

T-UES  
1501  
C957v  
2000  
Ej. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
INGENIERIA CIVIL



VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA, UNA SOLUCION AL  
PROBLEMA DE INUNDACION DE LA LAGUNA EL JOCOTAL,  
CANTON EL BORBOLLON, EL TRANSITO.

PRESENTADO POR

JOSÉ ANDRÉS CRUZ LAZO  
ROBERTO EFRAÍN MELGARES SALMERÓN - *La ventura*  
ARMANDO MAURICIO MOLINA

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO CIVIL 15101845  
15101845

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2000.-

*Rec. 17 octubre 2000*



4878



**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA**

**Dra. María Isabel Rodríguez**

**SECRETARIA GENERAL :**

**Licda. Lidia Margarita Muñoz Vela**

**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

**DECANO**

**Ing. Alvaro Antonio Aguilar Orantes**

**SECRETARIO**

**Ing. Saúl Alfonso Granados**

**ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**DIRECTOR**

**Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán**



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

Trabajo de Graduación previo a la opción de:  
**INGENIERO CIVIL**

Título :

**VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA, UNA SOLUCION AL PROBLEMA  
DE INUNDACION DE LA LAGUNA EL JOCOTAL,  
CANTON EL BORBOLLON, EL TRANSITO.**

Presentado por :

**JOSÉ ANDRÉS CRUZ LAZO  
ROBERTO EFRAÍN MELGARES SALMERÓN  
ARMANDO MAURICIO MOLINA**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador :

Ing. M.Sc. Rogelio Ernesto Godínez González

Asesores :

Ing. Roberto Ottoniel Berganza Estrada  
Ing. José Miguel Landaverde Quijada

San Salvador, Octubre de 2000.

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador:

  
Ing. M.Sc. Rogelio Godínez González

Asesor:

  
Ing. Roberto Ottoniel Berganza Estrada

Asesor:

  
Ing. José Miguel Landaverde Quijada



## AGRADECIMIENTOS

Manifestamos nuestros sinceros agradecimientos a aquellas personas que nos ayudaron en el desarrollo de este trabajo, de manera muy especial al Coordinador de este Trabajo Ing. M.Sc. Rogelio Godfnez por su colaboración incondicional, apoyo, dedicación de su valioso tiempo y orientación profesional. Al equipo de Asesores, Ing. Roberto Berganza e Ing. José Miguel Landaverde, por proporcionarnos toda la ayuda posible y la dirección adecuada para el desarrollo de este Trabajo, también de manera especial a quienes aportaron conocimientos y asesoría :

Asociación de Desarrollo Comunal El Jocotal.

Ing. Alejandro Flores Bonilla, Jefe de División Riego y Drenaje. M.A.G.

Ing. Nery Saúl Guevara

SEPROBIA S.A.DE C.V.

Licda. Lidia Castillo y Srita. Sandra Batres, CEPRODE

Srita. Iliana Quijano, Biblioteca Ministerio del Medio Ambiente.

Licda. María Graciela de Magaña, PANAVIS, M.A.G.

Sr. Miguel Angel Ruíz y Sra. Vilma Henríquez, Biblioteca de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Sr. Ricardo Arévalo, Departamento de Hidrología, M.A.G.

Sr. Alirio Rosa, Departamento de Meteorología, M.A.G.

Sr. Santos Lafnez, C.N.R.

Ing. Rigoberto Quintanilla e Ing. Gladys Aguirre. Departamento de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Facultad de Agronomía. U.E.S.

Eucari Saraf Zelaya

A todos gracias.

## DEDICATORIA

Aquí alcanzo una de las metas que me he propuesto, lo he logrado a pesar de muchas adversidades que se interpusieron en mi camino, por lo que agradezco:

- A DIOS TODOPODEROSO: Por acompañarme en mis momentos de debilidad, quién me dio la fortaleza para luchar por algo que siempre soñé. Gracias Dios Padre.
  
- A TI VIRGEN MARIA: Por tu intercesión de mis peticiones ante Dios Nuestro Señor. Gracias Madre Santa.
  
- A MI PADRE: Agustín Lazo Medrano (Q.D.D.G.), por su esfuerzo y apoyo, que creyó en mí y siempre estuvo dispuesto a ayudarme a pesar de sus adversidades, gracias Papá; tu hijo ya es lo que tú querías.
  
- A MI MADRE: Clara Cruz Cruz (Q.D.D.G.), por su esfuerzo y por la confianza que siempre me tuvo, quién me daba ánimos para seguir adelante, quién siempre estuvo conmigo, y siempre está en mi corazón. Mamá tu hijo ya es lo que tú querías.



- A MIS HERMANAS: María (Q.D.D.G.), Margarita, Eugenia, Martha, Francisca y Carmen.

De manera muy especial a mi hermana Eugenia que siempre me apoyó y creyó en mí estando conmigo y dándome ánimos siempre, también a su esposo Apolinar. Hermana, te he cumplido, gracias, mil gracias. "Lo logramos"

A mi hermana Martha y a su esposo David por su apoyo y por su comprensión en las adversidades.

- A MI HERMANO: José Ignacio, que estuvo conmigo en las buenas y en las malas, hermano este triunfo también es tuyo.

- A MI ESPOSA: Ing. Delmy Nohemy González de Cruz, por su amor, su compañía y comprensión; quién soportó mis malos ratos e impaciencia producto de adversidades encontradas en el desarrollo de este documento. Amor lo logramos.

- A MIS HIJOS:

José Andrés Cruz González: Por ser quién alegra cada día de mi existencia, gracias por esperarme siempre, ya pasaremos mucho tiempo juntos.

Te quiero mucho.

Ramón Andrés, quien por circunstancias de la vida se encuentra lejos de mí, hijo te tengo siempre en mi corazón.

- A MIS SUEGROS: Dña. María Etelinda Bonilla y Don Rigoberto González Ruíz por su confianza y comprensión. Suegro he cumplido lo prometido, gracias por su comprensión.
- A TODA MI FAMILIA: Tíos, primos, sobrinos y cuñados que de una u otra forma han sido parte de este triunfo, con todo cariño, gracias por formar parte de mi vida.
- A la señorita Paola Martínez por sus consejos, apoyo moral y su amistad incondicional.
- Al Ing. M.Sc. Rogelio Godínez por encaminar de la mejor forma mis ideas para el desarrollo de este documento y porque siempre estuvo dispuesto a ayudarnos con sus conocimientos en todo lo que fuera posible. Gracias Ingeniero por su amistad y comprensión.
- A los Ingenieros Roberto Polanco, Julio Cáceres y Martín por su amistad.

OSÉ ANDRÉS.

## **DEDICATORIA**

**A DIOS TODOPODEROSO:** Por brindarme todo lo que tengo y permitir que culmine esta meta con humildad y agradecimiento.

**A ROBERTO, MI PADRE (Q.E.P.D.):** Por sus enseñanzas, por creer siempre en mí, a quien dedico de manera muy especial este triunfo. Mi mayor inspiración.

**A MARIA LUISA, MI MADRE:** Su amor y comprensión, su oportuno consejo, su sacrificio que dan sus frutos con este logro que es suyo. Te quiero mucho. Gracias Mamá.

**A MIS HERMANOS:** Anna, Jeovanny, Roberto Iván, Lisseth e Iris, por su constante apoyo y cariño. Los quiero y aprecio.

**A MIS SOBRINOS:** Roberto Iván y Jonathan Enrique por regalarme retazos de alegría en el poco tiempo que comparto con ustedes.

**A MIS ABUELOS:** Cristóbal, Cristina y Sotera, por su cariño.

**A MIS AMIGOS:** Martín, Oscar, Juan José, Ing. Nelson Vásquez(CONSULTA), Fernando, Ing. Enrique Vides(MONELCA ), por su amistad y apoyo.

A MIS COMPAÑEROS DE TESIS: José y Armando, gracias por darme la oportunidad de realizar y conseguir juntos esta meta.

A SARAI: Por su ayuda y entrega incondicional en la culminación de este Trabajo. Gracias Eu.

V.J.M.J.Ch.

TODO A JESUS POR MARIA  
Y TODO A MARIA PARA JESUS

ROBERTO EFRAIN

## **DEDICATORIA**

Hoy culmino una de las metas que me propuse a pesar de las adversidades que encontré en mi camino. Hoy tengo la oportunidad de realizarla por lo que agradezco y dedico este logro a:

**DIOS TODOPODEROSO:** De quien procede toda vida, por haberme dado la oportunidad de nacer y crecer en un seno cristiano. También por capacitarme de sabiduría y culminar mis estudios universitarios.

**A MARIA, LA MADRE DE DIOS:** que me ha enseñado a seguir los pasos de su hijo Jesucristo. Lo cual he vivido y experimentado profundamente en el movimiento "Legión de María".

**A MIS PADRES:** Cristino Moris Garay y Delmis del Carmen Molina, por su amor y sacrificio en mi formación, por estar siempre pendiente de lo que está a su disposición en ayudarme y por el apoyo que me han brindado en todas las etapas de mi vida, les quiero mucho, les dedico este triunfo que es de ustedes.

**A MIS ABUELOS:** Magdaleno (Q.D.D.G.), María, Francisco y Adela que con su cariño y comprensión han colaborado en mi crecimiento humano.

A MIS HERMANOS: Sonia, Magdalena, Esaú, Eduardo y Estefany gracias por la ayuda y comprensión que me han dado en el momento preciso, por sus expresiones de motivación que infundieron en mí para poder alcanzar esta meta.

A MI SOBRINO: Anthony Christian, Chiquitín espero logres tus metas y triunfes en la vida.

A LA FAMILIA MARROQUIN: Con mucho cariño y amor, por estar pendiente en cada momento, no sólo de mí sino también de Eduardo y Estefany, este logro también es de ustedes en especial a Mamá Tere, Rosy , Rebeca y Fidelia.

AL ING. GODINEZ: Por su gran apoyo, y orientación profesional en la realización de este Trabajo de Graduación. Gracias por su amistad.

A MIS COMPAÑEROS DE HISTORIA: José Andrés y Roberto, por su comprensión y esfuerzo en el Trabajo.

A mis amistades que me han ayudado en mi itinerario académico, principalmente a César Antonio Rivas Olivares y Sra.

D.L.S.M.

TODO A JESUS POR MARIA

ARMANDO MOLINA

# INDICE GENERAL

	PAG.No.
Resumen.....	1
Introducción General.....	i

## CAPITULO I

### ANTEPROYECTO Y GENERALIDADES

Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Planteamiento del Problema.....	4
Objetivos.....	5
Alcances.....	6
Limitaciones.....	7
Justificación del tema.....	7
Ubicación Geográfica y Localización.....	8
Areas de la zona de estudio.....	9
Régimen de Propiedad.....	9
Condiciones Socioeconómicas.....	10
Población.....	10
Educación.....	11
Salud.....	11
Vivienda.....	11

	PAG.No,
Actividades económicas.....	12
Organización.....	12
Condiciones Socioambientales.....	13
Deterioro Ambiental.....	13
Calidad del Agua.....	14
Análisis Químico.....	14
Análisis Bacteriológico.....	17
Análisis Físico Químico.....	18
Acumulación de Sedimentos.....	18
Flora.....	19
Fauna.....	21
Hábitat de las aves en la Laguna El Jocotal.....	24
Condiciones Socioculturales.....	25
Valores Sociales y Culturales.....	25
Usos actuales de los alrededores de la Laguna El Jocotal.....	26
Inundaciones.....	27
Inundación, Hombre y Desastres.....	28
Clasificación de las Inundaciones.....	29
Inundación en Ciudad.....	30
Ocurrencia de las Inundaciones.....	31
Impactos de la Inundación.....	31



	PAG No.
Riesgos.....	33
Desastres.....	35
Consecuencias de las Inundaciones.....	36
Vulnerabilidad de la zona.....	36
Inundación y Deforestación.....	38

## CAPITULO II

### ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA EL JOCOTAL

Introducción.....	40
Generalidades de la cuenca de la Laguna El Jocotal.....	41
Características principales de la cuenca.....	41
Características Físicas.....	43
Morfología del Area de Estudio.....	50
Geología.....	50
Historia Geológica de El Salvador.....	51
Formaciones Geológicas en la zona.....	53
Suelos.....	54
Usos Generales de suelos.....	54
Vocación y Capacidad Agrícola.....	58

	PAG No.
Uso Actual.....	58
Fisiografía de los Suelos.....	58
Clima.....	60
Vegetación.....	63
Impacto Ambiental.....	63
Análisis de Precipitación.....	65
Estaciones.....	66
Eventos Importantes.....	68
Análisis de Escorrentía Superficial.....	69
Componentes de la Escorrentía.....	71
Influencia del Río Grande de San Miguel.....	73
Características del cauce del Río Grande de San Miguel.....	75
Instalaciones en el Desagüe de la Laguna El Jocotal.....	77
Condiciones Hidráulicas.....	77
Contaminación del agua del Río Grande.....	77
Condiciones de Inundación.....	80
Métodos para determinar el caudal de escorrentía máxima.....	81
Caudal de Escorrentía.....	81
Método Racional para el cálculo del caudal de salida de una cuenca.....	83
Tiempo de Concentración.....	85
Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia.....	85

	PAG.No.
Cálculo del Coeficiente y caudal de escorrentía.....	91
Estudio Hidrogeológico.....	95
Hidrología Subterránea.....	95
Distribución de los estratos acuíferos.....	95
Tipos de acuíferos.....	97
Influencia del Manto acuífero.....	98
Erosión Superficial y Sedimentación.....	98
Nivel de Aguas Máximas.....	101
Interpretación de Resultados.....	109
Conclusiones.....	109
Recomendaciones.....	110

### CAPITULO III

#### SUELOS DE CIMENTACION EN LA COMUNIDAD EL BORBOLLON, LAGUNA EL JOCOTAL

Introducción.....	112
Propiedades Físicas y Mecánicas de los Suelos.....	113
Importancia de las Propiedades Índice.....	113
Principales tipos de suelos.....	114
Clasificación de Suelos.....	116

	PAG. No
Suelos Gruesos.....	117
Grupo GW – SW.....	118
Grupo GP-SP.....	118
Grupo GM-SM.....	119
Grupo GC-SC.....	119
Suelos Finos.....	120
Grupo CL-CH.....	121
Grupo ML-MH.....	122
Grupo PT.....	122
Identificación de los Suelos Superficiales.....	123
Requerimiento de los suelos para la propuesta de vivienda.....	129
Exploración del Subsuelo y muestreo de suelos para cimentación.....	129
Exploración del Subsuelo.....	129
Muestreo de suelos.....	131
Métodos de sondeo.....	132
Prueba de Penetración Estándar.....	133
Trabajo de campo.....	134
Ensayos de Laboratorio.....	134
Clasificación de suelos encontrados mediante la prueba SPT.....	135
Correlación entre N y compacidad del suelo.....	136
Contenido de Humedad.....	137

	PAG No.
Resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.....	138
Prueba directa de resistencia al esfuerzo cortante.....	139
Prueba de Compresión Triaxial.....	141
Cálculo de las Propiedades Indice.....	143
Sistema de Cimentación.....	150
Interpretación de Resultados.....	156
Prueba de Penetración Normal.....	156
Potenciabilidad.....	159
Alternativas.....	159
Criterios.....	160
Prueba Triaxial.....	160
Conclusiones .....	162
Recomendaciones.....	163

#### **CAPITULO IV**

#### **PROPUESTA DE SOLUCION Y DISEÑO DE VIVIENDA EN SISTEMA DE PLATAFORMA**

Introducción.....	165
Diagnóstico Técnico de la zona para la propuesta.....	166
Parámetros Hidrológicos.....	167

	PAG. No.
Propiedades Mecánicas de los suelos.....	167
Propuestas de Alternativas .....	168
Vivienda unifamiliar sobre plataforma.....	168
Centro de resguardo sobre plataforma.....	172
Reubicación definitiva.....	173
Plataforma.....	174
Unidad de Vivienda.....	175
Materiales.....	175
Costos.....	176
Diseño de Alternativas seleccionada .....	185
Predimensionamiento.....	185
Diseño de cimentación para la vivienda en función del estudio de suelos.....	188
Autoconstrucción.....	215

## CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	222
Recomendaciones.....	227
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>232</b>

## ANEXOS

	PAG No.
1.1 Glosario.....	240
2.1 Clasificación Pedológica de los suelos.....	243
2.2 Pasos a seguir para desarrollar un estudio hidrológico.....	245
3.1 Prueba de Penetración estándar(Procedimiento).....	246
3.2 Prueba de compresión Triaxial(Procedimiento).....	249
3.3 Resultados obtenidos de la Exploración de suelos en la Comunidad El Borbollón, Laguna El Jocotal.....	254
3.4 Esquema de pasos a seguir para la preparación de la prueba Triaxial.....	270
3.5 Gráfico de contenido de humedad y No. de sondeos 1, 2 y 3.....	266
4.1 Tablas de constantes de diseño para columnas.....	271
4.2 Tabla de coeficientes para tableros de losa( para diseño).....	272
4.3 Especificaciones Técnicas.....	273
4.4 Ilustraciones fotográficas.....	278
4.5 Planos.....	282

## APENDICE

# INDICE DE TABLAS

## CAPITULO I

### ANTEPROYECTO Y GENERALIDADES

No.		PAG.No.
1.1	Resultados del Análisis Químico en dos estaciones.....	15
1.2	Resultados del Análisis Bacteriológico en tres estaciones.....	16
1.3	Resultados Físico-Químicos. Estación La Monca.....	18
1.4	Resultados Físico-Químicos. Estación Puerto Viejo.....	18

## CAPITULO II

### ESTUDIO HIDROLOGICO E HIROGEOLOGICO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA EL JOCOTAL

2.1	Determinación del área de la cuenca.....	44
2.2	Cálculo de elevación media.....	46
2.3	Longitud de curvas.....	47
2.4	Geología Local.....	53
2.5	Clases de tierra de acuerdo a su capacidad agrícola.....	58
2.6	Nomenclatura de vegetación.....	58
2.7	Areas de vegetación.....	64
2.8	Inundaciones anteriores por orden magnitud.....	69



No.	PAG.No.
2.9	Areas inundadas en km <sup>2</sup> .....69
2.10	Nivel de piso de aguas de la Laguna El Jocotal .....79
2.11	Tabla de intensidades máximas de precipitaciones absolutas..... 86
2.12	Cálculo de probabilidad de ocurrencia..... 88
2.13	Datos de intensidad de diseño(Tr = 25 años).....88
2.14	Pendiente de terreno de la cuenca de La Laguna El Jocotal.....92
2.15	Valores del coeficiente de escorrentía.....94

### **CAPITULO III**

#### **SUELOS DE CIMENTACION DE LA COMUNIDAD EL BORBOLLON, LAGUNA EL JOCOTAL**

3.1	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.....119
3.2	Consistencia de suelos cohesivos.....137
3.3	Compacidad de suelos granulados.....137
3.4	Contenidos de humedad.....137
3.5	Capacidad de carga de suelos encontrados.....138
3.6	Propiedades Indices de las muestras.....145
3.7	Profundidad con baja capacidad de carga.....157

## **CAPITULO IV**

### **PROPUESTA DE SOLUCION Y DISEÑO DE VIVIENDA EN SISTEMA DE PLATAFORMA**

<b>No.</b>	<b>PAG.No.</b>
4.0 Costo de vivienda sobre plataforma.....	184
4.1 Factores de seguridad para diversos tipos obra.....	192

## **INDICE DE FIGURAS**

### **CAPITULO I**

#### **ANTEPROYECTO Y GENERALIDADES**

1.1 Mapa de la laguna con las estaciones de muestreo.....	17
---	----

### **CAPITULO II**

#### **ESTUDIO HIDROLOGICO E HIROGEOLOGICO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA EL JOCOTAL**

2.1 Parteagua de la cuenca.....	43
2.2 Mapa Geológico.....	53
2.3 Uso existente de suelos de la cuenca.....	55
2.4 Uso actual de suelo en el área de inundación.....	59
2.5 Variaciones de temperatura.....	62
2.6 Areas inundadas.....	70
2.7 Sistema de Río Grande de San Miguel.....	74

No.	PAG.No.
2.8	Estructuras existentes para el control de inundaciones.....78
2.9	Tiempo de concentración.....84
2.10	Gráfico de Probabilidad de no ocurrencia.....89
2.11	Curva I.D.F.....90
2.12	Nomograma de Ven Te- Chow.....93
2.13	Distribución de los estratos acuíferos subterráneos.....96
2.14	Sección de control 1 y Sección de control 2.....103
2.15	Gráfico curva de descarg natural de sección 1.....107
2.16	Gráfico curva de descarga natural de sección 2.....108

### CAPÍTULO III

#### SUELOS DE CIMENTACION DE LA COMUNIDAD EL BORBOLLON,

#### LAGUNA EL JOCOTAL

3.1	Carta de plasticidad .....121
3.2	Identificación de suelos superficiales.....126
3.3	Identificación de suelos superficiales.....127
3.4	Identificación de suelos superficiales.....127
3.5	Identificación de suelos superficiales.....128
3.6	Identificación de suelos superficiales.....128
3.7	Esquema del aparato de simple corte directo.....140
3.8	Diagrama de las características principales del aparato triaxial.....143
3.8.1	Gráfico resistencia al corte de suelos.....149

3.9	Sistema de cimentaciones.....	151
3.10	Losa de fundación.....	153
3.11	Muro de fundación.....	154
3.12	Cimentación para pilotes adaptada de Crespo.....	155
3.13	Zapata aislada adaptada de Crespo.....	155

#### **CAPITULO IV**

#### **PROPUESTA DE SOLUCION Y DISEÑO DE VIVIENDA EN SISTEMA DE PLATAFORMA**

4.1	Zonificación.....	169
4.2	Planta Arquitectónica.....	180
4.3	Planta de losas y vigas.....	197
4.4	Detalle de acero de refuerzo longitudinal.....	187
4.5	Detalle de acero de refuerzo transversal.....	187
4.6	Factores de capacidad de carga aplicados a la teoría de Terzaghi.....	199
4.7	Factores de correlación para diseño de zapata.....	204

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

A.D.C.J.:	Asociación de Desarrollo Comunal El Jocotal
I.D.E.A.:	Asociación Iniciativa para el Desarrollo Alternativo
F.I.A.E.S.:	Fondo Iniciativa para las Américas
O.M.S.:	Organización Mundial para la Salud
R.E.D.S.E.S.:	Reglamento de Emergencia de Diseño Sísmico de la República de El Salvador
A.S.T.M.:	American Society Testing Materials
A.C.I.:	American Concrete Institute
S.U.C.S.:	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
N.M.P.:	Número más probable
N.A.M.E.:	Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias

## SIMBOLOGIA

- Pc: Perímetro de la cuenca ( Km )
- Lc: Longitud del cauce mas largo ( Km )
- Em: Elevación media de la cuenca ( m.s.n.m.)
- em: Elevación media entre dos curvas. (m.s.n.m. )
- Ac: Area entre dos curvas de nivel ( Km<sup>2</sup>)
- At: Area de la cuenca ( Km<sup>2</sup>)
- Sm: Pendiente media de la cuenca
- D: Intervalo entre dos curvas de nivel consecutivo (Km)
- Lb: Longitud de la misma desde la salida hasta el límite de la cuenca, cerca de la cabecera del cauce más largo a lo largo de una línea recta.
- Kc: Coeficiente de compacidad.
- Q: Caudal ( m<sup>3</sup>/s )
- C: Coeficiente de escorrentia
- I: Intensidad de lluvia ( mm/min )
- Tc: Tiempo de concentración ( horas )
- F: Probabilidad de ocurrencia
- m: Posición que ocupa una determinada intensidad.
- n: Número de datos
- f: Probabilidad de no ocurrencia

I-D-F: Curvas intensidad duración y frecuencia

P: Diferencia entre el punto más alto y el punto más bajo

C<sub>may</sub>: Curva mayor

C<sub>men</sub>: Curva inferior

q<sub>c</sub>: Capacidad de carga del suelo ( Ton/m<sup>2</sup> )

N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N : Coeficiente adimensional

D<sub>f</sub>: Nivel de desplante ( m )

q<sub>adm</sub>: Capacidad admisible del suelo ( Ton/m<sup>2</sup> )

q<sub>neto</sub>: Capacidad neta del suelo (Ton/m<sup>2</sup> )

f.s.: Factor de seguridad

B: Longitud menor de la zapata ( m )

L: Longitud mayor de la zapata ( m )

C: Cohesión ( Ton/m<sup>2</sup> )

P<sub>(s+z)</sub>: Presión del suelo más zapata (Ton/m<sup>2</sup> )

A<sub>req</sub>: Area requerida

P: Carga ( Ton )

e: Excentricidad ( m )

V<sub>u</sub>: Cortante

ϕV<sub>c</sub>: Contribución del concreto

A<sub>crít.</sub>: Area crítica

A<sub>t</sub>: Area total

M<sub>u</sub>: Momento último

$f'_c$ : Fluencia del concreto

$f'_y$ : Fluencia del acero

As: Area de acero

d: Peralte efectivo

h: Altura



## RESUMEN

En este Trabajo de Graduación "Vivienda sobre plataforma, una solución al problema de inundación de la Laguna El Jocotal, Cantón El Borbollón, El Tránsito" , se describe la cuenca de la Laguna El Jocotal, su ubicación geográfica y localización. Su régimen de propiedad referente a los cuerpos de agua continentales afectados por la naturaleza y el hombre llevando al deterioro del hábitat de las especies de fauna y flora, y de las tierras del área circundante a la laguna, impactando en educación, salud, vivienda y organización, etc., de la población.

A partir de la cuenca se realiza el estudio hidrológico, morfología, geología, suelos, clima y vegetación. Con los datos de precipitación y aplicando el Método Racional se obtiene el caudal de escorrentía máximo  $Q_{\text{máx}} \text{ total} = 10,696.55 \text{ m}^3/\text{seg}$ , (caudal recolectado por la cuenca de la Laguna más el aportado por la cuenca del Río Grande de San Miguel, aguas arriba de la laguna) luego se obtiene el nivel de aguas máximas,  $Y_{\text{máx}} = 3.2$  metros, este valor se obtiene tomando en cuenta la influencia del Río Grande de San Miguel que durante la temporada lluviosa provoca el desbordamiento de la laguna causando inundaciones que año con año afecta a la Comunidad que vive en sus alrededores tanto en sus bienes materiales como en salud por la propagación de enfermedades a través de la contaminación del agua que consumen como por la proliferación de vectores que se desarrollan en las aguas retenidas.

Se describen los tipos de suelos más comunes que se encontraron en la exploración de suelo del área adyacente a la laguna El Jocotal; para los suelos de cimentación se determinaron sus características físicas y mecánicas, siendo las más importantes el peso volumétrico del suelo ( $1.57 \text{ gr/cm}^3$ ), el ángulo de fricción interna ( $\phi = 28.69^\circ$ ) y la cohesión dio como resultado igual a cero; a partir de estos datos se obtuvo la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos mediante la prueba triaxial no confinada no drenada. Además se determinó la capacidad de carga del suelo ( $0.6\text{-}1.8 \text{ kg/cm}^2$ ) mediante la prueba de penetración estándar normal; que se determinó la zona adecuada para cimentar el modelo de vivienda propuesta,  $6 \times 8 \text{ m}^2$  ó  $6 \times 24 \text{ m}^2$ .

Los parámetros hidrológicos ( $Y_{\text{máx}} = 3.2 \text{ m}$  y  $Q = 10696.55 \text{ m}^3/\text{seg}$ ) y las propiedades mecánicas del suelo, son importantes para determinar la altura ( $2.70 \text{ m}$ ), a la que se colocará la plataforma para librar la vivienda de las inundaciones y para diseñar el sistema de cimentación para los suelos encontrados respectivamente. Para el diseño del sistema de fundación se adaptó la teoría del Dr. Karl Terzaghi y sus criterios para el dimensionamiento de las zapatas ( $1 \times 1 \text{ m}^2$ ) y refuerzo para las mismas de manera que distribuyan los esfuerzos provenientes de una estructura sin que sobrepase el esfuerzo admisible por el suelo. ( $1.8 \text{ kg/cm}^2$ )

Para las condiciones de inundación y tradiciones y costumbres de las personas afectadas de la Comunidad El Borbollón, se propone un modelo de vivienda con un modelo de  $6.0$  metros de frente por  $8.0$  metros de fondo, cuenta con 2 dormitorios, cocina, sala y una terraza o corredor techado.

Realizado el diseño estructural respectivo desde zapata a plataforma, se puede decir que la vivienda contará con la seguridad y estabilidad requerida para el ambiente que se propone; siempre que se de el uso para el cual ha sido diseñada y se construya según especificaciones técnicas que se presentan en el anexo (pág.273). Desde el punto de vista económico la vivienda no resulta muy costosa ( hasta ¢70,408.75) si se toma en cuenta los beneficios que traerá con el tiempo, y ya no tendrían que ser evacuados año con año, ni perder sus pertenencias por inundación de su vivienda. Con este proyecto se logra que las personas de la Comunidad El Borbollón permanezcan cerca de su vecindario cotidiano, al adoptar el modelo de vivienda propuesto y cumpliendo con los términos bajo los cuales se diseñó. Esta propuesta puede constituir la alternativa modelo a tomar en cuenta para resolver problemas similares de inundación lenta en otros lugares del territorio nacional para aquellas personas de bajos recursos y áreas que son muy populosas ubicadas en áreas muy planas de drenajes pobres.

## INTRODUCCION

En este Trabajo de Graduación, se desarrolla la propuesta de vivienda sobre plataforma, como una solución al problema de inundación lenta causada por la Laguna El Jocotal a la Comunidad El Borbollón, pretendiendo que las personas afectadas no se alejen de su sitio de permanencia. Para llevar a cabo esta propuesta fue necesario realizar un diagnóstico de las condiciones en que viven las personas afectadas, para adaptar el modelo de vivienda a sus costumbres y tradiciones, esto se desarrolla en el Capítulo I. Se presenta el estudio y procedimiento para determinar el nivel de aguas máximas de la laguna para un fenómeno con período de retorno de 25 años, en el Capítulo II. Se realizó un estudio geotécnico, de los suelos del lugar, correlacionando la Hidrogeología para definir la zona apropiada para la sustentación de la plataforma de la vivienda, en el Capítulo III. Basados en los resultados obtenidos de los estudios hechos, se realizó el diseño estructural de la vivienda propuesta; teniendo en cuenta las condiciones a que estará sujeta y para que preste la seguridad y estabilidad necesaria; esto se desarrolló en el Capítulo IV. Del análisis de las diferentes etapas del desarrollo de la propuesta se concluye que a pesar de la inundación las personas pueden prever pérdidas futuras recomendando para esto que para mantenerse en el lugar se deben hacer los estudios correspondientes como se presenta en el Capítulo V.

Se espera que esta propuesta sea adoptada por poblaciones que viven en condiciones de inundación similares a la Comunidad El Borbollón pero que deberán realizar los estudios y análisis respectivos para la zona en particular como los que se llevaron a cabo en este estudio.

# **CAPITULO I**

## **ANTEPROYECTO Y GENERALIDADES**

## **1.0 INTRODUCCION**

En el país las inundaciones son un problema común en la época de invierno con lluvia extremas debido al relieve de las áreas y la deforestación, teniendo como consecuencia el deterioro y extinción de los recursos naturales.

En las áreas bajas o planas generalmente se encuentran asentamientos humanos, conviviendo con la naturaleza directamente. Estos lugares normalmente constituyen zonas colectoras de agua de precipitaciones que bajan de las laderas de las cuencas tal como ocurre en el Cantón El Borbollón ubicado en el Municipio de El Tránsito, Departamento de San Miguel.

Cuando la escorrentía superficial genera creciente de agua escurrida, al acumularse, esta define una lámina de agua desde la superficie del suelo donde se encuentran las viviendas y ha sobre pasado el nivel de los pisos de ellas, afectando no sólo la permanencia de las personas en sus moradas sino también los pocos bienes materiales que les sirven para subsistir, a la vez que les genera las pérdidas de productos agrícolas que siembran en la época, sin poder cosechar, y el ahogamiento de animales domésticos. Además la flora y fauna silvestre como otras especies son impactados.

Con este proyecto de vivienda sobre plataforma se busca disponer de una alternativa de seguridad al problema de viviendas inundadas que permitan mejorar las condiciones de vida de la población que las habita. Además evitaría daños y pérdidas materiales y humanas debido a la inundación.

## 1.1 ANTECEDENTES

América Latina, debido a su clima tropical es una de las regiones que siempre ha sido afectada por las inundaciones causadas por precipitación pluvial excesiva que normalmente acompaña a las tormentas tropicales y huracanes. Sin embargo existen otros factores que no están directamente relacionados con los fenómenos meteorológicos, pero que también son determinantes. Entre estos factores se encuentran: las obstrucciones en los cauces naturales, la presencia de represas, los azolvamientos en los cauces de ríos o lagos, los cambios en el nivel del agua, los deslizamientos de tierra, la fisiografía de los terrenos y la cubierta vegetal, provocando el desbordamiento de cuerpos de agua, tales como ríos, quebradas, lagunas y en algunos casos, esteros, ocasionando destrucción de viviendas, cultivos, suelos, fauna y flora de la zona que varían de acuerdo a la magnitud del evento y a las condiciones de vulnerabilidad de la población.

Hasta ahora no se ha avanzado mucho en el conocimiento de los desastres naturales de la época histórica, por lo que se desconocen las formas en que los asentamientos humanos de la sociedad indígena (1500 D.C.) ,se enfrentó a ellos, con adaptación de las actividades económicas , sociales y culturales producto de varios años de residencia en el lugar <sup>1</sup>.

Durante los dos primeros siglos de dominio colonial (1600-1700) y las

---

<sup>1</sup> Romano ,Luis Ernesto. (1983) CEPRODE. Historización de desastres naturales Pág. 8-9



primeras décadas de la independencia (1821-1841) las inundaciones, han sido relativamente escasas (?) pero aún así hay registros de dos tipos de inundación: una como consecuencia de la erupción del volcán de San Salvador, obstruyendo el cauce del Río Sucio por efecto de derrame de lava en 1658 (Larde y Larín, 1978; pág.68), y la otra atribuible exclusivamente a eventos de carácter hidrometeorológicos en 1962 <sup>2</sup> (Larde y Larín 1978; p. 84) . Esta última es la que afecta a las comunidades como es el caso de la Comunidad El Borbollón , debido a la influencia de la Laguna El Jocotal que, presenta variaciones en el nivel del espejo de agua debido a fenómenos meteorológicos y de fuertes precipitaciones, además, la influencia del Río Grande de San Miguel y nacimientos de aguas subterráneas provenientes de las faldas del Volcán Chaparrastique producen inundaciones en época de lluvia en las zonas bajas, afectando a unas cincuenta familias de la zona baja teniendo que ser evacuadas de sus áreas de asentamientos, constituyendo un problema para reubicarlos. Sus viviendas son construídas de sistema mixto, a excepción de algunas que están elaboradas de carrizo y tule, que son recursos naturales que los pobladores obtienen de la isla de La Laguna.

El proyecto de viviendas sobre plataforma prevé que los pobladores, que son aproximadamente 50 familias o sea, unas 300 personas no sean reubicadas siempre que sus viviendas sean inundadas, además de reducir la pérdida de sus

---

<sup>2</sup> Ibid pág.13

pertenencias.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las inundaciones afectan al país debido a las fuertes precipitaciones, desbordamientos de ríos, lagos y lagunas, arrastran gran cantidad de partículas sólidas depositándose en el suelo ocasionando grandes estragos.

La Laguna El Jocotal presenta variaciones en el nivel de su espejo de agua que provoca el desbordamiento de la misma debido a fenómenos meteorológicos y fuertes precipitaciones como las que provocó el huracán Fifi en 1974, y la tormenta tropical Mitch en 1998, produciendo la saturación de los suelos, etc. Otros factores que influyen son la Morfología de la zona que presenta relieves planos, las altas recargas hídricas que provienen principalmente del Volcán Chaparrastique en forma superficial y subterránea y la influencia del Río Grande de San Miguel que en la época lluviosa, cuando crece, provoca el desbordamiento de su cauce, todo lo anterior incide en el incremento de agua de la Laguna El Jocotal lo cual conlleva a que cuando se da una inundación, la comunidad del Cantón El Borbollón tiene problemas que la población sufre como los siguientes:

- 1- Las emanaciones húmedas provocan el brote de diferentes tipos de enfermedades debido a la reacción del cuerpo humano según el estado de salud de cada persona; entre ellas, enfermedades respiratorias, de la piel y

gastrointestinales.

2- La falta de disponibilidad de agua potable para diferentes usos, principalmente para consumo humano y doméstico.

3- El problema de los desechos sólidos en el momento de la inundación como excretas, basura, etc., lo cual podría ser previsible.

4- La conservación de los alimentos debido a los altos niveles de humedad.

En la Laguna El Jocotal se estudiará la alternativa de construir viviendas sobre plataforma (tipo muelle) para proporcionar una solución al problema de las viviendas que se inundan.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL:**

- Elaborar un modelo de la vivienda sobre plataforma, tipo muelle, en zonas inundables por la influencia de la Laguna El Jocotal en el Cantón El Borbollón, jurisdicción de El Tránsito, Departamento de San Miguel.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Proponer una vivienda que preste la seguridad, en la medida de lo posible, en cualquier época del año evitando pérdidas personales y

materiales ocasionadas por el aumento del nivel de las aguas acumuladas por fuertes precipitaciones.

- Realizar estudios hidrológicos y de suelos para obtener parámetros que ayuden a definir la propuesta de vivienda sobre plataforma.
- Identificar los distintos materiales existentes en la zona para la elaboración de las viviendas, y así obtener un diseño a bajo costo.

#### **1.4 ALCANCES.**

En la zona de inundación en la Laguna El Jocotal, se determinará el nivel de la lámina de inundación máxima, también el tipo de suelo para proponer la cimentación adecuada a la vivienda modelo, presupuestando una vivienda segura utilizando los materiales adecuados para la intemperie a que estarán sujetos y que resultan económicos, ya que se prevé disminuir los daños que puedan causar las inundaciones lentas en las comunidades. Además, se prevé orientar a las comunidades que son afectadas para que adopten la alternativa propuesta de vivienda.

## **1.5 LIMITACIONES**

La disponibilidad de registros sobre información climatológica, meteorológicas y planos actualizados de la cuenca de la laguna y de esta misma para facilitar el desarrollo de los estudios a realizar; a la vez, información de por lo menos 20 años y de fenómenos relevantes como el Fifi (1974) y el Mitch (1998).

## **1.6 JUSTIFICACIÓN DEL TEMA**

En la época lluviosa muchas personas se ven afectadas por las inundaciones que se generan, más que todo cuando ocurren fenómenos tropicales como el Fifi en 1974 y Mitch en 1998, etc. pero en algunos casos estas personas permanecen en el lugar del desastre aún sabiendo el peligro que les acecha, ya sea por estar acostumbradas a esa zona, por estar cerca de su fuente de trabajo en la explotación de los recursos naturales del lugar como: la pesca y la agricultura para su propia alimentación y comercio constituyendo su mayor fuente de ingreso , plantas marginales como el carrizo para la elaboración de artesanías y entre otras el cultivo de huevos de pichiche mediante cajas de anidación. Otro de los motivos por lo que no quieren ser reubicados es que no van a recibir la misma área de terreno que poseían inicialmente.

El proyecto proporcionará a estas personas la disponibilidad de seguir

desarrollando sus actividades en sus terrenos de permanencia , en condiciones más seguras; también disminuirá en parte el aumento de la pobreza de las personas afectadas por las inundaciones, ya que no tendrán que estar reconstruyendo sus viviendas año con año, la vivienda sobre plataforma evitaría las evacuaciones de personas a instalaciones públicas, lo cual provoca hacinamientos dando lugar al desarrollo y contagio de enfermedades volviéndose áreas epidémicas.

## **1.7 UBICACION GEOGRAFICA Y LOCALIZACION**

La Laguna El Jocotal es parte del ecosistema natural del país, donde se han acumulado sedimentos, variedad de plantas acuáticas y existe una alta productividad y diversidad biológica muy particular<sup>3</sup>. La laguna El Jocotal es jurisdicción del Municipio de El Tránsito en el Departamento de San Miguel, a unos 20 kilómetros al sudoeste de la ciudad de San Miguel, ubicada en la región oriental de la República de El Salvador<sup>4</sup>. Constituye un refugio de vida silvestre, consta de 1571 Hectáreas en época lluviosa y 900 Hectáreas en época seca, éstas últimas mantenidas por afloramientos de agua del subsuelo del Volcán Chaparrastique, localizado al norte de ella; se encuentra en la planicie de inundación del Río Grande de San Miguel, el cual en la época de lluvias, arrastra sedimentos de origen

<sup>3</sup> U.I.C.N. O.R.M.A. Guía del Sendero Interpretativo Acuático Laguna El Jocotal Pág.1

<sup>4</sup> M.A.G. PANAVIS Laguna El Jocotal, El Salvador Pág.10

volcánico y aluvial:

La laguna El Jocotal geográficamente está localizada a 13°15' Latitud Norte y 88°16' Longitud Oeste. Se encuentra a 20 metros sobre el nivel del mar, sobre un valle limitado al norte por el Volcán Chaparrastique y al sur por las colinas Jucuarán<sup>5</sup>. Está comprendida dentro de la zona de vida determinada por Holdridge (1975)<sup>6</sup> como bosque Húmedo Subtropical Caliente (bh- s(c)), con temperatura media anual de 26°C, humedad relativa media anual de 70%, luz solar promedio anual de 8.5horas/días; "brisa muy débil", durante todo el año, con velocidad máxima de 9km./hora y mínima de 5.8km./hora; evaporación potencial de la lámina de agua es de 2202.3mm(evaporación durante la lluvia más la evaporación permanente de la laguna) y precipitación media anual de 1750mm(Gómez 1986)<sup>7</sup>.

### **1.7.1 Areas de la zona de estudio**

#### **1.7.1.1 Régimen de Propiedad**

##### **A) DEL SITIO :**

Los cuerpos de agua continentales son de propiedad estatal<sup>8</sup>. Las tierras al Sur de la laguna en su mayoría son propiedad privada, excepto una pequeña franja en el área norte que ocupan las Comunidades de El Borbollón y la Curruncha, en la

<sup>5</sup>SEMA Convenio Ramsar, ficha técnica, Laguna El Jocotal El Salvador Pág.2

<sup>6</sup>Ibid pág. 2

<sup>7</sup>Diario Oficial San Salvador Julio 29 de 1998 Tomo 340 Número 142 pág. 4

<sup>8</sup> Art.84 Constitución Política de El Salvador.

superficie de las coladas de lava del Volcán Chaparrastique, San Miguel. La mayoría de pobladores de la Comunidad El Borbollón carecen de documentación que demuestre la propiedad, estas tierras son de propiedad municipal.

#### B) DEL AREA CIRCUNDANTE :

Todas las tierras del área circundante a la Laguna son privadas. La mayoría son latifundios dedicados a la ganadería y a la agricultura, maíz principalmente, caña de azúcar, sandía, etc.; el área adyacente a la Laguna, en su vertiente noreste, la ocupa el ganado.

### **1.7.2 Condiciones Socioeconómicas**

#### **1.7.2.1 Población**

Dentro del área de estudio se encuentra el caserío El Borbollón Jurisdicción de El Tránsito en el Departamento de San Miguel, en el Oriente del país. Aproximadamente residen 500 familias, es decir entre 2500 a 3000 habitantes. La población local vive de la pesca; otros recursos naturales de la laguna son aprovechados, por ejemplo las plantas de donde se elaboran tapexcos<sup>9</sup> para uso del hogar. Las especies de avifauna son las más características, pues están en el cuerpo de agua más importante de El Salvador en la ruta de las aves migratorias. El pichiche, como es conocido, es la especie de pato más abundante y es utilizado

<sup>9</sup> tapexco: utensilio echo de madera que sirve en el hogar para guardar productos alimenticios.



para la alimentación<sup>10</sup>.

### **1.7.2.2 Educación**

En la zona, sólo existe la Escuela Rural Mixta Caserío El Borbollón que atiende de Parvularia a noveno grado por el día. Hasta 1999 existió una sección nocturna que atendía de primero a sexto grado para alfabetización de adultos.

### **1.7.2.3 Salud**

Cuentan con una Unidad de Salud donde sólo hay una promotora de salud que atiende las necesidades de la población, pues no hay médicos ni paramédicos, y cuando se da una emergencia, se traslada el paciente hasta la ciudad de Usulután o San Miguel.

### **1.7.2.4 Vivienda**

Las casas de la comunidad están construídas de sistema mixto con un 60% y 40% de bahareque. Un 30% de las casas cuentan con pozos y bombas de mecate para extraer agua, y un 90% poseen letrinas de fosa que en época lluviosa

---

<sup>10</sup> U.I.C.N(1999) Humedales de Mesoamérica Sitios Ramsar de C.A. Y México pág.36

tienden a inundarse y las excretas salen contaminando las aguas y el medio ambiente<sup>11</sup>.

#### **1.7.2.5 Actividades Económicas.**

La pesca artesanal es la actividad principal, hay 173 pescadores que lo hacen con cordel, trasmallos, arpón y principalmente atarrayas, efectuándolo en lanchas de fibra de vidrio y de madera por turnos, y se distribuyen según sus habilidades. Hay otras actividades como la venta de pescado, unas 25 personas se dedican a la comercialización del producto ya sea fresco o frito en comedores del lugar. La explotación de piedra volcánica en el área con menos riesgo a las inundaciones se comercializa a ¢90 por camionada de 6 m<sup>3</sup>, vendiéndose en un día 10 camionadas aproximadamente; también la producción agrícola y ganadera. Los ingresos por la pesca varía de ¢1000 a ¢2000 por pescador, al mes dependiendo si es época de abundancia o de escasez.

#### **1.7.2.6 Organización.**

Tienen la Asociación de Desarrollo Comunal El Jocotal(A.D.C.J.) que representa a la Comunidad El Borbollón, dirigida por la Junta Directiva, ésta cuenta

---

<sup>11</sup> Datos de campo obtenidos en la Comunidad El Borbollón

con personería jurídica la cual es reconocida por las autoridades del Municipio de El Tránsito<sup>12</sup>. Entre las actividades prioritarias preliminares se estableció un sistema de vigilancia forestal y de vida silvestre para evitar la cacería y la tala de árboles de los alrededores. Cultivar árboles en zonas adyacentes a la Laguna, en especial en áreas de potreros donde se encuentra totalmente deforestada la región, esto podría aumentar el hábitat de anidación de los patos silvestres y permitir aumentar su reproducción<sup>13</sup>.

### **1.7.3 Condiciones Socioambientales**

La laguna El Jocotal, está comprendida entre los ecosistemas naturales más distintivos del área y de "edad madura", afectada por condiciones socio ambientales tales como: La sobrepesca, la falta de veda, el deterioro ambiental, y de la calidad del agua; acumulación de sedimentos y plantas acuáticas<sup>14</sup>.

#### **1.7.3.1 Deterioro Ambiental**

A la estabilidad de la laguna en su cuerpo de agua la afecta la falta de bosques, así como las actividades desarrolladas por el hombre, y el desborde

<sup>12</sup> Testimonios de pobladores de la comunidad El Borbollón

<sup>13</sup> Diario Oficial San Salv. Julio 29 de 1998 Tomo 340 Número 142 pág.5

<sup>14</sup> Benítez, Manuel (1986) PANAVIS. Conservación de los Humedales y el des. sostenido en A.L. pág.1

ocasionado por el Río Grande de San Miguel lo cual conlleva a un deterioro del hábitat de las especies de fauna y flora de la laguna.

### **1.7.3.2 Calidad del Agua**

La laguna el Jocotal constituye un reservorio de "agua fresca" con capacidad promedio de 26,000,000 metros cúbicos para la actividad pesquera y agroindustrial<sup>15</sup>, según análisis químico, bacteriológico y físico químico realizados en las estaciones El Borbollón (M1), La Monca (M2), El Desagüe (M3) y Puerto Viejo(M4) (Figura 1.1) efectuados por I.D.E.A.(Asociación Iniciativa para el desarrollo Alternativo) y F.I.A.E.S. (Fondo Iniciativa para las Américas) sugirieron proteger el nacimiento de agua llamado El Borbollón. Para el manejo del agua es importante, que sus índices de contaminación orgánica<sup>16</sup> (turbidez, color, sabor, etc.), de sustancias cancerígenas e índices de contaminación organoléptica, sean prácticamente nulos, por tanto es vital conservarla como un cuerpo de agua que sirva para consumo humano local<sup>17</sup>. Los resultados se describen a continuación:

### **1.7.3.3 Análisis Químico**

El estudio es importante para el conocimiento de la dinámica de la vida

<sup>15</sup> Serie de Folletos Técnicos Educativos Recursos Naturales Complejo El Jocotal #3

<sup>16</sup> Índice de contaminación orgánica, organoléptica y cancerígenas

<sup>17</sup> Diario Oficial San Salvador Tomo 340 Número 142 Pág.21

acuática en la laguna. Los resultados presentados son los primeros que se conocen del aspecto químico del agua en el Jocotal (1996), obtenidos en dos puntos El Desagüe y la Monca; detectándose elementos como : el calcio, contenido en 97.7% y 86% en los respectivos puntos. Además arsénico, cloruros, sulfatos, fosfatos y plomo contenidos en 12% y registrados en cantidades permisibles dentro del rango tolerable <sup>18</sup>. (tabla 1.1)

**TABLA 1.1**  
Resultados del Análisis Químico practicado en dos estaciones de la Laguna El Jocotal, San Miguel.(OCT.96)

Análisis (mg/lt.)	Estación El Desagüe	Estación La Monca	Permisible para Consumo humano <sup>19</sup>
Zinc	No detectable	No detectable	5 mg/lt
Arsénico	0.002	0.004	0.01
Cromo	No detectable	No detectable	0.05
Cloruros	4.5	6.2	250 mg/lt
Sulfatos	10	13.3	200mg/lt SO
Fosfatos	0.45	0.51	0.1 mg/lt
Níquel	No detectable	No detectable	0.02
Cobre	No detectable	No detectable	1 mg/lt
Plomo	0.003	0.002	0.05mg/lt Pb 0.1
Calcio	97.70%	86%	75mg/lt

Estudio efectuado por IDEA y FIAES.

El contenido de plomo en casi todas las aguas varía entre 0.001 y 0.01mg/lt., cantidad que es muy inferior al límite establecido por la Organización Mundial de la Salud(OMS), que es 0.1mg/lt. Sin embargo en las zonas de aguas blandas con Ph ligeramente ácido puede llegar a disolverse. El principal efecto del plomo en el medio ambiente abiótico es su acumulación en los diversos sustrato

<sup>18</sup> Ibid. Pág.15 Elementos como zinc, cromo, níquel no fueron detectados.

<sup>19</sup> Norma de A.N.D.A. El Salvador

(masa orgánica acuática), lo cual, a su vez, provoca desequilibrios en su ciclo biogeoquímico.

#### 1.7.3.4 Análisis Bacteriológico.

De las tres estaciones estudiadas (Tabla 1.2) la M1 conocida como El Borbollón, presenta los índices más bajos de contaminación, por bacterias coliformes y por bacterias coliformes fecales; con un recuento total de bacterias aeróbicas mesófilas de 100 ufc /ml , bacterias coliformes totales 4 NMP/100ml, y bacterias coliformes fecales de (menos de 3) NMP/100ml<sup>20</sup>.

**TABLA 1.2**  
Resultados obtenidos en el análisis bacteriológico en las tres estaciones de estudio en la laguna El Jocotal.(oct/96)

Estación	Recuento total de bacterias Aeróbicas Mesófilas ufc/ml	Bacterias Coliformes totales, NMP/100ml	Bacterias Coliformes fecales NMP/ml
El Desagüe	5600	240	15
El Borbollón	100	4	menos de 3
La Monca	1700	43	15
Rango tolerable		<1.1NMP/100ml	Negativo

Estudio realizado por IDEA y FIAES.

<sup>20</sup> Ibid. pág. 16 y 18 ufc: Unidades formados de colonias. NMP: Número más probable.

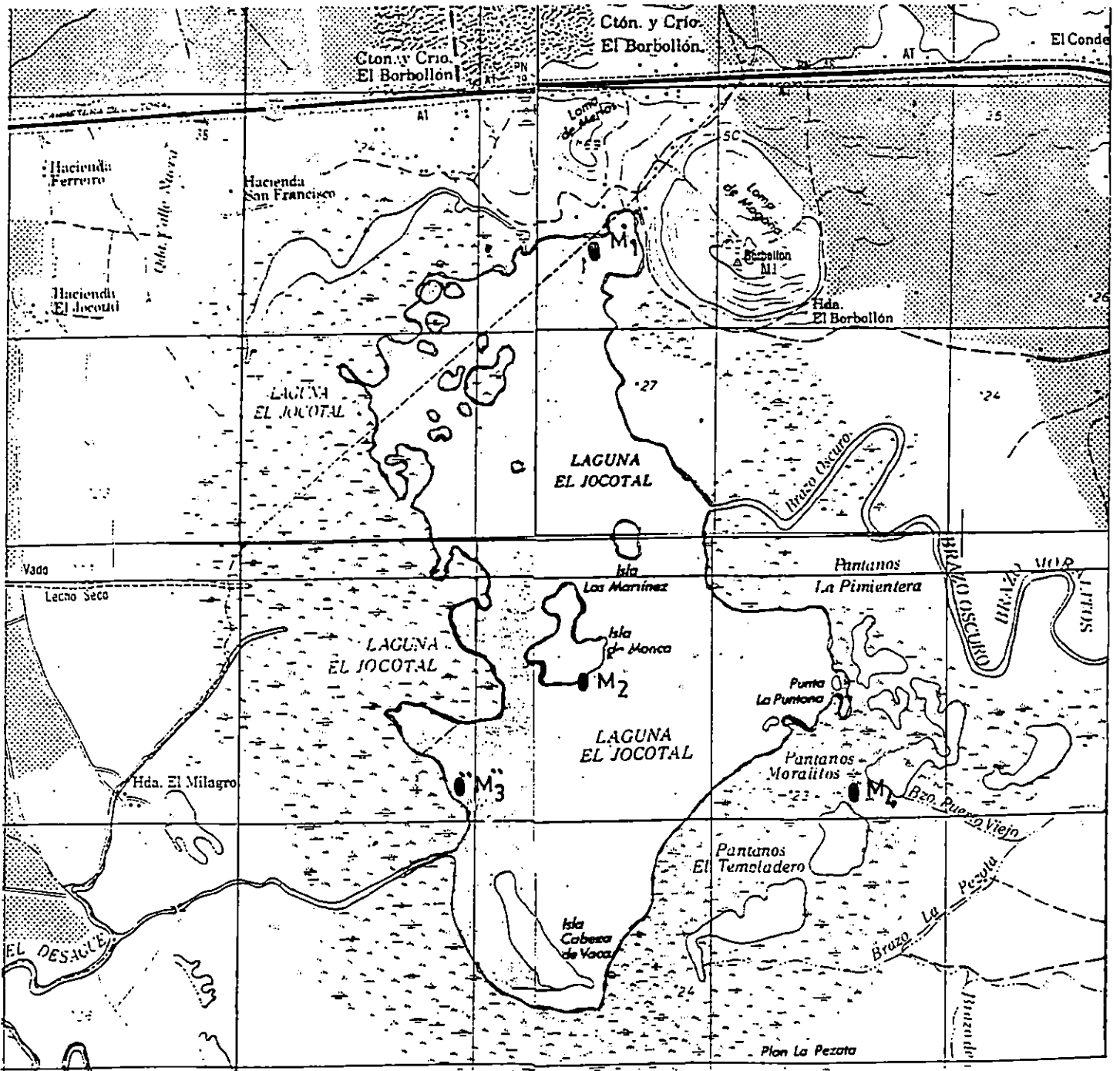


Fig. 1.1 Mapa de la Laguna El Jocotal con las Estaciones de muestreo

### 1.7.3.5 Análisis Físico Químico

Los análisis físico químicos realizados en las estaciones de la Isla de La Monca y Puerto Viejo(fig. 1.1) se tomaron los parámetros de conductividad, ph, oxígeno disuelto, turbulencia y salinidad; con resultados en el rango permisible por la Organización Mundial para la Salud (O. M. S.) son los siguientes<sup>21</sup>:

TABLA 1.3  
Resultados Físico – Químicos Estación La Monca.(oct/96)

Profundidad en mts.	Temperatura °C	Ph	Oxígeno Disuelto	Turbulencia	Salinidad (Partes por millón)
0.50	31.06	7.85	7.12	15.20	0.10
1.00	31.13	7.80	6.90	11.80	0.10
1.50	30.54	7.78	7.00	14.00	0.10

Estudio realizado por IDEA y FIAES.

TABLA 1.4  
Resultados Físicos – Químicos Estación Puerto Viejo(oct/96)

Profundidad En Mts	Temperatura C	Ph	Oxígeno Disuelto en mg/lt	Turbulencia	Salinidad (Partes por millón)
1.5	30.59	7.61	4.04	10.8	0.1
1	30.59	7.6	3.95	11.2	0.1

Estudio realizado por IDEA y FIAES.

### 1.7.3.6 Acumulación de Sedimentos

La disminución o desaparición de la cobertura vegetal de la superficie del suelo en cuencas y laderas cercanas a los cuerpos de agua, provocan el

<sup>21</sup> Ibid. pág. 19



arrastre de suelo y otros sólidos que se depositan en el fondo causando disminución en su capacidad de retención de agua, la disminución de peces, fauna y flora, lo cual está sucediendo en la laguna El Jocotal.

### 1.7.3.7 Flora

La vida silvestre de esta laguna, como las del resto del país, corresponden a la región neotropical, sub-región centroamericana, provincia pacífica. Cabrera y Willink, (1973) Bristow, S.F. y Benítez (1981), han clasificado la vegetación acuática en sumergida, emergente, flotante y marginal; también está la vegetación arbórea y el plancton.<sup>22</sup>

1- Vegetación Sumergida: En la Laguna El Jocotal se han reportado tres especies de plantas que desarrollan su ciclo completo sin emerger del agua, sin embargo en años recientes sólo se ha encontrado lama o barbona (*Ceratophyllum demersum*), mientras que poblaciones de colocha (*Hydrilla verticillata*)<sup>23</sup> y cadenillo (*Najas* sp) parecen haber desaparecido o encontrarse muy reducidas.

2- Vegetación Emergente, son plantas que poseen un sistema radicular fijo al fondo pero con sus estructuras foliares y florales sobresaliendo del agua; la única especie representante de este sustrato es *Nymphaea ampla* (ninfa o platillo)<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> M.A.G. PANAVIS Laguna El Jocotal, El Salvador pág.12

<sup>23</sup> U.I.C.N. O.R.M.A. Guía del Sendero Interpretativo Acuático Laguna El Jocotal pág.4

<sup>24</sup> Ibid. pág. 4

3- Vegetación Flotante, son plantas que carecen de fijación y deambulan por la laguna movidas por el viento, las más importantes son: El Jacinto de agua (*Eichornia crassipes*) que sirve de alimento para muchos animales acuáticos y terrestres, el platillo, la cola de pato, la lechuga de agua (*pistia estratoides*), el centavito, y el helecho flotante (*salvinia auriculata*). Esta es la vegetación más abundante en la laguna que conlleva a ciclos o cadenas alimenticias diferentes.

4- Vegetación Marginal, constituida por las plantas acuáticas que crecen a las orillas de la laguna, llamadas marginales entre ellas se encuentran: el zacate y el coyolito, también el tule (*thypia angostifolia*), el carrizo (*phragmites communis*) y la cola de pato (*sagittaria lancifolia*). El tule y el carrizo además de servir para anidación y refugio de aves acuáticas, son utilizados por algunos pobladores que habitan en los alrededores de la laguna, para construir las paredes de sus viviendas, así como tapexcos para secar el pescado<sup>25</sup>. El casco de burro es otra planta marginal que pertenece al grupo de los helechos, no producen flores.<sup>26</sup>

5- Vegetación Arbórea terrestre, esta ha sido eliminada en la mayor parte de los alrededores, únicamente quedan árboles dispersos de pimientillo (*phyllanthus elisiae*), carreto (*pitcellobium saman*), ceiba (*caiba pentandra*), papalón (*coccoloba cara casana*) y amates (*ficus jimenezii*)<sup>27</sup>.

6- Plancton, en ciertos cuerpos de agua este presenta diferentes tonos de

---

<sup>25</sup> Ibid pág.4

<sup>26</sup> Ibid. pág.4

<sup>27</sup> M.A.G. PANAVIS Laguna El Jocotal pág.12

color verde, acua, pardo o rojizo; los responsables de esta coloración son organismos microscópicos flotantes, presentes en cualquier volumen de agua que permanezca suficiente tiempo al aire libre; de estos existe una diversidad de especies, familias órdenes, clases, divisiones y hasta reinos, que se encuentran en densidades de miles de millones por litro de agua<sup>28</sup>, en conjunto constituyen el plancton. De estos microorganismos del plancton existen dos grandes grupos, i) a los capaces de sintetizar su alimento (autótrofos) a través de un proceso fotosintético como el de las plantas, denominados fitoplancton, también responsables de la producción de un 90% del oxígeno del planeta y ii) los que deben procurar su alimento ingiriendo o absorbiendo moléculas orgánicas existentes (heterótrofos), como los hongos y animales, llamados zooplancton. A través de muestreos de campo y análisis microscópicos de laboratorio, se ha estudiado la comunidad planctónica presente en las aguas de la Laguna El Jocotal, encontrándose hasta la fecha un total de veintiuna especies de fitoplancton, ubicadas en trece familias, y siete especies de zooplancton pertenecientes a clases de familias.<sup>29</sup>

#### **1.7.3.8 Fauna**

Esta se ha adaptado, según la estación del año a un medio acuático

<sup>28</sup> constituyendo en la biomasa de la Laguna, abundamiento en microflora y fauna, desde organismos unicelulares hasta complejos.

<sup>29</sup> Serie de folletos técnicos Educativos Recursos Naturales del Complejo Jocotal #3 pág. 27 – 28

tranquilo, abierto plano y de poca profundidad cubierta de vegetación acuática baja, frecuentemente densa, que se caracteriza principalmente por la presencia de la avifauna.

1- Las aves acuáticas residentes , unas están adaptadas a caminar entre y sobre la vegetación flotante, otras a los espacios de agua abierta, a los terrenos pantanosos adyacentes a la laguna y a las gramíneas altos (carrizos). De las especies residentes las más destacadas son: cuatro especies de patos nativos como el pato real, el pato enmascarado, el pichiche ala blanca y el pichiche real; hay otras especies de gallinetas de agua constituyendo parte de la fauna más distintiva y numerosa del lugar como la gallineta pico rojo, gallineta azul, y la gallineta pico blanco; otras especies son la mantellina, garza blanca, perra gallineta, el caracolón, el colímbo, la tortolita azul, la rávida amarilla de El Salvador, el colibrí de color dorado y el martín pescador de pecho fajeado (Benítez, 1981, Scott y Carbonell, 1986) <sup>30</sup>.

2- Aves acuáticas migratorias, la laguna El Jocotal es un punto de descanso de aves que vuelan miles de kilómetro desde el norte al sur o viceversa. Pequeños grupos de patos migratorios llamados comúnmente zarcetas han aparecido sorpresivamente ya que estos patos viajan principalmente de noche, amaneciendo en la laguna como si allí hubiesen dormido toda la noche. Otras especies que visitan la laguna de El Jocotal son la zarceta de ala azul, la zarceta candileja o de

---

<sup>30</sup> Benítez , Manuel (1986) Conservación de los Humedales y el Des. Sost. en A.L. y el Caribe Pág. 5

frente blanca, el pato cucharón, la zarceta cola de aguja, la zarceta rojiza, la zarceta careta o lomo blanco, la carolina (rálida), la golondrina mareña negra, la gran garza azul, gaviotas y los pelicanos, entre otros, estos se pueden observar en la laguna en época seca. (Noviembre a marzo)<sup>31</sup>.

3- Las aves residentes como migratorias son importantes en la laguna porque controlan la reproducción de plantas acuáticas, sirven de alimento y contribuyen a la recreación de los visitantes. Esta zona o área política del país deben ser sumamente controlados para fines de recreación, esparcimiento, turismo ya que su riqueza invita a la curiosidad y al atractivo del ojo, gusto, tacto y oído, esta posibilidad de desordenar el estado natural en su mayoría puede ocasionar daños, que llevan al deterioro del hábitat.

4- Otras especies, en la laguna El Jocotal, hay población de reptiles como: cocodrilus acutus, especie en peligro de extinción, iguana (iguana, ictenosaura similis y boa constrictor), además de la tortuga (Kinosternum sp). En las zonas adyacentes a la laguna se presentan algunas especies de mamíferos de importancia como el venado cola blanca (odocoilos virginianus) y el coyote (canis latrans). También se encuentran los peces de importancia por su uso comercial, y fuente de alimento. Los más comunes por su abundancia son : el guapote tigre (cichlasoma managüense) y la tilapia (tilapia aurea).

---

<sup>31</sup> U.I.C.N. O.R.M.A. Guía del sendero interpretativo acuático Laguna El Jocotal.

Otros de los recursos acuáticos de importancia en la laguna EL Jocotal son los crustáceos y moluscos, cuatro de las ocho especies de la familia de crustáceos son reportadas en humedales continentales de El Salvador, estas son: camarón rayado, chacalín zacate, camarón pilero y el cacarico, además, la mayoría de moluscos presentes son pequeños caracoles no identificados; sin embargo, existen dos especies de moluscos de gran tamaño , alimenticio, el caracol chino (*pomacea* sp) y la almeja de agua dulce que es una especie ya difícil de encontrar en los cuerpos de agua de El Salvador, y se encuentra presente en El Jocotal aunque en cantidades muy reducidas<sup>32</sup>.

#### **1.7.3.8.1 Hábitat de las aves en la Laguna El Jocotal**

Isla La Pelona, cuando sube el nivel del agua en la laguna, las plantas que flotan, como el jacinto de agua y los matones de carrizo, se mueven por acción del viento y se detienen en la isla La Pelona cubriéndola totalmente, y este es el momento en que los animales silvestres, principalmente aves, como el cordelín, anidan y se reproducen en este lugar. Al finalizar el invierno, baja el nivel del agua, las plantas acuáticas flotantes que están sobre la isla se mueven dejando descubierta la masa de tierra, convirtiéndose en una isla que los pobladores llaman La Pelona<sup>33</sup>.

<sup>32</sup> Serie de folletos técnicos educativos Recursos Naturales del Complejo Jocotal Pág.25

<sup>33</sup> U.I.C.N. O.R.M.A. Guía del sendero interpretativo acuático laguna El Jocotal Pág.3

Isla La Monca, en la laguna El Jocotal, llamada así por el sobrenombre que tenía un poblador del Cantón El Borbollón, que vivió en ese lugar hace muchos años<sup>34</sup>. Actualmente, el área de esta isla se está reduciendo, alcanzando un 25% de su tamaño, antes medía una manzana y ahora mide menos de un cuarto de manzana, debido a la erosión ocasionada por el agua. Los animales acuáticos y las aves, hacen uso de ella estableciendo nidos, pero pocas veces nacen polluelos debido a la presencia humana que visita la isla<sup>35</sup>.

#### **1.7.4 Condiciones Socioculturales**

##### **1.7.4.1 Valores Sociales y Culturales**

Entre los Valores Sociales, el más importante es la manutención de actividades económicas en la laguna y en sus zonas adyacentes. La población local vive de la pesca, y ha desarrollado una cultura basada en el aprovechamiento de los recursos de la laguna, tanto vegetales como animales. Las plantas flotantes las usan para: forraje, como abono y flores ornamentales comercializadas en los días festivos. El uso de plantas emergentes es importante para la construcción y elaboración de artesanías de tipo utilitario. La fauna silvestre es fuente de proteínas a través de la pesca y del manejo de las poblaciones de patos nidificantes en el área.

---

<sup>34</sup>Ibid. pág.3

<sup>35</sup>Ibid pág. 8

Existen tradiciones y costumbres relacionadas con aspectos de carácter religioso y de narraciones propias del área. Entre las actividades religiosas más notorias se encuentra una peregrinación ofrecida por los pobladores del área a la Virgen de La Paz, patrona de San Miguel, que en honor le han hecho un pequeño monumento en las faldas del volcán Chaparrastique. Esta tradición se lleva a cabo en el mes de noviembre y eventualmente durante las épocas de sequías, como tributo de fe, y oración para que caigan las lluvias necesarias para hacer sobrevivir las cosechas. Las tradiciones narrativas más importantes son las leyendas y tradiciones de la sigüanaba, el cipitío, el cadejo, las cuales son comunes a todo el territorio salvadoreño y cuyo origen probablemente se remonta a épocas precolombinas<sup>36</sup>.

#### **1.7.5 Usos actuales de los alrededores de la Laguna El Jocotal**

Las principales actividades de la gente son la pesca artesanal, unos 173 pescadores, censados durante 1990, pescan con cordel, trasmallos, arpón y principalmente atarrayas; en las áreas de las riberas de la laguna se realiza la mayoría de las actividades del hogar, se lava la ropa y mucha de la población adyacente a la laguna se baña allí. Por otra parte, se aprovechan algunos recursos de la laguna como los tallos de carrizo para construcción, uso de tule (*typha sp*)

<sup>36</sup> Convenio Ramsar (1993) Ficha Técnica Laguna El Jocotal, SEMA Pág. 6



para la elaboración de artículos utilitarios y algunas artesanías. Es frecuente el uso de plantas acuáticas flotantes para el mantenimiento del ganado en la temporada de sequía. Los principales usos que se hacen en las áreas de influencia en los alrededores de la laguna son la agricultura, principalmente siembra de maíz, algunos cultivos de caña de azúcar, sandía, etc. la ganadería es el principal uso de la tierra en el área adyacente a la laguna en especial en la vertiente noreste<sup>37</sup>.

## 1.8 Inundaciones

Algunos ríos en su recorrido remueven y arrastran gran cantidad de partículas sólidas. Si sus aguas inundan en forma lenta un valle o una planicie, estas partículas en suspensión pierden velocidad y se depositan en el suelo, aumentando así la cantidad de nutrientes orgánicos e inorgánicos de la tierra que mejora su fertilidad.

La precipitación pluvial excesiva que normalmente acompaña a las tormentas tropicales y huracanes es la responsable de las inundaciones; otros factores que también determinan la inundación, son las obstrucciones en los cauces naturales, la presencia de represas, los azolvamientos en los cauces de los ríos o lagos, los cambios en el nivel del agua, los deslizamientos de tierra, la fisiografía de los terrenos y la cubierta vegetal<sup>38</sup>.

---

<sup>37</sup> Ibid pág. 4 y 5

## 1.9 Inundaciones , Hombre y Desastres.

Las inundaciones pueden generar beneficios cuando los ríos en creciente alcanzan los pantanos, estanques y lagunas llevándoles agua con bastante oxígeno y nutrientes, lo que permite la multiplicación de los peces. Pero a pesar de todas las ventajas que poseen los ríos y algunas de sus crecientes o inundaciones, el hombre ha deteriorado innumerables cantidades de ríos convirtiéndolos en una amenaza. El daño a las cuencas hidrográficas a través de la tala y la quema de árboles, y en general la destrucción de la vegetación, ha convertido a los ríos "normales" en corrientes inesperadas, que llegarían a desbordarse con facilidad. La invasión de los terrenos cercanos a los ríos y quebradas mediante la construcción de viviendas y la plantación de cultivos permanentes son causas de las inundaciones; e incomprensión del hombre con su medio ambiente y trae lamentables resultados, como el desastre. La inundación afecta grupos humanos, causando muerte y desolación a los pobladores, especialmente niños, gente minusválida y ancianos; es desastrosa cuando la creciente también destruye viviendas, arrastra cultivos y ahoga animales; daña enseres y acaba con el empleo y las tareas productivas de los grupos humanos.

---

<sup>38</sup>CEPRODE (1994) Actualidades sobre desastres, Número 10 Año 2 Pág. 7

### **1.9.1 Clasificación de las Inundaciones**

Inundación Repentina, es la que ocurre en un tiempo muy corto. Las aguas desarrollan grandes velocidades, el río crece en menos de dos horas a partir del inicio de un fuerte aguacero, cuando ocurren lluvias intensas sobre las cuencas o estribaciones montañosas que son pendientes muy fuertes de inclinación, el agua escurre rápidamente por la superficie y se concentra en los arroyos y quebradas; su principal característica, es la gran velocidad, lo que genera fuertes turbulencias de sus aguas. Estos arroyos suelen arrastrar por el empuje que llevan, gran cantidad de maleza, escombros y los materiales que encuentran a su paso. Las inundaciones repentinas se originan por posibles derrumbes de tierra que represan la corriente de agua; cuando se concentra demasiada agua por ese represamiento, este ejerce tal fuerza que rompe violentamente la barrera que la obstaculiza. Las crecientes repentinas producen inundaciones de corta duración, afectando todo lo que se encuentre a su paso.

Inundación Lenta, en ella el nivel del agua sube en forma gradual debido al desbordamiento de una corriente de agua cercana al lugar, anegando o llevando agua a todas las planicies, valles y todo lo demás que allí se encuentra, como viviendas, lotes, cultivos, etc. Las condiciones en que se producen las inundaciones lentas son:

- 1- Los aguaceros intensos llenan de agua los ríos hasta desbordarlos; en

muchas ocasiones las corrientes pierden su cauce y siguen por caminos inesperados, afectan los lugares vecinos .

2- Los aguaceros intensos caen sobre valles o terrenos planos como llanuras o planicies, la tierra y vegetación absorben agua como una esponja; al seguir lloviendo, esta esponja natural se satura de agua y al cesar la absorción el agua corre libremente por la superficie y ocurre la inundación.

3- Cuando los terrenos no tienen suficiente inclinación y no permiten que las aguas corran, y si además no existen desagües o canales que permitan su evacuación, éstas quedan estancadas e inundan el lugar.

4- Por causa de la erosión, los ríos se desvían perdiendo su cauce.

### **1.9.2 Inundación en ciudad**

Las poblaciones o ciudades que no cuentan con redes efectivas de alcantarillado o canales de desagües o a las que no se les hace suficiente mantenimiento y aquellas cuyas superficies son planas o algo cóncavas (valles) pueden sufrir inundaciones como efecto directo de las lluvias, independientemente de las inundaciones producidas por el desbordamiento de ríos y quebradas. Las ciudades salvadoreñas por su posición geográfica influenciada por ríos, drenajes suaves y la insuficiencia de las redes de alcantarillado son afectadas cuando se inundan sus calles, ocasionando la pérdida de vidas, alteración en las actividades

normales de las personas y el deterioro de viviendas y vías.

### **1.9.3 Ocurrencia de las inundaciones.**

Es difícil conocer con suficiente anticipación el día y la forma como se producirá una inundación. La lluvia intensa en períodos de temporal, produce las inundaciones que por lo general ocurren en zonas adyacentes a lagos, lagunas, esteros, riberas de los ríos; también cuando hay desbordamiento de éstos e inundan planicies o suelos con topografía planas o con pendientes bien suaves que no poseen drenaje natural. Lo anterior conlleva a que los suelos inundados permanezcan así por varios días. Las inundaciones también dependen de la duración y frecuencia de las precipitaciones, ya que al permanecer lloviendo sobre un suelo, llega un momento en que éste ya está saturado a su capacidad máxima y el agua que le sigue cayendo la comienza a drenar para que corra libremente por su superficie, lo que es conocido como avenida de la escorrentía superficial. Esta agua drenada se va acumulando en el punto más bajo a tal grado que provoca la excedencia de un espesor de agua superficial que va en aumento en tanto siga lloviendo, provocando con esto la inundación y el desastre.

### **1.9.4 Impactos de la inundación.**

Las inundaciones destruyen vidas no sólo por ahogo y daño directo sino

también debido a las enfermedades asociadas y la hambruna. Su impacto también tiene que medirse desde el punto de vista del trastorno y destrucción que causan en los medios de subsistencia y de los cambios en los perfiles de acceso a la población afectada. La pérdida de activos o capacidad de trabajo de tierras y animales y las consecuencias de las lesiones y enfermedades se pueden sentir durante muchos meses e incluso años después que la inundación ha desaparecido. Cualquier muerte que ocurra después de ese espacio de tiempo probablemente no se liga directamente a la inundación sino a sus consecuencias. Como ocurre con la hambruna y los desastres biológicos, el modelo de acceso indica cómo la vulnerabilidad a futuras inundaciones (u otros desastres) se puede aumentar por medio de los impactos a largo plazo de inundaciones sobre los activos del hogar, el potencial laboral y las redes sociales. Por ejemplo después de una inundación también muchos utensilios del hogar pueden también necesitar reemplazo, como las ollas de cocina y recipientes de agua. Esto también desvía tiempo y mano de obra de las actividades para el sustento y consume reservas limitadas con que cuentan las personas afectadas. La población al no poseer ahorros de dinero pierde dos veces en una inundación: pierde los bienes, muchos de los cuales son esenciales para la vida y pierden el tiempo que deben gastar en trabajo para reemplazarlos, dificultándose más la supervivencia. Disponer de ahorros significa ser capaz de regresar más rápido a las actividades normales de subsistencia.

Las cosechas permanentes son una pérdida para los agricultores que las

poseen, debido a ésto los propietarios grandes no necesitan peones en los campos cuando estos están inundados. La consiguiente pérdida de empleo para ganar salario puede ser desastrosa para las familias que dependen en gran parte de esas oportunidades de salario.

La subsistencia basada en la agricultura y la pesca se deterioran gravemente; pero las aguas de la inundación traen grandes cantidades de oxígeno que estimulará el crecimiento y sobrevivencia de los peces.

#### **1.10 Riesgos**

Las aguas de las inundaciones provocan enfermedades como el cólera y disentería, que provienen de las aguas negras esparcidas en el agua lluvia estancadas, o la que provoca inundación lenta, esto prolifera vectores como el mosquito, el zancudo y demás microespecies que pueden propagar enfermedades como la malaria, dengue y fiebre amarilla debido a estas aguas estancadas, las cuales pueden quedar allí por meses después de una inundación. Esto sucede en la Comunidad El Borbollón, cuando la Laguna El Jocotal inunda las viviendas por la influencia del desbordamiento del río Grande de San Miguel, debido al pobre drenaje de la planicie aguas abajo de la laguna, que no cuentan con un sistema de colectores de aguas negras ni de un sistema de Agua Potable. Cuando ocurren las inundaciones los pobladores están propensos a que fácilmente puedan contraer

enfermedades gastrointestinales en mayor grado, también enfermedades dermatológicas al estar en contacto con estas aguas y permanecer en lugares húmedos por varios días. Entre algunas medidas tomadas por la población para evitar la contaminación del agua para consumo humano que es extraída de pozos que han perforado en su propiedad es la instalación de bombas de mecate permaneciendo de esta manera sellado el pozo, pero esto no garantiza que el agua para consumo no se les contamine, ya que el sistema de deposición de excretas humanas es a través de letrinas de fosa sépticas y letrinas aboneras, las cuales al ser inundadas esparcen las excretas en toda el agua que inunda la zona. Para la construcción de letrinas de fosas sépticas no se toman en cuenta parámetros como la distancia mínima entre pozos de agua para consumo humano al igual que profundidad del nivel freático para evitar que el agua de éstos se contamine. La letrina abonera es la indicada en lugares donde el nivel freático está superficial, pero no para lugares que se inundan. Se puede observar, al recorrer la Comunidad, que algunas letrinas están en un nivel más alto que el de los pozos, lo cual puede dar lugar a infiltraciones hacia éstos y contamine el agua, convirtiéndose en no apta para consumo humano. Otros riesgos, debido a las inundaciones, son las enfermedades respiratorias que se vuelven graves después de que éstas suceden y que cobran víctimas especialmente en los niños de 0 a 5 años y en ancianos.



## **1.11 Desastres**

Los desastres naturales con impacto social, se cuentan entre los más afectantes, están vinculados a la vulnerabilidad de los asentamientos humanos, induciéndolos a una crisis económica, política y social. Por ejemplo, los efectos de las lluvias en zonas de cultivos, como las planicies adyacentes a la carretera el Litoral desde el Cantón El Jute, San Miguel hasta el Municipio El Tránsito, del mismo departamento, sus consecuencias adquieren dimensiones de desastre debido a la inundación. Un fenómeno natural provoca el desastre cuando un grupo poblacional es vulnerable frente al mismo. Hoy los desastres son una realidad cotidiana más que una situación excepcional y, por lo mismo, ameritan la adopción de políticas de control permanentes. Los niveles de pobreza en el país crean el escenario propicio para la proliferación de los desastres. En caso de desastre y rehabilitación de zonas afectadas en la emergencia es donde se concentra la política del Estado al hacer frente a estas situaciones, descuidando el aspecto de la prevención. Los desastres por inundación ponen al descubierto diversos patrones de vulnerabilidad, lo que genera diferentes circunstancias económicas y políticas que están ligadas al conjunto de factores que determinan la vulnerabilidad; se deberá permitir la identificación de la población en riesgo en áreas propensas a las inundaciones.

### **1.11.1 Consecuencias de las Inundaciones**

Las inundaciones son desastres naturales extensos que llevan a la mayor pérdida de vidas, en forma inmediata a través del ahogamiento, enfermedades y hambruna; más tarde, otros pueden morir y nunca contarse como víctimas de las inundaciones.

Las enfermedades y lesiones que se pueden sufrir a consecuencia de las inundaciones son factores importantes que aumentan la vulnerabilidad; los enfermos y los lesionados, por lo general no pueden trabajar y la pérdida de su mano de obra, y en especial durante los intentos de recuperación después de una amenaza, pueden ser un elemento de desastre. La mortalidad causada directamente por una inundación puede ser baja, pero las enfermedades y problemas de salud pueden ser peores si los medios de subsistencia de la población también son afectados .

### **1.12 Vulnerabilidad de la zona**

La actividad humana y la existencia de recursos explotables como el pescado llevan a la población a localizarse en áreas rurales y urbanas propensas a inundaciones; y el número de personas vulnerables se aumenta a medida que la población crece y le faltan lugares alternativos de asentamiento, de modo que la

vulnerabilidad por inundaciones es producto de ambientes creados por el hombre, como los asentamientos humanos<sup>39</sup> del Cantón El Borbollón, que hicieron sus viviendas a la orilla de la Laguna EL Jocotal, incluyendo el área de protección de la misma y por lo tanto, año con año están siendo afectados por las inundaciones que provoca el incremento de nivel del espejo de agua de ésta. Otros aspectos que hacen vulnerable a las inundaciones a esta zona son los materiales con que están construidas las casas, los cuales no son adecuados para permanecer de pie en las inundaciones lentas y prolongadas., pues están hechas de bahareque, madera, piedra y repello de lodo, adobe, carrizo y tule. La vulnerabilidad a los fenómenos naturales está también en función de la forma de organización social, de lo físico - Material, Social - Organización y Motivacional -Actitudinal <sup>40</sup>:

Lo Físico - Material : se vincula con las características de la tierra, clima, ambiente, salud, fuerza de trabajo, infraestructura, alimentación y vivienda, capital y tecnologías.

En lo Social - Organizacional : Esta incluye estructuras políticas formales y sistemas informales a través de los cuales las personas logran tomar decisiones, establecer liderazgos y organizar actividades sociales y económicas.

Lo Motivacional - Actitudinal: Se refiere a la forma en que las comunidades se ven a ellas mismas y sus capacidades para tratar efectivamente el ambiente

---

<sup>39</sup> Cuando se trata de colonias ilegales y tugurios su ubicación en la mayoría de los casos se hace en zonas de riesgos, como orillas de quebradas, ríos y lagunas.

<sup>40</sup> Wilchez -Chaus: 1989

físico y socio - político (victimización, fatalismo y dependencia en contraposición a propósito, poder y conciencia).<sup>41</sup>

La vulnerabilidad, depende de las condiciones de vida, del sistema político y del nivel organizacional, los cuales resultan ineficientes para prevenir los efectos de un fenómeno natural peligroso; entonces la amenaza de desastre natural está en función de la vulnerabilidad social y el riesgo en el ambiente<sup>42</sup>.

Los desastres por inundaciones ejercen un impacto variable sobre la población de acuerdo con los patrones de vulnerabilidad generado por el sistema socio - económico en que vivan, sus relaciones de clase y estructuras de dominio; una amenaza de inundación puede convertirse en desastre dependiendo de la localización de las viviendas y propensión a la inundación, tipo de vivienda y su resistencia a las inundaciones. Otras variables de desastre son, la destrucción de medios de subsistencia, de los ingresos económicos al hogar, usos social o legal de la tierra, disponibilidad o costos de los materiales de construcción y la ubicación de actividades para la subsistencia.

### **1.13 Inundación y Deforestación**

La deforestación puede aumentar las inundaciones, ya que se atribuye a la cobertura vegetal, "el control" de la escorrentía superficial. La capa delgada de tierra en áreas de terrenos elevados puede aumentar la tasa de deforestación,

<sup>41</sup> Anderson: 1988 Citado por Lavell: 1992: 6

<sup>42</sup> Amenaza= Riesgo + Vulnerabilidad. Maskerg 1989

así como la tala de árboles hecha por la población y la pérdida de tierra agrícola asociando así la inundación con la deforestación, aguas abajo. Según la morfología del país, en las altiplanicies se producen deslizamientos y erosión del suelo, que llegan a generar inundación local mediante represamientos de correntadas de agua y el aumento del lodo sedimentado de los ríos, contribuyendo a que los lechos de los ríos sean menos profundos y estos causen mayor peligro de inundación.

Una estrecha conexión entre deforestación e inundación es incierta, ya que los datos hidrológicos no demuestran que una buena capa vegetal en las cuencas de los ríos necesariamente sea un factor para el rápido escurrimiento de las aguas de lluvia (Ross, 1984:224-5); también, han ocurrido inundaciones de equivalente severidad y frecuencia, durante siglos, en las cuencas de los ríos, mucho antes de los recientes aumentos de deforestación; la vulnerabilidad a las inundaciones tiene dos aspectos: si se acepta que la vulnerabilidad se deriva de sistemas sociales y económicos, el proceso de deforestación no se debe incluir como factor importante para la creciente vulnerabilidad, de esto se llega a que la vulnerabilidad no se logra reducir necesariamente disminuyendo la deforestación, aunque una política así puede ser de beneficio. Reducir la vulnerabilidad en estas áreas, no es fácil debido a la falta de políticas adecuadas en este sentido, así como la falta de logística acorde a la realidad del país, sin embargo la deforestación juega papel importante en la permanencia de la población de la zona.

## **CAPITULO II**

# **ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDROGEOLOGICO DE LA CUENCA DE LA LAGUNA EL JOCOTAL**

## 2.0 Introducción

Este capítulo contiene el estudio hidrológico de la cuenca de la Laguna El Jocotal indicando algunos fenómenos que se producen debido a la existencia de las variables físicas que tienen lugar en la atmósfera terrestre. Se estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos. Además se consideran los diferentes tipos de suelos, su capacidad y vocación agrícola, la vegetación para determinar el coeficiente de escurrimiento. A partir de ello, se obtendrá el nivel de aguas máximas durante los eventos con más precipitación, en datos obtenidos cerca de la Laguna El Jocotal.

Se consideran además diferentes tipos de suelos en cuanto a su capacidad hidrológica y clasificación geológica, y el papel de éstos en la recarga de los mantos acuíferos que mantienen a la Laguna. Se toma en cuenta la influencia del Río Grande de San Miguel sobre la Laguna y se describen algunas características importantes de éste, y del tramo que afecta directamente, al desbordarse, a la Laguna. También cómo influye su aporte en las descargas de aguas residuales al Río y que afecta la vida acuática de la Laguna.

Además se describen las características principales de los acuíferos.

## **2.1 GENERALIDADES DE LA CUENCA DE LA LAGUNA EL JOCOTAL**

La cuenca hidrográfica es la zona de la superficie terrestre que, si fuese impermeable las gotas de lluvia que caen sobre ella serían drenadas por un sistema de canales naturales hacia un mismo punto de salida. Dependiendo del punto de salida del agua de una cuenca, éstas se pueden clasificar de dos tipos:

- 1- Cuenca endorreica: donde las corrientes de agua o los cauces drenan hacia un punto dentro de la cuenca.
- 2- Cuenca exorreica: donde las corrientes drenan hacia un punto ubicado en los límites de la cuenca.

La cuenca de la Laguna El Jocotal se clasifica como cuenca endorreica.

### **2.1.1 Ubicación de la cuenca de la Laguna El Jocotal.**

Se ubica en la zona oriental del país, en los departamentos de San Miguel y Usulután. Sus coordenadas son: 13° 07' y 13° 26' Latitud Norte, 88° 07' y 88° 20' Longitud Oeste; se encuentra a unos 20 metros sobre el nivel del mar. Esta ubicada sobre un valle limitado al norte por el Volcán Chaparrastique y al sur por las colinas de Jucuarán, es Jurisdicción del Municipio de El Tránsito en el departamento de San Miguel, a 20km al sudoeste de ésta ciudad.

La cuenca drena el agua desde las faldas del Volcán Chaparrastique, la



cual en su mayoría se convierte en escorrentía subterránea debido al estrato de lava volcánica fragmentada existente y que funciona como un filtro; el agua se transporta hasta convertirse en un afloramiento dentro de la laguna. Otro aporte de agua (afluente) que alimenta a la cuenca son los brazos que posee el Río Grande de San Miguel, lo cual constituye el mayor aporte y hacen que ésta incremente el nivel del espejo de agua e inunde la Comunidad El Borbollón.

Los accidentes geográficos más importantes dentro de la cuenca son: El Volcán Chaparrastique; las colinas de Jucuarán, donde se destacan los cerros El Mono y El Monito, El Níspero y Madrecacao. Además cerca de la laguna El Jocotal está el Cerro Vado Marín.

### **2.1.2 Poblaciones**

Entre las poblaciones contenidas en la cuenca de la laguna El Jocotal están: la ciudad de Jucuarán, Cantón y Caserío el Capulín, Cantón La Canoa; Haciendas Vado Marín y la Cañada, Hacienda El Brazo, Hacienda Los Llanitos y el Cantón y Caserío El Borbollón que se ha definido como área de estudio<sup>43</sup>.

### **2.1.3 Vías de Comunicación**

Las vías más importantes que se encuentran dentro de la cuenca están: La Carretera del Litoral ( CA-2 ), calles principales de acceso a la Ciudad de

Jucuarán, y Haciendas de la zona, y un tramo de vía férrea de Ferrocarriles Nacionales de El Salvador<sup>44</sup>.

## **2.2 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA CUENCA DE LAGUNA EL JOCOTAL.**

### **2.2.1 Características Físicas**

El parteaguas de la cuenca, es una línea imaginaria que divide a una cuenca de las cuencas vecinas, conduciéndose por las mayores elevaciones topográficas. (figura 2.1).

El área de la cuenca, es la superficie de la cuenca en proyección horizontal delimitada por el parteaguas. La delimitación de la cuenca se hizo utilizando cuadrantes cartográficos en escala 1:50,000; con el auxilio de un planímetro electrónico se determinó el área, después de realizar varias lecturas como se detalla en la Tabla 2.1:

---

<sup>43</sup> Cuadrantes Topográficos ESC. 1:50,000

<sup>44</sup> Ibid.

TABLA 2.1  
Determinación del área de la cuenca.

SUB-AREA	LECTURAS EN Km <sup>2</sup>					PROMEDIO
	1	68.525	68.45	68.425	68.4	
2	105.825	104.1	105.65	105.725	105.625	105.385
3	63.3	63.325	63.35	63.275	63.35	63.32
4	61.05	61.275	61.25	61.425	61.3	61.26
					AREA	298.425

La cuenca se dividió en cuatro partes y se tomaron cinco lecturas para cada una.

El perímetro de la cuenca (Pc), es la longitud del parteaguas en kilómetros, el cual se determinó utilizando un curvómetro y recorriendo los bordes del parteaguas dió como resultado: 77.25 km. Se tomaron tres lecturas, y luego se obtuvo el promedio de éstas.

La longitud del cauce más largo (Lc), es aquel en el cual su corriente recorre la mayor distancia . Para el caso de la cuenca en estudio, el cauce más largo inicia en la parte más alta del Volcán Chaparrastique, conocida con el nombre de Quebrada el Coyolito y pasa por la Hacienda Villa de Jesús, cantón y caserío Piedra Azul, Finca la Pedrera, hasta llegar a la planicie de inundación de la Laguna El Jocotal.

El valor de la longitud del cauce más largo se obtuvo del promedio de tres lecturas tomadas con un curvómetro, obteniendo: 12.8 km.

La elevación media de la cuenca(Em), es un factor que afecta la temperatura y la precipitación, ya que la variación de la temperatura influye en la

pérdida de agua por evaporación. Para la determinación de la elevación media existen los siguientes métodos:

1. Curva Hipsométrica
2. Pares de contorno
3. Líneas de intersección.

Para el caso de la cuenca en estudio se utilizó el método de pares de contorno, su ecuación se expresa de la siguiente forma:

$$Em = \frac{\Sigma(Ac.em)}{At} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

Em: Elevación media (m.s.n.m.)

Ac: Area entre dos curvas de nivel(km<sup>2</sup>)

At: Area de la cuenca(km<sup>2</sup>)

em: es la elevación media entre dos curvas sucesivas en m.s.n.m.

Para calcular la elevación media utilizando este método se midió el área de la cuenca en pares de contornos o curvas de nivel sucesivas y se calculó la elevación media entre curvas de nivel efectuando luego el producto Ac.em como se detalla a continuación. Tabla 2.2

**TABLA 2.2**  
**CALCULO DE LA ELEVACION MEDIA**

ELEVACION	Ac	em	Ac x em
2100-2000	0.250	2026	506.50
2000-1900	0.325	1950	633.75
1900-1800	0.325	1850	601.25
1800-1700	0.350	1750	612.50
1700-1600	0.450	1650	742.05
1600-1500	0.525	1550	813.75
1500-1400	0.700	1450	1015.00
1400-1300	0.725	1350	978.75
1300-1200	0.925	1250	1156.25
1200-1100	1.100	1150	1265.00
1100-1000	1.375	1050	1443.75
1000-900	1.350	950	1282.50
900-800	1.775	850	1508.75
800-700	3.400	750	2550.00
700-600	7.400	650	4810.00
600-500	11.750	550	6462.50
500-400	17.000	450	7650.00
400-300	25.775	350	9021.25
300-200	38.170	250	9542.50
200-100	56.125	150	8418.75
100-0	128.635	65	8361.25
	$\Sigma$ 298.43		$\Sigma$ 69376.5

Sustituyendo en Ecuación No. 2.1, se obtiene:

$$Em = 69376.50 / 298.425$$

$$Em = 232.47 \text{ m.s.n.m.}$$

La pendiente media de la cuenca ( $S_m$ ), es una de las características físicas hidrológicas más importantes de la cuenca, ya que rige la capacidad de

drenar de la misma. La pendiente media está relacionada con los procesos de infiltración, escorrentía, humedad del suelo, alimentación de cursos de agua, etc. El valor de la pendiente controla el tiempo de concentración que es importante para conocer las magnitudes de las crecidas. La pendiente media de la cuenca se calcula por la siguiente expresión:

$$S_m = \frac{(\Sigma L)D}{A_c} \quad (\text{Ec.2.2})$$

Donde:

$S_m$  = Pendiente media

$\Sigma L$  = sumatoria de todas las longitudes de las curvas de nivel(kms)

$D$  = Intervalo entre dos curvas de nivel consecutivas (kms)

$A_c$  = Area de la cuenca ( $\text{km}^2$ ).

La longitud de las curvas se calculó con el curvímeter obteniendo los resultados siguientes:

TABLA 2.3  
LONGITUD DE CURVAS EN KM.

CURVA	LONGITUD	CURVA	LONGITUD
C 2000	1.00	C 1000	6.00
C1900	1.50	C 900	7.00
C 1800	2.00	C 800	9.00
C 1700	2.50	C 700	11.00
C 1600	3.00	C 600	14.55
C 1500	3.50	C 500	38.50
C 1400	3.75	C 400	55.50
C 1300	4.00	C 300	70.50
C 1200	4.50	C 200	73.50
C 1100	5.25	C 100	101.50

$\Sigma L = 418.05 \text{ KM.}$

Sustituyendo en la ecuación 2.2, se tiene:

$$S_m = (418.05) \times 0.10 / 298.425 \times 100$$

$$S_m = 14.01 \%$$

La pendiente de la cuenca entre la Carretera El Litoral y el cauce del Río Grande de San Miguel es de aproximadamente el 1%.

Esto se aprecia en los cuadrantes al observar el área entre las curvas C-100 que se encuentran al Norte y Sur de la Laguna El Jocotal.

La pendiente entre las curvas C-100 y C-200 es de  $S_m=9.47\%$ , el área es el 61.91% ~ 62% ,que es dentro de esta área que se encuentra la Laguna El Jocotal.

Factor de Forma de la Cuenca: La forma de una cuenca hidrológica afecta los hidrogramas de esorrentía y las tasas de flujo máximo. El factor de forma es adimensional y sus valores son mayores o iguales a la unidad, relacionándose únicamente con la forma de la cuenca. Entre más se acerque al valor de 1.0 , la cuenca tendrá forma circular, y por lo tanto habrá mayor aprovechamiento de la precipitación.

La mayoría de las cuencas tienden a tener la forma de una pera; sin embargo los controles geológicos conducen a numerosas desviaciones a partir de esta forma. Horton(1990) sugirió un factor adimensional de forma,  $R_f$ , como índice de la forma según la ecuación:

$$R_f = \frac{A_c}{L_b^2} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

Donde:

$A_c$  = Area de la cuenca

$L_b$  = Longitud de la misma, medida desde la salida hasta el límite de la cuenca, cerca de la cabecera del cauce más largo a lo largo de una línea recta.

Otro método para evaluar la forma de una cuenca es a través del coeficiente de compacidad ( $K_c$ ).

Para el caso de la Laguna El Jocotal se utilizó el coeficiente de compacidad  $K_c$ , que se expresa de la forma siguiente:

$$K_c = (0.28 P_c) / \sqrt{A_c} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

$K_c$  = Coeficiente de compacidad

$P_c$  = perímetro de la cuenca en kilómetros

$A_c$  = Area de la cuenca en kilómetros cuadrados.

Si  $K_c = 1.0$ , la cuenca tiende a ser redonda, si  $K_c > 1.0$ , la cuenca tiende a ser alargada;

Sustituyendo en la ecuación 2.4;

$$K_c = (0.28 \times 77.25) / \sqrt{298.425}$$

$K_c = 1.25$ , donde  $K_c > 1.0$ , por lo tanto la cuenca tiene forma alargada.



### **2.2.2 Morfología del área de estudio**

La cuenca presenta una forma alargada, y se extiende entre el Volcán Chaparrastique y las colinas de Jucuarán. El Volcán, al oeste de la ciudad de San Miguel, tiene una elevación de 2162 m.s.n.m.; en las colinas de Jucuarán destaca el cerro El Monito con 882.95 m.s.n.m., Madrecacao con 749.8 metros. Estos y otros puntos forman un valle donde están las poblaciones de El Tránsito, San Rafael Oriente, Concepción Batres, Eregüayquin y Usulután que se encuentran fuera del área de estudio. En la parte central de la cuenca está la Laguna El Jocotal y un tramo del Río Grande de San Miguel, caracterizado por tener meandros en su cauce. La pendiente más pronunciada está definida en las faldas del Volcán de San Miguel y en las colinas de Jucuarán, con una pendiente relativamente suave. La zona del Cantón El Borbollón, Vado Marín y el Desagüe es la planicie de inundación.

### **2.2.3 Geología**

La República de El Salvador se encuentra situada en el cinturón volcánico Circun-Pacífico que se caracteriza por actividades volcánicas y terremotos. La geología del área de estudio está determinada por varias rocas volcánicas y materiales eruptivos de diferentes tipos y épocas como: Flujos de

lava, depósitos fluviales, depósitos de pantano, depósitos aluviales y flujos de lodo. Son aspectos de gran ayuda para conocer la permeabilidad de un estrato, la escorrentía superficial y sub-superficial de una zona en particular.

### 2.2.3.1 Historia Geológica de El Salvador

Según Sayre y Taylor (1851), Howell Williams y Meyer Abich(1953) Durr y Klinge(1960), Weyl(1961) y Thews(1967), la Historia Geológica de El Salvador comprende la siguiente secuencia general de acontecimientos, aunque por falta de fósiles en las rocas volcánicas y otros datos técnicos más precisos, todas las edades deben considerarse relativamente próximas<sup>45</sup>.

1) Durante el Jurásico y Cretácico en el área sumergida del Istmo Centroamericano fueron depositadas calizas, areniscas y arcilla. En el cretácico inferior comenzó un volcanismo submarino que se caracterizó por erupciones de grietas y fisuras, formando en esta zona las mesetas de lava, aglomerados y tobas. A finales del cretácico superior comenzó un levantamiento de la región desde abajo del nivel del mar.

2) En el Plioceno inferior, el levantamiento cesó, durante este período de

---

<sup>45</sup> HERNAN ROMERO CHAVARRIA. Estudio Hidrológico cuenca del Lago de Coatepeque

calma sobre las rocas post-cretácicas(tobas, lavas y aglomerados); se formó un suelo de color rojo, (suelo rojo de la cumbre), denominada así por Durr y Klinge(1960). Movimientos tectónicos originaron cuencas de subsidencia al sur de Honduras y simultáneamente a los hundimientos, se produjeron plegamientos en el bloque descendido, resultando al final un alticlinal.

- 3) Durante el plioceno inferior se inició nuevamente la actividad tectónica volcánica del Cacahuatique, Sigüatepeque, Capullo y Guazapa. En la región no afectada por este volcanismo, siguió formándose el suelo rojo de la cumbre; seguidamente a la actividad tectónica volcánica, reinó un período de calma y sobre los productos de estos volcanes se formó un suelo de color rojo, denominado por Klinge, suelo rojo de Guazapa.
- 4) Durante el pleistoceno volvía a manifestarse la actividad tectónica volcánica, levantándose volcanes en la zona de debilidad, al sur de la fosa interior, y por consecuencia directa de esta actividad, se produjeron cuencas de sub-sidencia a lo largo del territorio nacional(Fosa Central). Este volcanismo está representado en esta zona, por la cadena de volcanes: Santa Ana, Los naranjos, Cerro Malacara, El Aguila, Plan del Hoyo y por la Caldera de Coatepeque.
- 5) La actividad tectónica volcánica continúa hasta el tiempo presente.

### 2.2.3.2 Formaciones Geológicas en la Zona

Las principales formaciones geológicas en la zona de estudio, La Laguna El Jocotal, ubicada en el Municipio de El Tránsito, Departamento de San Miguel, se muestran en el cuadro No.2.4

TABLA 2.4  
GEOLOGIA LOCAL

ERA	PERIODO	EPOCA	SIMB	LITOLOGIA	OBSERV.
C E N O Z O I C A	C U A T E R N A R I A	H O L O C E N O	rd	Depósito Fluvial Reciente	arena, grava arcilla
			sd	Depósito Pantanosos	arcilla con mat. Org.
			Al	Depósito Aluvial	arcilla, arena con grava
			Ta	Talus, Depósito Terraza	arcilla, arena con grava

Tomado de Estudio realizado por JICA en cuenca Río Grande de S.M.

La Geología local del área de estudio en la cuenca está formada por materiales con depósito fluvial reciente con contenido de arena, grava con arcilla. Depósitos pantanosos con contenido de arcilla con materia orgánica, depósitos aluviales y talus, depósitos terraza, ambos con contenido de arcilla, arena con grava del período Cuaternario, en la era Cenozoica.(figura 2.2)

## **2.2.4 Suelos.**

### **2.2.4.1 Usos Generales de Suelo.**

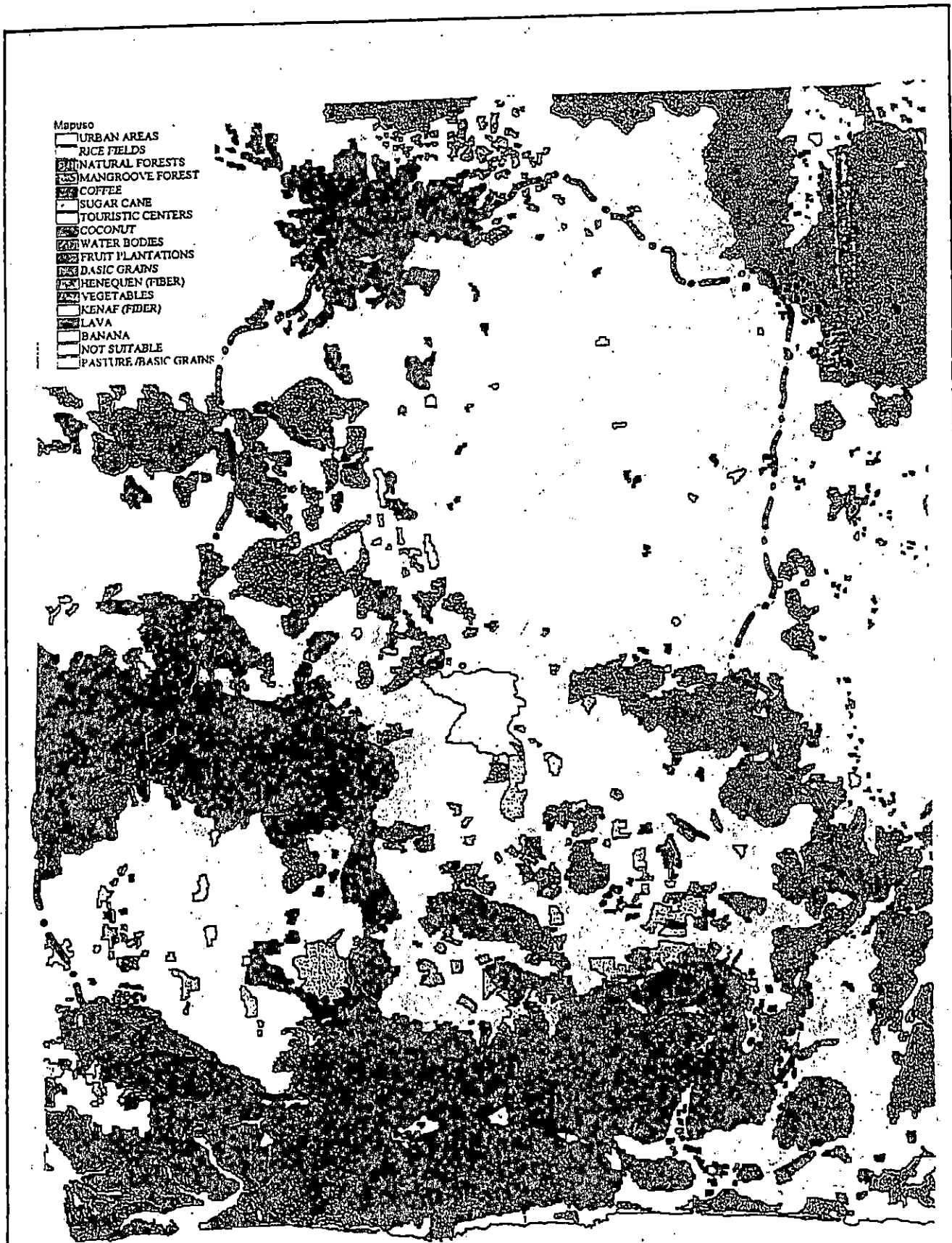
El uso de suelo existente en el área de estudio, Cantón y Caserío El Borbollón se muestra en la figura 2.3, encontrando diferentes tipos de suelo, clasificados así:

#### **a) PNA: Pantanos, extensión 245 ha.**

Suelos: Regosoles aluviales y Gley húmicos. Los suelos superficiales poseen capas delgadas de residuos orgánicos sobre horizontes francos o franco arcillosos, ligeramente plástico y con colores café grisáceos muy oscuros. Los subsuelos hasta mucha profundidad son aluviones estratificados que varían desde franco arcillosos a franco arenosos. Debido al mal drenaje presentan colores grisáceos de claros a oscuros y frecuentemente con abundancia de orgánicos.

Drenaje y humedad: son campos que poseen un drenaje muy pobre. Permanecen inundados durante toda la estación lluviosa, y mojados a inundados en la época seca. Debido al mal drenaje estas tierras son descritas de difícil a imposible manejo en la estación seca e imposible en la época lluviosa.

#### **b) Yad: Yayantique Siguatepeque en cerros, extensión 11,104 ha.**



Source: MAG

Fig. 2.3

USO DE SUELOS ACTUAL EN EL AREA DE ESTUDIO (1996)

Suelos: Latosoles arcillo rojizos y litosoles. Forman una asociación de suelos rojizos arcillosos, de fuerte a ligeramente desarrollados y pedregosos semejantes a los de la unidad (Yac) Yayantique Sigüatepeque muy accidentados en montañas. Se diferencian principalmente por la topografía, esta tiene menos relieve y se encuentran en mayor número de áreas con suelos moderadamente profundos y menos pedregosos. En las áreas en donde los suelos tienen mayor desarrollo son franco arcillosos oscuros con subsuelos arcillosos plásticos café rojizos o rojizos y de estructura en bloques fuertes con película de arcilla, las capas inferiores son de lavas oscuras, fracturadas y de intemperización variable. Tienen moderada a lenta permeabilidad y alta capacidad de retención de agua. En las quebradas y cimas abruptas los suelos poco desarrollados son muy pedregosos y de poca profundidad sobre roca dura.

Drenaje y humedad: el drenaje es de bueno a excesivo según las pendientes. Durante la época no lluviosa son áreas secas.

c) Eca: El Cedral franco arcilloso en planicies aluviales, extensión.

2820ha

Suelos: Regosoles Aluviales; son suelos franco arcillosos y moderadamente friables. Los suelos superficiales hasta unos 50 cm. son franco arcillosos friables y de color café grisáceo oscuro. Los subsuelos presentan varios estratos con texturas que varían de franco arcillosos a francos y a mayor profundidad franco arenosos. Los colores son café grisáceos de claros a

oscuros y comúnmente moteados. Son suelos moderadamente permeables, con buena capacidad de retención de agua y de moderada a alta fertilidad.

Drenaje y humedad: el drenaje superficial es algo lento y el interno moderado. En la época lluviosa estas tierras permanecen mojadas, inundándose ocasionalmente. En la mayor parte de la estación seca permanecen húmedas. Pertenecen a las clases II, III y VII.

d) Maa: Malpaisera, conos volcánicos y corrientes de lava,  
extensión: 1416 ha.

Suelos: Litosoles, se encuentran capas oscuras de lava dura y escoria suelta, de textura gruesa y sin intemperización aún en la superficie.

Drenaje y humedad: son campos excesivamente drenados y áridos. Existen las clases VII en un 10% en las áreas con vegetación arbustiva puede obtenerse madera de poco valor y clase VIII en un 90%. La mayor parte de esta unidad no presenta ninguna posibilidad de uso agrícola, hay que evitar las quemas de la poca vegetación existente<sup>46</sup>.

---

<sup>46</sup>Cuadrantes Pedológicos. M.A.G. esc. 1:20000



### 2.2.4.2 Vocación y Capacidad Agrícola de los Suelos.

TABLA 2.5  
Clases de tierra de acuerdo a su capacidad de uso

No.	CLASE	DESCRIPCION
1	I	
2	II <sub>s</sub>	s: suelos
3	III <sub>h1</sub>	h1:humedad peligro de inundación
4	IV <sub>h1</sub>	h1:humedad peligro de inundación
5	IV <sub>e</sub>	e: erosión
6	V <sub>h1</sub>	h1:humedad: peligro de inundación
7	VII <sub>es2</sub>	e2:topografía y erosión ; s2:rocosidad y/o pedregosidad
8	VIII <sub>s2</sub>	s2:suelos rocosidad y/o pedregosidad

Tomado de Mapas Pedológicos.

### 2.2.4.3 Uso Actual

TABLA 2.6  
Nomenclatura

C	COSECHAS ANUALES	479.7 ha
S	CAÑA DE AZUCAR	701.6
G	PASTOS	2446.7
F	BOSQUES	36
W	PANTANOS	774.1

Σ 4438.1 HA.

Los pastos son aprovechables solamente en la época seca, además del maíz que ocupa la mayor parte del área debido a las eventuales inundaciones no son completamente aprovechadas.(Fig. 2.4)

### 2.2.4.4 Fisiografía de los suelos

El área de estudio muestra la siguiente fisiografía:

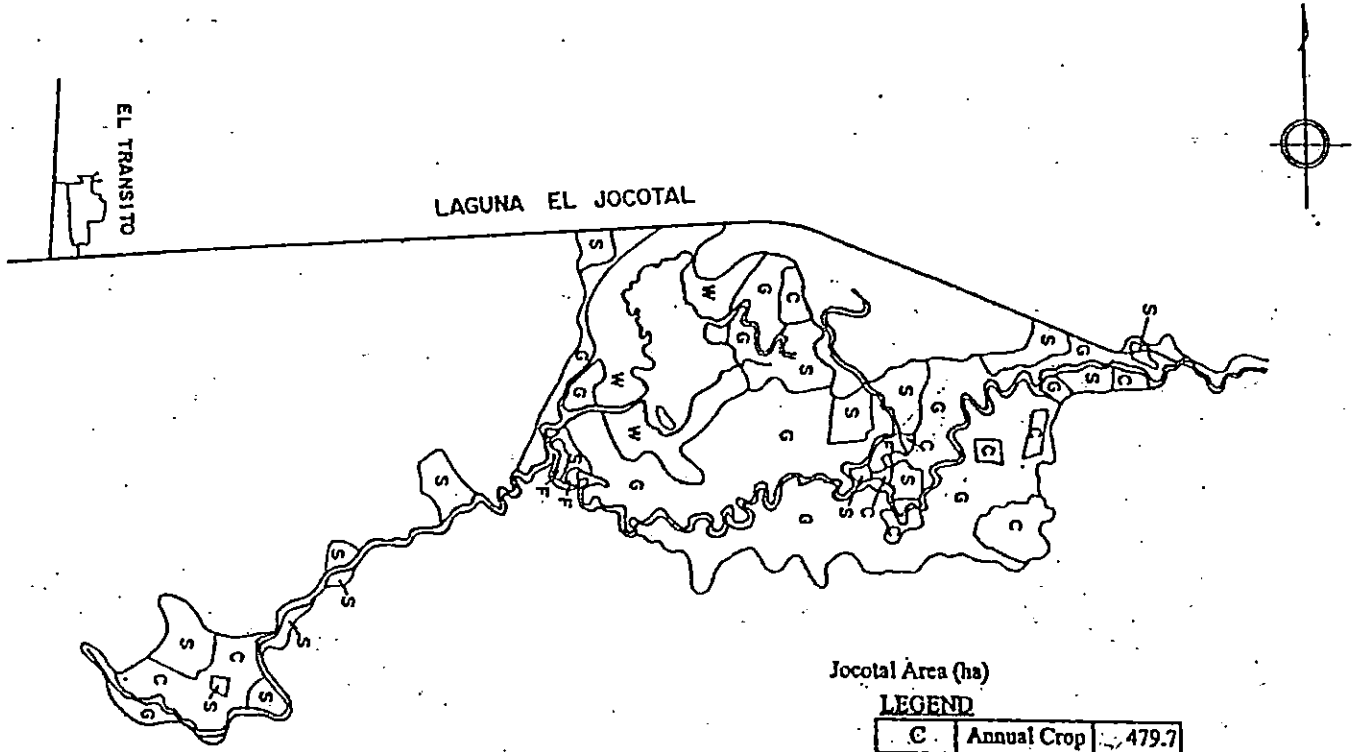


FIG. 2.4

Jocotal Area (ha)

**LEGEND**

C	Annual Crop	479.7
S	Sugarcane	701.6
G	Grazing	2,446.7
F	Forest	36.0
U	Urban	0.0
W	Wet land	774.1
Total		4,438.1

- a) Planicies bajas y encharcadas. Son campos de valles que debido a su posición permanecen inundados la mayor parte del año. Las pendientes son menores de 2%, las capas inferiores son aluviones estratificados de franco limosos a franco arcillosos.(PNA)
- b) Altiplanos antiguos fuertemente diseccionados, de relieve moderado en la zona baja inferior. Las capas inferiores son principalmente de lavas oscuras en diversos estados de intemperización. Las pendientes son variables, ligeramente inclinadas a abruptas, predominan los de 10% a 75% encontrándose las más fuertes en las quebradas.(Yad)
- c) Planicies aluviales de inundación, amplia y casi a nivel. Son tierras sin disección, adyacentes al Río Grande de San Miguel y sujetas a inundaciones casi todos los años. Las pendientes varían de 0 a 2%. Las capas inferiores son aluviones estratificados, predominando los franco arcillosos hasta un metro de profundidad. A mayores profundidades se encuentran estratos de textura menos pesada.(Eca)
- d) Laderas y extensiones de volcanes con corrientes de lava relativamente reciente, sin o con muy poca vegetación. La topografía de estas áreas es irregular y variable.(Maa)

### **2.2.5 Clima**

El clima de El Salvador está sujeto a monzones. Durante la temporada seca, fluye aire seco desde el continente hacia el océano cálido y la

precipitación sobre la tierra es mínima, pero durante la temporada lluviosa, el aire cargado de humedad fluye desde el océano hacia las tierras cálidas causando fuertes lluvias debido al movimiento de levantamiento del aire.

El país también está sometido a las depresiones y tormentas tropicales. Nubes cúmulo - nimbos creadas por convecciones intensas de aire causan fuertes lluvias de corta duración. El huracán es un ciclón tropical intensivo con vientos de una velocidad de más de 33m/s.

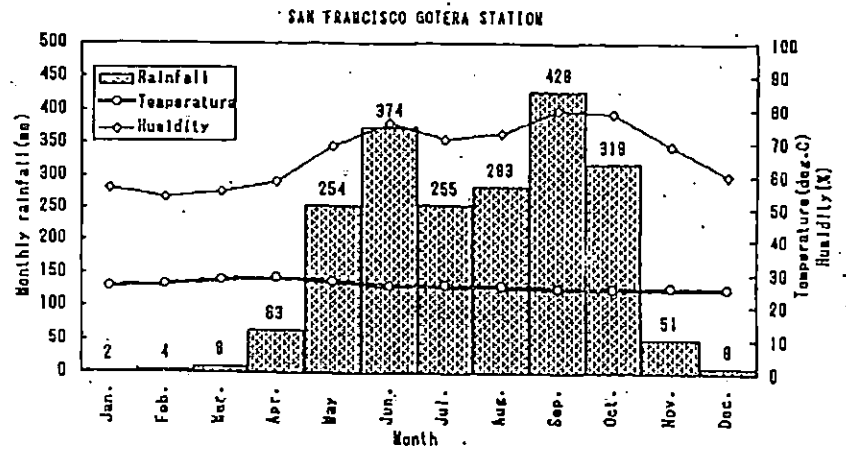
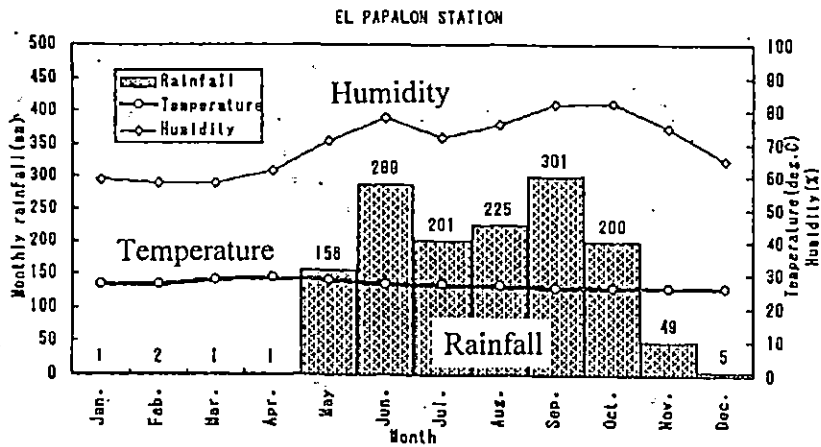
En El Salvador se distinguen tres zonas climáticas de acuerdo con la altura sobre el nivel del mar donde se ubican, y estas son: tierras calientes, tierras templadas y frías.

La zona donde se ubica la cuenca de la Laguna El Jocotal, corresponde al rango de 25 a 2100 m.s.n.m., perteneciendo a tierras templadas, donde la temperatura media anual de 26°C, caracterizado por ser un bosque húmedo sub-tropical caliente.

La cuenca tiene una elevación media de 232.47 m.s.n.m.

Las variaciones mensuales de temperatura, humedad, viento y precipitación se muestra en la fig.2.5

Se ha seleccionado la estación de El Papalón ubicada al Noreste de la Laguna El Jocotal. La precipitación media anual es de 1431 mm, la precipitación máxima (2100mm) ocurre en Septiembre por una secundaria en Junio(1800mm).



**EL PAPALON STATION**

Month	Rainfall (mm)	Temperature (deg.C)	Humidity (%)	Wind velocity (km/h)	Wind direction
Jan.	1	26.9	59	5.0	N
Feb.	2	27	58	5.0	N
Mar.	1	28.3	58	5.0	S
Apr.	1	29	62	5.0	S
May	156	28.2	71	3.0	S
Jun.	289	26.9	78	1.0	SE
Jul.	201	26.8	72	5.0	N
Aug.	225	26.7	76	5.0	N
Sep.	301	25.9	82	5.0	S
Oct.	200	25.8	82	1.0	S
Nov.	49	25.8	75	5.0	N
Dec.	5	25.8	65	5.0	N
Annual total(1)	1431	26.9	70		
Total(May-Oct)(2)	1372	29.0	82		
(2)/(1) (%)	96	25.8	58		

For rainfall: Mean, Max, Min

For temp./humid: Mean, Max, Min

**SAN FRANCISCO GOTERA STATION**

Month	Rainfall (mm)	Temperature (deg.C)	Humidity (%)	Wind velocity (km/h)	Wind direction
Jan.	2	25.8	56	3.6	N
Feb.	4	26.5	53	3	N
Mar.	8	27.9	55	3	N
Apr.	63	28.6	58	3	N
May	254	27.4	69	3	N
Jun.	374	26	76	3	N
Jul.	255	26.3	71	3	N
Aug.	283	25.9	73	3	N
Sep.	428	25.3	80	3	N
Oct.	319	25.4	79	3	N
Nov.	51	25.6	69	3	N
Dec.	8	25.5	60	3	N
Annual total(1)	2048	26.4	67		
Total(May-Oct)(2)	1912	28.6	80		
(2)/(1) (%)	93	25.3	53		

For rainfall: Mean, Max, Min

For temp./humid: Mean, Max, Min

Figura 2. 5 **CONDICIONES CLIMÁTICAS EN EL AREA DE ESTUDIO**

La temperatura promedio anual es de 26.9 °C, las máximas son en abril con un valor de 29.0 °C, mientras que la temperatura mínima es de 25.8 °C en diciembre y 25.3 °C en septiembre.

Durante el transcurso del año, la humedad relativa mínima y la promedio oscilan entre 58% y 82%.

En El Papalón, el viento del sur predomina durante los meses de marzo a junio y de septiembre a octubre. Los vientos del norte predominan en los otros meses.

#### **2.2.6 Vegetación**

La vegetación que predomina en la cuenca son los cultivos no permanentes y pastos que crecen en suelos permeables y semipermeables. Además existen árboles frutales y maderables en un 20% y 80% respectivamente, y herbáceos como pastos. Hay zonas boscosas en áreas cercanas a la laguna. Entre los cultivos predominan el maíz y la caña de azúcar.

#### **2.2.7 Impacto ambiental y ecológico.**

La laguna El Jocotal, está comprendida entre las áreas más distintivas del país, es afectada por condiciones socio ambientales tales como: la erosión, la de las aguas afectando las especies acuáticas. Recientes actividades

humanas han creado muchos cambios en la flora y fauna, como se describe a continuación:

TABLA 2.7  
Áreas de Vegetación

Descripción	Área(km <sup>2</sup> )	%
Cultivos	75.36	25.26
Vegetación Ligera	67.57	22.64
Bosques	93.93	31.46
Pastos	42.77	14.34
Sin vegetación	18.8	6.3
Total	298.43	100

Sobredesarrollo: El área alrededor de la Laguna ya ha sido desarrollada, granjas y pastizales se encuentran contiguo a la orilla. Las áreas forestales han disminuído en sus alrededores.

Deterioro de la calidad del agua: Según I.D.E.A.(Asociación Iniciativa para el Desarrollo Alternativo), una O.N.G. relacionada a la laguna, la calidad del agua ha ido deteriorándose desde la década de los años setenta por la afluencia de inundaciones del Río Grande de San Miguel. La erosión de los suelos es uno de los problemas ambientales más serios que se pueden tener en el área.

En la zona se construyó un vertedero para riego, en la década de los años setenta, fue destruido por terratenientes para drenar la tierra de cultivo y expandirse. A partir de eso, el nivel de desagüe de la laguna ha disminuido y ha afectado la pesca, resultando en un conflicto. Sin embargo, en 1993 se llegó a

un acuerdo mediante ONUSAL( Organización de las Naciones Unidas para El Salvador). Basándose en este acuerdo estipulado en el decreto No. 689 por la Asamblea en 1996, el vertedero existente debe mantenerse para que no se modifique el nivel de la laguna.

### **2.3 ANALISIS DE PRECIPITACION**

La precipitación es cualquier forma de humedad que emana de las nubes a la superficie terrestre; la cual se puede presentar en las siguientes formas: lluvia, llovizna, escarcha, agua nieve o cellisca, nieve, copo de nieve y granizo.

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria que mantiene las aguas superficiales, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de estudios en lo concerniente al uso y control del agua.

La humedad siempre está presente en la atmósfera aún en los días sin nubes. Para que ocurra la precipitación se requiere algún mecanismo que enfríe el aire lo suficiente para que llegue de esta manera cerca del punto de saturación. Los enfriamientos de grandes masas, necesarios para que se produzcan cantidades significativas de precipitación, se logran cuando ascienden las masas de aire. Este fenómeno se lleva a cabo por medio de sistemas convectivos o convergentes que resultan de radiaciones desiguales las



cuales producen calentamiento o enfriamiento de la superficie terrestre y la atmósfera, o por barreras orográficas. Sin embargo, la saturación no conlleva la precipitación.

### **2.3.1 Estaciones**

Uno de los factores del ciclo hidrológico que se puede medir con mayor precisión es la precipitación en forma de lluvia; entre los aparatos utilizados para tal uso se tienen: los pluviómetros y los pluviógrafos. Los primeros miden la cantidad de agua precipitada y los otros miden la intensidad y la duración de la lluvia que cae. Estos instrumentos han sido creados con la finalidad de cuantificar la lluvia que cae en los suelos de una zona en particular, permiten definir la altura que alcanza la misma al precipitarse y acumularse en una determinada superficie horizontal suponiendo que permanecerá sobre ella. Esta cantidad de precipitación sobre esta superficie se determina por la altura medida en mm, en que dicha precipitación en forma líquida hubiese cubierto el suelo si no se hubiese infiltrado, escurrido o evaporado. Para llevar a cabo la determinación de la altura de precipitación, se recoge sobre una pequeña parte de la superficie correspondiente dicha precipitación y se mide a intervalos determinados. El valor resultante de la observación se estima como valor promedio para la totalidad del campo bajo observación. La intensidad de lluvia

son los milímetros de agua acumulada en una unidad de tiempo; la cual puede ser : un minuto, una hora, etc.

Para realizar un estudio sobre una cuenca hidrográfica, es necesario una correcta selección y ubicación del mayor número posible de estaciones pluviográficas.

La cuenca de la Laguna El Jocotal tiene una área de  $298.425\text{km}^2$ , la cual está siendo monitoreada por la estación de El Papalón, para cuantificar las cantidades de lluvia caída en un determinado momento.

La estación pluviométrica de El Papalón está situada en el área de la Cooperativa Algodonera, en el Cantón y Caserío El Papalón, Municipio de San Miguel a  $13^{\circ} 26.6'$  de latitud y  $88^{\circ} 7.4'$  de longitud con una elevación de 80 m.s.n.m. Para el estudio se considerará el período de registro entre los años 1970 a 1981, debido a que solamente hasta este último año se encontraron completos, esto con respecto a datos de intensidades máximas absolutas.

Además existen las estaciones pluviométricas de San Jorge, Cantón La Lava, Jucuarán y Olomega en la periferia de la cuenca, pero no cuentan con registros completos para el período considerado para el estudio, ya que éstas fueron clausuradas debido al conflicto armado. Por lo cual se trabajará con los registros de la estación de El Papalón, hasta el año 1996, lo anterior, referido a datos de precipitación.

### **2.3.2 Eventos Importantes**

El Salvador en ocasiones se ve afectado por las inundaciones causadas por huracanes y tormentas tropicales provenientes del Mar Caribe, lluvias tropicales de alta intensidad y precipitación continua de intensidad media.

Entre los eventos de gran magnitud registrados en esta área están: El huracán Fifi en 1974, tormenta tropical Mitch en 1998 y el huracán Gilbert en 1988.

El huracán Gilbert incidió en la inundación de 1988 provocando la precipitación máxima registrada en siete días en San Francisco Gotera y la segunda máxima en el Papalón en septiembre 16, ambos, de huracanes pasaron a tormentas tropicales. Además está la inundación de Las Conchas en 1980.

Basándose en la descarga máxima anual y en los datos de precipitación media de la cuenca del Río Grande de San Miguel para siete días, las principales inundaciones ocurridas desde 1959 se han puesto en orden y se muestran a continuación:

**TABLA 2.8**  
Inundaciones anteriores por orden

ORDEN	AÑO	Qpico en Vado Marín	Precipitación Media
1	1988	-	326.8mm
2	1992	-	299.8mm
3	1982	-	285.3mm
4	1974	307.9 m <sup>3</sup> / s	271.9mm
5	1964	296.0 m <sup>3</sup> / s	-
6	1966	289.8 m <sup>3</sup> / s	-

Informe Final Estudio Cuenca RIO GRANDE. J.I.C.A.

Las áreas inundadas en la Laguna El Jocotal para el año de 1995 se puede ver en la figura 2.6 y el cuadro siguiente:

**TABLA 2.9**  
Areas inundadas en Kilómetros cuadrados

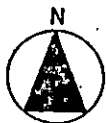
AREA DE INUNDACION	SAN MIGUEL	OLOMEGA	EL JOCOTAL	USULUTAN	TOTAL
Inundación de 1995	2.8	88.5	35.8	6.6	133.7
Volumen millones de m <sup>3</sup>	3.4	57	54	7.6	116
Inundación máxima	7	98.4	44.4	31.3	181.1
Inundación frecuente	0.64	44.4	29.6	0.9	75.5

Informe Final Estudio Cuenca RIO GRANDE. J.I.C.A.

La profundidad y la duración de esta inundación en el área de la Laguna El Jocotal fue de 1.5 m / 11 días.

## 2.4 ANÁLISIS DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL

Toda cantidad de agua en exceso que fluye tanto por la superficie del suelo como por la red de drenaje de una cuenca, hasta alcanzar el punto de menor elevación de la misma, se denomina escurrimiento superficial o



Area	Maximum	1995
San Miguel	7.0	2.8
Olomega	98.4	88.5
Jocotal	44.4	35.8
Usulután	31.3	6.6
Total	181.1	133.7

(Unit : Km<sup>2</sup>)

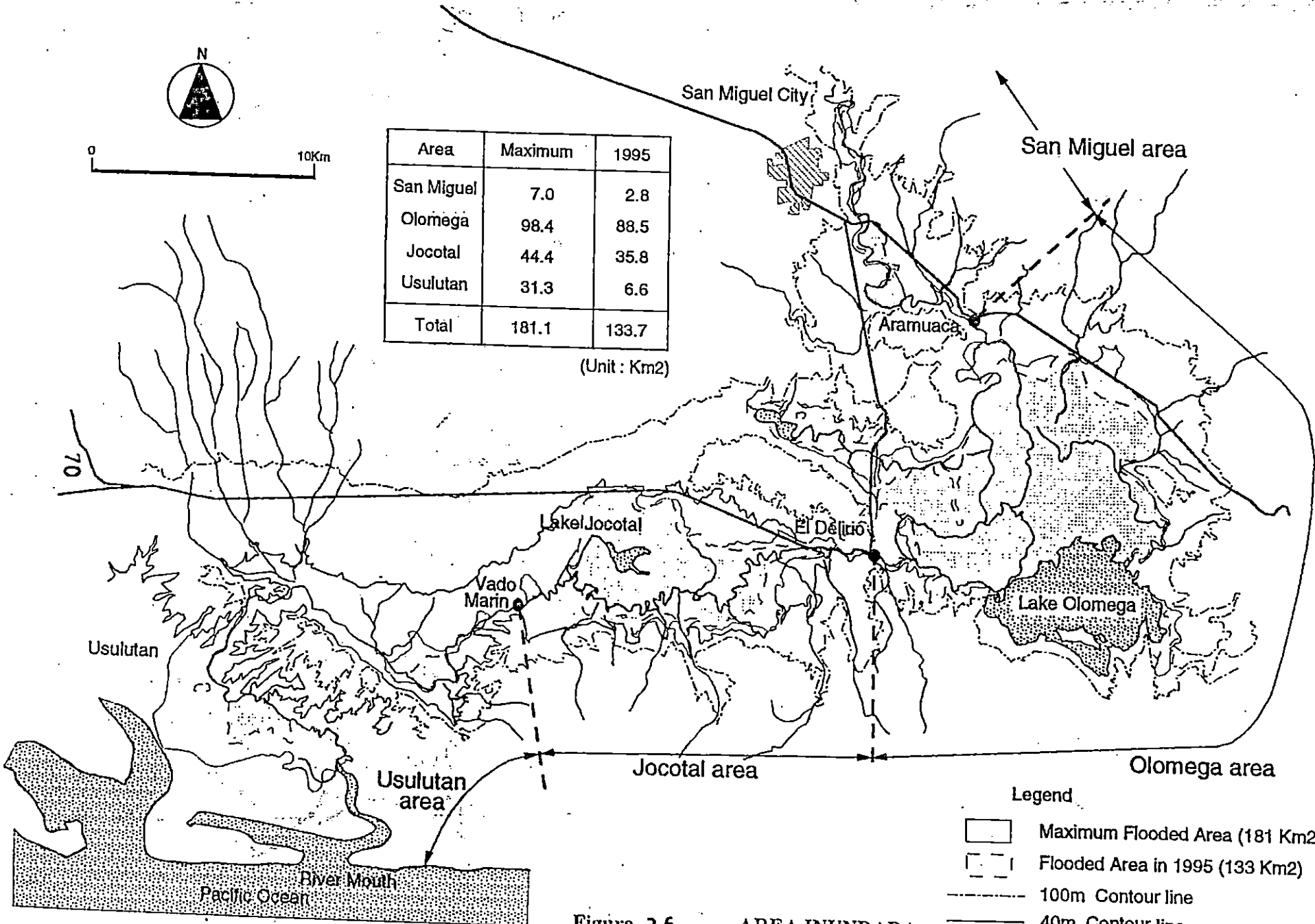







Figura. 2.6

AREA INUNDADA

Legend

-  Maximum Flooded Area (181 Km<sup>2</sup>)
-  Flooded Area in 1995 (133 Km<sup>2</sup>)
-  100m Contour line
-  40m Contour line
-  Road

escorrentía directa. El agua de una precipitación (o de una tormenta), una vez se encuentre en el suelo comienza a infiltrarse; éste al estar saturado cede el paso del agua y se provocan los encharcamientos y retenciones; por gravedad, el agua comienza a escurrir sobre la superficie en forma de corriente hasta llegar a la parte más baja.

#### **2.4.1 Componentes de la escorrentía**

El camino seguido por una gota de agua desde el momento en el cual alcanza la tierra hasta cuando llega al cauce de una corriente es incierto. Se deducen tres tipos de escurrimiento o tres caminos que puede seguir el agua: escorrentía superficial, escorrentía sub – superficial y flujo de agua subterránea.

El flujo de agua sobre la tierra, o escorrentía superficial, corresponde al volumen de agua que avanza sobre la superficie de la tierra hasta alcanzar un canal. La palabra canal es con la que se define cualquier depresión que pueda transportar una pequeña corriente de agua durante una lluvia y durante un período corto después de su terminación. La distancia que recorre el agua como escorrentía superficial es relativamente corta, siendo raras veces mayor que algunas decenas de metros. La escorrentía es un elemento importante en la formación de los picos de las crecientes. Sin embargo, la cantidad de escorrentía superficial es pequeña, dado que el flujo superficial sobre un suelo

permeable solo puede tener lugar cuando la intensidad de lluvia es mayor que la capacidad de infiltración.

La escorrentía sub – superficial, es un volumen de agua que viaja entre la superficie del suelo y el nivel freático, puede ser muy rápido o muy lento. Cuando es muy rápido se asocia con el escurrimiento superficial. La fracción del total de la escorrentía que se presenta como flujo sub- superficial, depende de la geología de la zona.

El flujo subterráneo, es el volumen de agua que viaja por debajo del nivel freático, viaja muy lentamente y es muy difícil asociarlo con una tormenta en particular; también es llamado flujo base o descarga de estiaje. La contribución de agua subterránea a las corrientes de agua no pueden fluctuar rápidamente debido a la baja velocidad del flujo.

Los factores que influyen directamente en la cuantía del escurrimiento, están dados por la intensidad, duración y distribución de la precipitación, también por la permeabilidad de la superficie del suelo, la clase de vegetación, la profundidad del nivel freático, el área, pendiente y forma de la cuenca. La clasificación de la escorrentía es relativa, puesto que el agua puede tener diferentes caminos, dependiendo del tipo de cuenca, por ejemplo una parte del flujo superficial puede infiltrarse y terminar como flujo subterráneo o la inversa, el flujo subterráneo puede llegar a ser superficial. Después de todo, lo

importante es la rapidez con que una cuenca responde a una tormenta, pues esto es lo que determina la magnitud de las correspondientes avenidas.

#### **2.4.2 Influencia del Río Grande de San Miguel**

El sistema del Río Grande de San Miguel se muestra en la fig. 2.7. El Río Guayabal y el Río Villerías se originan en las áreas montañosas cerca de Cacaopera, Delicias de Concepción y Ciudad Barrios, los cuales son los principales tributarios en la cuenca Alta del Río Grande. Después de que estos dos ríos se unen cerca de Agua Zarca, éstos se convierten en el Río Grande y fluye hacia el sur, saliendo del área montañosa. Cerca de la laguna de Olomega, el Río cambia su curso hacia el Oeste, pasando por la Laguna El Jocotal, cambiando de nuevo hacia el norte hasta la confluencia del río Ereguayquín y finalmente fluye hacia el Océano Pacífico. La longitud del cauce primario del Río Grande es de aproximadamente 124 km. Tiene un área de captación de 2247km<sup>2</sup>. La cuenca se subdivide en tres secciones en función de la longitud del Río Grande: la cuenca alta, la cual no es parte del cauce principal; la cuenca media, 48.8km aproximadamente 39.35% de su longitud; y la cuenca baja, 75.1km, un 60.56% de la longitud del Río, dependiendo de las condiciones topográficas de ésta.



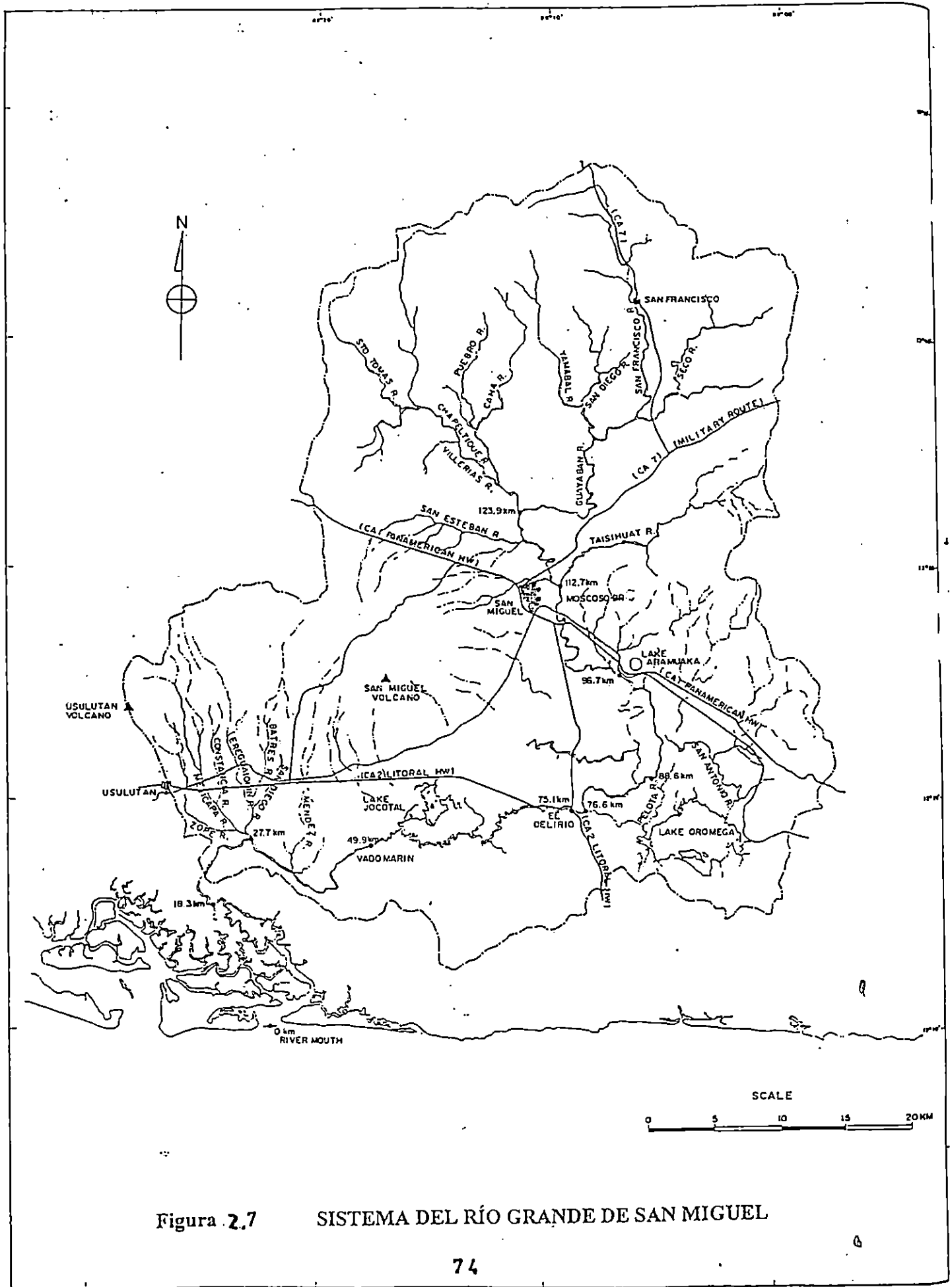


Figura 2.7 SISTEMA DEL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL

Cuenca alta: la cuenca se encuentra ubicada aguas arriba de la confluencia de los ríos Guayabal y Villerías. Es montañosa y las pendientes del canal son relativamente fuertes.

Cuenca Media: comienza donde los ríos Guayabal y Villerías convergen, hasta El Delirio.

Cuenca Baja: Comienzan en El Delirio hasta la desembocadura del río. La cuenca baja se subdivide en tres porciones: la porción de la Laguna El Jocotal, desde El Delirio hasta Vado Marín, la porción de las colinas desde Vado Marín hasta la convergencia del río Eregüayquín, y la porción de Usulután que empieza en dicha confluencia hasta el mar.

La elevación de la tierra en esta porción del río es muy baja y el río serpentea intensamente. La laguna El Jocotal se encuentra localizada en la ribera derecha. Las áreas pantanosas que se extienden a lo largo del río y de la laguna, han estado sufriendo de inundaciones frecuentes. La estación limnimétrica de Vado Marín se encuentra en el Salto de Las Cascadas.

#### **2.4.2.1 Características del cauce del Río Grande de San Miguel.**

Dependiendo de las características topográficas y la confluencia de los ríos tributarios, el Río Grande de San Miguel se divide en los tramos siguientes:

El tramo bajo, cubre desde la desembocadura del río(0.0 km) hasta El Delirio(75.1 km): este tramo se subdivide en las secciones L-1 hasta L-4 empezando en la desembocadura yendo aguas arriba.

El tramo medio cubre desde El Delirio hasta la confluencia de los ríos Guayabal y Villerías(123.9km): este tramo se subdivide en las secciones M-1 hasta M-6, yendo aguas arriba. Como características más notables del Río Grande de San Miguel están las siguientes:

Existe una caída significativa del lecho del río de aproximadamente 30 metros en El Delirio y una más pequeña de unos cuantos metros en Vado Marín.

En los tramos aguas abajo de la confluencia del Río Eregüayquín (tramos L-1 y L-2), la pendiente del canal cambia abruptamente y se hace más pronunciada. Aguas arriba de la confluencia, la pendiente del lecho del río se nivela o se invierte hasta Vado Marín.

La capacidad del canal es bastante reducida en los tramos L-4 y M-2, especialmente en el tramo L-4 a lo largo de la Laguna El Jocotal, el canal es muy estrecho y su capacidad es de  $70 \text{ m}^3/\text{seg}$ . Los materiales del lecho y de las orillas del río consisten en arena y arcilla en los tramos aguas abajo, arcilla con materia orgánica(depósitos pantanosos) alrededor de la Laguna El Jocotal, arcilla y arena en los tramos aguas arriba, rocas suaves y parcialmente duras en los tramos cerca de El Delirio y aguas abajo de Vado Marín.

#### **2.4.2.2 Instalaciones en el Desagüe de la Laguna El Jocotal**

El Desagüe del Jocotal es el único canal que conecta a la Laguna con el Río Grande. Existe un puente de alcantarilla cerca de la Hacienda El Milagro que cruza el Desagüe del Jocotal, nombre con que se identifica el desagüe de la laguna hacia el río. A pesar de que no tiene una compuerta la alcantarilla controla el afluente y efluente de la Laguna El Jocotal. (Fig. 2.8)

#### **2.4.2.3 Condiciones Hidráulicas**

No existen registros de nivel de agua de la Laguna El Jocotal. En base a los registros de las descargas promedio mensuales en Vado Marín y Las Conchas, el nivel pico de agua de la Laguna El Jocotal, podría ocurrir entre Septiembre y Octubre. (Tabla 2.10)

#### **2.4.2.4 Contaminación del agua del Río Grande de San Miguel**

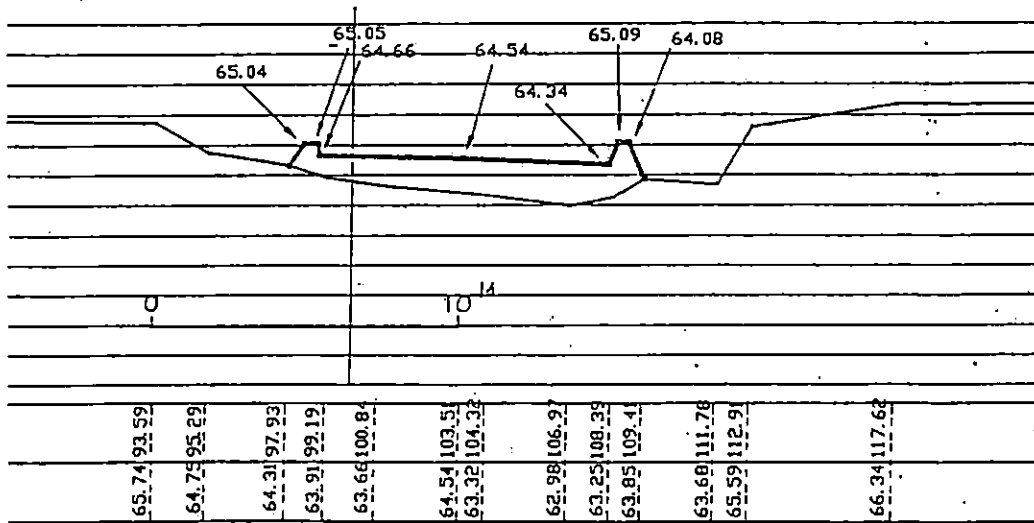
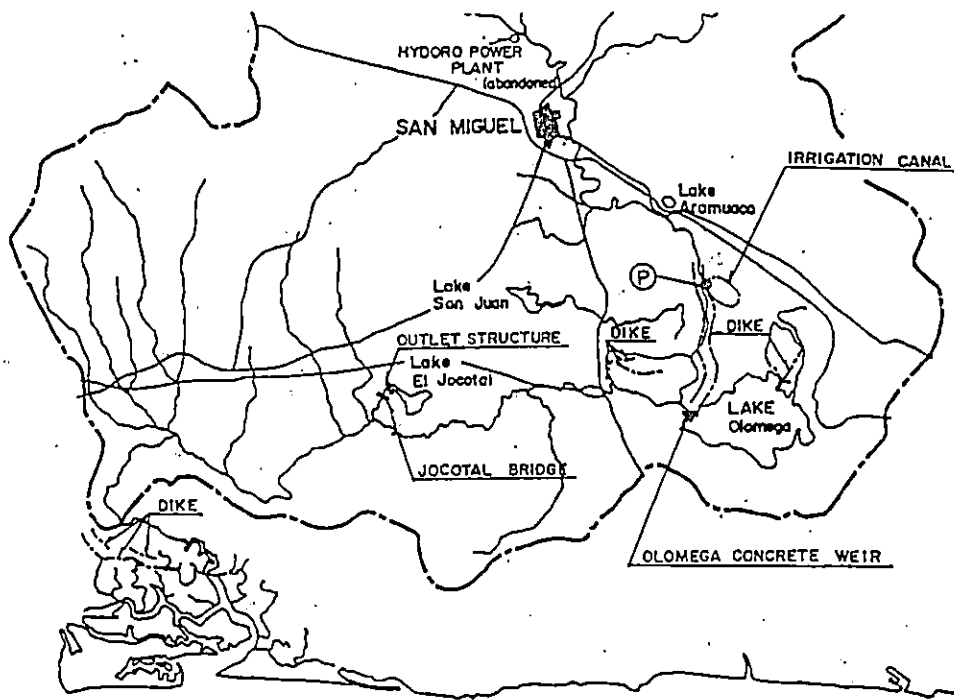
Recientemente, el deterioro de la calidad de agua del Río Grande de San Miguel, se ha convertido en un problema serio, pues afecta las áreas río abajo. La causa principal de la contaminación es la descarga de aguas residuales de las áreas urbanas de San Miguel, incluyendo además los desechos de ganado y



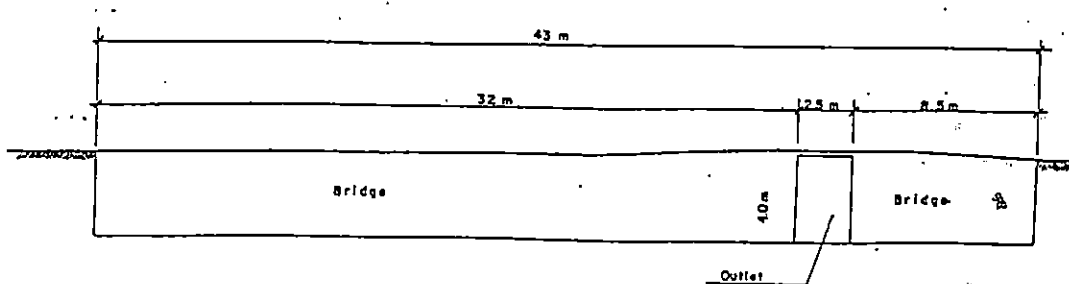
TA3LA. NIVEL DE AGUA Y DESCARGA MÁXIMA ANUAL  
2-10

Station: Vado Marin						
Period: May 1959-March 1981						
Year	Month	Date	Hmax (m)	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	Ranking	Remarks
1959	10	20	2.16	57.9	20	
1960	-	-	-	-	-	Data incomplete
1961	10	9	2.44	188.8	10	
1962	9	27	2.59	156.0	11	
1963	11	11	3.22	248.1	5	
1964	9	4	2.56	134.4	15	
1965	10	1	2.74	218.9	8	
1966	7	15	2.84	289.8	3	
1967	10	14	2.1	96.0	18	
1968	9	26	2.4	155.0	12	
1969	9	6	3.84	296.0	2	
1970	10	5	3.13	230.9	7	
1971	9	5	2.42	131.5	17	
1972	10	10	2.03	82.0	19	
1973	10	26	3.65	237.5	6	
1974	9	22	4.22	307.9	1	
1975	9	13	2.72	135.8	14	
1976	6	14	3.9	286.7	4	
1977	10	1	1.83	48.0	21	
1978	9	22	2.62	133.6	16	
1979	9	15	2.68	143.7	13	
1980	6	25	3.14	215.2	9	

Station: Las Conchas						
Period: May 1970-April 1981						
Year	Month	Date	Hmax (m)	Qmax (m <sup>3</sup> /s)	Ranking	Remarks
1970	8	4	2.80	274.00	4	
1971	10	21	2.00	148.00	7	
1972	10	20	2.69	203.00	6	
1973	10	24	4.10	287.00	3	
1974	5	23	2.04	90.00	10	
1975	-	-	-	-	-	Data incomplete
1976	10	10	2.72	111.33	9	
1977	6	8	3.18	136.51	8	
1978	9	20	3.75	389.56	1	
1979	6	14	4.22	222.40	5	revised from 659.28m <sup>2</sup> /s
1980	6	23	4.90	302.40	2	revised from 1471.22m <sup>3</sup> /s



H. 1:200  
EXISTING CONCRETE WEIR AT LAKE OLOMEGA OUTLET



EXISTING BRIDGE AT LAKE JOCOTAL OUTLET

Figura 28

desechos de los procesamientos de la caña y el azúcar. Según la oficina municipal de la Ciudad de San Miguel, el 100% de las aguas residuales de esta ciudad se vierten en el río sin tratamiento alguno.

#### **2.4.2.5 Condiciones de inundación.**

La laguna El Jocotal se ve afectada por las inundaciones debido a la influencia del Río Grande de San Miguel a la altura del Cantón y Caserío Casa Mota. A lo largo de un kilómetro, el Río Grande se desborda por los carriles de la Papalota y el Moralito; los carriles de Juan Rodríguez y el carril del Charancuaco que cae en el carril de Tembladero.

Las inundaciones han ocurrido frecuentemente con una larga duración(19 días) resultando los siguientes efectos negativos:

- a) Daños a viviendas y propiedades
- b) Daño a la producción agrícola y ganadera
- c) Obstrucción al tráfico y otras actividades socioeconómicas
- d) Empeoramiento de la Sanidad
- e) Otros dispositivos en la vida comunitaria

Las tierras propensas a inundaciones se usan principalmente para pastoreo de ganado con una productividad baja. El volumen de crecidas en la etapa pico de la inundación en 1995 fue cerca de 50 millones de metros cúbicos

en el área de la Laguna El Jocotal. Los efectos de crecidas en las descargas de inundación en la Laguna son extensas. (35.8 km<sup>2</sup>, Figura 2.6)

### **2.4.3 Métodos para determinar el caudal de escorrentía máximo.**

#### **2.4.3.1 Caudal de Escorrentía**

Es la relación entre el volumen de agua precipitada sobre la cuenca y el agua escurrida sobre la misma. La escorrentía es la fase final de la precipitación, también, es el agua que llega a los canales importantes de la cuenca, la escorrentía es vital dentro del ciclo hidrológico ya que, de él dependen en gran magnitud las corrientes naturales de agua o ríos.

La escorrentía está controlada por diferentes factores naturales propios de la cuenca y sus tributarios, entre ellos:

- 1) La precipitación y sus características
- 2) Superficie de recogimiento
- 3) Tiempo de concentración
- 4) La topografía
- 5) La vegetación
- 6) Las condiciones edafológicas y geológicas del suelo



Existen diversos métodos para la determinación del caudal de escorrentía, la diferencia entre éstos estriba en el procedimiento a seguir y en los datos a utilizar.

Es importante determinar el caudal de escorrentía para el diseño de obras civiles; entre los métodos que se utilizan para su cálculo están los siguientes:

- 1) Métodos Directos: son los que permiten obtener valores de escorrentía máxima, partiendo de la información hidrológica controlada en las estaciones hidrométricas. Entre estos métodos están: El método del Hidrograma sintético y los métodos estadísticos.
- 2) Métodos Indirectos: son aquellos que relacionan algunas variables meteorológicas con una hidrológica, para la determinación del escurrimiento de la cuenca. Son aplicables cuando se dispone de datos de lluvia y de avenidas reales, entre estos métodos se puede mencionar:
  - a) Método de las isocronas
  - b) Método del hidrograma unitario
  - c) Método racional.

Para el caso de la cuenca en estudio se determinará el caudal de escorrentía a través del método Racional.

#### 2.4.4 Método Racional para cálculo del caudal de salida de una cuenca.

Establece una relación del caudal en función del área de la cuenca y la intensidad de lluvia, se considera un método, dado que por su estructura es aplicable en condiciones climatológicas propias del lugar en estudio.

Es el modelo más antiguo de la relación lluvia-escorrimento, y más utilizado en el estudio de cuencas pequeñas, es aplicado adecuadamente para planicies no tan extensas. El método se explica de la siguiente forma:

Si en una cuenca impermeable cae uniformemente una lluvia de intensidad constante, durante un largo tiempo; al principio el caudal que sale de la cuenca será creciente con el tiempo, pero llegará un momento en que se alcance un punto de equilibrio.(fig. 2.9) Es decir, que el volumen que entra por unidad de tiempo por lluvia, sea el mismo que el caudal de salida de la cuenca.

El cual se expresa de la siguiente forma:

$$Q = 16.67 C I A \quad (\text{Ec.2.5})$$

Donde;

Q : caudal máximo, en m<sup>3</sup>/seg.

C : coeficiente de esorrentía que es igual al porcentaje de lluvia, que aparece como escurrimento directo .

I : intensidad de lluvia, en mm/min.

A : área de la cuenca en estudio, en km<sup>2</sup>.

#### 2.4.5 Tiempo de concentración

Es el tiempo que se tarda una gota de lluvia que cayó en el punto más alejado de la cuenca, hasta llegar al punto de salida de la misma.(fig.2.9)

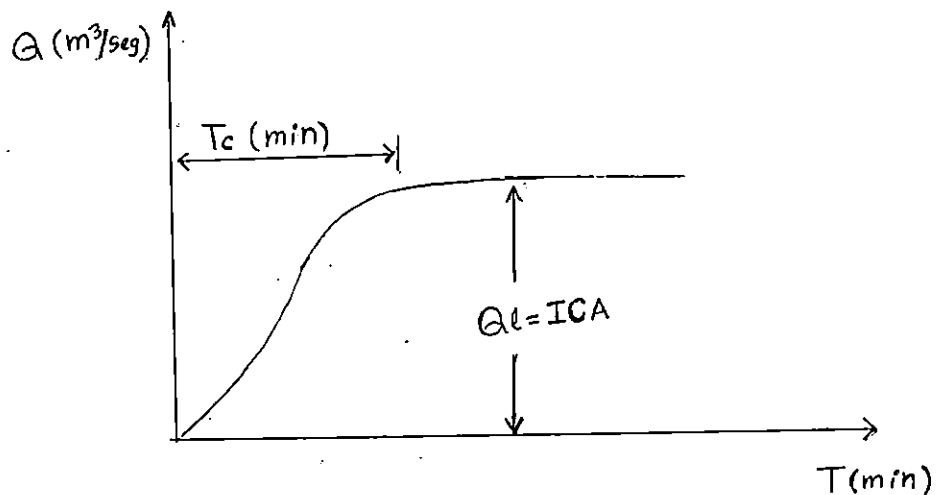


Fig.2.9 Tiempo de concentración

El tiempo de concentración depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua, hasta la salida de la cuenca, y de la velocidad que adquiere en promedio de la misma. La velocidad que adquiere el agua dentro de la cuenca, está en función de la pendiente del terreno, los cauces y de la rugosidad de la superficie de los mismos.

El tiempo de concentración se calcula mediante la siguiente expresión (según Giandotti):

$$T_c = ( \sqrt{Ac} + 1.5 L_c ) / (0.85 \sqrt{Em'}) \quad (\text{Ec.2.6})$$

Donde;

$T_c$  : tiempo de concentración en horas

$A_c$  : área de la cuenca, en  $\text{km}^2$

$L_c$  : longitud del cauce más largo, en km.

$E_m$  : elevación media de la cuenca, en m.s.n.m.

Sustituyendo en la ecuación anterior:

$$T_c = ( \sqrt{298.425} + 1.5 \times 12.8 ) / ( 0.85 \times \sqrt{232.47} )$$

$$T_c = 2.814 \text{ horas}$$

$$T_c = 168.84 \text{ minutos}$$

Con el Tiempo de Concentración obtenido, se define el rango de intensidades para un tiempo próximo menor y un tiempo próximo mayor al valor del tiempo de concentración obtenido, en este caso ya que  $T_c=168.84$  min., se seleccionó el rango de intensidades máximas absolutas entre 120 minutos y 240 minutos.(Tabla 2.11)

#### **2.4.6 Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia**

Para determinar la intensidad de diseño(mayor intensidad que servirá para calcular el nivel máximo alcanzado por la lámina de agua de la Laguna), se obtuvo la información de la precipitación en la estación pluviométrica

**TABLA 2.11**  
**Intensidades de Precipitación Máxima anual absoluta en mm/min. para**  
**diferentes períodos.**

Estación: El Papalón  
 Longitud: 13° 26.6'  
 Latitud: 88° 07.4'  
 Elevación: 80 m.s.n.m.

Año/min.	120'	150'	180'	240'
1970	0.56	0.45	0.39	0.31
1971	0.59	0.22	0.18	0.18
1972	0.47	0.38	0.26	0.20
1973	0.38	0.35	0.27	0.21
1974	0.47	0.49	0.47	0.39
1975	0.29	0.25	0.22	0.15
1976	0.41	0.41	0.40	0.35
1977	0.27	0.22	0.19	0.15
1978	1.03	0.84	0.74	0.59
1979	0.60	0.48	0.40	0.19
1980	0.52	0.43	0.36	0.30
1981	0.58	0.54	0.50	0.16

El Papalón la cual cuenta con registros de intensidad hasta el año de 1981. Se tomó el período de los años 1970 a 1981. Se pretendía trabajar con datos hasta 1999, pero debido a la falta de éstos se tomaron los antes mencionados.

Con los registros de intensidad de lluvia para una duración determinada como un tiempo de concentración( $T_c=168.84$  min.) y con un período de retorno igual a 25 años, se hace lo siguiente:

- Se toman los valores de intensidades máximas anuales de lluvia de la estación pluviográfica; en el rango de valores de lluvia del tiempo de concentración( de 120min a 240 min.)
- Se ordenan los datos de intensidad de lluvia de la estación, en orden de magnitud decreciente( de mayor a menor) (tabla 2.12)
- Calcular la probabilidad de ocurrencia en porcentaje a partir de la siguiente ecuación.

$$F = m / ( n+1) \times 100 \quad (\text{Ec.2.7})$$

Donde;

F: probabilidad de ocurrencia

m : posición que ocupa una determinada intensidad

n : número de datos

La frecuencia de ocurrencia se refleja en Tabla 2.12, luego se grafican las probabilidades de no ocurrencia contra las intensidades de lluvia y se traza la mejor línea recta que represente la tendencia de todos los puntos, de manera que los que no intersecten la línea quedan aproximadamente a una misma separación a ambos lados de ella.(figura 2.10)

**TABLA 2.12**  
Cálculo de Probabilidades de los Registros de Intensidades

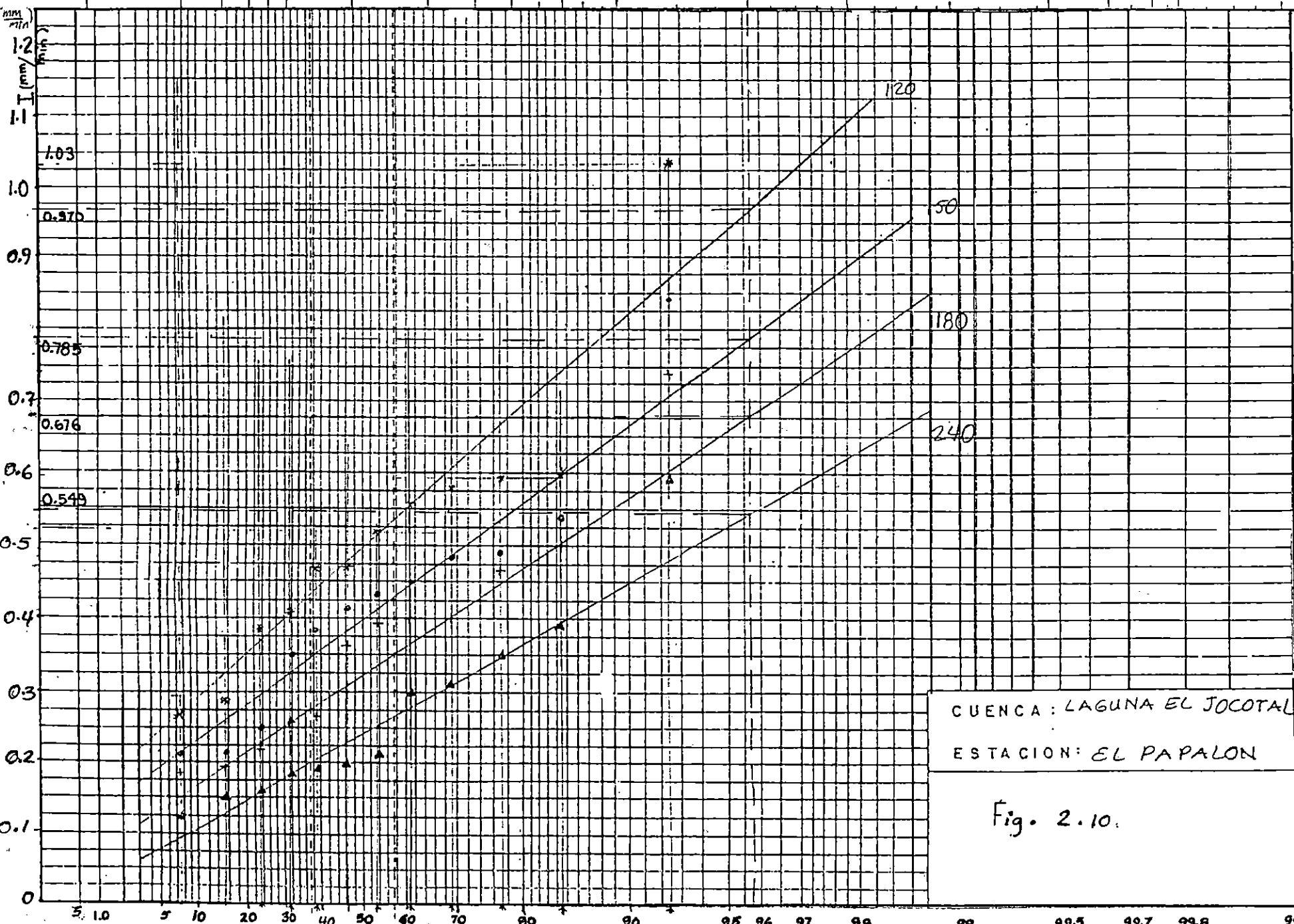
Posición	120'	150'	180'	240'	$F=m/(n+1)$	$f=100-F$
1	1.03	0.84	0.74	0.59	7.69	92.31
2	0.60	0.54	0.50	0.39	15.38	84.62
3	0.59	0.49	0.47	0.35	23.08	76.92
4	0.58	0.48	0.40	0.31	30.77	69.23
5	0.56	0.45	0.40	0.30	38.46	61.54
6	0.52	0.43	0.39	0.21	46.15	53.85
7	0.47	0.41	0.36	0.20	53.85	46.15
8	0.47	0.38	0.27	0.19	61.54	38.46
9	0.41	0.35	0.26	0.18	69.23	30.77
10	0.38	0.25	0.22	0.16	76.92	23.08
11	0.29	0.22	0.19	0.15	84.62	15.38
12	0.27	0.22	0.18	0.15	92.31	7.69

Se obtienen cuatro valores de intensidad de Diseño que corresponden al rango de valores de duración de lluvia (Tabla 2.13). Seguidamente estos datos se plotean en papel semi logarítmico de tres ciclos, teniendo en el eje de las abscisas los tiempos de duración en minutos y en el eje de las ordenadas las intensidades en milímetros por minuto. Luego con el tiempo de concentración ( $T_c=168.64$  min.) se plotea en la curva y se lee en las ordenadas la intensidad de diseño. (Figura 2.11)

**TABLA 2.13**  
Datos de Intensidad de Diseño (Período de Retorno  $T=25$  años)

ESTACION	DURACION	INTENSIDAD
EL PAPALON	120'	0.97 mm/min
	150'	0.785 mm/min
	180'	0.676 mm/min
	240'	0.49 mm/min

1.001 1.01 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 2 3 10 25 50 100 200 300 400 500 1000

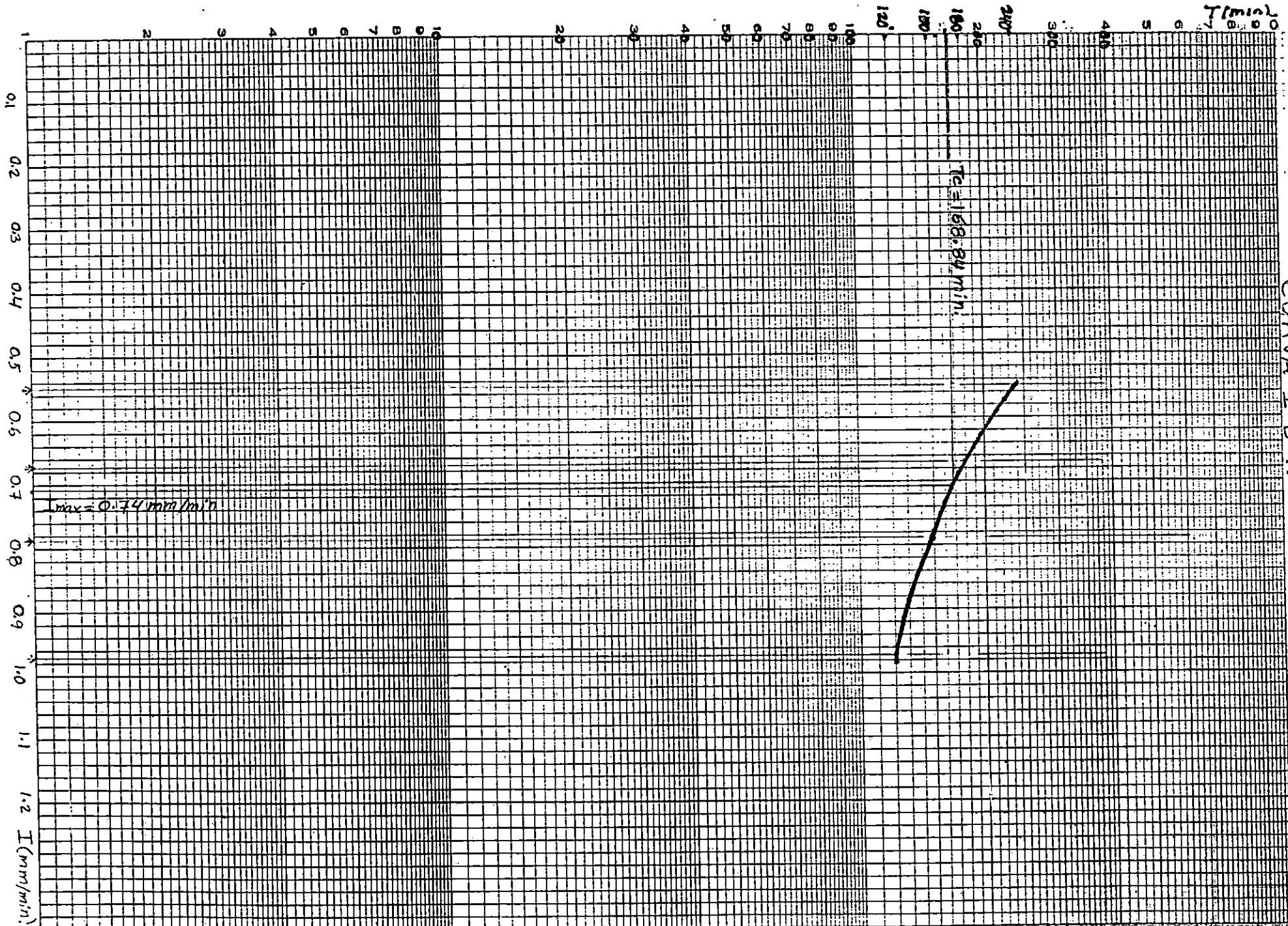


CUENCA: LAGUNA EL JOCOTAL  
ESTACION: EL PAPALON

Fig. 2.10.

PROBABILIDADES DE NO OCURRENCIA.





CURVA I-D-F.

De la curva I-D-F, se obtuvo para el período de retorno de 25 años, con tiempo de concentración de 168.64 minutos, una intensidad de diseño de:

$$I_{25} = 0.74 \text{ mm/min.}$$

#### **2.4.7 Cálculo del Coeficiente y Caudal de escorrentía.**

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la lluvia escurrida y la lluvia caída. Se determinó haciendo uso del Nomograma de Ven-Te-Chow. (Figura 2.12) Este coeficiente se determina en función del tipo de suelo, cobertura vegetal y pendiente del terreno.

Tipo de suelo: Es necesario identificar las condiciones del tipo del terreno que están en función de la permeabilidad del mismo.

Cobertura vegetal: Se determinó mediante visitas de campo realizadas al área de estudio, y a través de un mapa de uso de suelo a nivel nacional, en escala 1:50,000.

Pendiente del terreno: se calculó por diferencia de elevaciones entre la longitud desde el punto de mayor elevación hasta el de menor elevación.

$$P = (C_{\text{may}} - C_{\text{men}}) / D_c \times 100 \quad (\text{Ec.2.8})$$

Donde:

$C_{\text{may}}$  : curva mayor

$C_{\text{men}}$  : curva menor

Dc : Distancia entre curvas

La pendiente del terreno es considerablemente fuerte, especialmente por la altura del Volcán de San Miguel; pero obteniéndola por tramos se puede determinar que en los alrededores de la Laguna El Jocotal (parte Oriente, poniente y sur hasta llegar al Río), la pendiente es suave; sus valores se muestran en Tabla 2.14

TABLA 2.14  
Pendientes de terreno de la cuenca la Laguna El Jocotal, por tramos.

CURVAS	DISTANCIA	PENDIENTE	TRAMO
2000-100	8650 m	21.96%	de Volcán hacia Laguna
100-400	6250 m	1.00%	Alrededor de la Laguna
800-100	8500 m	8.24%	de Río a colinas de Jucuarán

Después de obtenida la pendiente del terreno, tipo de cultivo y tipo de suelo, se utiliza el Nomograma de Ven-Te-Chow (figura 2.12) de la manera siguiente:

Con la pendiente media para una determinada área, se traza una línea horizontal (de izquierda a derecha) la cual debe cortar la línea de cobertura vegetal del grupo de gráficas para determinado estrato (ya sea permeable, semi permeable o impermeable); luego se traza una línea vertical hacia arriba, donde se leerá el valor de C, los cuales se compilan en el Tabla 2.15

ANEXO Nº 3.1

NOMOGRAMA DE VENTE CHOW

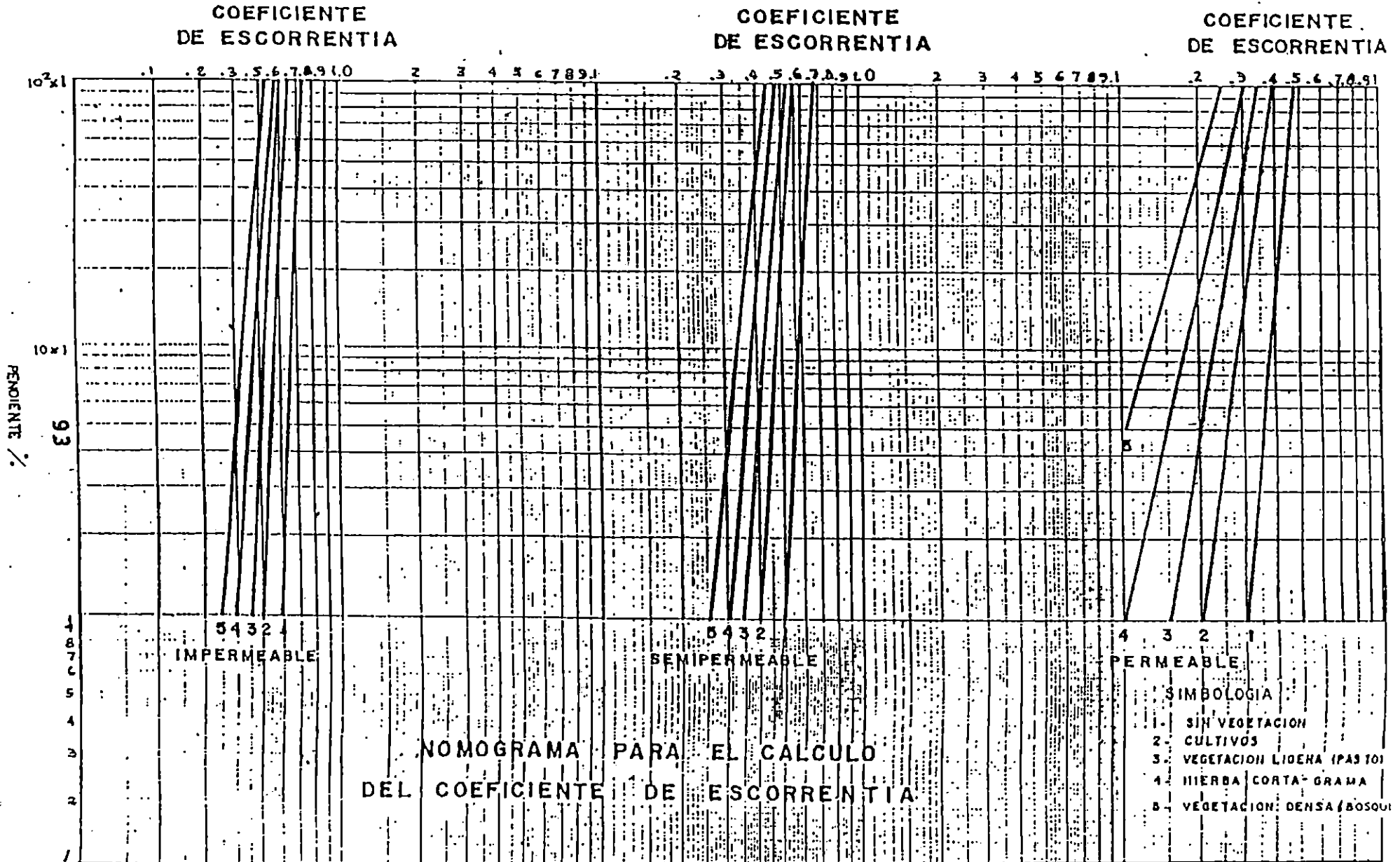


TABLA 2.15  
Valores del Coeficiente de Escorrentía

SUELO	VEGETACION	AREA(km <sup>2</sup> )	PENDIENTE	Ci	Ai x Ci
Permeable	Vegetación Ligera	32.35	1.00%	0.15	4.852
Semipermeable	Cultivo	43.75	20%	0.50	21.875
	Cultivo	7.90	30%	0.55	4.345
	Vegetación Ligera	17.40	25%	0.45	7.830
	Vegetación Ligera	17.82	1.00%	0.35	6.237
	Bosques	35.62	30%	0.35	12.467
	sin vegetación	18.80	47%	0.65	12.220
Impermeables	cultivo	23.71	8.25%	0.60	14.226
	pastos	42.77	8.25%	0.55	23.524
	bosques	58.31	8.25%	0.45	26.240
		Σ 298.430 km <sup>2</sup>	Σ 133.816		

$$C_{ponderado} = (\sum Ai \times Ci) / \sum Ai \quad (Ec. 2.9)$$

$$C_{ponderado} = 133.816 / 298.430$$

$$C = 0.448$$

Con el valor del C ponderado  $C = 0.448$ , la intensidad de diseño  $I = 0.74$  mm/min. y el área de la cuenca, de  $298.425 \text{ km}^2$  se procede a calcular el caudal máximo de precipitación de la cuenca, mediante la expresión  $Q=16.67CIA$ , se tiene:

$$Q_{\text{máx}} = 16.67 \times 0.448 \times 0.74 \text{ mm/min} \times 298.425 \text{ km}^2$$

$$Q_{\text{máx}} = 1649.769 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

## **2.5 Estudio Hidrogeológico.**

Al llover en una zona determinada, cierta cantidad de agua se infiltra en el subsuelo, dependiendo de varios factores, entre los principales: las condiciones del suelo en el momento de la lluvia, tales como: la vegetación, topografía, humedad del suelo, etc.; las características de la lluvia, (intensidad, duración, etc.); tipo de suelo; propiedades físicas e hidráulicas (porosidad, gradiente hidráulico, etc.) y otras características propias de la zona (presencia de ríos, recarga, aprovechamiento del área, etc.)

### **2.5.1 Hidrología Subterránea**

Estudia las leyes que rigen el movimiento del agua en un medio poroso.

#### **2.5.1.1 Distribución de los estratos acuíferos**

El agua al infiltrarse a través de la superficie del terreno, una parte surge de nuevo a la superficie (flujo hipodérmico), mientras que el resto se percola a través del subsuelo, originando las zonas siguientes:

Zona de aireación: en ella se encuentra la franja de aguas superficiales del suelo, la región intermedia de aguas peliculares y en el fondo la franja

capilar. En esta región intermedia, se realizan los cambios con la zona de saturación, el agua infiltrada desciende, alimentando las reservas, mientras que el vapor de agua originado de las pérdidas por evaporación, la atraviesa para volver a la atmósfera. Las fisuras son rellenas por aire al cien por ciento de humedad, donde por enfriamiento se produce una condensación sobre las paredes, que son recubiertas por una película de agua; por esto, es llamada región pelicular, en la franja capilar, el agua asciende y se retiene en los intersticios por atracción molecular de los mismos.

Zona de saturación: su límite superior es la superficie de saturación, se caracteriza por contener depósitos capaces de almacenar cantidades apreciables de agua, sometida a presión hidrostática.(figura 2.13)

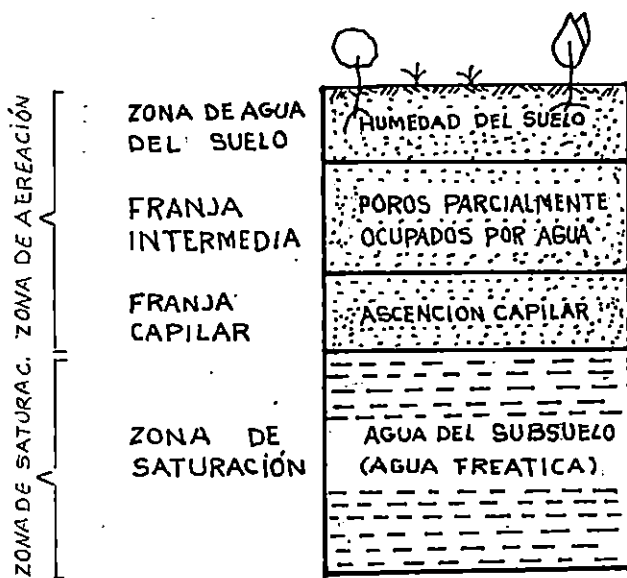


Figura 2.16 Distribución de los estratos acuíferos del subsuelo. Adaptado de Hidrología para Ingenieros 2a. Edición Linsley-Kohler-Paulus

### **2.5.1.1.1 Tipos de Acuíferos**

Una formación geológica que contiene agua y que la transmite de un punto a otro en cantidades suficientes para permitir su desarrollo, recibe el nombre de acuífero.

Se dividen en dos tipos:

Acuíferos confinados o artesianos: en ellos el agua almacenada se encuentra a una presión hidrostática mayor que la atmosférica, por estar delimitada tanto en la parte superior e inferior por dos estratos impermeables.

Acuíferos no confinados o libres: en estos acuíferos la presión existente es igual a la atmosférica, coincidiendo el nivel estático con el nivel freático, debido a que el acuífero sólo está confinado por un estrato impermeable en su parte inferior.

A la relación de volumen de poros al volumen total de la formación se denomina porosidad. La porosidad original de un material es aquella que existía en el tiempo en el cual el material fue formado. La porosidad secundaria es el resultado de fracturas y canales de solución.



#### **2.5.1.1.2 Influencia del Manto Acuífero**

La principal recarga del sistema de aguas subterráneas tiene su origen en el Volcán Chaparrastique ubicado al Oeste de la Ciudad de San Miguel, también constituyen una fuente de recarga, las precipitaciones pluviales se infiltran en cualquier punto de la cuenca. Una de las zonas de recarga, es conocida como la Poza Azul ubicada al Noroeste de la Laguna. También hay manantiales o borbollones en los alrededores de la Laguna, dando el nombre característico al área de estudio, Cantón El Borbollón. El punto de descarga o desagüe de la Laguna se encuentra al Nor-poniente de la misma y después de la Poza Azul.

#### **2.6 Erosión superficial y producción de sedimentos.**

Los términos erosión y sedimentación se encuentran estrechamente ligados debido a que la mayor parte del suelo erosionado en una cuenca se convierte en sedimento que se deposita en el fondo del cuerpo de agua más cercano. Este se da en mayor grado en cuencas con pendientes fuertes.

### **2.6.1 Erosión Superficial**

La erosión es la modificación de la naturaleza física debido a la deforestación, expansión de zonas agrícolas y al desarrollo urbano desordenado que genera paulatinamente la eliminación de la cobertura vegetal.

Desde el punto de vista ambiental, el deterioro de los suelos se manifiesta en la modificación del comportamiento hidrológico de las cuencas, que pierden poco a poco su capacidad de recargar los reservorios subterráneos, además de contaminar los ecosistemas acuáticos, tanto por la depositación de partículas sólidas(sedimento), como por el arrastre de sustancias tóxicas producto de las altas concentraciones utilizadas para mejorar los cultivos.

Otro concepto de erosión es, la remoción de las partículas de suelo, retiradas por la acción dispersante de las gotas de lluvia o la escorrentía superficial. También se considera como la cantidad de suelo desprendido de un campo o pendiente determinada.

La erosión del suelo en la cuenca de la Laguna El Jocotal no es tan severa, debido a que la mayor parte de esta área es plana; y las partes más inclinadas son terrenos duros o cubiertos de escoria volcánica gruesa. La zona que presenta más erosión es la ubicada al norponiente de la laguna, zonas adyacentes a las quebradas El Coyolito, Quebrada Seca, Quebrada El Rebalse y Quebrada Santa Rosa, pero que la mayor parte del suelo erosionado(en su

mayoría arenas) que transportan lo dejan en la planicie que encuentran entre la Carretera El Litoral y la Laguna. En los otros sectores de la laguna la erosión es mínima, debido a que los suelos desde la parte oriente, sur y hacia el poniente, son suelos arcillosos, cubiertos de pastizales que en la mayoría son utilizados por el ganado; es decir con poca presencia agrícola.

### **2.6.2 Producción de Sedimentos.**

La acumulación de sedimentos es la pérdida del suelo depositado en un punto de baja elevación. A continuación se describe la producción de sedimentos en la Laguna El Jocotal en forma cualitativa debido a que en su mayoría éste es producto de la materia vegetal muerta que el agua encuentra en su curso, por lo que requiere un estudio minucioso con un período de monitoreo o de control que inicie desde que comienza la época lluviosa hasta inicio de la época seca; para un mayor control podría realizarse para un año completo que cubra las dos épocas. La mayoría de sedimento que llega a la laguna es producto de materia vegetal, transportada por las aguas que del Río Grande de San Miguel llegan a la laguna, e inundan gran parte de terrenos planos y van arrastrando todas las hojas secas que cayeron de los árboles durante el verano y también parte del zacate que se da al ganado como alimentación y que deja como desperdicio. Otra parte de la sedimentación es producto de las plantas

acuáticas que se encuentran flotando o sumergida en la laguna y cumpliendo su ciclo vegetativo se convierten en materia vegetal muerta o materia orgánica que se convierte en sedimento.

La mayor cantidad de sedimento llega a la laguna en los primeros días de la época lluviosa que es producto de lo acumulado en los terrenos adyacentes durante la época seca. Se realizó una medición en puntos estratégicos de la laguna a inicios de la temporada lluviosa y se determinó que la capa de sedimento en promedio es de un metro de espesor.

La cantidad de sedimento que se deposita en el fondo de un cuerpo de agua o estanque reduce su capacidad de almacenamiento; en el caso de un embalse para generación de energía eléctrica estos lo pueden convertir en una obra ineficiente debido a la reducción del volumen de agua que pueden retener y hacerlo que disminuya la producción de energía. Esto se vuelve más crítico cuando la mayor parte del sedimento es producto del suelo erodado; en la descomposición orgánica, el residuo es mucho mayor que el sedimento debido a la materia vegetal que ha sido arrastrada por la escorrentía superficial.

## **2.7 Nivel de Aguas Máximas**

Habiendo encontrado el caudal de diseño,  $Q=1,649.769 \text{ m}^3/\text{seg}$  para la cuenca de la Laguna El Jocotal, se procede a determinar el nivel máximo

alcanzado por la lámina de agua de la Laguna; pero para esto, es necesario recordar que ésta es influenciada por las crecidas del Río Grande de San Miguel; por lo tanto, es importante considerar el caudal aportado por el río aguas arriba de la cuenca de la Laguna, debido a que en épocas de precipitaciones excesivas el nivel del agua del río es el mismo que el de la Laguna, éste aumentará para una precipitación máxima con un período de retorno de 25 años.

Para determinar el caudal aportado por la cuenca del río: se realiza en base al encontrado en la cuenca de la Laguna, es decir, por peso o según área.. Por lo tanto, para un área de la laguna de  $298.425\text{km}^2$  se tiene un  $Q_{\text{máx}}=1649.769\text{ m}^3/\text{seg}$ ; y para un área de  $1637.0\text{km}^2$ , del río se calcula el aporte del caudal del río como sigue:

$$Q=16.67CIA$$

Con intensidad de diseño de  $0.74\text{mm}/\text{seg}$  y considerando un coeficiente de escorrentía de C igual que el de la cuenca de la Laguna,  $C = 0.448$

$$Q=16.67CIA$$

$$Q=16.67(0.448)(0.74\text{mm}/\text{min})(1637\text{km}^2)$$

$$Q_{\text{cr}}=9046.78\text{m}^3/\text{seg}.$$

$$Q_{\text{máx total}}= Q_{\text{cl}} + Q_{\text{cr}} \quad \text{Ec.2.10}$$

Donde,

Q<sub>máx total</sub>: es el caudal recolectado por la cuenca de la laguna más el aportado por la cuenca del Río Grande de San Miguel aguas arriba de la Laguna

Q<sub>cl</sub> : caudal recolectado por la cuenca de la Laguna El Jocotal

Q<sub>cr</sub> : caudal aportado por la cuenca del Río Grande aguas arriba de la Laguna

$$Q_{\text{máx total}} = 1649.769 \text{ m}^3/\text{seg.} + 9046.78 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q_{\text{máx total}} = 10696.55 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Caudal para un período de retorno de T=25 años.

Para determinar el nivel de agua que podría alcanzar este caudal pasando por la planicie de inundación de la Laguna El Jocotal, se ubica un punto de control; es decir, un punto o una sección a través de la cual el agua tendría que pasar y se puede determinar su nivel máximo. (Ver figura 2.14 y 2.15)

Teniendo la sección definida se calcula:

- Área Hidráulica, que es el área de la sección, teniendo la sección a escala se mide con un planímetro o se aproxima a una sección regular a través de tangente a las paredes de la sección original.

- Perímetro mojado(Pm): Para mayor precisión se mide directamente con un curvómetro, también se puede medir por tramos con un escalímetro.
- Radio Hidráulico(Rh): se calcula dividiendo el área hidráulica entre el perímetro mojado.
- Coeficiente de rugosidad de Manning(n): se calcula mediante la expresión  $n=0.54 S^{0.32}$ , donde S es la pendiente del terreno.
- Pendiente del terreno: es la pendiente del suelo que está en contacto con el agua, se debe calcular para una longitud de 100m arriba y 100m abajo de la sección de control.
- Cálculo de S; debido a que la superficie es casi plana se calculó la pendiente entre curvas que tenían una separación de 2700m.

$$S=(27 - 24) / 2700 = 0.0011 \times 100$$

$$S= 0.11\%$$

Calculando n:

$$n=0.54(0.0011)^{0.32}$$

$$n=0.061$$

Con la ecuación de Manning se calcula el caudal para la gráfica de descarga natural de la sección de control del Río Grande – Laguna El Jocotal para la cuenca en estudio. Esto se hace asignando alturas o profundidades para

la sección, hasta sobrepasar el valor del caudal máximo encontrado en el estudio hidrológico (Tabla 2.16); luego se plotea el caudal máximo hasta interceptar la curva, seguidamente se traza una horizontal hasta cortar el eje vertical donde se lee la correspondiente altura máxima. (Figura 2.16 y 2.17)

Para obtener un valor de  $Y_{m\acute{a}x}$  más aproximado se tomaron dos secciones de control y se promediaron las alturas máximas encontradas, resultando:

$$Y_{m\acute{a}x} = (Y_{m\acute{a}x_1} + Y_{m\acute{a}x_2})/2 = 3.20 \text{ metros sobre el nivel normal de la laguna (20 msnm profundidad 1.5 metros)}$$

Donde:

$Y_{m\acute{a}x}$  : es la altura máxima alcanzada por las aguas que inundan la planicie alrededor de la laguna. (Promedio)

$Y_{m\acute{a}x_1}$ : profundidad máxima en sección de control #1 (Gráfico 1)

$Y_{m\acute{a}x_2}$ : profundidad máxima en sección de control #2 (Gráfico 2)

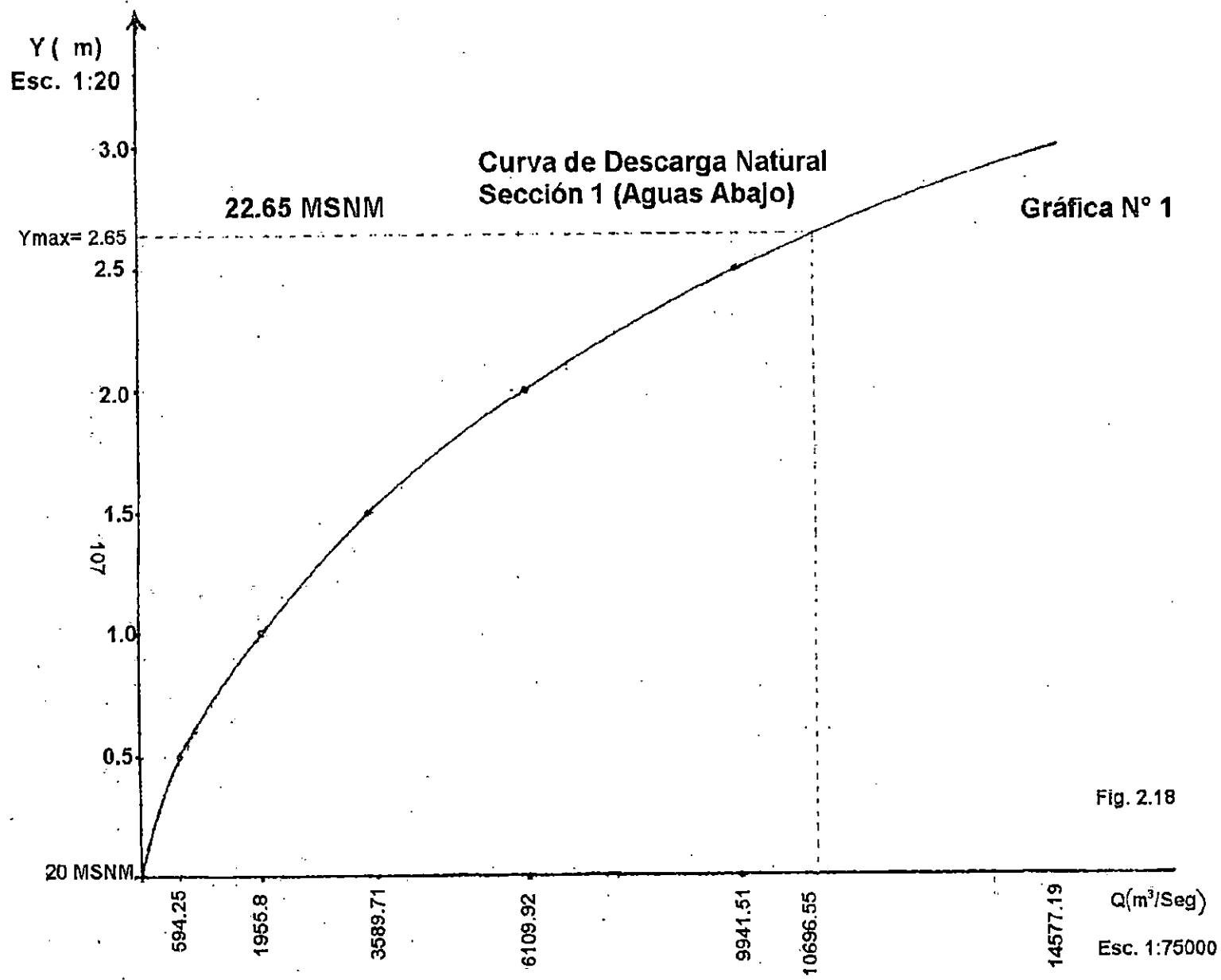
Por tanto con respecto al nivel del mar, la altura que alcanzan las inundaciones con período de retorno de 25 años es de 23.2 msnm

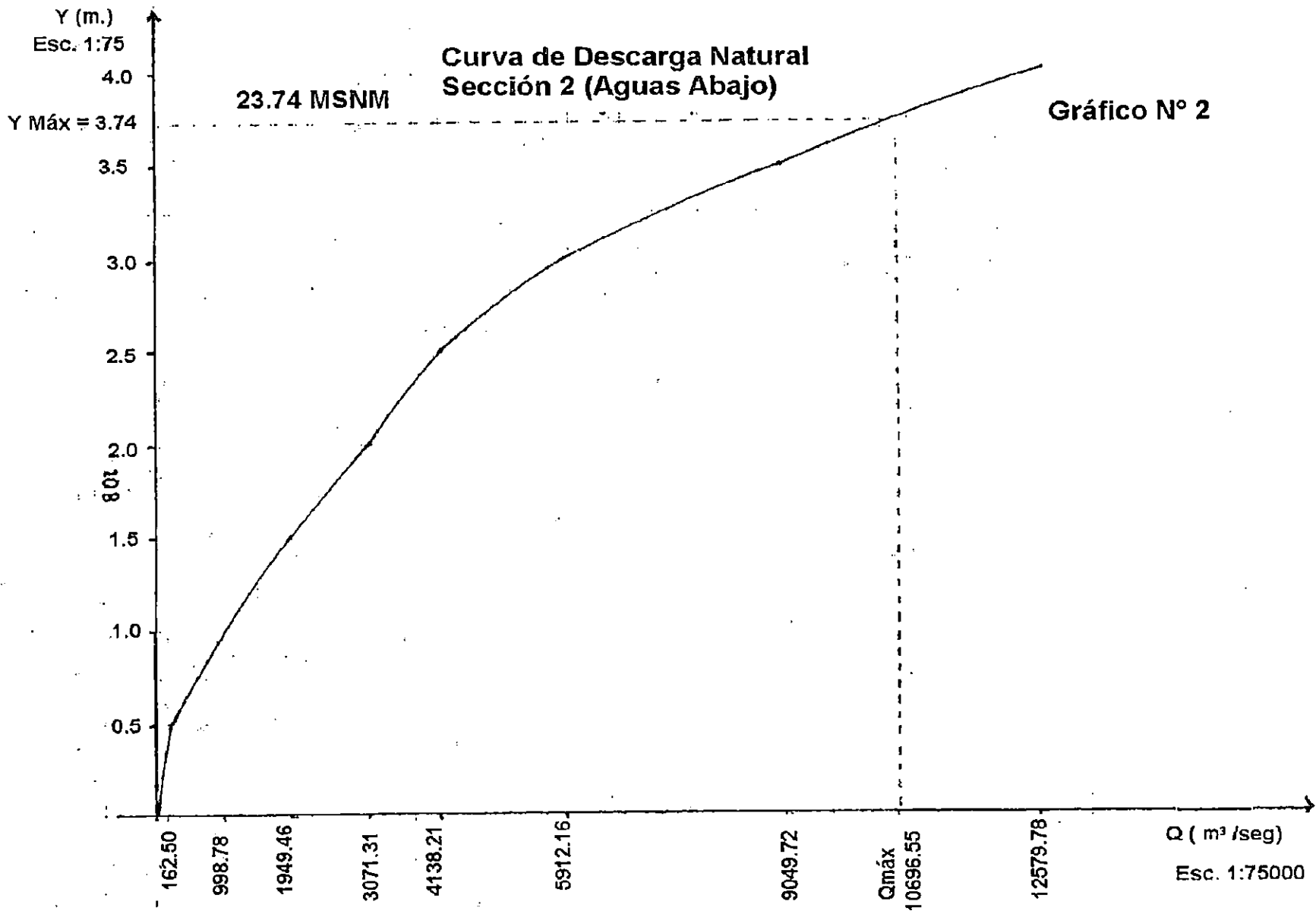


TABLA 2.16  
VALORES PARA CURVAS DE DESCARGA NATURAL

s=0.11%  
n=0.061

Nivel del agua	Area m <sup>2</sup>	Perímetro mojado(m)	Rh(m)	(AR) <sup>2/3</sup>	Q=1/n AR <sup>(2/3)</sup> S <sup>(1/2)</sup> (m <sup>3</sup> /seg)
Sección 1 - Sección Central					Q=481.088
0.50	1680	3201.60	0.52	1092.96	594.25
1.00	3560	3505.00	1.02	3597.15	1955.80
1.50	5240	3705.00	1.41	6602.27	3589.71
2.00	7440	4008.50	1.86	11236.57	6109.42
2.50	10280	4609.00	2.23	17548.93	9541.51
3.00	13280	4629.50	2.87	26810.65	14577.19
Sección 2 - Arriba de la Sección 1					
0.50	450	831.40	0.54	298.87	162.50
1.00	1650	1402.50	1.18	1838.81	999.78
1.50	2600	1605.50	1.62	3585.49	1949.76
2.00	3500	1707.00	2.05	5648.82	3071.31
2.50	4550	2103.10	2.16	7611.07	4138.21
3.00	6500	3004.10	2.16	10873.75	5912.16
3.50	8450	3056.60	2.76	16644.24	9049.72
4.00	10450	3105.10	3.37	23468.04	12759.78





### 2.7.1 Interpretación de Resultados

Con la altura o incremento del nivel del espejo del agua  $Y_{\text{máx}}=3.20\text{m}$  sobre la superficie de la lámina actual para un evento con un período de retorno, se determina la planicie de inundación; apoyándose en un plano topográfico se puede determinar el área de la superficie inundada, con esto se puede determinar el nivel de la plataforma de la vivienda, para resguardarla de inundaciones. Esto significa que el nivel de la plataforma, estará en función de la topografía del terreno en el cual se va a construir una vivienda. Es decir que no todas las plataformas van a tener una misma altura. El área inundada se trabajará mas adelante en el desarrollo del Capítulo IV.

### 2.8 Conclusiones.

El caudal de diseño encontrado  $Q_{\text{máx total}} = 10696.55\text{m}^3/\text{seg}$  es aparentemente alto, con respecto al encontrado para la cuenca de la laguna, el cual se puede ver razonable al tener en cuenta el área de la cuenca que lo colecta (  $1935.425\text{ km}^2$ ).

El dique o sección de descarga del Río Grande de San Miguel hasta Vado Marín, su capacidad de descarga es pequeña por lo que se desborda fácilmente.

Debido a que la topografía del terreno en los alrededores de la Laguna El Jocotal es plana y la diferencia de nivel entre ésta y el del Río es mínima (aproximadamente 2.0 metros) es lo que hace que el río en época lluviosa sus crecidas afecten o incrementen el nivel del espejo de agua de la Laguna.

## **2.9 Recomendaciones.**

El uso del suelo de la cuenca debe ser controlado, especialmente en el cuanto al uso agrícola ya que dañan y alteran la cuenca hidrográfica a través de la quema y tala de árboles.

Instalar una limnógrafo en el área de la laguna El Jocotal para determinar las alturas de los niveles de las aguas por crecida o sequía..

Rehabilitar las estaciones de Vado Marín, la Canoa y otras que están cerca a la Laguna para obtener datos de precipitación y caudales que ayuden a los estudios de la zona.

Las mediciones de planos que se hagan a través de aparatos como curvímetro y planímetro deben ser precisas, es decir, realizar las lecturas y mediciones con promedios si es posible no menos de cinco mediciones.

La escala que debe utilizarse para la delimitación de la cuenca y su respectivo estudio debe ser tal que facilite las lecturas (mayores de 1:50,000), para escalas menores las lecturas son menos precisas.

## **CAPITULO III**

# **SUELOS DE CIMENTACION EN LA COMUNIDAD EL BORBOLLON**

### **3.0 Introducción**

Para todo proyecto de Ingeniería Civil es necesario realizar el reconocimiento del suelo y de algunos parámetros de éste que sirvan para determinar su capacidad de carga para luego definir el tipo de cimentación a usar. Es decir, determinar las condiciones del subsuelo y las características físicas y mecánicas de los estratos encontrados en el lugar de trabajo; ya que en algunos lugares pueden encontrarse suelos en condiciones naturales con excelentes propiedades y características físicas, de lo contrario se tendrían que mejorar para poder cimentar sobre ellos o proponer una solución de acuerdo a su capacidad de carga; siendo éste el caso de los estratos encontrados en la Comunidad El Borbollón, sus características y propiedades se reflejan en el desarrollo del presente capítulo, datos que serán la base de la propuesta de cimentación de las viviendas para las personas afectadas por inundaciones.



### **3.1 Propiedades Físicas y mecánicas de los suelos de cimentación.**

La naturaleza de cualquier suelo puede ser mejorada si se le somete a un tratamiento adecuado. Por ejemplo, una arena suelta puede transformarse en densa si se le vibra adecuadamente ya que los suelos en el terreno natural los granos componen su masa, y sus propiedades tienen su origen en el acomodamiento de las partículas dentro de la misma entre otras que son fundamentales.

#### **3.1.1 Importancia de las propiedades índice.**

Hay propiedades índice importantes como las propiedades de los granos del suelo y las propiedades de los agregados del suelo. De los granos del suelo granular la forma y el tamaño son muy importantes; y en los suelos arcillosos, las características mineralógicas de las partículas más pequeñas. Las propiedades más significativas de los agregados de suelo son a su vez las siguientes: para los suelos sin cohesión, la densidad relativa y para los suelos cohesivos, la consistencia.

### 3.1.2 Principales tipos de suelos.

De los materiales que constituyen la corteza terrestre para el ingeniero, suelo y la roca son las más importantes.

Suelo es todo agregado natural de partículas minerales separables por medios mecánicos de poca intensidad. Roca es un conjunto de minerales unidos por fuerzas de gran intensidad y permanentes. El límite entre suelo y roca resulta de su estado de alteración a partir de la línea de contacto entre éstos, existiendo muchos agregados naturales de partículas minerales que son difíciles de clasificar.

Los suelos son divididos en dos grupos, según Terzaghi: suelos cuyo origen se debe, esencialmente, al resultado de la descomposición física y química de las rocas, y suelos cuyo origen es esencialmente orgánico. Si los productos de la descomposición de las rocas se encuentran aún en el mismo lugar de origen, los mismos constituyen un suelo residual; en caso contrario, forman un suelo transportado, cualquiera sea el agente de transporte. Los casos difíciles en problemas relacionados con suelos y fundaciones van casi exclusivamente asociados a la presencia de suelos transportados. La expresión suelo orgánico se aplica generalmente a suelos transportados, producto de la descomposición de las rocas, que contienen cierta cantidad de materia orgánica vegetal descompuesta.

Los suelos más comunes, generalmente clasificados en el terreno son: arenas y gravas, son fragmentos de roca, redondeados o cantos rodados, son agregados sin cohesión, constituyendo granulos, poco o no alterados. Las partículas menores de 2mm se clasifican como arena, y aquellas de mayor tamaño hasta 15 ó 20cm, como grava o canto rodado. Los fragmentos de rocas con diámetros mayores se conocen como piedra boleada, cantos rodados grandes, etc.

Los limos son suelos de grano fino sueltos o cementados con muy poca o ninguna plasticidad. Las variedades menos plásticas consisten generalmente en partículas más o menos equidimensionales de cuarzo y, en algunos países, se les distingue como polvo de roca. Los "limos plásticos" son los que contienen un porcentaje apreciable de partículas en forma de escamas.

Los limos orgánicos, son suelos de granos finos más o menos plásticos, con una mezcla de partículas de materia orgánica finamente dividida. A veces contienen también fragmentos visibles de materia vegetal parcialmente descompuesta o de otros elementos orgánicos. Tienen muy alta compresibilidad, y su permeabilidad es muy baja.

Las arcillas, son suelos compuestos de partículas microscópicas y submicroscópicas derivadas de la descomposición química de los constituyentes de las rocas. Son suelos plásticos dentro de límites extensos en contenido de humedad y cuando secos son duros, sin que sea posible despegar polvo; si una

pasta es frotada con los dedos es pegajosa. Tienen, permeabilidad extremadamente baja.

Algunas de las propiedades físicas más significativas de las arcillas orgánicas se derivan de la presencia de materia orgánica finamente dividida. Cuando están saturados, son generalmente muy compresibles, y cuando están secos tienen una resistencia muy alta. Tienen colores que varían de gris oscuro a negro, y pueden poseer un olor característico. Las turbas son agregados fibrosos de fragmentos macro y microscópicos de materia orgánica descompuesta. Su color varía de castaño claro a negro. Son tan compresibles, que resultan absolutamente inadecuadas para establecer sobre ellas fundaciones o terraplenes.

Las propiedades de los agregados de granos de arena y grava se describen cualitativamente por medio de los términos suelta, medianamente densa y densa. Los agregados de partículas de arcilla, por los términos dura, compacta, y medianamente compacta y blanda.

### **3.2 Clasificación de Suelos. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)**

Este sistema está basado en el Sistema de Clasificación de Aeropuertos, definido por el Dr. Arthur Casagrande en la Universidad de Harvard. El Sistema

Unificado cubre los suelos gruesos y finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla No. 200 y los finos, menores. Si más del 50% de las partículas de un suelo son gruesas, el suelo es considerado grueso, y fino, si más de la mitad de su partículas, en peso, son finas.

### **3.2.1 Suelos Gruesos**

El símbolo para cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo.

- a) Gravos y suelos en que predominen éstas. Símbolo genérico G (gravel).
- b) Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S (Sand).

Las arenas y gravas se separan con la malla No.4 de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa no pasa la malla No. 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario (y no pasen la malla 200).

Las arenas y las gravas se subdividen en cuatro tipos:

- 1- Suelos prácticamente limpios de finos, bien graduados. Símbolo W (well graded). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos SW y GW.
- 2- Suelos prácticamente limpios de finos, mal graduados. Símbolo P (poorly graded). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP.

- 3- Suelos con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del sueco mo y mjala). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GM y SM.
- 4- Suelos con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C (clay). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GC y SC.

#### **3.2.1.1 Grupos GW y SW.**

Estos suelos son bien graduados y con pocos finos o limpios por completo. La presencia de los finos que puedan contener estos grupos no debe producir cambios apreciables en las características de resistencia de la fracción gruesa, ni interferir con su capacidad de drenaje. En estos grupos el contenido de partículas finas no será mayor del 5% en peso.

#### **3.2.1.2 Grupos GP y SP.**

Son mal graduados, de apariencia uniforme o presentan predominio de un tamaño o de un margen de tamaños, faltando algunos intermedios. Dentro de estos grupos están comprendidas las gravas uniformes, tales como las que se depositan en los lechos de los ríos, las arenas uniformes, de médanos y playas y las mezclas de gravas y arenas finas, provenientes de estratos diferentes obtenidas durante un

proceso de excavación.

### **3.2.1.3 Grupos GM y SM.**

En estos grupos el contenido de finos afecta las características de resistencia y esfuerzo - deformación y la capacidad de drenaje libre de la fracción gruesa. La capacidad de los finos en estos grupos varía entre "nula" y "media"; es decir, es requisito que los límites de plasticidad localicen a la fracción que pase la malla No.40 abajo de la línea A o bien que su índice de plasticidad sea menor que 4.(Tabla 3.1)

### **3.2.1.4 Grupos GC y SC.**

El contenido de finos de estos grupos de suelos no debe ser mayor que 12%, en peso, y por las mismas razones que para los grupos GM y SM. Sin embargo, en estos casos, los finos son de media a alta plasticidad; es requisito que los límites de plasticidad sitúen a la fracción que pase la malla No. 40 sobre la línea A, teniendo además, la condición que el índice plástico sea mayor que 7.

Los suelos gruesos con contenido de finos comprendido entre 5% y 12%, en peso, el Sistema Unificado los considera casos de frontera, adjudicándoles un símbolo doble. Por ejemplo, un símbolo GP-GC indica una grava mal graduada,

con un contenido entre 5% y 12% de finos plásticos (arcillosos).

Cuando un material no cae claramente dentro de un grupo, deberán usarse también símbolos doble, correspondientes a casos de frontera. Por ejemplo GW-SW se usará para un material bien graduado, con menos de 5% de finos y formada su fracción gruesa por iguales proporciones de grava y arena.

### **3.2.2 Suelos Finos.**

En este caso el Sistema considera a los suelos agrupados formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y da lugar a las siguientes divisiones:

- a) Limos inorgánicos, de símbolo genérico M (del sueco mo y mjala)
- b) Arcillas inorgánicas, de símbolo C (clay).
- c) Limos y arcillas orgánicas, de símbolo O (organic).

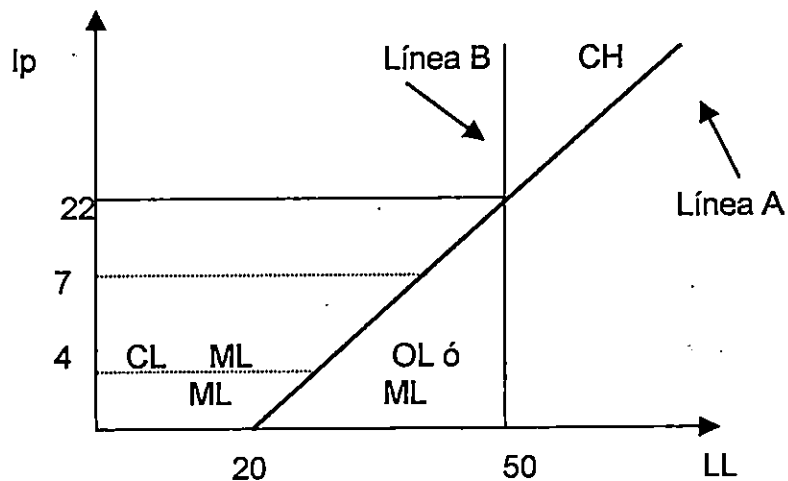
Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido, en dos grupos. Si éste es menor de 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (low compresibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor de 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H (high compresibility), teniendo así los grupos MH, CH y OH.



Los suelos altamente orgánicos, como turbas y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente de símbolo Pt (del inglés peat, turba).

### 3.2.2.1 Grupos CL y CH.

Comprende las arcillas inorgánicas. Están definidos por  $LL < 50\%$  e  $I_p > 7\%$ . El grupo CH corresponde a la zona arriba de la Línea A, definida por  $LL > 50\%$ . (Figura 3.1)



### **3.2.2.2 Grupos ML y MH.**

El grupo ML comprende la zona bajo la línea A, definida por  $LL < 50\%$  y la porción sobre la línea A con  $I_p < 4$ . El Grupo MH corresponde a la zona abajo de la línea A, definida por  $LL > 50\%$ . Además se encuentran dentro de este grupo los limos típicos inorgánicos y limos arcillosos. Los tipos comunes de limos inorgánicos y polvo de roca, con  $LL < 30\%$ , se localizan en el grupo ML.

### **3.2.2.3 Grupos OL y OH.**

Las zonas correspondientes a estos dos grupos son las mismas que las de los grupos ML y MH, respectivamente, los orgánicos están siempre en lugares próximos a la Línea A.

### **3.2.2.4 Grupos Pt.**

El límite líquido de estos suelos suele estar entre 300% y 500%, quedando su posición en la Carta de Plasticidad netamente abajo de la línea A; el índice plástico normalmente varía entre 100% y 200%.

### **3.3 Identificación de los suelos superficiales del Cantón El Borbollón, Laguna El Jocotal.**

Para identificar los suelos superficiales en los alrededores de la Laguna El Jocotal, específicamente en la zona donde se pretende proponer el sistema de vivienda sobre plataforma, fue necesario realizar una visita técnica para recolectar dicha información. Los alrededores de la Laguna en una franja de 200 m. son planicies salvo el costado nor-oriental y parte nor-poniente que presentan una topografía que se puede aprovechar para salvar parte de las viviendas de la inundación, condiciones de elevación de 50 a 100 m. Se presentan cinco puntos representativos de la morfología y de los suelos superficiales de la zona, como sigue:

#### **PUNTO No. 1**

Descripción: Matriz de material de arenas limosas color gris claro, apariencia aglomerática, con diámetros gruesos de 2" a 6" con incrustaciones rocosas angulosas de unas 10" de diámetro. Las gravas encontradas son de lava basáltica. La humedad del suelo es predominante, lo que hace que el material tenga apariencia de material suelto. Hay arboles de jote que han sido sembrados para definir límites de propiedades debido a que este árbol no es maderable y su permanencia en cercos es prolongada por su facilidad de crecimiento y mantenerse verde, también se encontró que la mayoría de la vegetación es baja o hierba corta.

En cuanto a los suelos son de muy baja plasticidad (se detectó con prueba de puño), consistencia buena a pesar de ser arenas.

Rocas encontradas: rocas volcánicas producto de espuma de lava volcánica de origen basáltica (color negro) y predominantemente cavitosas.(Figura 3.2)

#### PUNTO No. 2

Descripción: Lavas basálticas, escorias, color gris oscuro de rápido enfriamiento, cavitosas. Suelo muy húmedo, arenoso. Superficie orgánica de humus de los suelos vegetados. Horizonte A.(Figura 3.3)

#### PUNTO No. 3

Descripción: Suelos finos aluviales, consolidados muy húmedos pero duros, sedimentos de erosión.( Figura 3.4)

#### PUNTO No. 4

Descripción: Suelo con incrustaciones rocosas, diámetros entre 10" y 15". Roca masosa fracturada, basáltica, gris claro superficialmente espumosa muy enfriada. Fracturas de 1" de ancho aproximadamente hasta 10" con oquedades. Suelos gravosos. Roca formando especie de manto hacia arriba de la Laguna. (Figura 3.5)

#### PUNTO No. 5

Descripción: Domo de materiales misceláneos; terrosos, gravas delgadas por arrastre de erosión, color café claro (amarillentas) compacto. Existe poca vegetación (pastizales), grama, escoba amarga, huisquilete, mongoyano, cocal.

Cerca de Loma de Merlos.( 69 m.s.n.m.) (Figura 3.6)

#### PUNTO No.6

Descripción: (al oriente de calle de acceso a la Laguna). Parte Nor-oriental de la Laguna, se encuentra la Loma de Magaña con una altura de 111 m.s.n.m. El tipo de materiales encontrados son similares a los del punto No. 5 salvo la vegetación que en su mayoría es hierba corta. El suelo presenta una consistencia aparentemente buena, sus propiedades se reflejarán realmente en el estudio de suelo proyectado a realizarse y que más adelante se describe.

#### PUNTO No. 7

Descripción: (Arriba de pantano y estanque). Parte Norte, está limitada por la carretera El Litoral, el estrato es totalmente rocoso, producto del enfriamiento de lava proveniente del Volcán Chaparrastique, roca cavitosa de color gris oscuro a negro. En este sector se encuentran árboles de amate cerezo, palo de hule, que constituyen aproximadamente un 25% de la vegetación, lo demás lo constituyen los matorrales.

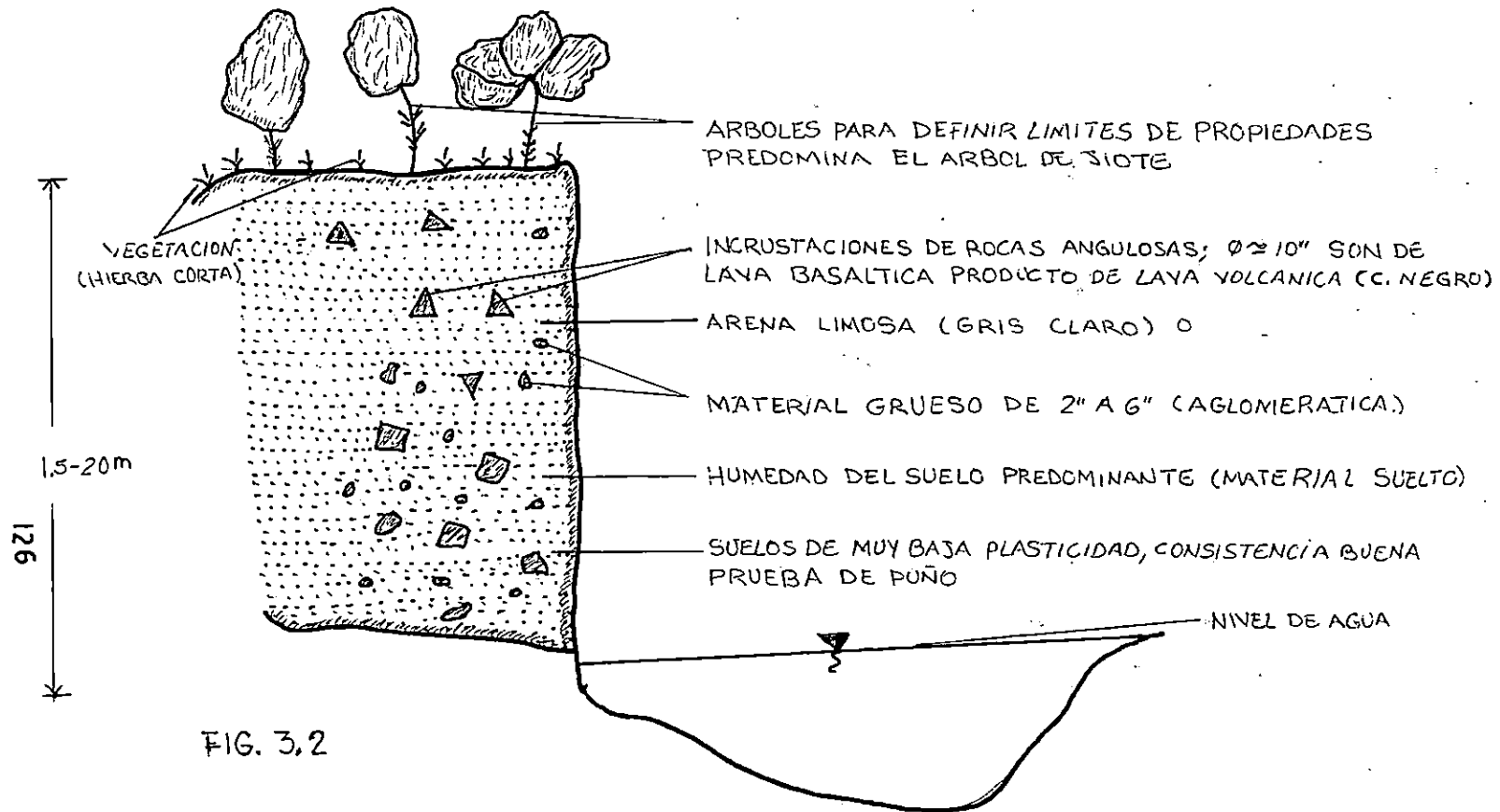
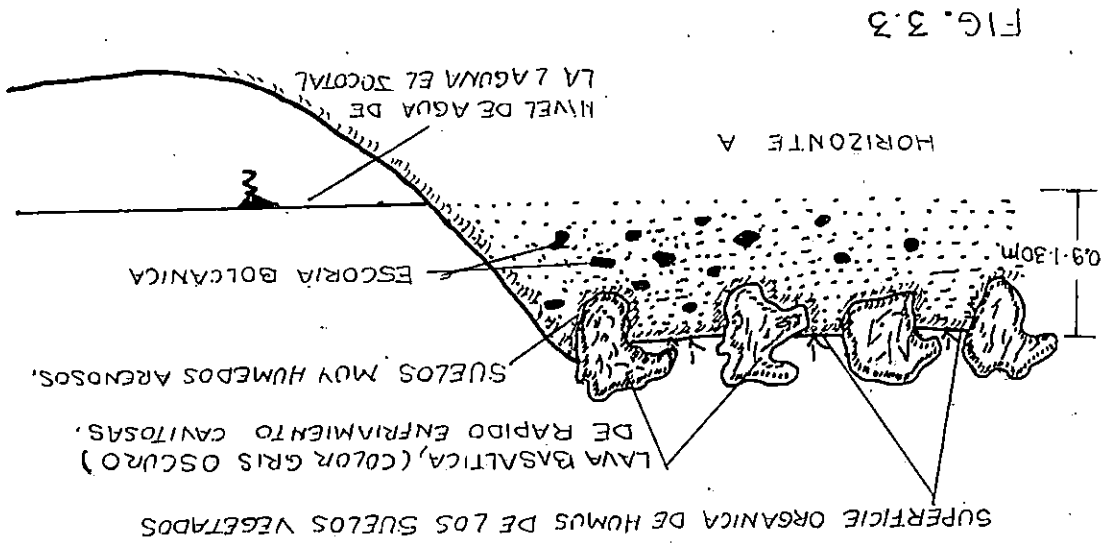
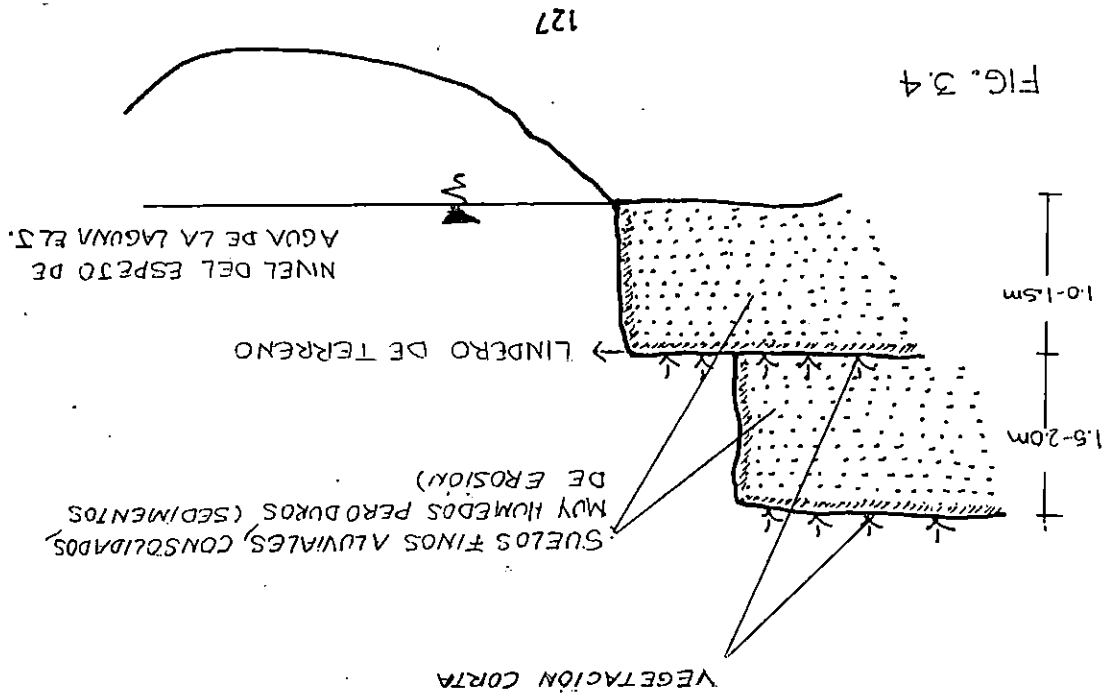
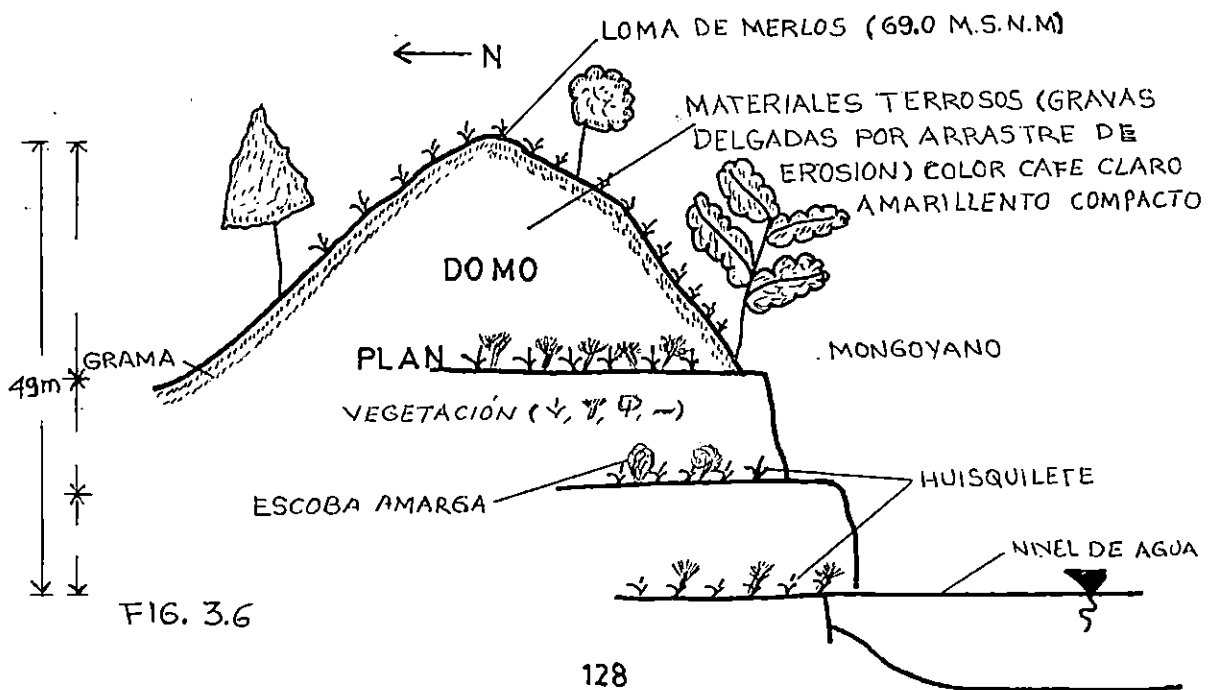
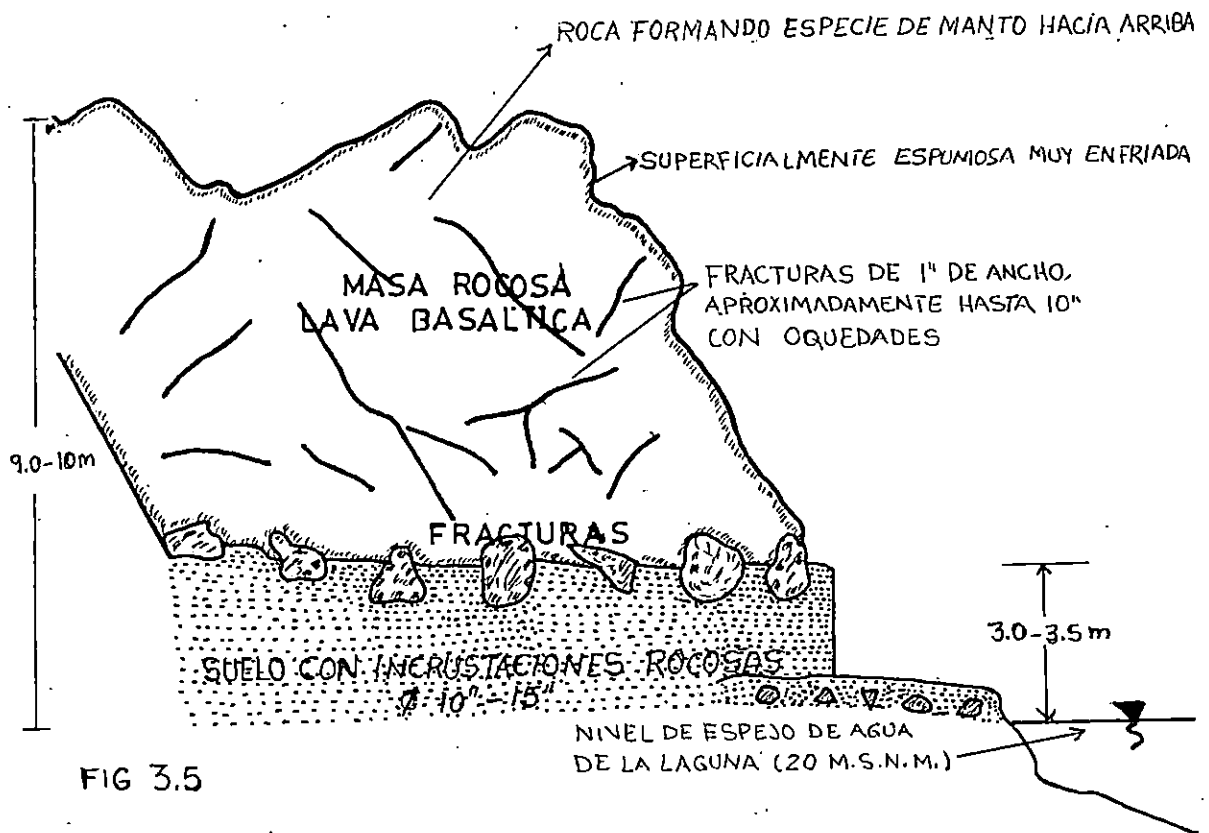


FIG. 3.2







### **3.3.1 Requerimientos de los suelos para la propuesta de vivienda**

Se pretende realizar la propuesta de vivienda en suelos que posean una capacidad de carga o consistencia que supere el valor de  $N > 12$  para la cimentación de las mismas, la cual será determinada a través de la prueba de penetración estándar (SPT). Al referirse a los suelos se consideran los estratos que se encuentren más por encima del nivel freático, pues de lo contrario se tendría que buscar un estrato duro que podría encontrarse profundo lo cual no resultaría económico para las condiciones de las personas afectadas por las inundaciones, ya que son de escasos recursos económicos. Se busca una alternativa de vivienda que cumpla la estabilidad y seguridad en la época de las inundaciones; que su cimentación sea en los estratos más superficiales, lo cual se propondría en una zona donde el suelo tenga la consistencia adecuada, y se descartaría aquellas zonas en las cuales la capacidad de carga de los suelos inundados sea baja ya que al saturarse empeoraría sus condiciones naturales encontradas en el momento en que se realice la prueba de penetración (SPT).

### **3.4 Exploración del Subsuelo y muestreo de suelos para cimentaciones.**

#### **3.4.1 Exploración del subsuelo.**

El proyecto de cimentación de un dique de tierra, una estructura de

fundación, como un muro de retención, o de una carretera, no puede efectuarse satisfactoriamente, si el proyectista no tiene una concepción exacta de las propiedades físicas de los suelos que debe considerar. Las investigaciones directas del terreno y las de laboratorio necesarias para obtener esta información esencial, constituyen la exploración del suelo, o reconocimiento del terreno, o estudio del subsuelo.

Los métodos para la exploración del subsuelo, deben elegirse, de acuerdo con el tipo de estructura a cimentar y el perfil del subsuelo en el lugar mismo de la construcción; el perfil del suelo, indica una sección vertical a través del terreno, que muestra los espesores y el orden de sucesión de los estratos. Superficialmente puede obtenerse al hacer una trinchera en talud descubierto donde hay diferencias de elevación lo suficiente notables para diferenciar estratos y juzgar el suelo. El término estrato se aplica a una capa de suelo relativamente bien definida, que se halla en contacto con otras capas de características bien diferentes. Si los límites entre estratos son más o menos paralelos, se dice que el perfil del suelo es simple o regular. Si, por el contrario, los límites son irregulares, se dice que el perfil del suelo es errático.

Hasta una profundidad comprendida entre 1.50 y 2 metros, a contar de la superficie del terreno, y excepcionalmente hasta una profundidad mayor, las propiedades físicas del suelo son influenciadas por los cambios periódicos de humedad y temperatura y por los agentes biológicos, como las raíces de plantas o árboles,

los gusanos y las bacterias. La parte superior de esta región se conoce como horizonte A, y se caracteriza por estar sujeto, principalmente, a los efectos mecánicos del clima y a la pérdida por lavado de algunos de sus elementos. La parte inferior se identifica como horizonte B y es donde se precipitan y acumulan en parte las sustancias lavadas del horizonte A; en adelante el horizonte C y D pueden resultar propicios para cimentación hasta llegar a suelos ingenieriles sanos.

#### **3.4.2 Muestreo de Suelos.**

Para obtener resultados confiables en el Laboratorio, es preciso cubrir en forma adecuada una etapa previa e imprescindible: la obtención de muestras de suelo apropiadas para la realización de las correspondientes pruebas y obtener los parámetros característicos de cualquier suelo en particular. Con esto resultan dos actividades importantes, el muestreo de suelos y la realización de las correspondientes pruebas necesarias de laboratorio. El muestreo debe estar regido por los requerimientos impuestos a las muestras obtenidas por el programa de pruebas de laboratorio y, a su vez, el programa de pruebas debe estar definido en términos de la naturaleza de los problemas que se suponga que pueden resultar del suelo presente en cada sitio de muestreo, el cual no puede conocerse sin efectuar previamente el correspondiente análisis del terreno, ver puntos del 1 al 7 y sus esquemas correspondientes.

### **3.4.3 Métodos de Sondeos.**

Los principales métodos que se usan para fines de muestreo y conocimiento del subsuelo, en general son los siguientes:

#### **1- Métodos de carácter preliminar.**

- a) Pozos a cielo abierto calicata, con muestreo alterado o inalterado poco profundos hasta 1 - 2 metros.
- b) Perforaciones manuales con posteadora, barrenos helicoidales o métodos similares.
- c) Métodos de lavado
- d) Método de penetración estándar, prueba SPT.
- e) Método de penetración cónica
- f) Perforaciones en boleos y gravas.

#### **2- Métodos de sondeo definitivo**

- a) Pozos a cielo abierto con muestreo inalterado
- b) Métodos con tubo de pared delgada para pruebas con muestra inalterada.
- c) Métodos rotatorios para roca, extracción de núcleos: poco profundos o relativamente profundos.

#### **3- Métodos geofísicos**

- a) Sísmico, por emisión de ondas.
- b) De resistencia eléctrica

c) Magnético y gravimétrico.

Para el estudio en el Cantón El Borbollón, Laguna El Jocotal, se realizará el método de Penetración Estándar(SPT: Standar Penetration Testing).

#### **3.4.4 Prueba de Penetración Estándar o Normal.**

El principal objetivo de esta prueba es obtener muestras alteradas en diferentes puntos elegidos previamente para ser utilizadas en otros ensayos de laboratorio y se realiza una estratigrafía del suelo explorado *in situ*.

Es un procedimiento exploratorio preliminar y rinde muy buenos resultados en la práctica; además da una útil información con relación al estrato del subsuelo. Con el método SPT puede obtener una idea sobre el grado de compactación del suelo *in situ*, consiste en contar el número de golpes que se requieren para hincar la cuchara sacamuestras, 30 centímetros en el terreno, con un peso determinado y una altura de caída fija.

Dependiendo del tipo de suelo a explorar, así se obtienen los parámetros como la capacidad de carga. En suelos friccionantes, la prueba permite conocer que tan suelto o compacto se encuentran los estratos que es la característica fundamental respecto a su resistencia a compresión o al corte. Para los suelos plásticos, la prueba permite adquirir una idea de la resistencia a la compresión simple, y el método lleva implícito un muestreo que proporciona muestras alteradas

representativas del suelo en estudio.

#### **3.4.4.1 Trabajo de campo**

Habiendo establecido el punto de interés se realizaron tres sondeos exploratorios con equipo de penetración estándar( prueba SPT, ASTM D 156) con el objeto de obtener muestras representativas y continuas para su identificación, determinación de su contenido de humedad y la resistencia presentada por el suelo a la penetración de una cuchara muestra estándar de 1 1/8" (34.9 mm) de diámetro interno hincada con un martillo de 140 libras (63.5 kg.), el cual se deja caer desde una altura de 30" (76.2 cm.) contando el número de golpes necesarios para penetrar un pie (30.5 cm.) y obtener el valor N.

#### **3.4.4.2 Ensayos de laboratorio**

Las muestras obtenidas se analizaron en el laboratorio efectuándose los ensayos que se describen a continuación según Normas de la A.S.T.M. en su respectiva designación:

D – 2216 "Determinación del contenido de humedad en el Laboratorio"

D – 2448 "Descripción de suelos, procedimiento visual manual "

D – 2487 "Clasificación de suelos para propósitos de Ingeniería"

### **3.4.4.3 Clasificación de los Suelos encontrados mediante la Prueba de Penetración Estándar en el Cantón El Borbollón, Laguna El Jocotal.**

Los suelos encontrados en el sitio son:

- Suelo limo Arenoso Orgánico (OL), color gris oscuro, con un 70% a un 75% de limo orgánico, y un 25% a 30% de arena. Este estrato se encuentra en los primeros 50 centímetros de profundidad. Es un suelo no apto para cimentación pues no posee como característica principal la capacidad para soportar carga permanente, por lo que si la cimentación será superficial, como una zapata, se debe restituir con un suelo que tenga mucho mejores condiciones.
- Limo Arcilloso (ML"), color café oscuro y color gris oscuro, con un 60% a un 70% de limo de mediana plasticidad y un 30% a un 40% de arena. Por su contenido de arcilla este suelo se descarta como suelo de cimentación; aunque, si se utiliza un buen drenaje del piso o se impermeabiliza esto es una situación muy difícil de lograr pues el nivel freático se encuentra muy cercano, lo cual se refleja por el nivel de agua de la Laguna respecto al área de estudio debido a que la laguna está cerca, en la franja de los 60 mts en planicie..
- Arena Limosa(SM), color café, con un 55% a un 60% de arena fina a gruesa y partículas de gravas aisladas y un 40% a un 45% de limo ligeramente plástico y saturado. Este estrato se encuentra a 1.50 metros de profundidad en esta zona

y tiene una capacidad de soporte de  $1.8 \text{ kg/cm}^2$ . Se debe considerar el contenido de humedad de la fracción limosa para poder utilizar fundaciones superficiales como zapatas aisladas o corridas, o losa de fundación que requieren un menor tratamiento del suelo soportante que en los sistemas anteriores.

- Arena Limo Arcillosa(SM<sup>u</sup>), color café y café oscuro, con un 55% a un 60% de arena fina a media y un 40% a 45% de limo arcilloso de baja a mediana plasticidad, saturada. Debido a que se trata de un suelo con un contenido considerable de arcilla se debe descartar pues se encuentra en estado saturado ya que esto la hace muy compresible.
- Arena mal graduada (SP+G), color café oscuro a negro, con pocos finos y con un 15% a un 25% de escoria volcánica en forma de grava. Este estrato es bueno para cimentar, tomando en cuenta que los suelos de tipo SP son arenas mal graduadas pero hay presencia de escoria volcánica, la cual posee una buena capacidad de carga. Esta y las recomendaciones anteriores se basan en los resultados que siguen a continuación.

#### **3.4.4.4 Correlaciones entre "N" y la compacidad o consistencia del suelo.**

En base al número de golpes de la prueba de penetración estándar (N), la consistencia de los suelos cohesivos se clasifica de la siguiente manera:



TABLA 3.2. Consistencia de Suelos Cohesivos.

N(Golpes)	Consistencia	Qu (kg/cm <sup>2</sup> )
0 a 1	Muy blanda	0.0 a 0.25
2 a 4	Blanda	0.25 a 0.50
5 a 8	Media	0.50 a 1.00
9 a 15	Firme	1.0 a 2.0
16 a 30	Dura	2.0 a 4.0
Más de 30	muy dura	> 4.0

Adaptado de Terzaghi y Peck, 1948

En base al número de golpes de la prueba de penetración estándar, la compacidad de los suelos granulares se clasifica de la siguiente manera:

Tabla 3.3 Compacidad de Suelos Granulares

N (Golpes)	Compacidad	CR %
0 a 4	Muy suelto	0 a 5
5 a 10	Suelto	5 a 25
11 a 30	semi compacto	25 a 60
31 a 50	Compacto	60 a 75
Más de 50	Muy compacto	> - 75

Fuente: adaptado de Terzaghi y Peck, 1948

#### 3.4.4.5 Contenido de Humedad.

Los valores del contenido humedad máximos, mínimos y promedios fueron determinados en el laboratorio, han sido tomados de las hojas de registro y han sido calculados siguiendo el estándar ASTM D – 2216.

Tabla 3.4 Contenidos de Humedad

SONDEO No.	Wmax. (%)	Wmin.(%)	Wprom.(%)
1	36.2(2.0 mts)	31.7(1.0 mts)	43.3
2	16.8(1.0 mts)	4.4(0.5 mts)	10.1
3	66.5(3.0 mts)	25.9(0.50 mts)	44.1

### 3.4.4.6 Capacidad de Carga

Se presenta a continuación los valores aproximados de capacidad de carga de los suelos encontrados en el sitio de estudio; los valores están dados en  $\text{kg/cm}^2$ .

TABLA 3.5 Capacidad de carga de suelos encontrados

Sondeo No.	PROFUNDIDAD EN METROS					Qu(kg/cm <sup>2</sup> ) 3.50
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	
1	0.40	0.30	0.30	0.50	-	-
2	1.00	1.00	1.00	1.80	1.80	3.00
3	0.60	0.60	0.60	0.20	0.80	-

### 3.5 Resistencia al refuerzo cortante de los suelos.

El Ingeniero francés, C.A. Coulomb (1776) fue el primero en trabajar en la explicación de la resistencia de los suelos. Ideó en atribuir a la fricción entre las partículas del suelo la resistencia al corte del mismo.

La ecuación de Coulomb:

$$s = c + \sigma \tan \varphi \quad \text{Ec.(3.1)}$$

descompone la resistencia al corte 's' de un suelo en dos partes: una debida a la cohesión 'c' entre las partículas del suelo y otra al rozamiento entre ellas. Esta ecuación implica la independencia de la cohesión 'c' y la tensión normal ' $\sigma$ ' que actúa sobre el plano de rotura, de modo que a presión nula,  $s = c$ . Según la ecuación anterior, la cohesión puede definirse como la resistencia al corte cuando la tensión normal sobre el plano de deslizamiento es nula. De otro modo, la

componente de rozamiento de la resistencia al corte de un suelo es directamente proporcional a la tensión normal ' $\sigma$ ', y " $\tan \varphi$ " (siendo  $\varphi$  el ángulo de rozamiento interno) se considera constante para un suelo determinado.

Un suelo, cuya resistencia al esfuerzo cortante pueda representarse por la ecuación:

$$s = \sigma \tan \varphi \quad \text{Ec. ( 3.2)}$$

se considera "suelo puramente friccionante", así como un suelo que satisface la ecuación:

$$s = c \quad \text{Ec. (3.3)}$$

es "puramente cohesivo".

### 3.5.1 Prueba directa de resistencia al esfuerzo cortante.

Los tipos principales de aparatos para esta clase de ensayos son tres: de simple corte, de doble corte y de simple corte a torsión. El aparato de corte directo simple (Figura 3.7); es el más antiguo y sencillo de los aparatos de ensayo de corte de suelos. La muestra se coloca entre dos placas dentadas o rejillas "a" que ayudan a distribuir el esfuerzo tangencial  $P_T$  sobre el área completa de la muestra. Las placas "a" pueden ser permeables o impermeables, según sean las condiciones de drenaje impuestas. En algunos casos pueden ser dos piedras porosas que proporcionan drenaje libre a muestras saturadas. La carga normal  $P_N$  se conserva constante durante el ensayo y el esfuerzo tangencial  $P_T$  se incrementa

gradualmente hasta que se produce la rotura a lo largo del plano ss. La deformación de la muestra es medida con extensómetros, tanto en dirección horizontal como en vertical. Usualmente el cuerpo inferior del aparato es fijo y el superior móvil; pero, a veces, se invierte la disposición, lo cual no es aconsejable porque puede restringir algo la expansión de la muestra que se produce durante el corte en los suelos granulares compactos y se obtienen valores demasiados altos de la resistencia al corte.

Una de las desventajas de esta prueba consiste en la imposibilidad de conocer los esfuerzos que actúan en planos distintos al de falla durante su realización. En el instante de falla incipiente, los esfuerzos actuantes en estas otras direcciones pueden determinarse teniendo en cuenta que, en ese instante, el círculo de falla es tangente a la línea de falla.

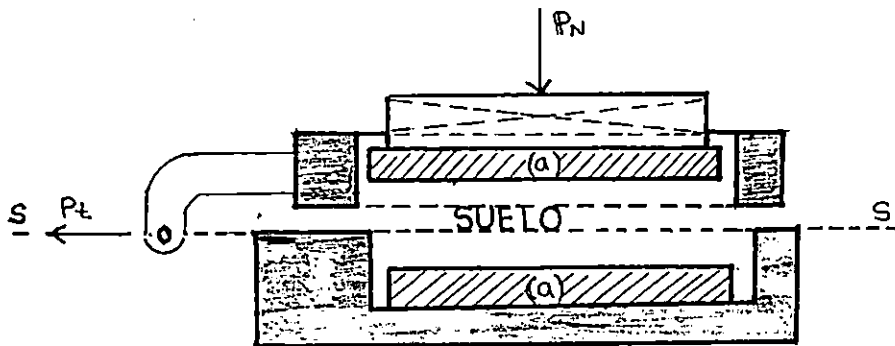


Figura 3.7 Esquema del aparato de simple corte directo.

### 3.5.2 Prueba de compresión triaxial de resistencia al esfuerzo cortante.

La prueba de compresión triaxial se realiza con el propósito de determinar las características de esfuerzo – deformación y la resistencia de los suelos sujetos a esfuerzos cortantes, producidos cuando varían los esfuerzos principales que actúan sobre un espécimen cilíndrico del suelo en estudio. En los tipos más usuales del aparato de prueba, dos de los esfuerzos principales ( $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ ) se producen por presión de un líquido que rodea el espécimen (agua) y, por lo tanto, son iguales.

La Figura 3.8 ilustra los fundamentos en que se basa el ensayo triaxial. La muestra de forma cilíndrica, se cubre con una funda impermeable y se coloca dentro de una cámara que se llena con un fluido (agua) sometido a una presión  $p_c$ . Por la parte superior y a través de una cabeza rígida, donde se aplica el esfuerzo desviador la muestra se somete luego a una presión unitaria axial adicional igual a  $q$ . A través de una piedra porosa inferior, el agua tiene libertad de salir o entrar en la muestra, salvo que la válvula V se cierre, en cuyo caso el movimiento del agua puede medirse por medio de un manómetro conectado al caño de descarga situado encima de la válvula V. Además, se dispone de un extensómetro para medir las deformaciones de la muestra en sentido vertical. Al realizar un ensayo lento o uno consolidado rápido, el primer paso consiste en permitir la consolidación completa de la muestra bajo la presión hidrostática triaxial  $p_c$ . Durante la consolidación, la

válvula V debe permanecer abierta. Como la presión del líquido actúa tanto en la parte superior como en los costados de la muestra, durante este primer estado no existen tensiones de corte.

Producida la consolidación, la muestra se somete a un presión axial suplementaria  $q$ , por unidad de área, presión que se aumenta hasta producir la rotura de la probeta. Durante la aplicación de esta presión, para este caso, la válvula V se encuentra cerrada, entonces las tensiones de corte se producen a contenido de humedad constante y los resultados obtenidos del ensayo son equivalentes a los que se derivan de un ensayo consolidado rápido ejecutado en el aparato de corte directo, con la única diferencia de que son mucho más exactos, pues el dispositivo de ensayo impide todo cambio de humedad durante el aumento de las tensiones de corte, desde cero hasta la tensión de rotura.

La muestra rompe a lo largo de planos inclinados de corte. Las lecturas ejecutadas durante el ensayo sólo proporcionan los valores de las tensiones principales que existen sobre la probeta en el momento de la rotura, pues no resulta posible medir directamente las tensiones normales y tangenciales en el plano de rotura. La presión principal mayor  $p_1$  es igual a la presión hidrostática  $p_c$  más la presión vertical adicional  $q_c$  que causó la rotura. Las otras dos presiones principales  $p_2=p_3$  son iguales a la presión hidrostática  $p_c$ .

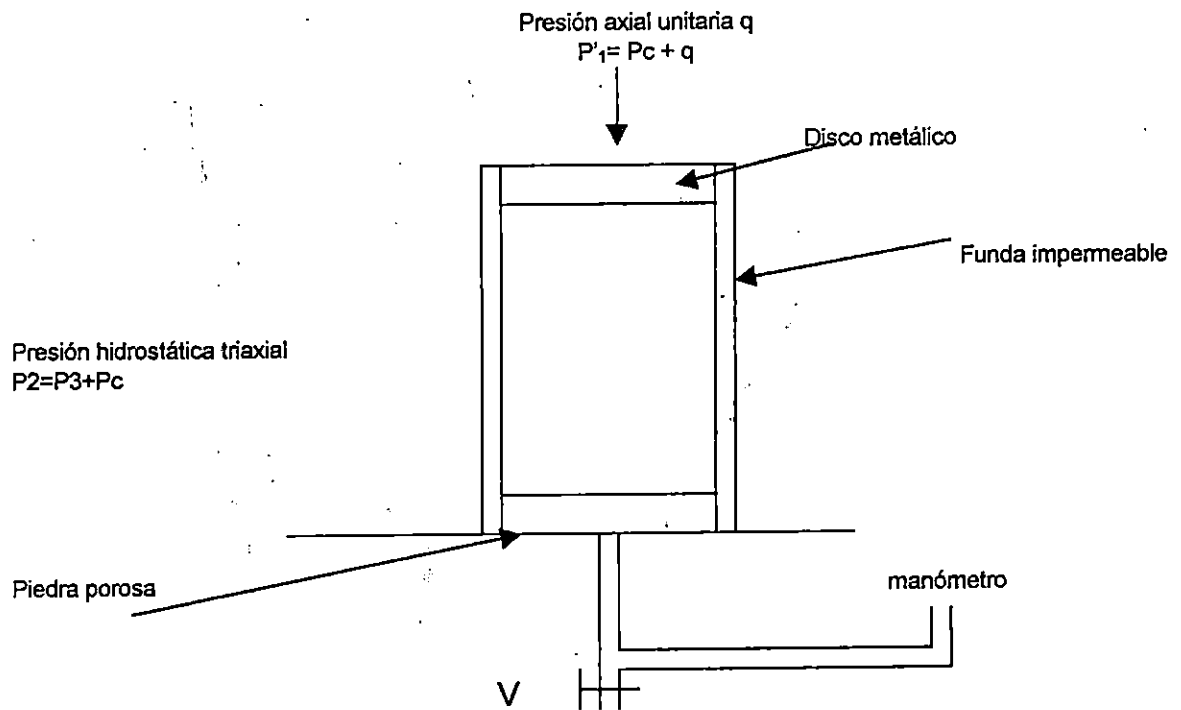


Figura 3.8 Diagrama que indica las características principales del aparato para ensayos triaxiales.

### 3.5.3 Cálculo de Propiedades Indices de los suelos.

A continuación se presentan los cálculos realizados para la obtención de contenido de humedad, peso específico relativo, índice de vacíos, peso específico y gravedad específica de la muestra de suelo tomada de la Comunidad El Borbollón, a la cual se le hizo la prueba triaxial.

Espécimen No.1

$W(\text{tara} + \text{esp.}) \text{ hum} = 327.7 \text{ gr.}$

$W(\text{tara } 17) = 52.3 \text{ gr.}$

$$W \text{ suelo húmedo} = 327.7 - 52.3 = 275.4 \text{ gramos}$$

Se colocó la muestra al horno a una temperatura de 110 grados centígrados durante 24 horas para obtener el peso de la muestra en estado seco y determinar la cantidad de agua que poseía. La cantidad de agua se obtuvo de la siguiente manera:

$$W \text{ (suelo seco + tara)} = 254.1 \text{ gr.}$$

$$W \text{ suelo seco} = 254.1 \text{ gr} - 52.3 \text{ gr.} = 201.8 \text{ gr.}$$

Luego,

$$W \text{ agua} = W \text{ húmedo} - W \text{ seco}$$

$$W \text{ agua} = 275.4 - 201.8 = 73.6 \text{ gr.}$$

El contenido de humedad será:

$$\omega \% = W \text{ agua} / W \text{ suelo seco} = 73.6/201.8 = 36.47 \%$$

Para el específico relativo,

$$S_s = W \text{ suelo seco} / W \text{ agua} = 201.8/73.6 = 2.74$$

Del concepto de propiedades índices, tenemos:

$$V_s = W \text{ suelo seco} / S_s$$

donde  $V_s$  es el volumen de suelo de la muestra,

$$V_s = 201.8/2.74 = 73.6 \text{ cm}^3$$

Para el volumen de vacíos, tenemos:

$$V_v = V_m - V_s$$

Donde,  $V_v$  = volumen de vacíos



$V_m$  = volumen de muestra.

$$V_v = 223.67 - 73.6 = 150.07 \text{ cm}^3$$

Con este valor de  $V_v=150.07 \text{ cm}^3$ , se obtiene el índice de vacíos;

$$e = V_v/V_s = 150.07/73.6 = 2.04$$

El dato de importancia, es el valor del peso específico saturado  $\gamma_{\text{sat}}$ , que se necesita para el cálculo de las cimentaciones, y debe conocerse el valor de gravedad específica y el volumen de agua contenido en la muestra.

La gravedad específica está dada por:

$$G_{\omega}\% = V_w / V_v (100) = 73.6/150.07 \times 100 = 49.04\%$$

Tenemos para el peso específico seco de la muestra:

$$\gamma_{\text{sat}} = (W_w + W_s)/V_m$$

donde,

$\gamma_{\text{sat}}$  = peso específico saturado de la muestra

$W_s$  = peso de suelo

$$\gamma_{\text{sat}} = (150.07 + 201.8)/223.67 = 1.57 \text{ gr/cm}^3$$

Para el espécimen No.2, se muestran los resultados en la tabla siguiente.

TABLA No.3.6  
Propiedades Índice de la muestra

Espécimen	$W_{\text{hum}}$	$W_{\text{seco}}$	$\omega\%$	$S_s$	$V_s$	$V_v$	$e$	$G_{\omega}\%$	$\gamma_{\text{sat}}$
1	275.4	201.8	36.47	2.74	73.6	150.07	2.04	49.04	1.57
2	275.3	195.1	37.11	2.69	72.4	285.33	3.94	25.37	2.26



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



**ENSAYO TRIAXIAL**  
**NO CONSOLIDADA NO DRENADA**

SOLICITA: Grupo Tesis #5 01/2000  
 LOCALIZACION Cantón El Borbollón Lag. El Jocotal  
 ENSAYO No 1 SONDEO No \_\_\_\_\_  
 MUESTRA No 1 PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_  
 DESCRIPCION \_\_\_\_\_

REPORTE No 2  
 FECHA Agosto 18/00  
 OPERADOR Evelio López  
 Hoja No 1/1

K media = 0.15625 Kg/a  
 K diferencia = \_\_\_\_\_ cm/a  
 V media = 1.000 cm<sup>3</sup>/min

$\sigma_1 = 0.5$  kg/cm<sup>2</sup>

DATOS INICIALES

D<sub>p</sub> = 5.205 cm  
 D<sub>c</sub> = 5.505 cm  
 D<sub>i</sub> = 4.750 cm  
 h = 10 cm

A<sub>s</sub> = 21.278 cm<sup>2</sup>  
 A<sub>c</sub> = 23.802 cm<sup>2</sup>  
 A<sub>i</sub> = 17.721 cm<sup>2</sup>  
 A<sub>m</sub> = (A<sub>s</sub> + A<sub>c</sub> + A<sub>i</sub>) / 3 = 22.367 cm<sup>2</sup>

W<sub>u</sub> = 275.4 gr.  
 V<sub>u</sub> = 223.67 cm<sup>3</sup>  
 γ<sub>u</sub> = 1.231 gr/cm<sup>3</sup>  
 w% = 36.47 %

TIEMPO (seg)	ANILLO CARGA	CARGA (kg)	MICROM (μ)	DEFORM AXIAL (mm)	DEFORM UNITARIA (%)	1- DEFORMA UNITARIA	AREA CORREGIDA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO DESVIADOR (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	-	0	0	0	1	22.367	0
30	52	8.125	37	0.037	0.37	0.9963	22.45	0.362
60	71	11.094	83	0.083	0.83	0.9917	22.554	0.492
90	85	13.281	129	0.129	1.29	0.9871	22.659	0.586
120	95	14.844	178	0.178	1.78	0.9822	22.772	0.652
150	103	16.094	226	0.226	2.26	0.9774	22.884	0.703
180	108	16.875	276	0.276	2.76	0.9724	23.002	0.739
210	111	17.344	325	0.325	3.25	0.9675	23.118	0.750
240	114	17.813	375	0.375	3.75	0.9625	23.238	0.767
270	115	17.969	426	0.426	4.26	0.9574	23.362	0.769
300	115	17.969	478	0.478	4.78	0.9522	23.49	0.765

CLASIFICACIÓN:

W<sub>h</sub> = 275.4 grs  
 W<sub>w</sub> = 201.8 grs  
 S<sub>s</sub> = 2.74  
 V<sub>s</sub> = W<sub>w</sub>/S<sub>s</sub> = 73.6 cm<sup>3</sup>  
 σ<sub>1</sub> = 0.5 kg/cm<sup>2</sup>  
 σ̄<sub>1</sub> = 0.769 kg/cm<sup>2</sup>  
 σ<sub>1</sub> = 1.269 kg/cm<sup>2</sup>

W<sub>w</sub> = W<sub>h</sub> - W<sub>s</sub> = 73.6 gr.  
 W<sub>w</sub>/W<sub>s</sub> \* 100 = \_\_\_\_\_ %  
 V<sub>v</sub> = V<sub>m</sub> - V<sub>s</sub> = 150.07 cm<sup>3</sup>  
 c = V<sub>v</sub>/V<sub>s</sub> = 2.04  
 G<sub>w</sub>% = V<sub>w</sub>/V<sub>v</sub> \* 100 = 49.04 %  
 γ<sub>c</sub> = 0.733 gr/cm<sup>3</sup>





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



ENSAYO TRIAXIAL  
NO CONSOLIDADA NO DRENADA

SOLICITA: Grupo Tesis #5 01/2000  
LOCALIZACION Cantón El Barbolón El Jocotal  
ENSAYO No 1 SONDEO No \_\_\_\_\_  
MUESTRA No 2 PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_  
DESCRIPCION \_\_\_\_\_

REPORTE No 2  
FECHA 18/05/00  
OPERADOR Evelio López  
Hoja No 1/2

$K_{\text{módulo}} = 0.15625 \text{ Kg/tu}$   
 $K_{\text{deformación}} = \text{mm/tu}$   
 $V_{\text{deformación}} = 1.000 \text{ mm/min}$

$\sigma_1 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$

DATOS INICIALES

$D_r = 5.42 \text{ cm}$   
 $D_c = 5.25 \text{ cm}$   
 $D_s = 4.80 \text{ cm}$   
 $h = 10 \text{ cm}$

$A_s = 23.072 \text{ cm}^2$   
 $A_c = 21.648 \text{ cm}^2$   
 $A_i = 18.096 \text{ cm}^2$   
 $A_m = (A_s + 4A_c + A_i) / 6 = 21.293 \text{ cm}^2$

$W_w = 275.3 \text{ gr.}$   
 $V_w = 212.93 \text{ cm}^3$   
 $\gamma_w = 1.293 \text{ gr/cm}^3$   
 $W\% = 37.11 \%$

TIEMPO (seg)	ANILLO CARGA	CARGA (kg)	MICROM (u)	DEFORM AXIAL (mm)	DEFORM UNITARIA (%)	I - DEFORMA UNITARIA	AREA CORREGIDA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO DESVIADOR (kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	-	0	0	0	1	21.293	
30"	42	6.563	40	0.04	0.4	0.996	21.379	0.307
1'	63	9.844	75	0.075	0.75	0.9925	21.454	0.459
1'30"	87	13.594	115	0.115	1.15	0.9885	21.541	0.631
2'	107	16.719	156	0.156	1.56	0.9844	21.63	0.773
2'30"	125	19.531	197	0.197	1.97	0.9803	21.721	0.899
3'	139	21.719	240	0.24	2.4	0.976	21.817	0.996
3'30"	152	23.75	282	0.282	2.82	0.9718	21.911	1.084
4'	163	25.469	325	0.325	3.25	0.9675	22.008	1.157
4'30"	173	27.031	369	0.369	3.69	0.9631	22.109	1.223
5'00"	182	28.438	414	0.414	4.14	0.9586	22.213	1.28
5'30"	190	29.688	457	0.457	4.57	0.9543	22.313	1.331
6'	196	30.625	503	0.503	5.03	0.9497	22.421	1.366
6'30"	203	31.719	547	0.547	5.47	0.9453	22.525	1.408

CLASIFICACIÓN:

$W_h = 275.3 \text{ grs}$   
 $W_w = 195.1 \text{ grs}$   
 $S_s = 2.69$   
 $V_s = W_w / S_s = 72.4 \text{ cm}^3$   
 $\sigma_1 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$   
 $\sigma_1 - \sigma_3 = 1.553 \text{ kg/cm}^2$   
 $\sigma_1 = 2.553 \text{ kg/cm}^2$

$W_w - W_h - W_s = 80.2 \text{ gr.}$   
 $W_w / W_s * 100 = \text{ %}$   
 $V_v = V_m - V_s = 285.33 \text{ cm}^3$   
 $c = V_v / V_s = 3.94$   
 $G_w\% = V_w / V_v * 100 = 25.37 \text{ %}$   
 $\gamma_c = 0.708 \text{ gr/cm}^3$





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



ENSAYO TRIAXIAL  
NO CONSOLIDADA NO DRENADA

SOLICITA: Grupo de tesis #5 01, 2000  
LOCALIZACION Cantón El Borbollón Laguna El Jocotal.  
ENSAYO No 1 SONDEO No \_\_\_\_\_  
MUESTRA No 2 PROFUNDIDAD \_\_\_\_\_  
DESCRIPCION \_\_\_\_\_

REPORTE No 2  
FECHA 18/Ago/00  
OPERADOR Evelio López  
Hoja No 2/2

$K_{\text{anillo-carga}} = 0.15625 \text{ Kg/tu}$   $\sigma_1 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$   
 $K_{\text{deformacion}} = \text{_____ mm/tu}$   
 $V_{\text{deformacion}} = 1.000 \text{ mm/mua}$

DATOS INICIALES

$D_p = 5.42 \text{ cm}$   $A_s = 23.072 \text{ cm}^2$   $W_w = 275.3 \text{ gr.}$   
 $D_c = 5.25 \text{ cm}$   $A_c = 21.648 \text{ cm}^2$   $V_w = 212.93 \text{ cm}^3$   
 $D_i = 4.80 \text{ cm}$   $A_i = 18.096 \text{ cm}^2$   $\gamma_w = 1.293 \text{ gr/cm}^3$   
 $b = 10.0 \text{ cm}$   $A_m = (A_s + A_c + A_i) / 6 = 21.293 \text{ cm}^2$   $W\% = 37.11 \%$

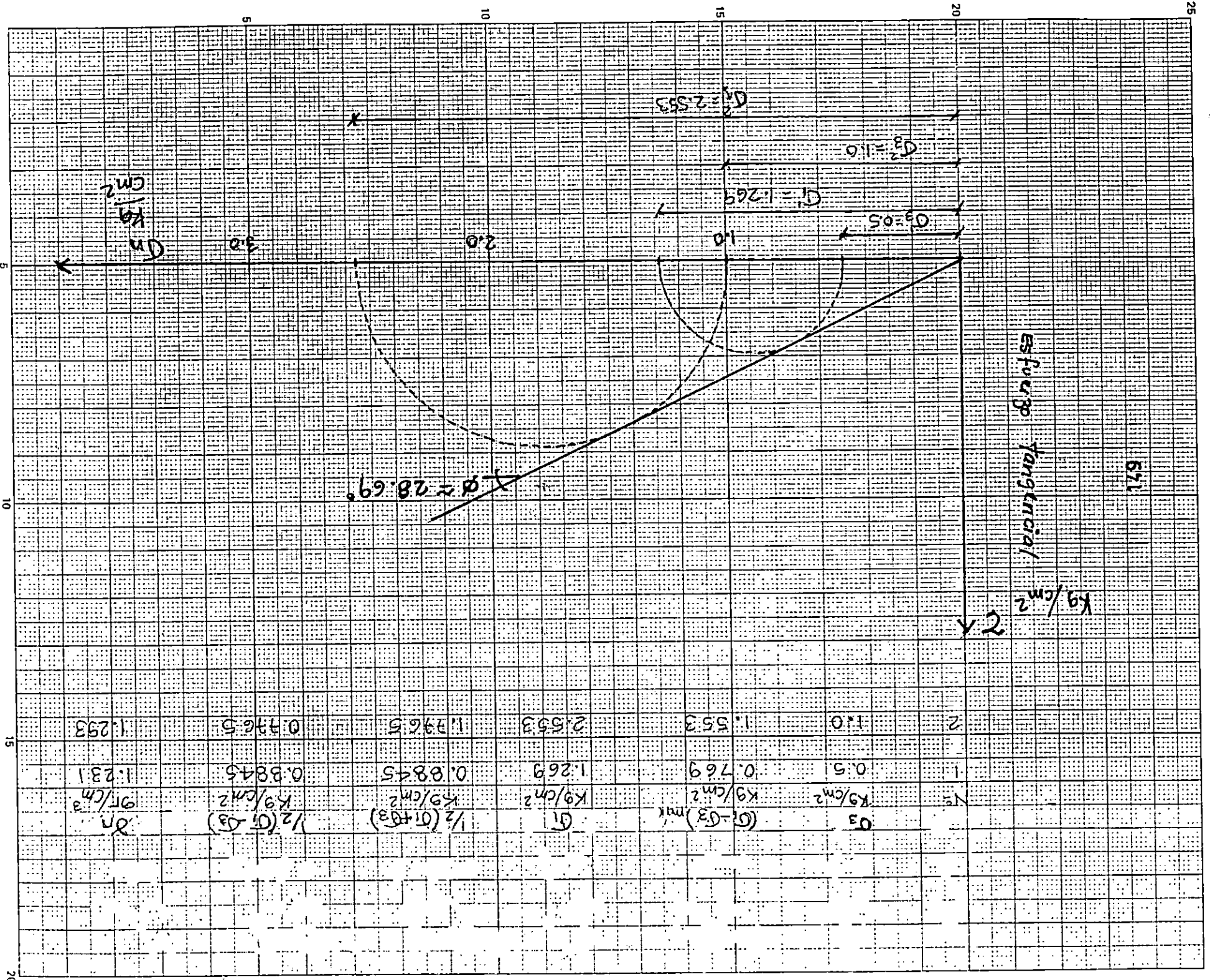
TIEMPO (seg)	ANILLO CARGA	CARGA (kg)	MICROM (µ)	DEFORM AXIAL (mm)	DEFORM UNITARIA (%)	I - DEFORMA UNITARIA	AREA CORREGIDA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO DESVIADOR (kg/cm <sup>2</sup> )
7'	209	32.654	592	0.592	5.92	0.9408	22.633	1.443
7'30"	214	34.063	638	0.638	6.38	0.9362	22.744	1.47
8'	218	34.688	683	0.683	6.83	0.9317	22.854	1.49
8'30"	222	35.156	729	0.729	7.29	0.9271	22.967	1.51
9'	225	35.625	775	0.775	7.75	0.9225	23.082	1.523
9'30"	228	35.938	821	0.821	8.21	0.9179	23.198	1.536
10'	230	36.250	866	0.866	8.66	0.9134	23.312	1.542
10'30"	232	36.563	912	0.912	9.12	0.9088	23.43	1.547
11'	234	36.875	958	0.958	9.58	0.9042	23.549	1.553

CLASIFICACIÓN:

$W_h = 275.3 \text{ gr}$   
 $W_p = 195.1 \text{ gr}$   
 $S_s = 2.69$   
 $V_s = W_p/S_s = 72.4 \text{ cm}^3$   
 $\sigma_1 = 1.0 \text{ kg/cm}^2$   
 $\sigma_1 - \sigma_3 = 1.553 \text{ kg/cm}^2$   
 $\sigma_3 = 2.553 \text{ kg/cm}^2$

$W_w = W_h - W_s = 80.2 \text{ gr.}$   
 $W_w/W_s \cdot 100 = \text{_____} \%$   
 $V_v = V_m - V_s = 285.33 \text{ cm}^3$   
 $c = V_v/V_s = 3.94$   
 $G_w\% = V_w/V_v \cdot 100 = 25.37 \%$   
 $\gamma_w = 0.708 \text{ gr/cm}^3$

LABORATORISTA

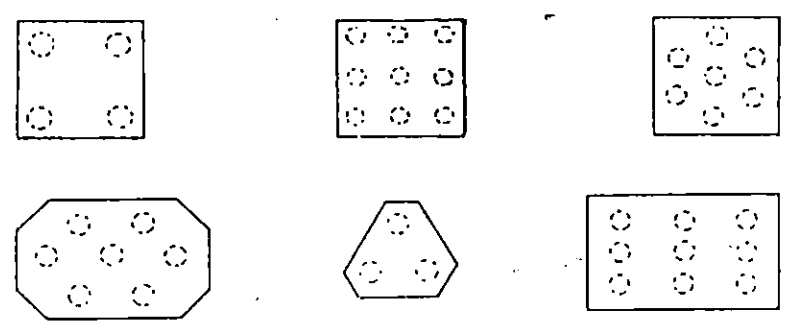
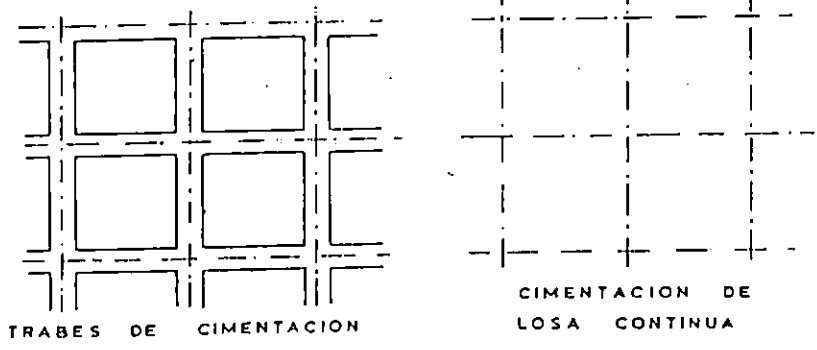
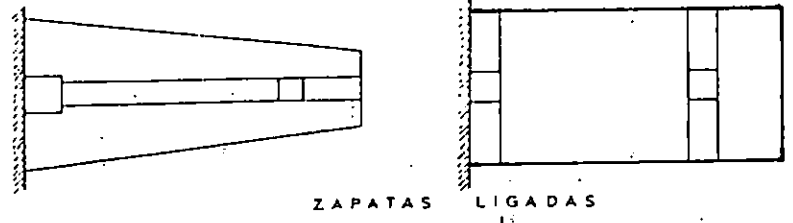
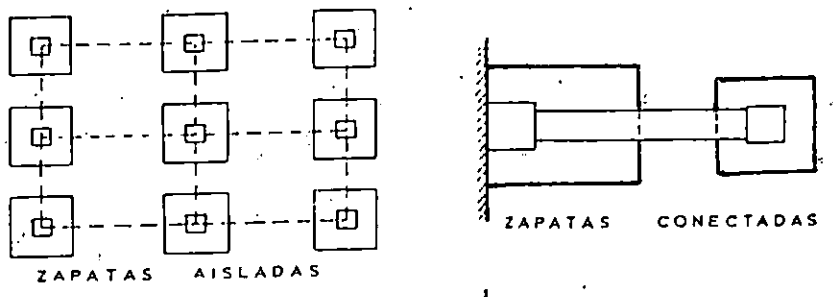


$D_3$	$(D_1 - D_3)_{max}$	$D_1$	$\frac{1}{2}(D_1 + D_3)$	$\frac{1}{2}(D_1 - D_3)$	$D_0$
2	1.553	2.553	1.9765	0.7765	1.253
1	0.769	1.269	0.8845	0.3845	1.231
0.5	0.5	0.769	0.8845	0.3845	1.231

### 3.6 Sistema de Cimentación

La función de un sistema de fundación es transmitir las cargas de una estructura al suelo sin que excedan los esfuerzos que pueden ser resistidos con seguridad sin producir falla local, falla general o asentamiento.

Existen dos grupos de cimentaciones: Cimentaciones directas e indirectas (Crespo, 1993). La cimentación es directa cuando los esfuerzos producidos por una estructura llegan al suelo a través del sistema columna - zapata y ésta descansa directamente sobre él. El ensanchamiento de la sección transversal es en la zapata con el fin de repartir los esfuerzos de la estructura de manera que no sobrepasen la capacidad del suelo. Otros sistemas que se consideran de este tipo son: las soleras de fundación, zapatas de muros, losas de cimentación y los muros. Las cimentaciones indirectas son las que se llevan a cabo auxiliándose de pilotes para transmitir las cargas. Figura 3.9



CIMENTACION POR PILOTES

Fig. 3.9 Sistema de cimentaciones / adaptada de Crespo 1993

Los tipos de cimentación que se pueden utilizar en los suelos de esta comunidad son:

Losa de cimentación: esta se puede comparar a una sola zapata que cubre el área de fundación de la obra y es necesaria cuando la resistencia del suelo es muy baja a gran profundidad, y se necesita distribuir los esfuerzos al suelo a través de una área mayor. Las losas de fundación deben ser diseñadas y construidas de tal manera que no permitan la filtración del agua, porque pueden estar sujetas a levantamientos( en caso de construirse sobre arcilla) debido a las presiones que genera ésta al saturarse. También pueden ser apoyadas sobre pilotes, donde el suelo es susceptible a grandes asentamientos. Generalmente se construyen de concreto reforzado colado in situ y pueden llegar a ocupar toda la superficie construida. Figura 3.10. Este sistema de fundación no resultaría económico para la propuesta debido que la vivienda contaría con dos losas y la cantidad de materiales para éstas sería grande. Resulta económico cuando a esta misma se le puede dar el uso de piso de la vivienda lo cual sería posible si el problema sólo fuera de capacidad de carga.



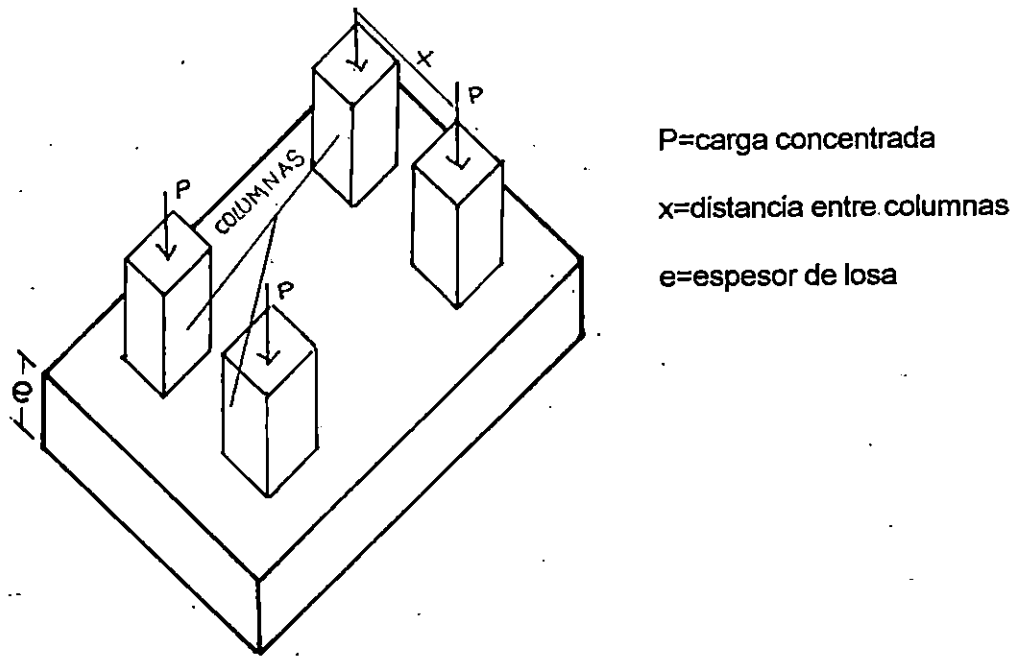


Fig.3.10 Losa de Fundación.

Muro de fundación: se utiliza cuando en el nivel de fundación o de desplante fijado para asentar las estructuras el suelo es de baja capacidad de carga y no se desea profundizar la solera de fundación o zapata. La función del muro es sustituir el suelo inadecuado hasta el nivel requerido. Los muros de fundación pueden construirse con diversos materiales como concreto simple o concreto armado, suelo cemento, mampostería prefabricada reforzada; el cual puede construirse de las dimensiones y reforzarse según se requiera para cada estructura. Para poder cimentar la vivienda propuesta a un nivel de desplante de un metro se puede restituir el suelo hasta la capacidad requerida con un muro de suelo-cemento que soporte a la zapata como se muestra en figura 3.11

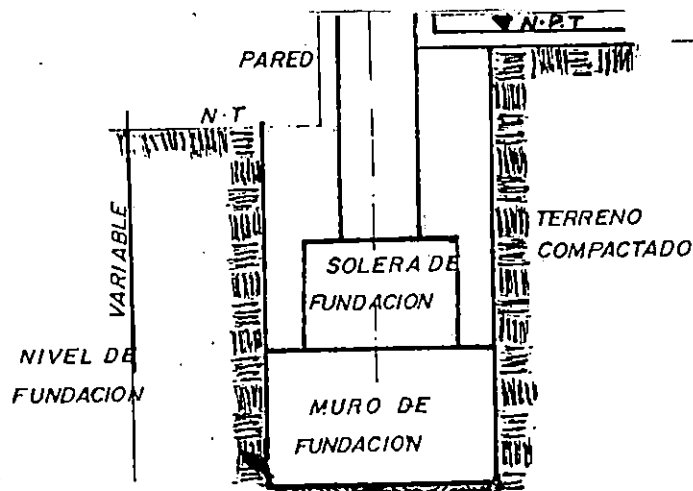


Figura 3.11 Muro de Fundación.

Pilotes: en general son elementos largos de sección reducida generalmente circular que se utilizan para transmitir las cargas de una estructura a estratos profundos que son más resistentes que los mantos superficiales o bien cuando la estructura deba construirse en un sitio cubierto con agua. Este sistema de cimentación al combinarse con zapatas pueden construirse viviendas en zonas de baja capacidad de carga; pero se tendría que llegar a un estrato duro; lo cual no resulta económico tanto por la cantidad de material utilizado para su fabricación debido a que la longitud es grande y por el equipo que se tiene que utilizar para poder colarlo in situ o para hincarlo en caso de ser prefabricado (Figura 3.12).

Zapatas aisladas: esta puede ser centrada o de colindancia y consiste en losas independientes que pueden tener un espesor constante o que se reduce en la parte del voladizo. El área de contacto de estas zapatas debe de tal manera que no excedan la capacidad de carga del suelo. Por lo general son las más utilizadas

por su funcionamiento y economía. Figura 3.13

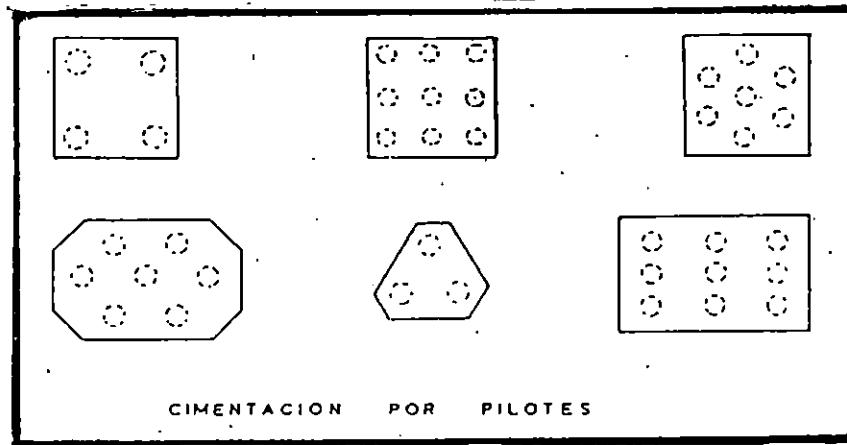


Figura 3.12 Cimentación por pilotes/Adaptada de Crespo 1993.

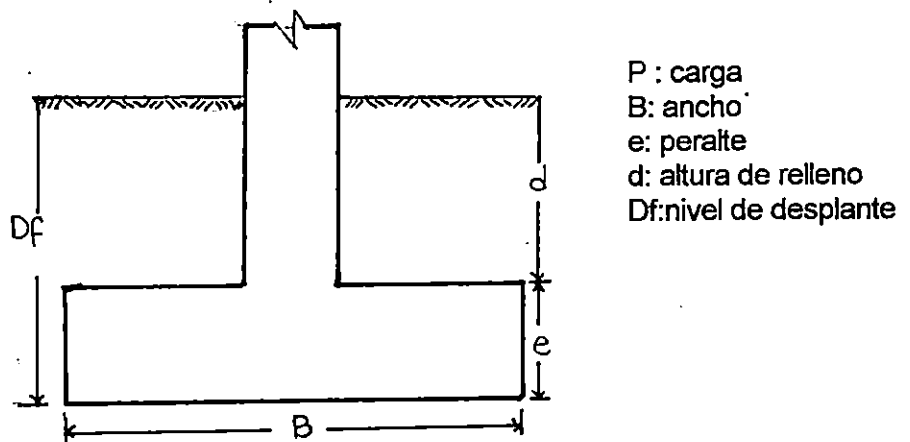


figura 3.13 Zapata aislada/Adaptada de Crespo 1993.

La elección del sistema de fundación para la vivienda propuesta se hizo tomando en cuenta la capacidad de carga de los suelos encontrados en la Comunidad El Borbollón(recomendable para zona II), también considerando que el sistema de cimentación resulte económico y estructuralmente confiable; por lo que de todos los sistemas que se puedan utilizar para las condiciones del suelo encontrado son las zapatas aisladas, la cual puede ser centrada o de colindancia, para el proyecto debido a que los terrenos son grandes todas las zapatas que soportan a la vivienda se propone que sean cuadradas con columna centrada. El diseño estructural de esta zapata se realizará en el siguiente capítulo.

### **3.7 Interpretación de los Resultados.**

#### **3.7.1 Prueba de Penetración Estándar**

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el campo a partir de la Prueba SPT y en las pruebas realizadas en el laboratorio:

- Se detectó en el área explorada suelo suelto, con baja capacidad de carga, tal como se muestra a continuación; también se muestra la profundidad del estrato orgánico.

TABLA 3.7  
Profundidad con baja capacidad de carga

Sondeo No.	Profundidad de suelo suelto o Con baja capacidad de carga(m)	Profundidad de Suelo Orgánico(m)
1	0 a 2.50*	0 a 1
2	0 a 0.5 1.5 a 2.0	--- ---
3	1.0 a 3*	---

\* en el fondo de la exploración no se encontró suelo semi compacto.

- No se detectó presencia de roca sólida en el fondo de las perforaciones.
- En los sondeos No. 1 y No. 3 en el último metro se detectaron suelos saturados,  $W\% > 56\%$ ; mientras que en el sondeo No.2 el contenido de humedad detectado es bajo. ( $W_{\text{máx.}} = 16.8\%$ )
- Para la zona de influencia de los sondeos No. 1 y No. 3 no presentan mayor capacidad de carga ( $0.5 \text{ kg/cm}^2$  y  $0.8 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente) por lo que no es recomendable cimentar superficialmente en esta zona, salvo que se hiciera a través de cimentaciones profundas penetrando hasta llegar a un estrato duro; lo cual no resultaría económico y no es viable para la propuesta de vivienda. Construcciones desplantadas en la zona de influencia de estos sondeos, son susceptibles a desplazamientos verticales debido a la pobre capacidad de carga que presenta el suelo.
- Para la zona de influencia del sondeo No. 2, cimentando superficialmente se podría utilizar  $1.0 \text{ kg/cm}^2$ . Al realizar una excavación hasta 2.0 metros y

recompactar con suelo sano del lugar al 95% AASHTO T-180, se podrá utilizar como presión de contacto  $1.8 \text{ kg/cm}^2$ .

De acuerdo al resultado obtenido en la prueba STP, que fue de  $1.0 \text{ kg/cm}^2$  para suelos bajo el nivel de superficie de 1 metro (Punto No.2), indica que el suelo tiene la capacidad para poder llevar a cabo cimentaciones superficiales para las viviendas, ya que su capacidad va aumentando conforme se profundice más. Es aceptable el  $1.0 \text{ kg/cm}^2$  debido a que la propuesta de vivienda no es una estructura que se excederá en peso; pero que se dimensionará y se recomendará en base a ello, la profundidad a la que los estratos poseen la consistencia solicitada, sin olvidar que estos suelos van a ser saturados constantemente por las inundaciones debidas a la época lluviosa. El análisis de la alternativa de solución para la cimentación a proponer se presentará posteriormente, pero cabe mencionar que la capacidad de carga superficial o a poca profundidad de 1 metro de los suelos tienen las condiciones para utilizar sistema de zapatas. Las columnas serán las encargadas de sostener la plataforma y tendrán una longitud (desde zapata a plataforma) que será regida por el perfil de inundación más un factor de seguridad, altura que dependerá de la topografía del terreno, la sección transversal de las columnas estará en función de las dimensiones de la vivienda y su arquitectura aún cuando ésta sea muy sencilla.

### **3.7.1.1 Potenciabilidad del proyecto para la solución a la inundación**

La prueba de penetración estándar es valiosa en cuanto a elegir con certeza un lugar para poder cimentar el tipo de vivienda que se pretende. El resultado del sondeo No.2 es el que indica que después de los 1.80 metros desde la orilla de la Laguna hacia la Carretera del Litoral se puede considerar como suelos de cimentación, y hacia la Laguna, no. Esta última zona no presenta condiciones de carga, además están en el área protegida; potencialmente está clasificada como un suelo agrológico.

### **3.7.1.2 Alternativas**

Partiendo de una cimentación superficial, según el estudio de penetración estándar, éstas pueden ser:

- a) Zapatas aisladas
- b) Zapatas ligadas
- c) Zapatas corridas
- d) Losas de cimentación
- e) Zapatas combinadas.

La alternativa más viable serían las zapatas independientes o aisladas. En general se colocan bajo cargas concentradas, como columnas o pilastras. Dichas zapatas en general son de sección rectangular o cuadrada. Para evitar el volteo y

la distribución desigual de los esfuerzos en el suelo, el centroide de una zapata se debe colocar tan cerca como sea posible debajo de la resultante de las cargas sobre éste. El área de las zapatas debe ser lo suficientemente grande para asegurar que no se exceda la capacidad de carga del suelo y que el asentamiento máximo se encuentre de los límites aceptables. Además, la zapata se debe dimensionar para que los asentamientos diferenciales no sean excesivos.

### **3.7.1.3 Criterios**

Se tomará en cuenta la propuesta de zapata aislada debido a que la cimentación será superficial por las condiciones que presenta el suelo en el lugar, para ello hay que tomar en cuenta el nivel de aguas máximas para un evento muy fuerte como el Mitch. El diseño de la vivienda se realizará en el siguiente capítulo. La zapata aislada resulta desde el punto de vista económico aceptable, en comparación con los demás sistemas que podrían ser utilizados bajo las condiciones del suelo encontradas y de la inundación que estarían sujetas.

### **3.7.2 Prueba Triaxial.**

Debido al lugar de donde se obtuvo la muestra para realizar dicha prueba, el suelo presentó problemas para obtener los especímenes ha ser utilizados, pues



solamente se pudieron formar dos probetas cilíndricas. Además, por la poca profundidad a la que fueron obtenidos la muestra tenía cierto contenido orgánico.

De los resultados obtenidos, el suelo es friccionante según las gráficas obtenidas de los esfuerzos axiales contra los de cortante. El ángulo  $\phi$  dio igual a  $28.69^\circ$ , esto indica que se encuentra dentro del rango para los suelos arenosos, tal como ha sido clasificada la muestra, aunque contenía cierta cantidad de orgánicos. Con la realización de la prueba triaxial, en un suelo arenoso, independiente de los movimientos relativos entre las partículas, debe considerarse estado final de conjunto de las partículas sólidas individuales. Para este suelo cuando se aumentaba la presión vertical, se aumentaba la componente isotrópica de los esfuerzos, y por lo tanto se introducen esfuerzos cortantes. Al aumentar éstos se introduce distorsión o cambio de forma. Como la muestra tiene cierto grado de compacidad, el nivel de esfuerzos que se aplica es bajo con relación a la resistencia de las partículas individuales, y al cambiar su forma, cambia relativamente el volumen. Como el nivel de esfuerzos alcanzó el nivel de ruptura de granos, se llega a que es el de una arena suelta, donde existe disminución de volumen al deformarse, esto llegó a su límite, entonces la muestra cambia de forma a volumen constante, por lo que el esfuerzo desviador es constante y sucedió la falla plástica.

### 3.8 CONCLUSIONES

Es importante que se realice un estudio de suelos a detalle para determinar la capacidad de carga de los suelos en los que se pretende cimentar una estructura para que la solución al problema sea completa y no omitan condiciones o parámetros importantes para llegar a resolver de la mejor manera el problema previsto.

De acuerdo a los resultados obtenidos de la prueba de penetración estándar, se pudo constatar que la capacidad de carga de los suelos encontrados en la zona de influencia de los sondeos 1 y 3, es muy baja por lo que no resultaría económico cimentar sobre ésta área; el caso es favorable a partir del Sondeo No.2 hacia la Carretera.

En suelos contaminados con orgánicos, no puede considerarse la compacidad o consistencia del suelo presentada al momento de la prueba como permanente ya que con el tiempo según la fase orgánica se va descomponiendo en agua, gases y en residuo muy pequeño, con lo que se incrementa el volumen de vacíos en el suelo y las deformaciones en éste reducen su capacidad de carga, permitiendo que sean más compresibles.

### 3.9 RECOMENDACIONES

Para la propuesta final a ejecutar es necesario se realice una exploración de suelo con sondeos espaciados 25 metros como máximo para definir los perfiles estratigráficos que reflejen los espesores de los estratos encontrados ya que el espaciamiento con que se ha realizado en este estudio solamente es para identificar la capacidad de carga y tipo de estrato del lugar, de lo contrario se debe trabajar en la zona de influencia del sondeo No. 2 que presenta condiciones favorables.

De ser posible se debe realizar la restitución de suelos orgánicos encontrados en la zona en que se pretenda cimentar la vivienda para que a la larga no se presente problemas de asentamiento o desplazamiento de suelos al saturarse por inundaciones o descomponerse cumpliendo con la fase orgánica.

La restitución de suelo debe hacerse de manera que el espesor garantice una distribución uniforme de los esfuerzos a los que estará sometido el estrato. Cuando menos deberá ser de 0.40 metros con material sano o libre de orgánicos. En el caso de zapatas o soleras de fundación debe considerarse 1.5 veces la base. Las restituciones deben hacerse con base a la Norma AASHTO T-180 para compactación de suelos y tomar en cuenta los esfuerzos a los que será sometido el suelo.

Entre otras opciones para cimentar en suelos con baja capacidad de carga

se encuentran las losas de fundación la que tiene la función de distribuir uniformemente los esfuerzos al suelo con lo que se evitaría realizar mayores restituciones, lo que incidiría en el aspecto económico.

## **CAPITULO IV**

# **PROPUESTA DE SOLUCION Y DISEÑO DE VIVIENDA EN SISTEMA DE PLATAFORMA**

## **1.0 Introducción**

En este capítulo se presenta el módulo de la vivienda sobre plataforma propuesta como solución al problema de inundación de la Laguna El Jocotal, en la Comunidad El Borbollón, Municipio El Tránsito, San Miguel. Con los parámetros obtenidos en los Capítulos II y III, se realizó un diagnóstico técnico para seleccionar el tipo de cimentación de la vivienda y altura de la plataforma. También se presentan los tipos de materiales recomendables para la estructura de la plataforma y la unidad de vivienda.

Se realizó el diseño estructural de la alternativa seleccionada, también se mencionan otras soluciones que pueden tomar en cuenta la comunidad; esto es, que si en forma individual no pueden construir su vivienda, podrían construir colectivamente un sitio de resguardo dentro de la comunidad, en la zona que se seleccionó como apta para cimentar viviendas y donde las cuales pueden estar libres de ser inundadas al cumplir con la altura de plataforma recomendada para dicha zona.

#### 4.1 Diagnóstico Técnico de la zona de propuesta.

En los capítulos II y III se determinaron los parámetros hidrológicos y propiedades mecánicas del suelo del lugar, respectivamente, con los que se desarrollará la propuesta de diseño de la vivienda sobre plataforma.

De acuerdo a la altura máxima alcanzada por la lámina de inundación de 3.20 metros se puede determinar la altura de la plataforma de las viviendas<sup>47</sup>, la cual estará en función de la topografía del terreno, y se refleja en un perfil que está limitado por la superficie del terreno y el nivel del agua.

Con estos parámetros se puede realizar una zonificación para la propuesta de vivienda, que estará regida por la capacidad de carga de los suelos del lugar, como se muestra en figura No. 4.1, ésta es el área recomendada para la construcción de las viviendas, además se presenta el área inundada cuando el nivel del agua alcanza una altura de 3.2 metros con respecto al nivel natural de la laguna en la época de estiaje. Figura No. 4.1 Otras áreas alternativas de ubicación de las viviendas, son: una ubicada en la parte oriente, específicamente en la Loma de Magaña, donde se puede aprovechar la topografía de ésta (su elevación), para poder proteger las viviendas de la inundación; una alternativa similar a la anterior es la reubicación de las viviendas afectadas en las faldas de la Loma de Merlos que se

<sup>47</sup> altura de la plataforma: longitud medida desde el nivel del terreno a nivel de la lámina de agua, más una altura adicional de seguridad.  $H_p = C_a + F_s$

encuentra al Norte con respecto al centro de la Laguna El Jocotal. Pero se sabe que para llevar a cabo una de estas alternativas de reubicación, es necesario que los afectados tengan accesos a estas propiedades, ya sea a través de una compra individual o colectiva, estas áreas se ven reflejadas en las figuras No. 4.1.

#### **4.1.1 Parámetro Hidrológico**

El parámetro hidrológico, nivel de aguas máximas alcanzado, por la inundación en la Comunidad se determinó que es de 3.2 metros a partir del nivel normal de la Laguna en la época de estiaje, el cual se utilizará para determinar la altura de la plataforma para salvar una vivienda de ser inundada. (También se presenta el perfil que muestra la altura necesaria de la plataforma) Figura 4.2

#### **4.1.2 Propiedades Mecánicas de los suelos.**

Se determinaron las condiciones del suelo en la zona de estudio, con el fin de encontrar el suelo adecuado para cimentar la sustentación de las plataformas o viviendas, lo que dió origen al área que se presenta en la Figura 4.1; en ésta se indica, que las personas que poseen las viviendas en ese lugar no tienen que ser reubicadas en otro, pues podría construir su vivienda en el



mismo lugar, la que será más segura, si cumplen con las especificaciones que se plantean; y que los lugares libres de construcción pueden ser utilizados por las demás personas afectadas que se encuentran dentro de la zona III, ver fig.4.1 (área que no es segura o apropiada para cimentar,  $q_u < 0.8$ )

#### **4.1 Propuesta de Alternativas.**

El problema de inundación que está afectando a los habitantes de la comunidad El Borbollón a causa del desbordamiento de la laguna El Jocotal influencia del Río Grande de San Miguel por su aporte de escorrentía superficial, se puede solventar a través de las alternativas que a continuación se presentan :

##### **4.2.1 Vivienda Unifamiliar sobre plataforma.**

Tiende a solventar el problema de inundación de la vivienda tradicional de este sector, resguardando la vida de las personas que habitan dentro de la zona inundada, al igual que proteger de la humedad sus pertenencias como granos básicos, ropa, electrodomésticos, etc. ; siempre que se ubiquen en la zona calificada como apta para construir sus viviendas (zona II, fig.4.1), las familias que tienen su vivienda dentro de la zona II, tienen la oportunidad de seguir

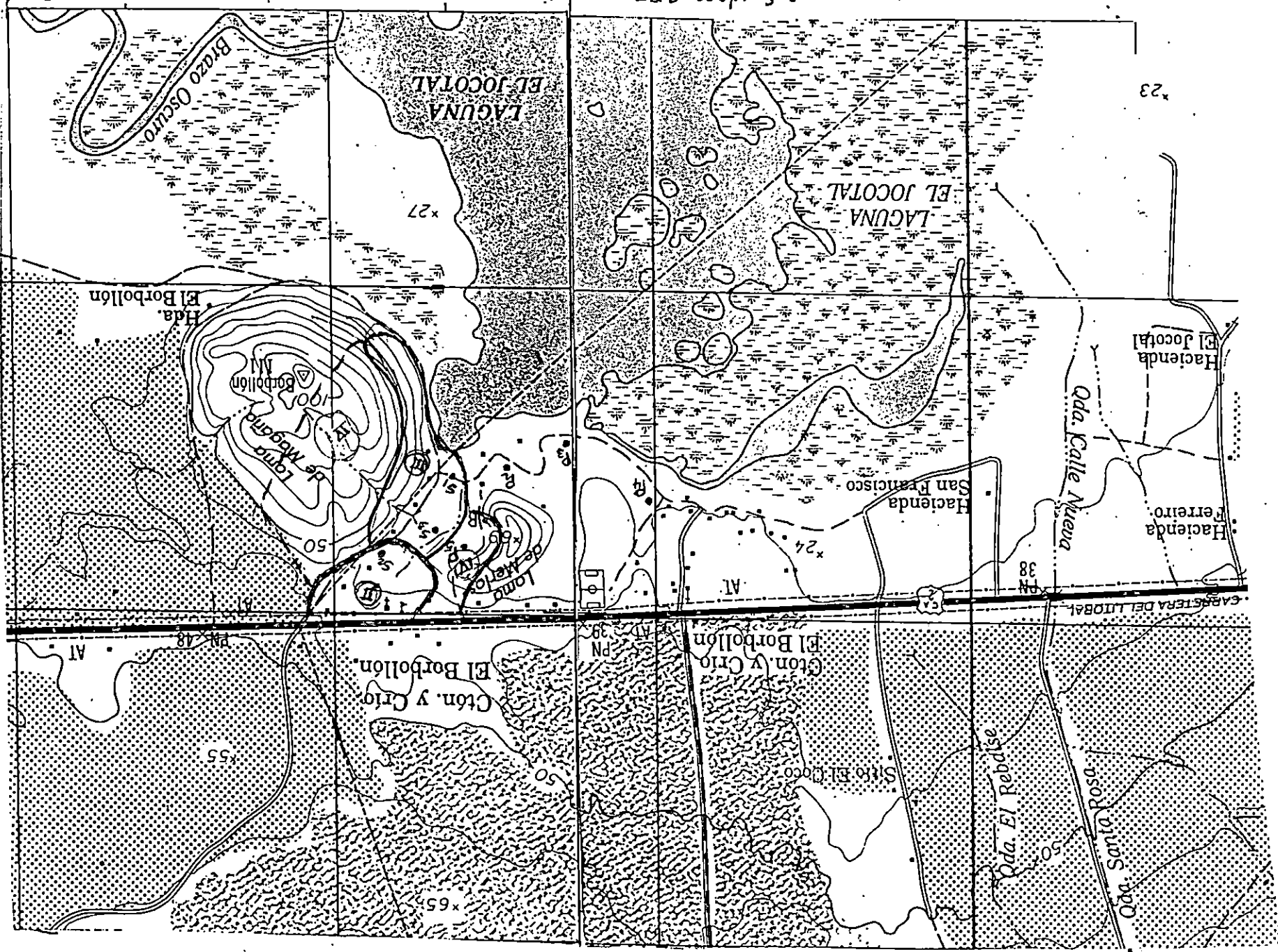
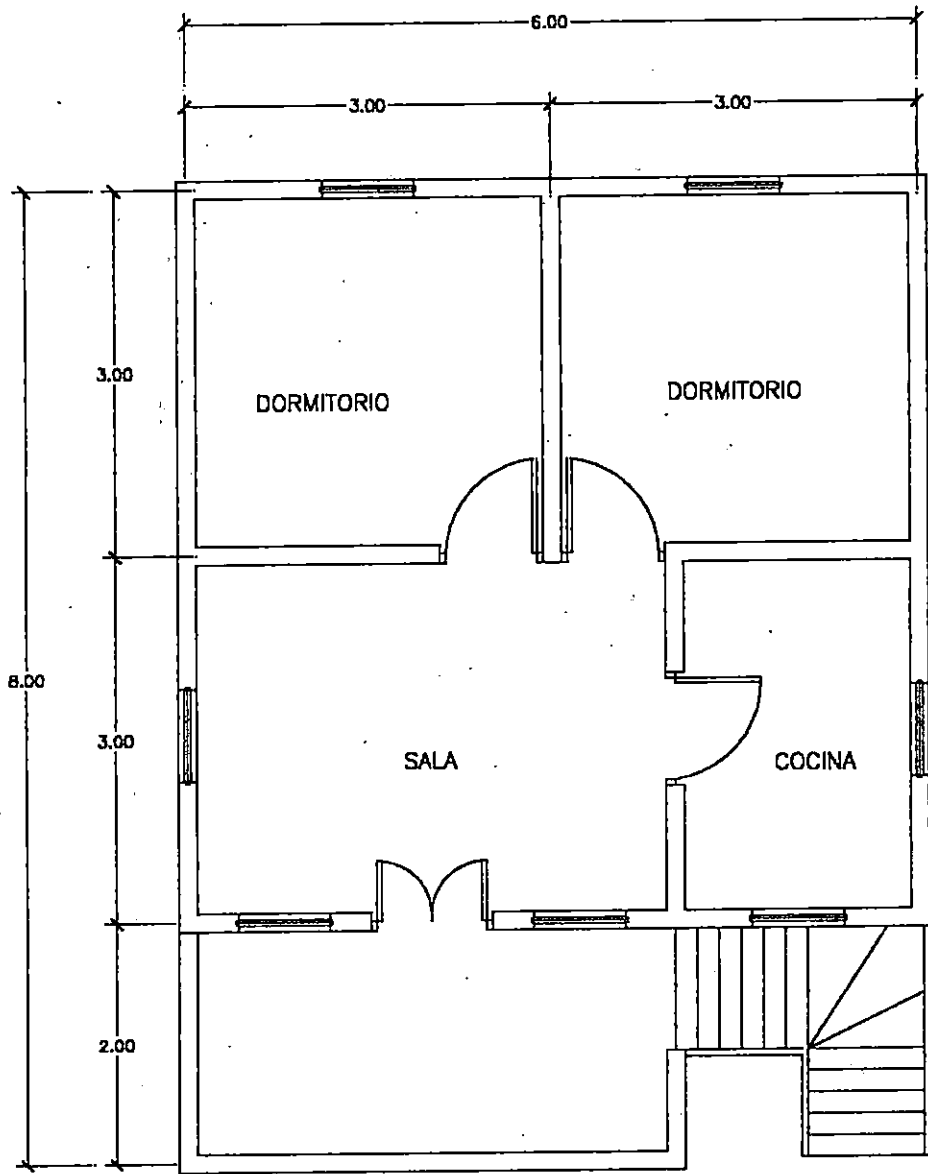


FIG. 4.1 ZONIFICACION

- Sondeos SPT
- Identificación de suelos superficiales.
- ZONA I = ZONA INUNDADA (2+2<sup>m</sup>)
- ZONA II = ZONA RECOMENDABLE PARA CIMENTAR VIVIENDAS
- ZONA III = ZONA DE BAJA CAPACIDAD DE CARGA.

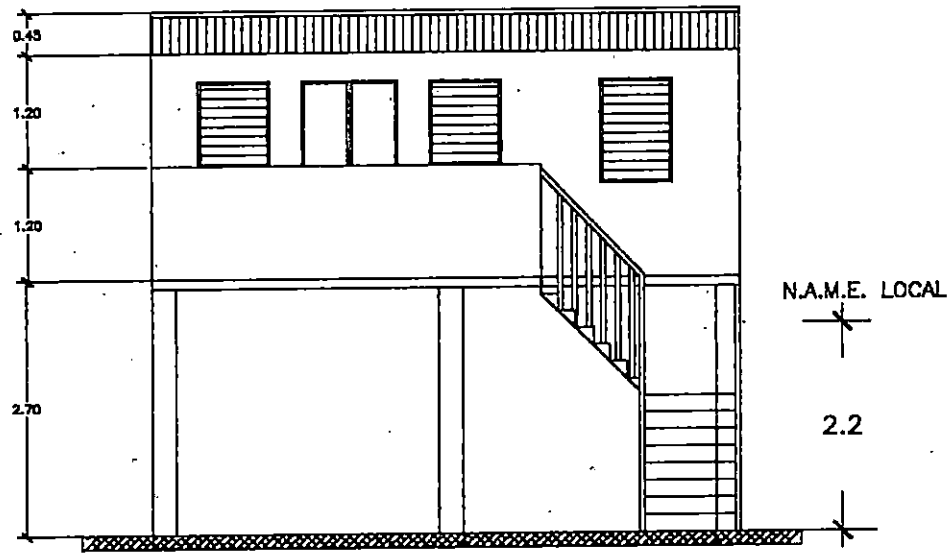
ZONA IV = ZONA QUE SE PUEDE USAR PARA REUBICACION DE VIVIENDAS



**PLANTA ARQUITECTONICA**  
**VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA**

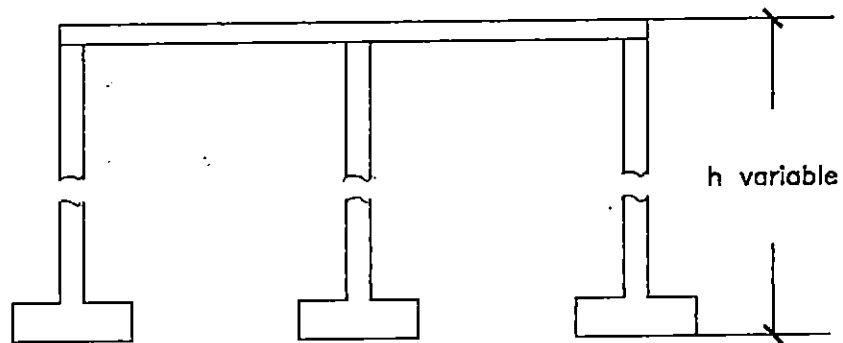
ESC. 1:100

Fig. 4.2 a



**ELEVACION PRINCIPAL  
VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA**

ESC. 1 : 1 0 0



**PLATAFORMA Y SISTEMA DE FUNDACION**

Fig. 4.2b

residiendo dentro de la misma al adoptar este modelo de vivienda; en tal caso ya, no serán afectados año con año ni tendrán que abandonar o evacuar sus viviendas cada vez que se presenten las inundaciones. En el caso de las personas que tienen sus viviendas dentro de la zona muy débil o de baja capacidad de carga (zona III), ellas tienen que construir sus viviendas dentro de la zona II o ser reubicados cercanamente con vivienda tradicional en suelos libres de inundaciones. Las características más principales de la vivienda sobre plataforma son: La plataforma elevada a una altura mayor que la alcanzada por el nivel de aguas máximas encontrado para el área de inundación, estructura de concreto zapata, columna y losa, diseñada para un módulo de 6x8 metros cuadrados como se muestra figuras 4.2.(a y b)

#### **4.2.2 Centro de Resguardo sobre Plataforma.**

Con esta alternativa, las personas afectadas por las inundaciones tendrían un lugar temporal seguro donde podrían refugiarse en el momento en que sus viviendas se vean amenazadas por la inundación, esta alternativa resuelve parcialmente el problema, ya sea la urgencia, la emergencia o pos inundación pero al no poder las familias construir el modelo de vivienda antes propuesto en forma individual, tendrían un refugio libre de inundación pero después de pasada esta, regresarían a sus viviendas tradicionales que se inundaron . En algunos casos

tendrán la desventaja de no poder resguardar todas sus pertenencias por lo difícil que podría resultar en el momento de evacuar sus viviendas. Una ventaja de esta alternativa es desde del punto de vista económico, ya que puede ser construido colectivamente por los afectados, a través de una gestión gubernamental o de una institución como ONG.

Las características principales del centro de resguardo se pueden ver en el plano anexo

#### **4.2.3 Reubicación Definitiva.**

Esta sería la solución más adecuada que solventaría definitivamente el problema que genera la inundación al ser reubicados en una zona segura. Pero significaría alejarlos de su lugar de trabajo como lo es la pesca en la laguna El Jocotal, salvo que se reubicarán en la parte alta de las faldas de la Loma de Magaña o en los alrededores de la Loma de Merlos a una altura equivalente a la que se construirá la plataforma de la vivienda propuesta. Para llevar a cabo la reubicación en las cercanías de la laguna, se tendrá que obtener los terrenos antes mencionados y trasladar la vivienda, llevarlo a su fin resultará más costoso económicamente pero al final sería una solución de baja inversión para las familias que se encuentran dentro de la zona III; pues al reubicar sus viviendas la pueden construir en un primer nivel siempre que estén por arriba de la cota de inundación.

Al analizar las alternativas antes expuestas, las que solventarían en un mayor grado el problema de inundación, con seguridad, se puede decir que son la primera y tercera alternativa. En este estudio se ha desarrollado alrededor de la primera alternativa queriendo establecer una oportunidad a las familias afectadas, que no tengan que alejarse de la propiedad que poseen (zona II). Pensando en solventar el problema en forma colectiva (los habitantes de zona II) pueden ceder espacio para que los afectados que se encuentran dentro de la zona III puedan construir sus viviendas de forma segura.

#### **4.2.4 Plataforma.**

Es un tablero o placa horizontal, libre y elevado sobre el suelo. En esta modalidad, la plataforma será lo que constituirá el piso del modelo de vivienda propuesto, éste podrá estar compuesto de un sistema prefabricado de concreto, madera o concreto reforzado colado *in situ*, soportado por columnas; las cuales también podrían ser de madera, metálicas o de concreto. La altura a la que permanecerá la plataforma estará sujeta a la topografía del terreno junto con la columna de inundación y la altura de seguridad. Además usando concreto armado para las columnas su vida útil es mucho mayor que los otros materiales que se pudieran encontrar en el país para dicho propósito.

#### **4.2.5 Unidad de vivienda**

La vivienda contará con el área necesaria para que un grupo familiar pueda resguardarse de la intemperie y realizar sus actividades domésticas cotidianas; que cumplirá con la estabilidad y seguridad que se espera en el caso que se está tratando; es decir que solucione los problemas o adversidades a que están sujetos los pobladores del Cantón El Borbollón en cuanto a la permanencia en el lugar a pesar de la inundación. En caso de realizarse construcciones en dimensiones mayores a la propuesta, se tendrán que hacer los análisis estructurales necesarios, para que cumpla con el propósito de la vivienda propuesta en este proyecto. La vivienda contará con la ventilación natural y entrada de luz solar, a través de ventanas las cuales pueden ser de diversos materiales.

#### **4.2.6 Materiales**

Los materiales con que se puede construir una vivienda a partir de su plataforma, pueden ser diversos, ya que no estarán sujetos a inundaciones, pero lo recomendable sería utilizar aquellos que no son afectados fácilmente por la humedad. Para la propuesta se considerará una vivienda construida con paredes de sistema mixto para efecto del análisis estructural, con lo que se



pretende estar por encima de los pesos de otros materiales como madera y otros sistemas aligerados. La estructura de techo será construido de madera y cubierta de techo de teja de barro cocido, que también puede ser estructura metálica y cubierta de lámina acanalada. Como se mencionó anteriormente después de la plataforma se pueden hacer las combinaciones de materiales en tanto sea posible.

#### 4.2.7 Costos

Se consideran alturas de paredes de 2.4 metros en los ejes perimetrales y que son paralelos al balcón, ver figura 4.2.a, y el techo con una pendiente del 15%.

Pared de ladrillo de barro cocido puesto de lazo

$$\text{Area total} = 84.83 \text{ m}^2$$

$$46 \text{ unidades / m}^2 (84.83 \text{ m}^2) = 3903 \text{ unidades}$$

$$0.019 \text{ m}^3 \text{ de mezcla / m}^2 (84.83 \text{ m}^2) = 1.61 \text{ m}^3 \text{ de mezcla}$$

Desperdicio de 10%

$$3903 \times 1.10 = 4300 \text{ unidades}$$

$$1.61 \text{ m}^3 \times 1.10 = 2 \text{ m}^3 \text{ de mezcla}$$

Mortero para pegado de ladrillos, Proporción 1:4

$$9.9 \text{ bolsas de cemento/m}^3 (2.0\text{m}^3) = 20 \text{ bolsas}$$

$$1.12 \text{ m}^3 \text{ de arena/m}^3 (2.0\text{m}^3) = 2.24 \text{ m}^3 \text{ de arena}$$

$$2.0\text{m}^3 (230\text{lt de agua/m}^3) = 460 \text{ litros}$$

Longitud de nervios=77.13ml

Longitud de alacranes=33.70ml

Nervio.

$$\text{Sección} = 0.15 \times 0.15 = 0.023\text{m}^2, \text{ volumen por metro lineal} = 0.023\text{m}^3$$

Concreto por metro lineal. Relación 1:2:2

Para 1 m<sup>3</sup> y teniendo 0.023 m<sup>3</sup> y 77.13 ml de nervio

$$\text{Cemento} = 0.023 \times 9.8 \text{ b} = 0.23 \text{ bolsas/ml} \times 77.13 \text{ ml} = 20 \text{ bolsas}$$

$$\text{Arena} = 0.023 \times 0.55\text{m}^3 \times 77.13 \text{ ml} = 1.25 \text{ m}^3$$

Grava = igual cantidad que arena

$$\text{Agua} = 0.023 \times 227 \text{ lt} \times 77.13 \text{ ml} = 420 \text{ lt}$$

Alacrán

$$\text{Sección } 0.1 \times 0.15 = 0.02 \text{ m}^2, \text{ para 1 metro lineal} = 0.02 \text{ m}^3$$

Siguiendo el procedimiento anterior;

$$\text{Cemento} = 7.54 \text{ bolsas}$$

$$\text{Arena} = \text{Grava} = 0.38 \text{ m}^3$$

Agua = 180 lt.

Hierro de refuerzo en nervio

4 varillas #3 y estribos No.2 @ 15

para refuerzo longitudinal;  $77.13 \times 4 = 308.52$  ml

$308.52/6 = 51.42$  var.,  $51.42 \text{ var}/14\text{var}/\text{qq} = 4$  qq.

Para refuerzo transversal; @15cm, en 1 metro, 7 coronas

$7 \text{ cor./ml}(37.70 \text{ ml}) = 263.9$  coronas ;  $263.9 \text{ cor.}(0.47\text{ml}/\text{cor}) = 124.03\text{ml}$

$124.03 \text{ ml}/6\text{ml}/\text{var.} = 20.67$  var.  $20.67 \text{ var}/30\text{var}/\text{qq} = 1$  qq

Alambre de amarre,  $10\text{lb}/\text{qq} \times 1\text{qq} = 10$  lb.

Hierro de refuerzo en alacrán

Long. Total =  $37.7 \times 2 = 75.40$  ml /  $6\text{ml}/\text{var} = 12.6$  var

$12.6 \text{ var} / 14 = 0.9$  qq , con desperdicio = 1.25qq

Refuerzo transversal;

7 coronas en 1 metro lineal.;  $37.7 \times 7\text{u} \times 0.9\text{ml}/\text{u} = 273.51$  ml

$273.51 \text{ ml}/6 = 40$  var./ $30\text{var}/\text{qq} = 1.5$  qq.

Polín

Espacial 3 varillas No.3 y celosía No,2 ángulo de 60°

Total de ml = 36 ml

C de 4x2"

Total 6 polines

Espacial 3 var. No.4 y celosía #2. Total 36 ml.

Piso de ladrillo de cemento 25x25 cm

Mezcla de 3 cm de espesor , en 1 m<sup>2</sup> 0.03 m<sup>3</sup> de mezcla

Proporción 1:6

Area total= 44 m<sup>2</sup> , volumen de mezcla = 1.32 m<sup>3</sup>

Ladrillos, 16lad/m<sup>2</sup>x44= 710 lad

Cemento, 0.21 b./0.03m<sup>3</sup>x1.32 = 10 bolsas

Arena, 0.036m<sup>3</sup>/0.03x1.32 = 2 m<sup>3</sup>

Lechada, 1bolsa/30m<sup>2</sup> x44 = 2 bolsas.

## ESTRUCTURAS DE CONCRETO

Losa.

3/8" 15x15cm ambos sentidos

En tablero de 6x6m= 6/0.15 = 40 varillas x2 = 80 varillas de 6m.

En tablero de 4x2m=

4m/0.15 = 27 varillas de 4 metros

2m/0.15 =13 varillas de 2 metros

longitud=27x4 + 13x2 = 134 ml / 6 ml = 22.3 varillas de 6 ml 3/8'

(80 + 22.3)varillas /14 varilla/qq = 7.3 qq

alambre de amarre = 10lb/qq(7.3qq) = 73 lb

Viga.

25x35cm

refuerzo longitudinal  $\phi$  5/8" y transversal  $\phi$  3/8"

longitud 46 ml.

Cantidad por metro lineal

4 ml de #5" ;  $4\text{ml}/6\text{m} = 0.67$  varillas

$0.67$  varillas / 5 varillas/ qq = 0.13qq por metro lineal

en 46 metros, tenemos:  $0.13\text{qq}/\text{ml} \times 46\text{ml} = 6.13\text{qq}$

refuerzo transversal vigas  $\phi$  3/8" @20cm sección de 25x35cm

longitud de estribo = 1.0 metro, en tres metros 21 estribos, considerando separación en zonas confinadas y no confinadas.

$46\text{ ml} (21\text{ est}/3\text{ m}) = 322$  estribos  $\times 1\text{ ml}/\text{est.} = 322\text{metros}$

$322\text{ml}/6\text{ ml} = 54$  varillas

$54$  varillas / 14 varillas/qq = 4 qq

alambre de amarre

$4\text{qq} + 6.13\text{ qq} = 10.13\text{ qq} \times 10\text{lb}/\text{qq} = 102\text{ lb.}$

Columna

23 estribos #3 longitud= 0.45m

longitud de columna = 3.70 ml / 11 col= 41ml

$44\text{ml}(23\text{ est}/3.70\text{ml})=274\text{ est.}$

$$274 \text{ est} \times 0.45 = 123.3 \text{ ml} / 6 \text{ ml} = 20.5 \text{ varillas}$$

$$20.5 \text{ varillas} / 14 \text{ varillas} = 2 \text{ qq.}$$

Hierro longitud

En un metro, 4 metros de #5

$$4 \text{ ml}/6 = 0.67 \text{ varillas} / 5 \text{ var/qq} = 0.13 \text{ qq/ml}$$

$$\text{en } 57.2 \text{ ml. } ( 0.13 \text{ ml/qq } ) = 7.44 \text{ qq.}$$

Alambre de amarre.

$$2 \text{ qq} + 7.44 \text{ qq} = 9.44 \text{ qq}$$

$$9.44 (10 \text{ lb/qq}) = 95 \text{ qq.}$$

Zapata

Armado @10cm  $\phi$  3/8"

$$18 \text{ varillas de } 0.90 \text{ cm}; \quad 18 \times 0.9 = 16.2 \text{ ml}$$

$$16.2 \text{ ml}/6 \text{ ml}/\text{var.} = 8.1 \text{ var.}$$

$$8.1 \text{ var}/14 \text{ var/qq} = 0.6 \text{ qq/zapata} \times 11 \text{ zapatas} = 6.6 \text{ qq} = 7 \text{ qq}$$

alambre de amarre

$$10 \text{ lb} / \text{qq}(7 \text{ qq}) = 70 \text{ lb.}$$

CONCRETO LOSA - COLUMNAS - VIGAS

Proporción 1:2:2

$$9.8 \text{ bolsas}/\text{m}^3$$

$$0.55 \text{ m}^3 \text{ arena}/ \text{m}^3 \text{ (Idem grava)}$$

$$277 \text{ lt}/\text{m}^3 \text{ de agua}$$

total de metros cúbicos

$$\text{losa} = (36 + 8) \times 0.10 = 4.4 \text{ m}^3$$

$$\text{columnas} = 25 \times 25 \times 2.7 \times 11 + 0.35 \times 0.35 \times 1.0 \times 11 = 3.25 \text{ m}^3 (\text{inc. pedestales})$$

$$\text{vigas} = 46 \text{ ml} \times 0.35 \times 0.25 = 4.03 \text{ m}^2$$

$$\text{zapatas} = 1 \times 1 \times 0.211 = 2.2 \text{ m}^3$$

total :  $13.88 \text{ m}^3$

$$13.88 \text{ m}^3 (9.8 \text{ bolsas/m}^3) = 136.02 \text{ bolsas} \times 1.10 = 150 \text{ bolsas}$$

$$0.55 \text{ m}^3 \text{ arena} \times 13.88 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 7.63 \text{ m}^3 = \text{Grava}$$

$$227 \text{ lt/m}^3 \times 13.88 \text{ m}^3 = 3200 \text{ lt}$$

Cantidad de madera para encofrados de losa, vigas y columnas.

Losa densa

Para un tablero de 5.3 x 5.3m, se tiene

$$5.3 \text{ m}/0.25 \text{ m} = 22 \text{ tablas de 6 varas,}$$

$$\text{como son 5 tableros, } 5 \times 22 = 110 \text{ varas de tabla de } 10 \times 1''$$

Vigas sección de 25x35cm

Para un metro lineal ,

En los laterales, 2 reglas de longitud  $0.35 \times 2 = 0.70 \text{ ml}$

$$1 \frac{1}{2} \text{ tabla} \times 2 \times 1.0 \text{ ml} = 3 \text{ tablas}$$

en el asiento , 1 tabla

luego, 4 tablas en 1 ml

para el encostillado, 4 costillas de 0.50 ml = 2.0 ml de costanera

en el asiento = 1.0 ml, entonces 3.0 ml

En 46 ml

$46 \times 4 \text{ ml} = 184 \text{ ml de tabla} = 245 \text{ varas de tablas}$

$46 \times 3 \text{ ml} = 138 \text{ ml de costanera} = 180 \text{ varas de costanera}$

$46 \times 0.7 = 32.2 \text{ ml de regla} = 45 \text{ varas de regla}$

En columnas de 25x25cm y altura de 2.70 metros

4 tablas de 2.70 ml = 10.8 ml equivalente a 13 varas

6 anillos de costanera de 1.30 metros = 7.8 ml = 9 varas

En el cuadro resumen se presentará el total para las 11 columnas

Para los puntales, en losa, vigas y columnas se usará cuartón de 4x2"

Losa y vigas 60 puntales de 3 metros = 180 ml equivalentes a 219 varas de cuartón.

Columnas: puntales a cada lado del encofrado, 4 cuartones de 5 varas y 4 cuartones de 2.5 varas, totalizando  $4 \times 5 + 4 \times 2.5 = 30$  varas de cuartón

Luego para las 11 columnas: 330 varas.

A continuación se presenta en un cuadro resumen la cantidad de materiales a utilizar en la construcción de la plataforma y la vivienda y el costo total.



## COSTO DE VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA

Descripción	unidad	cantidad	c.u.	subtotal
ladrillo de barro cocido	U.	4000	¢ 1.25	¢ 5,000.00
ladrillo de piso 25x25	u.	700	¢ 2.00	¢ 1,400.00
cemento	bolsa	200	¢ 43.00	¢ 8,600.00
arena	m3	15	¢ 100.00	¢ 1,500.00
grava	m3	11	¢ 125.00	¢ 1,375.00
hierro de 1/4"	qq	3	¢ 200.00	¢ 600.00
hierro de 3/8"	qq	40	¢ 225.00	¢ 9,000.00
hierro de 5/8'	qq	14	¢ 225.00	¢ 3,150.00
alambre de amarre	lb	300	¢ 4.00	¢ 1,200.00
cuartón	vara	500	¢ 12.00	¢ 6,000.00
tabla	vara	800	¢ 11.00	¢ 8,800.00
costanera	vara	250	¢ 7.00	¢ 1,750.00
clavo de 2 1/2'	lb	25	¢ 3.50	¢ 87.50
clavo de 4"	lb	50	¢ 3.50	¢ 175.00
polin espacial #3 y #2	ml	36	¢ 100.00	¢ 3,600.00

materiales: ¢ 52,237.50

Más 30% de mano de obra: ¢67,908.75

obra eléctrica =  
escaleras metálicas=

¢	1,000.00
¢	1,500.00
<b>¢</b>	<b>70,408.75</b>

### **4.3 DISEÑO DE ALTERNATIVA SELECCIONADA**

El área de construcción con que contará esta vivienda está en función de los espacios y costumbres de las personas en zonas rurales como por ejemplo, los varones duermen en hamacas, que ubican en la sala o área principal de la vivienda, por lo tanto se propone una casa con dos cuartos; uno para las hembras, otro para padres y los varones en hamacas en la sala, como acostumbran en la zona rural. Además la vivienda contará con un corredor o terraza techada, también obedeciendo las costumbres y tradiciones de la población.

El sistema que se propone es vivienda con plataforma de concreto y paredes de sistema mixto y techo con estructura de madera con teja de barro cocido como cubierta.

#### **4.3.1 Predimensionamiento.**

Módulo de 6 metros de frente por 8 metros de largo.

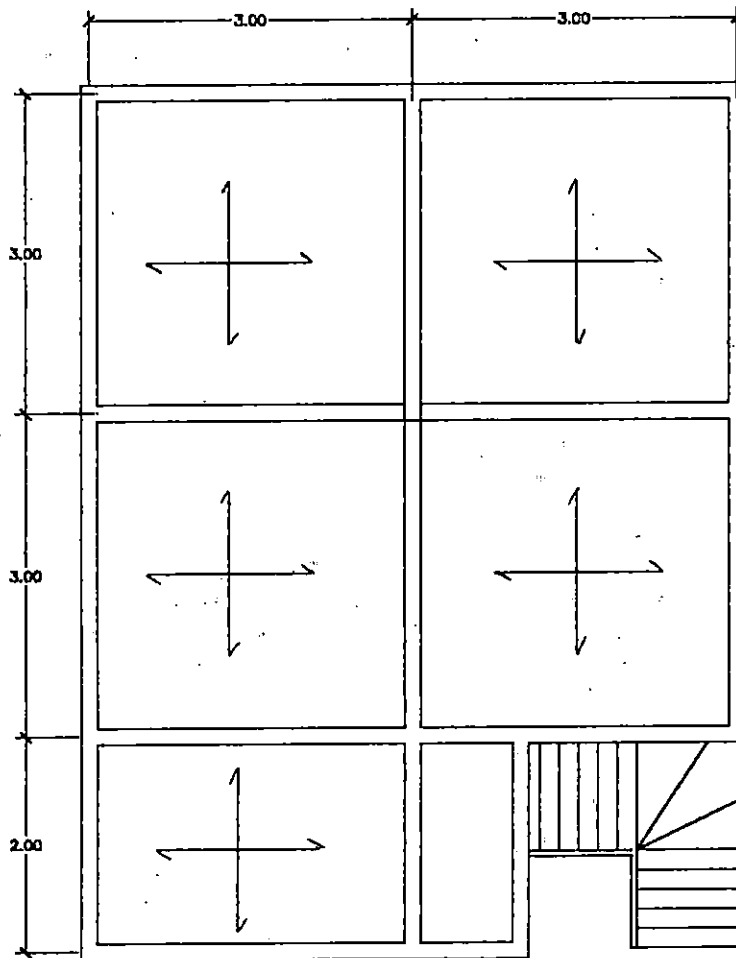
Para el diseño estructural se considerará una vivienda con los materiales más comunes y que el peso de éstos sea el más representativo, garantizando de esta manera que la estructura sea capaz de soportar los demás que se pueden emplear en la construcción.

Para el diseño se consideran los siguientes materiales:

- Estructura de zapata cuadrada de 1.0 x 1.0 m o plataforma (superficie de 6 x 8 m) construida de concreto reforzado colado *in situ*. Las columnas de una sección de 25x25 cm, vigas de 25 cm de base y peralte de 35 cm.
- Losa densa de concreto reforzado con un espesor de 10 cm
- Paredes de sistema mixto, ladrillo de barro cocido con nervaduras a partir de la plataforma.
- Estructura de techo metálica con cubierta de lámina acanalada, techo formado por dos aguas.

#### 4.3.2 Diseño de la estructura.

A continuación se presenta los detalles estructurales para la vivienda sobre plataforma. El procedimiento del diseño estructural de plataforma (columna, viga y losa) se puede ver en el Apéndice A. En la siguiente figura se presenta el detalle de vigas y losa, seguidamente se detalla el acero de refuerzo. Fig.4.3 y 4.4 Ver planos anexos para detalles estructurales.



**PLANTA DE LOSAS Y VIGAS  
VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA**

ESC. 1 : 1 0 0

Fig.4.3 Planta de losas y vigas.

#### 4.4 Diseño de Cimentación para la vivienda en función del estudio de suelos.

##### 4.4.1 Capacidad de carga del suelo.

El Dr. Terzaghi propuso la ecuación para determinar la capacidad de carga o límite de una cimentación corrida o continua para falla por corte general, como sigue;

$$q_c = cN_c + \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \text{(falla corte general)} \quad \text{Ec.4.1}$$

donde;

$q_c$ : capacidad de carga límite del suelo abajo de la cimentación.

$D_f$ : nivel de desplante

$N'_c$ ,  $N'_q$ ,  $N'_\gamma$ ,  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$ : coeficientes adimensionales y dependen únicamente del ángulo de fricción interna del suelo y se llaman factores de capacidad de carga debidos a la cohesión, a la sobrecarga y al peso del suelo respectivamente.

$c$ : cohesión

$\gamma$ : peso volumétrico del suelo

$B$ : ancho de la zapata

Con la ecuación anterior se puede calcular la capacidad de carga límite de una cimentación continua y poca profunda (profundidad con desplante igual o menor que el ancho de la cimentación). Cuando se trate de falla local y punzonamiento, el Dr. Terzaghi corrigió su fórmula para falla general así:

$$q_c = cN'_c + \gamma D_f N'_q + \frac{1}{2} \gamma B N'_\gamma \quad \text{Ec.4.2}$$

Los valores de  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$  para falla general se obtienen empleando las curvas de trazo continuo de la Figura 4.6 y los valores de  $N'_c$ ,  $N'_q$  y  $N'_\gamma$  para falla local empleando las curvas punteadas; su uso es el siguiente:

Con el valor del ángulo de fricción interna, en el gráfico de la Fig.4.6 se entra al eje de las ordenadas, trazando una línea horizontal hasta donde intercepte la línea continua de  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$ , luego se traza una línea vertical hasta interceptar el eje de las abscisas en donde se obtienen los valores respectivos.

De forma análoga se procede para determinar los valores de  $N'_c$ ,  $N'_q$  y  $N'_\gamma$  con las líneas punteadas.

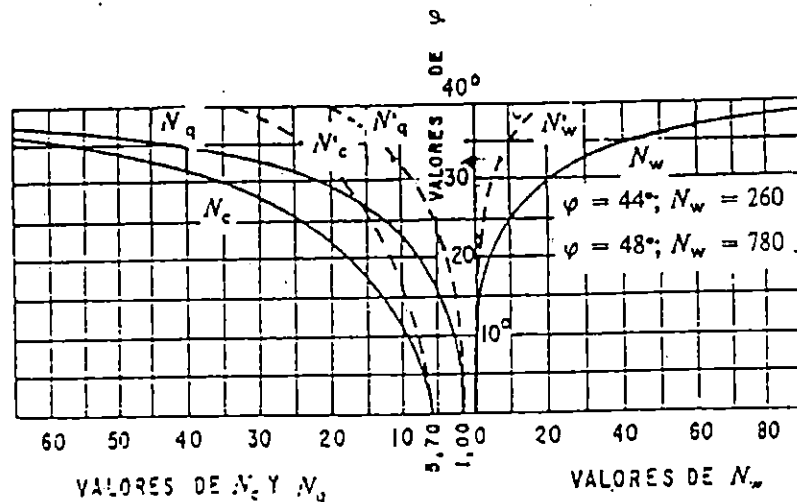


Fig. 4.6 Factores de capacidad de carga para aplicación de la Teoría de Terzaghi

Para el caso de cimentaciones cuadradas o circulares no hay estudio teórico que resuelva la determinación de la capacidad de carga, sin embargo, el Dr. Terzaghi modificó su fórmula fundamental a base de resultados experimentales y presentó las siguientes fórmulas empíricas:

Para zapatas cuadradas y falla general;

$$q_c = 1.3 c N_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma \quad \text{Ec.4.3}$$

para zapatas cuadradas y falla local o punzonamiento;

$$q_c = 1.3 c' N'_c + \gamma D_f N'_q + 0.4 \gamma B N'_\gamma \quad \text{Ec.4.4}$$

en esta fórmula el valor de  $c'$  es de  $2/3c$ .

Para zapatas circulares y falla general:

$$q_c = 1.3 c N_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma R N_\gamma \quad \text{Ec.4.5}$$

para zapatas circulares y falla local y punzonamiento:

$$q_c = 1.3 c' N'_c + \gamma D_f N'_q + 0.4 \gamma B N'_\gamma \quad \text{Ec.4.6}$$

en todas las expresiones anteriores;

$q_c$ : capacidad de carga límite en  $t/m^2$  o en  $kg/m^2$

$D_f$ : nivel de desplante

$N'_c$ ,  $N'_q$ ,  $N'_\gamma$ ,  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$ : coeficientes adimensionales y dependen únicamente del ángulo de fricción interna del suelo y se llaman factores de capacidad de carga debidos a la cohesión, a la sobrecarga y al peso del suelo respectivamente. Fig.4.6

$c$ : cohesión del suelo en  $t/m^3$  o en  $kg/m^3$

$\gamma$ : peso volumétrico del suelo en  $t/m^3$  o en  $kg/m^3$

B: ancho de la zapata, cuadrada o dimensión menor de la zapata rectangular en metros.

R: radio de la zapata circular en m.

La capacidad de carga admisible ( $q'$  adm) se obtiene dividiendo la capacidad de carga límite ( $q_c$ ) por un factor de seguridad.

#### **4.4.2 Factor de seguridad**

El factor de seguridad es la relación entre la resistencia última del suelo y la resistencia requerida por la carga aplicada. Además el factor de seguridad se expresa por una relación entre el  $q_c$  y  $q'$  adm del suelo.

En el diseño de cimentaciones hay muchas incertidumbres y aproximaciones que en el diseño de otras estructuras, a causa del comportamiento complejo del suelo y al conocimiento incompleto de sus características; un factor de seguridad toma en cuenta lo anterior, pero también debe considerar lo siguiente:

- 1) La magnitud probable de los daños (vidas, propiedades, demandas legales)
- 2) El costo relativo de aumentar o disminuir el factor de seguridad
- 3) La confiabilidad de la información del suelo



- 4) Las tolerancias de construcción
- 5) Cambios en las propiedades del suelo debido a las operaciones de construcción
- 6) La aproximación usada en el desarrollo de los métodos de diseño.

A continuación se presentan algunos valores usuales de factor de seguridad:

**TABLA 4.1**  
Factores de seguridad para diversos tipos de cimentación

TIPO DE CIMENTACION	FACTOR DE SEGURIDAD
Obras de Terracería	1.2-1.6
Est. de Retención	1.5-2.0
Tablestacados	1.2-2.5
Zapatas	2.0-3.0
Pilotes	2.5-4.0

Para nuestro caso usaremos un f.s. de 2.5 para zapatas cuadradas.

#### **4.4.3 Diseño estructural de zapata**

##### **4.4.3.1 Datos estructurales obtenidos**

Del análisis estructural realizado para la vivienda propuesta se obtuvieron los datos siguientes para el pie de la columna. Ver tabla No.A.6

Condición Gravitacional

$$PGx = 1.7384$$

$$PGy = 1.8421$$

$$MGy = -0.1467$$

$$MGx = -0.1604$$

Sobre carga de columna = 0.405

$$PGx + PGy = 1.7384 + 1.8421 = 3.5805$$

Condición Gravitacional + sismo

$$PSx = 0.2987$$

$$PSy = -0.3804$$

$$MSy = 0.7759$$

$$MSx = 0.6472$$

Condición de diseño gravitacional

$$Pug = 6.18$$

$$Muy = -0.23$$

$$Mux = -0.25$$

Gravitacional + sismo

$$Pu = 5.20$$

$$Muy = -1.26$$

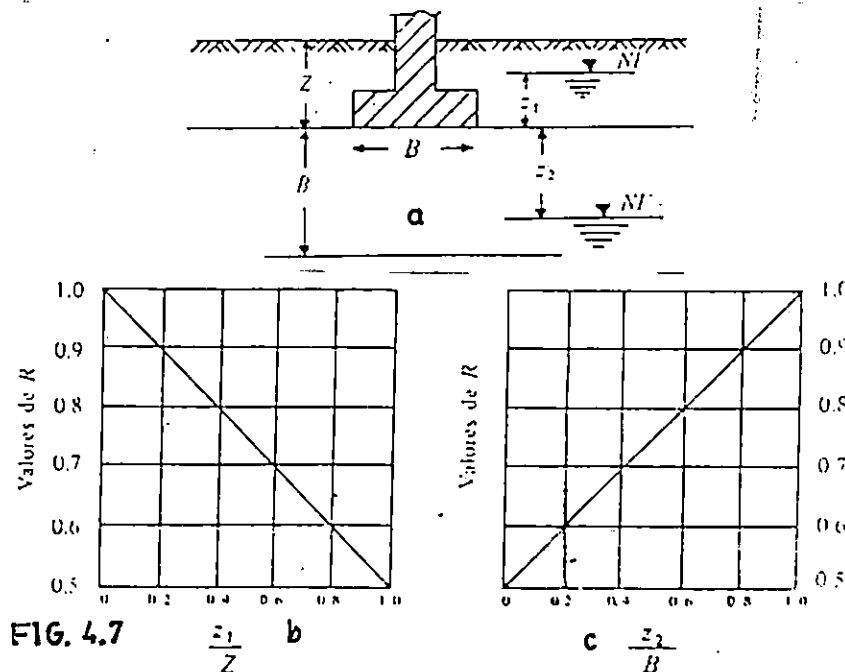
$$Mux = -0.46$$

#### 4.4.3.2 Diseño de zapata

Para el diseño de la zapata en estudio se analizará la capacidad de carga del suelo usando el ángulo de fricción interna obtenido de prueba triaxial en el estudio de suelo igual a 28.69 grados y peso volumétrico saturado igual a 1.92 Ton/m<sup>3</sup> (de estudio de suelos), además se obtendrá la capacidad admisible en una cimentación colocada sobre suelos granulares no cohesivos por medio de la expresión siguiente;

$$q_{adm} = 720(N-3) (B+1/2B)^2 4.83 R \text{ en kg/m}^2 \quad \text{Ec.4.7}$$

En esta expresión N es el número de golpes en la prueba de penetración estándar, B es el ancho de la cimentación en pies y R es un factor de corrección que depende de la posición del nivel de las aguas freáticas y que puede obtenerse de las figuras 4.7.a,b y c.



#### 4.4.3.2.1 Capacidad de carga utilizando el ángulo de fricción interna.

Con el ángulo de 28.69 grados se obtienen los valores de  $N_c$ ,  $N_q$  y  $N_\gamma$  de la figura 4.6 y evaluamos en la Ec.4.3

$$q_c = 1.3 cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$$

$$N_c = 36, N_q = 19, N_\gamma = 17.5$$

Se toma  $D_f = 1.0\text{m}$ ,  $B = 1.0\text{m}$

$$q_c = 1.3 \times 0 \times 36 + 1.92 \times 1.0 \times 19 + 0.4 \times 1.92 \times 1.0 \times 17.5 = 49.925 \text{ ton/m}^2$$

Cálculo del  $q'_{adm}$  del suelo

$$q'_{adm} = q_c / f.s. \quad \text{Ec.4.8}$$

donde  $q'_{adm}$  = carga admisible del suelo

evaluando en Ec.4.8 se tiene

$$q'_{adm} = 49.92 / 2.5 = 19.97 \text{ ton/m}^2$$

#### 4.4.3.2.2 Capacidad de carga utilizando un $N=20$ para una profundidad de 1 mt.

Evaluando en Ec.4.7

$$q'_{adm} = 720(N-3)(B+1/2B)^2 4.83R$$

Donde  $B$  = en metros y  $1\text{mt} = 3.28$  pies

De la figura 4.7 el valor de R es igual a 1.0

$$q'_{adm} = 720(20-3) \times (3.28+1 / 2 \times 3.28)^2 \times 4.83 \times 1 = 25.17 \text{ ton/m}^2$$

se toma el valor de  $q'_{adm}$  más desfavorable para el caso sería el menor valor

$$q'_{adm} = 19.97 \text{ ton/m}^2.$$

#### 4.4.3.3 Dimensionamiento de la zapata.

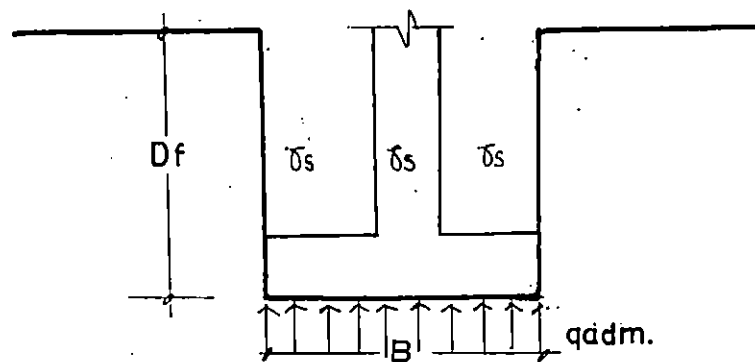


FIG. 4-8

$$q_{\text{neto}} = q_{\text{adm}} - \text{Presión } (s+z) \quad \text{Ec.4.9}$$

Donde:

$q_{\text{neto}}$  = capacidad neta del suelo

$q'_{adm}$  = capacidad admisible del suelo

$$\text{Presión } (s+z) = (\gamma_c + \gamma_s) / 2 D_f \quad \text{Ec.4.10}$$

Donde Presión  $(s+z)$ : presión del suelo+zapata

$\gamma_c$ : peso volumétrico del concreto

$\gamma_s$ : peso volumétrico del suelo

evaluando en Ec.4.10 se tiene;

$$\text{Presión (s+z)} = (2.4+1.92)/2 \times 1.0 = 2.16 \text{ ton/m}^2.$$

Evaluando en Ec.4.9 se tiene:

$$q \text{ neto} = 19.97-2.16 = 17.81 \text{ ton/m}^2.$$

1-Diseño del área de cimentación

$$A_{req} = P/q \text{ neto} \times 1.2$$

Ec.4.11

Donde:

$A_{req}$  = Area requerida

P= carga viva y carga muerta

q neto = capacidad neta del suelo

$P = PG_x + PG_y + \text{sobre carga de columna}$

$$P = 1.7384 + 1.8421 + 0.405 = 3.9855 \text{ ton}$$

Evaluando en Ec.4.11 se tiene

$$A_{req} = 3.9855/17.81 \times 1.2 = 0.2685$$

$$B=L = \sqrt{A_{req}} = 0.52$$

Se usará una sección cuadrada de 0.6x0.6 m

### 3-Condición gravitacional

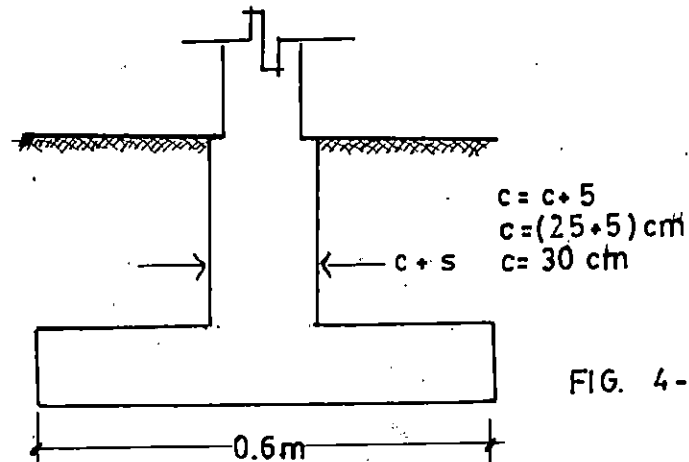


FIG. 4-9

$$P(s+z) = (\gamma_{prom.}) (\text{vol. } (s+z)) \quad \text{Ec.4.12}$$

$$\gamma_{prom.} = (\gamma_s + \gamma_c) = 2.4 + 1.92 / 2 = 2.16 \text{ ton/m}^3$$

evaluando en Ec,4.12 se tiene

$$P(s+z) = 2.16 \times 0.6 \times 0.6 \times 1.0 = 0.78 \text{ ton}$$

$$P = P_D + P_L + P_{col} + P(s+z)$$

$$P = 1.79 + 1.75 + 0.405 + 0.78 = 4.77 \text{ ton}$$

Excentricidades

$$e_x = MG_y / P \quad \text{Ec.4.13}$$

$$e_y = MG_x / P \quad \text{Ec.4.14}$$

donde:

$e_x$  = excentricidad en la dirección x

$e_y$  = excentricidad en la dirección y

P = carga

MGy = momento gravitacional en la dirección y

MGx = momento gravitacional en la dirección x

Si  $e < l/6$  aplica condición (caso I)

$$\sigma_{\text{máx}} = P/A(1 + 6e/L) \quad \text{Ec.4.15}$$

Si  $e < l/6$  aplica condición (caso II)

$$\sigma_{\text{máx}} = 2/3 P/Bm \quad \text{Ec.4.16}$$

donde:

e: excentricidad

L: longitud mayor de la zapata

P: carga

A: área

B: longitud menor de la zapata

$$m = L/2 - e$$

$$e_x = 0.1467 \text{ t.m} / 4.77 \text{ ton} = 0.0307 \text{ m}$$

$$e_y = 0.1604 \text{ n ton-m} / 4.77 \text{ ton} = 0.0336 \text{ m, aplica caso I}$$

$$e_x/B = 0.0307 / 0.6 = 0.051$$

$$e_y/L = 0.0336 / 0.6 = 0.056$$

como  $0.6/6 = 0.1 > e$  aplica caso I

evaluando en ecuación 4.15 se tiene

$$\sigma_{\text{máx}} = (4.77/0.6^2) \times (1 + 6 \times 0.051 + 6 \times 0.056) = 21.76 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{\text{máx}} < \sigma_{\text{adm}} ; 21.76 < 19.97 \text{ (no cumple)}$$



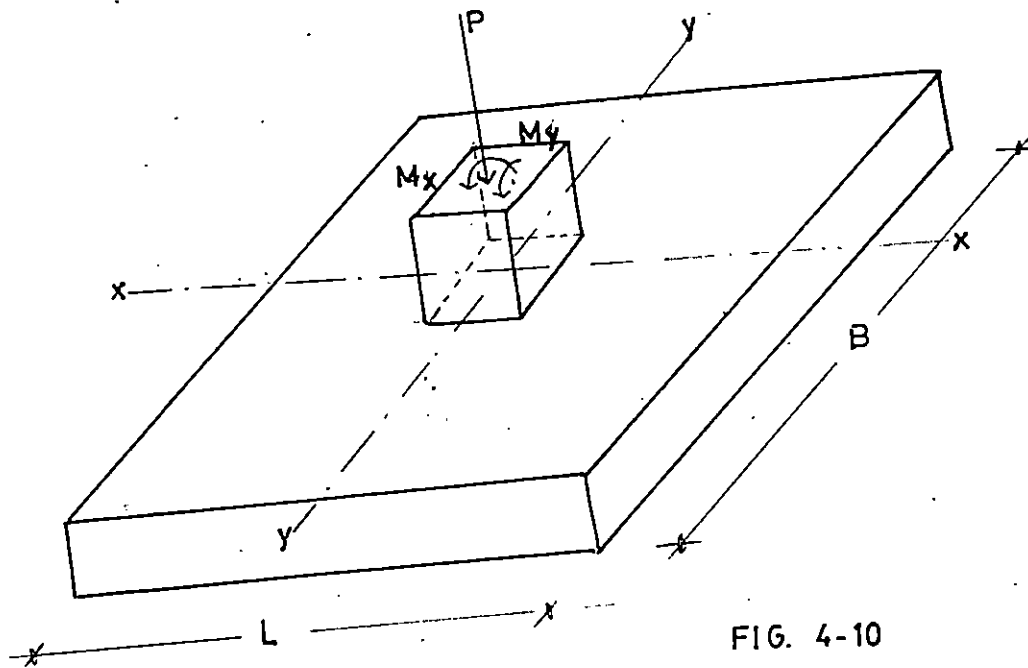


FIG. 4-10

Asumiendo  $B=L=1.0$  m

(debido a que en la época de invierno estará expuesta al agua)

$$P(s+z) = 2.16 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 2.16 \text{ ton}$$

$$P = P_D + P_L + P_{col} + P(s+z)$$

$$P = 1.79 + 1.79 + 0.405 + 2.16 = 6.1455 \text{ ton}$$

$$e_x = 0.1467 \text{ t.m} / 6.1455 \text{ ton} = 0.02387 \text{ m}$$

$$e_y = 0.1604 \text{ n ton-m} / 6.1455 \text{ ton} = 0.02610 \text{ m, aplica caso I}$$

$$e_x/B = 0.02387 / 1.0 = 0.02387$$

$$e_y/L = 0.02610 / 1.0 = 0.02610$$

$$\sigma_{\text{máx}} = (6.1455 / 1.0^2) \times (1 + 6 \times 0.02387 + 6 \times 0.02610) = 7.988 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{\text{máx}} < \sigma_{\text{adm}} ; 7.988 < 19.97 \text{ (cumple!!)}$$



Las dimensiones de la zapata son adecuadas.

3-Condición gravedad + sismo.

$$\sigma'_{adm} = 1.33 \times 19.97 = 26.56 \text{ t/m}^2$$

$$P = 6.1455 + 0.2987 - 0.3804 = 6.0638 \text{ ton}$$

$$M_y = M_{Gy} + M_{Ay} = -0.1467 + 0.7759 = 0.6292 \text{ ton-m}$$

$$M_x = M_{Gx} + M_{Sx} = -0.1604 + 0.6472 = 0.4868 \text{ Ton-m}$$

#### EXCENRICIDADES

$$e_x = M_y/P = 0.6292 \text{ t.m}/6.0638 \text{ ton} = 0.1037 \text{ m}$$

$$e_y = 0.4868 \text{ n ton-m}/6.0638 \text{ ton} = 0.080 \text{ m, aplica caso I}$$

$$e_x/B = 0.1037 / 1.0 = 0.1037$$

$$e_y/L = 0.080 / 1.0 = 0.08$$

$$\sigma_{\text{máx}} = (6.0638/1.0^2) \times (1 + 6 \times 0.1037 + 6 \times 0.08) = 12.74 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{\text{máx}} < \sigma'_{adm} ; 12.75 < 26.56 \text{ T/m}^2 \text{ (cumple!!)}$$

Las dimensiones de la zapata son adecuadas.

4-Diseño estructural de la zapata

$$P_u = P_{UG} + P(s+z)(1.4)$$

Ec.4.17

Evaluando en ec.4.17 se obtiene:

$$P_u = 6.18 + 2.16 \times 1.4 = 9.204 \text{ ton}$$

$$M_{uy} = -0.23 \text{ ton.m}$$

$$M_{ux} = -0.25 \text{ ton.m}$$

excentricidades

$$e_x = M_{uy}/P = 0.23 \text{ ton}\cdot\text{m}/9.204 \text{ ton} = 0.02499\text{m}$$

$$e_y = 0.25 \text{ ton}\cdot\text{m}/9.204 \text{ ton} = 0.02716\text{m}, \text{ aplica caso I}$$

$$e_x/B = 0.02499\text{m}/1.0\text{m} = 0.02499$$

$$e_y/L = 0.02716\text{m}/1.0\text{m} = 0.02716$$

$$\sigma_{\text{máx}} = (9.204/1.0^2) \times (1 + 6 \times 0.02499 + 6 \times 0.02716) = 12.08 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{u1} = (9.204/1.0^2) \times (1 - 6 \times 0.02499 + 6 \times 0.02716) = 9.324 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{u2} = (9.204/1.0^2) \times (1 - 6 \times 0.02499 - 6 \times 0.02716) = 6.324 \text{ T/m}^2$$

$$\sigma_{u3} = (9.204/1.0^2) \times (1 + 6 \times 0.02499 - 6 \times 0.02716) = 9.084 \text{ T/m}^2$$

#### 4.1 Esfuerzos Ultimos netos

$$\sigma_{un} = \sigma_u - \sigma_u(s+z)$$

Ec.4.18

donde:

$$\sigma_u(s+z) = 1.4 \times 2.16 / 1^2 = 3.024 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{un \text{ máx}} = 12.08 - 3.024 = 9.056 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{un1} = 9.324 - 3.024 = 6.30 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{un2} = 6.324 - 3.024 = 3.084 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{un3} = 9.084 - 3.024 = 6.06 \text{ t/m}^2$$

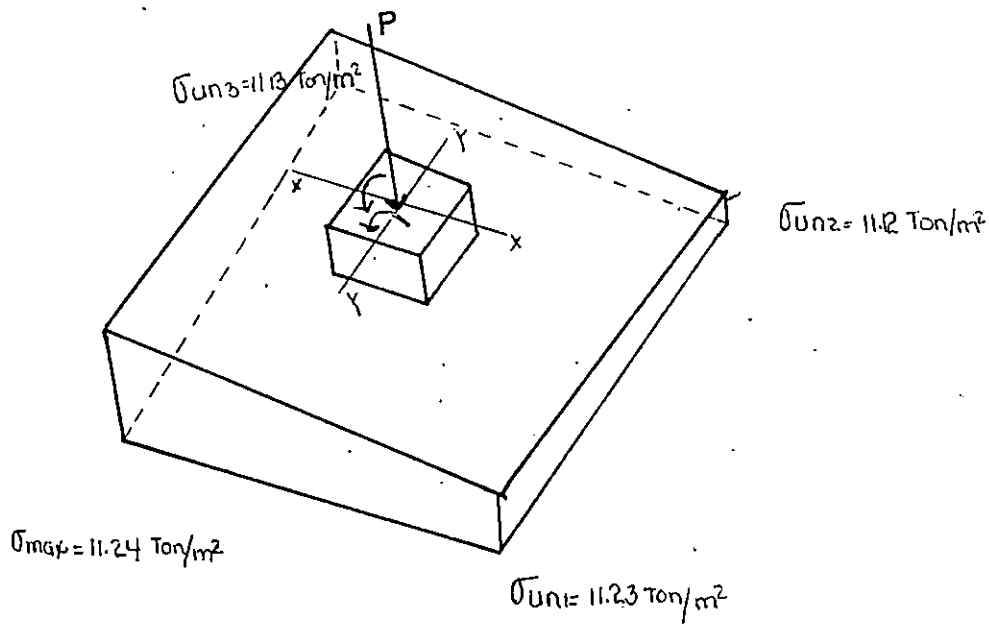


FIG. 4-11

#### 4.2 Condición Gravedad + sismo

$$P_u = 5.20 \text{ ton}$$

$$M_{uy} = -1.26 \text{ ton-m}$$

$$M_{ux} = -0.46 \text{ ton-m}$$

$$P_{ut} = P_u + P(s+z)(1.4)(0.75)$$

Ec.4.19

$$P_{ut} = 5.20 + 2.16 \times 1.4 \times 0.75 = 7.468 \text{ ton}$$

#### Excentricidades

$$e_x = M_{uy}/P$$

$$e_x = 1.26 \text{ t.m}/7.5 \text{ ton} = 0.168 \text{ m}$$

$$e_y = M_{ux}/p$$

$$e_y = 0.46 \text{ ton-m}/7.5 \text{ ton} = 0.061 \text{ m, aplica caso I}$$

$$e_x/B = 0.168 \text{ m}/1.0 \text{ m} = 0.168$$

$$e_y/L = 0.061\text{m} / 1.0\text{m} = 0.061$$

$$\sigma_{\text{máx}} = (7.5/1.0^2) \times (1 + 6 \times 0.168 - 6 \times 0.061) = 17.805 \text{T/m}^2$$

$$\sigma_{u1} = (7.5/1.0^2) \times (1 + 6 \times 0.168 - 6 \times 0.061) = 12.31 \text{T/m}^2$$

$$\sigma_{u2} = (7.5/1.0^2) \times (1 - 6 \times 0.168 - 6 \times 0.061) = -2.805 \text{T/m}^2$$

$$\sigma_{u3} = (7.5/1.0^2) \times (1 - 6 \times 0.168 + 6 \times 0.061) = 2.685 \text{T/m}^2$$

#### 4.3 Esfuerzos últimos netos

$$\sigma_{un} = \sigma_u - \sigma_u(s+z)$$

Ec.4.2

$$\sigma_u(s+z) = 0.75 \times 1.4 \times \sigma_u(s+z) / A$$

Evaluando en ecuación 4.20 se tiene

$$\sigma_{un \text{ máx}} = 17.805 - 2.268 = 15.537 \text{T/m}^2$$

$$\sigma_{un1} = 12.315 - 2.268 = 10.047 \text{T/m}^2$$

$$\sigma_{un2} = -2.805 - 2.268 = -5.073 \text{T/m}^2$$

$$\sigma_{un3} = 2.685 - 2.268 = 0.417 \text{T/m}^2$$

se escoge una combinación de esfuerzos conservadores

#### Gravitacional

$$\sigma_{un \text{ máx}} = 9.056 \text{ton/m}^2$$

$$\sigma_{un \text{ min}} = 6.286 \text{ton/m}^2$$

#### Gravedad + sismo

$$\sigma_{un \text{ máx}} = 15.537 \text{ton/m}^2$$

$$\sigma_{un \text{ min}} = 10.047 \text{ton/m}^2$$

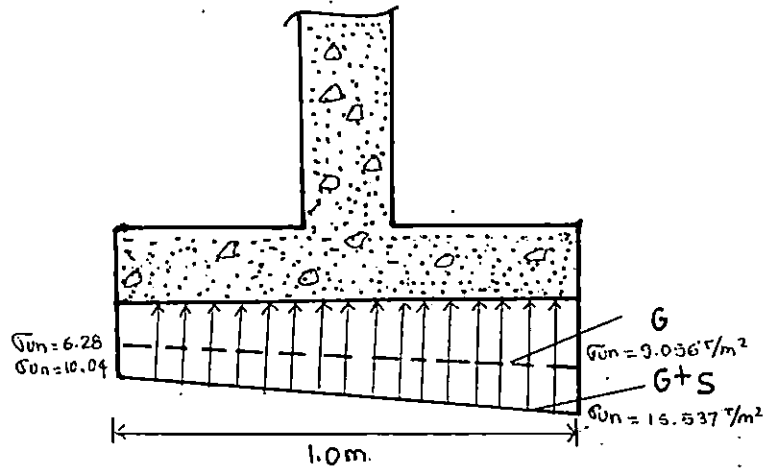


FIG. 4-12

#### 4.4.4 Diseño del refuerzo de la zapata

##### 4.4.4.1 Revisión por punzonamiento

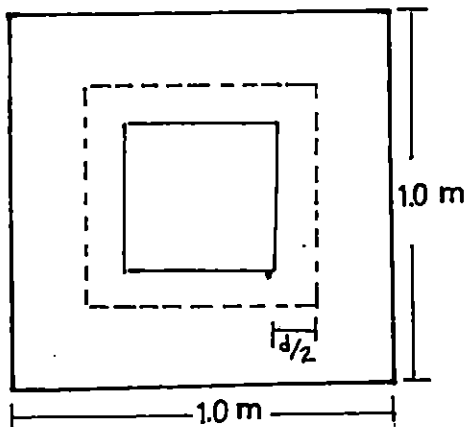


FIG. 4-13

Asumiendo  $H=15\text{cm}$

$d=h-\text{rec. de zapata}-\phi$  de varilla de  $3/8''$  Ec.4.21

evaluando en Ec.4.21 se tiene

$$d=15\text{cm}-7.5\text{cm}-0.952\text{cm}=6.548 \text{ cm}$$

$$A_{crit} = (c+d)^2 \quad \text{Ec.4.22}$$

Donde :

$A_{crit}$ =área crítica

$c$ =ancho.de la columna

$d$  = peralte efectivo

evaluando en ec. 4.23 se tiene;

$$A_{crit} = (30+6.548)^2 / 100 = 0.1336 \text{ m}^2$$

$$V_u = (A_t - A_{crit}) (\sigma_{un \text{ máx}} + \sigma_{un \text{ min}}) / 2 \quad \text{Ec.4.23}$$

Evaluando en ec. 4.23 para las condiciones siguientes se tiene:

Condición gravitacional

$$V_{u1} = (1.0 - 0.1336)(9.056 + 6.286) / 2 = 6.646 \text{ ton/m}^2$$

Condición Gravedad + Sismo

$$V_{u2} = (1.0 - 0.1336)(15.537 + 10.047) / 2 = 11.083 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Rige } V_u = 11.083 \text{ ton/m}^2$$

Contribución del concreto

$$\phi V_c = \phi 1.1 (\sqrt{f_c}) b_o d \times 10^{-3} \quad \text{ec.4.31}$$

donde :

$$b_o = 4(c+d) = 4 ( 30 + 6.5480 ) = 146.192 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.85$$

$$f_c = 210$$

$$\phi V_c = 0.85 \times 1.1 \times \sqrt{210} \times 146.192 \times 6.548 \times 10^{-3} = 12.97 \text{ ton}$$

$$\phi V_c > V_u; \quad 12.97 \text{ ton} > 11.083 \text{ ton} \quad \text{¡cumple!}$$

### 5.2 Revisión por cortante.

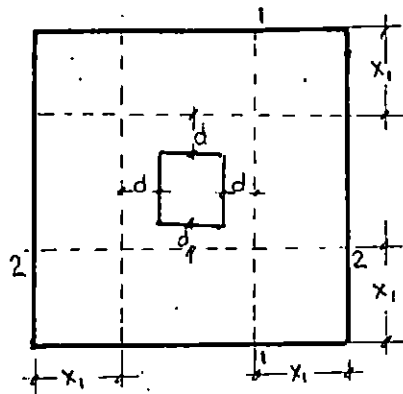


FIG. 4-14

$$X_1 = b/2 - c/2 - d$$

ec.(4.25)

$$X_1 = 1.0/2 + 0.3/2 - 0.6548 = 0.2845 \text{ m}$$

Condición "G+S" rige en el cortante

El efecto cortante puede ocurrir en cualquiera de las dos direcciones.

Analizando la dirección y-y (sección 1-1)

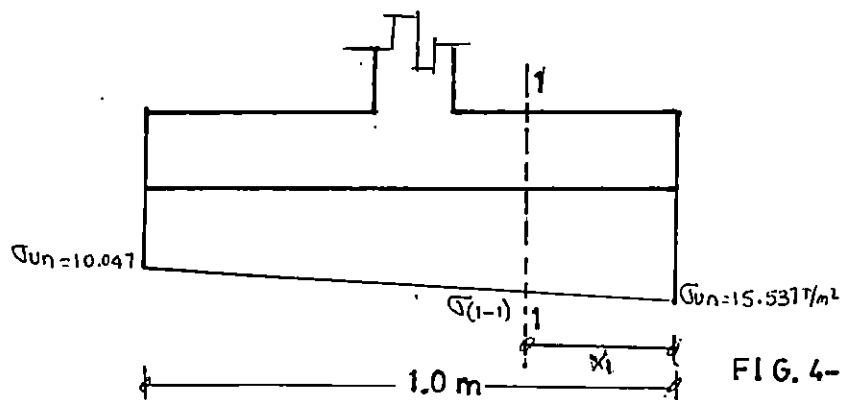


FIG. 4-15



$x_1 < L - x$ ; rige G+S,

para este caso  $x=0$ ,  $x_1=0.2845$ ;  $l=1.0$

$0.2845 < 1.0$  cumple!!

Evaluando  $\sigma(1-1)$

$$V_u(1-1) = (\sigma_{\max} + \sigma(1-1)) / 2 (B)(x_1) \quad \text{ec.4.26}$$

$$V_u(1-1) = (15.37 + 13.9998) \times 1.0 \times 0.285 / 2 = 4.21 \text{ ton/m}^2$$

Contribución del concreto

$$\phi V_c = \phi 0.53 (\sqrt{f_c}) b_o d \times 10^{-3} \quad \text{ec.4.27}$$

evaluando en ecuación 4.27 se tiene

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{210} \times 146.192 \times 6.548 \times 10^{-3} = 6.25 \text{ ton/m}^2$$

$$\phi V_c > V_u(1-1); 6.25 > 4.21 \text{ ton} \quad \text{¡cumple!!}$$

Analizando la sección 2-2

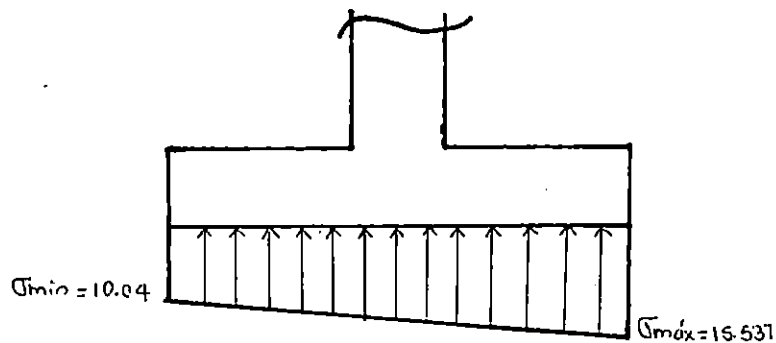


FIG. 4-16

$$V_u(2-2) = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min}) / 2 (L)(x_1)$$

Ec.4.28

$$V_u(2-2) = (15.537 + 10.047) \times 1.0 \times 0.285 = 3.65 \text{ ton}$$

$$\phi V_c > V_u(2-2); 6.25 > 3.65 \text{ ton} \quad \text{¡cumple!}$$

### 5.3 Refuerzo por flexión

Dirección y-y (sección 3-3)

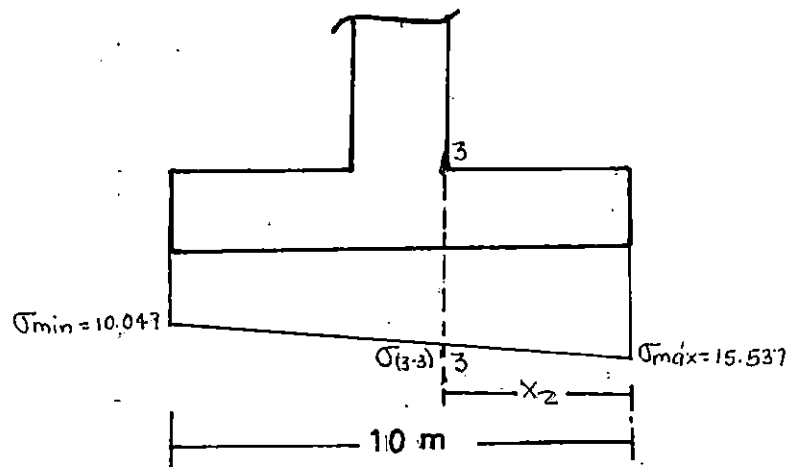


FIG. 4-17

$$x_2 = B/2 - C/2$$

Ec.4.29

$$x_2 = 1.0/2 - 0.3/2 = 0.35 \text{ m}$$

$$x_2 < L-x; 0.35 < 1.0 \quad \text{rige G+S cumple!}$$

Cálculo de  $\sigma(3-3)$

$$\sigma(3-3) = (15.537 - 10.047) / 1.0 = 15.537 - \sigma(3-3) / 0.35;$$

$$\sigma(3-3) = 13.6155 \text{ Ton/m}^2$$

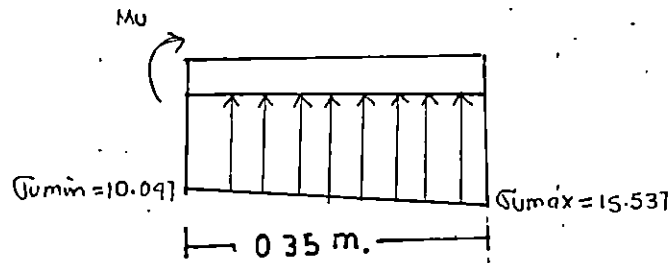


FIG. 4-18

$$M_u(3-3) = (\sigma_{\max} - \sigma(3-3)) / 2 \times (x_2)(B)(2/3)(x_2) + \sigma(3-3)(x_2)^2(B) / 2 \quad \text{Ec.4.30}$$

$$M_u(3-3) = (15.532 - 13.6155) / 0.35 \times 1.0 \times 2/3 \times 0.35 + 13.62 \times 0.35^2 \times 1.0 / 2$$

$$M_u = 0.9124 \text{ ton-m}$$

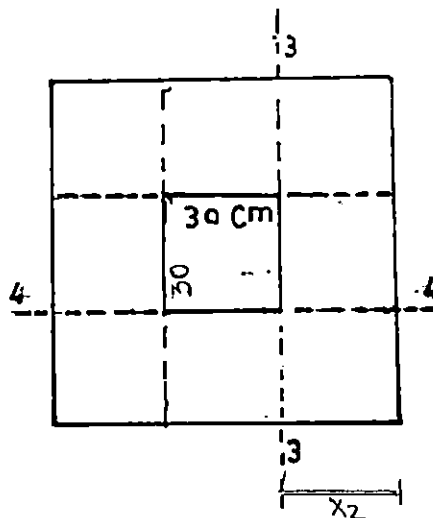


FIG. 4-19

Analizando la sección (4-4), dirección (x-x)

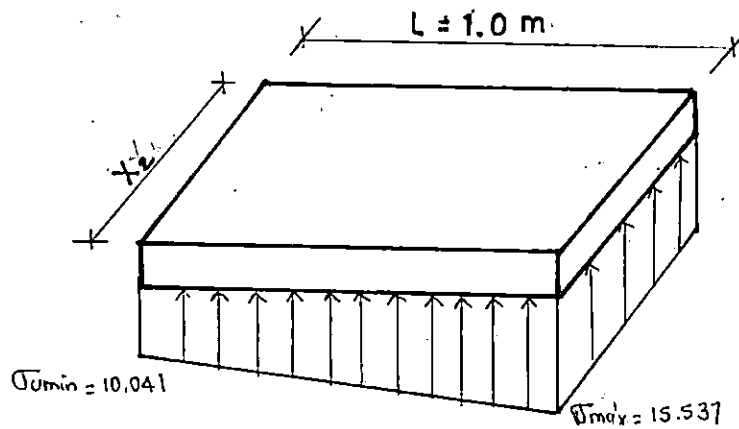


FIG. 4-20

$$M_u(4-4) = (\sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{mín}}) / 2 \times (x/2)^2 / 2 \times (B) \quad \text{Ec.4.31}$$

$$M_u(4-4) = (15.573 + 10.047) / 2 \times (0.35/2)^2 \times 1.0 = 0.7835 \text{ ton-m}$$

Nota: por encontrarse, la zapata, sometida a efecto biaxial se diseñará, en forma conservadora para el  $M_u(3-3) = 0.7835 \text{ ton-m}$

$$M_u \times 10^5 / \phi f_c b d^2 = -0.59w + w \quad \text{Ec.4.32}$$

Donde  $M_u$  = momento último  $M(4-4)$

$$\phi = 0.90$$

$f_c$  = resistencia a la compresión del concreto =  $210 \text{ kg/cm}^2$

$w$  = cuantía de refuerzo

$d$  = peralte efectivo = 6.548

b= ancho de la zapata

Sustituyendo y desarrollando la ecuación de segundo grado para w, se tiene:

$$0.78351 \times 10^5 / (0.9 \times 210 \times 100 \times 6.548^2) = -0.59w^2 + w$$

$$w = 0.106376$$

$$w = \rho f_y / f'_c, \quad \text{Ec.4.33}$$

sustituyendo los valores conocidos y resolviendo para  $\rho$ ,

$$\rho = 0.106376 \times 210 / 2800 = 0.0079782$$

$$\rho_{\min} = 14/2800 = 0.005, \quad \text{Ec.4.34}$$

$\rho_{\min} > \rho$ , se usa  $\rho_{\min}$

$$A_s = \rho b d = 0.008 \times 100 \text{ cm} \times 6.548 \text{ cm} = 5.2384 \text{ cm}^2$$

Número de varillas:  $A_s / A(\#3) = 5.2384 / 0.7118 = 7.3593 \approx 8$

$$S = (100-10)/(12-1) = 12.85$$

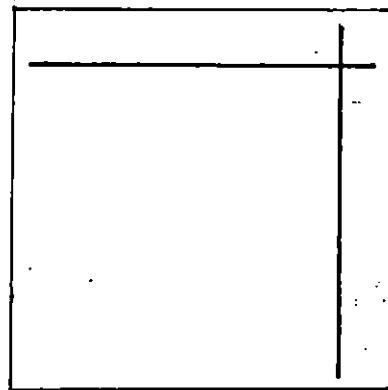
Si se colocan @ 12 cm

No. de varillas  $100-10 / 12 \text{ m} + 1 = 8.5 \approx 9$

Se colocarán 9 varillas @ 12 cm

Se diseñó el sistema de fundación para las condiciones del suelo encontradas en el Cantón El Borbollón a partir de la prueba triaxial que dio un valor de  $\phi = 28.69^\circ$ , se encontró la capacidad de última del suelo  $q_c = 56.64 \text{ ton/m}^2$ , para luego encontrar el esfuerzo admisible de  $\sigma_{\text{adm}} = 19.97 \text{ ton/m}^2$ , con lo que se determinó el área de zapata a utilizar de manera que ésta distribuyera la carga de la estructura y que no sobrepasara el  $\sigma_{\text{adm}}$  resultando un área de zapata

igual a 1m x 1m. Ver detalle de zapata y planta de fundaciones en figuras 4.21 y 4.22, respectivamente.



9 No.3 @ 12 Cm.

FIG. 4-21  
PLANTA DE FUNDACIONES

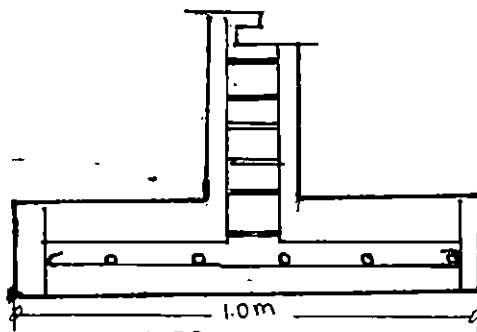
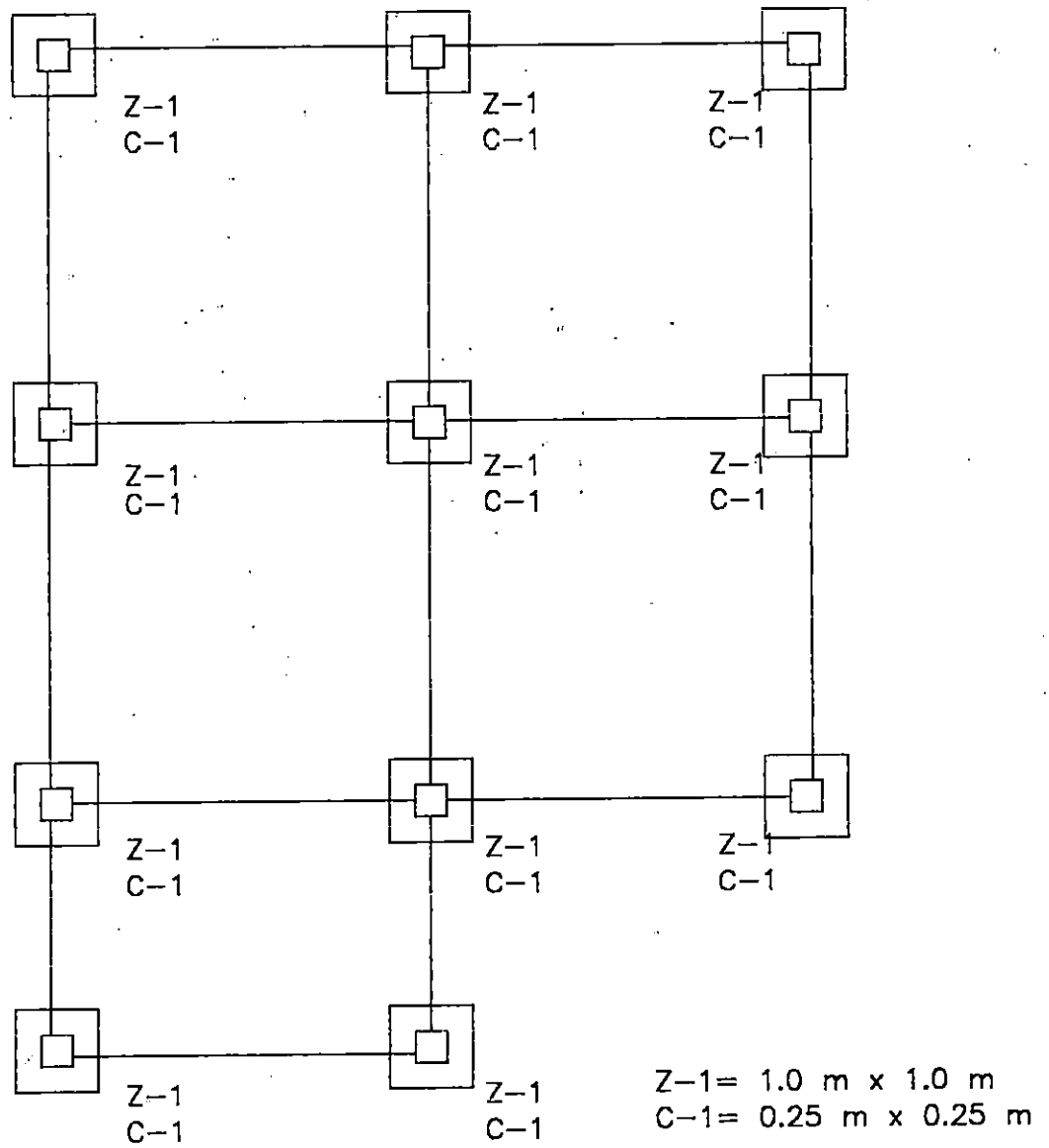


FIG 4:22  
DETALLE DE ZAPATA



**PLANTA DE FUNDACIONES**  
**VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA**

E S C. 1 : 1 0 0

F I G. 4-23

## **4.5 Auto – construcción**

Si se sigue el proceso de construcción de acuerdo a lo propuesto en el estudio, la construcción de la vivienda no resulta complicado, ya que se ha mapeado la zona donde es recomendable su construcción, también el nivel de desplante o de fundación y su respectiva altura de plataforma según perfil de inundación.

### **4.5.1 Procedimientos de Construcción.**

- 1- Se selecciona el lugar donde se requiere construir la vivienda, respetando el área señalada como apta para construcción de viviendas.
- 2- Correr niveles de los puntos de referencia ubicados en campo para determinar la altura de la plataforma seguidamente se limpia y nivela el terreno(área de construcción).
- 3- Se realiza la excavación hasta el nivel de desplante que no debe ser menos de un metro( en suelo duro) pero en caso que se observe que el suelo se puede extraer o remover fácilmente se debe seguir excavando hasta alcanzar un suelo más firme(2 metros de profundidad); luego restituir el suelo compactando con suelo libre de orgánico(suelo sano) en capas de 10 cm para pisón manual. Para obtener una mayor compactación reduciendo así un



suelo más impermeable se puede mezclar con cemento con una proporción como máximo 20:1(suelo y cemento en volumen respectivamente).

- 4- Teniendo lista las excavaciones para las zapatas las cuales deben estar a la separación recomendada o esquematizada en la vivienda tipo, se realiza la armadura para las zapatas y columnas(estos pueden hacerse simultáneamente con la excavación). Seguidamente se coloca la armadura y se le deja el recubrimiento de 7 cm como mínimo en la parte inferior y laterales para protección del hierro, esto puede ser con cubos de mortero(cemento y arena) hechos previamente (para colocar en la parte inferior).
- 5- Se debe tener cuidado en la elaboración del concreto el cual debe dosificarse para una resistencia a la compresión  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días. Se puede utilizar como medida las cubetas vacías de pintura( de 5 galones) echando en proporción 3 partes de arena y 3 de grava por una bolsa de cemento. Se debe mezclar bien y agregar el agua necesaria para que no quede muy fluido(aguado); se debe humedecer las excavaciones donde estará la armadura de las zapatas para evitar que el agua del concreto lo absorba el suelo. Seguidamente se deposita el concreto para las zapatas y se acomoda bien haciéndolo bajar con una varilla de 5/8" o un trozo de madera de 2" de ancho.
- 6- Es recomendable que se tenga el encofrado para el pedestal(parte de

columna que queda por debajo del nivel del suelo o enterrada, la cual tiene una sección mayor con recubrimiento de 7 cm por lado) para colarla de una vez. Esta se coloca y se llena después de la zapata, si se observa que se tiende a salir por bajo se puede esperar que fragüe un poco el concreto de la zapata.

- 7- Luego de 12 horas( un día para otro), se desmolda el pedestal y se humedece, luego pasadas 24 horas se puede comenzar a llenar el espacio vacío alrededor del pedestal(entre pedestal y corte de excavación) compactando con suelo en capas de 10 cm hasta quedar bien compactado, que al querer penetrar con una varilla de 3/8" con punta no penetre más de un centímetro.
- 8- Teniendo lista y colocada la armadura de toda la columna cumpliendo con los traslapes y distribución de estribos recomendados, se procede a encofrar las columnas 40 cm abajo del nivel de viga para que cuando se haga el colado de vigas y losa haga mejor unión. Teniendo correctamente colocado y plomeado el encofrado se procede a preparar el concreto con  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y se humedece bien el encofrado, se llena poco a poco la columna, si éstas tienen una altura mayor que 1.50 metros, se deja una ventana a ésta altura para llenarla en dos etapas continuas. Al llenar la columna hasta 1.5 metros se sella la ventana y se termina llenando la columna por la parte superior, es necesario que el concreto se vaya varillando y golpeando suavemente

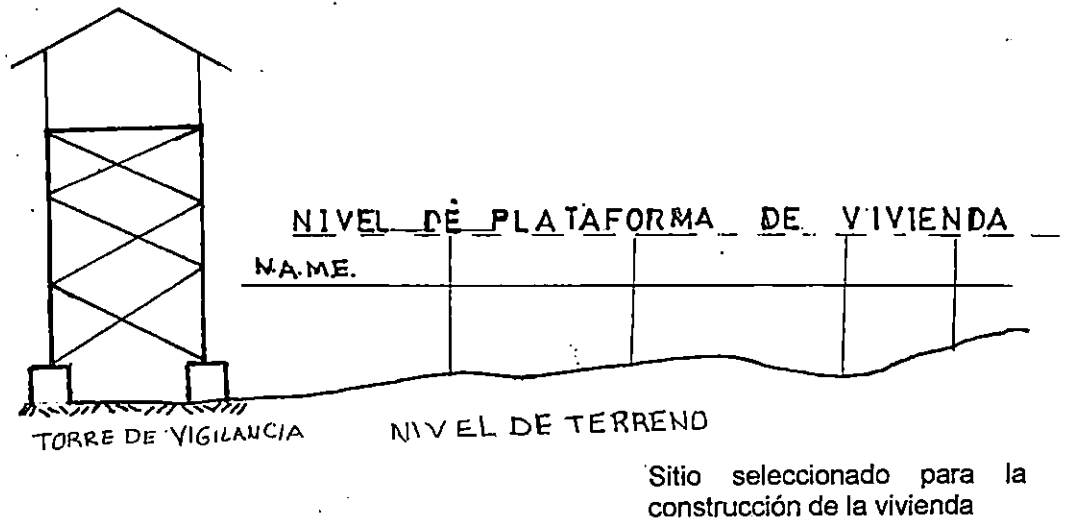
alrededor del encofrado para acomodar el concreto sacándole el aire atrapado, pero teniendo cuidado de no desplomar la columna ni desangrar el concreto(sacar la lechada).

- 9- Se realiza el curado de las columnas humedeciéndolas, echándoles agua con una manguera o balde cada 6 horas, las primeras veces sobre el encofrado dejando caer agua desde la parte superior de la columna. Si no se va a colar las vigas y losa antes de los 7 días(tiempo mínimo que dura el curado). Se pueden desmoldar las columnas y humedecer directamente.
- 10-Teniendo lista la armadura de la losa y las vigas, se procede a encofrar las vigas, colocando primero la tabla de abajo en conjunto con los cuellos de columna(40 cm que se dejara sin colar) y se apuntala esta parte, luego se colocan las tablas laterales, según figura, y se inicia el encofrado o tablero para la losa y posteriormente el armado de la misma, cumpliendo con los detalles que se presentan en figura 4.24
- 11-Se realiza el tejido de la losa, como se indica en la figura. Fig.4.24
- 12-Lista la armadura y encofrado de vigas y losas y colocados los nervios necesarios para las paredes que se construirán, se humedece bien el encofrado y se prepara el concreto de la misma manera antes descrita y se realiza el llenado de la losa la cual debe llenarse continuamente el mismo día. Se debe curar por lo menos por 7 días por inmersión con una película de agua de por lo menos 3 cm, la que se logra colocando mortero pobre

alrededor de la losa(en el perímetro).

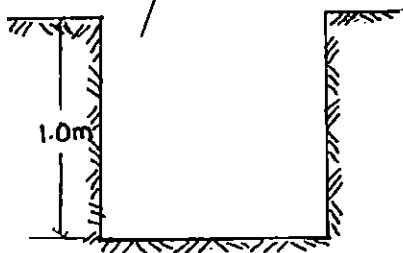
13-El curado debe iniciarse como máximo una hora después del colado( en clima caliente) teniendo cuidado de no lavar el concreto echando suavemente el agua. En clima frío (tiempo nublado o ambiente húmedo) cuando al tocarlo se sienta duro que no se deje huella con el dedo al tocarlo. Al observarse algunas grietas superficiales inmediatamente hay que aplicar el agua de curado.

14- Al mantener la losa y viga apuntalada se puede iniciar la construcción de la vivienda con los diversos materiales que para ello se utilizan. En esta parte, el proceso a seguir es el común para el tipo de materiales a utilizar; para la construcción de la vivienda propuesta es necesario que se cumpla con las especificaciones y detalles aquí presentados.



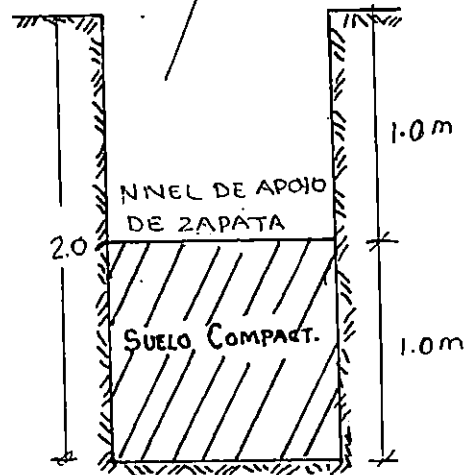
Trasladar el nivel desde el punto de referencia fijo hasta el lugar seleccionado para construir la vivienda

Excavación para fundación en terreno natural

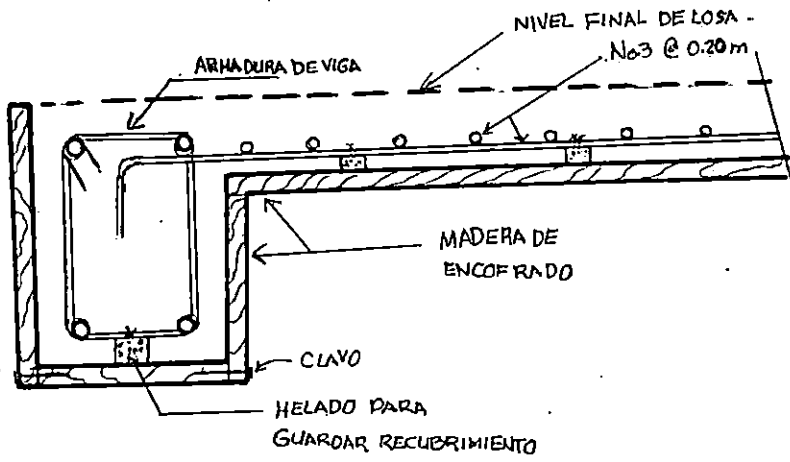


Nivel de desplante para suelo duro

Excavación y restitución de suelo en terreno blando



Nivel de desplante en suelos blandos



DETALLE DE ENCOFRADO Y ARMADO DE LOSA

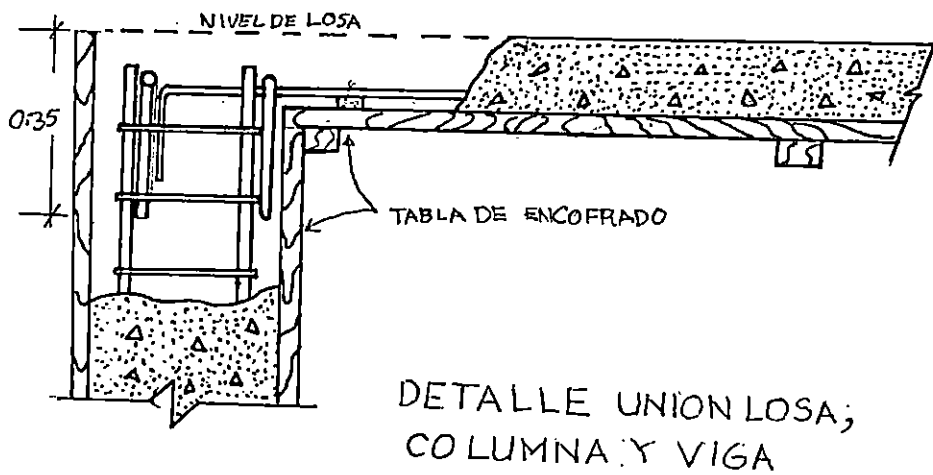


FIG. 4- 24

## **CAPITULO V.**

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1 CONCLUSIONES

Habiendo realizado los estudios necesarios para la propuesta de vivienda que solventará el problema de inundación que está afectando a la Comunidad El Borbollón y analizado los resultados obtenidos en el estudio hidrológico, estudio de suelo y diseño estructural de la vivienda, se llega a lo siguiente:

- Las inundaciones a que están sujetas las familias del Cantón El Borbollón que viven en los alrededores de la Laguna El Jocotal trae como consecuencia pérdidas materiales, y hasta humanas debido a enfermedades que se propagan, ya sea por la contaminación de los pozos de los que extraen el agua para consumo humano, como por la proliferación de agentes patógenos y vectores transmisores de enfermedades como el paludismo, dengue, etc. por lo que es necesario plantear soluciones que ayuden a disminuir el impacto social y económico que los hace que cada día sean más vulnerables y que no puedan desarrollarse satisfactoriamente.
- Las inundaciones se dan debido al poco drenaje de los terrenos adyacentes a ríos y lagunas. En el caso de los ríos se desbordan por la poca capacidad de la sección de su cauce. En ese sentido, las inundaciones son inevitables, por lo que es necesario proponer soluciones para las mismas sin tener que



abandonar totalmente estos lugares. La inundación que se genera en los alrededores de la Laguna El Jocotal que afecta a la Comunidad El Borbollón adyacente a la misma; se debe a que la topografía del terreno es suave (casi plana, pendiente cerca del 1%) y el Río Grande de San Miguel aporta a la zona volúmenes grandes de agua, invadiendo a la laguna y contribuye a sobrepasar los límites del reservorio hasta rebalsar e inundar.

- Se debe realizar un estudio Hidrológico teniendo presente: Qué es lo que se desea con éste, cuál es su finalidad, qué período de retorno se va a tomar en cuenta. Determinar el tiempo de concentración de la cuenca en estudio, para elegir el rango de duración de las precipitaciones y luego calcular la intensidad de diseño con la cual se podrá estimar el caudal de escorrentía de la zona. En cuanto mayor sea el número de estaciones meteorológicas que monitoreen una determinada cuenca, los datos encontrados en el estudio hidrológico serán más representativos.
- Es importante tener en cuenta todas las características de la cuenca en estudio que influyan en el incremento o decremento del caudal de salida de ésta; puede resultar mucho más económica cualquier tipo de estructura a realizar para el control de inundación al no ser sobrediseñada; esto en el caso de obtener un caudal de salida o en el punto donde se va a realizar la

estructura, mucho mayor que el real. También puede resultar un problema muy grave al sub - diseñar una estructura y no esté capacitada para la magnitud de la inundación a la que podría estar sujeta( esto puede pasar en el caso en que el caudal encontrado sea mucho menor que el colectado por la cuenca), lo que sería una mala inversión, generando cuantiosas pérdidas.

- Para realizar un estudio de suelos es importante tener en cuenta con anticipación qué se pretende obtener con el estudio. Teniendo definido esto, puede resultar económico realizarlo y en algunos casos puede resultar más económico el sistema de fundación a realizar para una determinada estructura. Además, se puede tomar una mejor decisión en cuanto si este suelo tiene características propias que pueden ser utilizadas sin incurrir en gastos innecesarios.
- El momento más adecuado para realizar un estudio de suelos en zonas que se inunda durante la época lluviosa, es en ésta misma, cuando el suelo se encuentra saturado y nivel freático se encuentra más superficial; ya que es cuando se dan estas condiciones que el suelo sometido al peso de una estructura puede fallar, dando origen a los desplazamientos.
- En suelos contaminados con orgánicos arriba del porcentaje permisible (3%);

la consistencia encontrada en el momento de la prueba, no puede considerarse permanente debido que al encontrarse saturado al máximo su resistencia disminuye. Además con el transcurso del tiempo cumpliendo con la fase orgánica se van descomponiendo en agua, gases y en un residuo sólido muy pequeño, con lo que se incrementa el volumen de vacíos en el suelo, reduciendo su capacidad de carga dando origen a las deformaciones ya que éstos los hace más compresibles.

- El diseño de la estructura se hizo únicamente para ocupación habitacional y con la capacidad de soportar la permanencia de las inundaciones, siempre que se realice dentro de la zona señalada como apta para la sustentación de la misma o en suelos con mayor consistencia.
  
- El diseño de la vivienda propuesta se realizó tomando en cuenta la capacidad de carga de los suelos encontrados en la Comunidad El Borbollón para un estado saturado; con una altura que sobrepasa el nivel de aguas máximas extraordinarias para fenómenos con período de retorno de 25 años, tomando una cota adicional por seguridad de 0.50 m para garantizar que las viviendas no se inunden.
  
- La confiabilidad de la estabilidad de la estructura estará sujeta a las

especificaciones de las dimensiones y del proceso de construcción seguido por el ejecutor del proyecto.

- Las alternativas de vivienda unifamiliar y centro de resguardo sobre plataforma son una buena solución para las inundaciones lentas en cuanto puedan construirse; la vivienda en forma individual(para familia) y el centro de resguardo para los que no tengan la capacidad económica para construir su propia vivienda, haciéndolo de forma colectiva. Ver planos anexos.
- Se analizó la alternativa de utilizar materiales propios del lugar en la construcción de la plataforma, con lo que se llega a que no existen otros materiales en el lugar que puedan ser utilizados para construir la plataforma, y que el único posible es la piedra volcánica con la que se podría construir muros que la soporten la vivienda, los cuales tienen que ser diseñados desde la corona hasta su cimentación; la respuesta de éstos para con la estructura en caso que sea desfavorable es únicamente responsabilidad de las personas que lo diseñen o construyen.
- Los materiales que pueden utilizarse para la construcción de la vivienda después de la plataforma pueden ser los que se encuentren en el medio, ya que a partir de la plataforma se convierte en una vivienda tradicional pero

debe de cumplirse con las especificaciones para ésta.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Para la solución al problema de inundación en la Comunidad El Borbollón a través del modelo de vivienda propuesta, es necesario que se tomen en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Una vez determinado el nivel máximo alcanzado por la lámina de inundación se debe dejar referencia en un lugar fijo; es decir que no pueda desaparecer fácilmente o que no sea movido; y para construir una vivienda con plataforma por arriba del nivel de inundación, éste debe ser trasladado del punto de referencia hasta el lugar donde se pretende construir.
- Para llevar a cabo la alternativa de vivienda propuesta, es necesario se realice una exploración de suelo a través de la prueba de penetración estándar, con un sondeo para cada unidad de vivienda y más de uno para un sitio de resguardo y que para potencialidad de un proyecto específico, se hagan sondeos espaciados a no más de 25 metros de uno a otro, para formar un perfil que represente los tipos y profundidad de los estratos encontrados en el lugar destinado para la construcción; y de esta forma aprovechar las condiciones naturales favorables para el proyecto.

- Cuando no se encuentre la capacidad del suelo para soportar las cargas de la estructura elegida la profundidad que se quiere iniciar la cimentación (mínimo 1 metro), se debe restituir el suelo con suelo sano hasta una profundidad a la que éste tenga la capacidad de carga requerida, teniendo cuidado que el suelo restituido sea compactado en forma adecuada (según da Norma AASHTO T-180), ya que la compactación no es más que la reducción al máximo del volumen de vacíos que hacen al suelo hasta cierto punto impermeable y más resistente. Para mejorar las condiciones del suelo también se puede hacer una mezcla del suelo con cemento(suelo-cemento) con una proporción no mayor de 20:1 en volumen (suelo y cemento respectivamente) .
  
- Una vez determinada la capacidad de carga de los suelos encontrados en la exploración del suelo, es importante no sobrepasar los esfuerzos que éstos sean capaz de soportar; es decir, que la cimentación propuesta para la sustentación de la plataforma sea la adecuada para este tipo de suelo y para las condiciones que están sujetos en la zona, que es muy diferente en la época seca.
  
- Las dimensiones de la cimentación deben ser lo suficientemente grandes

para distribuir y transmitir el peso de la estructura al suelo, para que no sobrepase el esfuerzo admisible del mismo, para ello se debe diseñar la cimentación

- La modalidad de solución propuesta, ver diseño en Apéndice A, puede construirse en cualquier parte del país que esté siendo afectado por inundaciones lentas (que no posean fuerza erosiva); pero, se debe tomar en cuenta el nivel en que se incrementa la lámina de agua donde se quiere desarrollar, ya que de esto depende la altura a que se va construir la plataforma .
- Este debe realizarse en lugares que no estén amenazados por deslizamientos de tierra (derrumbes) que pueden originarse de un talud o laderas, domos adyacentes al lugar en que se pretende cimentar, ya que esto puede llevar la estructura a su destrucción, por lo cual esta vivienda debe construirse en lugares libres de amenazas de deslizamiento de tierra (derrumbes) ya que el efecto de éste puede llevarla al colapso o convertirla en una estructura insegura.
- La unidad habitacional o de resguardo construida garantiza la estabilidad de la misma y la seguridad para las personas que la utilicen a partir de su

diseño. Por lo cual no podrá ser modificada en ninguna de sus partes con lo cual se evitaría cualquier daño a la construcción.

- Se debe determinar el nivel máximo alcanzado por la lámina de inundación con un período de retorno no menor de 25 años o para el tiempo de ocurrencia de la inundación del fenómeno que se pretende solventar en caso que sea mayor.
- La ocupación de la vivienda debe ser para lo cual ha sido diseñada(en este caso habitacional); ya que al darle un uso diferente que exija mayor capacidad de soporte de carga en la cimentación y demás elementos estructurales de ésta, se estaría sobrepasando su capacidad de servicio. En tal sentido, la estructura puede presentar inconvenientes con el transcurso del tiempo y no cumpliría con la seguridad para la que se ha diseñado.
- Para que el suelo que sustentará la plataforma no presente problemas de deformaciones al ser sometido al peso de la estructura, se debe cimentar de acuerdo a las dimensiones de las zapatas que se han diseñado, debido a que estas dimensiones garantizan la respuesta favorable del mismo.
- Una vez que se haya realizado la propuesta de vivienda para las personas



afectadas y que hayan desalojado la zona no recomendada para cimentación, es importante que la comunidad controle que nadie más ocupe los lugares de riesgo(zona III), ya que de lo contrario siempre que se den las inundaciones habrán personas que serán afectadas y nunca se solventaría este problema.

## BIBLIOGRAFIA

- ◆ REVISTA MI AMIGA EL AGUA. (JUNIO DE 1991).SISTEMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES DE COLOMBIA. Instituto Colombiano de Hidrología Meteorológica y Adecuación de Tierras H.I.M.A.T.21 pág.
- ◆ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA.(1985).LAGUNA EL JOCOTAL. El Salvador. El uso sostenido de las aves acuáticas en beneficio del hombre y la fauna. Servicio de Parques Nacionales y Vida Silvestre PANAVIS. 16 Pág.
- ◆ BENITEZ ARIAS,MANUEL (1985) Informe presentado al Seminario-Taller sobre la conservación de los humedales y el desarrollo sostenido en América Latina y El Caribe. Jefe Servicio de Parques Nacionales y Vida Silvestre. D.R.N.R. M.A.G.
- ◆ GOMEZ VENTURA,JOSE ANTONIO (1985). Reproducción de *Dendrocygna Antumnalis* en Cajas de Anidación en la Laguna El Jocotal. Trabajo de Graduación , Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias y Humanidades. Universidad de El Salvador.

- ◆ ROMANO, LUIS.(Julio 1996). El Salvador: Historización de los desastres naturales y de la Degradación Ambiental. Centro de Protección de Desastres. CEPRODE. 32 Pág.
- ◆ EVALUACION DEL PROCESO DE RECONSTRUCCION A UN AÑO DE LA TORMENTA TROPICAL MITCH. Noviembre 1999. Plataforma NOVIB. Control Ciudadano Foro de la Sociedad Civil.
- ◆ Revista Centroamericana LADERAS. Programa para la Agricultura Sostenible de América Central . Año 2. Número 5. Honduras. Julio 1999 y Año 2, Número 6. El Salvador, Octubre 1999.
- ◆ CONCULTURA. Unión Mundial para la Naturaleza. U.I.C.N. Guía del Sendero Interpretativo Acuático. La Laguna El Jocotal
- ◆ BENITEZ ARIAS, MANUEL. (1986). Informe Presentado al Seminario - Taller sobre la conservación de las humedales y el desarrollo sostenido en América Latina y El Caribe. Servicio de Parques Nacionales y Vida Silvestre. D.R.N.R., M.A.G.

- ◆ MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA (1985). LAGUNA EL JOCOTAL: El uso sostenido de las áreas acuáticas en beneficio del hombre y la fauna. Servicio de Parques Nacionales y Vida Silvestre. PANAVIS El Salvador. 16 Págs.
  
- ◆ UNION MUNDIAL PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA U.I.C.N. (1999) .Humedales de Mesoamérica. Sitios Ramsar de C.A. y México. 49 Págs.
  
- ◆ BLAIKIE, PIERS; TERRY CANNON. (1996).VULNERABILIDAD. El Entorno Social, Político y Económico de los Desastres. Intermediate technology Development Group. 375 págs.
  
- ◆ ROMANO, LUIS E. (1995) Desastres y organización social en el Municipio de Chirilagua, Depto. de San Miguel. C.E.P.R.O.D.E. 50 págs
  
- ◆ CONVENIO RAMSAR.(1993). Ficha técnica Laguna El Jocotal. Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente.
  
- ◆ UNION MUNDIAL PARA LA CONSERVACION DE LA NATURALEZA U.I.C.N. Guía del sendero interpretativo acuático laguna El Jocotal.

- ◆ SERIE DE FOLLETOS TECNICOS EDUCATIVOS RECURSOS NATURALES DEL COMPLEJO JOCOTAL # 3.(1996).Recursos Acuáticos del Complejo Jocotal. 29 págs.
- ◆ DIARIO OFICIAL. SAN SALVADOR JULIO 29 DE 1998 TOMO 340 NUMERO 142
- ◆ CONSTITUCION POLITICA DE LA REPUBLICA DE EI SALVADOR.
- ◆ LINSLEY, KOHLER, PAULUS. (1994). Hidrología para Ingenieros. McGraw Hill. 2da. Edición. 386 páginas
- ◆ ROMERO CHAVARRIA, HERNAN. (1970). Investigación Hidrológica de la Cuenca del Lago de Coatepeque. Tesis de Graduación. Ingeniería Civil. Universidad de El Salvador. San Salvador. 82 páginas.
- ◆ JOVEL, SALVADOR ENRIQUE. (1958). Características Hidrológicas de la cuenca del Río Sucio. Tesis Doctoral. Ingeniería Agronómica. Universidad de El Salvador. San Salvador. 110 páginas.

- ◆ RAMIREZ LIMA, LUIS EDGARDO Y OTROS. (1999). Estudio de Saneamiento y Sedimentación para la Protección y Conservación de la Laguna de Cuzcachapa. Trabajo de Graduación. Ingeniería Civil. Universidad de El Salvador. 300 páginas.
  
- ◆ HERNANDEZ, SANDRA ELIZABETH Y OTROS. (1997). Guía Básica para realizar estudios hidrológicos en El Salvador. Trabajo de Graduación. Ingeniería Civil. Universidad de El Salvador. 301 páginas.
  
- ◆ AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON. (1997). Borrador del Informe Final del Estudio de Control de Integral de Crecidas en el Río Grande de San Miguel en la República de El Salvador. M.A.G. 345 Páginas.
  
- ◆ LINSLEY, KOHLER AND PAULUS. (1949). Applied Hidrology. 690 pág.
  
- ◆ NUÑEZ, RICARDO. (1972). Manual de Hidrología Básica. 400 pág.
  
- ◆ WILLIAN LAMBE & ROBERT WHITMAN. 1993. Mecánica de Suelos. Instituto Tecnológico de Massachusetts. Limusa Editores.583 pág.

- ◆ KARL TERZAGHI. 1963. Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Editorial El Ateneo Barcelona. 3ra. Edición. 682 pág.
- ◆ EULALIO JUAREZ BADILLO Y ALFONSO RICO RODRIGUEZ. 1969. Mecánica de Suelos. Tomo I. Central de Artes Gráficas. 2da. Edición. 500 pág.
- ◆ JOSEPH E. BOWLES. 1996. Foundation Analysis and Design. Mc.Graw Hill. Fifth Edition. 1175 pág.
- ◆ EULALIO JUAREZ BADILLO Y ALFONSO RICO RODRIGUEZ. 1995. Mecánica de Suelos. Tomo I. Editorial LIMUSA. Decimasexta Reimpresión. 642 pág.
- ◆ GREGORY P. TSHEBOTARIOFF. 1963. Mecánica del Suelo. Editorial Aguilar. 642 pág.
- ◆ WILLIAM LAMBE & ROBERT WHITMAN. 1969. Soil Mechanics. Edit. John Wiley & Sons. 555 pág.
- ◆ CHAVEZ GALLO, OSCAR ROMEO Y OTROS. 1993. Guía para pruebas de suelos que se realizan en campo y en el laboratorio aplicadas en

obras de Ingeniería Civil. Trabajo de Graduación Universidad de El Salvador. F.I.A. 380 pág.

- ◆ AGUIRRE RAMIREZ, GIL OSWALDO Y OTROS. 1996. Manual de fundaciones de las estructuras según tipos de suelos y condiciones de terreno. Trabajo de Graduación. Universidad de El Salvador. 389 Pág
- ◆ CRESPO VILLALAS, CARLOS. 1993. Mecánica de suelos y cimentaciones. Edit. Limusa. 4ta. Edición. México.
- ◆ REGLAMENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO(ACI 318-89). Instituto Mexicano del Cemento y del concreto. ,A.C Y COMENTARIOS (ACI 318R-89)
- ◆ Folletería y cuaderno de apuntes de las materias de Diseño Estructural y Estructuras de Concreto Reforzado. Universidad de El Salvador
- ◆ Folletería y cuaderno de apuntes de la materia PLANEAMIENTO Y ADMINISTRACION DE OBRAS I.



- ◆ ARTUR H. NILSON Y GEORGE WINTER. Diseño de estructuras de concreto. 11a. edición.
  
- ◆ GUIA EJEMPLO PARA EL USO DE PROGRAMAS DE COMPUTADORA(MPLAN1)

# ANEXOS

## ANEXO 1.1

### GLOSARIO

**Catástrofe:** Acontecimiento imprevisto y funesto.

**Cauce:** Lecho de un río. Acequia para riegos.

**Cimientos:** Parte de un edificio que esta debajo de tierra y sobre el que se apoya toda la construcción.

**Clima:** Conjunto de los caracteres atmosféricos que distinguen una región.

**Climatología:** Conjunto de las condiciones propias de un determinado clima.

**Cuenca:** Territorio cuyas aguas fluyen a un mismo río, lago o mar.

**Desastre:** Desgracia grande, calamidad.

**Desbordamiento:** Acción y efecto de desbordar, desbordamiento de un río, salirse de un cauce o bordes.

**Ecología:** Ciencia que estudia las relaciones existentes entre los seres vivientes y el medio en que viven.

**Educación:** Acción de desarrollar las facultades físicas, intelectuales y morales.

**Erosión:** Conjunto de procesos que causan variaciones en el relieve de la superficie terrestre.

**Estero:** Terreno inmediato a la orilla de una ría, por el cual se extienden las aguas de las mareas.

**Fauna:** Conjunto de especies animales que habitan en determinados ambientes y territorios.

**Fisiografía:** Descripción de la tierra y fenómenos que en ella se producen.

Flora: Conjunto de plantas que crecen en una región.

Geología: Ciencia que tiene por objeto el estudio de la forma interior y exterior del globo terráqueo; de la naturaleza de los materiales que los componen y su formación.

Granulometría: Descripción por tamaños de las partículas de un suelo.

Hidrografía: Parte de la Geografía Física que estudia la Hidrósfera.

Hidrología: Ciencias que estudian las aguas superficiales.

Inundación: Desbordamiento de los ríos o lagos que afectan las zonas vecinas.

Indígena: Aplicase a los nativos de América Precolombina.

Lacustre: Que vive sobre un lago o a orillas de él.

Laderas: Declive o pendiente de un monte.

Lago: Masa de agua dulce o salada que ocupa una zona deprimida de la corteza terrestre.

Laguna: Extensión de agua de menores dimensiones que el lago.

Meteorología: Ciencia que estudia los fenómenos atmosféricos, especialmente en orden a la precisión del tiempo.

Morfología: Ciencia que tiene por objeto el estudio y la descripción de los caracteres somáticos de las especies animales y vegetales.

Muelle: Construcción hecha en la orilla de un mar o río navegable para facilitar el embarque y desembarque de cosas y personas.

Naturaleza: Conjunto, orden y disposición de todas las entidades que componen el Universo.

**Plasticidad:** Propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas sin rebote elástico; sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

**Plataforma:** Suelo o tablero fijo o volante. Suelo o azotea de ciertas construcciones.

**Población:** Número de personas que componen un pueblo, provincia, nación, etc.

**Precipitación:** Agua procedente de la atmósfera, que en forma sólida o líquida se deposita sobre la superficie de la tierra.

**Quebrada:** Abertura estrecha entre dos montañas. Quebra, endedura o grieta entre las tierras causadas por el agua.

**Relieve:** Conjunto de formas complejas que accidentan la superficie del globo terráqueo.

**Riesgo:** Contingencia o posibilidad de un daño.

**Río:** Corriente de agua continua y más o menos caudaloso que va a desembocar en otra, en un lago o en el mar.

**Sedimentación:** Formación de una materia que, habiendo estado suspendida en un líquido, se posa en el fondo por su mayor gravedad.

**Suelo:** Capa superior de la corteza terrestre.

## ANEXO 2.1

### CLASIFICACION PEDOLOGICA

#### DEFINICION:

CLASE I: Son tierras que tienen muy pocas limitaciones que restrinjan su uso. Son adecuados para un margen amplio de plantas y pueden ser usados con toda seguridad para toda clase de cultivos agronómicos.

CLASE II: Son tierras que requieren prácticas cuidadosas de manejo y moderadas prácticas de conservación, fáciles de aplicar. Las limitaciones de uso son pocas.

CLASE III: Tierras que tienen algunas limitaciones para los cultivos intensivos y requieren prácticas y obras especiales de conservación; algo difíciles y costosas de aplicar.

CLASE IV: Las tierras de esta clase tienen severas limitaciones que restringen la elección de plantas, requieren cuidadosas prácticas y obras de manejo y conservación costosas y difíciles de aplicar y mantener.

CLASE V: Son tierras con restricciones muy severas para los cultivos intensivos, las limitaciones son tales que el costo de corrección es muy alto o casi imposible de aplicar; son áreas en general no sujetas a erosión hídrica.

CLASE VII: Tierras con limitaciones muy severas que las hacen inadecuadas para cultivos, restringen su uso para vegetación permanente como bosques y

praderas los cuales requieren un manejo muy cuidadoso. Estas tierras tienen limitaciones permanentes que en general son pendientes muy abruptas y suelos muy superficiales.

CLASE VIII: Las tierras de esta clase están restringidos para el uso agrícola. Aptas únicamente para vegetación permanente de protección, vida silvestre o recreación<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Cuadrantes pedológicos M.A.G. esc. 1:20,000

## **ANEXO 2.2**

# **PASOS LOGICOS PARA DESARROLLAR UN ESTUDIO HIDROLOGICO**



## **ANEXO 3.1**

### **PRUEBA DE PENETRACION ESTANDAR O NORMAL (SPT)**

#### **ASTM D-1586**

##### **EQUIPO:**

- Trípode
- Martinete con guías
- Motor de gasolina
- Cañas de perforación
- Bolsas plásticas
- Cintas métricas
- Llaves STILLSON para tubos
- Crayón
- Libreta de anotaciones de campo
- Cápsulas herméticas
- Cuchara sacamuestras.
- Polea.

## PROCEDIMIENTO:

Se prepara el trípode que sostendrá el martinete, extendiendo los soportes y ajustándolos con las tuercas. Se coloca el trípode en posición, abriendo las patas hasta formar un triángulo equilátero en el suelo. El centro del triángulo debe coincidir con el punto de perforación elegido según donde se desee el sondeo. Antes de levantar el trípode se coloca el cable que elevará el martinete, haciéndolo pasar por la polea. Se eleva el centro del trípode (donde se encuentra la polea) a una altura tal que las patas formen un ángulo de 60 grados con la horizontal. Una vez fijo el trípode instalar el motor en la pata de mayor diámetro, ajustando las abrazaderas del mismo. El motor se coloca a una altura cómoda para el operador, aproximadamente a la cintura.

Seguidamente, revisar bien si todo el equipo está adecuadamente instalado. Luego se limpia bien la caña del penetrómetro y se aceita para facilitar su uso. Se arma la cuchara sacamuestras enroscando bien cada una de sus piezas. Se enrosca la cuchara a las cañas de perforación de tal manera que cubra la profundidad que se esté perforando, a medida que se profundicen se añadirán más cañas metálicas.

Se acciona el motor y se eleva el martinete hasta la altura máxima del trípode. Se debe tener mucha precaución en este procedimiento, pues si se levanta el martinete con velocidad puede oscilar en el aire y puede causar daños personales.

Se coloca la cuchara fija a la caña de perforación y se introduce. Se enrosca la guía del martillo con la caña de penetración para lo cual el martinete puede elevarse, de tal manera que se pueda girar la guía. Se debe asegurar que la guía y la caña de perforación estén en posición vertical para garantizar la caída libre del martillo. Accionar el martinete, dejándolo caer desde la parte superior de la guía, introducir 20 centímetros la cuchara, luego introducir 30 centímetros (1 pie), contando el número de golpes necesario para esto.

Para verificar las profundidades de 20 y 30 cm., se marca en la caña de perforación dichas distancias, con yeso o crayón a partir de la superficie del terreno. Se anota el número de golpes y las profundidades respectivas en la libreta de anotaciones o formato previamente diseñado para esta prueba. Se acciona nuevamente el martinete, pero de forma invertida para sacar la caña del penetrómetro.

Se extraen las muestras de la cuchara. Se hace una descripción visual del suelo, anotando también la distancia de recuperación (30 cm.) de donde se ha obtenido la muestra. Las muestras tomadas se colocan en bolsas plásticas por separado y al instante de sacarlas, cerrándolas para no perder la humedad natural del suelo. Se continua con este procedimiento de perforación hasta la profundidad del sondeo especificada o hasta encontrar un estrato donde sea relativamente imposible seguir perforando y exista el problema de daño en la cuchara muestreadora.

## **ANEXO 3.2**

### **ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL**

**(No drenada, no consolidada)**

**ASTM D-2850 ; AASHTO T-234**

#### **EQUIPO:**

- Máquina de compresión(deformación unitaria controlada)
- Cámara de compresión triaxial
- Anillo cortador
- Membrana de hule
- Dispositivo para expandir membrana
- Bandas de hule
- Pie de rey
- Compresor
- Sierras o cuchillas para moldeo
- Cápsula hermética
- Balanza precisión 0.1gr.
- Equipo para moldeo.

## PROCEDIMIENTO:

### Preparación de la muestra.

Se corta un fragmento prismático de suelo, conocido como "queso", utilizando sierras de moldeo y dependiendo del tipo de suelo y la profundidad, se usa palas y piochas para excavar una zanja. Los extremos del prisma deben cortarse de tal manera que queden paralelos entre sí. Dependiendo de la zona donde se extraiga el fragmento, como procedimiento auxiliar, éste debe recubrirse con una manta o pedazos de tela para luego "sellarlo" o "protegerlo" con parafina y que no pierda su humedad natural pues la prueba debe hacerse con muestras de suelo inalteradas.

Ya en el local del laboratorio, se retira la cubierta de la muestra, y se afina el prisma con las sierras y utilizando el equipo de moldeo, hasta formar un espécimen cilíndrico de aproximadamente 6" de altura y el diámetro será igual al diámetro del anillo cortador. Con el material que sobre se determina el contenido de humedad de la muestra. Se pesa el espécimen definitivo para controlar la humedad durante el ensayo; tomar las dimensiones de los diámetros superior, medio e inferior así como la altura del cilindro, se debe mantener la humedad del espécimen para controlar las condiciones inalteradas de la muestra.

Colocar al espécimen la membrana usando un cilindro hueco metálico de dimensiones 6.1 cm de diámetro por 15.2 cm de altura. Para esto se introduce en el cilindro la membrana, doblando hacia afuera los extremos y se

succiona con la boca para expandir la membrana; en estas condiciones se introduce el espécimen cubriéndolo totalmente. Se suspende el vacío y de esta manera la membrana se adhiere en torno al espécimen, retirándolo del cilindro metálico. Los extremos libres de la membrana se doblan hacia afuera sobre el espécimen.

Es importante no perder de vista el sentido natural de la muestra (posición en la que se encontraba el trozo de suelo en estado natural), manteniendo esta posición en todo el ensayo.

Montaje del aparato y la muestra en conjunto:

Colocar sobre la base metálica el espécimen, ajustando la membrana a ella y colocando una o dos bandas de hule para evitar infiltración de agua. Se coloca el cabezal sobre la parte superior del espécimen y se desenrolla la membrana entorno al cabezal, colocando una o dos bandas de hule entorno a la membrana que cubre el cabezal. Colocar la cámara triaxial en su lugar (cilindro de lucita) ajustándola con el sistema de pernos y tuercas, y afianzándola sólo con la compresión de las manos. Centrar el vástago de carga axial sobre el cabezal, accionando la máquina poco a poco hasta que haga contacto el vástago con el cabezal. Cerrar cuidadosamente todas las válvulas. Introducir una presión de confinamiento a la máquina según se necesite, utilizar esa presión para llenar el cilindro de lucita con agua, para esto se debe abrir la válvula correspondiente y realizar la operación lentamente, a fin de producir burbujas de aire al interior de la cámara. Una vez lleno el cilindro, aplicar la

presión de confinamiento requerida, accionando las válvulas necesarias, y de esta manera obtener el  $\sigma_3$ . El aparato está ahora en posición y la muestra lista para ser ensayada.

Se determina la velocidad de carga, en un rango de 0.5 a 12.5 mm/min., manteniendo constante el valor elegido para todo el ensayo. Ajustar el dinamómetro y el deformímetro para medir la carga aplicada y deformación de la muestra, respectivamente.

Poner a funcionar la máquina de compresión y tomar lecturas simultáneas de cargas y deformaciones. Las lecturas pueden tomarse a cada 30 seg. Se dejan de tomar las lecturas hasta que la carga disminuya, cuando se sobrepase en 20% la deformación unitaria o cuando la carga se mantenga constante durante tres o cuatro lecturas. Después de fallar la muestra, apagar y/o retroceder la máquina de compresión, soltando la presión de confinamiento y vaciar el agua de la cámara. Desmontar cuidadosamente la probeta y dibujarla con la falla en la hoja de registro según el ángulo de falla con respecto a una horizontal de la falla. Pesarse de nuevo y tomar las dimensiones de los diámetros finales (superior, medio e inferior), como la lectura final.

Colocar la muestra en el horno a 110°C para determinar el peso seco y contenido de agua final. Es importante incluir cualquier partícula que se halla desprendido.

Repetir el ensayo para tres probetas, por lo menos, a presión de confinamiento superiores, de tal manera que puedan dibujarse los círculos de

Mohr y definir por medio de la gráfica la cohesión y el ángulo de fricción de los suelos.



**ESTUDIO DE SUELOS REALIZADO A SOLICITUD DE JOSE ANDRES CRUZ LAZO, ROBERTO EFRAIN MELGARES SALMERON Y ARMANDO MAURICIO MOLINA, PARA EL TRABAJO DE GRADUACIÓN: "VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA, UNA SOLUCION AL PROBLEMA DE INUNDACIÓN DE LA LAGUNA EL JOCOTAL", DICHO ESTUDIO SE DESARROLLÓ EN TERRENOS UBICADOS ALREDEDOR DE LA LAGUNA EL JOCOTAL, CANTON EL BORBOLLÓN, EL TRANSITO, SAN MIGUEL.**

**PRESENTADO A:**

**JOSE ANDRES CRUZ LAZO  
ROBERTO EFRAIN MELGARES SALMERON  
ARMANDO MAURICIO MOLINA**

**SAN SALVADOR, 25 DE AGOSTO DEL 2000**

San Salvador, 25 de Agosto del 2000.

Señores.

**Br. JOSE ANDRES CRUZ LAZO.**

**Br. ROBERTO EFRAIN MELGARES SALMERON.**

**Br. ARMANDO MAURICIO MOLINA.**

Presente.

Ref. SEPROBIA-ES-064-2000

Atentamente, estamos enviándole los resultados del Estudio de Suelos, realizado a solicitud de José Andrés Cruz Lazo, Roberto Efraín Melgares Salmerón y Armando Mauricio Molina, para el trabajo de graduación: **"Vivienda sobre Plataforma, una solución al problema de inundación de la Laguna El Jocotal"**, Dicho estudio se desarrolló en terrenos ubicados alrededor de la Laguna El Jocotal, cantón El Borbollón, El Transito, San Miguel.

Agradeciendo la confianza depositada en nuestra Empresa para la ejecución del presente estudio, quedamos a sus apreciables órdenes, para cualquier ampliación relativa a los conceptos aquí vertidos. Nos es grato suscribirnos de Ustedes, sus atentos y seguros servidores.

Atentamente,

Por SEPROBIA, S.A. DE C.V.

**SEPROBIA** /SERVICIOS PROFESIONALES BERGANZA  
INGENIEROS ARQUITECTOS S.A. DE C.V.

  
Roberto Otomiel Berganza Estrada  
Ingeniero Civil

## **CONTENIDO**

1. INTRODUCCION
2. DESCRIPCION GENERAL DEL LUGAR
3. TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO
4. RESULTADOS OBTENIDOS

## **ANEXOS**

- A. HOJA DE REGISTRO DE EXPLORACION SUB SUPERFICIAL
- B. ESTRATIGRAFIA

## 1. INTRODUCCION

A continuación presentamos los resultados del Estudio de Suelos, realizado en el lugar donde se desarrolla el trabajo de graduación **"Vivienda sobre Plataforma, una solución al problema de Inundación de la Laguna El Jocotal"** ubicado en Laguna El Jocotal, cantón El Borbollón, El Transito, San Miguel.

El trabajo se realizó atendiendo la solicitud de los Bachilleres José Andrés Cruz Lazo, Roberto Efraín Melgares Salmerón y Armando Mauricio Molina, con el objeto de determinar las condiciones del subsuelo.

En base a los resultados obtenidos se dan recomendaciones para el diseño de las cimentaciones, Capacidad de carga etc.

La investigación comprendió de tres (3) sondeos exploratorios, distribuidos aisladamente, sin formar una línea de perfil continua, la profundidad máxima explorada fue de 3.50 mts.

## 2. DESCRIPCION GENERAL DEL LUGAR

El terreno presenta una topografía semi plana, está ubicado alrededor de la laguna El Jocotal.

## 3. TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO

El trabajo de campo se limitó a tres (3) sondeos exploratorios, efectuados con equipo de perforación motorizado, con el objeto de obtener muestras representativas y continuas para su identificación, determinar su contenido de humedad y la resistencia presentada por el suelo a la penetración de una cuchara muestrera estándar de 1 3/8" (34.9mm) de diámetro interno hincada con un martillo de 140 Lbs. (63.5 Kg.), el cual se deja caer desde una altura de 30" (76.2 cms) contándose el numero de golpes necesarios para penetrar un pie (30.5 cm) y obtener el valor N, según Norma ASTM D-1586 "Prueba de Penetración Estándar y Muestreo de suelos con Cuchara Partida".

Las muestras recuperadas se analizaron en el laboratorio efectuándose los ensayos que se describen a continuación según norma ASTM.

D -2216 "DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL LABORATORIO"  
 D-2448 "DESCRIPCION DE SUELOS, PROCEDIMIENTO VISUAL MANUAL"  
 D-2487 "CLASIFICACION DE SUELOS, PARA PROPOSITOS DE INGENIERIA"

#### 4. RESULTADOS OBTENIDOS

Del análisis de los resultados obtenidos tanto en la exploración del suelo como de los ensayos de laboratorio se observaron los siguientes aspectos importantes:

##### 4.1 ESTRATIGRAFIA

Los suelos predominantes en el sitio son:

- Limo Arenoso Orgánico (OL), color gris oscuro, con un 70% a un 75% de limo orgánico, ligeramente plástico y un 25% a un 30% de arena.
- Limo Arcilloso (ML<sup>h</sup>), color café oscuro y color gris oscuro, con un 60% a un 70% de limo de mediana plasticidad y un 30% a un 40% de arena.
- Arena Limosa (SM), color café, con un 55% a un 60% de arena fina a gruesa y partículas de gravas aisladas y un 40% a un 45% de limo ligeramente plástico y saturado.
- Arena Limo Arcillosa (SM<sup>h</sup>), color café y café oscuro, con un 55% a un 60% de arena fina a media y un 40% a 45% de limo arcilloso de baja a mediana plasticidad, saturado.
- Arena mal graduada (SP+G), color café oscuro a negro, con pocos finos y con un 15% a un 25% de escoria volcánica en forma de grava.

##### 4.2 RESISTENCIA DEL SUELO A LA HINCA DE LA CUCHARA MUESTRERA

En base al número de golpes de la prueba de penetración estándar (N), la consistencia de los suelos cohesivos se clasifica de la siguiente manera:

N (GOLPES)	CONSISTENCIA	Qu Kg/cm <sup>2</sup>
0 - 1	Muy blanda	0.00 - 0.25
2 - 4	Blanda	0.25 - 0.50
5 - 8	Media	0.50 - 1.00
9 - 15	Firme	1.0 - 2.00
16 - 30	Dura	2.00 - 4.00
Mas de - 30	Muy dura	> - 4.00

En base al número de golpes de la prueba de penetración estándar (N), la compacidad de los suelos granulares se clasifica de la siguiente manera:

N (GOLPES)	COMPACIDAD	CR. %
0 - 4	Muy suelto	0 - 5
5 - 10	Suelto	5 - 25
11 - 30	Semi compacto	25 - 60
31 - 50	Compacto	60 - 75
Mas de - 50	Muy compacto	> - 75

#### 4.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

Los valores del contenido de humedad máximos, mínimos y promedios, han sido tomados de las hojas de registro y han sido calculados siguiendo el estándar ASTM D-2216

SONDEO No.	Wmax.(%)	Wmin.(%)	Wprom.(%)
1	36.2(2.00mts)	31.7(1.00mts)	43.3
2	16.8(1.00mts)	4.4(0.50mts)	10.1
3	66.5(3.00mts)	25.9(0.50mts)	44.1

#### 4.4 CAPACIDAD DE CARGA

Se presenta a continuación los valores "aproximados" de capacidad de carga de los suelos atravesados en el sitio de estudio; los valores están dados en Kg./cm<sup>2</sup>

SONDEO No.	PROFUNDIDAD EN METROS					
	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
1	0.4	0.3	0.3	0.5	---	---
2	1.0	1.0	1.0	1.8	1.8	3.0
3	0.6	0.6	0.6	0.2	0.8	---

**5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- 5.1 En los sondeos , se detectó suelo suelto, con baja capacidad de carga, tal como se muestra a continuación:

Sondeo N°	Prof. de suelo suelto o con baja capacidad de carga (m)	Profundidad de suelo orgánico (m)
1	0.00 a 2.50 (*)	0.00 – 1.00
2	0.00 a 0.50 y 1.50 a 2.00	---
4	1.00 a 3.00 (*)	---

(\*) En el fondo de la exploración no se detectó suelo semi compacto.

- 5.2 No se detectó presencia de roca.
- 5.3 En sondeos N° 1 y 3, en el último metro, se detectaron suelos saturados,  $w\% > 56\%$ .
- 5.4 En el sondeo N° 2, se detectó contenidos de humedad bajos.
- 5.5 Para la zona de influencia de los sondeos N° 1 y 3, no se puede recomendar capacidad de carga; Únicamente para la zona de influencia del sondeo N° 2, cimentando superficialmente se podría utilizar  $1.0 \text{ Kg/cm}^2$ . Pero, si se realiza una excavación hasta 2.00 m. y se recompacta con suelo del lugar al 95% de AASHTO T-180, se podrá usar como presión de contacto  $1.8 \text{ Kg/cm}^2$
- 5.6 Construcciones desplantadas en zona de influencia de los sondeos N° 1 y 3, son susceptibles a desplazamientos verticales por la pobre capacidad de los suelos.

- 5.7 La información obtenida es insuficiente para recomendar la cimentación adecuada para cada caso y dar más conclusiones, por lo que se tendrán que realizar estudios posteriores, cuando se definan las zonas en que se ubicarán las viviendas.

Consideramos que la validez de nuestras recomendaciones en lo relativo a la cimentación, están sujetas a una inspección de las operaciones por parte de nuestra empresa o por un ingeniero geotécnico para prevenir cualquier imprevisto que pudiera surgir durante el desarrollo del proyecto.

Esta firma queda a las órdenes de los Bachilleres **José Andrés Cruz Lazo, Roberto Efraín Melgares Salmerón y Armando Mauricio Molina**, para aclarar dudas respecto a los conceptos que en este informe se proporcionan.

Atentamente,

Por SEPROBIA, S.A. DE C.V.

**SEPROBIA** / SERVICIOS PROFESIONALES BERGANZA  
INGENIEROS ARQUITECTOS S.A. DE C.V.

  
Roberto Otoniel Berganza Estrada.  
Ingeniero Civil




# SEPROBIA, S.A. DE C.V.

## LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

OBRA: TRABAJO DE GRADUACION: VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA, UNA SOLUCION AL PROBLEMA DE INUNDACION  
 LOCALIZACION: LAGUNA "EL JOCOTAL", CANTON EL BORBOLLON, EL TRANSITO, SAN MIGUEL.  
 HERRAMIENTA DE AVANCE: CUCHARA MUESTRERA  
 HERRAMIENTA DE MUESTREO: CUCHARA MUESTRERA

PROPIETARIO:  
 SONDEO No. 1 ELEVACION BROCAL:  
 REGISTRO: E.L. OPERADOR: H.Q. REVISOR: R.B.  
 PESO GOLPEADOR: 140 lbs.  
 FECHA: AGOSTO - 2000  
 REFERENCIA: SEPROBIA-ES-064-2000

PROF. mts.	RESISTENCIA A LA PENETRACION				HUMEDAD %	CLASIFICACION
	20 Cm	15 Cm	15 Cm	N		
0.50	3	2	2	4	44.0	LIMO ARENOSO (OL) COLOR GRIS OSCURO, LIGERAMENTE PLASTICO, CON UN 25% A 30% DE ARENA FINA A MEDIA.
1.00	4	4	4	8	31.7	
1.50	2	2	2	4	40.9	LIMO ARCILLOSO (ML) COLOR CAFÉ OSCURO, DE MEDIANA PLASTICIDAD, CON UN 40% DE ARENA.
2.00	1	1	2	3	56.2	ARENA LIMO ARCILLOSA (SM) COLOR CAFÉ, CON LIMO ARCILLOSO DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD (SATURADO), CON UN 60% DE ARENA FINA A MEDIA.
2.50	2	1	4	5	43.6	
						

**SEPROBIA, S.A. DE C.V.**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

OBRA: TRABAJO DE GRADUACION: VIVIENDA SOBRE  
PLATAFORMA, UNA SOLUCION AL PROBLEMA DE INUNDACION  
LOCALIZACION: LAGUNA "EL JOCOTAL", CANTON EL  
BORBOLLON, EL TRANSITO, SAN MIGUEL,  
HERRAMIENTA DE AVANCE: CUCHARA MUESTRERA  
HERRAMIENTA DE MUESTREO: CUCHARA MUESTRERA

PROPIETARIO:  
SONDEO No. 2 ELEVACION BROCAL:  
REGISTRO: E.L. OPERADOR: H.Q. REVISOR: R.B.  
PESO GOLPEADOR: 140 lbs.  
FECHA: AGOSTO - 2000  
REFERENCIA: SEPROBIA-ES-064-2000

PROF. mts.	RESISTENCIA A LA PENETRACION				HUMEDAD	CLASIFICACION
	20 Cm	15 Cm	15 Cm	N	%	
0.50	3	3	6	9	4.4	ARENA LIMO-ARCILLOSA (SM*) COLO CAFÉ OSCURO CON LIMO DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD CON UN 55% DE ARENA FINA A MEDIA, Y FRAGMENTOS DE ESCORIA VOLCANICA.
1.00	7	8	12	20	16.8	ARENA LIMO-ARCILLOSA (SM+G) COLOR CAFÉ, CON LIMO DE BAJA A MEDIANA PLASTICIDAD CON UN 80% DE ARENA FINA A GRUESA, Y ± 30% DE ESCORIA VOLCANICA.
1.50	10	12	14	26	11.5	ARENA MAL GRADUADA (SP+G) FINA A GRUESA, COLOR CAFÉ OSCURO A NEGRO, CON POCOS FINOS Y CON UN 15% A 20% DE ESCORIA VOLCANICA (GRAVA).
2.00	13	5	5	10	4.7	
2.50	6	20	10	30	0.0	NO HUBO RECUPERACION
3.00	15	10	8	18	12.1	ARENA MAL GRADUADA (SP+G) FINA A GRUESA, COLOR NEGRO CON POCOS FINOS Y CON UN ±25% DE ESCORIA VOLCANICA (GRAVA).
3.50	15	10	22	32	11.0	

**SEPROBIA** SERVICIOS PROFESIONALES DE INGENIEROS ARQUITECTOS S.A. DE C.V.

# SEPROBIA, S.A. DE C.V.

## LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

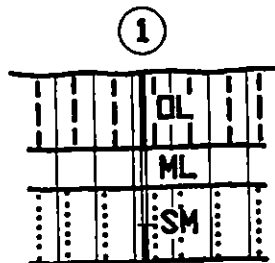
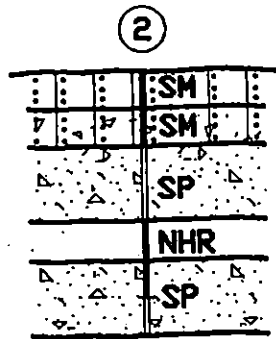
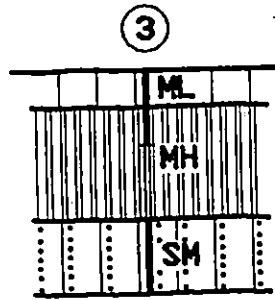
OBRA: TRABAJO DE GRADUACION: VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA, UNA SOLUCION AL PROBLEMA DE INUNDACION  
 LOCALIZACION: LAGUNA "EL JOCOTAL", CANTON EL BORBOLLON, EL TRANSITO, SAN MIGUEL.  
 HERRAMIENTA DE AVANCE: CUCHARA MUESTRERA  
 HERRAMIENTA DE MUESTREO: CUCHARA MUESTRERA

PROPIETARIO:  
 SONDEO No. 3 ELEVACION BROCAL:  
 REGISTRO: E.L. OPERADOR: H.Q. REVISO: R.B.  
 PESO GOLPEADOR: 140 lbs.  
 FECHA: AGOSTO - 2000  
 REFERENCIA: SEPROBIA-ES-064-2000

PROF. mts.	RESISTENCIA A LA PENETRACION				HUMEDAD	CLASIFICACION
	20 Cm	15 Cm	15 Cm	N	%	
0.50	10	6	6	12	25.9	LIMO ARCILLOSO (ML*) COLOR GRIS OSCURO; DE MEDIANA PLASTICIDAD CON UN 30% DE ARENA FINA A MEDIA Y ESCORIA VOLCANICA AISLADA.
1.00	10	7	8	15	29.8	LIMO ARCILLOSO (MH) COLOR CAFE OSCURO; DE ALTA COMPRESIBILIDAD CON UN 10% DE ARENA FINA.
1.50	7	4	4	8	38.5	
2.00	5	4	4	8	43.7	
2.50	1	1	1	2	59.9	ARENA LIMOSA (SM) COLOR CAFE, CON LIMO LIGERAMENTE PLASTICO (SATURADO), CON UN 55% A 60% DE ARENA FINA A GRUESA Y GRAVAS AISLADAS.
3.00	2	2	6	8	66.5	



SEPROBIA \ PROYECTOS \ ESTUDIOS DE SUELO \ LAGUNA EL JOCOTAL \ ESTRATIGRAFIA





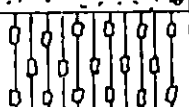

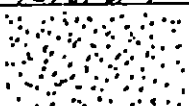
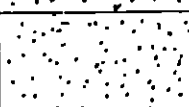

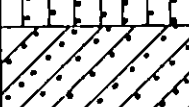
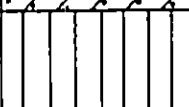
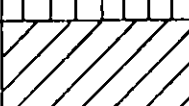


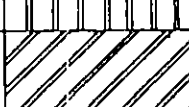
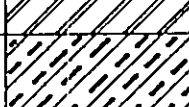
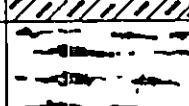
**SEPROBIA** / SERVICIOS PROFESIONALES / INGENIEROS  
 INGENIEROS / ARQUITECTOS / S.A. DE C.V.

**SEPROBIA      LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**  
**ESTRATIGRAFIA**

PROYECTO : TRABAJO DE GRADUACION: VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA, UNA SOLUCION AL PROBLEMA DE INUNDACION DE LA LAGUNA EL JOCOTAL

DIBUJO Téc. M. H. G.	UBICACION : Laguna "El Jocotal", cantón El Borbollón, El Transito, San Miguel.	SOLICITADO POR : Jose Andrés Cruz Lazo Roberto Efraim Melgares Salmerón Armando Mauricio Molina	ESCALA : V. 1 : 1 0 0 H. 1 : 1 0 0	FECHA AGOSTO-2000
REVISO Ing. R. O. B. E.	Creado en ambiente IntellCAD			

# SEPROBIA LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES

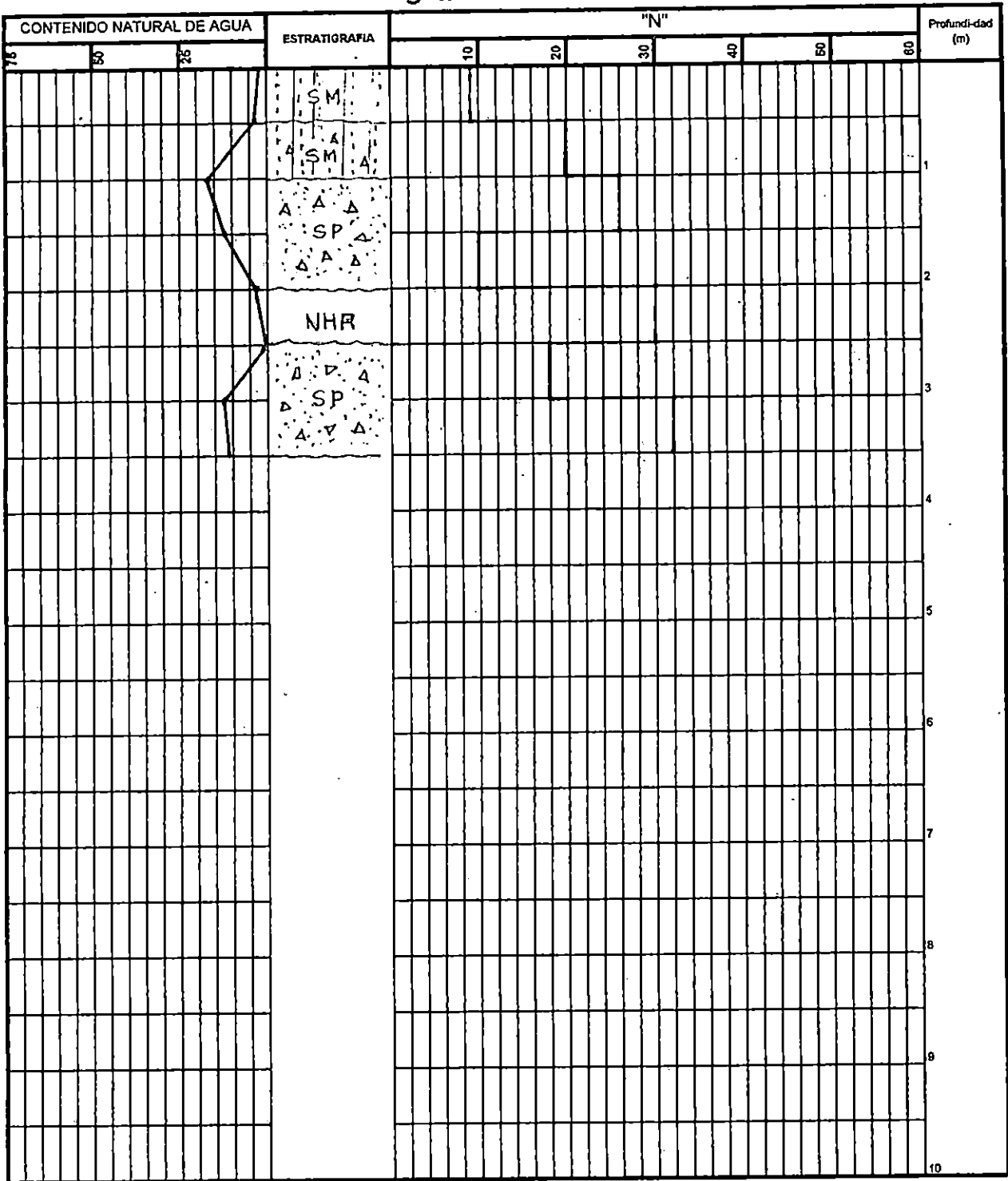
DIVISIONES PRINCIPALES		SIMBOLO DE GRUPO	REPRESENTACION GRAFICA	NOMBRES TIPICOS	
SUELOS DE PARTICULAS GRESAS MAS DEL 50% ES RETENIDO EN LA MALLA 200	GRAVAS 50% O MAS DE LA FRACCION GRUESA SE RETIENE EN LA MALLA N°4	GRAVAS LIMPIAS	GW		GRAVAS BIEN GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS.
		GRAVAS LIMPIAS	GP		GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS.
		GRAVAS CON FINOS	GM		GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO.
			GC		GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA.
	ARENAS MAS DEL 50% DE LA FRACCION GRUESA PASA LA MALLA N°4	ARENAS LIMPIAS	SW		ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS.
			SP		ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS.
		ARENAS CON FINOS	SM		ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO.
			SC		ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA.
	SUELOS DE GRANO FINO 50% O MAS PASA LA MALLA 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO DE 50% O MENOR	ML		LIMOS INORGANICOS, ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, LIMOS ARENOSOS O ARCILLOSOS LIGERAMENTE PLASTICOS.
			CL		ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA A MEDIA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS.
OL				LIMOS ORGANICOS, ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD.	
LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50%		MH		LIMOS INORGANICOS, LIMOS MICACEOS DIATOMACEOS, LIMOS ELASTICOS.	
		CH		ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCSAS.	
		OH		ARCILLAS FRANCSAS DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD.	
SUELOS CON ELEVADA PROPORCION DE MATERIA ORGANICA		Pt		TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	

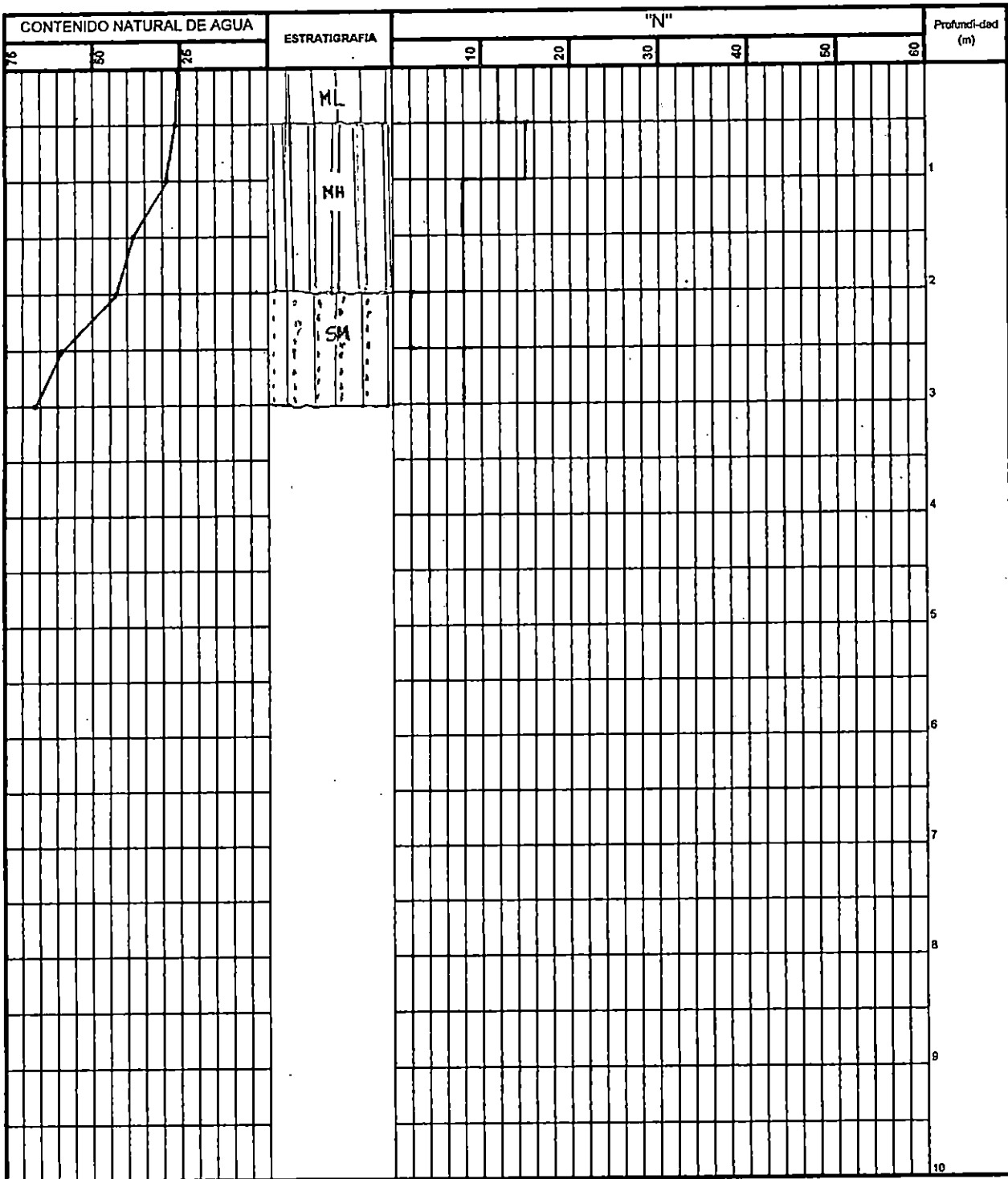
ANEXO 3.5

S-1

CONTENIDO NATURAL DE AGUA			ESTRATIGRAFIA	"N"							Profundidad (m)	
76	8	78		4	10	20	30	40	50	60		
			OL									1
			ML									2
			SM									3
												4
												5
												6
												7
												8
												9
												10

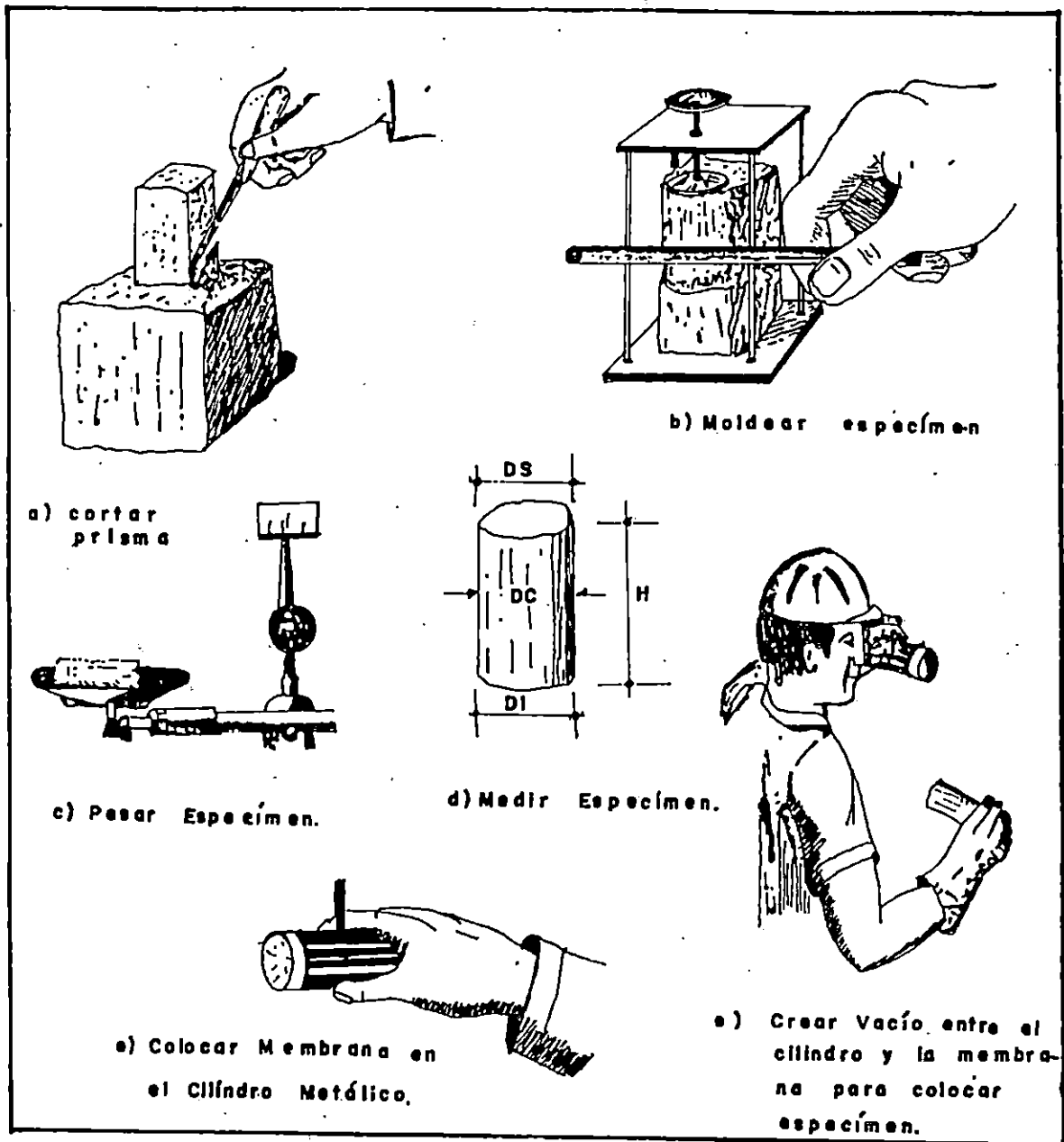
S-2







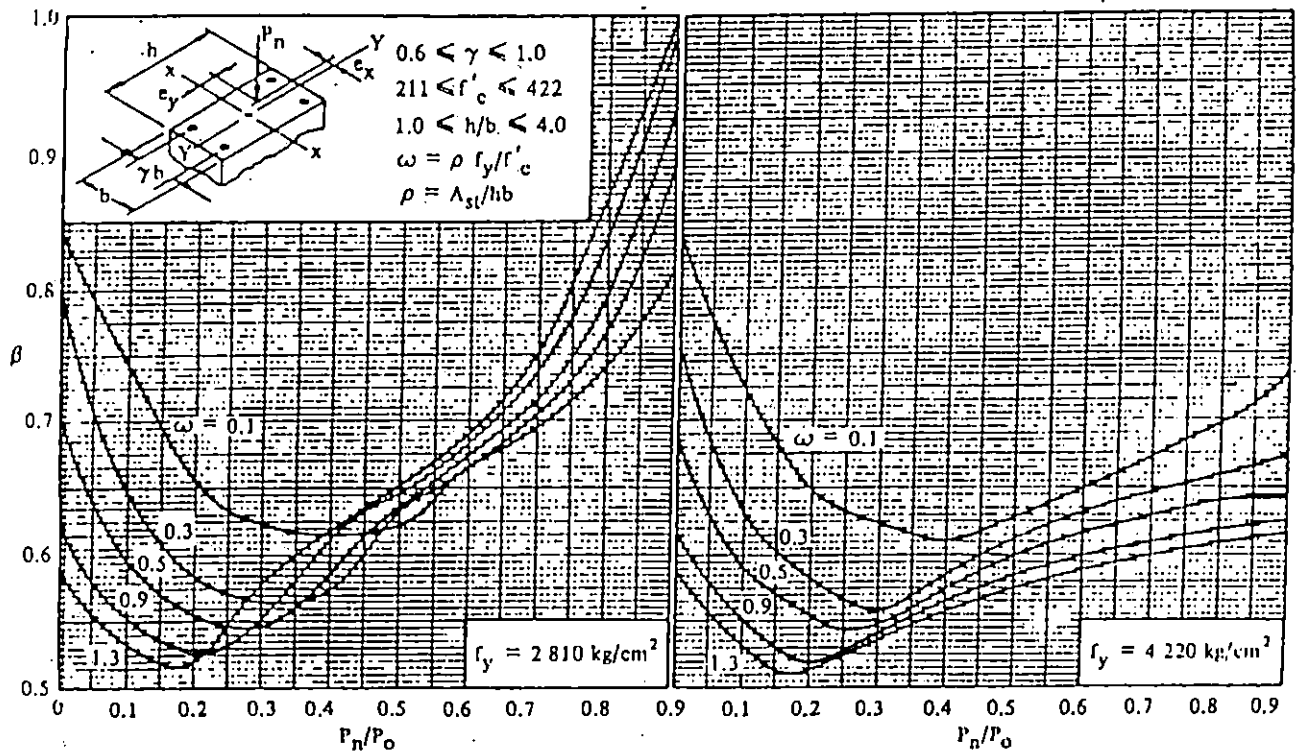
ANEXO 3.4



Elaboración de la probeta de suelo.

# ANEXO 4.1

Disposición de 4 varillas



Constantes de diseño para flexión biaxial.

Con efecto de esbeltez,  $\lambda=0$

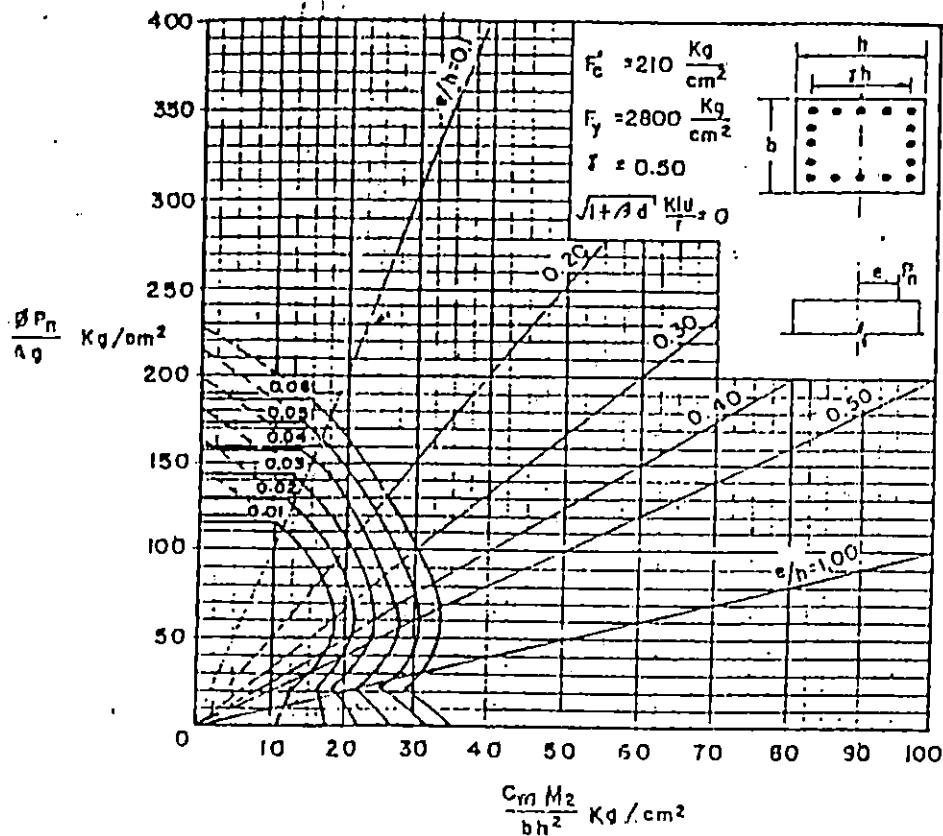


TABLA II.1 COEFICIENTES DE MOMENTOS PARA TABLEROS RECTANGULARES APOYADOS PERIMETRALMENTE, FRANJAS CENTRALES.  
Para las franjas extremas multiplíquense los coeficientes por 0.60

TABLERO	MOMENTO	CLARO	RELACION DE LADOS CORTO A LARGO, $m = a_1/a_2$													
			0		0.5		0.6		0.7		0.8		0.9		1.0	
			I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
Interior Todos los bordes continuos	Neg. en bordes interiores	corto	998	1018	553	565	489	498	432	438	381	387	333	338	288	292
		largo	516	544	409	431	391	412	371	388	347	361	320	330	288	292
	Positivo	corto	630	668	312	322	268	276	228	236	192	199	158	164	126	130
		largo	175	181	139	144	134	139	130	135	128	133	127	131	126	130
De borde Un lado corto discontinuo	Neg. en bordes interiores	corto	998	1018	568	594	506	533	451	478	403	431	357	388	315	346
		largo	516	544	409	431	391	412	372	392	350	369	326	341	297	311
	Neg. en bordes dis.	largo	326	0	258	0	248	0	236	0	222	0	206	0	190	0
		corto	630	668	329	356	292	306	240	261	202	219	167	181	133	144
Positivo	largo	179	187	142	149	137	143	133	140	131	137	129	136	129	135	
	De borde Un lado largo discontinuo	Neg. en bordes interiores	corto	1060	1143	583	624	514	548	453	481	397	420	346	364	297
largo			587	687	465	545	442	513	411	470	379	426	347	384	315	346
Neg. en bordes dis.		corto	651	0	362	0	321	0	283	0	250	0	219	0	190	0
		corto	751	912	334	366	285	312	241	263	202	218	164	175	129	135
Positivo	largo	185	200	147	158	142	153	138	149	135	146	136	145	133	144	
	De esquina Dos lados adyacentes discontinuo	Neg. en bordes interiores	corto	1060	1143	598	653	530	582	471	520	419	464	371	412	324
largo			600	713	475	564	455	541	429	506	394	455	360	410	324	364
Neg. en bordes discontinuos		corto	651	0	362	0	321	0	277	0	250	0	219	0	190	0
		largo	326	0	258	0	248	0	236	0	222	0	206	0	190	0
Positivo	corto	751	912	358	416	306	354	259	298	226	247	176	199	137	153	
	largo	191	212	152	168	146	163	142	158	140	156	138	154	137	153	
Aislado Cuatro lados discon- tinuos	Neg. en bordes discontinuos	corto	570	0	550	0	530	0	470	0	430	0	380	0	330	0
		largo	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0	330	0
	Positivo	corto	1100	1670	830	1380	800	1330	720	1190	640	1070	570	950	500	830
		largo	200	250	500	830	500	830	500	830	500	830	500	830	500	830

ANEXO 4.2

Caso I. Losa colada monolíticamente con sus apoyos.

Caso II. Losa no colada monolíticamente con sus apoyos.

Los coeficientes multiplicados por  $10^{-4}$   $wa_1$  dan momentos por unidad de ancho.

Para el caso I,  $a_1$  y  $a_2$  pueden tomarse como los claros libres entre paños de vigas; para el caso II se tomarán como los claros entre ejes, pero sin

## **ANEXO 4.3**

### **ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA VIVIENDA EN LAGUNA EL JOCOTAL**

#### **EXCAVACION**

La profundidad de desplante no será menor de 1 metro para suelo compacto y hasta 2 metros para suelos blandos(que será restituído adecuadamente para un nivel de desplante de 1 metro).

#### **COMPACTACION**

La restitución de suelo se hará cumpliendo con la Norma AASHTO T-180 en un 90 % .

#### **ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO**

Para la hechura de concreto, el cemento debe ser Portland tipo I. Este debe almacenarse en un lugar seco y se debe estar sobre una tarima para protección contra la humedad.

El agua ha utilizar debe ser limpia, para este caso puede usarse el agua de pozos de la zona.

Los agregados pétreos como grava deben ser limpios y sin contaminación de orgánicos, de igual manera para la arena a utilizar.

Las proporciones requeridas, tanto para grava, arena y agua, por bolsa de cemento deben ser lo más precisas posibles utilizando cubetas, baldes o

cajones de madera (parihuelas) con dimensiones que permitan mantener las cantidades para cada elemento y resistencia del concreto especificada.

El acero de refuerzo debe estar con el espaciamiento requerido y con el recubrimiento, dependiendo éste si la estructura estará en contacto directo con el terreno, deberá llevar un recubrimiento de 7.5 cm y en los otros casos, de 5 cm. Los dobleces de acuerdo a los detalles que se presentan.

Al momento del colado, el concreto debe quedar bien acomodado mediante el proceso de vibración mecánica o manual para evitar la formación de colmenas.

Los elementos después de colados deberán de curarse para evitar la pérdida de humedad en el concreto y el procedimiento dependerá del elemento mismo, así, para las columnas se rociarán constantemente con agua, para las zapatas se colocará una capa de arena húmeda o sacos de yute humedecidos y a losa en su perímetro se hará un bordillo para anegarla, durante 7 días mínimo.

Zapatas, columnas y losa:

El concreto utilizado para el colado de éstos elementos estructurales debe de ser para una resistencia a la compresión a los 28 días de 210 kg/cm<sup>2</sup>. El acero de refuerzo debe colocarse según detalles estructurales en planos de anexo 4.4. El recubrimiento para la protección del acero contra los sulfatos debe

ser de 7.5 cm en caso de estar la estructura en contacto con el suelo(zapatillas y pedestales).

El recubrimiento del acero para los elementos vigas(sección 25x35 cm) y columnas (sección 25x25 cm) no debe de ser menor de 4.0 cm. En el caso de la losa (espesor 10 cm), el recubrimiento de la parte inferior debe de ser por lo menos de 2.0 cm, ya que de ser menor el cambio de temperatura puede hacer que el acero agriete la superficie de ésta, con lo que su funcionamiento no será el normal esperado.

Es importante se cumpla con el recubrimiento para el acero de cada uno de estos elementos debido que estarán constantemente en contacto con el agua( más que todo las columnas) lo cual puede llegar a corroer el acero.

## PAREDES

Las paredes deben ser construidas de ladrillo de barro cocido con nervios y alacranes para rigidez de los módulos. Deben ser humedecidos antes de su colocación.

La fluidez de la mezcla para el pegado de la pieza debe ser tal que, permita el acomodamiento de ésta y de las hiladas. El espesor de junta será de 2 cm como máximo.

El acabado de las paredes será sisado.

El espaciamiento entre nervaduras no debe ser mayor de 3 metros y en mochetas de puertas y ventanas se colocará un elemento de 2 varillas (alacrán).

Colocar solera intermedia a nivel de repisa de ventanas y cargadero de puertas, al igual que una solera de coronamiento de las mismas dimensiones.

## PISOS

Será de ladrillo de cemento tipo económico color rojo 25x25cm sobre una capa de hormigón no mayor de 5 cm y 3 cm de mezcla, zulaqueado con pasta a base de cemento y agua.

## PUERTAS

Se colocarán puertas de lámina troquelada con las dimensiones especificadas en planos con chapa de llave y pasador.

## VENTANAS

Se colocarán ventanas de celosía de vidrio nevado y marco de aluminio tipo económica.

## TECHO

La estructura será a base de polín espacial de 3 cuerdas con celosía a 60 grados empotrados en soleras de coronamiento y la cubierta será de lámina acanalada según estándares.

## ESCALERAS METALICAS

Apoyadas en una placa metálica empotrada en un pedestal de concreto, La estructura principal formada por polín C de 4" encajuelado. Huellas formadas de marco angular de 1 ½" x 1 ½" y placas de concreto reforzado con varilla de ¼". Ver detalles en planos estructurales.

Los detalles de espaciamiento del acero de refuerzo tanto para losa, columna y zapatas se presentan en planos anexos.



## **ANEXO 4.4**

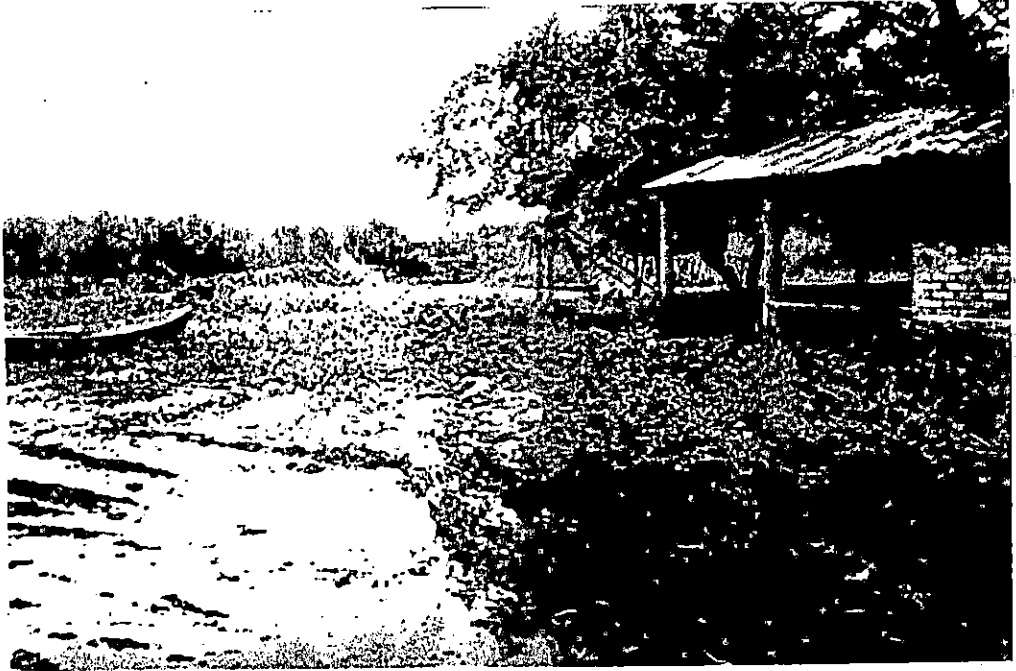
# **ILUSTRACIONES DEL LUGAR DE ESTUDIO**



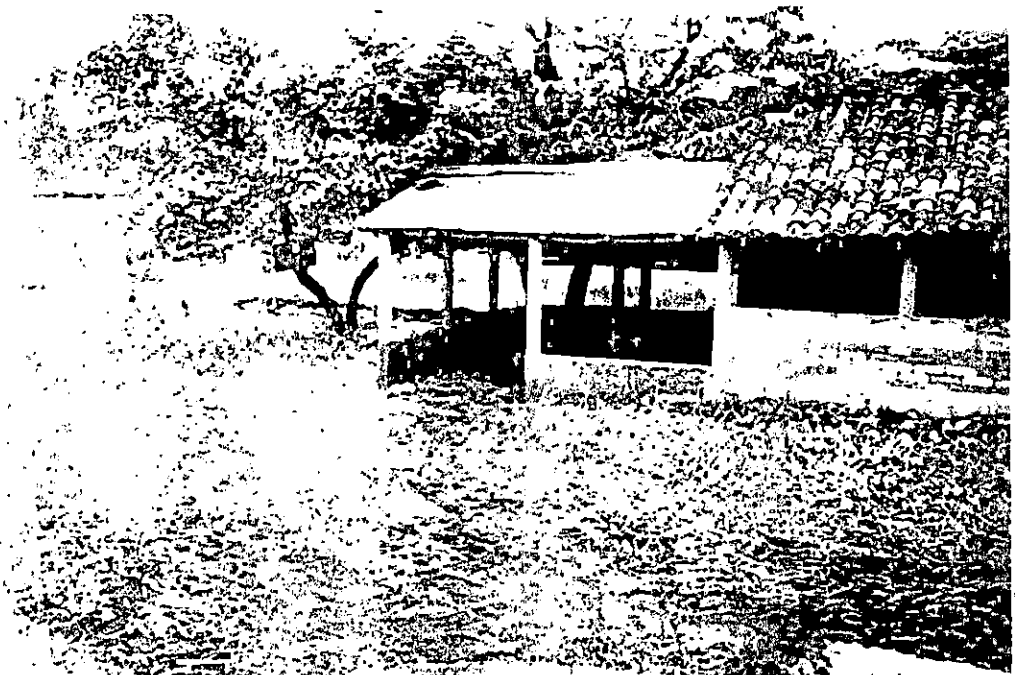
Fotografía No.1: Entrada principal en pésimas condiciones por el desbordamiento de la Laguna El Jocotal. Tomada 30 de septiembre de 2000.



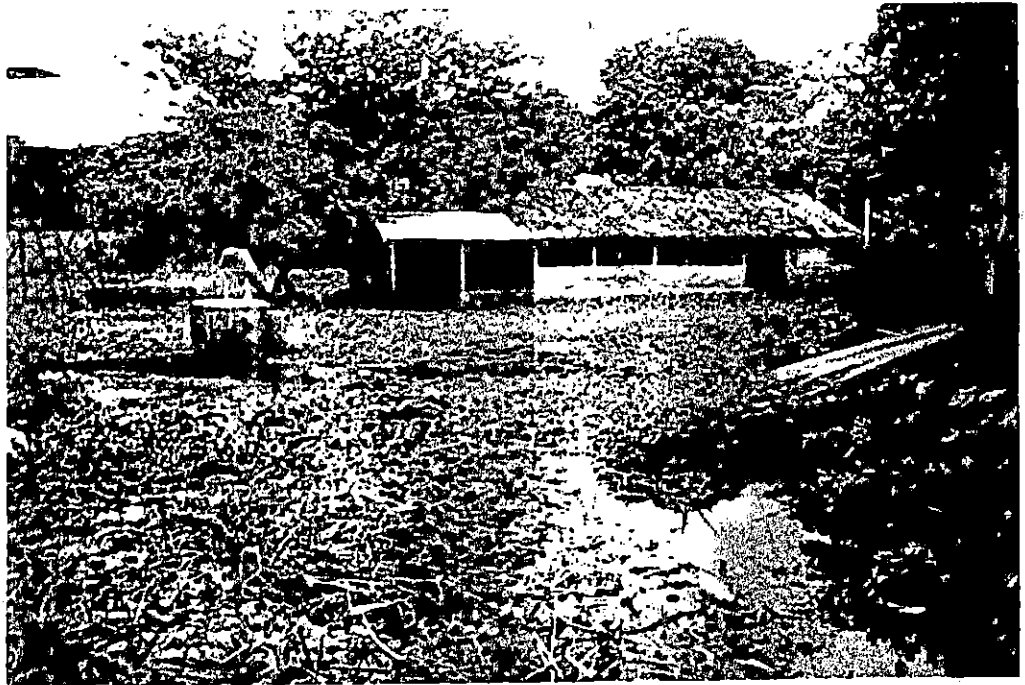
Fotografía No.2: Vista del pozo que abastece cerca del 60% de la Comunidad El Borbollón afectado debido a la inundación, 30 de septiembre de 2000.



Fotografía No.3: Vista de una vivienda adyacente a la Laguna que se encuentra inundada



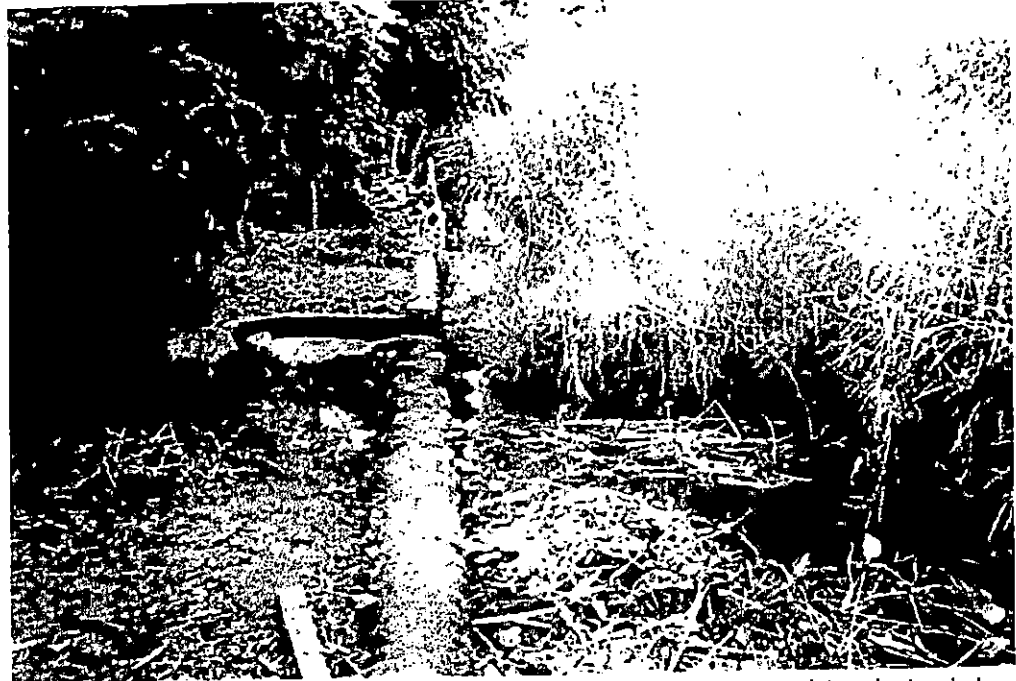
Fotografía No.4: Vista más cercana de vivienda inundada



Fotografía No.5: Inundación vista de otro ángulo calle entre viviendas y Laguna



Fotografía No.6 Zona de lavaderos entre pozo y árbol cubierta por la inundación



Fotografía No.7: Se puede observar como una de las islas flotantes que existen dentro de la Laguna ha obstruido totalmente la calle(calle a la derecha del muro). Sept. 30 de 2000.



Fotografía No.8: Vista de embarcadero de lanchas afectado por desplazamiento de isla flotante. Septiembre 30 de 2000.

**ANEXO 4.5**

**PLANOS**

# APENDICE

## A

## ANALISIS ESTRUCTURAL DE VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA

A continuación se detallan los diferentes materiales que se utilizarán para la construcción de la vivienda:

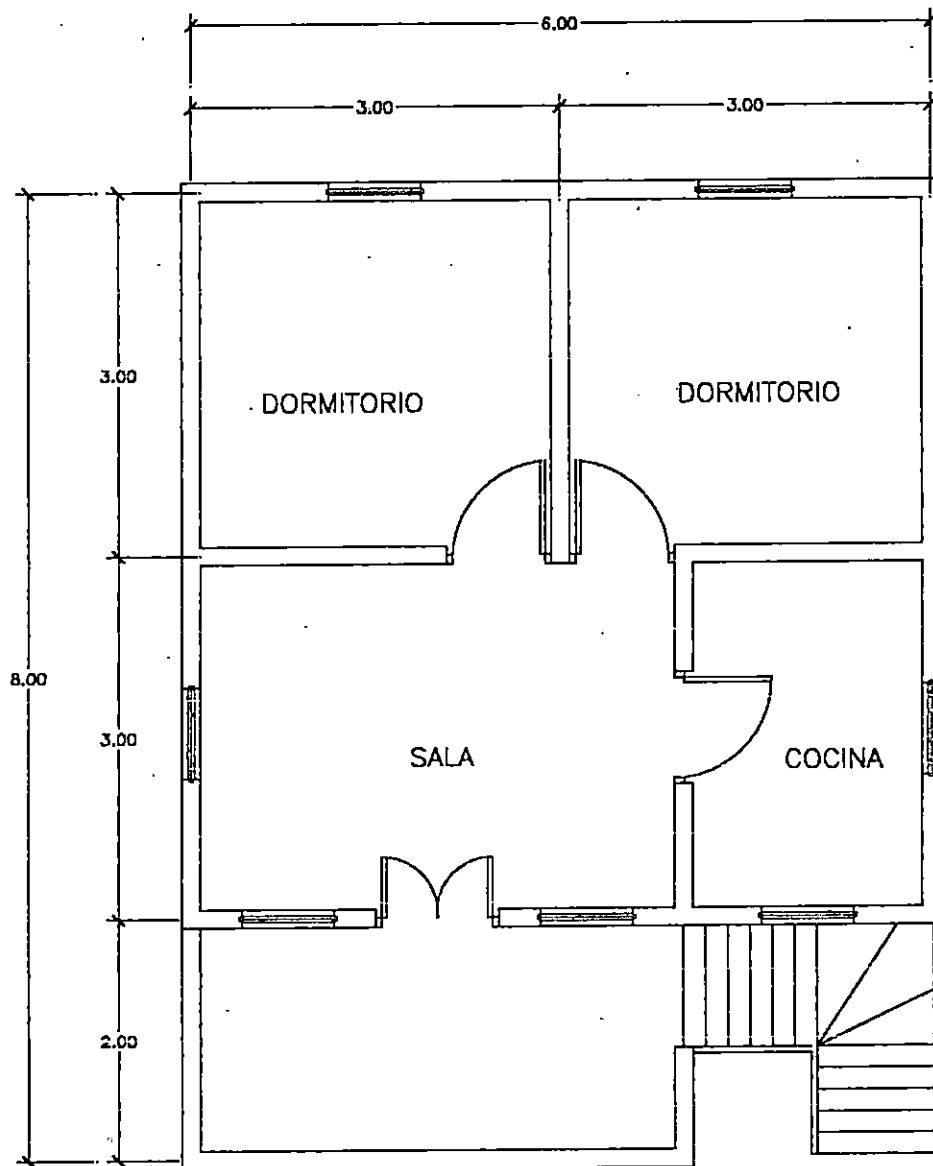
- Estructura desde zapatas hasta plataforma construida de concreto reforzado.
- Paredes de sistema mixto(ladrillo de obra con nervios de concreto reforzado)
- Estructura de techo metálica con cubierta de lámina fibrolit.

La elección de estos materiales se hicieron en base a:

- La duración o vida útil que ofrecen; ésto en el caso de la estructura desde zapatas hasta plataforma, lo más adecuado es usar concreto reforzado debido a la resistencia que ofrecen y basándose en lo costoso y difícil que resultaría el cambio de uno de los elementos al resultar dañado, esto en caso de utilizar madera como columnas al permanecer por mucho tiempo en el agua.
- Paredes de ladrillo de obra combinado con nervios y soleras de concreto reforzado, es para tener un peso representativo para el diseño estructural; dejando claro que puede utilizarse madera y otro sistema prefabricado aligerado.



- La estructura de techo puede construirse con estructura de madera y cubierta de teja de barro cocido. Para el análisis se considera el sistema con estructura metálica y cubierta de lámina acanalada.



**PLANTA ARQUITECTONICA**  
**VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA**

FIG A-1

E S C. 1 : 1 0 0

## BAJADO DE CARGAS

Peso índice de la losa.

Losa densa  $h=12$  cm

$$\text{Peso propio} = 0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Sobrelosa} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Enladrillado} = 120 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Inst. Eléctricas} = 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Divisiones Interiores} = \underline{70 \text{ kg/cm}^2}$$

$$D = 528 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = \underline{90 \text{ kg/cm}^2}$$

$$618 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1.5 \times 1.5 \times \left(\frac{1}{2}\right) \times 2 = 2.25 \text{ m}^2$$

$$A1 = 1.0 \times 3.0 = 3 \text{ m}^2$$

$$A2 = 1.0 \times 2.0 = 2.0 \text{ m}^2$$

Pared de ladrillo de barro puesto de lazo

Eje 1.

Tramo AB=BC , Eje 3 Tramo AB=BC

$$W \text{ viga} = 0.25 \times 0.35 \times 3 \times 2400 = 630 \text{ Kg}$$

$$W \text{ pared} = (2.4 + 2.85) \left(\frac{1}{2}\right) \times 3 \times 300 = 2362.5 \text{ Kg.}$$

$$W \text{ losa} = 2.25 \times 618 = 1390.5 \text{ kg}$$

$$W t = 4.38 \text{ ton}$$

Eje 2.

Tramo AB=BC

W viga = 630Kg

W losa = 2781Kg

W pared = 2362.5Kg

W t = 5.77ton

Tramo CD

W viga = 420kg

W losa = 1236kg

W t = 1.66ton

Eje A.

Tramo 1-2 = 2-3 y Eje C Tramo 2 - 3

W viga = 630kg

W losa = 1390.5kg

W pared = 2160Kg

W t = 4.18ton

Eje B.

Tramo 1-2 = 2 - 3

W viga = 630Kg

W losa = 2781Kg

W pared = 2565Kg

W t = 5.98ton

Eje C

Tramo 1-2

W viga = 630kg

W losa = 3244.5Kg

Eje D

Tramo 1-2

W viga = 630kg

W losa = 1854Kg

W pared = 1350 Kg

Tramo 2-2'

W viga = 210 Kg

Viga VS en Eje 2' CD

W viga = 252Kg.

Carga de techo, D = 64kg/m<sup>2</sup> y L= 20kg/m<sup>2</sup>

Para eje 1 y eje 3

84 kg/cm<sup>2</sup> x 6 x 3= 1.51ton

Tabla A-1  
**CUADRO RESUMEN DE CARGAS POR TRAMOS**

Eje	Tramo	W ton
1	A-B	4.38
	B-C	4.38
	C-D	1.32
2	A-B	5.76
	B-C	5.76
	C-D	1.66
3	A-B	4.38
	B-C	4.38
A	1/2	4.17
	2/3	4.17
B	1/2	5.97
	2/3	5.97
C	1/2	6.03
	2/3	4.17
D	1/2	3.84
	2/2'	0.21
VS	C	0.13
	D	0.13
TECHO	1/AB	0.75
	1/BC	0.75
	3/AB	0.75
	3/BC	0.75

**CORTANTE BASAL DE DISEÑO Y COEFICIENTE SÍSMICO.**

$$V_b = C_s (W)$$

Ec.A.1

Donde:

V<sub>b</sub> : cortante basal

C<sub>s</sub> : Coeficiente Sísmico

W : peso total del entrepiso.

Para la determinación del coeficiente sísmico se tiene:

$$C_s = \frac{A I C_o}{R} (T_o / T)^{2/3} \quad \text{Ec.A-2}$$

Donde:

A : factor de zona

R : Factor de reducción de respuesta

I : factor de importancia(uso de la estructura)

Co: coeficiente de sitio

To: Período del terreno

T : Período de la estructura

El período de la estructura debe satisfacer;

$$T_o < T < 6 T_o$$

$$T = C_t (h_n)^{3/4} \quad \text{Ec.A.3}$$

Donde:

C<sub>t</sub> : 0.073 para marcos de concreto reforzado

h<sub>n</sub>: altura de la edificación medidos desde el suelo hasta el último nivel.

En este caso se considera que el nivel del agua alcanza 2.20 metros en el área que se proyecta para construir; pero se considera una altura adicional de 50 centímetros para garantizar que no se inunden.

De ecuación A.3:

$$T = 0.073 (2.7)^{3/4}$$

$$T = 0.15 \text{ seg.}$$

De tablas de Normas Técnicas para Diseño por sismo(sep.1993)

$$I = 1.0 \quad (\text{de tabla 1})$$

$$C_o = 2.5$$

$$T_o = 0.3 \quad (\text{ambos de tabla 2})$$

Categoría de ocupación tipo III, según tabla 3

$$R = 12$$

$$C_d = 8 \quad (\text{ambos de tabla 7})$$

Como  $T > T_o$  y  $T < 6 T_o$

comparando:

$$0.3 < T < 6(0.3)$$

$$0.3 < T < 1.8$$

Para el caso  $T < T_o$  se toma  $T = T_o$ , por tanto  $T = 0.3$  seg.

De ecuación A.2

$$C_s = (0.4 \times 1 \times 2.5) / 12 \times (0.3 / 0.3)^{2/3}$$

$$C_s = 0.083$$

Del bajado de cargas, el peso del entrepiso es igual a:

$$W = 69.798 \text{ ton}$$

Con ecuación A.1

$$V_b = 0.083(69.798)$$

$$V_b = 5.79 \text{ ton.}$$

$$V_{bx} = V_{by} \quad (\text{por ser el mismo sistema de marcos en ambos sentidos})$$

Calculando fuerzas horizontales.

$$F_i = (V_i - F_t)w_{ih} / \sum(w_{ih}), \quad f = 0.0 \text{ para } T < 0.7 \text{ seg.} \quad \text{Ec.A.4}$$

Donde:

$K_{C1}$ : rigideces relativas de columnas

$K_{V1}$ : rigideces relativas de vigas

$h_1$ : altura de entrepiso 1

$h_2$ : altura de entrepiso 2, en este caso es igual a cero pues es solamente un entrepiso.

### **Cálculo de rigideces relativas de vigas y columnas.**

Para vigas:  $b = 25\text{cm}$        $h = 35\text{cm}$

$$K_v = bh^3/12L = I/L \Rightarrow I = bh^3/12$$

$$I = 89322.92 \text{ cm}^4$$

Para  $L = 300\text{cm}$

$$K_{V1} = 89322.92/300 = 297.74 \text{ cm}^3$$

Para  $L = 200 \text{ cm}$

$$K_{V1} = 89322.92/200 = 446.61 \text{ cm}^3$$

Para ejes 1 y 2

$$\Sigma K_{V1} = 2(297.74) + 446.61 = 1042.09 \text{ cm}^3$$

para eje 3

$$\Sigma K_{V1} = 2(297.74) = 595.48 \text{ cm}^3$$

Para ejes A, B y C

$$\Sigma K_{V1} = 2(297.74) = 595.48 \text{ cm}^3$$

para eje D



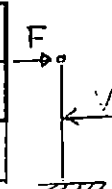
Donde:

Fi: fuerza horizontal del entrepiso

Ft: fuerza de látigo.

TABLA A-2

Wi	hi	Wihi	Fxi	Fyi	Vxi	Vyi
69.798	2.7	188.45	5.79	5.79		
					5.79	5.79



$$F_x = ((5.79 - 0.0) \times 188.45) / 188.45$$

$$F_x = 5.79$$

Debido a que es un sólo nivel  $F_x = V_x$

#### DISTRIBUCION HORIZONTAL DEL CORTANTE.

$$V_i = (R_i / \sum R_i) V_b$$

Ec.A.5

Donde:

Vi: cortante de diseño

Ri: rigideces de marco i

$\sum R_i$ : sumatoria de rigideces de marcos paralelos a Vi

La rigidez de los marcos se calculará a través de las formulas de Wilbur;

$$R_i = \frac{48E_c}{h_i \left[ \frac{4h_i}{\sum Kc_1} + \frac{h_1+h_2}{\sum Kv_1 + \sum Kc_1 / 12} \right]}$$

Ec.A-6

$$Kv_1 = 89322.92/300 = 297.74 \text{ cm}^3$$

Para columnas:  $b=h=25 \text{ cm}$

$$Ic = 32552.08 \text{ cm}^4$$

Para  $L = 2.70 \text{ metros}$

$$Kc_1 = 32552.08/270 = 120.56$$

Para ejes 1 y 2

$$\Sigma Kc_1 = 4(120.56) = 482.24 \text{ cm}^3$$

para ejes 3 y A, B y C

$$\Sigma Kc_1 = 3(120.56) = 361.68 \text{ cm}^3$$

para eje D

$$\Sigma Kc_1 = 2(120.56) = 241.12 \text{ cm}^3$$

Con la ecuación A.6

$$Ec = 15100(\sqrt{210}), \text{ se obtiene:}$$

$$R_A = 11.38 \text{ ton / cm}$$

$$Y \ R_A = R_B = R_C = R_3 = 11.38 \text{ Ton/cm}$$

Teniendo para eje D,  $R_D = 7.3 \text{ ton/cm}$

Para eje 1 y 2,  $R_1 = R_2 = 15.63 \text{ ton/cm}$

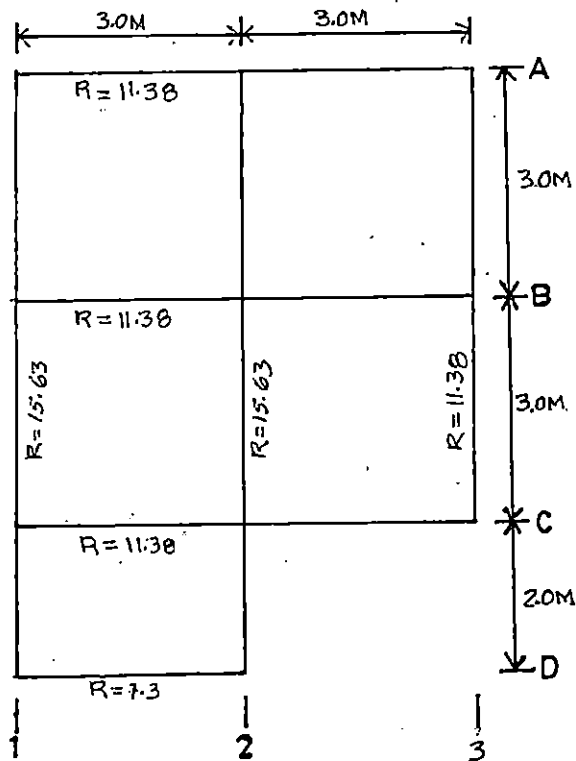


FIG A - 2

### CENTRO DE CORTANTE

Es el punto donde está dirigido el cortante del entrepiso, y se calcula de la siguiente manera;

$$X_{cc} = \frac{\sum_{j=1}^n F_y x_m}{V_y} \quad ; \quad Y_{cc} = \frac{\sum_{j=1}^n F_x y_m}{V_x} \quad \text{Ec.A.7}$$

Donde:

$F_x$ : fuerza sísmica aplicada al nivel del entrepiso en la dirección x

$F_y$ : fuerza sísmica aplicada al nivel del entrepiso en la dirección y

$x_m, y_m$  = coordenadas del centro de masa

$V_x, V_y$  = cortantes del entrepiso en la dirección x, y.

Tabla A-3

Nivel	$F_{ix}$	$F_{iy}$	$V_x$	$V_y$	$X_m$	$Y_m$	$F_x Y_m$	$F_y X_m$	$\Sigma F_x Y_m$	$\Sigma F_y X_m$
1	5.79	5.79			2.83	3.55	20.55	16.4		
			5.79	5.79					20.55	16.4

De ecuación A.7 ,

$$X_c = 16.39/5.79 = 2.83m$$

$$Y_c = 20.55/5.79 = 3.55m$$

Las coordenadas del centro de cortante coincidieron con las coordenadas del centro de masa debida que las fuerzas son iguales  $F=V$  en las dos direcciones.

$$X_R = \Sigma R_y X_i / \Sigma R_y$$

$$Y_R = \Sigma R_x Y_i / \Sigma R_x \quad (A-8.1)$$

Tabla A - 4.1

EJE	$R_x$	$R_y$	$X_i$	$Y_i$	$R_x Y_i$	$R_y X_i$
A	11.38			0	0	
B	11.38			3	34.14	
C	11.38			6	68.28	
D	7.3			8	58.4	
Sum:	41.44					
1		15.63	0			0
2		15.63	3			46.89
3		11.38	6			68.28
Sum:		42.44		$\Sigma$	160.82	

Sustituyendo en ecuaciones anteriores

$$X_r = 115.17 / 42.44 = 2.7 \text{ m.}$$

$$Y_r = 160.82/41.44 = 3.88 \text{ m}$$

Tabla A-4  
**CUADRO RESUMEN PARA OBTENCION DE CENTRO DE MASA**

Eje	Tramo	W ton	x(m)	Y(m)	Wx	Wy
1	A-B	4.38	0.0	1.5	0.00	6.57
	B-C	4.38	0.0	4.5	0.00	49.71
	C-D	1.32	0.0	7.0	0.00	9.24
2	A-B	5.76	3.0	1.5	17.28	8.64
	B-C	5.76	3.0	4.5	17.28	25.92
	C-D	1.66	3.0	7.0	4.96	11.59
3	A-B	4.38	6.0	1.5	26.28	6.57
	B-C	4.38	6.0	4.5	26.28	19.71
A	1//2	4.17	1.5	0.0	6.26	0.00
	2//3	4.17	4.5	0.0	18.77	0.00
B	1//2	5.97	1.5	3.0	8.96	17.91
	2//3	5.97	4.5	3.0	26.87	17.91
C	1//2	6.03	1.5	6.0	9.05	36.18
	2//3	4.17	4.5	6.0	18.77	25.02
D	1//2	3.84	1.5	8.0	5.76	30.72
	2//2'	0.21	3.5	8.0	0.74	1.68
VS	C	0.13	4.0	6.0	0.50	0.63
	D	0.13	4.0	8.0	0.50	1.01
TECHO	1/AB	0.75	0.0	1.5	0.00	1.13
	1/BC	0.75	0.0	4.5	0.00	3.38
	3/AB	0.75	6.0	1.5	4.50	1.13
	3/BC	0.75	6.0	4.5	4.50	3.38

**CENTRO DE MASA.**

$$X_m = \frac{\sum Wx}{\sum W} ; \quad Y_m = \frac{\sum Wy}{\sum W} \quad \text{Ec.A.8}$$

De la tabla A-1 se obtiene,

$$Wt = 69.798 \text{ ton}$$

$$X_m = 2.83 \text{ m} , \quad y \quad Y_m = 3.55 \text{ m}$$

# CENTRO DE MASA Y CENTRO DE CORTANTE

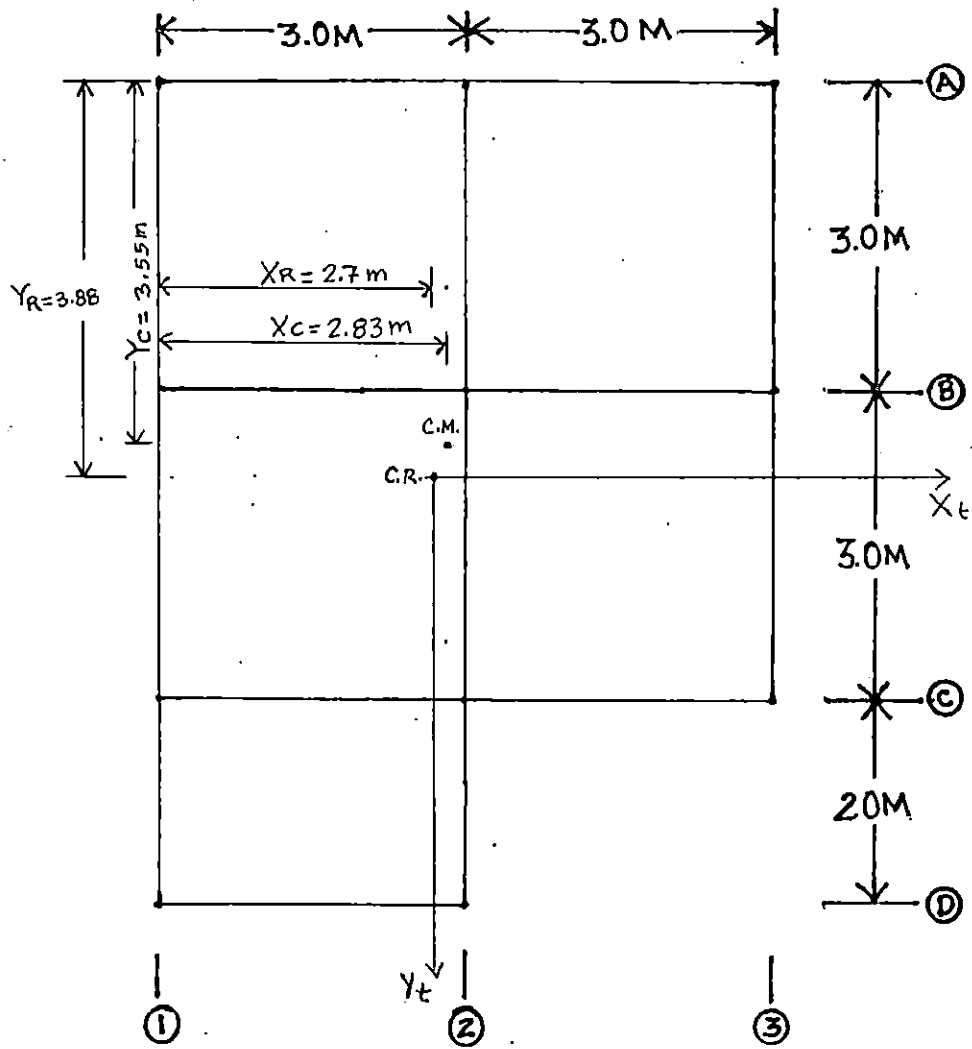


FIG. A-3

## CALCULO DE EXCENTRICIDADES

$$e_{cx} = x_c - x_r$$

$$e_{cy} = y_c - y_r$$

Ec.A-9

Excentricidad de Diseño.

$$e_{dx} = e_{cx} \pm 0.05 L_x$$

$$e_{dy} = e_{cy} \pm 0.05 L_y$$

Ec.A-10

Donde:

$L_x$ : la mayor longitud del edificio perpendicular

$L_y$ : la mayor longitud del edificio perpendicular

De ecuación 4.8;

$$e_{cx} = 2.83 - 2.7 = 0.13$$

$$e_{cy} = 3.55 - 3.88 = -0.33$$

de ecuaciones 4.9; excentricidades de diseño:

$$e_{dx1} = 0.13 + 0.05(6) = 0.43$$

$$e_{dx2} = 0.13 - 0.05(6) = -0.17$$

$$e_{dy1} = -0.33 + 0.05(8) = 0.07$$

$$e_{dy2} = -0.33 - 0.05(8) = -0.73$$

# EXCENTRICIDADES

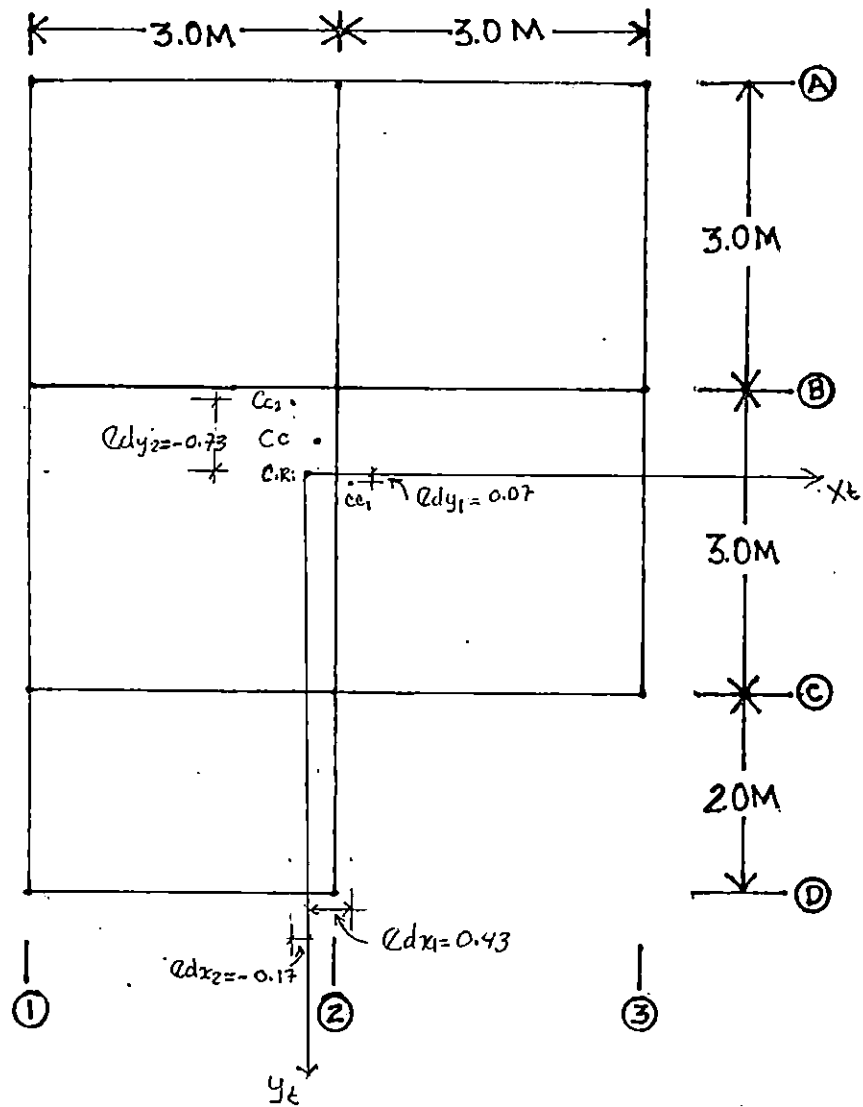


FIG. A-4



MOMENTOS TORSORES MAS DESFAVORABLES PARA CADA EJE

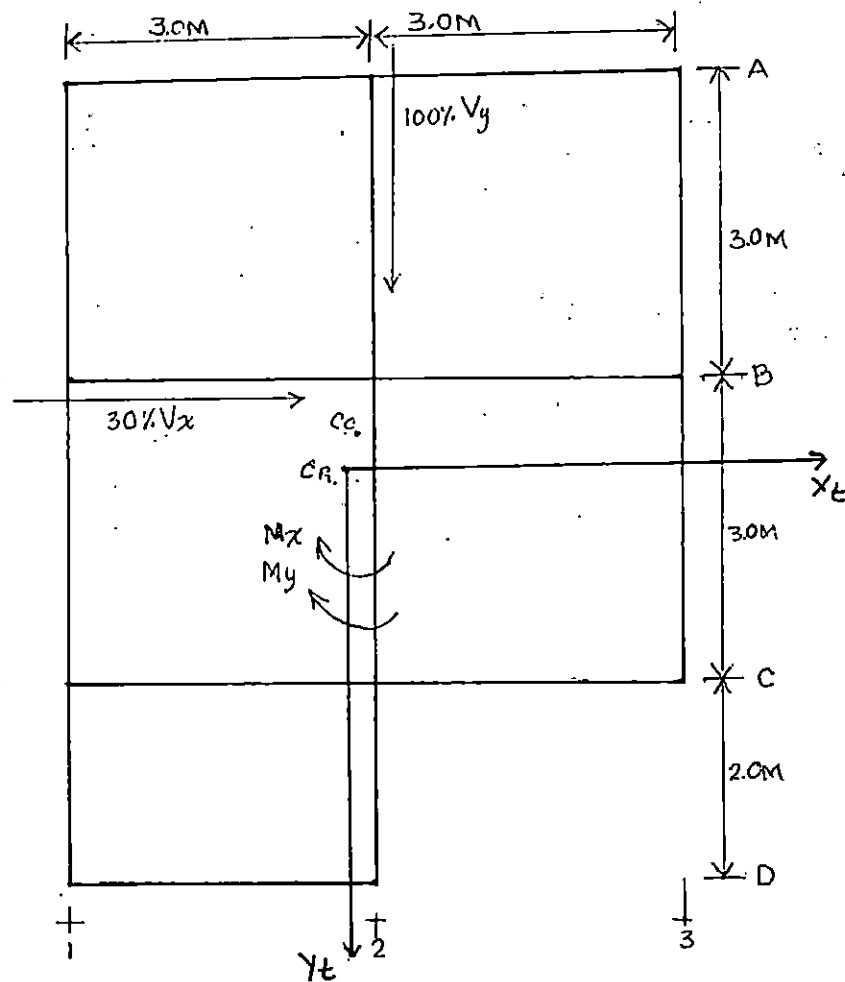
$$M_T = M_{Ty} + M_{Tx}$$

Ec. A.10

$$V_x = 5.79 \text{ ton} \quad V_y = 5.79 \text{ ton}$$

Sismo: 100% y + 30% x

Sismo entrando por la derecha de "y" ( $e_{dx1}$ )



De ecuación A.10,

FIG. A-5

$$M_T = 100\% V_{1y} e_{dx1} + 30\% V_{1x} e_{dy1} = 5.79(0.43) + 0.3(5.79)(0.73)$$

$M_T = 3.76 \text{ ton-m}$ , desfavorable para eje 2 y 3.

Sismo entrando por la izquierda de "y" ( $e_{dx2}$ )

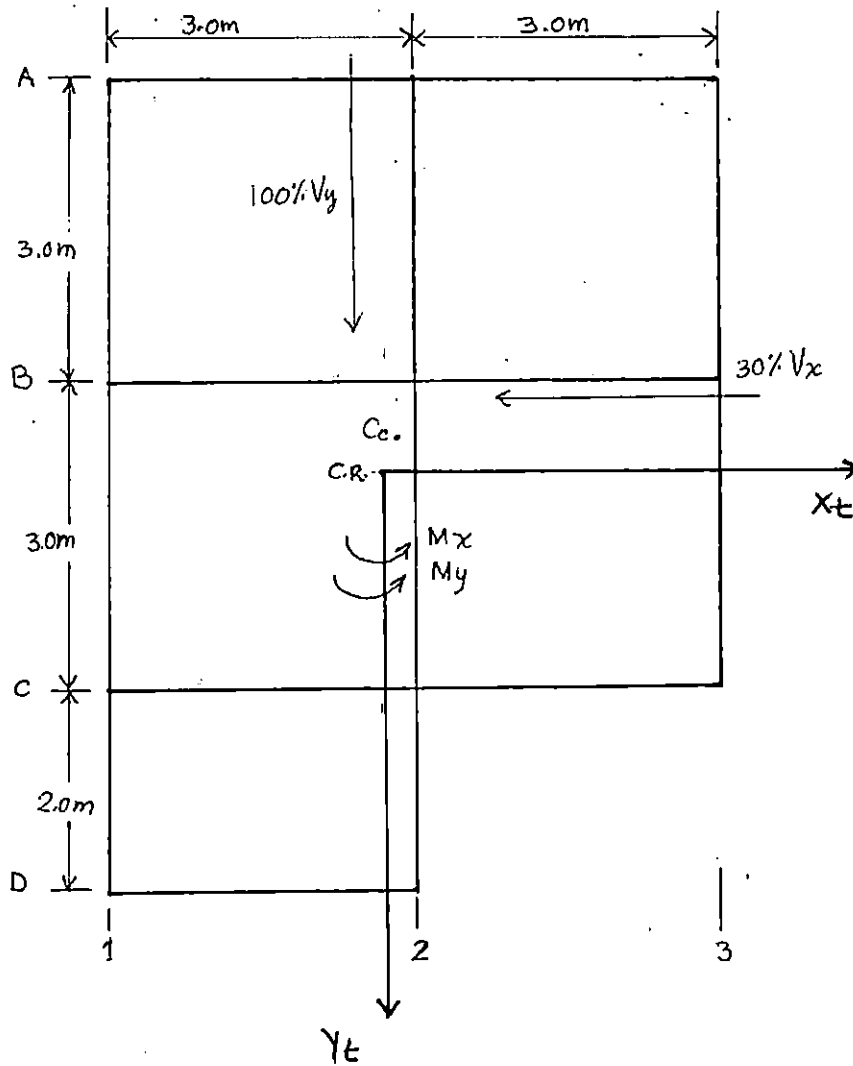


FIG. A-6

$$M_T = 100\% V_{1y} e_{dx2} + 30\% V_{1x} e_{dy2} = 5.79(-0.17) + 0.3(-5.79)(0.73)$$

$$M_T = -0.98 - 1.27 = -2.25 \text{ ton-m (desfavorable para eje 1)}$$

Sismo entrando 100%x + 30%y

Sismo entrando con  $e_{dy1}$  de eje x

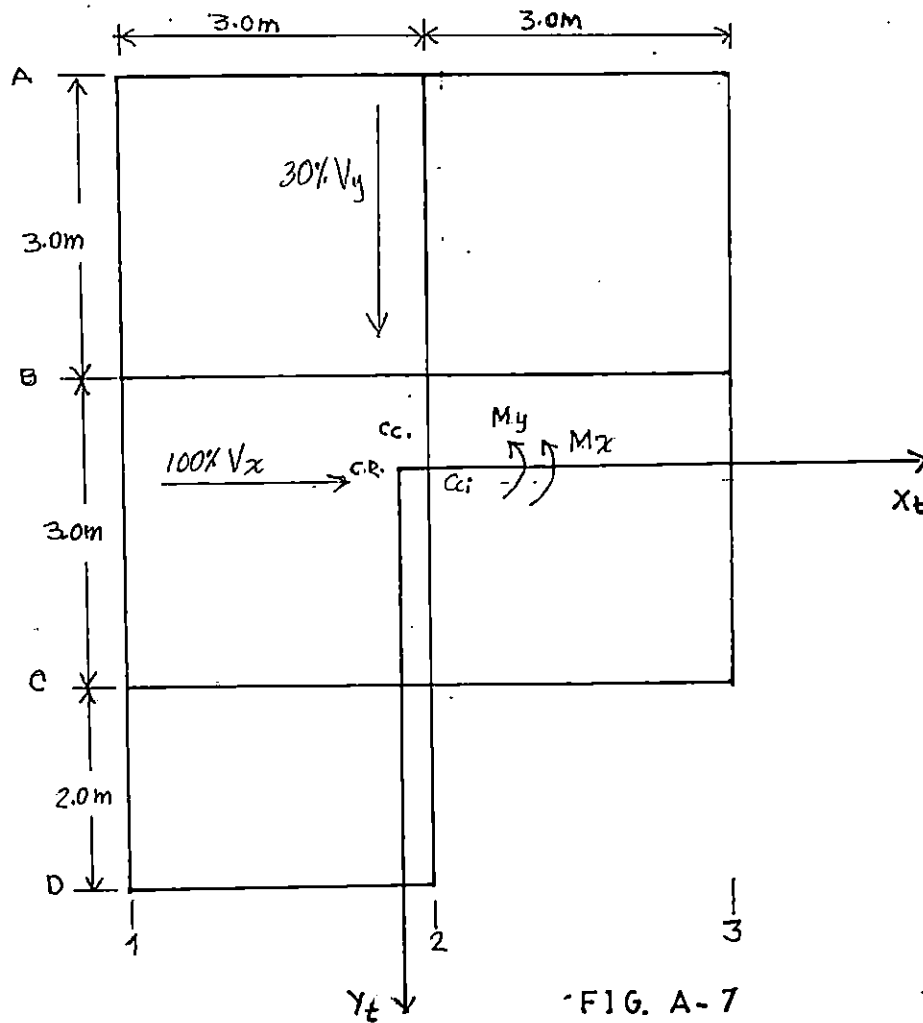


FIG. A-7

$$M_T = 100\% V_{1x} e_{dy1} + 30\% V_{1y} e_{dx} = 5.79(0.07) + 0.3(5.79)(0.43)$$

$$= 0.41 + 0.75$$

$$M_T = 1.16 \text{ ton-m (desfavorable para ejes C y D)}$$

Sismo entrando con  $e_{d2y}$  de eje x

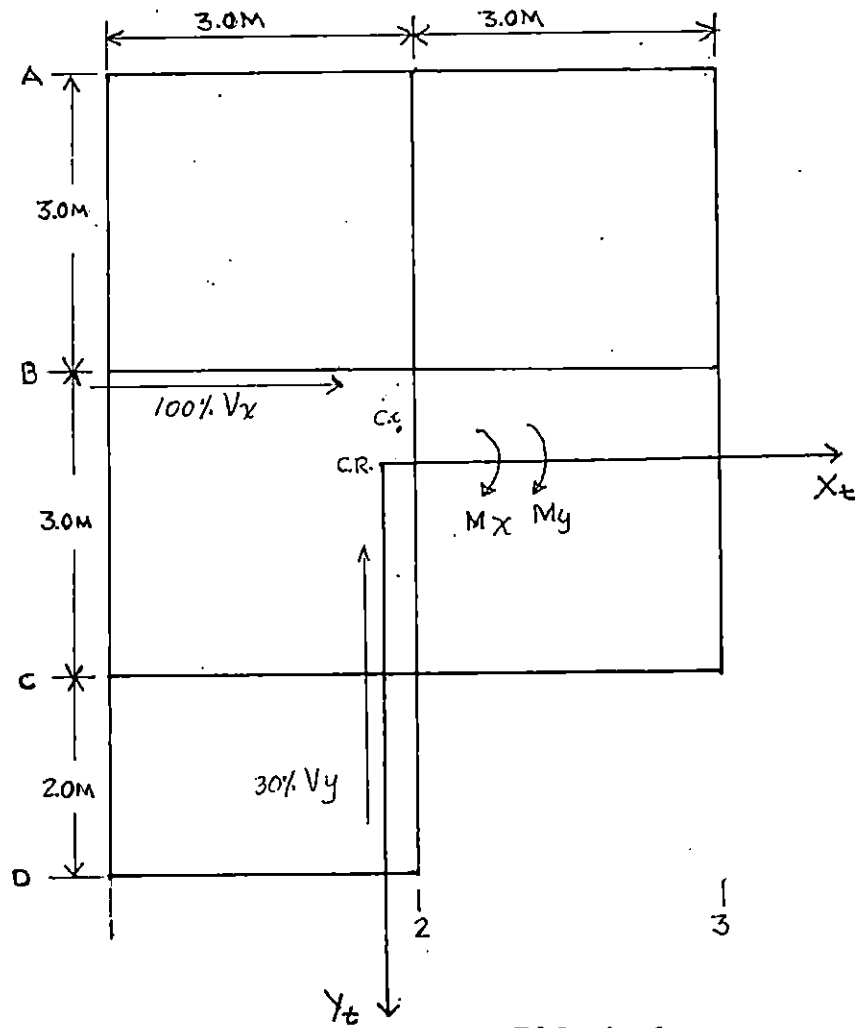


FIG. A-8

$$M_T = 100\% V_x e_{d2y} + 30\% V_y e_{d1} = 5.79(-0.73) + 0.3(-5.79)(0.43)$$

$$= -4.23 - 0.75$$

$M_T = -4.98$  ton-m (desfavorable para ejes A y B)

### CORTANTE DIRECTO

$$V_{1x} = (R_{1x} / \Sigma R_{1x}) V_x ; V_{1y} = (R_{1y} / \Sigma R_{1y}) V_y \quad \text{Ec.A.11}$$

### CORTANTE TORSIONAL

$$V_{1xt} = M_T \cdot R_{1xyt} / J ; V_{1yt} = M_T \cdot R_{1yxt} / J \quad \text{Ec.A.12}$$

$$J = \Sigma R_{xy}^2 + \Sigma R_{yx}^2 \quad \text{Ec.A.13}$$

De tabla

$$J = 422.64 + 239.28 = 661.92 \text{ ton-m}$$

Analizando ejes en dirección x

Para eje A

De ecuación A.11, cortante directo

$$V_{Ax} = 11.38 / 41.44 \times 5.79 = 1.59 \text{ ton}$$

De ecuación A.12, cortante torsional

$$V_{Axt} = -4.98 \times 11.8 \times (-3.88) / 661.92 = 0.33 \text{ ton}$$

CORTANTE TOTAL:

$$V_{TA} = 1.59 \times 0.33 = 1.92 \text{ ton-m}$$

El procedimiento es el mismo para todos los ejes utilizando las ecuaciones respectivas por lo tanto los resultados de los otros ejes se presentan en tabla siguiente.

TABLA A-5  
CORTANTE DIRECTO Y TORSIONAL

$X_c = 2.83$        $X_r = 2.70$   
 $Y_c = 3.55$        $Y_r = 3.88$

EJE	Rx	Ry	Xt	Yt	RxYt	RyXt	Rx(Yt) <sup>2</sup>	Ry(Xt) <sup>2</sup>	Cortante Directo		Torsión				Vt
									Vx	Vy	Vx		Vy		
											ed1y	ed2y	ed1x	ed2x	
A	11.38			-3.88	44.15		171.32		1.59			0.33			1.92
B	11.38			-0.88	-10.01		8.81		1.59			0.08			1.67
C	11.38			2.12	24.13		51.12		1.59		0.04				1.63
D	7.3			5.12	37.38		191.36		1.02		0.07				1.09
Sum:	41.44						422.64								
1		15.63	-2.7			-42		113.9		2.13				0.14	2.28
2		15.63	0.3			4.69		1.41		2.13			0		2.16
3		11.38	3.3			37.5		123.9		1.55			0.2		1.76
Sum:		42.44					Sum:	239.3							

$X_{ti}$  = a la distancia del eje paralelo a  $X_t$  al eje horizontal

Ejes X	Ejes Y
ed1x = 0.43	ed1y = 0.07
ed2x = -0.17	ed2y = -0.73

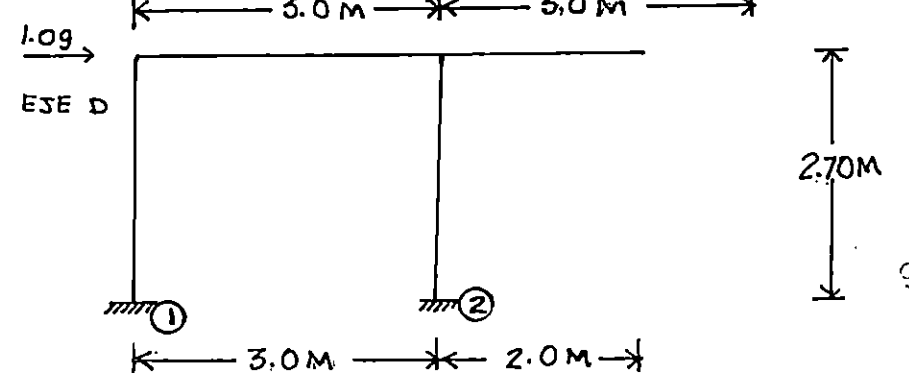
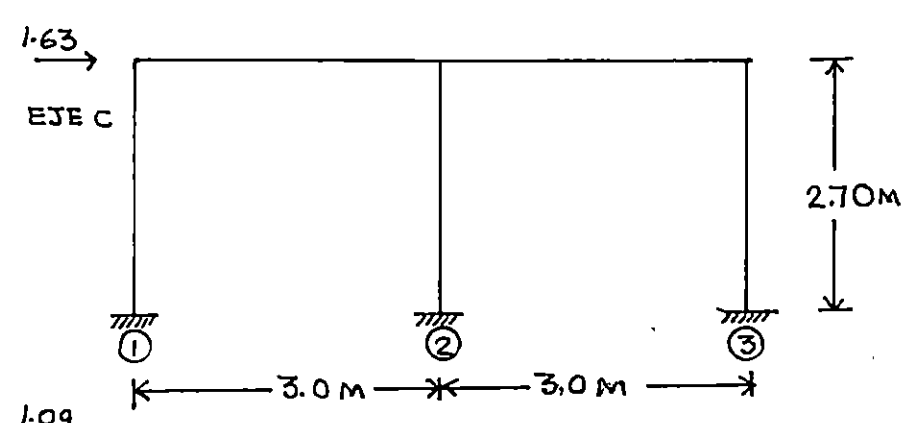
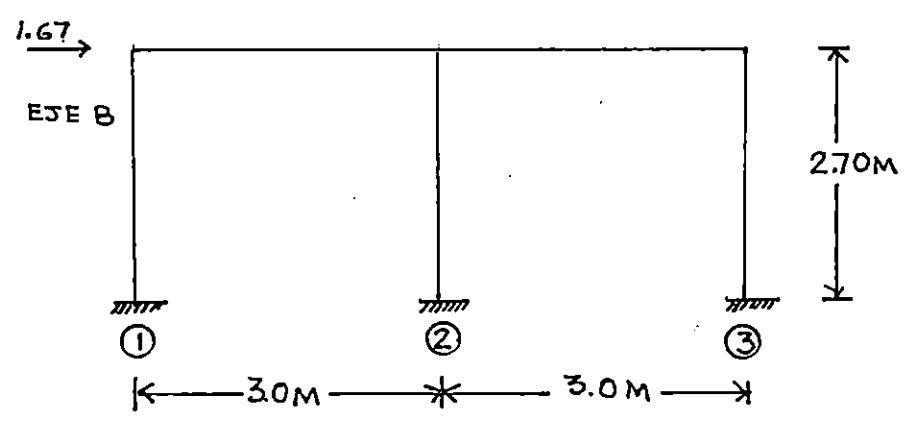
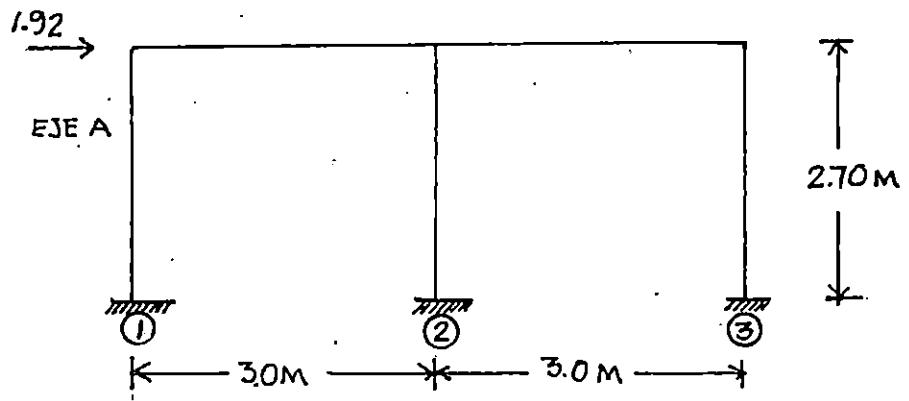


FIG. A-9  
SIN ESCALA

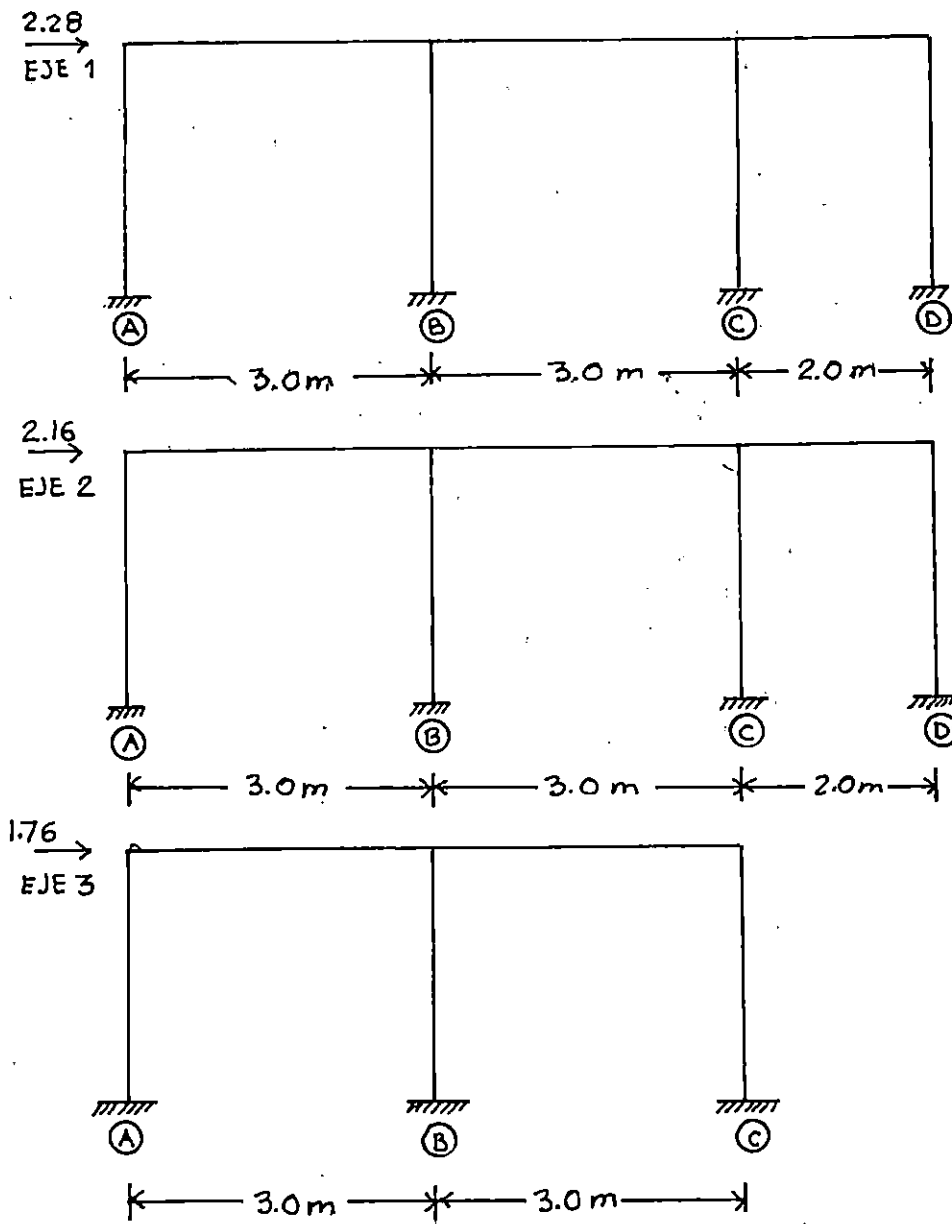


FIG.A-10 SIN ESCALA



Modelos de carga gravitacional y horizontal para encontrar a través del programa de computadoras MPLAN los respectivos momentos.

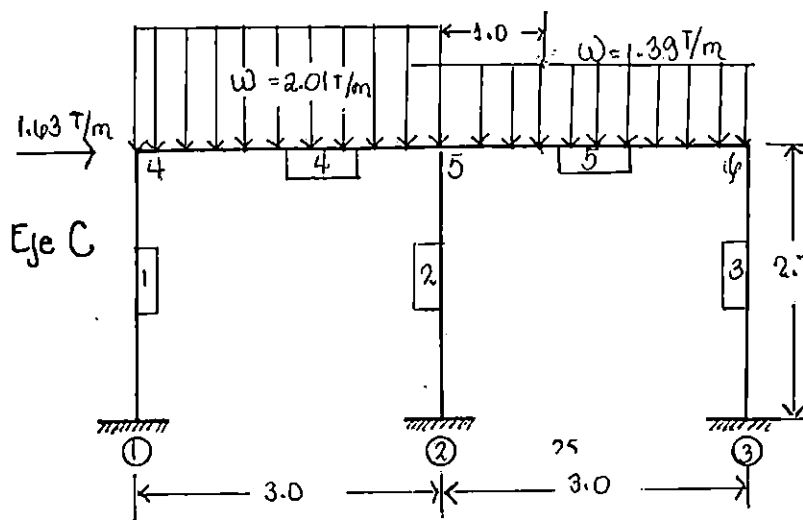
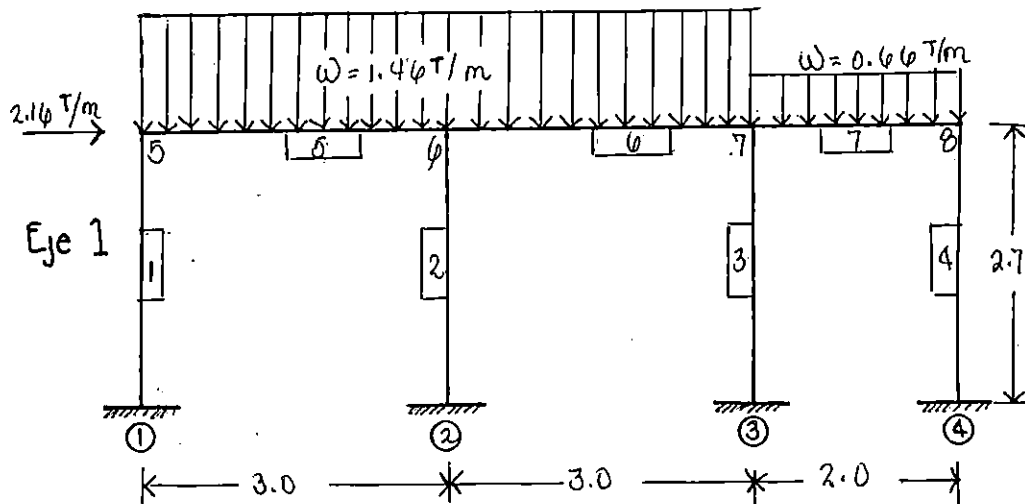
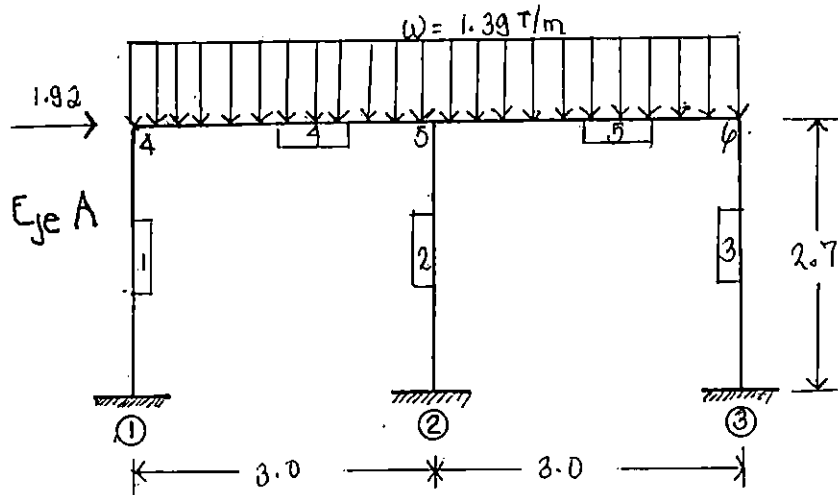


FIG. A-11

Esc. 1:75

"MARCO EJE A, VVDA"

---

---

STR "MARCO EJE A, VVDA"

MED 21882

MBR 5

JNT 6

NSP 3

NLS 2

COD

1 0.0 0.0

2 3.0 0.0

3 6.0 0.0

4 0.0 2.7

5 3.0 2.7

6 6.0 2.7

S 1 2 3

INC

1 1 4

2 2 5

3 3 6

4 4 5

5 5 6

PRP

1 HASTA 3 S 0.25 X 0.25

4 HASTA 5 S 0.35 X 0.25

CRG 1 CARGA GRAVITACIONAL

MBL

4 UNF W -1.39

5 UNF W -1.39

CRG 2 CARGA SISMICA

JNL

4 FX 1.4

SLV

CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA

---

PROPIEDADES EN MIEMBROS

MIEMBRO	INCIDENCIAS		AREA	INERCIA	ELASTICIDAD	LONGITUD
1	1	4	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
2	2	5	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
3	3	6	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
4	4	5	0.0875	0.00089	21882.0	3.00
5	5	6	0.0875	0.00089	21882.0	3.00

CRG 1 CARGA GRAVITACIONAL

FUERZAS EN MIEMBROS		REACCIONES, CARGAS EN LOS APOYOS		DEPLAZAMIENTOS EN NUDOS	
MIEMBRO	NUDO	AXIAL	CORTANTE	FUERZA X	FUERZA Y
1	1	1.7384	-0.1788	1.7384	1.7384
1	4	-1.7384	0.1788	1.7384	1.7384
2	2	4.8632	0.0000	4.8632	4.8632
2	5	-4.8632	-0.0000	4.8632	4.8632
3	3	1.7384	0.1788	1.7384	1.7384
3	6	-1.7384	-0.1788	1.7384	1.7384
4	4	0.1788	1.7384	0.1788	1.7384
4	5	-0.1788	-1.7384	0.1788	1.7384
5	5	0.1788	2.4316	0.1788	2.4316
5	6	-0.1788	-2.4316	0.1788	2.4316
MIEMBRO	NUDO	ROTACION	DEPLAZAMIENTO-X	DEPLAZAMIENTO-Y	ROTACION
1	1	-0.0307	0.0003	-0.0034	-0.0307
1	4	0.0000	0.0003	-0.0034	0.0000
2	2	0.0000	0.0000	-0.0096	0.0000
2	5	0.0000	-0.0003	-0.0096	0.0000
3	3	0.0307	0.0003	-0.0034	-0.0307
3	6	-0.0307	-0.0003	-0.0034	0.0307

CRG 2 CARGA SISMICA

FUERZAS EN MIEMBROS

MIEMBRO	NUDO	AXIAL	CORTANTE	MOMENTO
1	1	-0.2987	0.4419	0.6472
1	4	0.2987	-0.4419	0.5460
2	2	0.0044	0.5235	0.7177
2	5	-0.0044	-0.5235	0.6958
3	3	0.2942	0.4345	0.6363
3	6	-0.2942	-0.4345	0.5370
4	4	0.9581	-0.2987	-0.5460
4	5	-0.9581	0.2987	-0.3501
5	5	0.4345	-0.2942	-0.3458
5	6	-0.4345	0.2942	-0.5370

REACCIONES, CARGAS EN LOS APOYOS

NUDO	FUERZA X	FUERZA Y	MOMENTO
1	-0.4419	-0.2987	0.6472
2	-0.5235	0.0044	0.7177
3	-0.4345	0.2942	0.6363

DESPLAZAMIENTOS EN NUDOS

NUDO	DESPLAZAMIENTO-X	DESPLAZAMIENTO-Y	ROTACION
4	0.1277	0.0006	-0.0192
5	0.1262	-0.0000	-0.0041
6	0.1255	-0.0006	-0.0188

"MARCO C VVDA"

---

---

STR "MARCO C VVDA"

MED 21882

MBR 5

JNT 6

NSP 3

NLD 2

COD

1 0.0 0.0

2 3.0 0.0

3 6.0 0.0

4 0.0 2.7

5 3.0 2.7

6 6.0 2.7

S 1 2 3

INC

1 1 4

2 2 5

3 3 6

4 4 5

5 5 6

PRP

1 HASTA 3 S 0.25 X 0.25

4 HASTA 5 S 0.35 X 0.35

CRG 1 CARGA GRAVITACIONAL

MBL

4 UNF W -2.01

5 UNF W -1.39

5 CNC P -0.126

CRG 2 CARGA SISMICA

JNL

3 FX 1.63

SLV

CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA

---

PROPIEDADES EN MIEMBROS

MIEMBRO	INCIDENCIAS		AREA	INERCIA	ELASTICIDAD	LONGITUD
1	1	4	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
2	2	5	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
3	3	6	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
4	4	5	0.1225	0.00125	21882.0	3.00
5	5	6	0.1225	0.00125	21882.0	3.00

CRG 1 CARGA GRAVITACIONAL

FUERZAS EN MIEMBROS

MIEMBRO	NUDO	AXIAL	CORTANTE	MOMENTO
1	1	2.5641	-0.2120	-0.1834
1	4	-2.5641	0.2120	-0.3889
2	2	6.1347	0.0713	0.0711
2	5	-6.1347	-0.0713	0.1214
3	3	1.6272	0.1407	0.1332
3	6	-1.6272	-0.1407	0.2466
4	4	0.2120	2.5641	0.3889
4	5	-0.2120	3.4659	-1.7416
5	5	0.1407	2.6688	1.6202
5	6	-0.1407	1.6272	-0.2466

REACCIONES, CARGAS EN LOS APOYOS

NUDO	FUERZA X	FUERZA Y	MOMENTO
1	0.2120	2.5641	-0.1834
2	-0.0713	6.1347	0.0711
3	-0.1407	1.6272	0.1332

DESPLAZAMIENTOS EN NUDOS

NUDO	DESPLAZAMIENTO-X	DESPLAZAMIENTO-Y	ROTACION
4	0.0038	-0.0051	-0.0390
5	0.0035	-0.0121	0.0095
6	0.0034	-0.0032	0.0215



CRG 2 CARGA SISMICA

FUERZAS EN MIEMBROS

MIEMBRO	NUDO	AXIAL	CORTANTE	MOMENTO
1	1	0.0000	0.0000	0.0000
1	4	0.0000	0.0000	0.0000
2	2	0.0000	0.0000	0.0000
2	5	0.0000	0.0000	0.0000
3	3	0.0000	0.0000	0.0000
3	6	0.0000	0.0000	0.0000
4	4	0.0000	0.0000	0.0000
4	5	0.0000	0.0000	0.0000
5	5	0.0000	0.0000	0.0000
5	6	0.0000	0.0000	0.0000

REACCIONES, CARGAS EN LOS APOYOS

NUDO	FUERZA X	FUERZA Y	MOMENTO
1	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000	0.0000
3	0.0000	0.0000	0.0000

DESPLAZAMIENTOS EN NUDOS

NUDO	DESPLAZAMIENTO-X	DESPLAZAMIENTO-Y	ROTACION
4	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.0000	0.0000	0.0000
6	0.0000	0.0000	0.0000

"MARCO D VIDA"

STR "MARCO D VIDA"

MED 21882

MBR 4

JNT 5

NSP 3

MJD 2

COD

1 0.0 0.0

2 3.0 0.0

3 0.0 2.7

4 3.0 2.7

5 4.0 2.7

S 1 2 5

INC

1 1 3

2 2 4

3 3 4

4 4 5

PRP

1 HASTA 2 S 0.25 X 0.25

3 HASTA 4 S 0.35 X 0.25

CRG 1 CARGA GRAVITACIONAL

MBL

3 UNF W -1.28

4 UNF W -0.21

JNT

5 FY -0.126

CRG 2 CARGA SISMICA

JNT

3 FX 1.09

SLV

*CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA*

---

*PROPIEDADES EN MIEMBROS*

<i>MIEMBRO</i>	<i>INCIDENCIAS</i>		<i>AREA</i>	<i>INERCI</i>	<i>ELASTICIDAD</i>	<i>LONGITUD</i>
1	1	3	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
2	2	4	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
3	3	4	0.0875	0.00089	21882.0	3.00
4	4	5	0.0875	0.00089	21882.0	1.00

CRG 1 CARGA GRAVITACIONAL

FUERZAS EN MIEMBROS

MIEMBRO	NUDO	AXIAL	CORTANTE	MOMENTO
1	1	1.7351	-0.1942	-0.1741
1	3	-1.7351	0.1942	-0.3502
2	2	2.9234	0.1035	0.0933
2	4	-2.9234	-0.1035	0.1863
3	3	0.1942	1.7351	0.3502
3	4	-0.1942	2.1049	-0.9051
4	4	0.0906	0.8185	0.7188
4	5	-0.0906	-0.6085	-0.0053

REACCIONES, CARGAS EN LOS APOYOS

NUDO	FUERZA X	FUERZA Y	MOMENTO
1	0.1942	1.7351	-0.1741
2	-0.1035	2.9234	0.0933
5	-0.0906	-0.6085	-0.0053

DESPLAZAMIENTOS EN NUDOS

NUDO	DESPLAZAMIENTO-X	DESPLAZAMIENTO-Y	ROTACION
3	0.0004	-0.0034	-0.0334
4	0.0000	-0.0058	0.0176

FUERZAS EN MIEMBROS		REACCIONES, CARGAS EN LOS APOYOS		DESPLAZAMIENTOS EN NUDOS	
MIEMBRO	NUDO	FUERZA X	FUERZA Y	NUDO	DESPLAZAMIENTO-X
1	1	-0.0045	0.0076	1	-0.0076
1	3	0.0045	-0.0076	1	-0.0045
2	2	0.0048	0.0026	2	0.0048
2	4	-0.0048	-0.0026	2	0.0048
3	3	1.0824	-0.0045	1	-0.0045
3	4	-1.0824	0.0045	1	-0.0045
4	4	1.0798	0.0003	5	-0.0003
4	4	-1.0798	-0.0003	5	-0.0003
MIEMBRO	NUDO	AXIAL	CORTANTE	NUDO	DESPLAZAMIENTO-Y
1	1	-0.0045	0.0076	1	0.0000
1	3	0.0045	-0.0076	1	0.0000
2	2	0.0048	0.0026	1	0.0000
2	4	-0.0048	-0.0026	1	0.0000
3	3	1.0824	-0.0045	1	0.0000
3	4	-1.0824	0.0045	1	0.0000
4	4	1.0798	0.0003	1	0.0000
4	4	-1.0798	-0.0003	1	0.0000
MIEMBRO	NUDO	FUERZA X	FUERZA Y	NUDO	ROTACION
1	1	-0.0076	0.0045	1	-0.0004
1	3	0.0076	-0.0045	1	-0.0004
2	2	0.0048	0.0026	1	0.0000
2	4	-0.0048	-0.0026	1	0.0000
3	3	1.0824	-0.0045	1	0.0000
3	4	-1.0824	0.0045	1	0.0000
4	4	1.0798	0.0003	1	0.0000
4	4	-1.0798	-0.0003	1	0.0000

"MARCO EJE 1, VVDA"

---

---

STR "MARCO EJE 1, VVDA"

MED 21882

MBR 7

JNT 8

NSP 4

NLD 2

COD

1 0.0 0.0

2 3.0 0.0

3 6.0 0.0

4 8.0 0.0

5 0.0 2.7

6 3.0 2.7

7 6.0 2.7

8 8.0 2.7

S 1 2 3 4

INC

1 1 5

2 2 6

3 3 7

4 4 8

5 5 6

6 6 7

7 7 8

PRP

1 HASTA 4 S 0.25 X 0.25

5 HASTA 7 S 0.35 X 0.25

CRG 1 CARGA GRAVITACIONAL

MBL

5 UNF W -1.46

6 UNF W -1.46

7 UNF W -0.66

CRG 2 CARGA SISMICA

JNL

5 FX 2.28

SLV

CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA

---

PROPIEDADES EN MIEMBROS

MIEMBRO	INCIDENCIAS	AREA	INERCIA	ELASTICIDAD	LONGITUD
1	1 5	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
2	2 6	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
3	3 7	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
4	4 8	0.0625	0.00033	21882.0	2.70
5	5 6	0.0875	0.00089	21882.0	3.00
6	6 7	0.0875	0.00089	21882.0	3.00
7	7 8	0.0875	0.00089	21882.0	2.00

CRG 1 CARGA GRAVITACIONAL

FUERZAS EN MIEMBROS

MIEMBRO	NUDO	AXIAL	CORTANTE	MOMENTO
1	1	1.8421	-0.1755	-0.1467
1	5	-1.8421	0.1755	-0.3273
2	2	4.9056	0.0445	0.0509
2	6	-4.9056	-0.0445	0.0693
3	3	2.9490	0.0976	0.0982
3	7	-2.9490	-0.0976	0.1652
4	4	0.3833	0.0335	0.0404
4	8	-0.3833	-0.0335	0.0499
5	5	0.1755	1.8421	0.3273
5	6	-0.1755	2.5379	-1.3709
6	6	0.1310	2.3677	1.3016
6	7	-0.1310	2.0123	-0.7685
7	7	0.0335	0.9367	0.6033
7	8	-0.0335	0.3833	-0.0499

REACCIONES, CARGAS EN LOS APOYOS

NUDO	FUERZA X	FUERZA Y	MOMENTO
1	0.1755	1.8421	-0.1467
2	-0.0445	4.9056	0.0509
3	-0.0976	2.9490	0.0982
4	-0.0335	0.3833	0.0404

DESPLAZAMIENTOS EN NUDOS

NUDO	DESPLAZAMIENTO-X	DESPLAZAMIENTO-Y	ROTACION
5	0.0058	-0.0036	-0.0342
6	0.0055	-0.0097	0.0035
7	0.0053	-0.0058	0.0127
8	0.0053	-0.0008	0.0018



"MARCO EJE 1, VVDA"

CRG 2 CARGA SIMICA

FUERZAS EN MIEMBROS

MIEMBRO	NUDO	AXIAL	CORTEANTE	MOMENTO
1	1	-0.3804	0.5320	0.7759
1	5	0.3804	-0.5320	0.6605
2	2	0.1809	0.6010	0.8327
2	6	-0.1809	-0.6010	0.7901
3	3	-0.4007	0.6025	0.8305
3	7	0.4007	-0.6025	0.7963
4	4	0.6002	0.5444	0.7771
4	8	-0.6002	-0.5444	0.6929
5	5	1.7480	-0.3804	-0.6605
5	6	-1.7480	0.3804	-0.4806
6	6	1.1470	-0.1995	-0.3095
6	7	-1.1470	0.1995	-0.2889
7	7	0.5444	-0.6002	-0.5074
7	8	-0.5444	0.6002	-0.6929

REACCIONES, CARGAS EN LOS APOYOS

NUDO	FUERZA X	FUERZA Y	MOMENTO
1	-0.5320	-0.3804	0.7759
2	-0.6010	0.1809	0.8327
3	-0.6025	-0.4007	0.8305
4	-0.5444	0.6002	0.7771

DESPLAZAMIENTOS EN NUDOS

NUDO	DESPLAZAMIENTO-X	DESPLAZAMIENTO-Y	ROTACION
5	0.1520	0.0008	-0.0219
6	0.1493	-0.0004	-0.0081
7	0.1475	0.0008	-0.0065
8	0.1469	-0.0012	-0.0160

TABLA A-6

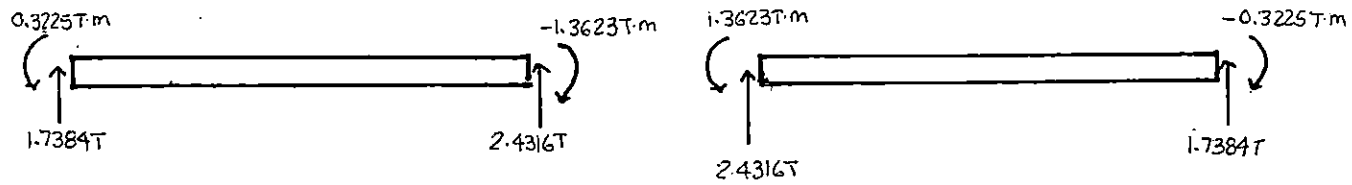
CARGA DE SERVICIO					EVENTOS DE DISEÑO										EVENTOS ACCIDENTALES											
REFERENCIA	NIVEL	X	P <sub>GX</sub>	SOBRE CARGA	P <sub>SX</sub>	U <sub>1</sub> =F <sub>1</sub> (D+L) F <sub>1</sub> = 1.55			U <sub>2</sub> =F <sub>2</sub> (D+L)± 1.4E F <sub>2</sub> = 1.16			U <sub>3</sub> =F <sub>3</sub> (D+L)± 1.4E F <sub>3</sub> = 0.45														
			M <sub>GY</sub>		P <sub>SY</sub>	M <sub>SY</sub>	P <sub>UY</sub>	M <sub>UY</sub>	M <sub>UX</sub>	P <sub>U</sub>	M <sub>UY</sub>	M <sub>UX</sub>	P <sub>U</sub>	M <sub>UY</sub>							M <sub>UX</sub>					
		Y	P <sub>GY</sub>	ΣP <sub>G</sub>											M <sub>SX</sub>											
			M <sub>GX</sub>																							
C A B E N A	U N I C O	X	1.7384	0.0	0.2987	5.50	-0.51	-0.50	4.70	0.55	-0.15	2.18	0.77	0.08	+	Y-Y	+	X-X								
										4.38	0.54	-0.60	1.86	0.78	-0.37				-							
										3.86	-1.30	-0.15	1.34	-1.07	0.08				+							
					-0.3273				0.6605																	
		Y	Y	1.8421	3.5505	0.3804			4.78	-0.10	0.39	2.26	0.13	0.62	+	X-X	+	Y-Y								
							4.53	-0.66	0.39	2.00	-0.42	0.62	-													
							3.71	-0.10	-1.14	1.19	0.13	-0.91	+													
						-0.3225	0.5460																			
P I E	U N I C O	X	1.7384	0.405	0.2987	6.18	-0.23	-0.25	4.04	0.92	0.09	1.22	1.02	0.20	+	Y-	+	X-X								
										4.36	0.92	-0.46	1.54	1.02	-0.34				-							
										4.88	-1.26	0.09	2.05	-1.15	0.20				+							
									-0.1467	0.7759																
		Y	Y	1.8421	3.9255	-0.3804			3.96	0.16	0.72	1.14	0.26	0.83	+	X-X	+	Y-Y								
							4.22	-0.50	0.72	1.39	-0.39	0.83	-													
							5.03	0.16	-1.09	2.20	0.26	-0.98	+													
						-0.1604	0.6472																			

TABLA A-6

EVALUACION DE CONDICIONES DE CARGA PARA COLUMNAS L=50% D=50%

MODELO DE VIGAS CARGADAS  
EJE A

GRAVITACIONAL EN EJE "A"



SISMO EN EJE "A"

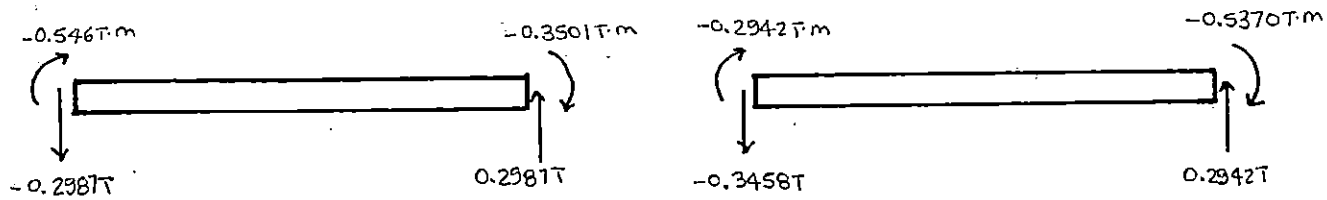


FIG. A-12

EVALUACION DE CONDICIONES DE CARGA PARA VIGAS

TABLA A-7

EJE A

F1 = 1.55

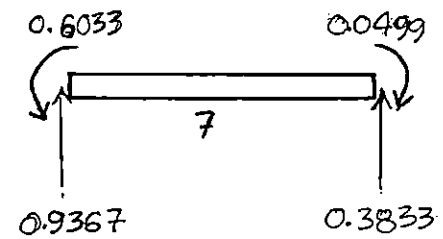
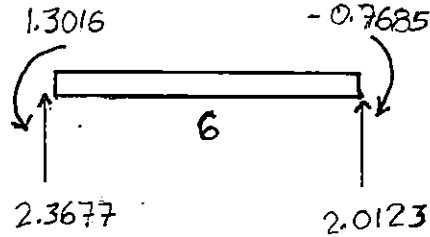
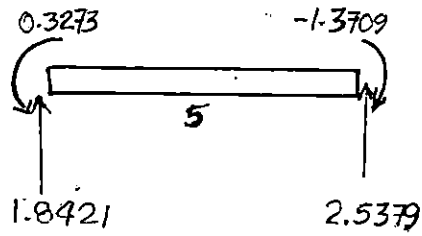
F2=1.16

F3=0.45

MIEMBRO	NUDO	MU1=F1(Mg)	MU2=F2(Mg)+1.4Ms	MU3=F3(Mg)+1.4Ms	VU1=F1Vg	VU2=F2(Vg)+1.4Vs	VU3=F3(Vg)+1.4Vs
			MU2=F2(Mg)-1.4Ms	MU3=F3(Mg)-1.4Ms		VU2=F2(Vg)-1.4Vs	VU3=F3(Vg)-1.4Vs
4	4	0.51	-0.39	-0.62	2.69	1.60	0.36
			1.14	0.91		2.43	1.20
	5	-2.11	-2.07	-1.10	3.77	3.24	1.51
			-1.09	-0.12		2.40	0.68
5	5	2.11	1.10	0.13	3.11	2.41	0.68
			2.06	1.10		3.23	1.51
	6	-0.5	-1.13	-0.90	2.69	2.43	1.19
			0.38	0.61		1.60	0.37

MODELO DE VIGAS CARGADAS  
EJE 1

GRAVITACIONAL



SISMO

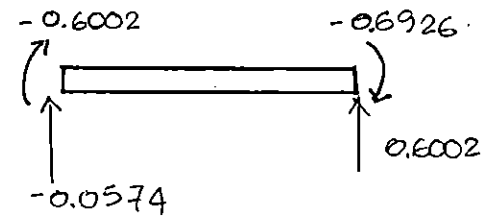
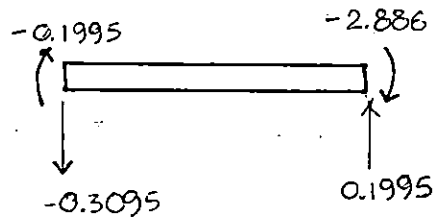
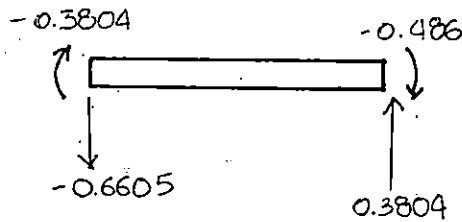


FIG. A-13

TABLA A-8

EJE 1

F1 = 1.55

F2=1.16

F3=0.45

MIEMBRO	NUDO	MU1=F1(Mg)	MU2=F2(Mg)+1.4Ms	MU3=F3(Mg)+1.4Ms	VU1=F1Vg	VU2=F2(Vg)+1.4Vs	VU3=F3(Vg)+1.4Vs
			MU2=F2(Mg)-1.4Ms	MU3=F3(Mg)-1.4Ms		VU2=F2(Vg)-1.4Vs	VU3=F3(Vg)-1.4Vs
5	5	0.51	-0.54	-0.78	2.86	1.60	0.30
			1.30	1.07		2.67	1.36
	6	-2.12	-2.26	-1.29	3.93	3.48	1.67
			0.92	0.06		2.41	0.61
6	6	2.02	1.08	0.15	3.67	2.47	0.79
			1.94	1.02		3.03	1.35
	7	-1.19	-1.30	-0.75	3.12	2.61	1.18
			-0.49	0.06		2.05	0.63
7	7	0.94	-0.01	-0.44	1.45	0.25	-0.42
			1.41	0.98		1.93	1.26
	8	-0.08	-1.03	-0.99	0.59	1.28	1.01
			0.91	0.95		-0.40	-0.67

## DISEÑO DE COLUMNA.

De tablas, se toma la mayor combinación de carga para el diseño de la columna:

### PRIMERA CONDICION DESFAVORABLE

$$P_u = 5.20 \text{ ton}$$

$$M_{uy} = -1.26 \text{ ton-m}$$

$$M_{ux} = -0.46 \text{ ton-m}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_x = 25 \text{ cm}$$

$$H_y = 25 \text{ cm}$$

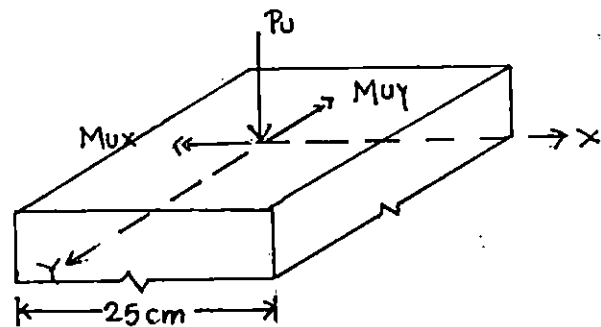


FIG. A-14

Determinación del efecto dominante.

$$M_{ux} < 0.2 M_{uy}$$

$$0.46 < 0.2(1.92) ; \quad 0.46 > 0.252 \text{ No aplica}$$

$$M_{uy} < 0.2 M_{ux}$$

$$1.26 < 0.2(0.46) ; \quad 1.26 > 0.092 \text{ No aplica}$$

Se puede trabajar considerando el efecto biaxial.

Determinación de las cargas nominales.

$$P_n = P_u / \phi = 5.20 / 0.7 = 7.43 \text{ ton} \quad (\phi = 0.7 \text{ sección 9.3 ACI/89})$$

$$M_{nx} = M_{ux}/\phi = -0.46/0.7 = -0.66 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M_{ny} = M_{uy}/\phi = -1.26/0.7 = -1.80 \text{ ton-m}$$

Asumiendo  $\beta = 0.65$

Determinando el caso de flexión a aplicar:

$$M_{ny}/M_{nx} \geq h_x/h_y \Rightarrow \text{Caso I, } M_{noy} = M_{ny} + M_{nx}(h_x/h_y)(1-\beta)/\beta \quad (\text{Ec.A-12})$$

$$1.8/0.66 \geq 0.25/0.25$$

$$2.73 > 1 \quad \text{Cumple!}$$

Por tanto se usa Caso I

$$M_{noy} = M_{ny} + M_{nx}(h_x/h_y)(1-\beta)/\beta$$

$$M_{noy} = 2.16 \text{ ton-m}$$

Diseñando

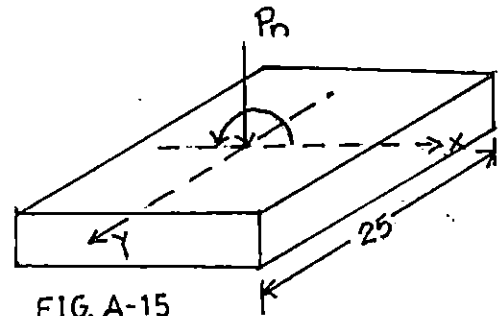
$$\gamma = (h - 12)/h = (25-12)/25 = 0.25$$

$$\phi P_n / bh = 0.7 \times 7.43 \times 10^3 / (25 \times 25) = 8.32 \text{ kg / cm}^2$$

$$\phi M_{noy} / bh^2 = 0.7 \times 2.16 \times 10^5 / (25 \times 25^2) = 9.68 \text{ kg / cm}^2$$

de gráfico de iteración de columnas se lee,

$$\rho = 1\% (\text{página 63, gráfico superior})$$





como  $\rho = A_s / A_g \Rightarrow A_s = \rho A_g = 0.01(25 \times 25) = 6.25 \text{ cm}^2$

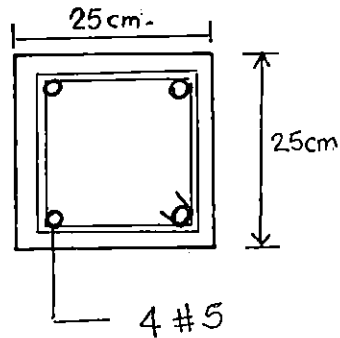


FIG. A-16

se propone usar varillas de  $\phi 5/8"$ ,  $A_v = 2 \text{ cm}^2$

$A_s / A_v = N$  varillas ,  $6.25 / 2 = 3.125 \approx 4$  varillas

Pero el porcentaje de acero debe

ser  $0.01 < \rho < 0.03$

$$\Rightarrow \rho = A_s / A_g = 2 \times 4 / 25 \times 25 = 0.013$$

$\rho = 0.013$  cumple!

Segunda condición desfavorable

$$P_u = 2.38 \text{ ton}$$

$$M_{uy} = -1.15 \text{ ton-m}$$

$$M_{ux} = -0.34 \text{ ton-m}$$

$$f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$H_x = 25 \text{ cm}$$

$$H_y = 25 \text{ cm}$$

$$\phi = 0.70$$

Efecto dominante:

$$M_{ux} < 0.2 M_{uy}$$

$$0.34 < 0.2(1.15) ; \quad 0.34 > 0.23 \text{ No aplica}$$

$$M_{uy} < 0.2 M_{ux}$$

$$1.15 < 0.2(0.34) ; 1.15 > 0.07 \text{ No aplica}$$

Determinación de las cargas nominales.

$$P_n = P_u / \phi = 2.38/0.7 = 3.4 \text{ ton} \quad (\phi=0.7 \text{ sección 9.3 ACI/89})$$

$$M_{nx} = M_{ux}/\phi = -0.34/0.7 = -0.49 \text{ ton-m}$$

$$M_{ny} = M_{uy}/\phi = -1.15/0.7 = -1.64 \text{ ton-m}$$

$$\beta=0.65$$

Determinando el caso de flexión a aplicar:

$$M_{ny}/M_{nx} \geq h_x/h_y \Rightarrow \text{Caso I, } M_{noy} = M_{ny} + M_{nx}(h_x/h_y)(1-\beta)/\beta$$

$$1.64/0.49 \geq 0.25/0.25$$

$$3.35 > 1 \text{ Cumple!}$$

Por tanto se usa Caso I

$$M_{noy} = M_{ny} + M_{nx}(h_x/h_y)(1-\beta)/\beta$$

$$M_{noy} = 1.90 \text{ ton-m}$$

Diseñando con  $M_{noy}$

$$\gamma = (h - 12)/h = (25-12)/25=0.52$$

$$P_u / A_g = 2.38 \times 10^3 / (25 \times 25) = 3.81 \text{ kg / cm}^2$$

$$\phi M_{noy} / bh^2 = 0.7 \times 1.90 \times 10^5 / (25 \times 25^2) = 8.51 \text{ kg / cm}^2$$

cae abajo de curva  $\rho=0.01$  por lo que se toma  $\rho_{min}=0.01$

$$\text{como } \rho = A_s/A_g \Rightarrow A_s = \rho A_g = 0.01(25 \times 25) = 6.25 \text{ cm}^2$$

se propone usar varillas No. 5,  $A_v=2\text{cm}^2$

$A_s/A_v = N$  varillas ,  $6.25/2=3.125 \approx 4$  varillas

Pero el porcentaje de acero debe ser

$$0.01 < \rho < 0.03$$

$$\Rightarrow \rho = A_{sp}/A_g = 2 \times 4 / 25 \times 25 = 0.013 \text{ cumple!}$$

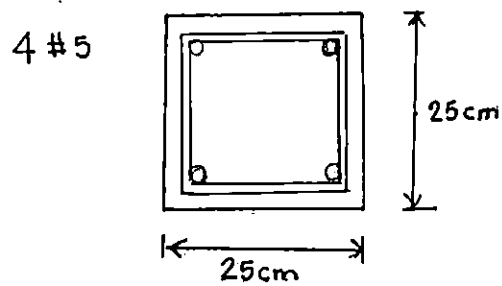


FIG. A-17

## REVISION DE SECCION

Revisando por el método de la P.C.A., es aplicable si  $0.5 < \beta < 0.9$

$$(M_{nx}/M_{nox})^\alpha + (M_{ny}/M_{noy})^\alpha \leq 1.0 \quad \text{EC.A-13}$$

Para primer caso desfavorable

$$P_n = 7.43 \text{ ton}$$

$$M_{uy} = -0.66 \text{ ton-m}$$

$$M_{ux} = -1.80 \text{ ton-m}$$

$$A_{s \text{ prop}} = 8.0 \text{ cm}^2$$

$$P_o = 0.85 f_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y \quad \text{Ec.A-14}$$

$$P_o = 0.85 \times 210 \times (25 \times 25 - 8) + 8 \times 2800 = 132.53 \text{ ton.}$$

$$\omega = \rho f_y / f_c ; \rho = 0.013$$

$$\omega = 0.13(2800)/210 \Rightarrow \omega = 0.17$$

$$P_n/P_o = 7.43 / 132.53 \Rightarrow P_n/P_o = 0.06$$

$$\gamma = h - 12 / h = 0.52,$$

De gráfico #1

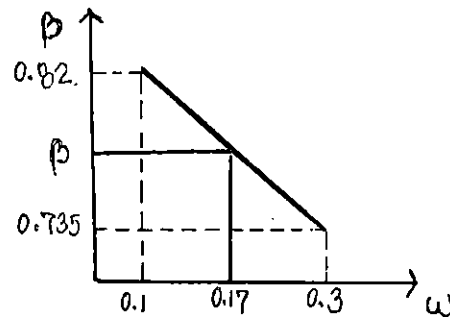


FIG. A-18

luego interpolando se obtiene,

$$\beta = 0.395$$

$$\alpha = 0.746$$

$$\alpha = \log 0.5 / \log \beta ;$$

Pero  $M_{nox}=?$  y  $M_{noy}=?$

$$\text{Con } \phi P_n / A_g = 0.7 \times 7.43 / (0.25 \times 25) = 8.32 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma = 0.52 \approx 0.50$$

$$\rho = 0.013$$

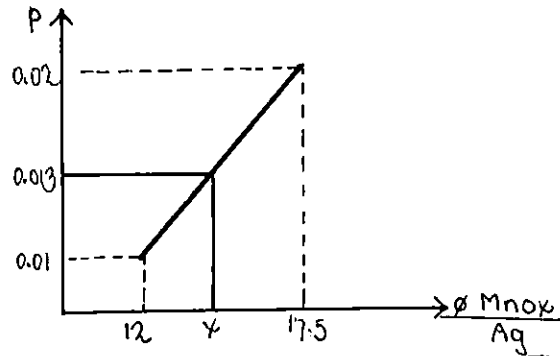


FIG. A-19

interpolando,  $\phi M_{noy} / bh^2 = 13.65 \text{ kg / cm}^2$

$$M_{nox} = M_{noy} = 13.65 \times 25^3 / 0.7 = 3.05 \text{ ton-m}$$

(Tienen las mismas condiciones para el gráfico)

Entonces:

$$(M_{nx} / M_{nox})^\alpha + (M_{ny} / M_{noy})^\alpha \leq 1.0$$

sustituyendo valores,

$$(0.66 / 3.05)^{0.746} + (1.8 / 3.05)^{0.746} \leq 1.0$$

$$0.319 + 0.675 \leq 1.0$$

$$0.984 \leq 1.0 \text{ cumple!}$$

La sección pasa pues cumple la condición.

El refuerzo transversal de las columnas será de hierro  $\phi 3/8''$  que cumpla con las Normas A.S.T.M., con una separación no mayor de 25 centímetros en

zonas no confinadas y que no tenga traslape  $L_2$ . En zona  $L_0$  el espaciamiento no debe ser mayor de:

- a) la cuarta parte de la dimensión mínima del elemento,
- b) mide 10 cm.(según sección 21.4.4.2 del Reglamento ACI 318-89),  
rige la menor separación.

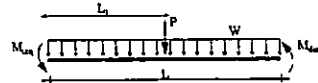
Para columnas de 25x25 cm  $S_1 = \frac{1}{4} (25) \Rightarrow S_1 = 6.25$  cm, con una separación máxima de estribos.

Los traslapes longitudinales deben de hacerse a sección 12.15 del ACI 318-89 para traslapes mecánicos.

EJE No.: : A NIVEL No. UNICO VIGA No.: 4 APOYOS: 4-5 SECCION: 25X35 MODELO DE CARGAS

Ancho columna ( $a_{izq}$ ) = 0.250 mt. Ancho columna ( $a_{der}$ ) 0.250 mt. FACTORES DE DISEÑO

W (ton/m) = 1.39  $M_{G_{izq}}$  (ton-m) = 0.32  $b$  (cm) = 25.0  $G_1 = 1.550$   
 L (mt) = 3.00  $M_{G_{der}}$  (ton-m) = -1.36  $d$  (cm) = 29.0  $G_2 = 1.160$   
 P (ton) = 0.00  $M_{S_{izq}}$  (ton-m) = -0.55  $f_c'$  (Kg/cm<sup>2</sup>) = 210  $G_3 = 0.450$   
 $L_1$  (mt) = 0.00  $M_{S_{der}}$  (ton-m) = -0.35  $f_y$  (Kg/cm<sup>2</sup>) = 2800 SISMO = 1.4



MOMENTOS DE SERVICIO : MG y MS (ton-m)

x (mt)	0.00	0.13	0.47	0.81	1.16	1.50	1.84	2.19	2.53	2.88	3.00
Z=x-L1	0.00	0.13	0.47	0.81	1.16	1.50	1.84	2.19	2.53	2.88	3.00
MG (ton-m)	-0.32	-0.12	0.34	0.63	0.76	0.72	0.52	0.15	-0.38	-1.07	-1.36
MS (ton-m)	0.55	0.51	0.41	0.30	0.20	0.10	0.00	-0.11	-0.21	-0.31	-0.35

CONDICION MOMENTOS DE DISEÑO : Mu (ton-m)

G1	-0.50	-0.18	0.53	0.98	1.18	1.12	0.81	0.24	-0.58	-1.66	-2.11
G2+SISMO	0.39	0.58	0.96	1.16	1.16	0.97	0.60	0.03	-0.73	-1.68	-2.07
G2-SISMO	-1.14	-0.85	-0.17	0.31	0.60	0.70	0.61	0.33	-0.14	-0.80	-1.09
G3+SISMO	0.62	0.66	0.72	0.71	0.62	0.46	0.23	-0.08	-0.46	-0.92	-1.10
G3-SISMO	-0.91	-0.76	-0.42	-0.14	0.06	0.19	0.24	0.22	0.13	-0.04	-0.12
Mu max (-)	-1.14	-0.85	-0.42	-0.14	0.06	0.19	0.23	-0.08	-0.73	-1.68	-2.11
Mu max (+)	0.62	0.66	0.96	1.16	1.18	1.12	0.81	0.33	0.13	-0.04	-0.12

CALCULO DEL ACERO DE REFUERZO

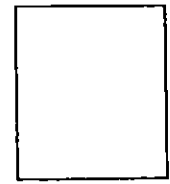
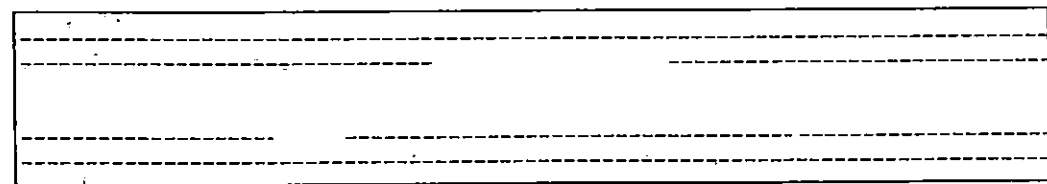
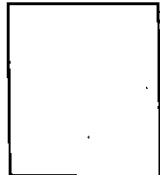
LECHO SUPERIOR Mu (-) : As min.(14bd/f<sub>y</sub>) 3.63 As corr(As max/4) 0.59 As max.(0.025bd) 18.13 cm<sup>2</sup>

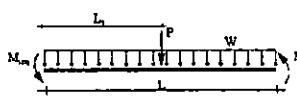
p nec.	0.0022	0.0016	0.0008	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0014	0.0033	0.0041
As nec.	1.59	1.17	0.57	0.19	0.00	0.00	0.00	0.11	1.01	2.36	2.99
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante		0.00								0.00	
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	-2.80	2.80		2.80		2.80		2.80		2.80	-2.80

LECHO INFERIOR Mu (+) : As min.(14bd/f<sub>y</sub>) 3.63 As corr(As max/4) 0.41 As max.(0.025bd) 18.13 cm<sup>2</sup>

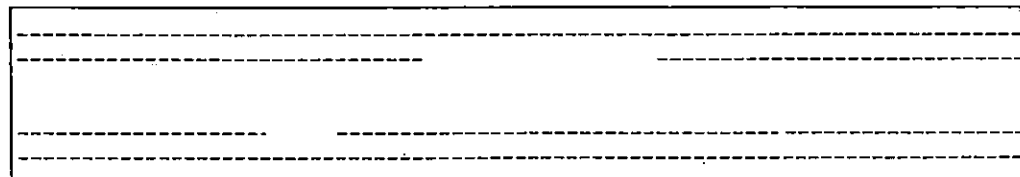
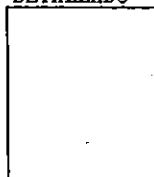
p nec.	0.0012	0.0013	0.0018	0.0022	0.0023	0.0021	0.0015	0.0006	0.0002	0.0000	0.0000
As nec.	0.86	0.91	1.34	1.61	1.64	1.56	1.12	0.45	0.17	0.00	0.00
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante						0.00					
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	2.80	2.80		2.80		2.80		2.80		2.80	2.80

DETALLADO



PROYECTO: VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA							CALCULO :GRUPO DE TESIS				
*** DISEÑO DE VIGAS (C/R) *** CALCULO DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS							FECHA : Sep-00		HOJA No. 2		
EJE No.:	A	NIVEL No.	UNICO	VIGA No.:	5	APOYOS:	5-6	SECCION:	25X35	MODELO DE CARGAS	
Ancho columna ( $a_{izq}$ ) =	0.250 mt.	Ancho columna ( $a_{der}$ ) =	0.250 mt.	FACTORES DE DISEÑO							
W (ton/m) =	1.39	$M_{G\ izq}$ (ton-m) =	1.36	b (cm) =	25.0	$G_1 = 1.550$					
L (mt) =	3.00	$M_{G\ der}$ (ton-m) =	-0.32	d (cm) =	29.0	$G_2 = 1.160$					
P (ton) =	0.00	$M_{S\ izq}$ (ton-m) =	0.29	$f_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	210	$G_3 = 0.450$					
$L_1$ (mt) =	0.00	$M_{S\ der}$ (ton-m) =	-0.54	$f_y$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	2800	SISMO = 1.4					
MOMENTOS DE SERVICIO : MG y MS (ton-m)											
x (mt)	0.00	0.13	0.47	0.81	1.16	1.50	1.84	2.19	2.53	2.88	3.00
Z=x-L1	0.00	0.13	0.47	0.81	1.16	1.50	1.84	2.19	2.53	2.88	3.00
MG (ton-m)	-1.36	-1.07	-0.37	0.16	0.52	0.72	0.76	0.63	0.34	-0.11	-0.32
MS (ton-m)	-0.29	-0.30	-0.33	-0.36	-0.39	-0.42	-0.44	-0.47	-0.50	-0.53	-0.54
CONDICION MOMENTOS DE DISEÑO : Mu (ton-m)											
① G1	-2.11	-1.65	-0.58	0.24	0.81	1.12	1.18	0.98	0.53	-0.18	-0.50
② G2+SISMO	-1.98	-1.66	-0.89	-0.32	0.07	0.26	0.26	0.07	-0.30	-0.87	-1.13
③ G2-SISMO	-1.17	-0.82	0.03	0.68	1.15	1.42	1.50	1.40	1.10	0.61	0.38
④ G3+SISMO	-1.02	-0.90	-0.63	-0.43	-0.31	-0.26	-0.28	-0.38	-0.55	-0.79	-0.90
⑤ G3-SISMO	-0.21	-0.06	0.29	0.57	0.78	0.91	0.96	0.95	0.86	0.69	0.61
Mu max (-)	-2.11	-1.66	-0.89	-0.43	-0.31	-0.26	-0.28	-0.38	-0.55	-0.87	-1.13
Mu max (+)	-0.21	-0.06	0.29	0.68	1.15	1.42	1.50	1.40	1.10	0.69	0.61
CALCULO DEL ACERO DE REFUERZO											
LECHO SUPERIOR Mu (-) : As min.(14bd/f <sub>y</sub> ) 3.63      As corr(As max/4) 0.58      As max.(0.025bd) 18.13      cm <sup>2</sup>											
ρ nec.	0.0041	0.0032	0.0017	0.0008	0.0006	0.0005	0.0005	0.0007	0.0010	0.0017	0.0022
As nec.	2.98	2.33	1.24	0.59	0.42	0.35	0.38	0.52	0.76	1.21	1.57
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante		0.00								0.00	
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	-2.80	2.80		2.80		2.80		2.80		2.80	-2.80
LECHO INFERIOR Mu (+) : As min.(14bd/f <sub>y</sub> ) 3.63      As corr(As max/4) 0.53      As max.(0.025bd) 18.13      cm <sup>2</sup>											
ρ nec.	0.0000	0.0000	0.0006	0.0013	0.0022	0.0027	0.0029	0.0027	0.0021	0.0013	0.0012
As nec.	0.00	0.00	0.40	0.94	1.60	1.99	2.11	1.95	1.53	0.95	0.85
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante										0.00	
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	2.80	2.80		2.80		2.80		2.80		2.80	2.80

DETALLADO





PROYECTO: VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA

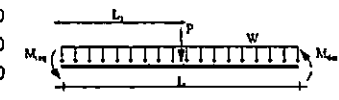
CALCULO :GRUPO DE TESIS

\*\*\* DISEÑO DE VIGAS (C/R) \*\*\* CALCULO DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS

FECHA :Sep-00 HOJA No. 2

EJE No.: : 1 NIVEL No. UNICO VIGA No.: 5 APOYOS: 5-6 SECCION: 25X35 MODELO DE CARGAS

Ancho columna ( $a_{izq}$ ) =	0.250 mt.	Ancho columna ( $a_{der}$ )	0.250 mt.	FACTORES DE DISEÑO
W (ton/m) =	1.46	$M_{G_{izq}}$ (ton-m) =	0.33	$G_1 = 1.550$
L (mt) =	3.00	$M_{G_{der}}$ (ton-m) =	-1.37	$G_2 = 1.160$
P (ton) =	0.00	$M_{S_{izq}}$ (ton-m) =	-0.38	$G_3 = 0.450$
$L_1$ (mt) =	0.00	$M_{S_{der}}$ (ton-m) =	-0.48	SISMO = 1.4
		$f_c'$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	210	
		$f_y$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	2800	



MOMENTOS DE SERVICIO : MG y MS (ton-m)

x (mt)	0.00	0.13	0.47	0.81	1.16	1.50	1.84	2.19	2.53	2.88	3.00
Z=x-L1	0.00	0.13	0.47	0.81	1.16	1.50	1.84	2.19	2.53	2.88	3.00
MG (ton-m)	-0.33	-0.11	0.38	0.69	0.83	0.79	0.59	0.21	-0.34	-1.07	-1.37
MS (ton-m)	0.38	0.34	0.25	0.15	0.05	-0.05	-0.15	-0.25	-0.35	-0.44	-0.48

CONDICION MOMENTOS DE DISEÑO : Mu (ton-m)

G1	-0.51	-0.17	0.58	1.07	1.28	1.23	0.91	0.32	-0.53	-1.65	-2.12
G2+SISMO	0.15	0.36	0.78	1.00	1.03	0.85	0.47	-0.10	-0.88	-1.86	-2.26
G2-SISMO	-0.91	-0.61	0.09	0.59	0.89	0.99	0.89	0.59	0.09	-0.61	-0.92
G3+SISMO	0.39	0.43	0.51	0.52	0.44	0.29	0.06	-0.25	-0.64	-1.10	-1.29
G3-SISMO	-0.68	-0.53	-0.18	0.10	0.30	0.43	0.47	0.44	0.33	0.14	0.06
Mu max (-)	-0.91	-0.61	-0.18	0.10	0.30	0.29	0.06	-0.25	-0.88	-1.86	-2.26
Mu max (+)	0.39	0.43	0.78	1.07	1.28	1.23	0.91	0.59	0.33	0.14	0.06

CALCULO DEL ACERO DE REFUERZO

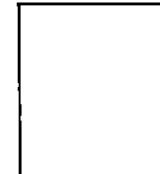
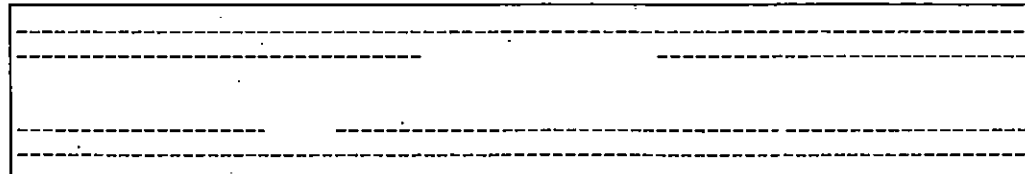
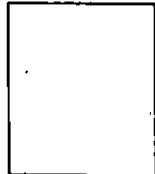
LECHO SUPERIOR Mu (-) : As min.(14bd/f<sub>y</sub>) 3.63 As corr.(As max/4) 0.65 As max.(0.025bd) 18.13 cm<sup>2</sup>

p nec.	0.0017	0.0012	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0017	0.0036	0.0044
As nec.	1.27	0.84	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	1.22	2.62	3.21
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante		0.00								0.00	
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	-2.80	2.80		2.80		2.80		2.80		2.80	-2.80

LECHO INFERIOR Mu (+) : As min.(14bd/f<sub>y</sub>) 3.63 As corr.(As max/4) 0.45 As max.(0.025bd) 18.13 cm<sup>2</sup>

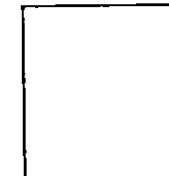
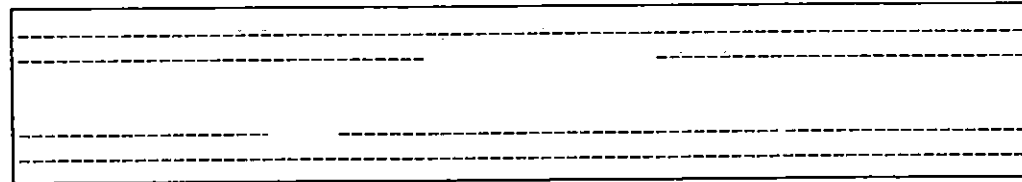
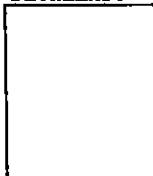
p nec.	0.0007	0.0008	0.0015	0.0020	0.0025	0.0024	0.0017	0.0011	0.0006	0.0003	0.0001
As nec.	0.53	0.60	1.08	1.48	1.79	1.71	1.26	0.81	0.45	0.20	0.08
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante											
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	2.80	2.80		2.80		2.80		2.80		2.80	2.80

DETALLADO



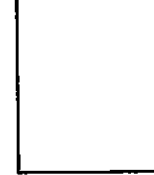
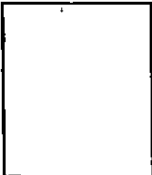
PROYECTO: VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA							CALCULO : GRUPO DE TESIS				
*** DISEÑO DE VIGAS (C/R) *** CALCULO DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS							FECHA : Sep-00	HOJA No. 2			
EJE No. :	1	NIVEL No.	UNICO	VIGA No. :	6	APOYOS:	6-7	SECCION:	25X35	MODELO DE CARGAS	
Ancho columna ( $a_{izq}$ ) =	0.250 mt.	Ancho columna ( $a_{der}$ )	0.250 mt.	FACTORES DE DISEÑO							
W (ton/m) =	1.46	$M_{G\ izq}$ (ton-m) =	1.30	b (cm) =	25.0	$G_1 = 1.550$					
L (mt) =	3.00	$M_{G\ der}$ (ton-m) =	-0.77	d (cm) =	29.0	$G_2 = 1.160$					
P (ton) =	0.00	$M_{S\ izq}$ (ton-m) =	-0.31	$f_c'$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	210	$G_3 = 0.450$					
$L_1$ (mt) =	0.00	$M_{S\ der}$ (ton-m) =	-0.29	$f_y$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	2800	SISMO = 1.4					
MOMENTOS DE SERVICIO : MG y MS (ton-m)											
x (mt)	0.00	0.13	0.47	0.81	1.16	1.50	1.84	2.19	2.53	2.88	3.00
Z=x-I1	0.00	0.13	0.47	0.81	1.16	1.50	1.84	2.19	2.53	2.88	3.00
MG (ton-m)	-1.30	-1.02	-0.35	0.14	0.46	0.61	0.58	0.38	0.01	-0.53	-0.77
MS (ton-m)	0.31	0.29	0.22	0.15	0.08	0.01	-0.06	-0.13	-0.20	-0.27	-0.29
CONDICION MOMENTOS DE DISEÑO : Mu (ton-m)											
G1	-2.02	-1.57	-0.54	0.22	0.71	0.94	0.90	0.60	0.02	-0.82	-1.19
G2+SISMO	-1.07	-0.78	-0.10	0.37	0.64	0.72	0.59	0.27	-0.26	-0.99	-1.30
G2-SISMO	-1.94	-1.58	-0.71	-0.04	0.42	0.69	0.76	0.62	0.29	-0.24	-0.49
G3+SISMO	-0.15	-0.06	0.14	0.27	0.32	0.29	0.18	-0.01	-0.27	-0.61	-0.75
G3-SISMO	-1.02	-0.86	-0.46	-0.14	0.10	0.26	0.34	0.35	0.28	0.13	0.06
Mu max (-)	-2.02	-1.58	-0.71	-0.14	0.10	0.26	0.18	-0.01	-0.27	-0.99	-1.30
Mu max (+)	-0.15	-0.06	0.14	0.37	0.71	0.94	0.90	0.62	0.29	0.13	0.06
CALCULO DEL ACERO DE REFUERZO											
LECHO SUPERIOR Mu (-) : As min. (14bd/f <sub>y</sub> ) 3.63      As corr (As max/4) 0.55      As max. (0.025bd) 18.13      cm <sup>2</sup>											
ρ nec.	0.0039	0.0030	0.0014	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0019	0.0025
As nec.	2.84	2.21	0.98	0.20	0.00	0.00	0.00	0.01	0.37	1.37	1.81
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante		0.00								0.00	
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	-2.80	2.80		2.80		2.80		2.80		2.80	-2.80
LECHO INFERIOR Mu (+) : As min. (14bd/f <sub>y</sub> ) 3.63      As corr (As max/4) 0.33      As max. (0.025bd) 18.13      cm <sup>2</sup>											
ρ nec.	0.0000	0.0000	0.0003	0.0007	0.0014	0.0018	0.0017	0.0012	0.0006	0.0003	0.0001
As nec.	0.00	0.00	0.20	0.51	0.99	1.31	1.25	0.86	0.40	0.18	0.08
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante										0.00	
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	2.80	2.80		2.80		2.80		2.80		2.80	2.80

DETALLADO



PROYECTO: VIVIENDA SOBRE PLATAFORMA							CALCULO :GRUPO DE TESIS				
*** DISEÑO DE VIGAS (C/R) *** CALCULO DE ENVOLVENTE DE MOMENTOS							FECHA : Sep-00		HOJA No. 2		
EJE No.:	1	NIVEL No.	UNICO	VIGA No.:	7	APOYOS:	7-8	SECCION:	25X35	MODELO DE CARGAS	
Ancho columna (a <sub>izq</sub> ) =	0.250 mt.	Ancho columna (a <sub>der</sub> )	0.250 mt.					FACTORES DE DISEÑO			
W (ton/m) =	0.66	M <sub>G izq</sub> (ton-m) =	0.60	b (cm) =	25.0	G <sub>1</sub> =	1.550				
L (mt) =	2.00	M <sub>G der</sub> (ton-m) =	-0.05	d (cm) =	29.0	G <sub>2</sub> =	1.160				
P (ton) =	0.00	M <sub>S izq</sub> (ton-m) =	-0.51	f <sub>c</sub> ' (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	210	G <sub>3</sub> =	0.450				
L <sub>1</sub> (mt) =	0.00	M <sub>S der</sub> (ton-m) =	-0.69	f <sub>y</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> ) =	2800	SISMO =	1.4				
MOMENTOS DE SERVICIO : MG y MS (ton-m)											
x (mt)	0.00	0.13	0.34	0.56	0.78	1.00	1.22	1.44	1.66	1.88	2.00
Z=x-L1	0.00	0.13	0.34	0.56	0.78	1.00	1.22	1.44	1.66	1.88	2.00
MG (ton-m)	-0.60	-0.49	-0.32	-0.18	-0.07	0.01	0.05	0.06	0.04	-0.01	-0.05
MS (ton-m)	0.51	0.43	0.30	0.17	0.04	-0.09	-0.22	-0.35	-0.48	-0.62	-0.69
CONDICION MOMENTOS DE DISEÑO : Mu (ton-m)											
G1	-0.93	-0.76	-0.49	-0.28	-0.11	0.01	0.08	0.10	0.07	-0.01	-0.08
G2+SISMO	0.01	0.04	0.05	0.03	0.03	-0.12	-0.25	-0.42	-0.63	-0.87	-1.02
G2-SISMO	-1.41	-1.17	-0.79	-0.45	-0.14	0.13	0.37	0.57	0.73	0.85	0.91
G3+SISMO	0.44	0.39	0.28	0.16	0.02	-0.13	-0.29	-0.47	-0.66	-0.86	-0.99
G3-SISMO	-0.98	-0.82	-0.56	-0.32	-0.09	0.13	0.33	0.52	0.70	0.86	0.94
Mu_max (-)	-1.41	-1.17	-0.79	-0.45	-0.14	-0.13	-0.29	-0.47	-0.66	-0.87	-1.02
Mu_max (+)	0.44	0.39	0.28	0.16	0.02	0.13	0.37	0.57	0.73	0.86	0.94
CALCULO DEL AGERO DE REFUERZO											
LECHO SUPERIOR Mu <sup>-</sup> (-)	As min. (14bd/f <sub>y</sub> ) 3.63			As corr (As max/4) 0.41			As max. (0.025bd) 18.13 cm <sup>2</sup>				
p nec.	0.0027	0.0023	0.0015	0.0008	0.0003	0.0002	0.0005	0.0009	0.0013	0.0017	0.0020
As nec.	3.97	3.63	1.09	0.61	0.19	0.17	0.40	0.64	0.91	1.21	1.42
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante		0.00								0.00	
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	-2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	-2.80
LECHO INFERIOR Mu <sup>+</sup> (+)	As min. (14bd/f <sub>y</sub> ) 3.63			As corr (As max/4) 0.30			As max. (0.025bd) 18.13 cm <sup>2</sup>				
p nec.	0.0008	0.0007	0.0005	0.0003	0.0000	0.0003	0.0007	0.0011	0.0014	0.0016	0.0018
As nec.	0.61	0.53	0.38	0.22	0.03	0.18	0.51	0.78	1.01	1.19	1.31
As min prop	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
As restante						0.00					
As prop.	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
φMn (ton-m)	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80

DETALLADO



SR

06

## DISEÑO DE VIGAS

EJE A.

Diseño del Acero Longitudinal.

Calculando el acero mínimo.

$$\rho_{\min} = 14/f_y ; \text{ donde } f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{\min} = 14/2800 = 0.005$$

$$\rho_{\min} = A_s \text{ min} / bd ;$$

$$\text{donde: } b = 25 \text{ cm} , h = 25 \text{ cm} , d = h - 6 = 29 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ min} = \rho_{\min} (bd) = 0.005 (25 \times 29) = 3.63 \text{ cm}^2$$

Acero propuesto para cubrir esta área;

$$2 \text{ varillas No.5} = 2 \times 2 = 4 \text{ cm}^2$$

capacidad de acero corrido ( $A_s$  min. prop)

$$\rho = A_s \text{ corr} / bd = 4 / 25 \times 29 = 0.006$$

Momento que cubre el acero corrido

$$M_u = \phi \omega f_c (1 - 0.59 \omega) bd^2$$

$$\omega = \phi f_y / f_c = 0.006 (2800)/210 \Rightarrow \omega = 0.08$$

sustituyendo valores

$$M_u = 0.9 \times 0.08 \times 210 \times (1 - 0.59 \times 0.08) \times 25 \times 29^2$$

$$M_u = 3.03 \text{ ton-m (momento que absorbe el acero mínimo corrido)}$$

luego,

$$Mu = \phi \omega f_c (1 - 0.59 \omega) bd^2 \quad \text{Ec.A-15}$$

$$\omega = \phi f_y / f_c \Rightarrow \rho = As / bd \Rightarrow As = \rho bd \quad \text{Ec.A-16}$$

de (I) se obtiene,

$$Mu/\phi f_c bd^2 = \omega - 0.59 \omega^2 \quad \text{Ec.A-17}$$

Luego,

$$\rho = \omega f_c / f_y$$

y por último encontrar el área

$$As = \rho bd$$

Estos resultados se resumen en la tabla A-10.

Simplificando la ecuación (A-17)

$$Mu/\phi f_c bd^2 = \omega - 0.59 \omega^2, \text{ para obtener}$$

$$0.59 \omega^2 - \omega + Mu/39.74 = 0 \quad \text{(A-18)}$$

sustituyendo valores de Mu en A-18 se obtienen los datos de  $\omega$  y se sustituyen en Ecuación A-17 para  $\rho$  y As, los resultados se reflejan en la tabla siguiente

Tabla A-10

Mu(ton-m)	$\omega$	$\rho$	As
0.66	0.01678	0.00126	0.91
-0.85	0.01677	0.00126	0.91
1.12	0.02867	0.00215	1.56
0.19	0.00479	0.00036	0.26
-0.04	0.00101	0.00076	0.05
-1.68	0.04339	0.00325	2.36

1-Revisando :

$\rho_{\text{mín}} < \rho < \rho_{\text{máx}}$  según sección 21.3.2 ACI 319/89

$0.005 < \rho < 0.025$  (para viga primaria)

Al revisar la tabla anterior, se observa que ningún porcentaje de acero requerido sobrepasa el porcentaje máximo ( $\rho_{\text{máx}}$ ); es más para los momentos de diseño encontrados son absorbidos por el porcentaje de acero mínimo ( $\rho_{\text{mín}} = 0.005$ ). Por tanto el acero corrido que norma el reglamento es suficiente.

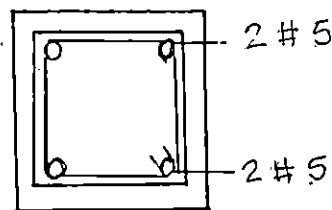


FIG A- 20

Sección general de la viga.

Comprobando con el mayor momento de diseño.

$M_u = -1.68 \text{ ton-m}$  , el signo sólo indica la dirección del momento y que la disposición del refuerzo es en la parte inferior de la viga.

$A_{sr} = 2.36 \text{ cm}^2$  y  $A_{s \text{ corr}} = 4.0 \text{ cm}^2$ ,  $1.64 \text{ cm}^2$  más que el requerido.

## DISPOSICION ESPECIAL PARA EL DISEÑO POR SISMO.

Tiene que cumplir con:  $\frac{1}{2} A's \leq A_s$

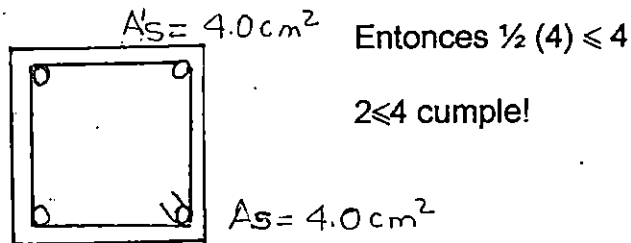


FIG. A-21

La sección central tiene que cumplir con la condición;  $A_s \geq \frac{1}{4} A's$

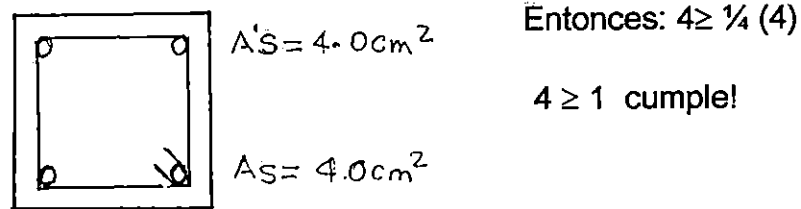


FIG. A-22

Al revisar las hojas de cálculo de las envolventes de momento se puede apreciar que para la viga 5 del mismo eje A que está entre apoyos 5-6, ninguno de los momentos sobrepasa el momento que absorbe el área de acero mínimo propuesto. Por lo tanto el modelo final de las vigas del eje A es el presentado en la sección general y revisado en las secciones A-A y B-B.

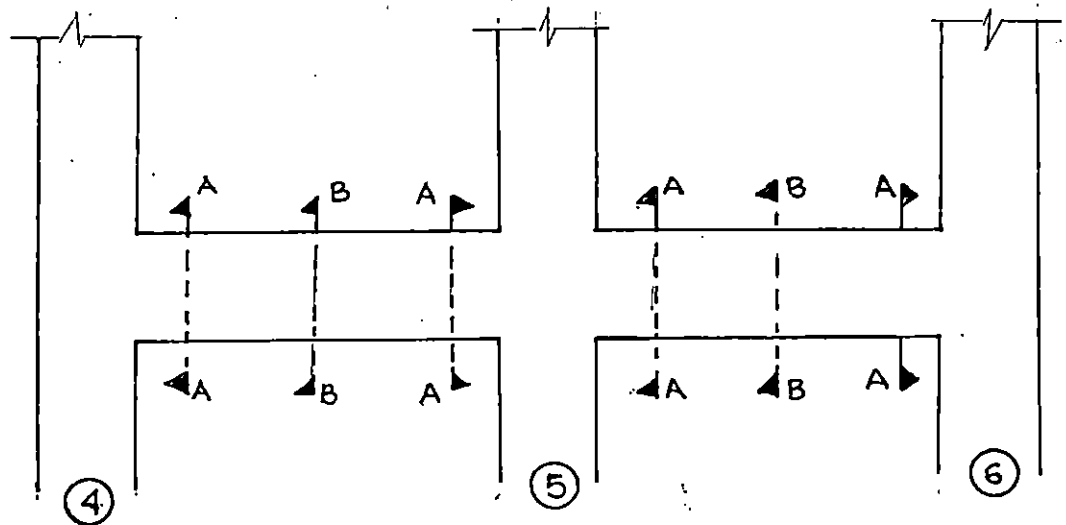


FIG.A- 23 EJE A: EL MISMO DETALLE PARA TODAS LAS VIGAS

Basándose en el momento que absorbe el acero mínimo corrido para la viga 4 del eje A y revisando las hojas de cálculo de envolvente para las vigas del eje 1, los momentos en estas vigas son menores, por lo tanto se mantiene la sección general de 2No.5 en el lecho superior y 2No.5 en el lecho inferior.

Calculo de longitud de desarrollo.

$$l_d = l_{db} \times \text{factores}$$

donde:

$l_d$  = longitud de desarrollo

$l_{db}$  = longitud de desarrollo básica

en ningún caso  $l_d < 30$  cm

para varillas del #11 o menores la longitud de desarrollo básica será:

$$l_{db} = 0.06 A_b f_y / \sqrt{f_c}, \text{ pero no menor que } 0.006 f_y d_b$$



según sección 12.2.1 de ACI 318/89

Para varilla No.5,  $A_b = 2.0 \text{ cm}^2$ ; 1.558 cm

$L_{db} = 23.19 \text{ cms.}$

Luego :  $0.006 \times 2800 \times 1.558 = 26.17 \text{ cm (Rige)}$

Factores que aplican para lecho superior, 1.4

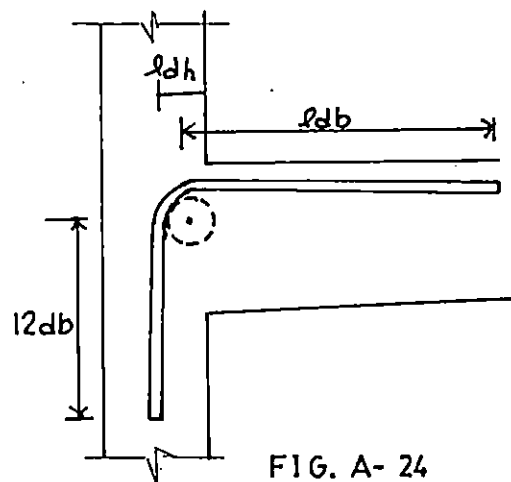
Entonces:  $l_d = 26.17 \times 1.4 \times (A_s \text{ req} / A_s \text{ prop.})$

$l_d = 21.89 \text{ cm} < 30 \text{ cm}$ , se utiliza 30cm.

los traslapes deben confinarse con estribos espaciados en toda la longitud de desarrollo( a  $d/4$  pero no a más de 10 cm) y en zonas no confinadas.

Calculando el gancho estándar  $90^\circ$ .

Para varilla No.5,  $A_b = 2.0 \text{ cm}^2$ , 1.558 cm



$$l_{dh} = d_b f_y / 17.2 \sqrt{f_c}$$

$$l_{dh} = 17.5 \text{ cm}$$

El doblado debe ser en frío

$$L_{disp} = 25 - rec - est. \text{ No.3}$$

$$L_{disp} = 25 - 4 - 0.95 = 20.05 \text{ cm}$$

Diámetro de doblado mínimo para varillas desde No.3 hasta No.8 es

$$D = 6db(\text{sección 7.2 ACI 318/89})$$

Por tanto para varilla No.5  $D = 6(1.558) = 9.35 \text{ cm}$ ,  $r = D/2 = 4.67 \text{ cm}$ .

$$\text{Longitud total} = l_{dh} - r + \pi D/4 + 12 db = 17.5 - 4.67 + \pi(9.35)/4 + 1.558$$

$L = 38.86 \text{ cm}$ , Utilizar : longitud total 40 cm.

REFUERZO TRANSVERSAL

MOMENTOS PLASTICOS

TRAMO 4-5 EJE A

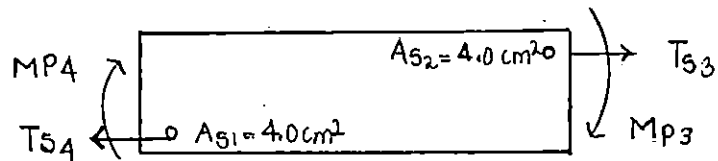


FIG.A-27

$$M_p = 1.25 f_y A_s (d - a/2) \quad A-19$$

$$a = \frac{1.25 f_y A_s}{0.85 f_c b} = 3.14 \text{ cm} \quad A-20$$

$$M_{p4} = 1.25 \times 2800 \times 4 \times (29 - 3.14/2) = 3.84 \text{ ton m}$$

Del mismo modo se calcula  $M_{p3} = 3.84 \text{ ton m}$

Cuando se da el momento plástico en el otro sentido

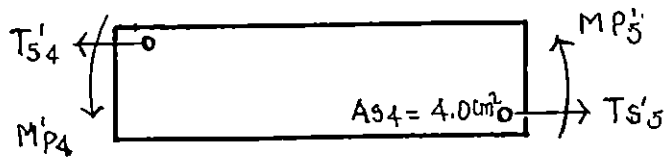


FIG.A-28

Por ser la misma área de acero los momentos son iguales al  $M_{p4}$

$$M_{p4'} = M_{p4} = M_{p5} = M_{p5'} = 3.84 \text{ ton}\cdot\text{m}$$

Encontrando los cortantes

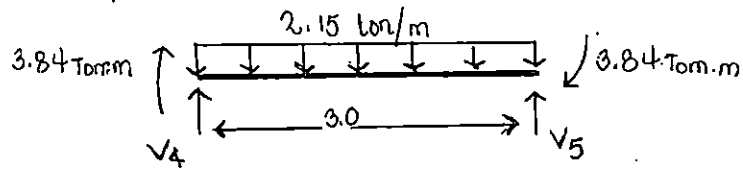


FIG. A-29

$$\Sigma M_4 = 0$$

$$V_5 (3) - 2.15 \times 3 \times 1.5 - 3.84 - 3.84 = 0$$

$$V_5 = 5.785 \text{ ton } \uparrow$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$V_4 = 0.665 \text{ ton. } \uparrow$$

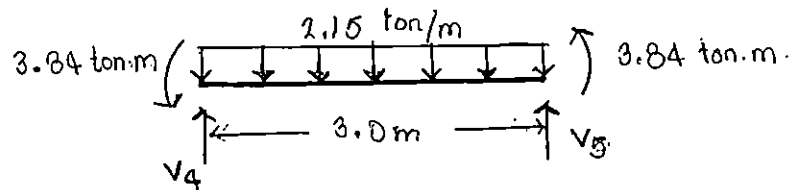


FIG. A-30

$$\Sigma M_4 = 0 \quad ; \quad V_5 = 0.665 \text{ ton. } \uparrow$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad ; \quad V_4 = 5.785 \text{ ton } \uparrow$$

Contribución del concreto

$$\phi V_c = \phi(0.53 \sqrt{f_c}) (bd) = 0.53 \times \sqrt{210} \times 25 \times 29 = 4.73 \text{ ton.}$$

Cortante crítico.

Cortante crítico derecho.

$$V_{\text{crit der}} = V_5 - wd = 5.785 - 2.15 (0.29) = 5.162 \text{ ton}$$

Cortante crítico izquierdo

$$V_{\text{crit der}} = 5.785 - 2.15 \times 0.29 = 5.162 \text{ ton}$$

Como los momentos plásticos son iguales  $V_{\text{crit izq}} = V_{\text{crit der}}$ .

Contribución del acero de refuerzo

$$V_{\text{crítico}} = V_u$$

$$\phi V_s = V_4 - \phi V_c = 5.162 - 4.73 = 0.432,$$

por tanto  $V_s = 0.432/\phi = 0.432/0.85 = 0.51 \text{ ton.}$

Separación requerida estribo No.3

$$S_r = A_v f_s d / V_s \times 10^3 = 1.42 \times 2800 \times 29 / 0.51 \times 10^3 = 2.26 \text{ m}$$

Esto se debe a que el concreto absorbe la mayor parte de los momentos.

De acuerdo a sección 11.5.4 del ACI 318/89, la separación máxima no deberá exceder de  $d/2 = 14.5 \text{ cm}$ , y la mínima  $d/4 = 7.25$  para zonas confinadas ( $l=2h$ ).

## DISEÑO DE LOSA DENSA

Vigas 25 x 25cm

$F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

$F_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$

Perímetro =  $3 \times 1.25 + 3 \times 2 = 13.50 \text{ m}$

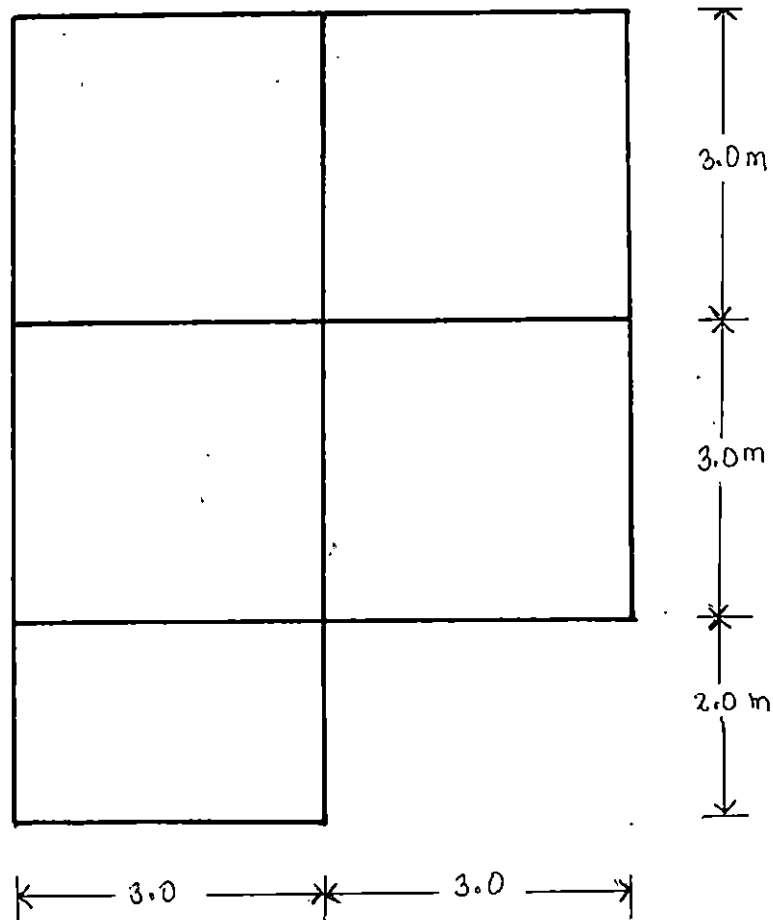


FIG.A-32

## ESPESOR DE LOSA

$$d \geq \text{perímetro} / 300 = 4.5 \text{ cm}$$

$$h = d + 2 + \phi v = 4.5 + 2 + 0.15 = 7.45 \text{ cm}$$

según el Reglamento de las construcciones(ACI 318/95)  $h > 9.0 \text{ cm}$  para losa bidireccional.

Por tanto se elige  $h = 10 \text{ cm}$

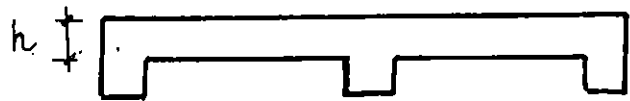


FIG. A-33

## CARGA DE DISEÑO

$$\text{Peso propio} = 0.10 \times 2400 = 240 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Enladrillado} = 120 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Divisiones interiores} = 70 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Losa adicional} = 20 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Total Carga muerta: } D = 450 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Carga por metro cuadrado de carga viva: } L = 170 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Totalizando una carga de diseño de } 620 \text{ kg/m}^2$$

$$W_u = 1.4D + 1.7L = 1.4 \times 450 + 1.7 \times 170 = 919.0 \text{ kg/m}^2 = 0.919 \text{ kg/m}^2 \quad (\text{A-21})$$

Verificación del cortante para  $h=10 \text{ cm}$

$$V_u = (a_1/2 - d) W_u / 1 + (a_1/a_2)^6 \quad (\text{A-22})$$

$$d = 10 - 2 - 0.95 = 7.05 \text{ cm} = 0.0705 \text{ m}$$

$$a_1 = a_2 = 3 - 0.25 = 2.75 \text{ m}$$

Luego,  $V_u = 0.6 \text{ ton/m}$

## CONTRIBUCIÓN DEL CONCRETO

$$\phi V_c = 0.5 Fr \sqrt{f'c} (bd), \quad b=100\text{cm (se hace para 1 metro)} \quad (\text{A-23})$$

$$\phi V_c = 0.5 \times 0.6 \times \sqrt{210} \times 100 \times 7.05 = 3.06 \text{ ton/m}$$

$$V_u < \phi V_c$$

$$0.6 < 3.06 \text{ cumple.}$$

## DISEÑO POR FLEXIÓN.

$$M_u = c \times a_1^2 \times W_u \times 10^{-4} \text{ (ton-m/m)} \quad (\text{A-24})$$

$$\text{Relación de lados } m = a_1/a_2 = 1.0$$

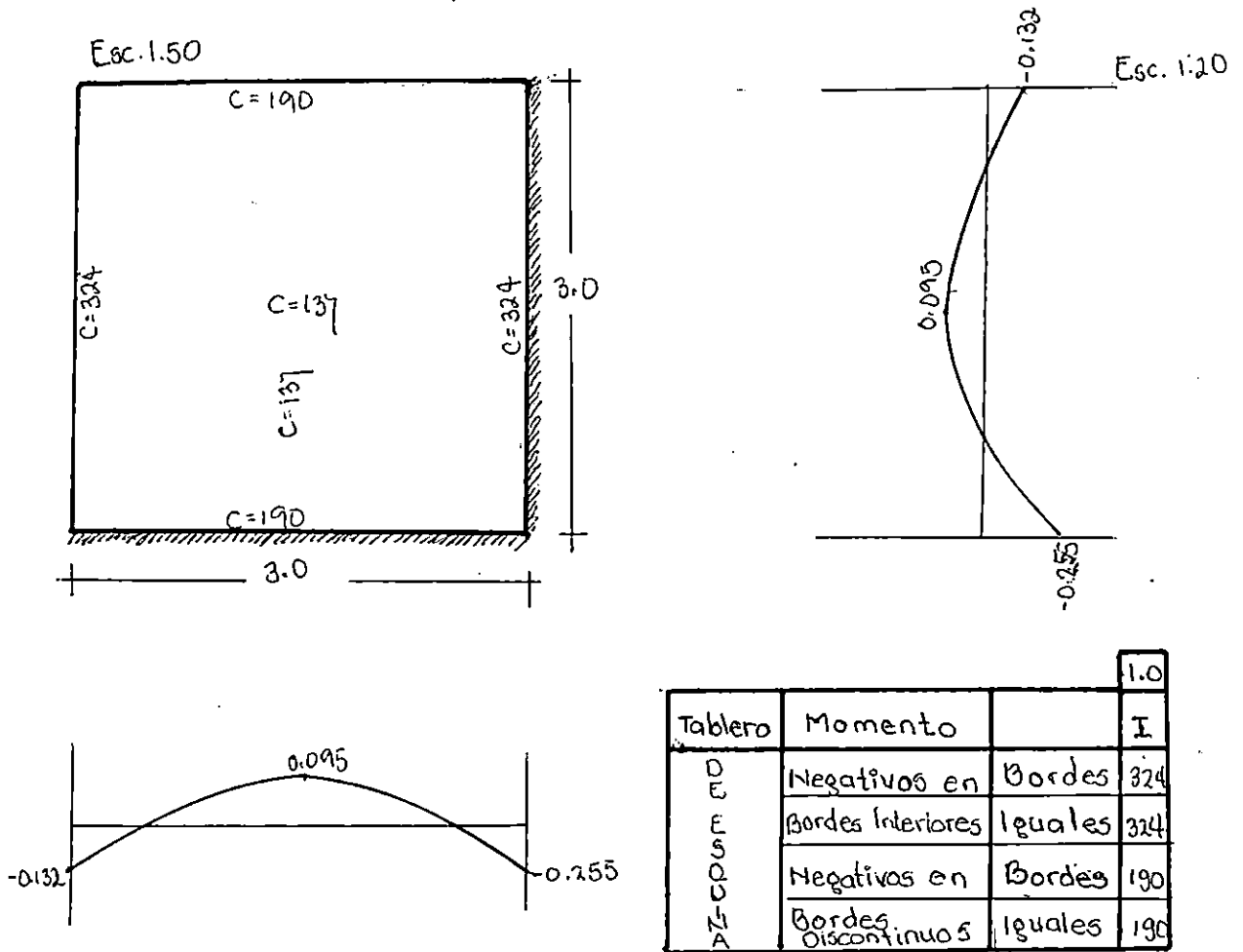


FIG. A-34



### CÁLCULO DEL ACERO REQUERIDO.

$$M_u = \phi f_c w (1-0.59w) b d^2 \times 10^{-5}, \quad (A-25)$$

$\phi = 0.9$  para flexión

$b=100\text{cms}$

$d=7.05\text{cm}$

Cuantía;

$$W = \rho f_y / f_c, \quad \rho = w f_c / f_y, \quad \rho = A_s / b d, \quad A_s = \rho b d \quad (A-26)$$

Con los momentos de la figura anterior.

Para  $M_u = -0.225 \text{ ton}\cdot\text{m}$ ,  $w = 0.024$ ,  $\rho = 0.0018$ ,  $A_s = 1.269 \text{ cm}^2$

$M_u = -0.132 \text{ ton}\cdot\text{m}$ ,  $w = 0.014$ ,  $\rho = 0.011$ ,  $A_s = 0.74 \text{ cm}^2$

$M_u = 0.095 \text{ ton}\cdot\text{m}$ ,  $w = 0.010$ ,  $\rho = 0.0008$ ,  $A_s = 0.53 \text{ cm}^2$

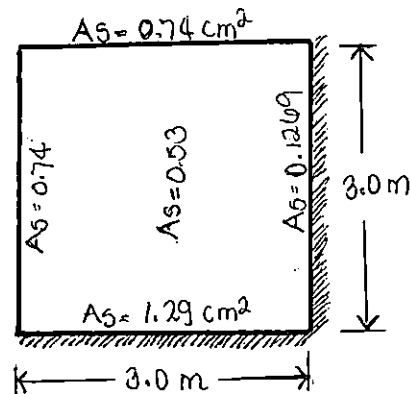


FIG. A-35

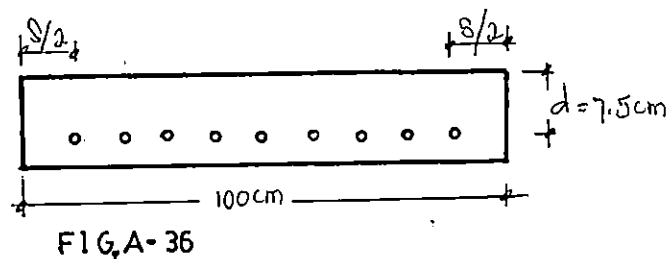
Revisando el acero mínimo;

$A_{min}=0.002bh = 0.002 \times 100 \times 10 = 2.0 \text{ cm}^2$ , en base a este dato se corregirán las áreas de acero requerido, ya que esta por debajo del acero mínimo,

$$A_{req}=A_{min}=2.0 \text{ cm}^2$$

Separación Máxima:

$$S_{max}=2h=20 \text{ cm}$$



El detallado se hace para cada 1 metro de la losa

$$A_{sreq}=n A_v$$

$$n_s = 100, n = 100/s$$

$$A_{sreq} = 100/s A_v, s = 100 A_v / A_{sreq}$$

Utilizando varilla No.3,  $A_v = 0.71 \text{ cm}^2$

Como  $A_{sreq} = A_{min} = 2.0 \text{ cm}^2$

$$S = 100 \times 0.71 / 2.0 = 35.5 \text{ cm}, \text{ pero } S_{max} = 20 \text{ cms}$$

Colocar acero No.3 @ 20cms en ambos sentidos.

El detalle de acero para este tablero será el mismo para toda la losa debido a que el acero mínimo no se alcanza con los momentos que resiste, pero por reglamento ACI 318/95 se coloca como mínimo acero No.3 @ 20 cm en ambas direcciones.

### LONGITUD DE BASTONES

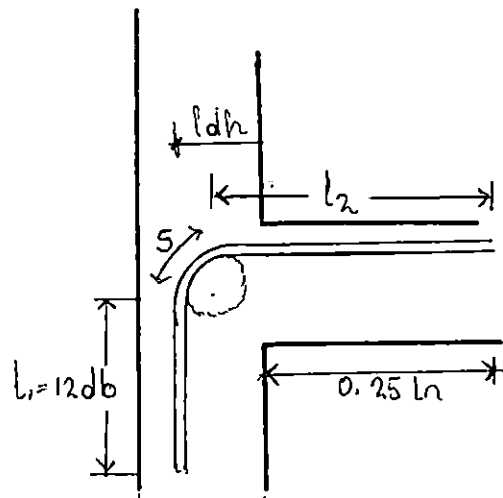


FIG. A- 37

$$S = \pi D/4, \quad D = 6db, \quad \text{para varilla No.3}$$

$$D = 6 \times 0.952 = 5.712 \text{ cm}$$

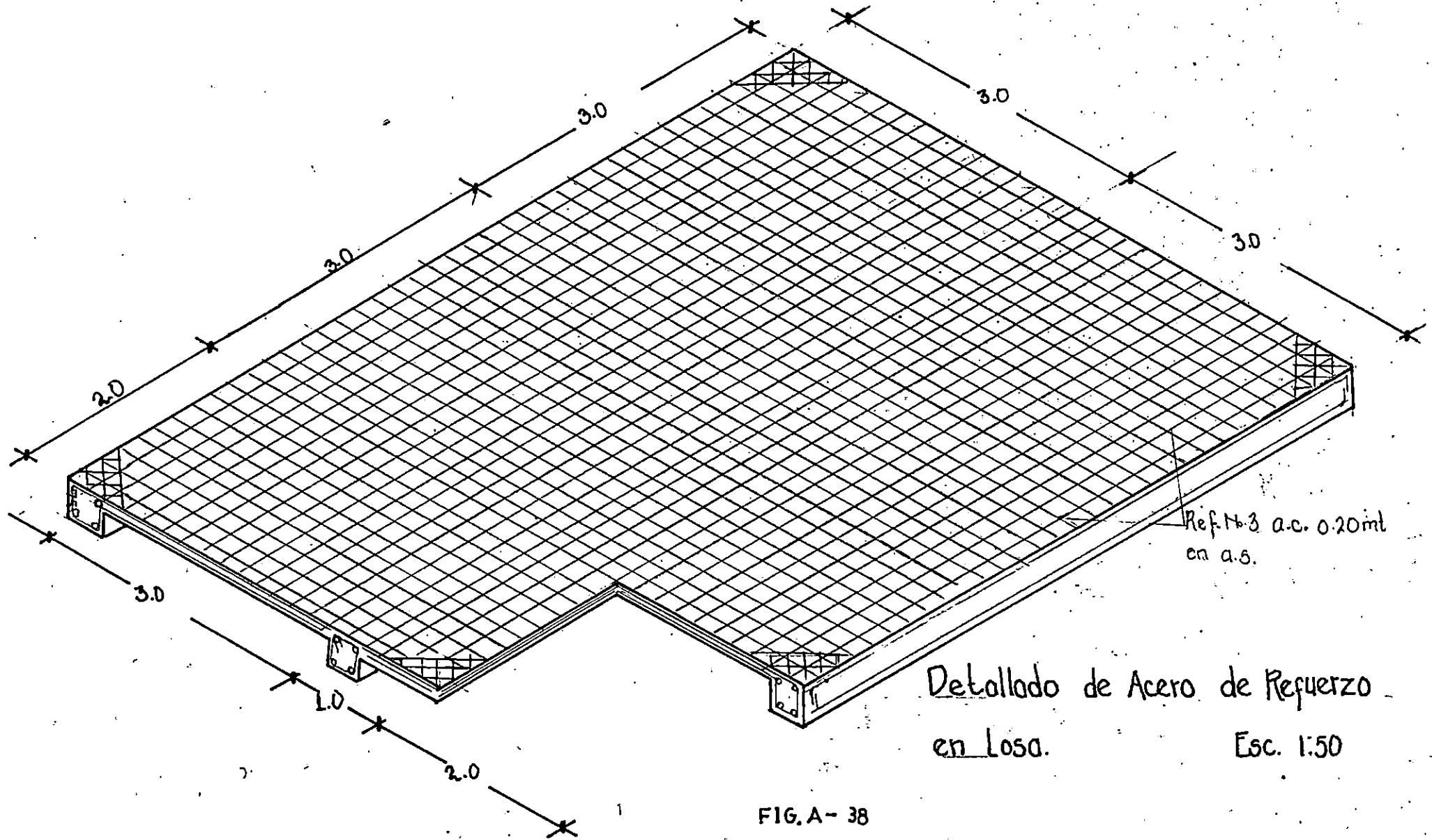
$$S = \pi \times 5.712 / 4 = 4.50 \text{ cm} = 0.045 \text{ m}$$

$$l_1 = 12db = 0.1142 \text{ m}$$

$$l_{dh} = db f_y / 17.2 \sqrt{f'_c} = 0.107 \text{ m}$$

$$l_2 = 0.25l_n + l_{dh} - D/2, \quad l_n = a_1 = 2.75$$

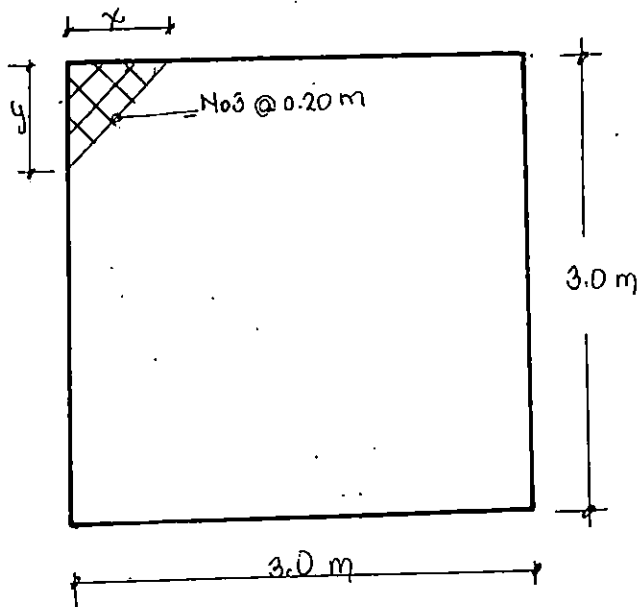
$$l_2 = 0.25 \times 2.75 + 0.107 - 0.05712 / 2 = 0.93 \text{ m} \quad \text{se usará } l_t = 0.95 \text{ m}$$



Detallado de Acero de Refuerzo  
 en Losa. Esc. 1:50

FIG. A-38

### DETALLE ESPECIAL (TABLERO DE ESQUINA)



$$x = y = \frac{a_1}{5} = \frac{2.75}{5}$$

$$x = y = 0.55 \text{ m}$$

FIG. A-39

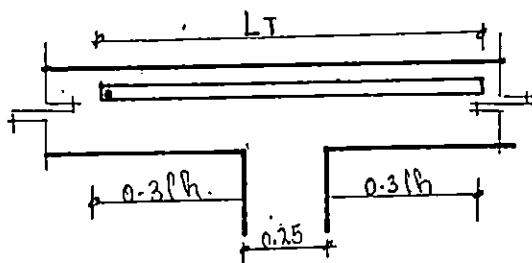


FIG. A-40

$$Ln1 = Ln2 = a1 = a2 = 2.75 \text{ cm}$$

$$Lt = 0.3ln1 + 0.3ln2 + 0.25$$

$$Lt = 1.90 \text{ m.}$$