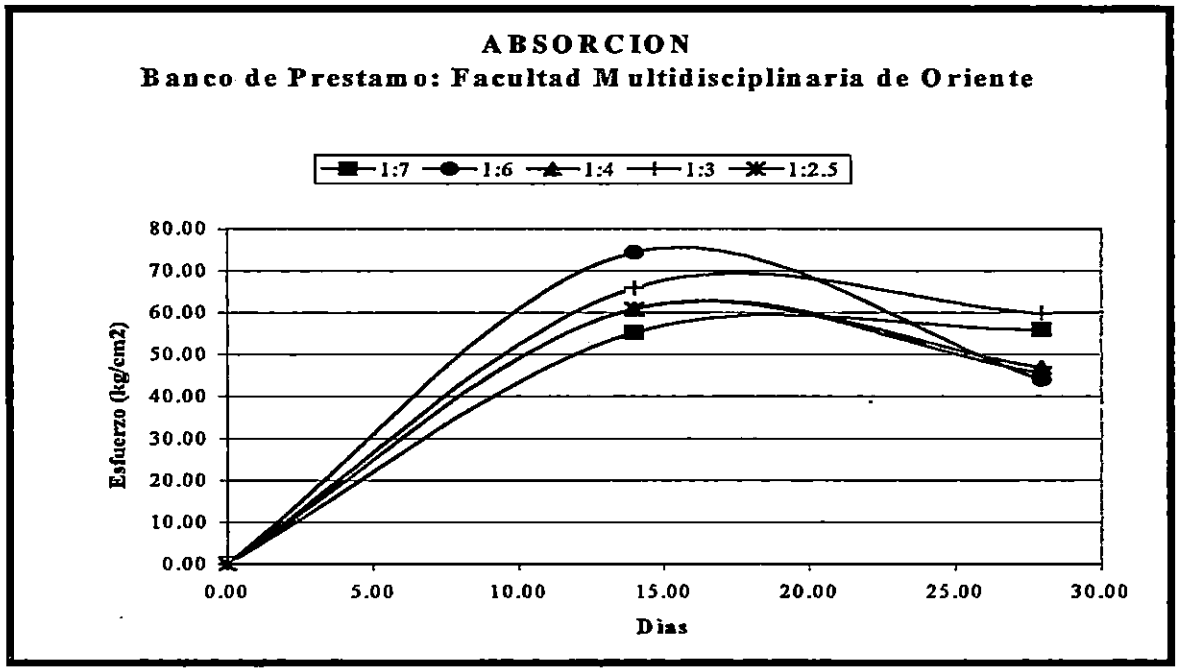


Gráfico 14

Del gráfico # 14 podemos observar que las únicas curvas que presentan la misma tendencia son la de los diseños 1:2.5 y 1:3, los cuales si evidencian que a mas cantidad de cemento menos debe ser el porcentaje de Absorción obtenido.

Las otros diseños disminuyen su porcentaje de absorción a los 28 días, pero sin ningún patrón (Porcentaje de Cemento) como los diseños 1:2.5 y 1:3.

4.3.5 Peso Volumétrico Húmedo (humedad de falla).

TABLA 13. PESO VOLUMETRICO

BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE, SAN MIGUEL.

ESPECIMEN	DISEÑO 1:7*	DISEÑO 1:6*	DISEÑO 1:4*	DISEÑO 1:3*	DISEÑO 1:2.5*
1	1460.60	1489.99	1531.36	1495.15	1502.70
2	1467.11	1481.72	1516.40	1491.26	1508.81
3	1462.02	1485.94	1515.52	1570.23	1547.95
4	1441.76	1457.43	1501.26	1519.77	1512.00
5	1441.17	1484.23	1493.38	1467.88	1447.22
6	1480.04	1478.75	1492.95	1510.58	1511.39
7	1467.86	1498.01	1507.37	1477.23	1514.57
8	1424.29	1496.66	1528.72	1503.55	1475.91
9	1487.31	1509.96	1518.15	1532.22	1528.46
10	1469.75	1511.89	1512.78	1518.73	1524.76
11	1476.09	1474.15	1514.28	1454.45	1522.98
12	1407.18	1501.22	1487.35	1487.35	1460.98
13	1487.53	1499.80	1506.36	1520.31	1538.67
14	1507.42	1513.92	1505.46	1530.11	1523.96
PROMEDIO	**1462.87**	**1491.69**	**1509.38**	**1505.63**	**1508.60**

- Unidades en kg/m^3.

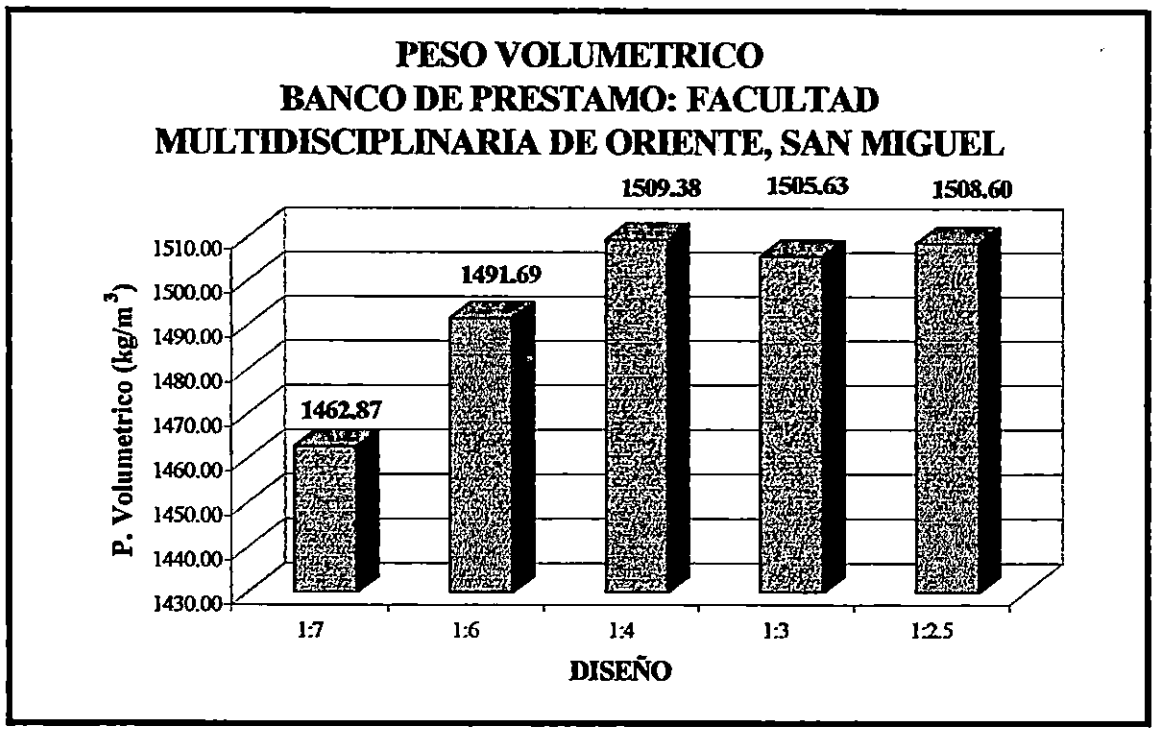


Gráfico 15

Del gráfico podemos observar que los diseños 1:7, 1:6, 1:3 y 1:2.5, mantienen una tendencia de aumento del Peso Volumétrico con respecto al porcentaje de cemento, es decir que a más cemento mayor es el Peso Volumétrico. La única variante la da el diseño 1:4 el cual alcanza el mayor valor de Peso Volumétrico en este suelo.

4.3.6 Comparación del Esfuerzo de Compresión con el Esfuerzo de Tensión.

TABLA 14. Comparación del Esfuerzo de Compresión con el Esfuerzo de Tensión.

DISEÑO	EDAD	ESFUERZO DE COMPRESION	ESFUERZO DE TENSION	% DE COMPRESIÓN
1:7	28	19.34	2.34	12.10
1:6	28	22.44	2.44	10.87
1:4	28	26.86	2.75	10.24
1:3	28	30.05	3.04	10.12
1:2.5	28	40.28	3.60	8.94
PROMEDIO DEL PORCENTAJE				10.45

De la tabla se puede afirmar que para este Banco de préstamo el Esfuerzo de Tensión es 10.45% del Esfuerzo de Compresión.

RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

DISEÑO	EDAD (días)	BANCO: SAN MIGUEL, FACULTAD MULTIDISIPLINARIA DE ORIENTE			
		COMPRESION (kg/cm^2)	TENSION (kg/cm^2)	FLEXION (kg/cm^2)	ABSORCION (%)
SIMBOLO 31 1:7	7	6.98			
	14	9.33			55.14
	28	19.34	2.34	1.93	55.97
	60	16.61		2.42	
	90	15.14	2.82	1.93	
SIMBOLO 32 1:6	7	11.27			
	14	17.33			74.37
	28	22.44	2.44	2.63	44.05
	60	25.92		3.2	
	90	30.87	3.06	2.21	
SIMBOLO 33 1:4	7	11.54			
	14	21.35			60.82
	28	26.86	2.75	4.18	46.80
	60	27.60		4.54	
	90	38.60	3.65	4.26	
SIMBOLO 34 1:3	7	12.75			
	14	17.77			65.85
	28	30.05	3.04	4.93	59.74
	60	42.95		5.57	
	90	43.90	4.77	4.77	
SIMBOLO 35 1:2.5	7	15.44			
	14	25.26			60.76
	28	40.28	3.60	5.13	45.46
	60	48.37		6.65	
	90	57.71	5.12	4.82	

4.4 ANALISIS DE COSTOS

Además de los resultados obtenidos en las Pruebas Mecánicas, también el factor económico juega un papel importante en el diseño de una mezcla de Suelo Cemento, ya que el fin primordial es obtener un material Resistente y de Bajo Costo.

Enmarcando el trabajo en lo anterior se presentan el desglose de Costos Unitarios para cada una de las mezclas ensayadas y además el Costo por metro cúbico (m^3) de Suelo Cemento Semifluido utilizando Tierra Blanca que servirá como parámetro de comparación para la realización de esta investigación.

En los costos de los diferentes diseños no se considera transporte porque se piensa utilizar el suelo del lugar, en cambio para el costo patrón se debe considerar transporte; ya que en la zona metropolitana de San Salvador, generalmente el suelo se trae de otros bancos para su utilización.

4.4.1 COSTO

DISEÑO PATRON

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: UTILIZANDO TIERRA BLANCA 1:20.
UNIDAD: m^3 SIMBOLO:

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	2.0000	36.00	72.00	
Suelo	m^3	1.0480	40.00	41.92	
Agua	lts	60.0000	0.03	1.80	
					115.72

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 4 auxiliares. 49.20 c/u.	196.80	1.7	334.56	8.4	39.83
colocaciòn del suelo cemento 4 auxiliares. 49.20 c/u.	196.80	1.7	334.56	16	20.91
					60.74

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Concretera.	40.00	m^3	1.0000	40.00	
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					61.00

COSTO DIRECTO:	**237.46**

Son: Doscientos Treinta y Siete 46/100 colones por metro cúbico.

NOTA:

Para Metapan se utiliza el costo calculado anteriormente. ¢237.46/m^3.

Para Chalatenango se afecta el costo patrón en 10% a la partida de los materiales. ¢249.03/m^3.

Para San Miguel se usa como costo patrón el costo del suelo cemento usando el suelo de Moncagua. ¢200.00/m^3.

4.4.2 COSTOS

BANCO DE PRESTAMO

CARRETERA A METAPAN Km. 76 1/2.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2. MEZCLA 1:8
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 11

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	4.00	36.00	144.00	
Agua	lts	300.00	0.03	9.00	
					153.00

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0383	41.42
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	8	20.91
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					73.30

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**247.30**

Son: Doscientos Cuarenta y Siete 30/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2. MEZCLA 1:9
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 12

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	3.60	36.00	129.60	
Agua	lts	300.00	0.03	9.00	
					138.60

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0383	41.42
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	8	20.91
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					73.30

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	232.90

Son: Doscientos Treinta y Dos 90/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2. MEZCLA 1:10
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 13

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	3.30	36.00	118.80	
Agua	lts	300.00	0.03	9.00	
					127.80

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0383	41.42
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	8	20.91
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					73.30

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	222.10

Son: Doscientos Veinte y Dos 10/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2. MEZCLA 1:11
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 14

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	3.00	36.00	108.00	
Agua	lts	300.00	0.03	9.00	
					117.00

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0383	41.42
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	8	20.91
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					73.30

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**211.30**

Son: Doscientos Once 30/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN KM 76 1/2. MEZCLA 1:13
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 15

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	2.60	36.00	93.60	
Agua	lts	300.00	0.03	9.00	
					102.60

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0383	41.42
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	8	20.91
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					73.30

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	196.90

Son: Ciento Noventa y Seis 90/100 colones por metro cúbico.

4.4.3 COSTOS

BANCO DE PRESTAMO

CARRETERA A CHALATENANGO Km. 57 1/2.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2. MEZCLA 1:9
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 21

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	3.10	36.00	111.60	
Agua	lts	405.90	0.03	12.18	
					123.78

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	3.37	49.64
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	6	27.88
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					88.48

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**233.26**

Son: Doscientos Treinte y Tres 26/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2. MEZCLA 1:8
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 22

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	3.40	36.00	122.40	
Agua	lts	405.90	0.03	12.18	
					134.58

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	3.37	49.64
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	6	27.88
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					88.48

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**244.06**

Son: Doscientos Cuarenta y Cuatro 06/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2. MEZCLA 1:7
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 23

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	3.80	36.00	136.80	
Agua	lts	405.90	0.03	12.18	
					148.98

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	3.37	49.64
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	6	27.88
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					88.48

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**258.46**

Son: Doscientos Ciancuenta y Ocho 46/100

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2. MEZCLA 1:6
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 24

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	4.30	36.00	154.80	
Agua	lts	405.90	0.03	12.18	
					166.98

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	3.37	49.64
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	6	27.88
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					88.48

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**276.46**

Son: Doscientos Setenta y Seis 46/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A CHALATENANGO KM 57 1/2. MEZCLA 1:5
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 25

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	5.00	36.00	180.00	
Agua	lts	405.90	0.03	12.18	
					192.18

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	3.37	49.64
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	6	27.88
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	7.63	10.96
					88.48

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**301.66**

Son: Trecientos uno 66/100 colones por metro cúbico.

4.4.4 COSTOS

BANCO DE PRESTAMO

FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE

SAN MIGUEL

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE. MEZCLA 1:7
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 31

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	3.60	36.00	129.60	
Agua	lts	540.54	0.03	16.22	
					145.82

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	2.8850	57.98
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0000	41.82
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	0.1311	10.97
					110.77

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**277.58**

Son Doscientos Setenta y Siete 58/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE. MEZCLA 1:6
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 32

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	4.00	36.00	144.00	
Agua	lts	540.54	0.03	16.22	
					160.22

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	2.8850	57.98
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0000	41.82
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	0.1311	10.97
					110.77

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**291.98**

Son: Doscientos Noventa y Uno 98/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE. MEZCLA 1:4
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 33

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	5.50	36.00	198.00	
Agua	lts	540.54	0.03	16.22	
					214.22

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	2.8850	57.98
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0000	41.82
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	0.1311	10.97
					110.77

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**345.98**

Son: Trescientos Cuarenta y Cinco 98/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE. MEZCLA 1:3.
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 34

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	6.70	36.00	241.20	
Agua	lts	540.54	0.03	16.22	
					257.42

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	2.8850	57.98
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0000	41.82
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	0.1311	10.97
					110.77

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**389.18**

Son: Trescientos Ochenta y Nueve 18/100 colones por metro cúbico.

COSTOS UNITARIOS

PROYECTO: TESIS COMPORTAMIENTO DEL CEMENTO COMO ESTABILIZADOR DE DISTINTOS SUELOS.
PARTIDA: SUELO CEMENTO
BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE. MEZCLA 1:2.5.
UNIDAD: m^3 SIMBOLO: 35

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO (¢)	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Cemento	bolsa	7.50	36.00	270.00	
Agua	lts	540.54	0.03	16.22	
					286.22

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	JORNADA (¢)	F.PREST.	JORN-TOT(¢)	RENDIMIENTO	SUB-TOTAL(¢)
Hechura de suelo cemento. 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	2.8850	57.98
colocaciòn del suelo cemento 2 auxiliares. 49.20 c/u.	98.40	1.7	167.28	4.0000	41.82
Acarreo del material (30 mts).1 auxiliar.	49.20	1.7	83.64	0.1311	10.97
					110.77

HERRAMIENTAS					
DESCRIPCION	COSTO/HR ò RENDIMIENTO	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNIT(¢)	SUB-TOTAL(¢)
Vibrador.	20.00	m^3	1.0000	20.00	
Carretillas, palas y otros.	1.00	s.g.	1.0000	1.00	
					21.00

COSTO DIRECTO:	**417.98**

Son Cuatrocientos Diez y Siete 98/100 colones por metro cúbico.

4.5 COMPARACION DE RESISTENCIA Y COSTO

Como se dijo anteriormente el parámetro de comparación es el suelo cemento semifluido elaborado con tierra blanca relación 1:20, como Diseño Patrón el cual posee una resistencia a compresión a los 28 días de 26.36 kg/cm^2 este valor ha sido tomado del Trabajo de Graduación "Estudio de Suelo Cemento Semifluido para La Construcción de Muros de Retención y Pilas", y un costo por metro cúbico(m^3) de ¢237.46.

4.5.1 BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A METAPAN Km. 76 ½.

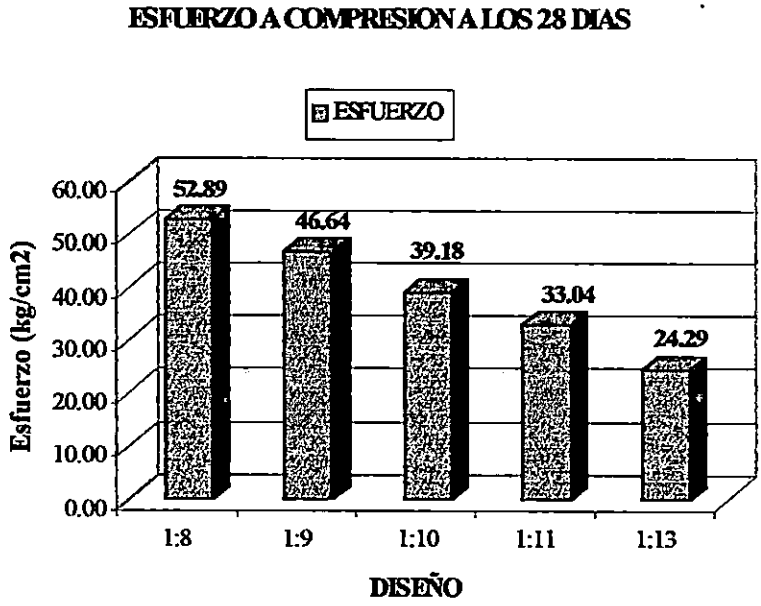


Gráfico 16

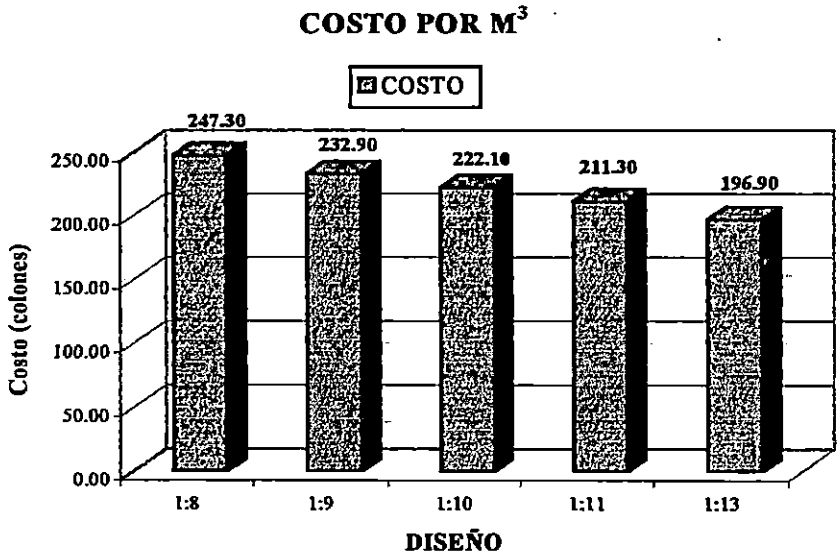


Gráfico 17

De las dos gráficas anteriores y comparando con La Mezcla Patrón se selecciona al **DISEÑO 1:10 COMO EL DISEÑO OPTIMO** de este Banco de Préstamo, ya que alcanza una resistencia a los 28 días equivalente a 39.18 kg/cm^2, siendo un 48.63% mayor que el Diseño Patrón; su costo es de ¢222.10 por m^3 ¢15.36 por abajo del Diseño patrón.

4.5.2 BANCO DE PRESTAMO: CARRETERA A CHALATENANGO Km. 57 ½.

ESFUERZO A COMPRESION A LOS 28 DIAS

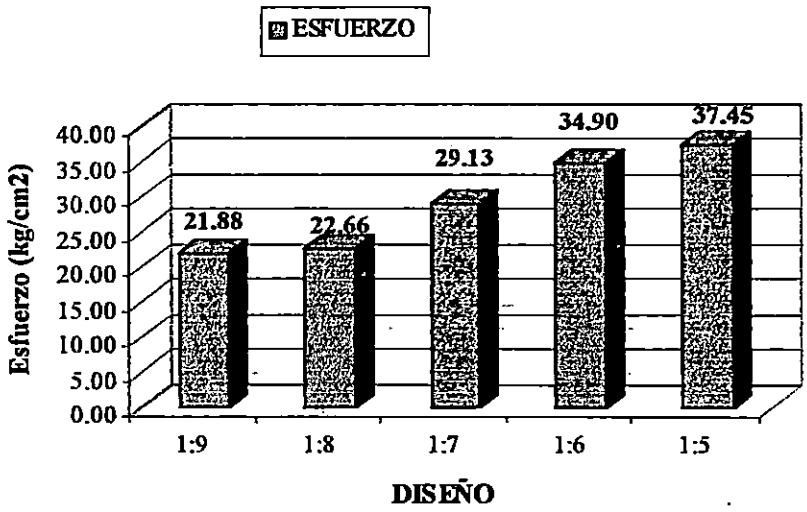


Gráfico 18

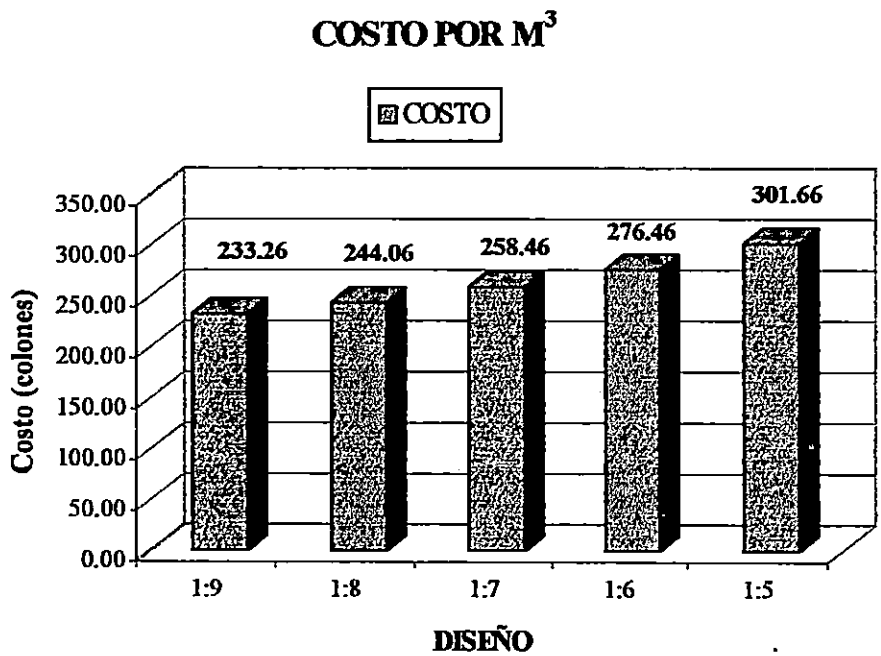


Gráfico 19

De las dos gráficas anteriores y comparando con La Mezcla Patrón se selecciona al **DISEÑO 1:7 COMO EL DISEÑO OPTIMO** de este Banco de Préstamo, ya que alcanza una resistencia a los 28 días equivalente a 29.13 kg/cm^2, siendo un 10.50% mayor que el Diseño Patrón; su costo es de ¢258.46 por m^3 ¢21.00 arriba del Diseño patrón. Se escoge por cumplir con la resistencia y porque su costo se difiere del costo patrón apenas por un 8.84%.

4.5.3 BANCO DE PRESTAMO: FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE ORIENTE.

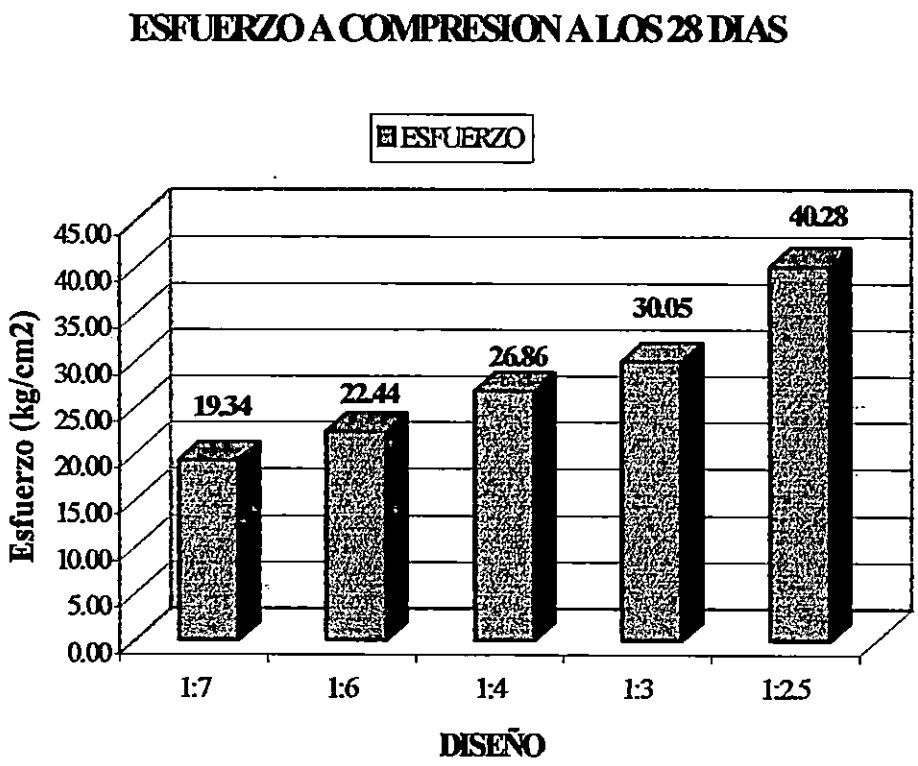


Gráfico 20

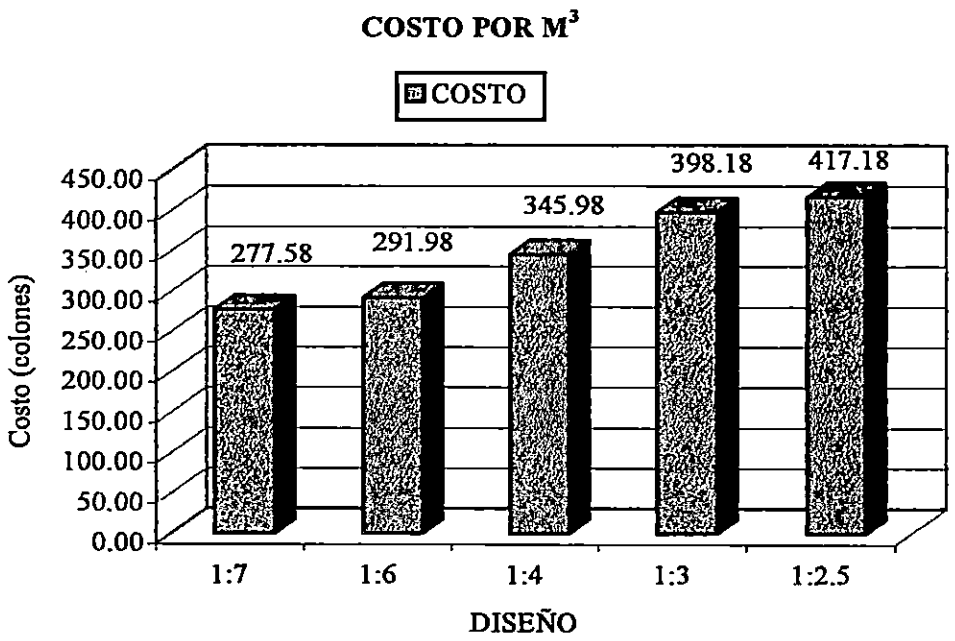


Gráfico 21

De las dos gráficas anteriores y comparando con La Mezcla Patrón se determino que para este Banco de Préstamo no se propone **NINGUN DISEÑO OPTIMO**, ya que solo cumple desde el punto de vista técnico (resistencia) pero al analizarlo económicamente su uso no es factible.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1- CONCLUSIONES:

1. El uso de la prueba de revenimiento para calcular el porcentaje de agua presente en una mezcla de suelo cemento, es muy acertado, ya que facilmente detecta leves variaciones en el porcentaje de agua presente en la mezcla.

2. Cuando se realiza un diseño de mezcla de suelo cemento se debe verificar la humedad natural del suelo existente al momento de realizar el diseño para calcular la cantidad de agua necesaria corregida a utilizar en la mezcla.

3. En la elaboración de mezclas de suelo cemento semifluido con suelos plásticos y semi plásticos, el porcentaje de agua aumenta al incrementarse el índice de plasticidad para efecto de darle un rango de trabajabilidad a la mezcla.

4. El mezclado de los materiales: cemento, suelo y agua, se realizó de forma artesanal (mezclándolo con los pies), parecido al usado en la elaboración de

adobes o ladrillo de obra, para deshacer los grumos y retirar material indeseable.

5. La forma más practica de realizar la revoltura de los componentes de la mezcla, con suelos de plasticidad baja a media, es mezclando primero el suelo y el cemento por un periodo de cinco (5) minutos y añadiendo posteriormente el agua hasta alcanzar la trabajabilidad requerida en un periodo de 15 a 20 minutos.

6. Al elaborar una mezcla con suelos de alta plasticidad se hace necesario saturar el suelo por un tiempo de 24 horas, con agua previamente pesada ó medida, para facilitar el mezclado, pasado este tiempo se agrega el cemento y el agua complementaria.

7. Para los diseños de mezclas de suelo cemento en cada Banco de Prestamo se utilizaron diferentes intervalos de porcentajes de cemento, con el propósito de poderlos estabilizar (Bancos de préstamo). La escogitación de los porcentajes de cemento depende del grado de plasticidad del suelo; por lo que a mayor plasticidad se requiere mayor porcentaje de cemento para estabilizarlo.

8. En las arcillas altamente plásticas como la del suelo de la Facultad Multidisciplinaria de Oriente, San Miguel, necesitan un determinado tiempo para absorber el agua, debido a que sus partículas son muy finas, por ello es necesario dejar parte del agua destinada al mezclado para luego añadírsela en el tiempo de colocación (colado de la mezcla), con el propósito de mantenerla trabajable.

9. En suelos como el del Banco de Préstamo de la Facultad Multidisciplinaria de Oriente en San Miguel, el método de compactación por medio de vibradores de inmersión no es recomendable, por que no elimina en su totalidad vacíos presentes en la mezcla; en cambio en los suelos de los Bancos de Préstamo de la carretera a Metapan km. 76 ½ y la carretera a Chalatenango km. 57 ½ , resulto ser un método aceptable para la compactación de la mezcla.

10. El Banco de Préstamo de la Facultad Multidisciplinaria de Oriente, San Miguel, clasificado como una Arcilla Inorgánica de Alta Plasticidad (CH), presentó condiciones difíciles para realizar su revoltura con el cemento y el agua.

11. Los especímenes se desmoldaron a las 48 horas, por que en muestras de prueba realizadas antes de este tiempo, estos sufrían daños en sus aristas.

12. El proceso de curado se realizó por medio de cubiertas húmedas y sobre ellas cubiertas plásticas, siendo un método adecuado para evitar la pérdida de agua en los especímenes.

13. Los especímenes del Banco de préstamo de San Miguel y Chalatenango necesitaron un estricto proceso de curado durante el periodo de pruebas, ya que los tipos de suelo son altamente plásticos, por lo que a estos se les debe mantener la humedad para evitar cuarteo en las unidades.

14. Los resultados obtenidos de las pruebas de compresión (ver Gráfico 1 pag. 160) realizadas a los especímenes del suelo de la Carretera a Metapan km. 76 ½ presentan una relación proporcional al aumento del porcentaje de cemento en la mezcla, lo que afirma que más cantidad de cemento mayor será la resistencia esperada.

15. En suelos como los de la Carretera a Chalatenango km. 57 ½ y la Facultad Multidisciplinaria de Oriente, San Miguel, (ver Gráficos 6 y 11 pag. 174 y 188 respectivamente). Se determinaron en las pruebas de compresión que a edades tempranas (7 y 14 días) no presentan proporcionalidad en el aumento de resistencias respecto al aumento del porcentaje del cemento, ya que al inicio el cemento no ha ganado la resistencia necesaria y además el método de compactación no fue el adecuado; en cambio a edades mayores (28, 60 y 90

días) se nota un aumento de resistencia al incrementar el porcentaje de cemento.

16. En las Gráficas de Flexión (ver págs. 165, 179, 193) no se observan tendencias especificas para cada suelo, probablemente debido a la incidencia de factores tales como: Compactación, Curado, Transporte y Manejo de los Especímenes, Velocidad de carga.

17. Al analizar los especímenes de prueba, del suelo de la Facultad multidisciplinaria de Oriente, San Miguel, después de los noventa días (90), se determino que el diseño de mezcla de proporción volumétrica 1:2.5 es el único que alcanzo un cierto grado de estabilización.

18. De los tres tipos de arcillas investigadas se determinó que la absorción disminuye conforme aumenta el tiempo de fraguado, partiendo de lo anterior se afirma que todos los diseños se estabilizaron en mayor o menor grado.

19. Comparando los resultados de las pruebas mecánicas, con los costos unitarios obtenidos se concluye que los suelos de las carreteras a Metapán Km. 76 ½ y Chalatenango Km. 57 ½ son factibles, técnica y económicamente para el uso del Suelo Cemento Semifluido.

20. Se determinó que el suelo de San Miguel se logro estabilizarlo con una proporción volumétrica 1:2.5; sin embargo económicamente su uso no es factible.

5.2- RECOMENDACIONES

1. Se recomienda utilizar valores de revenimientos entre 5" y 6" en mezclas de suelo cemento, al utilizar suelos plásticos ya que estos permiten mantener trabajable la mezcla durante el colado, por que las mezclas pierden rápidamente la fluidez en un tiempo de aproximadamente 15 minutos.

2. Al momento de elaborar mezclas de prueba se debe tomar en cuenta la Humedad Natural del suelo, ya que influye en la relación a/c y por lo tanto una variación en esta, hace necesario hacerle correcciones al diseño.

3. Al elaborar Suelo Cemento con suelos plásticos se recomienda, realizar el mezclado de una forma artesanal (mezclándolo con los pies) ya que de otra manera se tendrían problemas de adherencia del material en las mezcladoras.

4. Se recomienda para el suelo del Banco de Préstamo de la carretera a Chalatenango km. 57 ½ mantener el proceso de curado en el periodo de prueba y una forma de mantenerlo es mediante sacos húmedos de yute, aunque el método de inmersión seria el adecuado.

5. Se propone el uso de una mesa vibratoria para compactar los especímenes a utilizar en las pruebas mecánicas, para uniformizar el vibrado y con un tiempo

igual de compactación.

6. El desmoldado de los especímenes elaborados con suelo cemento, utilizando suelos plásticos debe realizarse a las 48 horas, para garantizar que no se dañen.

7. Para realizar un buen curado, a los especímenes de prueba a utilizar en los deferentes ensayos, es recomendable, contar con un cuarto de curado con él suficiente espacio para albergar todos los especímenes de futuras investigaciones, con el propósito de cumplir las condiciones de un cuarto de curado de laboratorio.

8. Tomando como base los aspectos de costo y resistencia mecánica, se propone como diseño óptimo para el suelo de la Carretera a Metapan Km. 76 ½ el diseño con proporción volumétrica 1:10; Para El Banco de Préstamo Carretera a Chalatenango Km. 57 ½ el diseño de proporción volumétrica 1:7 y para El Banco de Préstamo de la Facultad Multidisciplinaria de Orienta, San Miguel, no se propone ningún diseño óptimo por no cumplir con los parámetros establecidos.

9. Al determinarse la no-factibilidad del uso del suelo de la Facultad Multidisciplinaria de Orienta, San Miguel, para estabilizarse con cemento se recomienda el uso del suelo del Banco de Préstamo #10 (según cuadro resumen , pag. 112) de Moncagua, San Miguel, clasificado como una arena bien graduada (SW), el cual puede utilizarse sustituyéndolo por el material existente

mezclándolo con cemento cuyo costo es de ¢200.00/m^3. Otra solución seria mezclar la arcilla con un porcentaje de agregado granular (arenas y gravas) y cemento para tratar de estabilizarla.

10. Se sugiere para futuras investigaciones tratar de estabilizar el suelo del Banco de Préstamo de la Facultad Multidisciplinaria de Oriente, San Miguel, aplicando porcentajes de cal y cemento en la mezcla.

BIBLIOGRAFIA

1. JOSE JAVIER CARDOZA LOPEZ Y OTROS (1995), Estudio de Suelo Cemento Semifluido para la Construcción de Muros de Retención y Pilas. Trabajo de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. U.E.S.

2. ROBERTO OTONIEL BERGANZA ESTRADA Y OTROS (1987), Materiales y Métodos Constructivos Para la Vivienda Marginal y Rural. Trabajo de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. U.E.S.

3. IGNACIO FRANCES FADORN Y OTRO (1976), Aplicación del Suelo Cemento a La Construcción de Vivienda Mínima. Trabajo de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. U.E.S.

4. AGUSTIN ANTONIO CASTRO Y OTROS (1970), Tecnología y Aplicaciones del Suelo Cemento, Trabajo de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. U.E.S.

5. BALLARDO ROLANDO ARRIAZA Y OTROS (1970), Tecnología del Concreto Tomo IV. El Suelo Cemento Aplicado a La Construcción de Carreteras.

Trabajo de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. U.E.S.

6. FRANCISCO MIRANDA ROMERO Y OTROS (1985), Mampostería de Suelo Cemento Para Vivienda de Bajo Costo. Trabajo de Graduación, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. U.E.S.

7. CYTRYN, S. Construcción con Tierra, Sus Principios y Aplicaciones para Viviendas. 4ª edición.

8. NELSON NAVARRO CAMPOS Y OTROS (1991), Suelo Cemento, Aplicación en Cuba.

9. HARMER E. DAVIS, GEORGE EARL TROXELL Y CLEMENT T. WISKOCIL, Ensaye e Inspección de los Materiales en Ingeniería. 3ª edición.

10. SOWERS AND SOWERS, Introducción a la Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

11. CARLOS CRESPO, Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

12. EULALIO JUAREZ BADILLO, Mecánica de Suelos.

13. DISEÑO Y CONTROL DE MEZCLAS DE CONCRETO

14. MANUAL DEL INGENIERO CIVIL.

LISTADO DE NORMAS UTILIZADAS

ASTM

C- 117	Norma para realización de análisis granulométrico por lavado.
C-150	Especificaciones estandar para cemento portland.
D-4318	Ensayo del método estandar para Limite Liquido, Limite Plástico e índice de plasticidad.
C-78	Ensayo del método estándar para pruebas de flexión de vigas de concreto con carga al tercio medio.
C-90	Prueba de Adsorción en bloques de concreto.
C-496	Método estándar de ensayo para la Resistencia a la Tensión de especímenes Cilíndricos de Concreto (Prueba Brasileña).
C-39	Método estándar de ensayo para Resistencia a la Compresión de especímenes cilíndricos de concreto.
C-143	Método estándar para la elaboración de la prueba de Revenimiento en el concreto.
C-192	Norma practica para la Fabricación y Curado en el Laboratorio de especímenes de prueba de concreto.