

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Propuesta de Solución a los Problemas Presentados en el Laboratorio de
Agropecuaria de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la
Producción, FIMCP”

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentada por:

Gustavo Vicente Matute Redrován

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mis Padres,
profesores, amigos y todas
las personas que
colaboraron en la
realización de este trabajo y
especialmente a la Arq.
Zoila Llerena, Directora de
Tesis, por su valiosa ayuda.

DEDICATORIA

MIS PADRES

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Edison Navarrete C.

SUBDECANO DE LA FICT

PRESIDENTE

Arq. Zoila Llerena V.

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Alex Villacrés V.

VOCAL

Ing. Carmen Terreros de Varela

VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Gustavo Vicente Matute Redrován

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el Diseño de un Sistema de Filtros y Soluciones para los problemas constructivos presentados en el edificio 18D correspondiente al Laboratorio de Agropecuaria de la FIMCP, ajustando el diseño a las condiciones locales del terreno.

En su primera parte se revisan características generales de la zona, en la segunda se realiza una recopilación de información del edificio de antes como durante su construcción. En la tercera parte se procede a la formulación de hipótesis, análisis, conclusiones y recomendaciones técnicas basados en ensayos, cuyos datos entre otra información son adjuntadas en la parte final correspondiente a los anexos.

Los suelos expansivos son unas de las principales causas de millonarios daños a nivel mundial, y el edificio en estudio es una de las víctimas de tales males al poseer un material altamente expansivo tanto en su periferia como bajo su cimentación.

Se han procedido a diseñar dos métodos de solución, elaborando planos y un presupuesto, con el objetivo de presentar el problema, soluciones y que costo monetario representará a la ESPOL darle un correcto arreglo técnico.

También se presentan diferentes figuras correspondientes a fotografías de los daños actuales de la edificación, los cuales con el tiempo irán empeorando si no se le da el fin al origen de los mismos, el suelo expansivo.

Para poder realizar un correcto diseño fue necesario investigar información de los diferentes ensayos realizados antes y durante la construcción del edificio, para posteriormente realizar nuevos ensayos, comprobando y recolectando la información necesaria para brindar una solución al problema.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XV
ÍNDICE DE PLANOS.....	XX
 CAPITULO 1	
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.1.1. Introducción.....	1
1.1.2. Historia de la construcción del Campus Ing. Gustavo Galindo V.	4
1.1.3. Información hídrica.....	6
1.1.4. Información del suelo.....	9
 CAPÍTULO 2	
2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL ANÁLISIS DEL CASO: “LABORATORIO DE AGROPECUARIA FIMCP”.....	15
2.1. Recopilación de información técnica.....	15
2.1.1. Suelo adyacente en planos generales.....	15

2.1.2. Planos estructurales.....	18
2.1.3. Diseño de hormigón utilizado.....	23
2.1.4. Especificaciones técnicas.....	27
2.1.5. Estudios de suelos y recomendaciones.....	28
2.1.6. Libro de obra.....	31
2.2. Inspección en campo y determinación de daños.....	36
2.2.1. Zona “A”.....	37
2.2.2. Zona “B - C”.....	45
2.2.3. Zona “D”.....	53
2.2.4. Zona “E”.....	61
2.3. Planteamiento de hipótesis de las posibles causas de los daños detectados.....	79
2.3.1. Suelo.....	79
2.3.2. Acero Estructural.....	80
2.3.3. Resistencia de Hormigón de elementos estructurales.....	80
2.4. Análisis de las hipótesis planteadas.....	81
2.4.1. Suelo.....	81
2.4.2. Acero Estructural.....	84
2.4.3. Resistencia de Hormigón de elementos estructurales.....	94
2.4.4. Consultas a Profesionales Expertos.....	95
2.4.5. Consultas a Bibliografías y Documentos Técnicos en Internet.....	98

CAPÍTULO 3

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS SOBRE LAS

HIPÓTESIS.....	99
3.1. Conclusiones Técnicas sobre las hipótesis.....	99
3.1.1. Sobre el Suelo.....	99
3.1.2. Sobre el Acero Estructural.....	101
3.1.3. Sobre la Resistencia de Hormigón de elementos estructurales.....	103
3.2. Diseño de alternativas de solución.....	104
3.2.1. Alternativa # 1.....	104
3.2.2. Alternativa # 2.....	105
3.3. Diseño de la Alternativa # 1.....	105
3.3.1. Diseño Sanitario de la Alternativa # 1	105
3.3.2. Memoria Descriptiva de la Alternativa # 1.....	109
3.3.3. Metodología de la Construcción de la Alternativa # 1.....	110
3.3.4. Especificaciones Técnicas de la Alternativa # 1.....	114
3.3.5. Presupuesto Referencial de la Alternativa # 1.....	139
3.3.6. Cronograma Valorado.....	141
3.4. Diseño de la Alternativa # 2.....	143
3.4.1. Diseño Sanitario de la Alternativa # 2	143
3.4.2. Memoria Descriptiva de la Alternativa # 2.....	146
3.4.3. Metodología de la Construcción de la Alternativa # 2.....	147
3.4.4. Especificaciones Técnicas de la Alternativa # 2.....	150

3.4.5. Presupuesto Referencial de la Alternativa # 2.....	172
3.4.6. Cronograma Valorado.....	174
3.5. Conclusiones.....	176
3.6. Recomendaciones.....	177
 CAPÍTULO 4	
4. ANEXOS.....	178
4.1. Informes de Residencia de Obra.....	179
4.2. Copia de las Especificaciones Técnicas.....	182
4.3. Copias de Planos Originales.....	190
4.4. Relleno y Suelo Expansivo.....	199
4.5. Filtración Excesiva de Agua.....	216
4.6. Nuevos Estudios de Suelos.....	226
4.7. Nuevos Ensayos de Hormigón.....	307
4.8. Análisis Unitarios.....	313
4.9. Material Técnico Consultado en Bibliografía e Internet.....	363
 BIBLIOGRAFÍA.....	 373

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Implantación del edificio 18D en el sector de FIMCP, planta arquitectónica edificio 18D.....	17
Figura 2.2 Ubicación de zonas con arcilla negra.....	32
Figura 2.3 Zonificación para calificar el suelo.....	33
Figura 2.4 Esquema de característica de contrapiso.....	34
Figura 2.5 Canales y camineras.....	35
Figura 2.6 Vista en planta de la Zona “A”.....	37
Figura 2.7 Deterioro y fisuras en pared lateral izquierda.....	38
Figura 2.8 Deterioro y fisuras en pared lateral izquierda.....	39
Figura 2.9 Deterioro y fisuras en pared lateral izquierda.....	40
Figura 2.10 Deterioro y fisuras en pared lateral izquierda.....	41
Figura 2.11 Deterioro y fisuras en pared lateral izquierda.....	42
Figura 2.12 Empozamiento sobre caminería saturando el suelo debido a goteo de equipo de aire acondicionado.....	43
Figura 2.13 Deterioro y fisura de camineras.....	44
Figura 2.14 Vista en planta de la zona “B-C”.....	45
Figura 2.15 Deterioro y agrietamiento en paredes traseras.....	46
Figura 2.16 Deterioro y agrietamiento en paredes traseras.....	47
Figura 2.17 Deterioro y agrietamiento en paredes traseras.....	48
Figura 2.18 Desplome, deterioro y agrietamiento en paredes traseras.....	49
Figura 2.19 Deterioro y agrietamiento en paredes traseras.....	50
Figura 2.20 Deterioro y agrietamiento en paredes traseras.....	51

Figura 2.21	Deterioro y agrietamiento en paredes traseras.....	52
Figura 2.22	Vista en planta de la zona “D”.....	53
Figura 2.23	Fisura y deterioro en escalinatas.....	54
Figura 2.24	Desprendimiento de bordillos, vista este-oeste.....	55
Figura 2.25	Fisuras y deterioro en camineras y escalinatas.....	56
Figura 2.26	Fisuras y deterioro en camineras, vista oeste-este.....	57
Figura 2.27	Fisuras y deterioro en camineras, vista este-oeste.....	58
Figura 2.28	Fisuras y deterioro en camineras, vista oeste-este.....	59
Figura 2.29	Fisuras y deterioro en camineras y escalinatas.....	60
Figura 2.30	Vista en planta de la zona “E”.....	61
Figura 2.31	Fisuras en paredes de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	62
Figura 2.32	Fisuras en paredes de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	63
Figura 2.33	Fisuras en paredes de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	64
Figura 2.34	Fisuras en paredes de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	65
Figura 2.35	Fisuras en paredes de baños de edificio 18D.....	66
Figura 2.36	Fisuras en paredes de baños de edificio 18D.....	67
Figura 2.37	Fisuras en pisos de laboratorio de Entomología de edificio 18D.....	68
Figura 2.38	Trizada de la baldosa de laboratorio de Entomología de edificio 18D.....	69
Figura 2.39	Empuje del Suelo levantando las baldosas de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	70

Figura 2.40 Empuje del Suelo levantando las baldosas de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	71
Figura 2.41 Trizadas en las esquinas de las baldosas de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	72
Figura 2.42 Trizadas en baldosas de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	73
Figura 2.43 Fisuras en pisos de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	74
Figura 2.44 Fisuras en pisos de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	75
Figura 2.45 Fisuras en pisos de laboratorio de Fitopatología de edificio 18D.....	76
Figura 2.46 Presión sobre ventana interior en área de Recepción.....	77
Figura 2.47 Presión sobre ventana interior en área de Recepción.....	78
Figura 4.1 Suelo expansivo en la periferia del edificio.....	199
Figura 4.2 Suelo expansivo en la periferia del edificio.....	200
Figura 4.3 Suelo expansivo en la periferia del edificio.....	201
Figura 4.4 Suelo expansivo en la periferia del edificio.....	202
Figura 4.5 Suelo expansivo en la periferia del edificio.....	203
Figura 4.6 Suelo expansivo en la periferia del edificio.....	204
Figura 4.7 Suelo expansivo en la periferia del edificio.....	205
Figura 4.8 Suelo expansivo y relleno bajo camineras de edificio.....	206
Figura 4.9 Suelo expansivo y relleno bajo camineras de edificio.....	207
Figura 4.10 Suelo expansivo y relleno bajo camineras de edificio.....	208
Figura 4.11 Suelo expansivo y relleno bajo camineras de edificio.....	209
Figura 4.12 Suelo expansivo y relleno bajo camineras de edificio.....	210

Figura 4.13	Suelo expansivo y relleno bajo camineras de edificio.....	211
Figura 4.14	Suelo expansivo y relleno bajo camineras de edificio.....	212
Figura 4.15	Suelo expansivo y relleno bajo camineras de edificio.....	213
Figura 4.16	Diferencia de profundidad de relleno.....	214
Figura 4.17	Suelo expansivo y relleno bajo camineras de edificio.....	215
Figura 4.18	Jardineras en parte delantera de edificio.....	216
Figura 4.19	Filtración de agua por veredas, canales obstruidos.....	217
Figura 4.20	Filtración de agua por veredas, canales obstruidos.....	218
Figura 4.21	Vivero en zona posterior, zona de vegetación alrededor del edificio.....	219
Figura 4.22	Canal obstruido, sin mantenimiento.....	220
Figura 4.23	Canal obstruido, sin mantenimiento.....	221
Figura 4.24	Canal obstruido, sin mantenimiento.....	222
Figura 4.25	Filtración por veredas y jardineras de agua usada en limpieza de vehículo.....	223
Figura 4.26	Filtración por veredas y jardineras de agua usada en limpieza de vehículo.....	224
Figura 4.27	Zona de vegetación alrededor del edificio.....	225
Figura 4.28	Ubicación de las perforaciones.....	227
Figura 4.29	Residuo de asfalto en el suelo.....	228
Figura 4.30	Residuo de asfalto en el suelo.....	229
Figura 4.31	Desecho de construcción en suelo.....	229
Figura 4.32	Lugar de la perforación.	231
Figura 4.33	Orificio de perforación.....	232
Figura 4.34	Lugar de la perforación.....	233
Figura 4.35	Perforación.....	234

Figura 4.36	Perforación terminada y rellenada.....	235
Figura 4.37	Perforación por medio de roto-percusión.	236
Figura 4.38	Perforación por medio de roto-percusión.	237
Figura 4.39	Perforación por medio de roto-percusión.	238
Figura 4.40	Perforación por medio de roto-percusión.	239
Figura 4.41	Perforación por medio de roto-percusión.	240
Figura 4.42	Perforación por medio de roto-percusión.	241
Figura 4.43	Calicata para perforación.	242
Figura 4.44	Orificio de perforación.	243
Figura 4.45	Orificio de perforación.	244
Figura 4.46	Relleno de calicata.	245
Figura 4.47	Muestra para ensayos de laboratorio.	246
Figura 4.48	Muestra, prensa y diales de compresión simple.	248
Figura 4.49	Muestra, prensa y diales de compresión simple.....	249
Figura 4.50	Muestra culminado ensayo.	250
Figura 4.51	Muestra en el horno.	252
Figura 4.52	Muestra en proceso de trituración.	253
Figura 4.53	Muestras listos para ensayo granulo métrico.....	254
Figura 4.54	Muestras en proceso de tamizado.....	255
Figura 4.55	Ejemplo de gráfico para límite líquido.....	258
Figura 4.56	Moldeo de muestra para ensayo de expansión.....	263
Figura 4.57	Moldeo de muestra para ensayo de expansión.....	264
Figura 4.58	Preparación de equipo para ensayo de expansión.....	265
Figura 4.59	Equipo para ensayo de expansión.....	266
Figura 4.60	Proceso de ensayo de expansión.....	267
Figura 4.61	Proceso de ensayo de expansión.....	268

Figura 4.62	Proceso de ensayo de expansión.....	269
Figura 4.63	Gráfico deformación vs. Tiempo de ensayo de expansión simple, muestra 2 perforación 1.....	270
Figura 4.64	Gráfico deformación vs. Tiempo de ensayo de expansión simple, muestra 4 perforación 1.....	271
Figura 4.65	Gráfico deformación vs. Tiempo de ensayo de expansión simple, muestra 5 perforación 1.....	272
Figura 4.66	Gráfico deformación vs. Tiempo de ensayo de expansión simple, muestra 2 perforación 2.....	273
Figura 4.67	Gráfico deformación vs. Tiempo de ensayo de expansión simple, muestra 4 perforación 2.....	274
Figura 4.68	Ubicación de columnas.	310

CAPITULO 1

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Generalidades

1.1.1. Introducción

Las edificaciones en la ciudad de Guayaquil a lo largo de la historia, nos indican que han sido asentadas sobre terrenos rellenados de esteros, manglares y salitrales.

La presencia de estos elementos naturales, han ocasionado problemas en la mayoría de estructuras que se han construido a lo largo de la historia.

El suelo, base para todas las construcciones, presenta muchas características o cualidades diferentes, dependiendo de su ubicación y de su tratamiento, lo cual puede ser beneficioso en algunos casos y desastroso en otros.

Una de estas condiciones desfavorables de los suelos es la expansibilidad, característica por la cual, el suelo al entrar en contacto con el agua reacciona,

empezando a aumentar su volumen y empezando a ejercer una increíble presión en el caso de estar confinado, como lo está cuando se encuentra bajo una edificación u otra obra.

Por este motivo todos los ingenieros buscan trabajar lo más alejado posible de este tipo de suelo, pero existen ocasiones en donde es imposible huir del problema y es entonces cuando hay que utilizar el ingenio y técnica para convertirlo en un suelo apto para la edificación.

Este tipo de suelo cuando no es correctamente tratado empieza a empujar la estructura aplicando una presión en diferentes direcciones, lo que produce fisuras en las estructuras, levantando los pisos, e incluso en casos más críticos, produciendo el colapso de la estructura.

Aunque este fenómeno, en la mayoría de los casos, va destruyendo la estructura lentamente y no es el causante de muertes por colapsos repentinos de edificaciones, es sin lugar a dudas el principal destructor de obras civiles, carreteras, puentes, represas, entre otras construcciones. Aunque parezca difícil de creer, el fenómeno de expansión de los suelos causa a nivel mundial

más pérdidas económicas en destrucción de estructuras, que varios fenómenos naturales juntos como huracanes y terremotos.

Guayaquil no está libre de este tipo de suelos, por ende tampoco lo está la Escuela Superior Politécnica del Litoral. En el Campus Gustavo Galindo podemos ser testigos de varios ejemplos de este fenómeno, como en el edificio del Auditorio de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Humanísticas y Económicas, el edificio principal de la Facultad de Ingeniería Marítima, entre otros edificios alrededor del campus.

Para esta tesis se ha seleccionado uno de los edificios que presenta deterioro por causas que tienen que ver con la calidad del suelo sobre el cual fue implantado y corresponde al edificio 18 D perteneciente al Laboratorio de Agropecuaria de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción.

Este edificio presenta varios daños en paredes, columnas y veredas producidos por suelos expansivos del sector, lo que se procederá a confirmar por medio de investigaciones, estudios de laboratorios y consultas a expertos profesionales en diferentes temas, para llegar a conclusiones sobre el

problema y entregar las propuestas de solución para detener la causa que ha producido daños en el edificio.

1.1.2. Historia de la construcción del Campus Ing. Gustavo Galindo V.

En el año 1986 con financiamiento BID, se empezaron a firmar contratos con diversas constructoras para empezar las diferentes obras correspondientes a un nuevo Campus para la ESPOL, cuyo nombre es Ing. Gustavo Galindo V.

La firma de estos contratos incluían la construcción de los diferentes edificios del campus, vías de comunicación y canchas de recreación, así como la creación de áreas verdes que le darían un aspecto atractivo y natural al campus.

Entre las principales constructoras contratadas, podemos mencionar dos que ejecutaron gran parte de los edificios del campus.

Una es la constructora Furoiani Obras y Proyectos, representada en aquella época por el Arquitecto José Furoiani Villagómez, con la que se firmó contrato en Mayo de 1986 para la construcción de varios edificios como los laboratorios de Eléctrica, edificios del Instituto de Ciencias Humanísticas y Empresariales, entre otros.

La otra gran constructora es Nidec – Tokura, representada en ese tiempo por el Economista Nagayani Ibuki, con la que se firmó contrato el 5 de Febrero de 1986 para la construcción de los edificios de rectorado, comedor de Ingenierías, los edificios del núcleo de las tecnologías, infraestructura vial y sanitaria.

A partir del año 1992, la ESPOL comenzó a funcionar en el campus Ing. Gustavo Galindo V. el cual sigue creciendo en concordancia con el desarrollo académico institucional.

El edificio 18D correspondiente al Laboratorio de Agropecuaria en la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, es una obra relativamente joven, cuya construcción empezó el 2 de Julio del 2001 bajo la modalidad de administración directa, fue suspendida el 3 de Enero del 2002

por problemas de financiamiento, continuando su construcción el Julio 8 del 2002.

La obra fue ejecutada en el rectorado del Ing. Víctor Bastidas, como representante de la ESPOL se tenía al Ing. Daniel Tapia Falcón, Vicerrector Administrativo-Financiero, el Ing. Edison Navarrete como Decano de la FICT.

En esta obra se designó como residente de obra al Ing. Jaime Hidalgo Rigaíl y como Fiscalizador el Ing. Julio Rodríguez R., profesor de FICT.

1.1.3. Información Hídrica

Información Hidrometereológica

La estación meteorológica más cercana al Campus Gustavo Galindo de la ESPOL, de acuerdo al INAMHI es la Guayaquil DAC ubicada en el aeropuerto Simón Bolívar, a pocos kilómetros de distancia del campus, lo que hace que sus datos sean representativos.

A continuación se presenta un resumen de datos de precipitación, información obtenida de la estación mencionada:

TABLA 1

**INFORMACIÓN DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIONES DADA POR
INAMHI**

DATOS METEOROLÓGICOS (RESUMEN MULTIANUAL)													
ESTACIÓN GUAYAQUIL										LAT.: 02°09'12"S			
PROV.: GUAYAS										LONG.: 79°53'00"W			
PERIO.: 1959 - 2001										ELEVA.: 5m			

DATO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PRECIPI. (mm)	187.3	277.1	263.4	147.0	30.1	1.9	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	18.7	925.9
PRECIPI. MAX. (mm)	701.3	783.3	929.3	1158.7	638.8	612.2	292.5	19.7	58.2	89.6	571.9	772.0	1158.7
PRECIPI. MAX. 24hs (mm)	204.7	122.1	151.2	221.8	116.3	124.6	64.4	7.3	18.1	46.6	168.3	190.6	221.8
DÍAS CON PRECIPI.	16	18	19	14	8	3	1	0	1	1	2	6	89

Las precipitaciones normalmente suelen darse entre los meses de Diciembre y Abril, aunque cuando existe la influencia de la corriente de “El Niño” pueden producirse anormalmente entre Octubre y Junio.

Las lluvias se dan de forma torrencial y por motivos de la morfología la escorrentía es inmediata, los cuales suelen darse con apreciable arrastre de sedimentos.

La temperatura es variada, entre 20 y 33 grados centígrados, teniendo la más baja en los meses más fríos como Julio y Agosto, y la más alta en los meses más calurosos que coinciden con la época normal de lluvias.

En cuanto a la evapotranspiración potencial, AGRE. pp. 28, es media, fluctuando entre 1.50 y 2.0 (Subhúmedo) con un vapor relativamente alto de evaporación de 1245 mm. en Guayaquil, con humedad relativa del orden del 80% con variaciones diarias, en especial en el periodo lluvioso.

1.1.4. Información del Suelo

Estudios geológicos y geotécnicos:

El campus Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral se encuentra ubicado en la región costera. A continuación se detalla información geológica general de la región costa como de la zona específica del campus politécnico.

Marco geológico de la región costera

Está ubicada al oeste de la Cordillera de los Andes. La información de expertos señala que su composición posee una base de rocas basálticas sobre la cual se han depositado formaciones geológicas de origen marino y posteriormente formaciones recientes de origen sublitoral-continental.

Un levantamiento tipo Horst formó la Cordillera Chongón – Colonche, llevando hacia la superficie rocas basálticas de la Formación Piñón, antiguo piso oceánico, y rocas detríticas de la Formación Cayo.

La Formación Cayo esta subdividida en tres miembros de abajo hacia arriba:

Miembro Calentura: compuesto de rocas volcánicas de tamaño variable desde polvo volcánico hasta bloques piroclásticos de gran tamaño.

Miembro Cayo Sensu Strictu (S.S.): es el más representativo de esta formación compuesta por material volcánico y detritos clásticos de origen fluvial.

Miembro Guayaquil (Definida también como Formación Guayaquil): está formada por material volcánico de textura muy fina depositada en un ambiente acuático y enriquecido de sílice, dando lugar a lutitas silicificadas en diferente grado hasta llegar a Chert, en este caso con el máximo contenido de sílice.

Geología Local

Geomorfología

Geomorfológicamente el área del Campus presenta tres rangos de relieve claramente diferenciados:

El primero comprende el sector situado a partir de la Perimetral, cubriendo unas 200 ha, está caracterizado por varias colinas, muchas de ellas adyacentes y con una altura que no supera los 800 m.s.n.m., poseen perfiles suaves, con vertientes de baja pendiente, alineadas al rumbo de los estratos de las unidades litológicas existentes.

El segundo está ubicado en el sector central del Campus, con colinas que alcanzan los 180 m.s.n.m. Las colinas son alargadas, con pendientes que varían de suaves a levemente pronunciadas, esto debido a la resistencia mecánica de los estratos rocosos que afloran en dicho sector.

Finalmente tenemos un tercer rango que abarca el sector Oeste del Campus, se desarrolla desde los 180 hasta los 450 m.s.n.m. En esta unidad se aprecian colinas altas con variación de pendientes desde pronunciadas a muy pronunciadas. En superficie de base de este dominio se han formado depósitos coluviales que tienen en general una pendiente ligeramente pronunciada.

Geología De La Zona donde se implanta la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción

La Facultad de IMCP se encuentra implantada dentro de un mismo sector geológico, el cual es en general de características de estratos rocosos, aunque posee depósitos de arcilla negra de mala calidad, ciertas características de estos tipos de suelo los detallaremos a continuación:

Geotecnia

El sector geológico está constituido por estratos rocosos de la formación Cayo, aquí predominan las microbrechas y areniscas de grano grueso, también se tienen paquetes de estratos de lutitas, intercaladas entre los antes mencionados, las cuales tienen las siguientes propiedades geomecánicas en promedio ponderado:

Peso volumétrico seco: promedio ponderado 2 Ton / m³.

Peso volumétrico saturado: promedio ponderado 2.2 Ton / m³.

Cohesión: promedio ponderado 60 Ton / m².

Angulo de fricción interna: promedio ponderado 29°.

En condiciones naturales, el macizo rocoso de esta caracterización tiene un espesor de meteorización que fluctúa entre 0.3 y 1.0 metros de espesor, dando como resultado en las capas superficiales, suelos arcillosos – limo

arenosos, y en algunos sectores, arcillas finas bien plásticas y expansivas (exp. $\geq 10 \text{ Ton} / \text{m}^2$).

Los estratos rocosos meteorizados o alterados de este sector, son excelentes materiales para ser compactados en terraplenes pues fácilmente pueden alcanzar un próctor modificado superior al 100%.

Por otro lado este terreno también tiene bancos de material malo, las cuales son arcillas de color negro característico, estas arcillas son plásticas de consistencia rígida, con un LP=25%, IP=55% en promedios ponderados.

Poseen un elevado grado de expansión, superando su esfuerzo expansivo las $10 \text{ Ton} / \text{m}^2$, su peso específico es de un promedio ponderado de $1.68 \text{ Ton} / \text{m}^3$. Son suelos prácticamente impermeables tanto en sitio como cuando son compactados.

En general la mayor parte de la zona posee areniscas, limonitas, lutitas silicificadas, Chert, areniscas de grano medio a fino estratificadas y resistentes.

Mientras que los bancos son de un material arcilloso negro, orgánico, altamente plástico y expansivo.

Constructibilidad

En general el terreno posee pendientes medianamente fuertes, está constituido por capas rocosas, duras y cobertura de suelos arcillosos erosionables por sus fuertes pendientes naturales, es buena para realizar construcciones aunque es necesaria reforestación para estabilizar ciertos taludes. Por el otro lado, la existencia de los bancos de arcilla negra constituyen un terreno no apto para la construcción de infraestructura, por ser un depósito de materiales heterogéneos, inestables, sin vegetación. Este material debería ser removido y sustituido por otro de mejor calidad, y en casos de taludes ser estabilizados con árboles.

Con estos antecedentes, el edificio 18D fue implantado en un suelo de características arcillosas, parte del banco de arcilla negra del sector. A continuación se procederá a presentar la información técnica que demuestra la causa u origen de los problemas que se están suscitando en el edificio.

CAPITULO 2

2. METODOLOGÍA SEGUIDA EN EL ANÁLISIS DEL CASO: “LABORATORIO DE AGROPECUARIA FIMCP”

2.1. Recopilación de Información Técnica

2.1.1. Suelo Adyacente en Planos Generales

El edificio 18D de la FIMCP tiene un área de construcción de 395 m² y un área adicional de 273 m² para uso de huertos. En este edificio funcionan los laboratorios de Ingeniería Agropecuaria y las oficinas administrativas de la carrera.

El edificio se encuentra ubicado en el sector noroeste del núcleo de ingenierías, con acceso desde la vía perimetral interna del campus. Por el norte, se encuentra una calle de acceso que viene desde la vía perimetral

interna hasta el parqueadero que se ubica al lado este del edificio. Rodeado de vegetación natural que lo aísla de la cercanía de la vía.

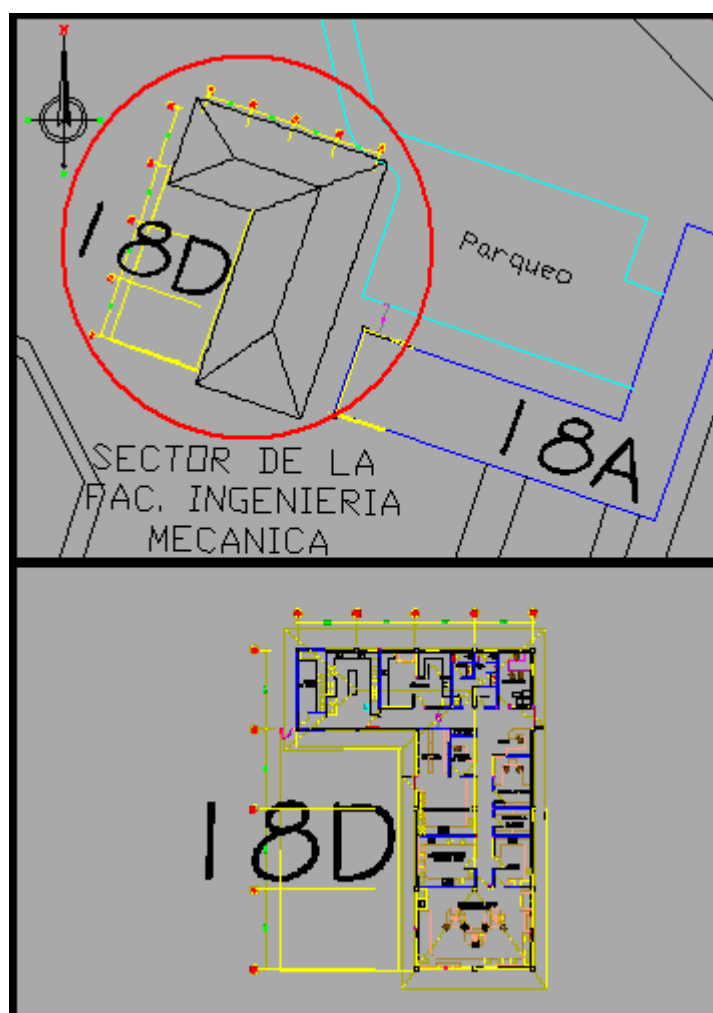
Al sur se encuentra el edificio administrativo de la Facultad de Ingeniería Mecánica, con una zona de transición cubierta de vegetación.

Al este el parqueadero y el edificio de laboratorio 18A de la misma facultad.

Al oeste se tiene una vertiente natural, y a varios metros del edificio se encuentra el parqueo de la FIEC.

De lo descrito se observa que el edificio en estudio, está rodeado principalmente por áreas verdes sin ningún tipo de infraestructura de drenaje de aguas lluvias que proteja al edificio de la filtración de las mismas.

A continuación se observa un plano de implantación del edificio con las diferentes instalaciones adyacentes.



**FIGURA 2.1. IMPLANTACIÓN DEL EDIFICIO 18D EN EL SECTOR DE
FIMCP, PLANTA ARQUITECTÓNICA EDIFICIO 18 D**

2.1.2. Planos Estructurales

Revisión de Acero Estructural:

Como todos los diseños de las edificaciones del Campus Gustavo Galindo de la ESPOL, fueron elaborados por profesionales expertos, especialmente en lo que a diseño estructural se refiere, cumpliendo con las diferentes normas y requisitos de la época (año 1.984), el edificio de Agropecuaria, en estudio también, fue diseñado por un experto de mucha experiencia contratado por la Unidad de Planificación en el año 2000.

Para revisión del diseño estructural se muestra a continuación parte del diseño de las columnas y vigas.

2.1.3. Diseño de hormigón utilizado.

Del Hormigón:

El diseño estructural presenta un hormigón de resistencia de 280 Kg/cm².

De las Pruebas de Resistencia.

De acuerdo a los informes técnicos que reposan en los archivos del departamento de la Unidad de Planificación de la ESPOL, durante el proceso constructivo se realizaron las pruebas de resistencia del hormigón a los diferentes miembros estructurales de la edificación, las cuales fueron ejecutadas por el Laboratorio de Suelos de la Facultad ICT.

En las tablas 6, 7 y 8 se detallan los datos de las pruebas tomadas con sus respectivas fechas y la resistencia alcanzada a las diferentes edades del hormigón tanto en vigas, como en riostras y columnas.

TABLA 6**PRUEBA DE RESISTENCIA DE VIGAS (OCTUBRE 11 DEL 2001)**

CILINDRO #	FECHA DE TOMA	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm²
1	12-SEPTIEMBRE 2001	19-SEPTIEMBRE 2001	7	28636.36	162.05
2	12-SEPTIEMBRE 2001	19-SEPTIEMBRE 2001	7	26363.63	149.19
3	12-SEPTIEMBRE 2001	03-OCTUBRE 2001	21	34090.90	192.91
4	12-SEPTIEMBRE 2001	03-OCTUBRE 2001	21	35454.54	200.63
5	12-SEPTIEMBRE 2001	10-OCTUBRE 2001	28	37500.00	212.20
6	12-SEPTIEMBRE 2001	10-OCTUBRE 2001	28	38636.36	218.63

Promedio de Resistencia del Hormigón utilizado para vigas a los 28 días:
215.42 Kg/cm².

TABLA 7**PRUEBA DE RESISTENCIA DE RIOSTRAS (SEPTIEMBRE 12 DEL 2001)**

CILINDRO #	FECHA DE TOMA	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm²
1	01-AGOSTO 2001	22-AGOSTO 2001	21	26530.61	150.13
2	01-AGOSTO 2001	22-AGOSTO 2001	21	24036.28	136.02
3	01-AGOSTO 2001	29-AGOSTO 2001	28	31363.63	177.48
4	01-AGOSTO 2001	29-AGOSTO 2001	28	28636.36	162.04

Promedio de Resistencia del Hormigón utilizado para riostras a los 28 días: 169.76 Kg/cm².

TABLA 8**PRUEBA DE RESISTENCIA DE COLUMNAS (SEPTIEMBRE 12 DEL 2001)**

CILINDRO #	FECHA DE TOMA	FECHA ROTURA	EDAD DÍAS	CARGA Kg	RESISTENCIA Kg/cm²
1	15-AGOSTO 2001	22-AGOSTO 2001	7	58956.92	333.63
2	15-AGOSTO 2001	22-AGOSTO 2001	7	53514.74	302.83
3	15-AGOSTO 2001	05-SEPTIEMBRE 2001	21	65000.00	367.82
4	15-AGOSTO 2001	05-SEPTIEMBRE 2001	21	55454.54	313.80
5	15-AGOSTO 2001	12-SEPTIEMBRE 2001	28	59090.90	334.38
6	15-AGOSTO 2001	12-SEPTIEMBRE 2001	28	54545.45	308.66

Promedio de Resistencia del Hormigón utilizado para columnas a los 28 días: 321.52 Kg/cm².

Estos resultados fueron obtenidos en el año 2001 como lo indican las fechas en las tablas.

2.1.4. Especificaciones Técnicas.

Para la comprensión del proceso constructivo del edificio es necesario revisar las especificaciones técnicas que se utilizaron para el proceso constructivo del edificio en mención.

Las especificaciones técnicas abarcan los siguientes capítulos:

- A. Obras Preliminares.
- B. Albañilería.
- C. Recubrimientos.
- D. Instalaciones Sanitarias.
- E. Obras Exteriores.

Se anexan copias de dichos capítulos en el literal “4.2. Copias de las Especificaciones Técnicas”.

2.1.5. Estudios de suelos y recomendaciones:

Del Estudio de Suelos.

En el año 2001 se realizaron 4 perforaciones que estuvieron a cargo del Laboratorio de Suelos de la Facultad ICT, reportándose los siguientes resultados especificados en el Estudio de Suelos.

TABLA 9

ENSAYOS DE EXPANSIÓN CONTROLADA 2001

MUESTRA Tomada (24/07/01)				PROFUNDIDAD M				ESFUERZO DE EXPANSIÓN Ton/m ²			
1				0.5				5.68			
2				0.5				26.52			
MUESTRA Tomada (2/08/01)	PROF. M	DESCRIPCIÓN VISUAL	SUCS	HUMEDAD %	PASA #200 (%)	WL %	WP %	IP %	"qu" Ton/m ²	PESO UNIT. Kg/m ³	EXPANSIÓN Ton/m ²
1	0.5	ARCILLA CAFÉ DURA	CL	23.6	8.6	33.4	21.1	12.3	54.16	1.815	3.79
2	1	ARCILLA MUY DURA	CH	22.5	86.9	65.6	24.8	40.8	125.84	1.914	54.94

De las recomendaciones técnicas del Estudio de Suelos.

En el año 2001, ante los resultados obtenidos, el Laboratorio de Suelos de la FICT, se permitió generar las siguientes recomendaciones técnicas para la construcción del edificio de Laboratorios de Agropecuaria de FIMCP (18D).

1. Sacar el suelo expansivo en toda el área de construcción, por lo menos **hasta 2 metros** de profundidad.
2. **Saturar el suelo que queda colocando 5 cm. de cal**, para luego rellenar con material granular en capas de 25 cm. compactadas al 95% del Próctor Standard hasta completar un metro.
3. Sobre el relleno compactado se colocarán los cimientos. Es importante que **el relleno sea en toda el área**, no solo bajo los cimientos.
4. Debido a los problemas de expansión encontrados, será necesario **controlar el flujo de agua bajo los cimientos** colocando un sub-dren perimetral, evitando jardinería, tanques de agua o cisternas cercanas a la obra.

2.1.6. Libro de obra.

La construcción del laboratorio de Agropecuaria ejecutado bajo la modalidad de administración directa, empieza el 1 de Julio del 2001 y se paraliza el 3 de Enero del 2002 por motivos de orden financiero.

A la fecha de la paralización, la obra quedó estructuralmente terminada, faltando la colocación de los acabados y ciertas camineras. Se reinicia el 8 de Julio del 2002, y se finaliza el 17 de Agosto del 2002.

Con respecto al suelo, en el Libro de Obra consta, con diferentes fechas, la información técnica que determina los cambios de suelo que se hicieron en la obra, tales como:

Julio 6/2001: “Se detecta una concentración de relleno no controlado, y se decide desalojar y rellenar con buen material.”

Julio 11/2001: “Se ordena desalojar tierra negra encontrada en el sitio de la obra, y posteriormente compactar el relleno.”

Julio 25/2001: “En ciertos puntos se observan capas de arcilla negra a 50 cm. debajo del nivel natural del suelo.” Estos puntos pueden ser observados con marcas negras de X y un círculo negro en el centro en la figura 2.2. que se muestra a continuación:

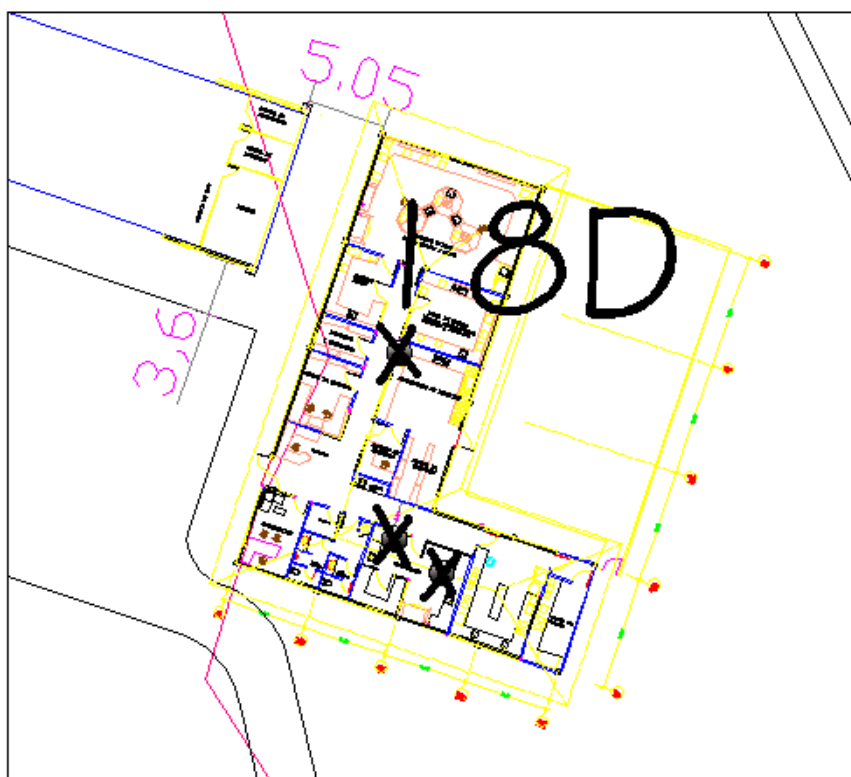


FIGURA 2.2. UBICACIÓN DE ZONAS CON ARCILLA NEGRA

A la misma fecha, en el libro de obra se detalla el proceso de mejoramiento que se llevo a cabo al encontrar estas arcillas. A continuación se describe lo

que consta en el libro de obra como proceso en cuatro pasos para el mejoramiento del suelo.

“

A) Mejoramiento de Suelos.

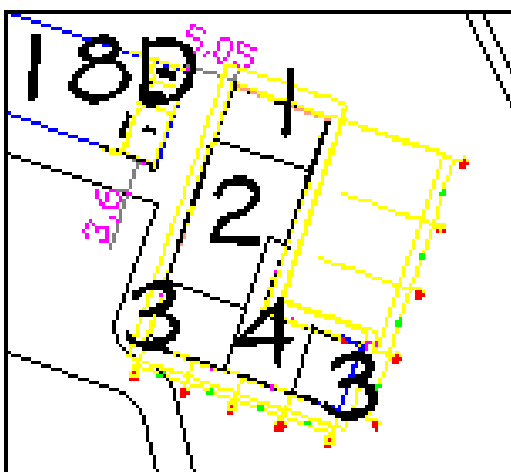


FIGURA 2.3. ZONIFICACIÓN PARA CALIFICAR EL SUELO

Se dividió la zona donde iba a ser construido el edificio en cuatro zonas, se efectuó esta separación para calificar el suelo de la siguiente manera:

Sector 1.- Suelo expansivo debajo de aproximadamente 1.00 metros de relleno + 1.20 metros de relleno controlado.

Expansión = $7T/m^2$ (Suelo Negro).

Sector 2.- Expansión = $5T/m^2$ (Suelo Negro).

Sectores 3.- Relleno Controlado aproximadamente igual a 70 cm..
debajo relleno con material arcilla café.

Sector 4.- Zona a mejorar por haber arcillas expansivas.

B) Colocación de una capa de arena de 5 cm., antes del relleno controlado en la zonas excavadas.

C) En todo el contrapiso (antes de este) colocar una capa de piedra y una malla de $\varnothing 8$ mm. a 25 cm. en cruz.

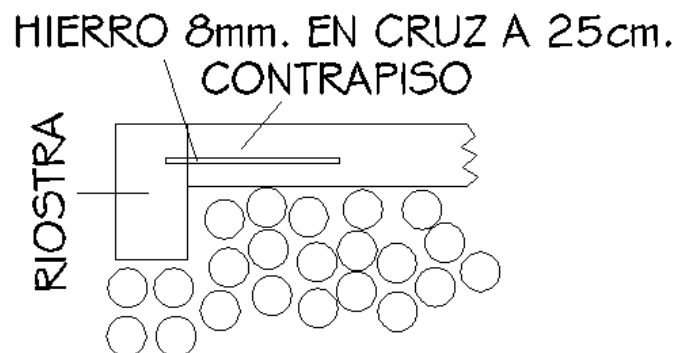


FIGURA 2.4. ESQUEMA DE CARACTERÍSTICAS DE CONTRAPISO

D) Construir veredas alrededor del edificio y canales de desagüe de A.A.L.L. “

Agosto 7/2001: “Se realiza un estudio de aceras y muros, donde se estudia la necesidad de veredas y canales para proteger al edificio.”

Julio 2002: Se continuaron los trabajos de mejoramiento de suelos y fundición de una cuneta y una caminera a los lados de la edificación. Esta cuneta y caminera o vereda se muestran a continuación:



FIGURA 2.5. CANALES Y CAMINERAS

2.2. Inspección en Campo y Determinación de Daños

a) De la inspección de campo.

Para identificar con exactitud los daños que presenta el edificio 18D in situ, se ha procedido a zonificarlo en cuatro zonas denominadas A, B-C, D y E.

b) Para la determinación de daños.

Los daños han sido determinados por medio de gráficos y fotografías en cada una de las zonas establecidas para estudio.

2.2.1. Zona "A"

PARED LATERAL IZQUIERDA:



FIGURA 2.6. VISTA EN PLANTA DE LA ZONA "A"

Presencia de grietas a lo largo de toda la pared, tal como se aprecia en las figuras 2.7, 2.8, 2.9, 2.10 y 2.11.

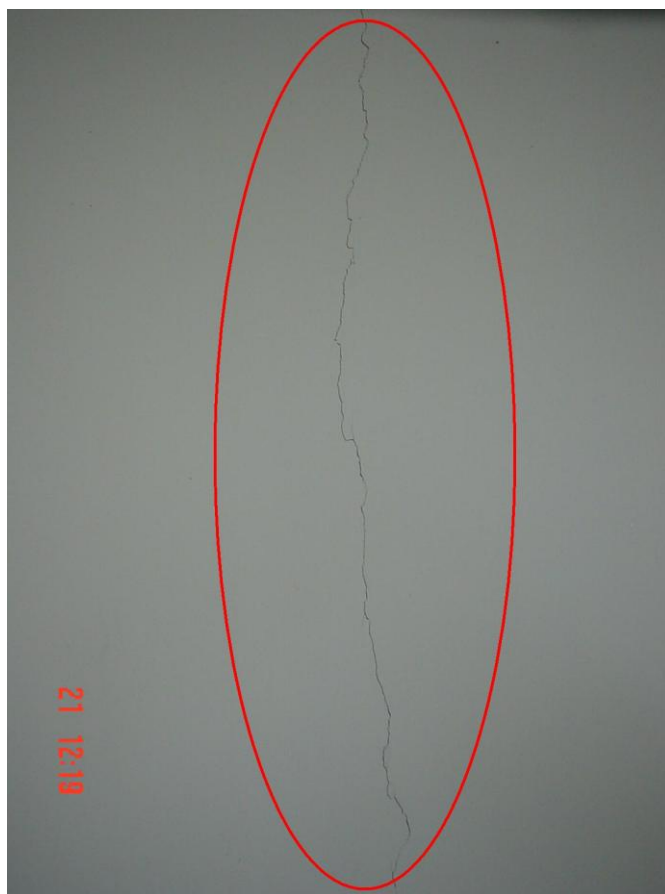


FIGURA 2.7. DETERIORO Y FISURAS EN PARED LATERAL IZQUIERDA

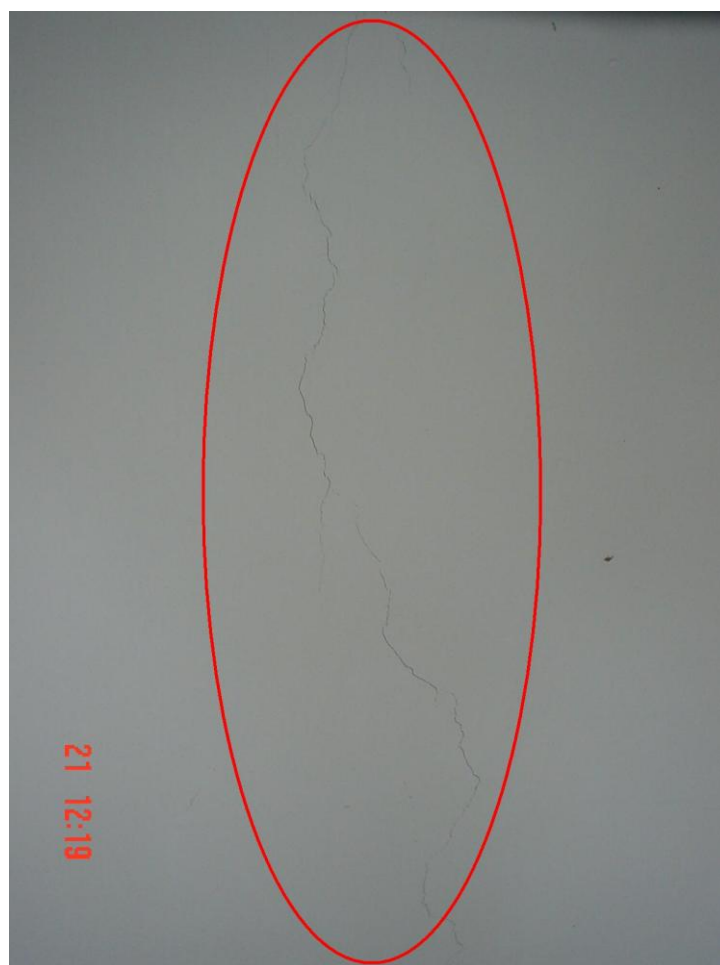


FIGURA 2.8. DETERIORO Y FISURAS EN PARED LATERAL IZQUIERDA



FIGURA 2.9. DETERIORO Y FISURAS EN PARED LATERAL IZQUIERDA



FIGURA 2.10. DETERIORO Y FISURAS EN PARED LATERAL IZQUIERDA



FIGURA 2.11. DETERIORO Y FISURAS EN PARED LATERAL IZQUIERDA

Fisura y desprendimiento de camineras y empozamiento sobre camineras por goteo de aires acondicionados, lo cual se aprecia en las figuras 2.12 y 2.13.



FIGURA 2.12. EMPOZAMIENTO SOBRE CAMINERÍA SATURANDO EL SUELO DEBIDO A GOTEO DE EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO



FIGURA 2.13. DETERIORO Y FISURA DE CAMINERAS

2.2.2. Zona "B-C"

PAREDES POSTERIORES:

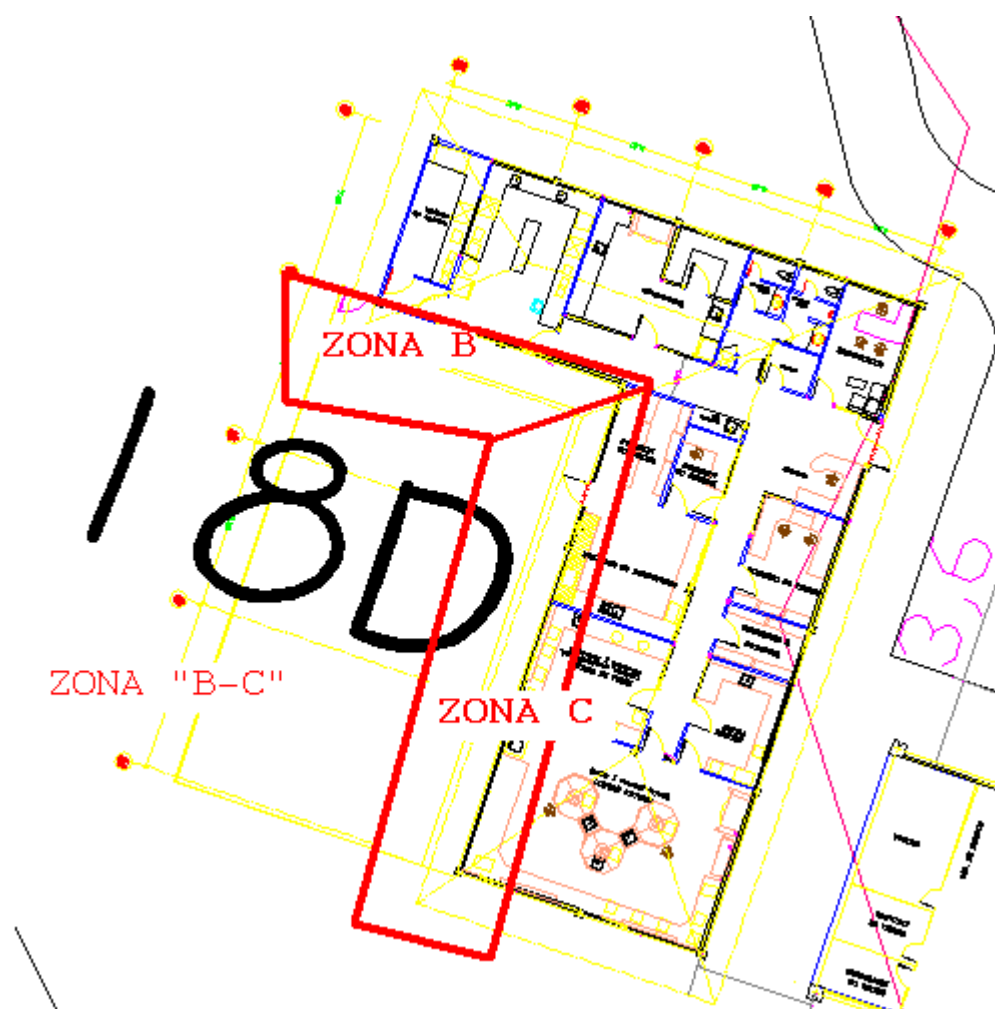


FIGURA 2.14. VISTA EN PLANTA DE LA ZONA "B-C"

Presencia de grietas a lo largo de las paredes como podemos observar en las figuras 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20 y 2.21.



FIGURA 2.15. DETERIORO Y AGRIETAMIENTO EN PAREDES TRASERAS

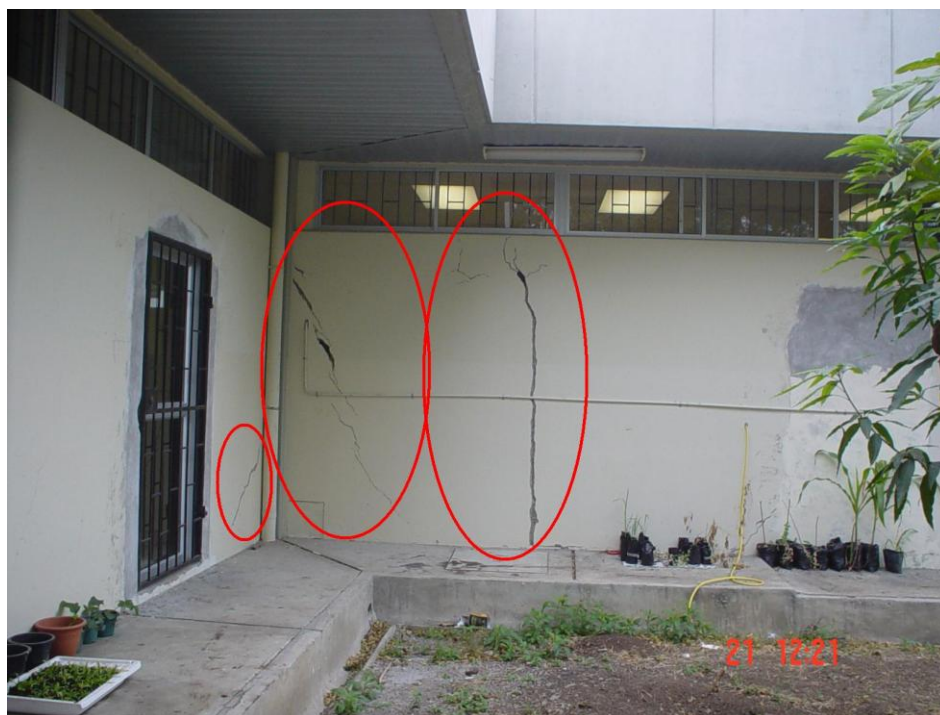
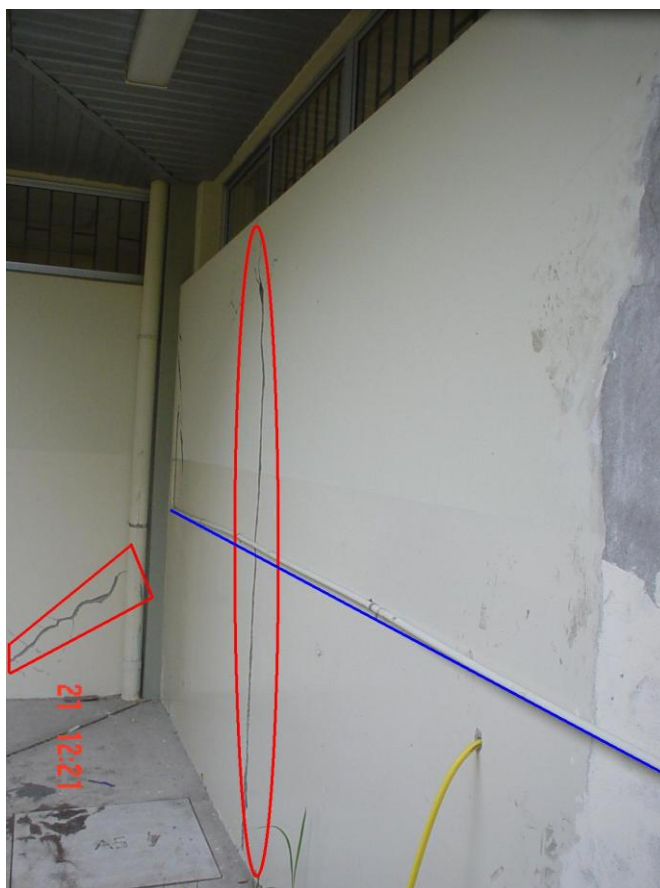


FIGURA 2.16. DETERIORO Y AGRIETAMIENTO EN PAREDES TRASERAS



FIGURA 2.17. DETERIORO Y AGRIETAMIENTO EN PAREDES TRASERAS



**FIGURA 2.18. DESPLOME, DETERIORO Y AGRIETAMIENTO EN
PAREDES TRASERAS**



FIGURA 2.19. DETERIORO Y AGRIETAMIENTO EN PAREDES TRASERAS



FIGURA 2.20. DETERIORO Y AGRIETAMIENTO EN PAREDES TRASERAS



FIGURA 2.21. DETERIORO Y AGRIETAMIENTO EN PAREDES TRASERAS

2.2.3. Zona "D"

PARED LATERAL DERECHA Y CAMINERA:

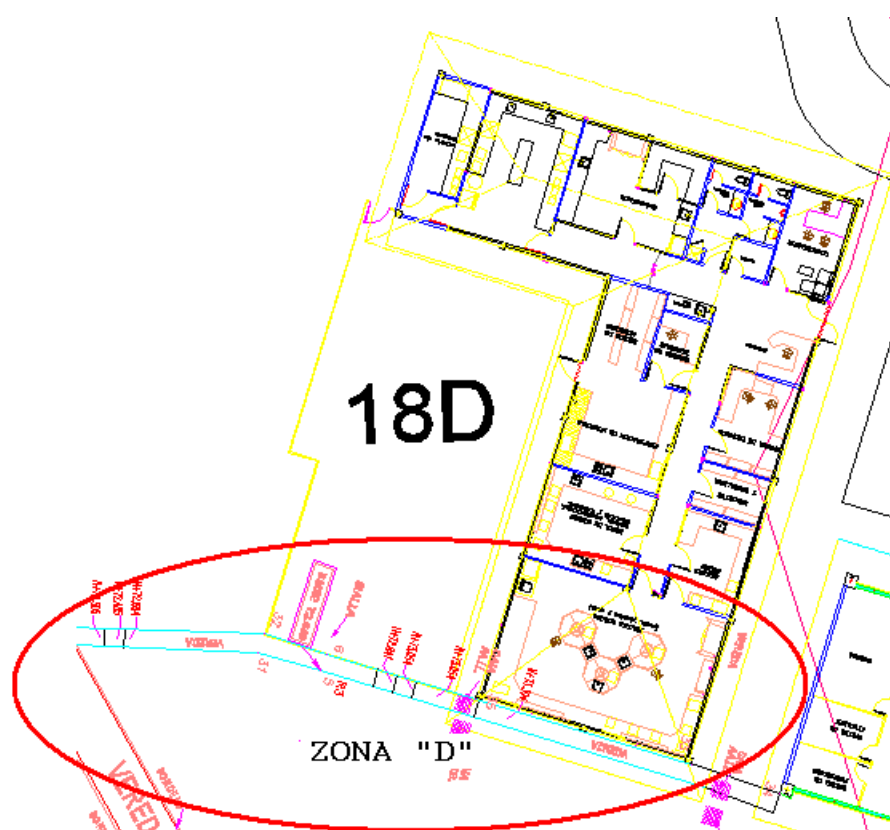


FIGURA 2.22. VISTA EN PLANTA DE LA ZONA "D"

Fisuras en pared y deterioro tanto en escalinatas como en vereda, estando esta última muy destruida y levantada, ver figuras 2.23, 2.24, 2.25, 2.26, 2.27, 2.28 y 2.29.



FIGURA 2.23. FISURAS Y DETERIORO EN ESCALINATAS



FIGURA 2.24. DESPRENDIMIENTO DE BORDILLOS, VISTA ESTE-OESTE



FIGURA 2.25. FISURAS Y DETERIORO EN CAMINERAS Y ESCALINATAS



**FIGURA 2.26. FISURAS Y DETERIORO EN CAMINERAS, VISTA
OESTE-ESTE**



**FIGURA 2.27. FISURAS Y DETERIORO EN CAMINERAS, VISTA
ESTE-OESTE**



**FIGURA 2.28. FISURAS Y DETERIORO EN CAMINERAS, VISTA
OESTE-ESTE**

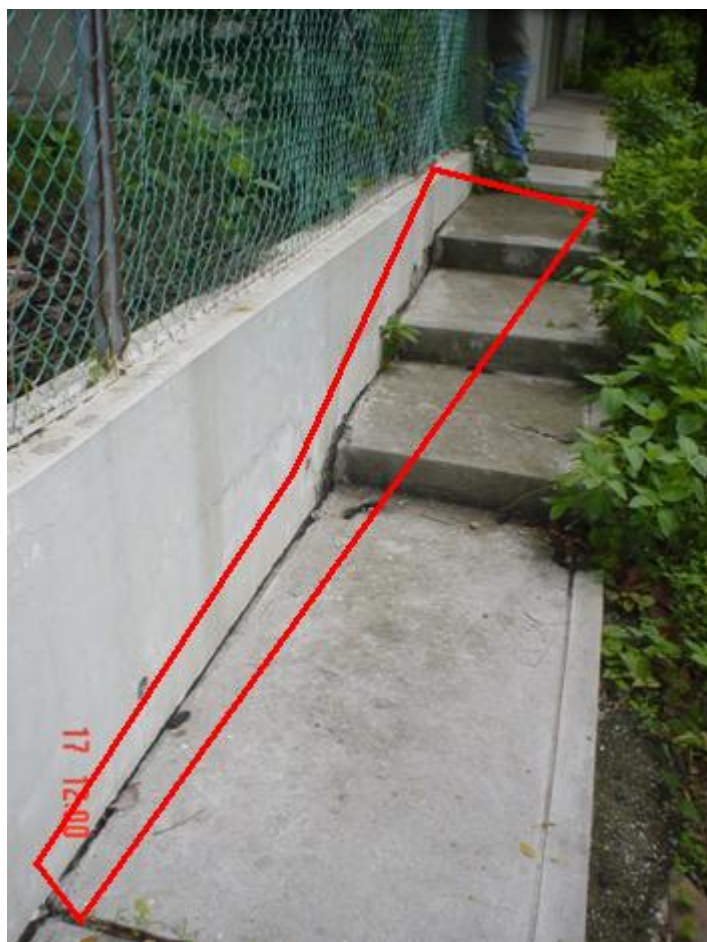


FIGURA 2.29. FISURAS Y DETERIORO EN CAMINERAS Y ESCALINATAS

2.2.4. Zona "E"

PISOS Y PAREDES INTERIORES

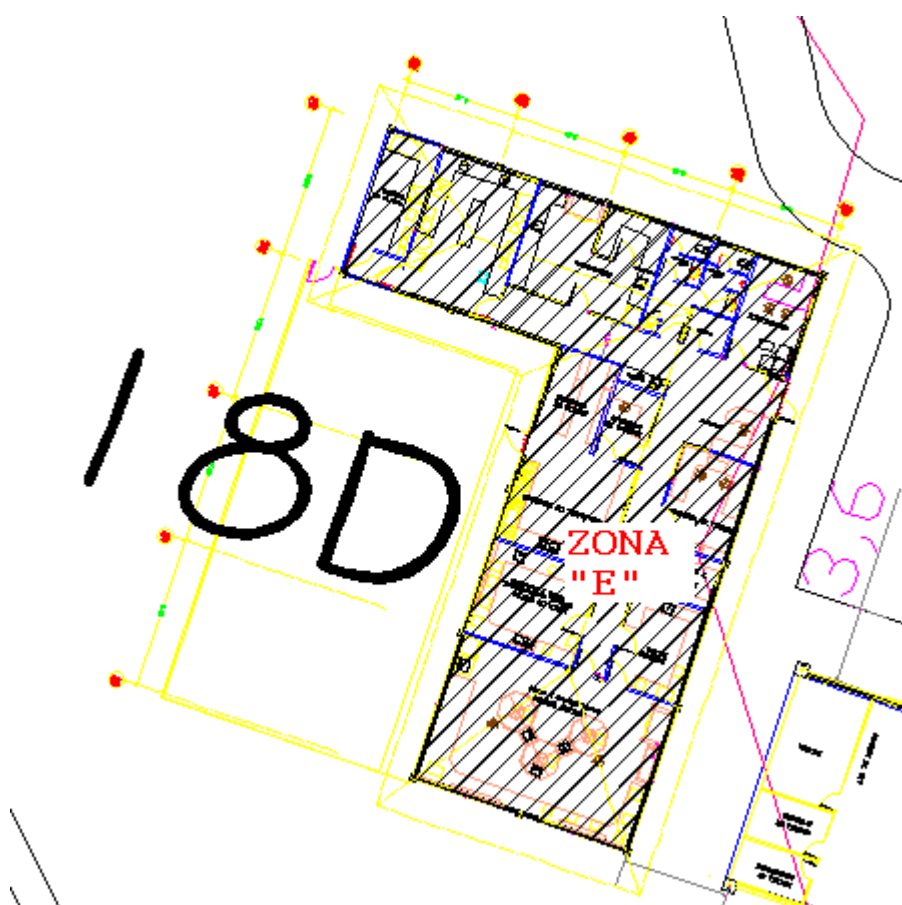
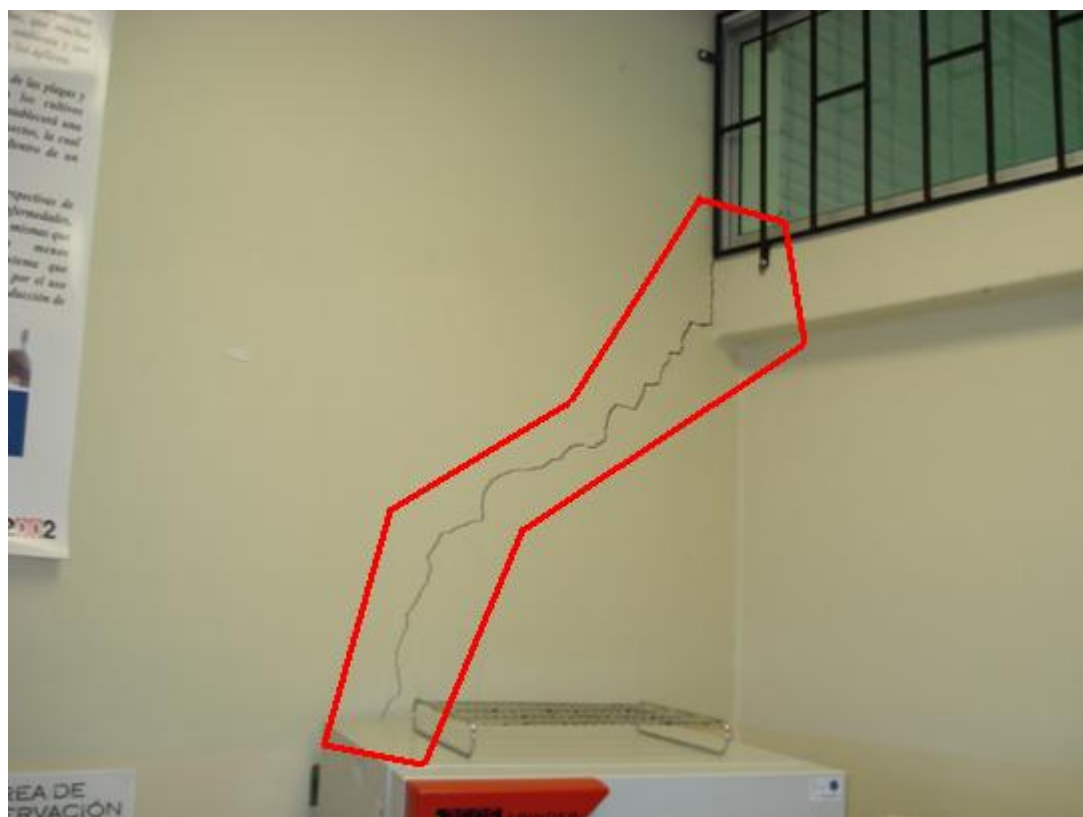


FIGURA 2.30. VISTA EN PLANTA DE LA ZONA "E"

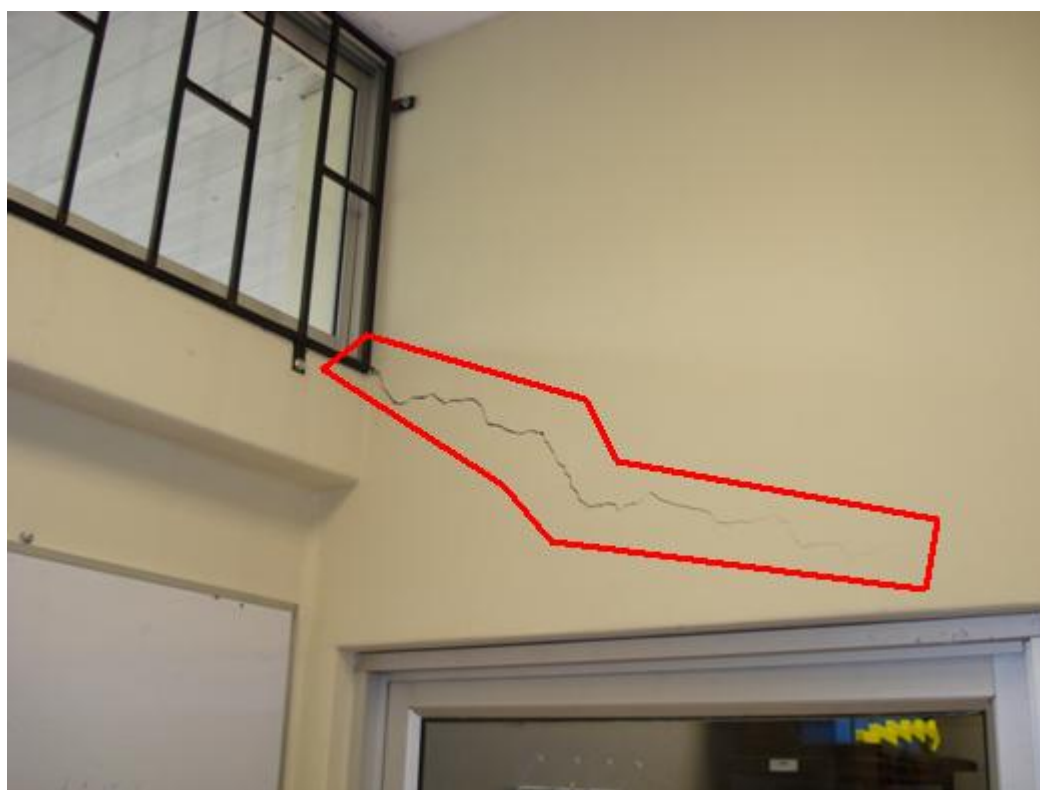
Presencia de grietas a lo largo de las paredes como podemos observar en las figuras 2.31, 2.32, 2.33, 2.34, 2.35 y 2.36.



**FIGURA 2.31. FISURAS EN PAREDES DE LABORATORIO DE
FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.32. FISURAS EN PAREDES DE LABORATORIO DE
FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.33. FISURAS EN PAREDES DE LABORATORIO DE
FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.34. FISURAS EN PAREDES DE LABORATORIO DE
FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



FIGURA 2.35. FISURAS EN PAREDES DE BAÑOS DE EDIFICIO 18D



FIGURA 2.36. FISURAS EN PAREDES DE BAÑOS DE EDIFICIO 18D

Presencia de grietas en el piso, como podemos observar en las figuras 2.37, 2.38, 2.39, 2.40, 2.41, 2.42, 2.43, 2.44 y 2.45.



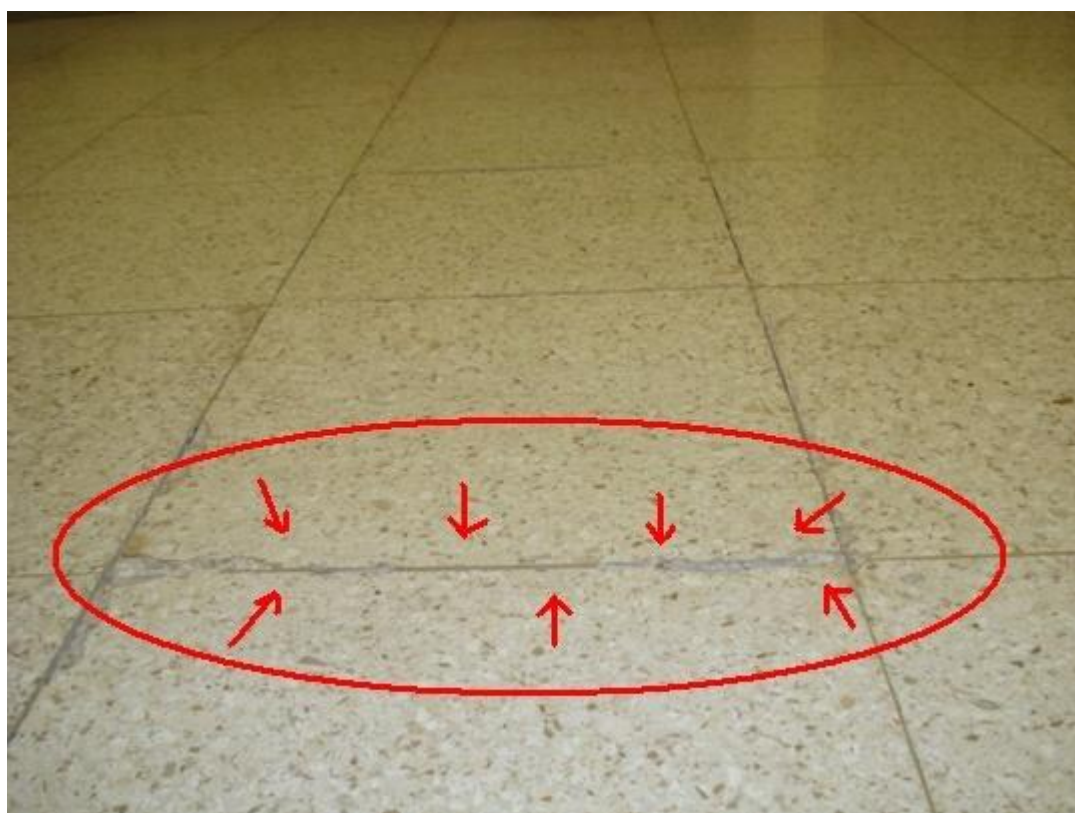
**FIGURA 2.37. FISURAS EN PISOS DE LABORATORIO DE ENTOMOLOGÍA
DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.38. TRIZADA DE LA BALDOSA DE LABORATORIO DE
ENTOMOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.39. EMPUJE DEL SUELO LEVANTANDO LAS BALDOSAS DE
LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



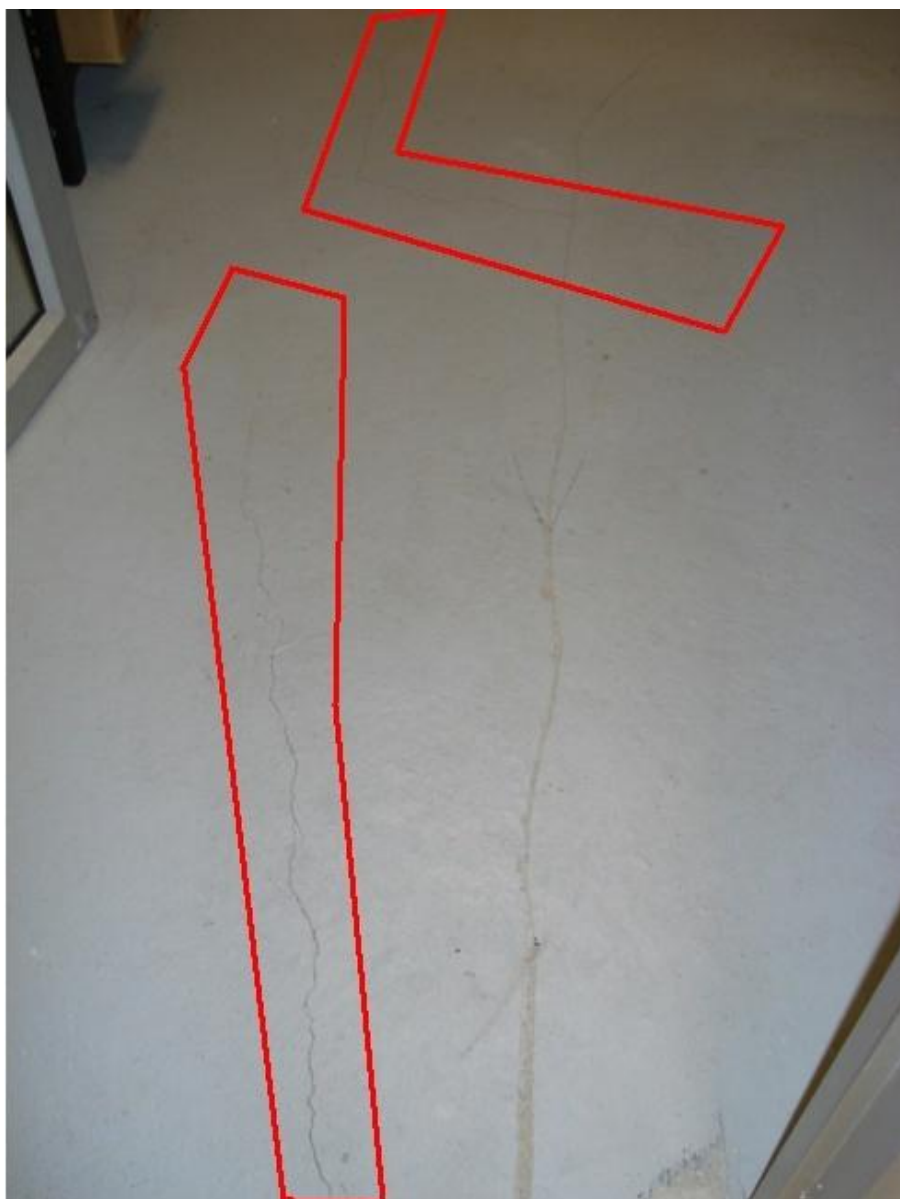
**FIGURA 2.40. EMPUJE DEL SUELO LEVANTANDO LAS BALDOSAS DE
LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.41. TRIZADAS EN LAS ESQUINAS DE LAS BALDOSAS DE
LABORATORIO DE FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.42. TRIZADAS EN BALDOSAS DE LABORATORIO DE
FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.43. FISURAS EN PISOS DE LABORATORIO DE
FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.44. FISURAS EN PISOS DE LABORATORIO DE
FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**



**FIGURA 2.45. FISURAS EN PISOS DE LABORATORIO DE
FITOPATOLOGÍA DE EDIFICIO 18D**

Presencia de grietas en ventanas, como podemos observar en las figuras 2.46 y 2.47.



FIGURA 2.46. PRESIÓN SOBRE VENTANA INTERIOR EN ÁREA DE RECEPCIÓN



FIGURA 2.47. PRESIÓN SOBRE VENTANA INTERIOR EN ÁREA DE RECEPCIÓN

2.3. Planteamiento de Hipótesis de las Posibles Causas de los Daños Detectados

Para proceder a la investigación de las posibles causas que han ocasionado el deterioro del edificio 18D, se han planteado hipótesis sobre el Suelo, Acero Estructural y Resistencia del Hormigón en Elementos Estructurales.

2.3.1. Suelo

- A. “Las fisuras en paredes, pilaretes y ciertos miembros estructurales se originan a partir de problemas de expansibilidad del suelo”.
- B. “Los agrietamientos y desprendimiento de caminerías y escalinatas exteriores, trizado y fisura de baldosas, se originan por suelos expansivos”.

2.3.2. Acero Estructural

- C. “Las fisuras en miembros estructurales se deben a una insuficiencia en la cuantía de acero establecida en el diseño”.
- D. “Las fisuras en miembros estructurales se deben a separación inadecuada de los estribos”.
- E. “Las fisuras en paredes se originan por causas imputables a los elementos estructurales a los cuales están sujetas”.

2.3.3. Resistencia del Hormigón en Elementos Estructurales

- F. “Los elementos estructurales deben cumplir con la resistencia del hormigón diseñado para no presentar fisuras y agrietamientos”.

2.4. Análisis de las Hipótesis Planteadas

2.4.1. Suelo

Las hipótesis A y B han sido planteadas en base a la expansibilidad del suelo. Para la comprobación de las hipótesis A y B planteadas, se procedió a realizar un nuevo estudio de suelos en las zonas donde se detectaron los problemas. Se ubicaron dos perforaciones externas al edificio en las zonas “A” y “D”.

Los resultados obtenidos en estos nuevos ensayos, realizados con fecha 2007, corroboran los resultados de los ensayos originales que fueron realizados en el año 2001 con los siguientes resultados:

1. Presencia de arcilla café oscura altamente expansiva.
2. Expansibilidad que va de 3.5 T/m² a 12.63 T/m².

En la tabla 10, se aprecia la comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de suelos previos a la construcción, con los obtenidos en los ensayos recientes.

TABLA 10

COMPARACIÓN DE DATOS DE EXPANSIÓN ENTRE LOS DOS ESTUDIOS DE SUELOS

ENSAYOS ORIGINALES				NUEVOS ENSAYOS			
JULIO 24/2001		AGOSTO 2/2001		FEBRERO 6/2007		FEBRERO 7/2007	
PROF.	EXP.	PROF.	EXP.	PROF.	EXP.	PROF.	EXP.
(M)	(T/M2)	(M)	(T/M2)	(M)	(T/M2)	(M)	(T/M2)
0.5	5.68	0.5	3.79	1.2	3.95	1.25	3.5
0.5	26.52	1	54.94	1.9	12.63	2.1	12.63
				2.35	3.95		
PROFUNDIDAD		MATERIAL		PROFUNDIDAD		MATERIAL	
0.5		ARCILLA CAFÉ DURA		1.2	ARCILLA CAFÉ OSCURA CON PARTÍCULAS DE ARENISCA EN PARTE INFERIOR		
				1.9	ARCILLA CAFÉ OSCURA CON INTERCALACIONES DE ARENISCA		
1.0		ARCILLA MUY DURA		2.35	ARCILLA CAFÉ OSCURA Y ARENISCA		
				1.25	ARCILLA CAFÉ OSCURA		
				2.1	ARCILLA CAFÉ OSCURA		

La arcilla encontrada tanto en los ensayos originales como los nuevos, es una arcilla café oscura altamente expansiva. Los datos al detalle se encuentran en el anexo “4.6. Nuevos Estudios de Suelos”.

Sin embargo, a pesar de que los resultados del nuevo estudio de suelos, muestran que la expansibilidad ha disminuido, los valores indican un suelo no apto para la construcción.

Revisando el libro de obra, se deduce que no se cumplió con las recomendaciones técnicas del estudio de suelos original, detallado en el literal “2.1.5. Estudios de suelos y recomendaciones”. El problema se agravó, cuando la obra quedó paralizada durante 6 meses sin que estén construidas las camineras y canales, tiempo en el cual, el agua ingreso en forma indiscriminada por los laterales del edificio, saturando el terreno donde se encuentran los cimientos. Esto se lo puede constatar en el literal “2.1.6. Libro de obra”.

La expansibilidad demostrada en los dos estudios de suelos, ha contribuido al desprendimiento del hormigón de las caminerías, tal como se observa en la sección “2.2. Inspección en campo y determinación de daños”.

2.4.2. Acero Estructural

Para el análisis de las hipótesis sobre problemas con el acero estructural planteadas en el literal 2.3.2, se realizó un análisis comparativo del acero utilizado en el diseño original de la edificación, con la norma 21.3.2.1 del documento “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)”, que indica:

*“21.3.2.1 — En cualquier sección de un elemento a flexión, excepto por lo dispuesto en 10.5.3, para el refuerzo tanto superior como inferior, la cantidad de refuerzo no debe ser menor que la dada en la ecuación (10-3) ni menor que **1.4bwdfy** y la cuantía de refuerzo, ρ , no debe exceder 0.025. Al menos dos barras deben disponerse en forma continua tanto en la parte superior como inferior.”*

La excepción que se hace a la norma 10.5.3, aplica en los casos en que el refuerzo mínimo debe proporcionarse donde quiera que se necesite, excepto cuando dicho esfuerzo sea $1/3$ mayor que el requerido por el análisis; ésta excepción, proporciona suficiente refuerzo adicional en elementos grandes en los cuales la cantidad requerida pueda ser excesiva.

Análisis:

Se realiza un análisis comparando la cuantía de acero con lo requerido por la norma, lo que se puede apreciar en la tabla 11 mostrada a continuación:

En las columnas tipo 1, el área de acero longitudinal usada es de 9.05 cm², valor que si cumple con los parámetros que exigen las normas actuales.

Según la norma, la distancia entre estribos en el refuerzo transversal, "S", debe ser menor o igual al 25% del valor de la dimensión mayor de la cara de la columna, esto para su sección superior e inferior, mientras que en el sector medio debe ser menor o igual a 6".

La distancia real en el sector medio es de 15 cm, valor que llega a ser aceptable, mientras que la parte superior e inferior los estribos tienen una separación de 10 cm, valor superior a 7.5 cm., calculado según las fórmulas que nos dan la norma como valor máximo a utilizar. Este valor mayor al máximo es el único valor fuera de lo normado por el ACI 318S-05.

En las columnas tipo 2, el área de acero longitudinal usada es de 10.68 cm², valor que si cumple con los parámetros que exigen las normas actuales.

Según la norma, la distancia entre estribos en el refuerzo transversal, "S", debe ser menor o igual al 25% del valor de la dimensión mayor de la cara de

la columna, esto para su sección superior e inferior, mientras que en el sector medio debe ser menor o igual a 6".

La distancia real en el sector medio es de 15 cm, valor que llega a ser aceptable, mientras que la parte superior e inferior los estribos tienen una separación de 10 cm, valor superior a 7.5 cm., calculado según las fórmulas que nos dan la norma como valor máximo a utilizar. Este valor mayor al máximo es el único valor fuera de lo normado por el ACI 318S-05.

En las vigas tipo 1, el área de acero longitudinal superior es de 3.08 cm². Con límite de fluencia del acero de 4200 Kg/cm², aplicando las fórmulas para obtener los valores máximos y mínimos de acero superior según el ACI, verificamos que el acero utilizado esta dentro de dichos parámetros.

El área de acero longitudinal inferior es de 4.62 cm². Con límite de fluencia del acero de 4200 Kg/cm², aplicando las fórmulas para obtener los valores máximos y mínimos de acero superior según el ACI, verificamos que el acero utilizado esta dentro de dichos parámetros.

Según la norma, la distancia entre estribos en el refuerzo transversal, "S", debe ser menor o igual al valor de la altura útil de la viga dividido entre cuatro, esto para sus extremos, mientras que en el sector medio debe ser menor o igual a la mitad de dicha altura útil.

La distancia real en el sector medio es de 20 cm, valor que es menor a 20.9 cm. que es el valor calculado por las fórmulas dadas por el ACI, mientras que los extremos los estribos tienen una separación de 10 cm, valor inferior a 10.45 cm., calculado según las fórmulas que nos dan la norma como valor máximo a utilizar. Las vigas tipo 1 no poseen valores fuera de lo normado por el ACI 318S-05.

En las vigas tipo 2, el área de acero longitudinal superior es de 3.08 cm². Con límite de fluencia del acero de 4200 Kg/cm², aplicando las fórmulas para obtener los valores máximos y mínimos de acero superior según el ACI, verificamos que el acero utilizado esta dentro de dichos parámetros.

El área de acero longitudinal inferior es de 3.39 cm². Con límite de fluencia del acero de 4200 Kg/cm², aplicando las fórmulas para obtener los valores

máximos y mínimos de acero superior según el ACI, verificamos que el acero utilizado esta dentro de dichos parámetros.

Según la norma, la distancia entre estribos en el refuerzo transversal, "S", debe ser menor o igual al valor de la altura útil de la viga dividido entre cuatro, esto para sus extremos, mientras que en el sector medio debe ser menor o igual a la mitad de dicha altura útil.

La distancia real en el sector medio es de 20 cm, valor que es mayor a 7.95 cm. que es el valor calculado por las fórmulas dadas por el ACI, mientras que los extremos los estribos tienen una separación de 10 cm, valor también es superior a 15.9 cm., calculado según las fórmulas que nos dan la norma como valor máximo a utilizar. Las vigas tipo 2 poseen estos dos últimos valores de separación de acero de refuerzo transversal fuera de lo normado por el ACI 318S-05.

2.4.3. Resistencia de Hormigón de Elementos Estructurales

Para el análisis del hormigón se realizaron ensayos en los elementos estructurales más afectados, como las columnas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16. Estos ensayos y plano de ubicación de las columnas, se pueden observar en el anexo “4.7. Nuevos Ensayos de Hormigón”.

En el siguiente cuadro comparativo se muestran los resultados de los ensayos realizados en el año 2001 y 2007.

TABLA 12

RESISTENCIA PROMEDIO DEL HORMIGÓN EN COLUMNAS

SEPTIEMBRE 12/2001	MARZO 29/2007
RESISTENCIA PROMEDIO A 28 DÍAS	RESISTENCIA PROMEDIO
321.52 KG/CM2	437 KG/CM2

La resistencia del hormigón ha venido aumentando gradualmente en el transcurso de los años, como se observa, lo que indica que el hormigón en 6 años ha alcanzado una resistencia mayor a la de diseñada.

2.4.4. Consultas a Profesionales Expertos

Se realizaron consultas a diferentes expertos sobre los problemas presentados en el edificio y los resultados obtenidos en los ensayos de suelo, acero estructural y resistencia de hormigón. Las opiniones y recomendaciones de dichos profesionales pueden ser observadas en las tablas a continuación:

2.4.5. Consultas a Bibliografías y documentos técnicos en Internet

Basado en los análisis previamente realizados en este capítulo, conocemos ya que el problema de la edificación es el suelo altamente expansivo bajo y en la periferia del mismo, para lo que procederemos a realizar una reseña obtenida a partir de la investigación de varios libros y páginas de internet que hablan sobre el tema. Esta investigación sobre suelos expansivos puede ser revisada en el literal “4.9. Material Técnico consultado en Bibliografía e Internet”.

Teniéndose en cuenta todos los resultados obtenidos en los nuevos ensayos realizados, la información consultada a bibliografía e internet y las opiniones y recomendaciones consultadas a expertos, conocemos que el problema del edificio es producido por suelos expansivos. Con esto se elige como solución la construcción de filtros e impermeabilización del sector, solución a ser desarrollada en el capítulo 3 de la tesis.

CAPITULO 3

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES TÉCNICAS SOBRE LAS HIPÓTESIS

3.1. Conclusiones Técnicas sobre las Hipótesis

3.1.1. Sobre el Suelo

A. *“Las fisuras en paredes, pilaretes y ciertos miembros estructurales se originan a partir de problemas de expansibilidad del suelo”.*

1. La expansibilidad de 12.63 T/m² en los nuevos ensayos, demuestra que el suelo sobre el cual se asienta el edificio 18 D es tres veces el máximo aceptado como suelo apto para la construcción. El entorno del edificio está conformado por lotes baldíos y un canal natural cerca del edificio, lo que facilita el ingreso del agua a los cimientos del edificio.

2. La obra no posee los sub-drenes recomendados por los estudios de suelos originales, motivo por el cual el agua de los lotes baldíos y de los jardines, entra de manera indiscriminada hacia la cimentación del edificio a través de las camineras.
3. El tiempo de paralización que sufrió la obra sin construcción de camineras y canales, permitió el ingreso excesivo de agua a los cimientos así como la afectación al material de relleno.
4. El ingreso indiscriminado de agua hacia el suelo del edificio, es la principal causa de la alta expansibilidad del suelo, lo que ha provocado las fisuras y los defectos de construcción que se visualizan en la edificación.

B. “Los agrietamientos y desprendimiento de caminerías y escalinatas exteriores, trisado y fisura de baldosas, se originan por suelos expansivos”.

1. La expansibilidad del suelo de 12.63 T/m², ha provocado que el pavimento de las aceras se levante y la destrucción de varios tramos de bordillos.

2. El agua que ha filtrado hacia el relleno del contrapiso, sumado a la expansibilidad del suelo, ha producido que el contrapiso haya sufrido un empuje, afectando a las baldosas del área de los laboratorios de entomología y fitopatología del edificio en estudio.
3. En conclusión, la destrucción de camineras y escalinatas se debe directamente a la filtración excesiva de agua y problemas de suelo expansivo.

3.1.2. Sobre el Acero Estructural

C. “Las fisuras en miembros estructurales se deben a una insuficiencia en la cuantía de acero establecida en el diseño”.

1. Basado en los resultados mostrados en la Tabla 11, de acuerdo a la norma 21.3.2.1 del documento “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)”, el acero utilizado en los elementos estructurales tomados como muestra, se encuentra dentro de los parámetros aceptados por la norma. Por lo tanto, la hipótesis

planteada no tiene sustento técnico que la identifique como causante de los problemas

D. “Las fisuras en miembros estructurales se deben a separación inadecuada de los estribos”.

1. Según la norma actual 21.3.2.1 del documento “Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05)”, para diseños estructurales, la separación de estribos de columnas debe ser máximo el 0.25 de la dimensión menor entre la altura y ancho de la columna, y en vigas debe ser máximo la altura de la viga entre cuatro. En columnas tipo 1,2 y vigas tipo 2 tomadas para análisis, la separación no es la óptima, lo que sumado al empuje del suelo expansivo, produce deformación de ciertas estructuras.
2. Los miembros estructurales principales pueden afectarse por la expansión del suelo, si no se detiene el ingreso del agua a la edificación.

3.1.3. Sobre la Resistencia de Hormigón de Elementos Estructurales

E. “Los elementos estructurales deben cumplir con la resistencia del hormigón diseñado para no presentar fisuras y agrietamientos”.

1. La resistencia del hormigón en los elementos estructurales de la edificación, que han sido verificada en obra, alcanzan los 437 KG/CM² en columnas, lo que determina que la resistencia del hormigón es mayor a la diseñada. La hipótesis planteada no tiene sustento técnico que indique que sea la causa de la fisura de elementos estructurales.

3.2. Diseño de alternativas de solución

Con base a las conclusiones técnicas de las hipótesis y dado que los problemas que presenta la edificación, se deben a la influencia del agua hacia el suelo donde está asentado el edificio, contribuyendo a la alta expansibilidad en el suelo, se plantean las siguientes alternativas de solución.

3.2.1. Alternativa # 1

Ejecutar un sistema de canalización de las aguas lluvias y de riego que ingresan al suelo del edificio, utilizando filtros de drenaje de aguas superficiales y subsuperficiales y una losa hormigón pobre en la zona del vivero, canales recolectores alrededor de las veredas que se encauzan hacia cajas recolectoras, eliminando los jardines circundantes para reemplazarlos por camineras. La descripción de esta alternativa se presenta más adelante.

3.2.2. Alternativa # 2

Ejecutar un sistema de canalización de las aguas lluvias y de riego que ingresan al suelo del edificio utilizando un sistema de filtros de aguas superficiales y subsuperficiales alrededor del edificio, reconstruyendo las camineras existentes para mejoramiento del suelo sobre el cual se asientan. La descripción de esta alternativa se presenta más adelante.

3.3. Diseño de la Alternativa # 1

La alternativa # 1 presentada en el numeral 3.2.1 de esta tesis, comprende un diseño sanitario a nivel de planta, cortes y detalles, complementándose con la Memoria Descriptiva, Metodología de la Construcción, Especificaciones Técnicas, Presupuesto Referencial y Cronograma Valorado,

3.3.1. Diseño Sanitario de la Alternativa # 1

A continuación se muestran los planos 9, 10 y 11, correspondientes a la planta, cortes y detalles de los diseños de filtros, cajas, veredas y canales, respectivamente.

Imprimir plano 9...

Imprimir plano 10...

Imprimir plano 11...

3.3.2. Memoria Descriptiva de la Alternativa # 1

La alternativa # 1 corresponde a una solución técnica cuyo objetivo es evitar que el agua siga filtrando y afectando de una manera negativa a las bases del edificio y sus obras exteriores. En esta solución, se amplían las veredas y se cambia el suelo por un relleno de calidad.

Así también, en la zona del vivero, se ha diseñado una losa de hormigón pobre, sobre la cual se colocará el abono y demás tierra de sembrado necesaria para los ensayos de la carrera de Agropecuaria que funciona en este edificio. La idea de colocar esta losa es de conducir toda el agua de riego y de lluvia hacia un filtro a un lado del mismo, el cual a su vez canalizará el agua hacia una caja recolectora.

El mencionado filtro estará constituido por piedra $\frac{3}{4}$ " y un tubo perforado de PVC en su interior, sistema por el cual se recolectarán las aguas que normalmente filtraban a los cimientos de la edificación.

Otro de los objetivos al ampliar las veredas es el de eliminar los jardines alrededor del edificio, ya que estos representan una continua fuente para la filtración excesiva del agua.

La ventaja de esta solución es la efectividad de evitar que el agua ingrese de una manera indiscriminada a los cimientos del edificio, con lo que el suelo expansivo bajo la edificación no ejercerá grandes fuerza de presión sobre la misma, evitando su destrucción.

El área de cobertura del diseño de esta solución es aproximadamente de 460 metros cuadrados, abarcando todo lo que concierne a veredas, canales recolectores, losa de hormigón pobre y filtro recolector.

3.3.3. Metodología de la Construcción de la Alternativa # 1

La ejecución de la Alternativa # 1 empieza, luego del trazado, replanteo y construcción de la caseta, con la demolición de las veredas existentes alrededor del edificio en estudio, desalojando dicho desperdicio por medio de volquetas hasta el botadero más cercano aprobado previamente por la fiscalización.

Pasado este proceso, se empezará a excavar, removiendo sesenta centímetros de profundidad a la distancia que se indique en los planos en el sector de las veredas, mientras que se excavará un metro cincuenta de profundidad en la zona del vivero.

Luego se colocará una capa de cal de cinco centímetros en toda el área excavada, compactándola de una manera adecuada.

Colocada la capa de cal, se empezará a rellenar los espacios excavados con material de buena calidad, dejando libre el sector junto al vivero donde irá colocado el filtro recolector, el cual será construido a la par con el proceso de relleno. El relleno se realizará en capas de ocho centímetros correctamente compactadas.

En la zona del vivero se construirá una losa de hormigón pobre, cuyas medidas y niveles van detalladas en el diseño, esta losa va a encauzar toda el agua lluvia y de riego que podría filtrar por el vivero, con una pendiente que conduce hacia el filtro recolector.

Para comenzar la construcción del filtro es necesario que la losa de hormigón pobre del vivero esté terminada, así como la caja de 60x60x130 cm también lo esté. Con estas estructuras terminadas, empezaremos colocando una geomembrana impermeable a lo largo de donde se va colocar la piedra del filtro, en una posición que quede entre el filtro y el relleno bajo la losa de hormigón pobre como se indica en el diseño sanitario, para evitar que el agua filtre bajo la losa de hormigón y sea conducida al filtro.

Luego se empezará a rellenar la parte inferior de lo que será el filtro con una piedra de $\frac{3}{4}$ de pulgada, en medio de la cual se colocará un tubo de PVC perforado de 110 milímetros de diámetro, todo esto se realizará según las cotas definidas en el diseño sanitario.

Una vez colocada la capa de piedra, se procederá a colocar el geotextil, el cual permitirá el paso del agua y no de los materiales finos del suelo que pueden ensuciar y deteriorar el sistema del filtro.

Sobre este geotextil se empezará a rellenar con el material mejorado utilizado en el resto de las excavaciones, siguiendo el mismo proceso de compactar cada capa de ocho centímetros, terminando a la par y al mismo nivel del resto del relleno, siguiendo los niveles del diseño.

Terminando el relleno, se procederá a colocar el mismo bajo lo que serán las nuevas veredas, con una altura variable para que las veredas alcancen el nivel diseñado en los planos.

De la misma manera, respetando los niveles dados, procedemos a construir las nuevas veredas, las cuales serán más anchas y cubrirán el sector de los jardines, conjunto a este proceso, se realizará la construcción del nuevo sistema de canales recolectores, siguiendo el diseño dado en los planos.

Durante el proceso de la construcción de veredas se procederá a realizar el resane de las fisuras en las paredes exteriores e interiores, así como el arreglo del piso interior dañado, para terminar pintando las paredes resanadas.

Con las veredas más anchas y el nuevo sistema de canales recolectores se evitará la filtración de agua a los cimientos del edificio.

En la zona del vivero quedará el espacio libre para que la carrera de agricultura pueda rellenoarlo con algún tipo de abono que deseen para realizar ahí sus pruebas sin ningún tipo de inconvenientes.

3.3.4. Especificaciones Técnicas de la Alternativa # 1

Descripción

La obra a desarrollar comprende la ejecución de la Obra Civil y sanitaria de acuerdo con los diseños preparados en la presente tesis. El constructor deberá ejecutar los rubros presupuestados con materiales de calidad y los acabados que consten en los análisis unitarios presentados en su oferta, rubros que deberán cumplir con las exigencias técnicas que garanticen durabilidad y calidad. Si la construcción se hiciera por Administración Directa, el responsable de la obra civil que sea contrate la ESPOL deberá seleccionar en conjunto con la fiscalización, los materiales que se vayan a instalar en obra.

La construcción se desarrollará de acuerdo al diseño presentado, es necesario que se considere la presencia de un profesional permanente en obra con la facultad de tomar decisiones y absolver las indicaciones de la fiscalización hasta la culminación de esta obra.

Las presentes especificaciones son de carácter obligatorio y cualquier cambio por muy mínimo, tendrá que ser autorizado por la fiscalización, caso contrario el contratista se obliga a cumplir con las presentes especificaciones.

Se ha manejado el criterio de incurrir en los gastos estrictamente necesarios para la funcionalidad de este Proyecto.

El oferente deberá inspeccionar el área en el cual va a ejecutar la construcción. El constructor se obliga a mantener desde el inicio del trabajo el Libro de Obra donde se dejará constancia en forma cronológica y descriptiva la marcha progresiva de los trabajos y sus pormenores para el mejor control de la fiscalización. Así mismo, deberá mantenerse en obra y en buenas condiciones todos los documentos constructivos, memorias técnicas, cronograma de avance de obra que permita a la fiscalización sentar los correctivos necesarios, cambios u observaciones que puedan surgir durante el proceso constructivo.

Mientras dure la construcción y hasta su terminación, el constructor deberá mantener la obra completamente limpia y ordenada en todas sus partes. Para todas las tareas de construcción se debe considerar todas las precauciones

de seguridad y protección para evitar accidentes de trabajo y daños materiales al personal de la obra en construcción.

A. Obras Civiles

1) Preliminares

1.01. Trazado y Replanteo

El trazado será efectuado con base al plano de diseños sanitarios y se iniciará por el punto de arranque, tomando como el mismo la columna exterior de la oficina principal cuyo nivel está dado en el plano. Cualquier diferencia será informada a la fiscalización y a la Unidad de Planificación.

Con cal u otro material similar se deberá marcar el perímetro de los bloques, a fin de que sea revisado y aprobado por la Fiscalización.

Sólo una vez que se cuente por escrito con la aprobación del trazado, el constructor podrá iniciar con los trabajos de excavación hasta la cota que señale el diseño y las recomendaciones del estudio de suelos.

Así mismo, se dejarán hitos de referencia para los niveles del proyecto y se efectuará una comprobación de los niveles de proyecto, con la finalidad de ratificar los niveles de canales y veredas.

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área en la que se haya efectuado el replanteo y trazado.

1.02. Guardianía - Seguridad

La ESPOL no se responsabiliza de la pérdida de materiales, equipos o herramientas que son de uso del contratista, obligándose éste a mantener un guardia o tomar las debidas seguridades para evitar pérdidas.

El guardián deberá ser permanente y tendrá su espacio para alojarse durante la noche en la bodega oficina, será el responsable de la seguridad de los materiales y equipos durante la noche.

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por mes y será el resultado del tiempo que dure la obra.

1.03. Caseta oficina, guardián, bodega (estruct. de madera, cubta zinc) 4.0x4.0

El constructor deberá contar en obra con la construcción que se requiera para oficina de obra, bodega de materiales y caseta de guardianía.

La construcción será elaborada con una estructura de madera semidura y planchas de madera contrachapada o similar (plywood) de no menos de 12mm. La cubierta será de Zinc y las medidas de esta construcción son 4x4 metros.

En cualquier caso, esta construcción debe presentar una buena apariencia, y el Contratista se encargará de desarmar y retirar al final de la obra todos los materiales de esta construcción, dejando el lugar en las mismas condiciones que lo recibe.

Será opcional para el Constructor utilizar elementos reciclables tales como contenedores, etc., los cuales serán al final de la obra, propiedad del constructor.

La construcción contará con sus elementos de seguridad (chapas, candados, etc.).

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por metro cuadrado y se realizará una vez que se constate la existencia de los espacios antes determinados.

1.04. Batería sanitaria provisional - Portátil (1 unidad)

El contratista deberá alquilar una batería sanitaria portátil para uso de los obreros, y colocado en un lugar estratégico para evitar cualquier inconveniente.

El contratista debe asegurarse que la compañía a quien se le alquile el equipo venga continuamente a darle limpieza y mantenimiento a la batería sanitaria.

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por mes y será el resultado del tiempo que dure la obra.

1.05. Limpieza General de Obra

Será de responsabilidad del constructor mantener la obra limpia y libre de desechos y basura, para lo cual contará con un equipo que efectúe diariamente las tareas de limpieza en obra.

Todo material de desecho o fruto de demoliciones, picadas, etc. que no fuera reciclable ya sea como material de relleno o en otro uso, deberá ser desalojado de la obra y del Campus Politécnico a la brevedad que fuere posible. Para ello se deberá utilizar los siguientes medios de transporte: carretas o “buggis” para recolección interna, y volquetas para el desalojo fuera del Campus (estas últimas deberán contar con las lonas o recubrimientos respectivos).

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por mes y será el resultado del tiempo que dure la obra.

2) Movimiento de Tierra, Obra de Infraestructura y Albañilería

2.01 Demolición y desalojo aceras, inc. bordillos

El constructor deberá realizar la demolición de todas las veredas alrededor del edificio, para lo cual deberá utilizar martillos neumáticos o mini cargadoras con este aditamento. El material de desecho deberá ser desalojado de la obra y del Campus Politécnico a la brevedad que fuere posible, por medio de volquetas hacia un lugar aprobado por la fiscalización.

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por metro cuadrado y será el resultado del área de veredas que se haya demolido y desalojado.

2.02 Excavación y desalojo para mejoramiento de suelo

El contratista deberá realizar la excavación del material alrededor del edificio a una profundidad de sesenta centímetros, mientras que en la zona del vivero deberá excavar a un metro cincuenta, siguiendo las distancias establecidas en el diseño.

Estas excavaciones deben realizarse con retroexcavadora, desalojando el material por medio de volquetas hacia el botadero autorizado por la fiscalización.

Por ningún motivo, se permitirá arrojar material en los sitios donde interfiera con el drenaje natural del terreno.

La unidad de medida para fines de control liquidación de planillas será en metros cúbicos y será el resultado de calcular el volumen de material de excavación.

2.03 Cama de cal e=5cm

Se procederá a colocar una cama de cal con un espesor de cinco centímetros en toda el área excavada, compactándola debidamente. El contratista debe asegurarse de colocar la mencionada capa en toda el área puesto que esta servirá para restar características expansivas al suelo bajo la misma e impedir dichas características contaminen al nuevo material a colocarse.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cúbicos y será el resultado de calcular el volumen del material de relleno una vez que éste haya sido compactado en obra.

2.04 Relleno compactado al 95% del próctor modificado

Para el relleno fuera del filtro se utilizara cascajo como material de mejoramiento, con un índice plástico inferior al 18%. Los rellenos se compactarán mediante compactadores manuales y rodillos aprobados por la Fiscalización sobre capas adecuadamente hidratadas y de un espesor no mayor a 8 cm. a un mínimo del 95% de la densidad máxima próctor estándar.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cúbicos y será el resultado de calcular el volumen del material de relleno una vez que éste haya sido compactado en obra.

Por ningún motivo, se permitirá arrojar material en los sitios donde interfiera con el drenaje natural del terreno o que vaya en detrimento de la apariencia de la zona.

2.05 Relleno piedra $\frac{3}{4}$ " en filtro

El material filtrante para rellenar zanjas y para poner debajo y sobre los tubos de drenaje, como medio permeable para subdrenes y otros propósitos semejantes, deberá ser roca o piedra triturada y arena dura, limpia y durable, libre de materias orgánicas, terrones de arcilla u otras sustancias inconvenientes, y que cumple con los siguientes requisitos.

El material filtro será piedra triturada $\frac{3}{4}$ " (19.0 mm.) Clase 1, con un porcentaje pasante de 100, granulometría determinada según el método de ensayo INEN 696.

Ensayos y tolerancias:

El material no experimentará una desintegración y pérdida mayor del 12% a cinco ciclos de la prueba de durabilidad al sulfato de sodio, según el método INEN 863.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cúbicos y será el resultado de calcular el volumen del material de relleno una vez que éste haya sido compactado en obra.

Por ningún motivo, se permitirá arrojar material en los sitios donde interfiera con el drenaje natural del terreno o que vaya en detrimento de la apariencia de la zona.

2.06 Contrapiso de hormigón simple, $f'c=210\text{kg/cm}^2$ $e=10\text{cm}$. para aceras Incluida junta de construcción c/2,40 m y aplicación de sellador de junta

Serán efectuados con hormigón de 210Kg/cm^2 preparado en sitio (mediante concreteira), y su acabado será rayado para facilitar el posterior paso peatonal. Para la fundición se utilizará arena homogenizada, piedra triturada (3/4 o Chispa), cemento Pórtland y agua limpia en las proporciones que permitan obtener la resistencia indicada. Se tendrá cuidado que los áridos se encuentren sin contaminación (polvo, tierra, grasas, aceites o materiales orgánicos).

Su espesor será de 10cm y su fundición se efectuará sobre el replantillo, teniendo cuidado de que los niveles del contrapiso estén de acuerdo a los recubrimientos y niveles de acabado para cada caso.

Los contrapisos deberán ser curados al menos hasta una semana después de fundidos.

El contratista deberá realizar una junta de construcción cada 2.4 metros y aplicar sellador en las mismas.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área de la fundición.

2.07 Contrapiso: Hormigón pobre bajo vivero

Se deberá construir en la zona del vivero una losa de hormigón pobre con una resistencia de $f'c=160\text{Kg/cm}^2$, sus dimensiones y niveles deberán respetar el diseño presentado en los planos.

La unidad de medida para fines de control liquidación de planillas será en metros cúbicos y será el resultado de calcular el volumen del material de la losa fundida (área por espesor).

**2.08 Cajas recolectoras de A.A.L.L. De Ho. Simple $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
(Sin tapa) 60x60x130 cm**

Serán elaboradas según las medidas detalladas en los planos y según las profundidades necesarias para el tendido de tuberías. Su fabricación será en hormigón con una malla electro soldada tipo ARMEX de 5x5x5.5 cm. El espesor de las paredes será de 5 cm. y con una resistencia del hormigón de 180 Kg/cm².

La unidad de medida para fines de control y liquidación será la unidad y será el resultado del número de cajas de este tipo que sean construidas.

**2.09 Cajas recolectoras de A.A.L.L. De Ho. Simple $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
(Sin tapa) 60x60x115 cm**

Serán elaboradas según las medidas detalladas en los planos y según las profundidades necesarias para el tendido de tuberías. Su fabricación será en hormigón con una malla electro soldada tipo ARMEX de 5x5x5.5 cm. El espesor de las paredes será de 5 cm. y con una resistencia del hormigón de 180 Kg/cm².

La unidad de medida para fines de control y liquidación será la unidad y será el resultado del número de cajas de este tipo que sean construidas.

**2.10 Tapas de hormigón armado, c/marco y contramarco, 60x60 cm,
incluye instalación**

Serán elaboradas con medidas de 60x60 cm. incluyendo su marco y contramarco a la medida para luego ser colocadas en las cajas de recolección de aguas lluvias. Su espesor será de 5 cm. y con una resistencia del hormigón de 180 Kg/cm².

La unidad de medida para fines de control y liquidación será la unidad y será el resultado del número de tapas de este tipo que sean construidas.

2.11 Canales Recolectores, juntas c/3m ($f'c=180 \text{ Kg/cm}^2$)

Serán elaboradas según las medidas y niveles detallados en los planos. Su fabricación será en hormigón. El espesor de las paredes será de 5 cm. y con una resistencia del hormigón de 180 Kg/cm².

Para la fundición se utilizará arena homogenizada, piedra triturada (3/4 o Chispa), cemento Pórtland y agua limpia en las proporciones que permitan obtener la resistencia indicada. Se tendrá cuidado que los áridos se encuentren sin contaminación (polvo, tierra, grasas, aceites o materiales orgánicos).

El contratista deberá tener un extremo cuidado con las cotas de los niveles de los canales puesto que errores en estos provocarían empozamiento del agua o un error en las pendientes de los mismos.

Los canales recolectores deberán ser curados al menos hasta una semana después de fundidos.

El contratista deberá realizar una junta de construcción cada 3 metros.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de medir el largo de los canales.

2.12 Enlucido de Canales Recolectores

Para asegurar un correcto flujo en la canalización de las aguas a través de los canales de recolección, el contratista deberá realizar el enlucido de los mismos, eliminando cualquier tipo de rebaba o imperfección en los mismos.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de medir el largo de los canales enlucidos.

3) Instalaciones A.A.L.L.

3.01. Tubería PVC 110mm Perforado

Los tubos a emplearse en los filtros serán de PVC, perforadas y con un diámetro de 110 mm. y sus cotas serán indicadas en planos y disposiciones especiales, o en su defecto, las que señale el fiscalizador.

En todo caso, los tubos seleccionados serán fuertes, duraderos y libres de defectos y deformaciones.

En este rubro va incluida la colocación y unión de los tubos con sus respectivos materiales.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de medir el largo de los tubos utilizados.

3.02. Tubería PVC 110mm

Se colocará un sistema de tuberías desde las nuevas cajas hacia la quebrada natural cercana o hasta las cajas ya existentes, dependiendo el caso, respetando las distancias y niveles dados en los planos de diseño.

Estas tuberías serán de PVC y tendrán un diámetro de 110 mm.; serán fuertes, duraderos y libres de defectos y deformaciones.

En este rubro va incluida la colocación y unión de los tubos con sus respectivos materiales.

Se tendrá mucho cuidado en verificar la pendiente entre la primera caja que se construya y a la caja que llegarán. Deberá colocarse una fina cama de arena bajo estas tuberías.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de medir el largo de los tubos utilizados.

3.03. Geotextil Permeable

Los geotextiles permeables para colocar en los filtros, cumplirán con las características y especificaciones mínimas indicadas en la “Tabla 822.2.1 de la Sección 822 Drenes y Subdrenes del MOP-001-2000”.

Su colocación será de acuerdo a los planos, teniendo el geotextil permeable sobre la piedra $\frac{3}{4}$ ” en toda su extensión.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área utilizada de geotextil.

3.04. Geotextil Impermeable

Los geotextiles impermeables para filtros, cumplirán con las características y especificaciones mínimas indicadas en la “Tabla 822.2.1 de la Sección 822 Drenes y Subdrenes del MOP-001-2000”.

Su colocación será de acuerdo a los planos, teniendo el geotextil impermeable entre la piedra $\frac{3}{4}$ " y la losa de hormigón pobre del vivero en toda su extensión, evitando la filtración de agua bajo el mismo.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área utilizada de geotextil.

4) Reparaciones de la Edificación

4.01. Resanes en Paredes (Inc. Picado)

Se procederá a realizar los resanes en las diferentes fisuras que se encuentren en las paredes tanto interiores como exteriores del edificio.

En este rubro se cubrirán las fisuras que no tengan un ancho excedente a un milímetro, y se utilizará una lechada adecuada de cemento para el mismo, luego de que la zona deteriorada por la fisura sea correctamente picada.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de medir la longitud de las fisuras resanadas.

**4.02. Resanes en Paredes utilizando grapas de 8 mm. cada 15 cm.
(Inc. Picado)**

Se procederá a realizar los resanes en las en las paredes tanto interiores como exteriores del edificio, cuyas fisuras tenga un espesor mayor a dos milímetros.

Se empezará picando la zona de la fisura para despejar todo material suelto que se encuentre en ella. La colocación de grapas metálicas de 8 milímetros cada 15 centímetros y se las fijará. Se procederá a una limpieza de la fisura para que quede libre de polvo u otro material que no permita la adherencia del mortero.

Se colocará un epóxico o fijador que permita la adherencia y se procederá al champeado de la fisura.

Luego de 24 horas, se colocará la capa de enlucido debidamente nivelada y aplomada con respecto al resto de la pared, dejando el espacio para la colocación futura del empaste y pintura respectivamente.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de medir la distancia de fisuras resanadas.

4.03. Reparaciones de Piso

Una vez identificadas las baldosas en mal estado por el constructor y el fiscalizador, se procederá a cortarlas con una moladora y desalojarlas con el resto de materiales de construcción.

A continuación se deberá limpiar bien la zona y por medio de un pegante colocar la nueva baldosa, para finalmente proceder a emporar con material de junta, el área reparada.

El constructor deberá respetar la pendiente actual del piso para no producir ningún cambio en la misma.

Todos los materiales como ligadores, sellantes y baldosas deben ser aprobados por la fiscalización.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área de baldosas reparadas.

4.04. Pintura de Exteriores (Inc. Empastado)

En las paredes exteriores que ya han sido resanadas, se procederá a pintarlas, realizando esto en toda el área de la pared y no solo sobre el resane.

Este rubro incluye el lijado de las paredes, empastado de la misma y dos manos de pintura, garantizando un buen acabado de las mismas.

Se utilizará una pintura para exteriores del mismo color que tenía antes de ser pintada, respetando la presentación del edificio.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área de pared exterior pintada.

4.05. Pintura de Interiores (Inc. Empastado)

En las paredes interiores que ya han sido resanadas, se procederá a pintarlas, realizando esto en toda el área de la pared y no solo sobre el resane.

Este rubro incluye el lijado de las paredes, empastado de la misma y dos manos de pintura, garantizando un buen acabado de las mismas.

Se utilizará una pintura para interiores del mismo color que tenía antes de ser pintada, respetando la presentación del edificio.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área de pared interior pintada.

3.3.5. Presupuesto Referencial de la Alternativa # 1

La solución presentada en la alternativa # 1 tiene un costo de CATORCE MIL QUINIENTOS OCHENTA Y CUATRO DÓLARES AMERICANOS 83/100 (14584.83).

A continuación en la tabla 15 se presenta el presupuesto referencial de la alternativa de solución # 1.

3.3.6. Cronograma Valorado

A continuación en la tabla 16 se presenta el cronograma valorado para la alternativa # 1.

3.4. Desarrollo de la Alternativa # 2

La alternativa # 2 presentada en el numeral 3.2.2 de esta tesis, comprende un diseño sanitario a nivel de planta, cortes y detalles, complementándose con la Memoria Descriptiva, Metodología de la Construcción, Especificaciones Técnicas, Presupuesto Referencial y Cronograma Valorado,

3.4.1. Diseño Sanitario de la Alternativa # 2

A continuación se muestran los planos 12 y 13, correspondientes a la planta, cortes y detalles de los diseños de filtros, cajas, veredas y canales, respectivamente.

Imprimir plano 12...

Imprimir plano 13...

3.4.2. Memoria Descriptiva de la Alternativa # 2

La alternativa # 2 corresponde a una solución técnica cuyo objetivo es evitar que el agua siga filtrando y afectando de una manera negativa a las bases del edificio y sus obras exteriores. En esta solución, se construirá un sistema de filtros alrededor del edificio, se reconstruirán las veredas y se cambiará el suelo por un relleno de calidad.

El mencionado filtro estará constituido por piedra $\frac{3}{4}$ " y un tubo perforado de PVC en su interior, sistema por el cual se recolectarán las aguas que normalmente filtraban a los cimientos de la edificación.

Todas las aguas que recogerá el filtro, serán canalizadas hacia nuevas cajas recolectoras de agua, las cuales a su vez enviarán el agua hacia quebradas naturales o viejas cajas recolectoras, dependiendo su ubicación siguiendo los diseños sanitarios.

También será parte de la solución la eliminación de cualquier jardín alrededor del edificio, ya que estos representan una continua fuente para la filtración excesiva del agua.

La ventaja de esta solución es la efectividad de evitar que el agua ingrese de una manera indiscriminada a los cimientos del edificio, con lo que el suelo expansivo bajo la edificación no ejercerá grandes fuerza de presión sobre la misma, evitando su destrucción.

El área de cobertura del diseño de esta solución es aproximadamente de 192 metros cuadrados, abarcando todo lo que concierne a veredas, canales y sistema de filtros recolectores.

3.4.3. Metodología de la Construcción de la Alternativa # 2

Le ejecución de la Alternativa uno empieza, luego del trazado, replanteo y construcción de la caseta, con la demolición de las veredas existentes alrededor del edificio en estudio, desalojando dicho desperdicio por medio de volquetas hasta el botadero más cercano aprobado previamente por la fiscalización.

Pasado este proceso, se empezará a excavar, removiendo sesenta centímetros de profundidad en el sector de las veredas a la distancia que se indique en los planos en el sector de las veredas, y un metro cincuenta en el

área donde irán ubicados los filtros, así mismo respetando las distancias del plano de diseño sanitario.

Luego se colocará una capa de cal de cinco centímetros en toda el área excavada, compactándola de una manera adecuada.

Colocada la capa de cal, se empezará a rellenar los espacios excavados con material de buena calidad, dejando libre el área de los filtros recolectores, el cual será construido a la par con el proceso de relleno. El relleno se realizará en capas de ocho centímetros correctamente compactadas.

Luego se procederá a la construcción del filtro recolector, para lo que es necesario que las cajas recolectoras de aguas lluvias estén terminadas.

Se empezará por colocar geomembrana impermeable entre el espacio donde irá el filtro y el relleno que da hacia el edificio, evitando a futuro que el agua llegue a filtrarse al cimiento, la misma que será dirigida y retenida en el filtro por dicha membrana.

Luego se procederá a rellenar la parte inferior de lo que será el filtro con una piedra de $\frac{3}{4}$ de pulgada, en medio de la cual se colocará un tubo de PVC perforado de 110 milímetros de diámetro, todo esto se realizará según las cotas definidas en el diseño sanitario.

Una vez colocada la capa de piedra, se procederá a colocar el geotextil, el cual permitirá el paso del agua y no de los materiales finos del suelo que pueden ensuciar y deteriorar el sistema del filtro.

Sobre este geotextil se empezará a rellenar con el material mejorado utilizado en el resto de las excavaciones, siguiendo el mismo proceso de compactar cada capa de ocho centímetros, terminando a la par y al mismo nivel del resto del relleno, siguiendo los niveles del diseño.

Terminando el relleno, se procederá a colocar el mismo bajo lo que serán las nuevas veredas, con una altura variable para que las veredas alcancen el nivel diseñado en los planos.

De la misma manera, respetando los niveles dados, procedemos a construir las nuevas veredas y reconstruir el sistema de canales sencillos existentes en la actualidad.

Durante el proceso de la construcción de veredas se procederá a realizar el resane de las fisuras en las paredes exteriores e interiores, así como el arreglo del piso interior dañado, para terminar pintando las paredes resanadas.

Con el sistema de filtros recolectores se evitará la filtración de agua a los cimientos del edificio.

3.4.4. Especificaciones Técnicas de la Alternativa # 2

Descripción

La obra a desarrollar comprende la ejecución de la Obra Civil y sanitaria de acuerdo con los diseños preparados en la presente tesis. El constructor deberá ejecutar los rubros presupuestados con materiales de calidad y los acabados que consten en los análisis unitarios presentados en su oferta,

rubros que deberán cumplir con las exigencias técnicas que garanticen durabilidad y calidad. Si la construcción se hiciera por Administración Directa, el responsable de la obra civil que sea contrate la ESPOL deberá seleccionar en conjunto con la fiscalización, los materiales que se vayan a instalar en obra.

La construcción se desarrollará de acuerdo al diseño presentado, es necesario que se considere la presencia de un profesional permanente en obra con la facultad de tomar decisiones y absolver las indicaciones de la fiscalización hasta la culminación de esta obra.

Las presentes especificaciones son de carácter obligatorio y cualquier cambio por muy mínimo, tendrá que ser autorizado por la fiscalización, caso contrario el contratista se obliga a cumplir con las presentes especificaciones.

Se ha manejado el criterio de incurrir en los gastos estrictamente necesarios para la funcionalidad de este Proyecto.

El oferente deberá inspeccionar el área en el cual va a ejecutar la construcción. El constructor se obliga a mantener desde el inicio del trabajo el

Libro de Obra donde se dejará constancia en forma cronológica y descriptiva la marcha progresiva de los trabajos y sus pormenores para el mejor control de la fiscalización. Así mismo, deberá mantenerse en obra y en buenas condiciones todos los documentos constructivos, memorias técnicas, cronograma de avance de obra que permita a la fiscalización sentar los correctivos necesarios, cambios u observaciones que puedan surgir durante el proceso constructivo.

Mientras dure la construcción y hasta su terminación, el constructor deberá mantener la obra completamente limpia y ordenada en todas sus partes. Para todas las tareas de construcción se debe considerar todas las precauciones de seguridad y protección para evitar accidentes de trabajo y daños materiales al personal de la obra en construcción.

A. Obras Civiles

1) Preliminares

1.01. Trazado y Replanteo

El trazado será efectuado con base al plano de diseños sanitarios y se iniciará por el punto de arranque, tomando como el mismo la columna exterior de la oficina principal cuyo nivel está dado en el plano. Cualquier diferencia será informada a la fiscalización y a la Unidad de Planificación.

Con cal u otro material similar se deberá marcar el perímetro de los bloques, a fin de que sea revisado y aprobado por la Fiscalización.

Sólo una vez que se cuente por escrito con la aprobación del trazado, el constructor podrá iniciar con los trabajos de excavación hasta la cota que señale el diseño y las recomendaciones del estudio de suelos.

Así mismo, se dejarán hitos de referencia para los niveles del proyecto y se efectuará una comprobación de los niveles de proyecto, con la finalidad de ratificar los niveles de canales y veredas.

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área en la que se haya efectuado el replanteo y trazado.

1.02. Guardianía - Seguridad

La ESPOL no se responsabiliza de la pérdida de materiales, equipos o herramientas que son de uso del contratista, obligándose éste a mantener un guardia o tomar las debidas seguridades para evitar pérdidas.

El guardián deberá ser permanente y tendrá su espacio para alojarse durante la noche en la bodega oficina, será el responsable de la seguridad de los materiales y equipos durante la noche.

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por mes y será el resultado del tiempo que dure la obra.

1.03. Caseta oficina, guardián, bodega (estruct. de madera, cubta zinc) 4.0x4.0

El constructor deberá contar en obra con la construcción que se requiera para oficina de obra, bodega de materiales y caseta de guardianía.

La construcción será elaborada con una estructura de madera semidura y planchas de madera contrachapada o similar (plywood) de no menos de 12mm. La cubierta será de Zinc y las medidas de esta construcción son 4x4 metros.

En cualquier caso, esta construcción debe presentar una buena apariencia, y el Contratista se encargará de desarmar y retirar al final de la obra todos los materiales de esta construcción, dejando el lugar en las mismas condiciones que lo recibe.

Será opcional para el Constructor utilizar elementos reciclables tales como contenedores, etc., los cuales serán al final de la obra, propiedad del constructor.

La construcción contará con sus elementos de seguridad (chapas, candados, etc.).

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por metro cuadrado y se realizará una vez que se constate la existencia de los espacios antes determinados.

1.04. Batería sanitaria provisional - Portátil (1 unidad)

El contratista deberá alquilar una batería sanitaria portátil para uso de los obreros, y colocado en un lugar estratégico para evitar cualquier inconveniente.

El contratista debe asegurarse que la compañía a quien se le alquile el equipo venga continuamente a darle limpieza y mantenimiento a la batería sanitaria.

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por mes y será el resultado del tiempo que dure la obra.

1.05. Limpieza General de Obra

Será de responsabilidad del constructor mantener la obra limpia y libre de desechos y basura, para lo cual contará con un equipo que efectúe diariamente las tareas de limpieza en obra.

Todo material de desecho o fruto de demoliciones, picadas, etc. que no fuera reciclable ya sea como material de relleno o en otro uso, deberá ser

desalojado de la obra y del Campus Politécnico a la brevedad que fuere posible. Para ello se deberá utilizar los siguientes medios de transporte: carretas o “buggis” para recolección interna, y volquetas para el desalojo fuera del Campus (estas últimas deberán contar con las lonas o recubrimientos respectivos).

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por mes y será el resultado del tiempo que dure la obra.

2) Movimiento de Tierra, Obra de Infraestructura y Albañilería

2.01. Demolición y desalojo aceras, inc. bordillos

El constructor deberá realizar la demolición de todas las veredas alrededor del edificio, para lo cual deberá utilizar martillos neumáticos o mini cargadoras con este aditamento. El material de desecho deberá ser desalojado de la obra y del Campus Politécnico a la brevedad que fuere posible, por medio de volquetas hacia un lugar aprobado por la fiscalización.

La unidad de medida para fines de control y pago o liquidación de planillas será por metro cuadrado y será el resultado del área de veredas que se haya demolido y desalojado.

2.02. Excavación y desalojo para mejoramiento de suelo

El contratista deberá realizar la excavación del material alrededor del edificio a una profundidad de sesenta centímetros, mientras que en la zona del vivero deberá excavar a un metro cincuenta, siguiendo las distancias establecidas en el diseño.

Estas excavaciones deben realizarse con retroexcavadora, desalojando el material por medio de volquetas hacia el botadero autorizado por la fiscalización.

Por ningún motivo, se permitirá arrojar material en los sitios donde interfiera con el drenaje natural del terreno.

La unidad de medida para fines de control liquidación de planillas será en metros cúbicos y será el resultado de calcular el volumen de material de excavación.

2.03. Cama de cal e=5cm

Se procederá a colocar una cama de cal con un espesor de cinco centímetros en toda el área excavada, compactándola debidamente. El contratista debe asegurarse de colocar la mencionada capa en toda el área puesto que esta servirá para restar características expansivas al suelo bajo la misma e impedir dichas características contaminen al nuevo material a colocarse.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cúbicos y será el resultado de calcular el volumen del material de relleno una vez que éste haya sido compactado en obra.

2.04. Relleno compactado al 95% del próctor modificado

Para el relleno fuera del filtro se utilizara cascajo como material de mejoramiento, con un índice plástico inferior al 18%. Los rellenos se compactarán mediante compactadores manuales y rodillos aprobados por la Fiscalización sobre capas adecuadamente hidratadas y de un espesor no mayor a 8 cm. a un mínimo del 95% de la densidad máxima próctor estándar.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cúbicos y será el resultado de calcular el volumen del material de relleno una vez que éste haya sido compactado en obra.

Por ningún motivo, se permitirá arrojar material en los sitios donde interfiera con el drenaje natural del terreno o que vaya en detrimento de la apariencia de la zona.

2.05. Relleno piedra $\frac{3}{4}$ " en filtro

El material filtrante para rellenar zanjas y para poner debajo y sobre los tubos de drenaje, como medio permeable para subdrenes y otros propósitos semejantes, deberá ser roca o piedra triturada y arena dura, limpia y durable, libre de materias orgánicas, terrones de arcilla u otras sustancias inconvenientes, y que cumple con los siguientes requisitos.

El material filtro será piedra triturada $\frac{3}{4}$ " (19.0 mm.) Clase 1, con un porcentaje pasante de 100, granulometría determinada según el método de ensayo INEN 696.

Ensayos y tolerancias:

El material no experimentará una desintegración y pérdida mayor del 12% a cinco ciclos de la prueba de durabilidad al sulfato de sodio, según el método INEN 863.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cúbicos y será el resultado de calcular el volumen del material de relleno una vez que éste haya sido compactado en obra.

Por ningún motivo, se permitirá arrojar material en los sitios donde interfiera con el drenaje natural del terreno o que vaya en detrimento de la apariencia de la zona.

2.06. Contrapiso de hormigón simple, $f'c=210\text{kg/cm}^2$ $e=10\text{cm}$. para aceras Incluida junta de construcción c/2,40 m y aplicación de sellador de junta

Serán efectuados con hormigón de 210Kg/cm^2 preparado en sitio (mediante concreteira), y su acabado será rayado para facilitar el posterior paso peatonal.

Para la fundición se utilizará arena homogenizada, piedra triturada (3/4 o Chispa), cemento Pórtland y agua limpia en las proporciones que permitan obtener la resistencia indicada. Se tendrá cuidado que los áridos se encuentren sin contaminación (polvo, tierra, grasas, aceites o materiales orgánicos).

Su espesor será de 10cm y su fundición se efectuará sobre el replantillo, teniendo cuidado de que los niveles del contrapiso estén de acuerdo a los recubrimientos y niveles de acabado para cada caso.

Los contrapisos deberán ser curados al menos hasta una semana después de fundidos.

El contratista deberá realizar una junta de construcción cada 2.4 metros y aplicar sellador en las mismas.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área de la fundición.

2.07. Cajas recolectoras de A.A.L.L. De Ho. Simple $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
(Sin tapa) 60x60x140 cm

Serán elaboradas según las medidas detalladas en los planos y según las profundidades necesarias para el tendido de tuberías. Su fabricación será en hormigón con una malla electro soldada tipo ARMEX de 5x5x5.5 cm. El espesor de las paredes será de 5 cm. y con una resistencia del hormigón de 180 Kg/cm².

La unidad de medida para fines de control y liquidación será la unidad y será el resultado del número de cajas de este tipo que sean construidas.

2.08. Cajas recolectoras de A.A.L.L. De Ho. Simple $f'c = 180 \text{ kg/cm}^2$
(Sin tapa) 60x60x115 cm

Serán elaboradas según las medidas detalladas en los planos y según las profundidades necesarias para el tendido de tuberías. Su fabricación será en hormigón con una malla electro soldada tipo ARMEX de 5x5x5.5 cm. El espesor de las paredes será de 5 cm. y con una resistencia del hormigón de 180 Kg/cm².

La unidad de medida para fines de control y liquidación será la unidad y será el resultado del número de cajas de este tipo que sean construidas.

2.09. Tapas de hormigón armado, c/marco y contramarco, 60x60 cm, incluye instalación

Serán elaboradas con medidas de 60x60 cm. incluyendo su marco y contramarco a la medida para luego ser colocadas en las cajas de recolección de aguas lluvias. Su espesor será de 5 cm. y con una resistencia del hormigón de 180 Kg/cm².

La unidad de medida para fines de control y liquidación será la unidad y será el resultado del número de tapas de este tipo que sean construidas.

3) Instalaciones A.A.L.L.

3.01. Tubería PVC 110mm Perforado

Los tubos a emplearse en los filtros serán de PVC, perforadas y con un diámetro de 110 mm. y sus cotas serán indicadas en planos y disposiciones especiales, o en su defecto, las que señale el fiscalizador.

En todo caso, los tubos seleccionados serán fuertes, duraderos y libres de defectos y deformaciones.

En este rubro va incluida la colocación y unión de los tubos con sus respectivos materiales.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de medir el largo de los tubos utilizados.

3.02. Tubería PVC 110mm

Se colocará un sistema de tuberías desde las nuevas cajas hacia la quebrada natural cercana o hasta las cajas ya existentes, dependiendo el caso, respetando las distancias y niveles dados en los planos de diseño.

Estas tuberías serán de PVC y tendrán un diámetro de 110 mm.; serán fuertes, duraderos y libres de defectos y deformaciones.

En este rubro va incluida la colocación y unión de los tubos con sus respectivos materiales.

Se tendrá mucho cuidado en verificar la pendiente entre la primera caja que se construya y a la caja que llegarán. Deberá colocarse una fina cama de arena bajo estas tuberías.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de medir el largo de los tubos utilizados.

3.03. Geotextil Permeable

Los geotextiles permeables para colocar en los filtros, cumplirán con las características y especificaciones mínimas indicadas en la “Tabla 822.2.1 de la Sección 822 Drenes y Subdrenes del MOP-001-2000”.

Su colocación será de acuerdo a los planos, teniendo el geotextil permeable sobre la piedra $\frac{3}{4}$ ” en toda su extensión.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área utilizada de geotextil.

3.04. Geotextil Impermeable

Los geotextiles impermeables para filtros, cumplirán con las características y especificaciones mínimas indicadas en la “Tabla 822.2.1 de la Sección 822 Drenes y Subdrenes del MOP-001-2000”.

Su colocación será de acuerdo a los planos, teniendo el geotextil impermeable entre el filtro y el edificio en toda su extensión, evitando la filtración de agua bajo el mismo.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área utilizada de geotextil.

4) Reparaciones de la Edificación

4.01. Resanes en Paredes (Inc. Picado)

Se procederá a realizar los resanes en las diferentes fisuras que se encuentren en las paredes tanto interiores como exteriores del edificio.

En este rubro se cubrirán las fisuras que no tengan un ancho excedente a un milímetro, y se utilizará una lechada adecuada de cemento para los mismos, luego de que la zona deteriorada por la fisura sea correctamente picada.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de calcular la distancia de fisuras resanadas.

4.02. Resanes en Paredes con grapas de 8 mm. cada 15 cm. (Inc. Picado)

Se procederá a realizar los resanes en las diferentes fisuras de un ancho excesivo que se encuentren en las paredes tanto interiores como exteriores del edificio.

En este rubro se cubrirán las fisuras que tengan un ancho excedente a un milímetro, se empezará picando la zona correctamente, seguido de la colocación de grapas metálicas de 8 milímetros cada 15 centímetros, para finalmente proceder a colocar una lechada adecuada para cubrir y resanar la pared.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros lineales y será el resultado de calcular la distancia de fisuras resanadas.

4.03. Reparaciones de Piso

Una vez identificadas las baldosas en mal estado por el constructor y el fiscalizador, se procederá a cortarlas con una moladora y desalojarlas con el resto de materiales de construcción.

A continuación se deberá limpiar bien la zona y por medio de un ligador colocar la nueva baldosa, para finalmente proceder a emporar con un sellante el área reparada.

El constructor deberá respetar la pendiente actual del piso para no producir ningún cambio en la misma.

Todos los materiales como ligadores, sellantes y baldosas deben ser aprobados por la fiscalización.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área de baldosas reparadas.

4.04. Pintura de Exteriores (Inc. Empastado)

En las paredes exteriores que ya han sido resanadas, se procederá a pintarlas, realizando esto en toda el área de la pared y no solo sobre el resane.

Este rubro incluye el lijado de las paredes, empastado de la misma y dos manos de pintura, garantizando un buen acabado de las mismas.

Se utilizará una pintura para exteriores del mismo color que tenía antes de ser pintada, respetando la presentación del edificio.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área de pared exterior pintada.

4.05. Pintura de Interiores (Inc. Empastado)

En las paredes interiores que ya han sido resanadas, se procederá a pintarlas, realizando esto en toda el área de la pared y no solo sobre el resane.

Este rubro incluye el lijado de las paredes, empastado de la misma y dos manos de pintura, garantizando un buen acabado de las mismas.

Se utilizará una pintura para interiores del mismo color que tenía antes de ser pintada, respetando la presentación del edificio.

La unidad de medida para fines de control y liquidación de planillas será en metros cuadrados y será el resultado de calcular el área de pared interior pintada.

3.4.5. Presupuesto Referencial de la Alternativa # 2

La solución presentada en el proyecto # 2 tiene un costo de OCHO MIL QUINIENTOS SETENTA Y SEIS DÓLARES AMERICANOS 05/100 (8576.05).

A continuación en la tabla 17 se presenta el presupuesto referencial de la alternativa de solución # 2.

3.4.6. Cronograma Valorado

A continuación en la tabla 18 se presenta el cronograma valorado para la alternativa # 2.

3.5. Conclusiones

- Al obtener la comparación de las cantidades de acero en el hormigón y las distancias correspondientes a los mismos, con los requerimientos de las normas del ACI, concluimos que esta no es la causa de los problemas presentados en el edificio 18D.
- Es posible también concluir que los deterioros en el edificio 18D no son causados por un hormigón mal diseñado o mal construido puesto que por medio de los ensayos realizados encontramos que su resistencia a la compresión es mucha más alta que la necesaria.
- Los problemas presentados en el edificio 18D Laboratorio de Agropecuaria, son ocasionados por la alta expansibilidad del suelo, y cualquiera de las dos alternativas desarrolladas en la presente tesis, detendrá el ingreso del agua hacia los cimientos, evitando que se incrementen los daños que actualmente presenta la edificación.

3.6. Recomendaciones

- Se recomienda ejecutar cualquiera de las dos soluciones presentadas, y que se lo realice en la época no lluviosa.
- Se recomienda también que toda construcción cuyo estudio de suelo indica tratamiento para eliminar la expansibilidad del suelo, sea tratada seriamente en todas sus recomendaciones, incluyendo el tratamiento de las aceras, lo que evitará futuros daños de las construcciones.

CAPITULO 4

4. ANEXOS

El Capítulo 4 contiene la información técnica referente a la documentación que fue utilizada para la construcción del edificio, así como datos generales obtenidos en ensayos recientes para la realización de la presente tesis; tales como:

- Informes de residencia de obra.
- Copia de las Especificaciones Técnicas.
- Copias de Planos Originales.
- Relleno y Suelo Expansivo.
- Filtración Excesiva de Agua.
- Nuevos Estudios de Suelos.
- Nuevos Ensayos de Hormigón.
- Análisis Unitarios.
- Material Técnico Consultado en Bibliografía e Internet.

4.1. Informes de Residencia de Obra

Junto al libro de obra también constan archivados los informes mensuales presentados por el residente de obra, en donde junto con las planillas y otros informes van dando a conocer mes a mes los avances de la obra, a continuación se presenta cronológicamente mediante la investigación de esta información cuales fueron las obras realizadas en los diferentes meses de trabajo.

1-15 Julio/2001: Limpieza del terreno, construcción de la caseta, excavación de la cimentación, preparación de paredes de encofrado y algunas armaduras de hierro.

16-31 Julio/2001: Relleno de capas de piedra, armado y fundición de plintos, armado y fundición de parte de las riostras y pilares, parte del relleno y compactación.

Preparación de paneles de encofrado y algunas armaduras de hierro.

1-15 Agosto/2001: Se completó el relleno y el contrapiso, se instaló una tubería de desagüe de 50 mm., se fundieron todos los pilares y se inició la levantada de paredes.

1-15 Septiembre/2001: Se completó la construcción de las vigas de cubierta y se continuó la levantada de paredes.

16-30 Septiembre/2001: Se completó el embloqueado de paredes, las viguetas y los pilaretes, se completó el 100% de los ramales de 50 mm. y de 110 mm. de eliminación de agua potable y servida y de las tomas y la acometida eléctrica.

1-15 Octubre/2001: Se completó el enlucido de las paredes.

16-31 Octubre/2001: Se completó el 100% de enlucidos de filos y se completó la construcción de los parapetos y canales de cubierta.

1-15 Noviembre/2001: Se inició el empastado interior de las paredes, se completó la albañilería de los mesones y los enlucidos de parapetos y canales.

16-30 Noviembre/2001: Se completó el 100% del revestimiento de baldosa de pisos y de cerámica en las paredes y pisos de baños.

1-15 Diciembre/2001: Se terminó el empastado interior de las paredes, se inició el revestimiento de los mesones y la pulida de pisos, y la construcción de veredas.

16-31 Diciembre/2001: Se continuó con el revestimiento de mesones, pulida de pisos, cielo raso, instalación de ventanas y puertas y otros rubros.

Hasta este momento, en donde se paralizó la obra, se llevaba ejecutado el 90.42% de avance de obra sobre el 100% programado, teniendo un déficit del 9.58% que se adjudica a la falta de recursos.

Luego de una prolongada paralización, se retoma la construcción de este edificio, en su mayoría acabados, teniendo así como obras realizadas desde el 8 de Julio del 2002 hasta el 17 de Agosto del 2002, donde termina la obra, las siguientes actividades:

Pintura y empastado de lugares faltantes, fundición de rampa de ingreso de vehículos.

Se mejora terreno y encofra para fundir cuneta. Se funde la cuneta.

Se mejora terreno y encofra para fundir caminera. Se funde la caminera.

Se colocan materiales eléctricos faltantes.

Junto con las puertas de madera de cedro se colocan chapas y bisagras.

Se realiza limpieza general del edificio.

Mediante el estudio del libro de obra y los diferentes reportes presentados por el residente de obra, podemos darnos una vista más clara de cómo se llevó a cabo esta obra, cual fueron los diferentes problemas llevadas en el transcurso de la misma y como afectan en la actualidad al edificio.

4.2. Copia de las Especificaciones Técnicas

A continuación se adjuntan copias de las especificaciones técnicas originales de la obra en estudio.

4.3. Copias de Planos Originales

A continuación se adjuntan copias de los planos originales de la obra en estudio.

(Colocar copias de planos originales)

Planos 1-8

4.4. Relleno y Suelo Expansivo

En las figuras mostradas en este anexo se muestra la presencia de suelo café expansivo, arcillas expansivas y un relleno que fluctúa entre 24 cm. y 74 cm. de profundidad, lo que no sigue las recomendaciones de los estudios de suelos y ayuda a que la expansión del suelo deteriore el edificio.



FIGURA 4.1. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO



FIGURA 4.2. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO



FIGURA 4.3 SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO



FIGURA 4.4. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO



FIGURA 4.5. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO



FIGURA 4.6. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO



FIGURA 4.7. SUELO EXPANSIVO EN LA PERIFERIA DEL EDIFICIO



FIGURA 4.8. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

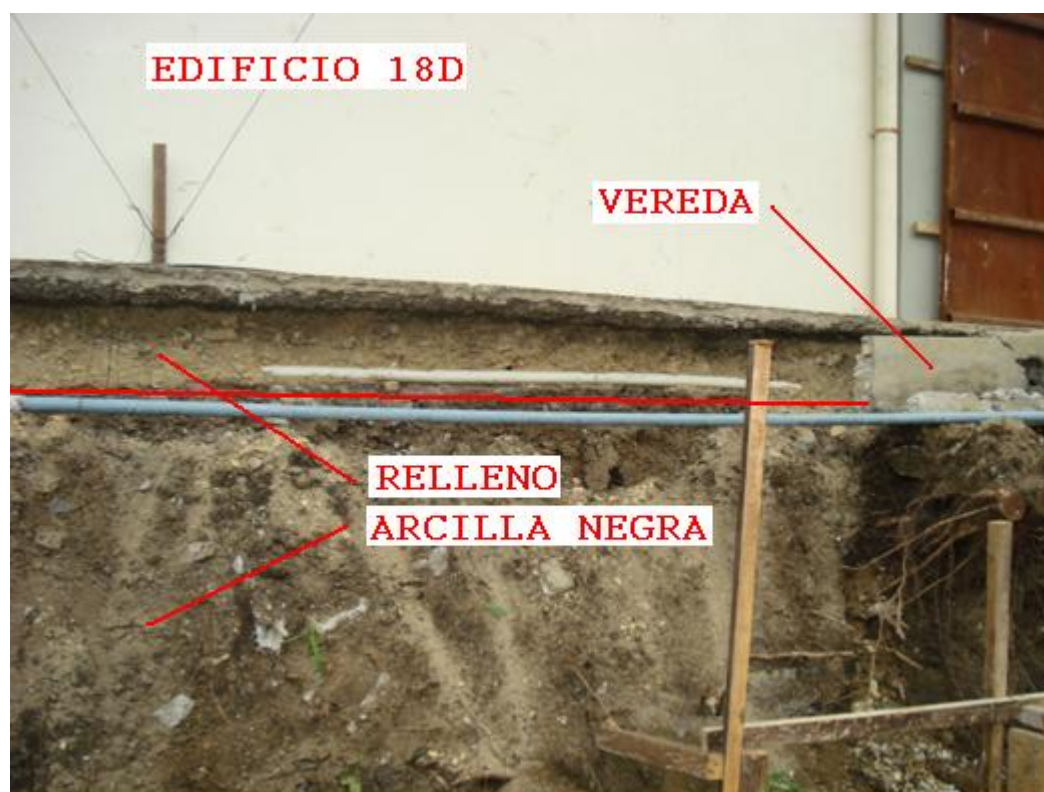


FIGURA 4.9. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO



FIGURA 4.10. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO



FIGURA 4.11. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO



FIGURA 4.12. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO



FIGURA 4.13. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO



FIGURA 4.14. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO



FIGURA 4.15. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO



FIGURA 4.16. DIFERENCIA DE PROFUNDIDAD DE RELLENO



FIGURA 4.17. SUELO EXPANSIVO Y RELLENO BAJO CAMINERAS DE EDIFICIO

4.5. Filtración Excesiva de Agua

Las fotos muestran la incidencia del agua que se utiliza para trabajos de lavado de vehículos, drenaje de aires acondicionado, y las áreas sin tratar alrededor del edificio, lo que contribuye a la expansibilidad del suelo.



FIGURA 4.18. JARDINERAS EN PARTE DELANTERA DE EDIFICIO



**FIGURA 4.19. FILTRACIÓN DE AGUA POR VEREDAS, CANALES
OBSTRUIDOS**



**FIGURA 4.20. FILTRACIÓN DE AGUA POR VEREDAS, CANALES
OBSTRUIDOS**



**FIGURA 4.21. VIVERO EN ZONA POSTERIOR, ZONA DE VEGETACIÓN
ALREDEDOR DEL EDIFICIO**



FIGURA 4.22. CANAL OBSTRUIDO, SIN MANTENIMIENTO



FIGURA 4.23. CANAL OBSTRUIDO, SIN MANTENIMIENTO



FIGURA 4.24. CANAL OBSTRUIDO, SIN MANTENIMIENTO



**FIGURA 4.25. FILTRACIÓN POR VEREDAS Y JARDINERAS DE AGUA
USADA EN LIMPIEZA DE VEHÍCULOS**



**FIGURA 4.26. FILTRACIÓN POR VEREDAS Y JARDINERAS DE AGUA
USADA EN LIMPIEZA DE VEHÍCULOS**



FIGURA 4.27. ZONA DE VEGETACIÓN ALREDEDOR DEL EDIFICIO

4.6. Nuevos Estudios de Suelos

Se realizaron nuevos ensayos de suelos en el Laboratorio de Suelos de FICT, luego de pedir su respectiva autorización y bajo supervisión del Ing. Julio García, encargado del Laboratorio de Suelos, y la Ing. Carmen Terreros de Varela, Jefe del Laboratorio de Suelo.

Se puede observar el lugar donde se realizaron las perforaciones, marcados con puntos negros, en la figura 4.28.



FIGURA 4.28. Ubicación de las perforaciones

En las perforaciones se encontraron residuos de construcciones como se aprecian en las siguientes fotos:



FIGURA 4.29. RESIDUO DE ASFALTO EN EL SUELO



FIGURA 4.30. RESIDUO DE ASFALTO EN EL SUELO



FIGURA 4.31. DESECHOS DE CONSTRUCCIÓN EN SUELO

Las perforaciones se realizaron en dos días, la metodología seguida para la extracción de las muestras fue la siguiente:

1. Se elegía un lugar cerca de donde se presentan la mayor cantidad de daños en la estructura.
2. se procede a limpiar la vegetación y unos centímetros de suelo con residuos de la misma.
3. Se excava manualmente hasta una profundidad determinada, obteniendo una muestra alterada.
4. Por la excavación antes realizada se introduce un tubo de perforación, el cual será enterrado por roto percusión y luego extraído de manera similar con una muestra inalterada del suelo.
5. Se vuelve a realizar los pasos de excavación manual y del tubo de perforación hasta llegar a la profundidad deseada o ya no sea posible seguir con el procedimiento.
6. Finalmente se vuelve a llenar el orificio con el material sobrante.

A continuación en las siguientes fotos es posible observar parte del procedimiento realizado en las dos perforaciones:

Perforación 1:**FIGURA 4.32. LUGAR DE LA PERFORACIÓN**



FIGURA 4.33. ORIFICIO DE PERFORACIÓN



FIGURA 4.34. LUGAR DE PERFORACIÓN



FIGURA 4.35. PERFORACIÓN



FIGURA 4.36. PERFORACIÓN TERMINADA Y RELLENADA

Perforación 2:**FIGURA 4.37. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN**



FIGURA 4.38. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN



FIGURA 4.39. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN



FIGURA 4.40. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN



FIGURA 4.41. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN



FIGURA 4.42. PERFORACIÓN POR MEDIO DE ROTO PERCUSIÓN



FIGURA 4.43. CALICATA PARA PERFORACIÓN



FIGURA 4.44. ORIFICIO DE PERFORACIÓN



FIGURA 4.45. ORIFICIO DE PERFORACIÓN



FIGURA 4.46. RELLENO DE CALICATA

Una vez obtenidas las muestras se procedió a realizar los diferentes ensayos de laboratorio, los cuales se especifican a continuación:

ENSAYOS EN EL LABORATORIO DE SUELOS:



FIGURA 4.47. MUESTRAS PARA ENSAYOS DE LABORATORIO

Aquí se realizaron los siguientes ensayos, cuyos datos se presentan al final del presente anexo.

- Compresión Simple “qu”.
- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
- Expansión Controlada.
- Expansión Libre.

COMPRESIÓN SIMPLE:

Para la realización de este ensayo usamos una muestra inalterada de forma cilíndrica, anotamos su peso, altura y radio, todo esto bajo la humedad natural del suelo.

Se utilizan dos diales, el uno se hace avanzar cada diez segundos una medida de deformación, mientras que en el otro se va midiendo la carga que se le ejerce a la muestra, todo esto hasta que la muestra falle.

Al obtener estos datos se procede a realizar los cálculos, obteniendo finalmente como resultado el esfuerzo de compresión en Ton/m², también conocido como “qu”.



FIGURA 4.48. MUESTRA, PRENSA Y DIALES DE COMPRESIÓN SIMPLE



FIGURA 4.49. MUESTRA, PRENSA Y DIALES DE COMPRESIÓN SIMPLE



FIGURA 4.50. MUESTRA CULMINADO ENSAYO

GRANULOMETRÍA:

Para el ensayo de granulometría se sigue el siguiente procedimiento:

1. Para este ensayo se secan las muestras en un horno a 105 °C, excepto si los suelos son residuales, caso en el cual son secadas al ambiente, se pesa la cantidad requerida para la prueba.
2. Se desmoronan las porciones de suelo adheridas entre sí con un rodillo y con la mano.
3. Se coloca la muestra en la tamizadora y se realiza el proceso de tamizado por quince minutos.
4. Todas las partículas retenidas en cada malla son pesadas, cuidando que no se queden retenidas en sus aberturas, las cuales se limpian con una brocha o cepillo de alambre.
5. Si se realizó previamente un lavado por la malla 200, ese porcentaje debe considerarse como que se quedó en el fondo.

Terminado el ensayo y obtenidos todos estos datos se procede a realizar los cálculos, los cuales consisten en calcular mediante el peso retenido en cada malla, el porcentaje de pasante y retenido, tanto acumulado como no

acumulado. Con esto se puede analizar la consistencia del suelo en cuanto a cuantas partículas finas posee el mismo.



FIGURA 4.51. MUESTRA EN EL HORNO



FIGURA 4.52. MUESTRA EN PROCESO DE TRITURACIÓN



FIGURA 4.53. MUESTRAS LISTAS PARA ENSAYO GRANULOMÉTRICO



FIGURA 4.54. MUESTRAS EN PROCESO DE TAMIZADO

LIMITES DE ATTERBERG:

Límite Líquido:

Se utiliza la Copa de Casa Grande, un ranurador de 2 mm., un recipiente de evaporización, recipientes pequeños, espátula, horno de 105-110 °C.

El suelo deberá ser pasante de la malla 40, esta muestra secada previamente en el horno, desmenuzada en un mortero y tamizada.

La Copa de Casa Grande es de bronce y tiene una altura de caída de 1 cm. sobre una base de caucho.

Procedimiento:

Una porción de la muestra se coloca en una bandeja de evaporación y se le agregan de 15 a 20 centímetros cúbicos de agua. Se mezcla bien intentando que la masa quede homogénea, se coloca en la copa sin llenarla, de modo que la altura de la parte más gruesa sea de 1 cm. Se traza un canal en el centro con el ranurador, se da golpes con el manubrio al ritmo de 2

revoluciones por segundo hasta que el canal se una en una longitud de media pulgada. Se anota el número de golpes que han sido necesarios para ello.

Del sitio de unión se coge una pequeña porción y se coloca en un recipiente para determinar su contenido de humedad, esto pesando la muestra antes y después de ser dejada 24 horas en el horno a 110 °C.

Se retira el material de la copa y se lo regresa a la bandeja de evaporación, se le agregan unos 3 centímetros cúbicos de agua, se mezcla bien y se repite el procedimiento. De la misma manera se anotan el número de golpes.

Si nos excedemos de agua, se deberá añadir suelo seco en lugar de agua.

Línea de Esgurrimento:

En un papel semilogarítmico se grafica humedad (W%) en escala aritmética y numero de golpes en escala logarítmica y se unen los diferentes puntos en línea recta.

El Límite Líquido es el contenido de humedad que corresponde a la intercepción de la línea de escurrimiento con la de 25 golpes.

Un ejemplo de este tipo de grafico es el que se muestra a continuación, donde el Límite Líquido es $WL = 61$.

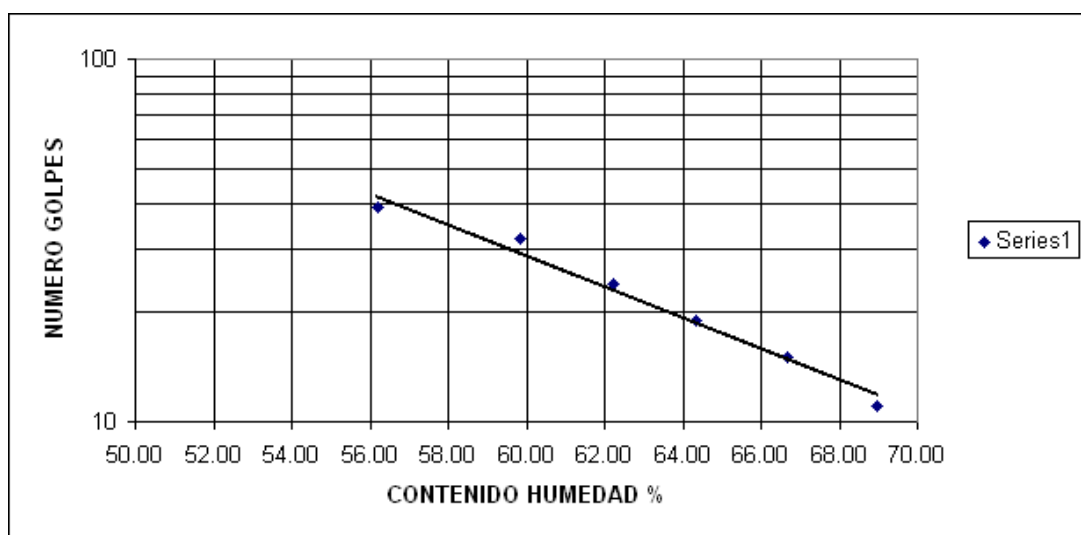


FIGURA 4.55. EJEMPLO DE GRAFICO PARA LÍMITE LÍQUIDO

Límite Plástico:

Es el menor contenido de agua con el cual el suelo permanece plástico. Para su determinación se toman unos 10 gramos de la muestra anterior y se le añade algo de suelo seco, de modo que al hacer una bola no se pegue en las manos. Luego se le da una forma elipsoidal y se presiona haciendo rollitos sobre una superficie de vidrio hasta que sean de unos 3 mm. de diámetro, se los une nuevamente y se repite el proceso hasta que los rollitos de 3 mm. se desmoronen o se agrieten durante el enrollado.

En tres recipientes se colocan algunos de esos rodillos y se le determina el contenido de humedad. Los tres recipientes deberán tener el mismo contenido de humedad, el límite plástico deberá ser el promedio entre los tres.

ENSAYOS DE EXPANSIÓN:

El mayor problema en el edificio en estudio es el suelo expansivo bajo el mismo por lo que tomando como referencia el Libro “Mecánica de Suelos” escrito por la Ingeniera Carmen Terreros de Varela a continuación tenemos la definición de expansión y tipos de ensayos de expansión:

EXPANSIÓN:

La expansión del terreno produce en las estructuras levantamientos que destruyen las mismas, estas suelen ser producidas por disminución de presiones y/o un aumento en la humedad del suelo.

Suele producirse con frecuencia en zonas áridas secas, aumentando su volumen al recibir humedad proveniente de lluvias o por capilaridad.

Mientras más ligera es una estructura, se hinchará más el suelo expansivo, debiéndose tomar las debidas precauciones en:

- Edificaciones de carga ligera.
- Vertedores de presas.
- Pavimentos en general.
- Recubrimiento de concreto para canales.
- Paredes o pesos de piscinas.

Se debe sospechar que un suelo es expansivo si posee alguna de las siguientes características:

- Suelos de coloración oscura.
- Índice plástico elevado.
- Límite de contracción $< 10\%$.
- Al observar fisuras o grietas en edificaciones vecinas.

Ensayos de expansión:

Para obtener información de cómo y en que magnitud puede dañar un suelo expansivo una estructura, existen dos tipos de ensayo:

- Expansión libre.
- Expansión controlada.

Expansión libre:

En este ensayo se determina el porcentaje de expansión que sufre el suelo cuando entra en contacto con el agua.

La muestra es confinada en un anillo que permita solo deformaciones verticales y no horizontales, como el que se usa para los ensayos de

consolidación, esta será colocada en un recipiente con agua durante 1 o 2 horas. El dial va a girar en sentido contrario por lo que deberá empezar con diez vueltas por adelantado.

$$\% \epsilon = (L_i - L_f) \times 100 / H$$

$$\% \epsilon = (L_i - L_f) \times 100 / 0.75'' \text{ (En caso de ser utilizado el consolidómetro)}$$

Expansión Controlada:

En este ensayo se aplican cargas en el consolidómetro de modo de controlar que la aguja del mismo se mantenga en cero, hasta que finalmente deja de moverse.

Esa carga final determinara el esfuerzo de expansión según el brazo de palanca del consolidómetro.

Con lo que si tenemos los siguientes datos: carga final = 3 k

Brazo de palanca = 1:8

$$\sigma_{exp.} = 3 \times 8 / 31.69 \times 1 = 0.758 \text{ k/cm}^2 = 7.58 \text{ T/m}^2$$

Arcillas normales no expansivas presentan una expansión del 1 al 2%, en caso de tener más de 3% no sirven para carreteras.



FIGURA 4.56. MOLDEO DE MUESTRA PARA ENSAYOS DE EXPANSIÓN



FIGURA 4.57. MOLDEO DE MUESTRA PARA ENSAYOS DE EXPANSIÓN



**FIGURA 4.58. PREPARACIÓN DE EQUIPO PARA ENSAYOS DE
EXPANSIÓN**



FIGURA 4.59. EQUIPO PARA ENSAYOS DE EXPANSIÓN



FIGURA 4.60. PROCESO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN

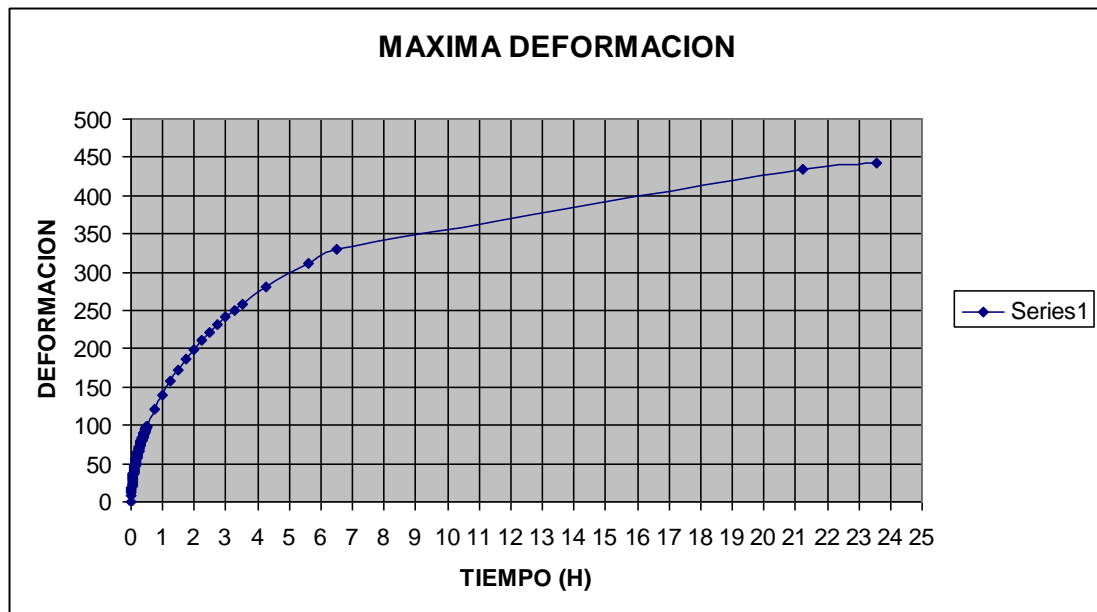


FIGURA 4.61. PROCESO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN

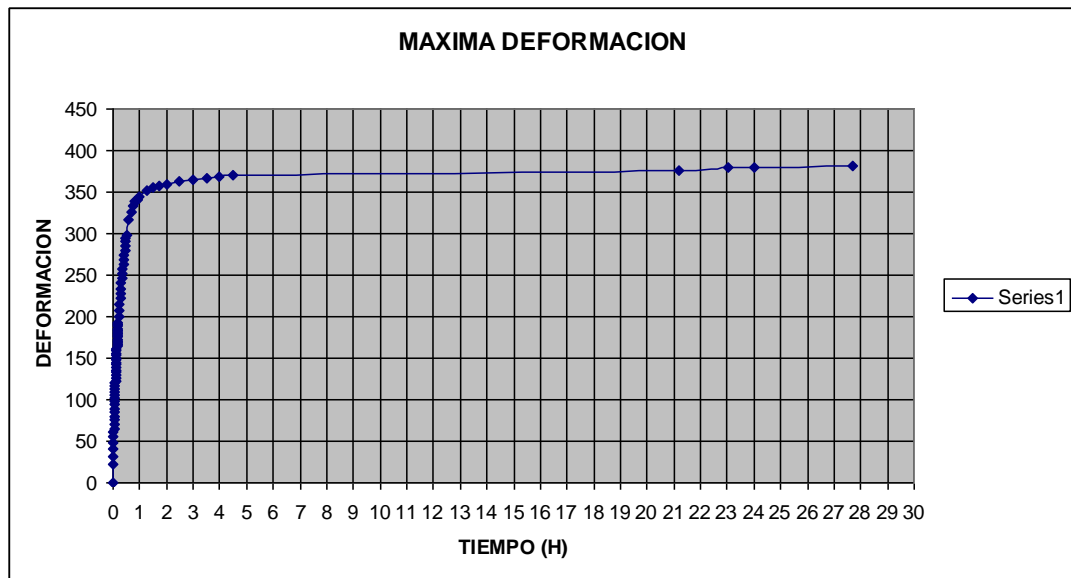


FIGURA 4.62. PROCESO DE ENSAYOS DE EXPANSIÓN

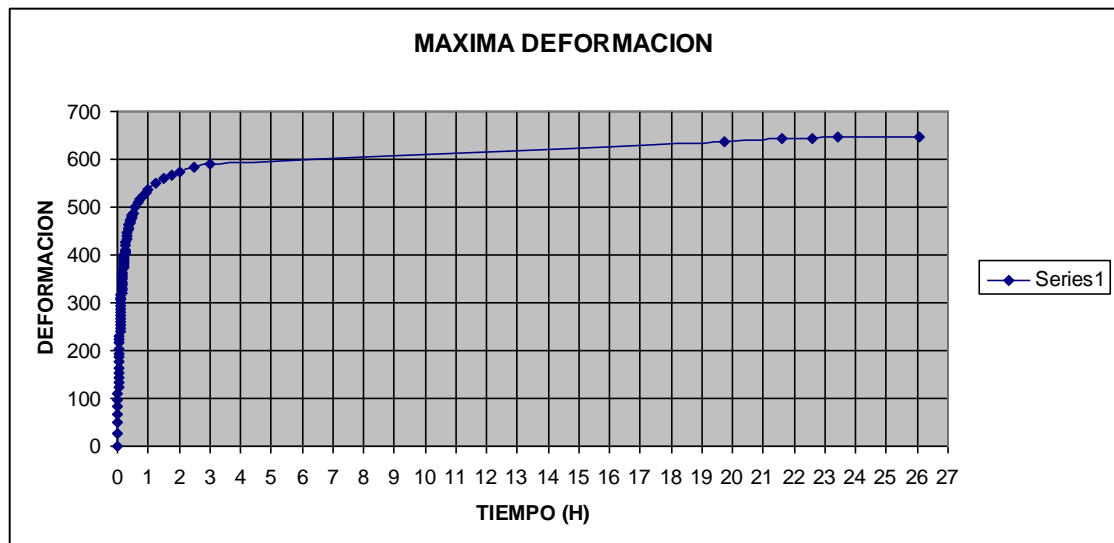
A continuación se presentan gráficos obtenidos a partir de los ensayos de expansión libre:



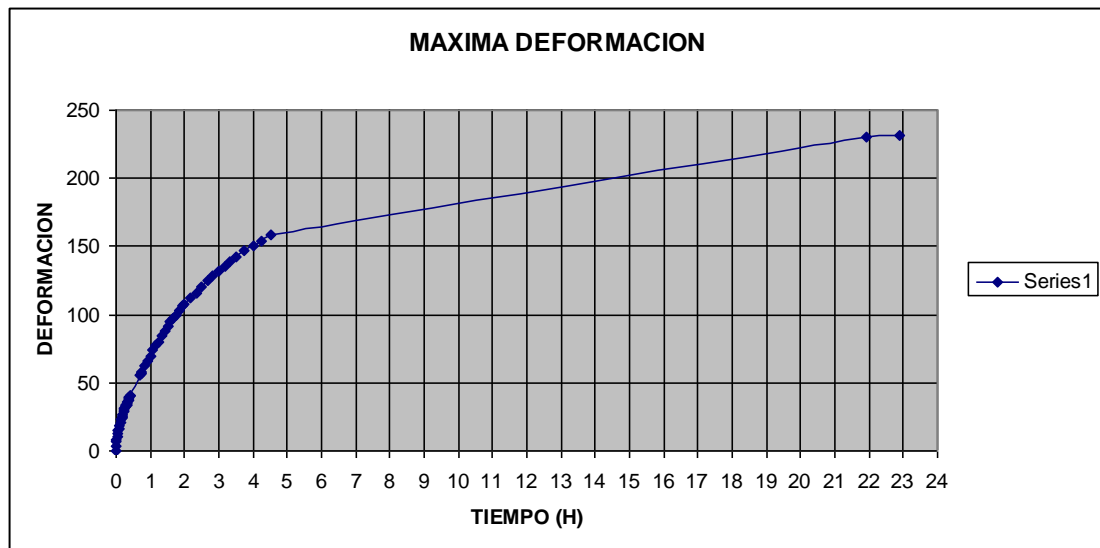
**FIGURA 4.63. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE
EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 2 PERFORACIÓN 1**



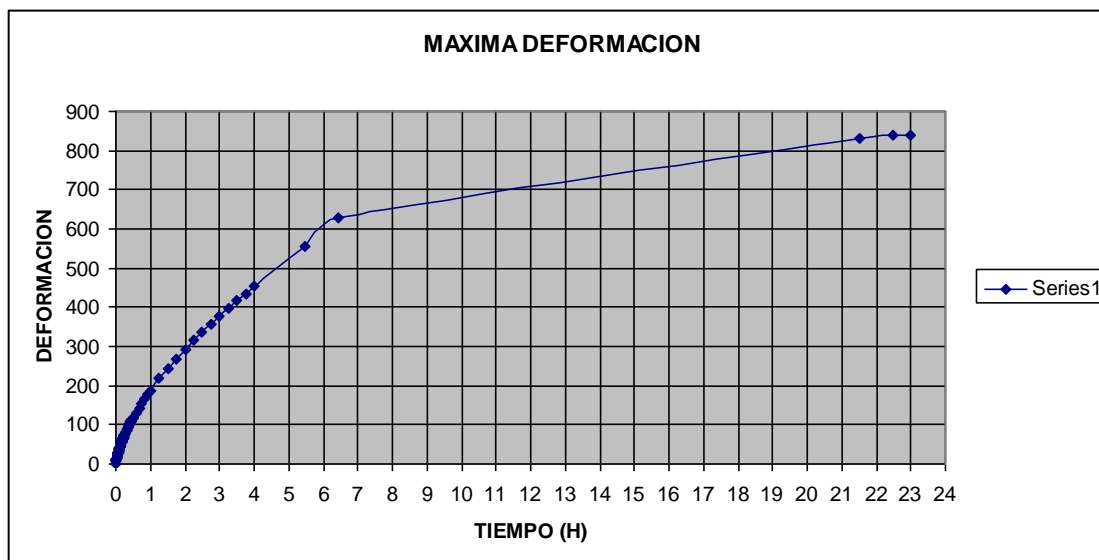
**FIGURA 4.64. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE
EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 4 PERFORACIÓN 1**



**FIGURA 4.65. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE
EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 5 PERFORACIÓN 1**



**FIGURA 4.66. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE
EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 2 PERFORACIÓN 2**



**FIGURA 4.67. GRAFICO DEFORMACIÓN V.S. TIEMPO DE ENSAYOS DE
EXPANSIÓN SIMPLE, MUESTRA 4 PERFORACIÓN 2**

En las tablas 19 y 20 observamos los resultados de los nuevos estudios de suelos.

TABLA 19
ESTUDIO DE SUELOS: PERFORACIÓN # 1 (FEBRERO 6 DEL 2007)

MUESTRA	PROF.	DESCRIPCIÓN	SUCS	HUMEDAD	PASA	WL	WP	IP	"qu"	EXPANSIÓN
#	M	VISUAL		%	#200 (%)	%	%	%	T/M2	T/M2
2	1.2	ARCILLA CAFÉ OSCURA CON PARTÍCULAS DE ARENISCA EN LA PARTE INFERIOR	CH	24.83	74.39	61	20.81	40.19	50.87	3.95
4	1.9	ARCILLA CAFÉ OSCURA CON INTERCALACIONES DE ARENISCA	CL	14.68	70.20	37.9	19.44	18.46	60.76	12.63
5	2.35	ARCILLA CAFÉ OSCURA Y ARENISCA	CL	13.76	34.37	39.80	18.63	21.17	23.26	3.95

TABLA 20
ESTUDIO DE SUELOS: PERFORACIÓN # 2 (FEBRERO 7 DEL 2007)

MUESTRA	PROF.	DESCRIPCIÓN	SUCS	HUMEDAD	PASA	WL	WP	IP	"qu"	EXPANSIÓN
#	M	VISUAL		%	#200 (%)	%	%	%	T/M2	T/M2
2	1.25	ARCILLA CAFÉ OSCURA	CH	37.12	95.40	69.2	19.19	50.01	55.91	3.5
4	2.10	ARCILLA CAFÉ OSCURA	CH	28.39	94.05	76.4	19.90	56.50	41.65	12.63

A continuación se adjuntan las tablas con los todos datos obtenidos por medio de los ensayos de laboratorio previamente descritos.

4.7. Nuevos Ensayos de Hormigón

Para el estudio de los problemas presentados en el edificio del Laboratorio de Agropecuaria de la Facultad de IMCP, es necesario realizar un análisis de los miembros estructurales más afectados para afirmar o descartar la posibilidad de que estos hayan presentado lesiones por motivos estructurales provocados por un mal diseño o una mala construcción.

Dado que el edificio se encuentra en estado operativo, no es factible realizar una extracción de núcleos de hormigón de los miembros estructurales con lesiones puesto que esto presentaría muchos inconvenientes y molestias para las personas que laboran en el mismo. Por suerte este tipo de ensayo destructivo no fue necesario, puesto que como es norma antes de realizar el mismo es posible realizar uno no destructivo por medio de un esclerómetro.

Este instrumento llamado esclerómetro es una especie de martillo que por medio de rebotes del mismo puede obtener un valor muy acertado de la resistencia en este caso de hormigón.

El esclerómetro utilizado para el presente estudio fue el DigiShmidt 2000, un esclerómetro digital perteneciente a la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, el cual fue debidamente solicitado al Laboratorio de Suelos de la misma y facilitado sin ningún inconveniente.

Para evitar cualquier tipo de error se procedió a llevar el instrumento, en compañía del encargado de los laboratorios el Ing. Julio García, hacia los laboratorios de la Hormigonera Holcim para pedir instrucciones sobre el correcto desempeño del aparato, se lo llevo hasta esos laboratorios ya que en los mismos trabajan a diario con este tipo de instrumentos y no hay un lugar mejor que este para pedir asesoramiento para el mismo, ya en los laboratorios de la Holcim fuimos muy bien atendidos y asesorados sobre el manejo de este esclerómetro.

Una vez con todo listo, se procedió a tomar lecturas de todos los miembros estructurales que presentaban lesiones, en este caso fisuras a lo largo de sus caras, los cuales fueron en su totalidad las columnas externas del edificio. No se realizó ensayos para columnas internas ni vigas puesto que estas han sido continuamente remodeladas, recibiendo un continuo mantenimiento y no

presentan lesiones, mientras que las columnas externas si presentan fisuras y descascaramiento de su enlucido.

Este descascaramiento de las caras de las columnas puede presentar algún tipo de error rebajando el valor de resistencia del hormigón por lo que se evito tomar datos cerca de las mismas.

Así mismo los datos fueron tomados en lugares representativos, lejos de fisuras y nunca cerca de la armadura de la columna, recomendación dada por el laboratorio de la Holcim, puesto que esto también altera los resultados, por lo que fue necesario tomar distancias con un flexómetro para la toma de datos evitando el hierro en la columna.

Para mejorar el proceso de información, se le dio un número a cada columna dependiendo de su ubicación, el mismo que puede ser observado en la siguiente figura:

Los datos promedios del esclerómetro fueron dados en MPa, realizando su debida conversión a Kg/cm² tenemos los siguientes resultados en las columnas de acuerdo a su numeración previamente dada.

En la tabla 47 se observan los datos obtenidos por el mencionado ensayo.

TABLA 47

RESISTENCIAS DE HORMIGÓN

UBICACIÓN: LABORATORIO DE AGROPECUARIA.

MARZO 29 DEL

FECHA: 2007.

COLUMNA	PROMEDIO 1		PROMEDIO 2		PROMEDIO FINAL
NÚMERO	(MPa)	(KG/CM2)	(MPa)	(KG/CM2)	(KG/CM2)
1	43.65	445.23	41.85	426.87	436.05
2	43.8	446.76	43	438.6	442.68

3	43.9	447.78	43.7	445.74	446.76
4	43.5	443.7	42.7	435.54	439.62
5	42.2	430.44	43.9	447.78	439.11
6	43.8	446.76	42.7	435.54	441.15
7	42.2	430.44	43.6	444.72	437.58
8	43.4	442.68			442.68
9	41.6	424.32	40.8	416.16	420.24
10	43.3	441.66	43.4	442.68	442.17
11	40.4	412.08	43.9	447.78	429.93
12	40.3	411.06	40	408	409.53
13	41.15	419.73	43.9	447.78	433.755
14	43.9	447.78	43.9	447.78	447.78
15	43.9	447.78	43.9	447.78	447.78
16	42.6	434.52	43.3	441.66	438.09

4.8. Análisis Unitarios

Para la realización de los Presupuestos Referenciales y Cronogramas Valorados de las alternativas, presentadas en el Capítulo 3, es necesario realizar un análisis de costos unitarios, donde se detallan los materiales, personal y cantidades a ser utilizados con sus respectivos precios.

Las tablas desde la 48 hasta las 73 corresponden a los análisis unitarios del Proyecto # 1, mientras que las tablas desde la 74 hasta la 96 a los análisis unitarios del Proyecto # 2.

Estos análisis unitarios se adjuntan a continuación.

4.9. Material Técnico Consultado en Bibliografía e Internet.

Cimentación en suelos expansivos.

De acuerdo a estudios realizados en 1987, solo en Estados Unidos los suelos expansivos causan anualmente más daños que huracanes y terremotos juntos.

Aunque los daños que estos causan no son tan dramáticos y repentinos como los de los desastres naturales, no causan pérdidas de vidas, pero si muchas pérdidas monetarias deteriorando las estructuras poco a poco.

El potencial de expansión de un suelo depende de varios factores, entre ellos el porcentaje de arcilla expansiva que posea el mismo. En el caso de montmorilonita pura una porción de suelo se puede expandir hasta 15 veces su volumen causando resultados desastrosos, sin embargo esta nunca se la encuentra pura, siempre que se habla de montmorilonita se encuentra mezclada con otros minerales que controlan en algo la expansión, resultando esta en porcentajes de hasta 35 a 50 por ciento de su tamaño en las peores condiciones en un laboratorio.

Existen dos tipos de montmorilonita, la cálcica y la de sodio, siendo esta última más expansiva pero menos común en la naturaleza.

Los suelos expansivos se caracterizan por materiales finos sedimentarios heterogéneos. Estos suelos se caracterizan por su comportamiento mecánico: contracción de la arcilla por secado, expansión de la arcilla al humedecerse, desarrollo de presiones cuando la arcilla se confina y no puede expandirse, disminución de la resistencia al corte y de la capacidad de soporte al expandirse.

Existen dos variables muy importantes a considerar, el porcentaje de humedad inicial de la muestra y la carga de presión a la que se encuentra la misma.

El flujo de agua al suelo depende de varios factores, entre los que tenemos:

- Las reservas de agua, entre estas las lluvias, irrigación y drenaje superficial.
- Evaporación y transpiración, dependiendo del clima y la vegetación.

- La presencia de fisuras en el suelo, por donde se puede filtrar con facilidad el agua.
- La presencia de arena o gravas que faciliten la filtración de agua.
- La succión de agua del suelo.

Los suelos expansivos no tienen un patrón de acción establecido, pero por lo general suelen comportarse de diferente manera dependiendo de diferentes factores listados a continuación:

- En zonas áridas la expansión se hace presente en mayor porcentaje en los extremos de la estructura.
- En zonas húmedas la expansión se hace presente en mayor porcentaje en el centro de la estructura.
- También tiene una mayor expansión si se encuentra cerca de arroyos o vertientes naturales o artificiales por donde pueda haber un exceso de filtración.
- Finalmente se puede mencionar el caso en el que existen raíces de arboles que absorban el agua reduciendo la expansión del sector de la estructura cercana al mismo, dando la apariencia de encogimiento.

Medidas de diseño y construcción preventiva:

A continuación tenemos ciertas medidas preventivas que pueden ayudar a minimizar los daños por suelo expansivo:

Drenaje superficial:

Es importante tener buenas superficies de drenaje alrededor del edificio, con diferentes pendientes dependiendo de a que corresponda dicha superficie, como por ejemplo: áreas pavimentadas mínimo 2%, áreas con vegetación mínimo 5% y si es posible a 3 metros de distancia del edificio.

Subdrenes:

Deben ser contruidos con material no expansivo y tener tuberías para recolectar el agua que pudiese pasar, desviándola controladamente para evitar la filtración de la misma.

Irrigación:

Se debe evitar la irrigación puesto que introduce grandes cantidades de agua en el suelo, esto se lo puede lograr siguiendo las siguientes recomendaciones:

- Evitar colocar plantas y sistemas de irrigación adyacentes a la estructura.
- Evitar colocar tuberías de irrigación cercanas a las estructuras.
- Dirigir las cabezas de los rociadores lejos de la estructura.

Canales de aguas lluvias:

En presencia de suelos expansivos, los canalones en la cubierta utilizados para recoger las aguas lluvias, deben estar orientados para desbocar toda el agua a una distancia considerable de la estructura, no directamente en la periferia de la misma.

Medidas preventivas adicionales:

Para incorporar medidas preventivas más extensivas, tenemos tres diferentes categorías:

Alterar las arcillas expansivas:

Reemplazando el material expansivo por material no expansivo, intentando que este nuevo material no sea muy permeable puesto que si permite el paso excesivo de agua, la misma llegará al material expansivo que se encuentra bajo este causando problemas.

Se puede utilizar un tratamiento con limos, los cuales causan una reacción química en suelos expansivos, reduciendo su capacidad de succión de agua y finalmente sus características expansivas.

Se puede utilizar la táctica de pre humedecimiento, saturando el suelo antes de construir la edificación, lo cual hace que el suelo este expandido para luego tratar de mantener este humedecimiento. Este proceso de humedecimiento

puede tardar días, semanas o hasta meses, pero puede ser acelerado realizando perforaciones verticales que faciliten el ingreso de agua.

Aislar la arcilla expansiva:

En muchos casos cuando la capa de suelo expansivo no es muy profunda, o el caso es muy crítico, es mejor realizar una cimentación profunda, usando pilotes, pilas o cajones de cimentación apoyados directamente en estratos no sujetos a fenómenos de expansión.

También se realiza una losa que corresponderá al piso de la estructura, dejando un vacío bajo el mismo, para cuando el suelo se expanda ocupe este espacio libre y no provoque daños a la estructura.

Mitigación de movimientos en la estructura:

Esto se lo puede lograr de diferentes maneras, entre esas:

- Construyendo una estructura flexible que pueda soportar grandes movimientos diferenciales.

- Otra manera es todo lo contrario del punto anterior, se puede construir una estructura muy rígida y fuerte, de tal manera que toda la edificación se mueva como una sola. Para esto se suelen utilizar cables postensionados para brindar una mayor resistencia.

Causas más Comunes de Suelo Expansivo:

- Hinchamiento del suelo bajo el edificio por aumento de humedad (no existe evaporación).
- Retracción periférica del terreno (construido en poca humedad).
- Variación de volumen debido a modificaciones del nivel freático (por bombeo, drenajes, etc.).
- Escasa profundidad de fundación (dentro de zona activa).
- Defectos debido a efectos estructurales (para absorber movimientos diferenciales).
- Retracción por desecación debida a raíces de árboles.
- Hinchamientos por eliminación de árboles.
- Rotura de tuberías de agua.
- Defectos en drenajes periféricos.

Identificación de un suelo como expansivo.

- Coloración.
- Grietas de retracción en época seca.
- Material muy pegajoso en época húmeda.
- Grietas en edificaciones cercanas al sitio de construcción, o en la edificación en estudio de ser este el caso.

Punto de vista ambiental.

Este es un tema que ha venido tomando fuerza con los años, y en cierto modo es un factor muy importante en la comprensión de los problemas por suelos expansivos.

Al momento de realizar una construcción se realizan movimientos de tierras, en donde se efectúan muchas veces cortes de laderas y relleno de zonas más bajas, para poder nivelar el terreno y poder construir diferentes tipos de construcciones deseadas.

Al realizar estos cortes y rellenos se altera la naturaleza del terreno, muchas veces desviando cauces naturales de agua o alterando completamente la geografía de un lugar.

Uno de estos casos es el campus Gustavo Galindo de la Escuela Superior Politécnica del Litoral, en el cual se realizaron extensos cortes y rellenos para su construcción.

En esta zona se pueden observar muchos sectores con suelos altamente expansivos, lo que produce daños a estructuras dada la nueva geografía del sitio.

Pese a que se posee un muy buen sistema de canalización en este campus, tanto la vieja como la nueva geografía afectan a las estructuras, dado las diferentes vertientes naturales de agua que existen, las cuales facilitan la filtración de agua al suelo, y por ende la expansión de los mismos.

Por este motivo es muy importante siempre tomar en cuenta las alteraciones que se vayan a producir en la geografía, así como la existente, puesto que con esto se pueden prever en cierta parte problemas a futuro por expansión del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. CALLE GARCÍA JORGE, Estudio de Impacto Ambiental y Manejo Territorial Campus "Gustavo Galindo Velasco", Octubre 1997.
2. CODUTO DONALD P., Foundation Design Principles and Practices, Segunda Edición, 2001.
3. FIMCP, Guía para Elaboración de Tesis de Grado, Agosto 2001.
4. REPÚBLICA DEL ECUADOR MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes, MOP-001-2000.
5. TERREROS DE VARELA CARMEN, Mecánica de Suelos Práctica, V Edición 1995.
6. FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA, Aprovechamiento Integral de los Terrenos del Campus Politécnico Gustavo Galindo Velasco, Febrero 2000.
7. FREDERICK S. MERRITT JONATHAN T. RICKETTS, Manual Integral para Diseño y Construcción, Tomo 2, Quinta Edición.
8. Revista de la Cámara de la Construcción.
9. PIVALTEC S.A., Software de la empresa Pivaltec S.A., Pivaltec-OnixV1.1 Geosintéticos.
10. <http://www.xcnscs.uchile.cl/ponencias%20orales/4%20Jueves%20PM%20pdf/Lopez%20-%20arcillas.pdf>, Técnicas de Caracterización en la Identificación Mineralógica de Arcillas Expansivas.
11. http://www2.uah.es/difusion_cientifica/cienciatierra/ct8.htm, Otros Riesgos, Descripción del Suelo, Suelos Expansivos.
12. http://www.elnuevoconstructor.com/content/2006/MayJun/Feature1/Feature1_ESP.asp, El Nuevo Constructor Online.
13. <http://html.rincondelvago.com/riesgos-de-la-naturaleza.html>, Riesgos de la Naturaleza.
14. www.geocron.com, Tratamiento de Fundaciones y Estructuras.
15. <http://www.scsolutions.com/scsolutions.html>, Engineering and Research.
16. <http://www.portalagrario.gob.pe:8080/webopa/POgpa/foro/3foro/boletin2.html>, Boletín Regional del SENAMHI.