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

Gustavo Vicente Matute Redrován(1), Arq. Zoila Llerena V. (2)
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra(1) (2)
Director de Tesis, Departamento Planificación, ESPOL (2)
Escuela Superior Politécnica del Litoral(1) (2)
Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador. (1) (2)
rottcer@hotmail.com(1), zllerena@goliat.espol.edu.ec (2)

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 ha 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. 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.

Palabras Claves: *Soluciones, suelos expansivos.*

Abstract

The present work develops The Design of a System of Filters and Solutions for the constructive problems presented in the building 18D corresponding to the Laboratorio de Agropecuaria de la FIMCP, fitting the design to the local conditions of the land. In his first part reviews general features of the zone, second are made a compilation of information of the building before and during it construction. In the third part it comes the formulation of hypothesis, analyses, conclusions and technical recommendations based on tests, whose data among other information are enclosed in the final part corresponding to annexes. The expansive grounds are the main causes of millionaire damages at world-wide level, and the building in study is one of the victims of such problem when having highly expansive material as much in its periphery as under its foundations. It has been design two methods of solution, elaborating planes and financial plans, with the objective to present the problem, solutions and the monetary cost that it will represent to the ESPOL to give a correct technical adjustment to it. In order to be able to make a correct design it was necessary to investigate information of the different tests made before and during the construction of the building, later to make new tests, verifying and collecting the information necessary to offer a solution to the problem.

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. Una característica negativa 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.

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.

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 FIMCP.

2. Objetivos

- Analizar los problemas en la edificación en estudio.
- Encontrar el causante de los problemas en el mismo.
- Presentar alternativas de solución a estos problemas.
- Obtener conclusiones y recomendaciones para este caso.

3. Presentación de problemas

El edificio 18D perteneciente al Laboratorio de Agropecuaria de la FIMCP presenta diferentes tipos de daños:

Figura 1. Deterioro y fisuras en pared

Figura 2. Deterioro y fisuras en pared

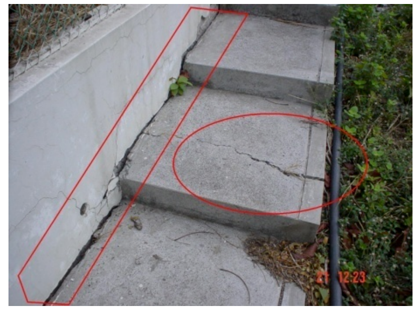

Figura 3. Deterioro y fisuras en escalinatas

Figura 4. Deterioro y fisuras en camineras

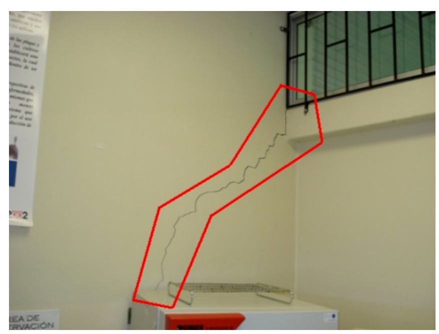

Figura 5. Deterioro y fisuras en paredes internas

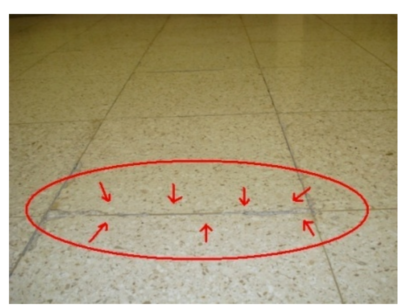

Figura 6. Empuje de suelo levantando baldosas

Figura 7. Trizada en baldosas

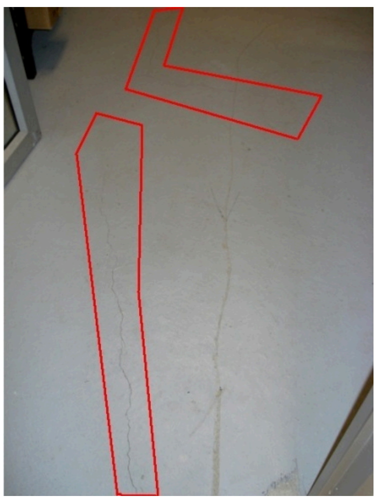

Figura 8. Fisura en pisos

Figura 9. Presión sobre ventanas internas

4. Planteamiento de hipótesis

Para identificar lo que origina problemas a la edificación, se ha procedido a plantear hipótesis enfocadas al:

- Acero Estructural.
- Resistencia del Hormigón
- Suelo.

Acero estructural

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

Resistencia del hormigón en elementos estructurales

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

Suelos

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

5. Análisis técnico

Acero estructural

Para el análisis del acero estructural se realizó una comparación del diseño de la armadura del hormigón en los planos originales con los valores con los que se deberían diseñar en la actualidad, tomando los mismos de las normas del ACI.

Casi todos los valores de cantidades de acero y distancias resultaron dentro de lo establecido, con la excepción de las distancias del acero transversal o estribos.

Resistencia del hormigón en elementos Estructurales

Para el análisis de la resistencia del hormigón se realizaron ensayos en las columnas externas del edificio, por medio de un esclerómetro y bajo supervisión profesional, obteniendo resultados de resistencia elevados, los cuales pueden ser comparados con los resultados de las pruebas de resistencia a los 28 días realizados en Septiembre 12 del 2001 durante la construcción del edificio.

Tabla 1. Resistencia promedio de hormigón en columnas

SEPTIEMBRE 12/2001		MARZO 29/2007	
RESISTENCIA PROMEDIO A 28 DÍAS		RESISTENCIA PROMEDIO	
321.52	Kg/cm^2	437.00	Kg/cm^2

Suelos

Para el análisis del suelo se realizaron dos perforaciones en la periferia del edificio, tomando muestras alteradas e inalteradas de puntos estratégicos ubicados lo más cerca posible de los lugares más afectados del edificio.

Las muestras inalteradas se obtuvieron por medio de tubos de perforación ha roto-percusión, conservando su humedad natural en fundas plásticas y llevándolos inmediatamente al laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra.

Las muestras fueron obtenidas en época lluviosa.

Los ensayos de las muestras fueron realizadas bajo supervisión profesional y los mismos se nombran a continuación:

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

Por medio de estos ensayos se detectó que el suelo contiene arcillas café oscuro, de propiedades altamente expansivas a diferentes profundidades, lo cual concuerda con los ensayos de suelos realizados previa la construcción del edificio en el año 2001 en donde se reportaron arcillas con similares características.

La construcción de la edificación también presentó una paralización, durante la cual no se había concluido la construcción de las camineras alrededor del mismo, lo que facilitó el ingreso indiscriminado de agua a los cimientos del edificio.

Los nuevos ensayos no presentan una expansión en las arcillas tan alta como las del 2001 porque las mismas ya poseían una alta humedad natural al ser obtenidas en época lluviosa, lo que reduce el resultado expansivo, sin embargo presentan una expansión mayor a la máxima recomendada para realizar construcciones sobre esta.

Tabla 2. Valores de expansión en suelo

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/m^2	m	T/m^2	m	T/m^2	m	T/m^2
0.5	5.6	0.5	3.7	1.2	3.9	1.2	3.5
0.5	26.5	1	54.9	1.9	12.6	2.1	12.6
				2.3	3.9		

6. Conclusiones y recomendaciones técnicas sobre las hipótesis planteadas

Una vez realizado el análisis de los diferentes puntos involucrados, se proceden a formular conclusiones y recomendaciones sobre las mismas, descartando las diferentes hipótesis que carezcan de sustento técnico.

Sobre el acero estructural

- *“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 el análisis, 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.

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

- *"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.

Sobre la resistencia del hormigón en elementos estructurales

- *"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.

Sobre el suelo

- *"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.

- *"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.

También se realizaron entrevistas a profesionales expertos en los diferentes temas analizados, obteniendo de parte de ellos la conclusión de que el problema del edificio en estudio es netamente provocado por suelos expansivos.

Estos mismos profesionales brindaron la recomendación de librar la zona del ingreso excesivo de agua y diseñar sistemas de solución para evitar que el edificio se siga deteriorando.

7. Desarrollo de alternativas de solución

Solución # 1

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

Solución # 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.

Las dos alternativas de solución son efectivas y detendrán el ingreso indiscriminado de agua a los cimientos, con lo que a su vez se parará con el fenómeno de expansión del suelo.

En el documento de Tesis se presentan los diseños sanitarios, memoria descriptiva, metodología de la construcción, especificaciones técnicas, presupuestos y cronogramas valorados a detalle de las dos alternativas de solución. Mientras que en los anexos se presentan los datos de los diferentes ensayos realizados y los análisis unitarios desarrollados para la realización del presupuesto.

8. Costos de las alternativas de solución

Se ha realizado un presupuesto referencial para cada una de las alternativas de solución, incluyendo los diferentes rubros a construirse, sus cantidades y precios unitarios, así como sus totales, teniendo así como costo para cada alternativa de solución los siguientes valores:

La diferencia de costos entre las dos soluciones básicamente radica en la diferencia de movimiento de tierra y usa de hormigón, teniendo una mayor cantidad de estos rubros la propuesta de solución # 1.

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

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

9. Conclusiones y recomendaciones

- 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.

- 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.

10. Referencias

[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.xcncs.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/cienciastierra/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.