TITULO:

"PROPUESTA DE SOLUCIONES TECNICAS PARA CONTRARRESTAR LOS EFECTOS DEL FENOMENO EL NIÑO EN EL CANTON TOSAGUA, PROVINCIA DE MANABI".

AUTORES:

Jeffrey Manuel Barberán Solórzano[1]

Miguel Angel Chávez Moncayo[2]

1: Ingeniero Civil, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 2001.

2: Ingeniero Geólogo, Especialidad Ingeniería Geológica, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 1975, Ingeniero Civil, ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, 1998, Diplomado Ingeniería Geotécnica Francia, INSTITUTO SUPERIOR POLITECNICO D'NANCY, 1978.

RESUMEN:

La ciudad de Tosagua, en la Provincia de Manabí, fue uno de los lugares más afectados por los efectos del Fenómeno El Niño, el objetivo principal de la presente tesis fue encontrar las razones para los daños ocurridos así como plantear las soluciones y recomendaciones a fin de prevenir los efectos de nuevos Fenómenos El Niño.

Una vez realizados los estudios se pudo comprobar que las principales causas de los daños que se provocaron fueron los siguientes: Ablandamiento de los terrenos (principalmente por sus características de ser arcillas expansivas); Deficiencias en el drenaje; Deficiencias en el diseño y construcción de los pavimentos de vías; Deficiencias en la construcción de las obras básicas; Falta de planificación en la ejecución de obras; La inexistencia de alcantarillado de agua servidas.

Siendo el principal problema el gran poder de expansión (hinchamiento al entrar en contacto con el agua), el principal objetivo del trabajo fue encontrar un tratamiento adecuado para controlar dicha expansión, fue así como luego de varias pruebas se logró encontrar un procedimiento económicamente rentable que permite controlar casi en un 90% lo cual permitirá que las obras a construirse puedan soportar futuras presencias de Fenómenos El Niño.

INTRODUCCION:

El fenómeno del Niño ha sido en los últimos años uno de los graves problemas que ha tenido el Ecuador, la Costa ecuatoriana se ha visto afectada continuamente por deslaves, aludes, modificaciones en el comportamiento de los suelos y desbordamientos de ríos que han perjudicado seriamente a su desarrollo en general.

El cantón Tosagua en la provincia de Manabí ha sido un claro ejemplo de la incidencia de dicho fenómeno por la afectación y destrucción de obras de infraestructura así como viviendas y otras obras de esta importante población que se encuentra en un acelerado desarrollo urbano.

CONTENIDO:

1. INFORMACION PRELIMINAR.

UBICACIÓN

El cantón Tosagua está localizado al noroeste de la provincia de Manabí, y tiene como cabecera cantonal a la ciudad del mismo nombre, principalmente se desenvuelve como centro de prestación de servicios comerciales, bancarios e institucionales, principalmente dentro del campo agrícola y ganadero. El cantón limita al norte con los cantones Chone y Sucre, al este con el cantón Bolívar, al oeste con el cantón Sucre y al sur con los cantones Junín y Rocafuerte, Tosagua se desarrolla en la orilla este del río Carrizal, aguas abajo de la presa de La Estancilla y por su ubicación se constituye en el paso obligado de los vehículos de transporte comercial.

ACTIVIDADES ECONOMICAS.

La actividad predominante de la población es la de servicios con el 35% de la PEA mientras un 25% se dedica al comercio de productos del agro siendo estas dos las principales actividades económicas teniendo además las artesanías con un 16.6% y el porcentaje restante a actividades varias.

2. CARACTERISTICAS FISICAS.

POBLACION.

El cantón Tosagua tiene una población de 7086 habitantes según la información proporcionada por el INEC en el censo realizado en el año de 1990; posteriormente se realizó un recuento poblacional efectuado en dos etapas en noviembre del año de 1997 (30%) y en abril de 1998 (70%), encontrándose una población residente de 8063 habitantes, se considera que en la actualidad la población supera los 10500 habitantes.

TOPOGRAFIA.

En el sector de Tosagua el relieve es generalmente plano, de poca altitud con pequeñas lomas, que son ramificaciones de las montañas de la cordillera costanera, las mismas que se levantan junto a la rivera del mar.

HIDROGRAFIA.

Hidrográficamente el cantón Tosagua se encuentra asentado en la orilla Este del río Carrizal, que forma parte de la cuenca hidrográfica del río Chone, la misma que es la mayor de la provincia y que tiene una extensión aproximada de 2267 Km.

PRECIPITACIONES.

En el sector estudiado las precipitaciones presentan variaciones mensuales, en períodos lluviosos normales y extraordinarios como el fenómeno el Niño.

En datos tomados en las estaciones Calceta y Chone durante los años 1962 a 1994, se encuentra que en el año de 1982 se produjo un Niño, luego de lo cual ocurrió un período normal de precipitaciones, lo cual se demuestra en la tabla de datos TP-1, del INAMHI.

MES	Precipitación (Fenómeno del Niño)	Precipitación máxima en 24 horas	Precipitación en años normales
ENE	548.7	198.1	84.8
FEB	593	288.6	113.8
MAR	629	280.4	152
ABR	372.9	171.1	101
MAY	681.6	77.7	154.6
JUN	398.5	58	98.4
JUL	310.1	24.3	54.2
AGO	133.8	13.1	50.8
SEP	114.5	12.1	44.6
OCT	240.9	18.7	61.4
NOV	215.8	20.6	56.6
DIC	391.3	66.7	87.5

Cuadro 1. Precipitaciones en el sector Tosagua – Manabí.

Si hacemos las consideraciones por estaciones, la estación lluviosa se presenta desde enero a abril teniendo como precipitación acumulada es el 73% del total anual, mientras que en la temporada menos lluviosa de mayo a diciembre precipita el 27 % restante. Es importante anotar para efectos de la presente tesis que han existido y pueden existir períodos relativamente largos de sequía, en los cuales las precipitaciones prácticamente no se han hecho presentes en varios períodos mensuales, lo que es más, ha habido períodos considerados secos.

GEOLOGIA.

Dentro de la zona de nuestro interés, podemos encontrar principalmente la formación Tosagua cuya descripción es la siguiente. Se encuentra emplazada entre las cuencas Progreso y Manabí y descansa discordantemente sobre el Complejo Santa Elena (Progreso) y también sobre la Formación San Mateo (Manabí). La formación está dividida en tres miembros:

Miembro Zapotal.- Está expuesto alrededor de las márgenes de la cuenca Progreso, el Miembro Zapotal consiste de conglomerados basales, areniscas y lutitas sobrepasando los 1000 metros de espesor.

Miembro Dos Bocas.- El Miembro Dos Bocas comprende la mayoría de la Formación Tosagua: Las Dos Bocas consiste principalmente de lutitas de color chocolate, localmente con otras litologías (limolitas, areniscas, bentonita) y alcanza un espesor máximo de 2400 metros en la cuenca Progreso y 1000 metros en la Manabí.

Miembro Villingota.- Consiste de lutitas laminadas diatomáceas con un color blanco de meteorización, variando de 250 – 650 metros de espesor, sobreyace transicionalmente a las lutitas "chocolate" del Miembro Dos Bocas.

En el área de interés se encuentran los miembros Dos Bocas y Villingota de la formación Tosagua, observándose un predominio de rocas lutitas.

3. INFORMACION DE LOS DAÑOS OCURRIDOS.

INFORMACION PREVIA.

Red Vial y Transporte.- El cantón Tosagua tiene una longitud de 24.97 Km de vías urbanas, de las cuales el 23.5% tiene capa de rodadura como asfalto, adoquín y pavimento; el 26.4% es lastrado y el 50,1% es de tierra. Es importante anotar que el 94.5% de las calles no tienen acera.

Agua Potable.- El Centro de Rehabilitación de Manabí CRM es la entidad que está encargada de dotar de agua potable a la ciudad de Tosagua, para lo cual se vale del sistema regional de "La Estancilla". El servicio es deficiente por la baja presión y caudal en las redes.

Alcantarillado Sanitario.- En 1983, el CRM (Centro de Rehabilitación de Manabí) elaboró los estudios de alcantarillado sanitario del cantón Tosagua, sobre la base de este estudio, fueron construidos varios tramos de red de recolección (aproximadamente un 35% del total), los mismos que se encuentran inconclusos, y no entran en servicio.

Alcantarillado Pluvial.- Se construyeron un 40% de las redes de recolección, y se tiene una cobertura del 30% en área. Las redes descargan directamente al río Carrizal.

4. CONSECUENCIAS DEL FENOMENO EL NIÑO

Vías y calles.

Estas obras fueron gravemente afectadas por el fenómeno El Niño. El 100% de las vías de tierra fueron completamente destruidas por efecto de la erosión, de colapso de suelo y también de deslizamientos de tierra; este fue un efecto directo del estado en el cual se encontraban dichas vías antes del fenómeno El Niño pues existían gran cantidad de grietas y materiales sueltos que con las lluvias intensas fueron grandemente afectados.

Agua Potable.

El sistema de Agua Potable que de por sí ha sido deficiente, se vio también afectado por el fenómeno El Niño, muchas de las tuberías se destruyeron por causa del colapso del suelo, por los deslizamientos o por un fuerte proceso expansivo producido al inicio de la estación invernal, dejando sin agua a una buena parte de la población.

Alcantarillado.

Red Sanitaria: Los tramos de red de recolección construidos, se encuentran inconclusos, en contra pendiente y taponados casi en su totalidad.

Red Pluvial: En épocas de lluvia el río sube de nivel y las descargas dejan de funcionar produciéndose inundaciones, a este hecho se debe agregar que en la parte baja de la ciudad el nivel friático se encuentra casi superficial.

Energía Eléctrica y comunicaciones.

Los servicios de energía eléctrica y comunicaciones resultaron también afectados por el Fenómeno El Niño, la comunicación y la luz se cortaron por largos períodos producto principalmente de la caída de postes y roturas de cables.

5. DETERMINACION DE LA CAUSA DE LOS DAÑOS.

Se puede establecer una clasificación general de las causas de los daños ocurridos:

Ablandamiento de los terrenos.- Tal como se ha analizado se han tenido problemas de expansión en gran medida y también fenómenos de erosión tanto superficial como sub – superficial en los terrenos laderosos del sector de Tosagua.

Deficiencias en el drenaje.- Esta situación se ha evidenciado en forma enfática durante el fenómeno El Niño cuando se han producido flujos de caudales erráticos y turbulentos y en otros casos cuando se han tenido embalsamientos que luego después han cedido por las presiones del agua y la falla de los terrenos inundados.

Deficiencias en el diseño y construcción de los pavimentos de vías.- Es evidente que casi todas las calzadas fueron afectadas y de un modo más enfático aquellas calzadas en las cuales el agua penetraba libremente y causaba la erosión en el pie de los cortes o taludes. De igual forma la constitución de terraplenes, utilizando préstamos de suelos expansivos, sin ningún tratamiento especial.

Deficiencias en la construcción de las obras básicas.- En este caso nos referimos exclusivamente al sistema de agua potable el cual falló tanto en la obra de toma, la de almacenamiento y la distribución.

Falta de planificación en la ejecución de obras.- Se constata la ejecución de diferentes trabajos de movimiento de tierra (excavaciones y relleno) que no han considerado las muy probables acciones de los fenómenos climatéricos como El Niño.

La inexistencia de alcantarillado de agua servidas.- Esto ha dado lugar a que en la población existan cientos y hasta miles de letrinas, que constituyen excavaciones que sobrepasan los 3 metros y que sin duda son causa de epidemias y otro tipo de problemas sanitarios.

6. **INVESTIGACION DE LAS CONDICIONES MEJORADAS**

TRABAJO DE CAMPO.

Primera etapa.- Consistió en un recorrido que se efectúo en la zona de estudio en el cual se realizaron varias observaciones in situ, entre ellas, las variaciones litológicas, las estructuras geológicas dominantes, la presencia de accidentes y manifestaciones diversas del comportamiento de suelos y rocas, especialmente en los sitios donde existen obras construidas.

Segunda etapa.- Consistió en el análisis de la información técnica disponible en el Municipio de Tosagua. La información de mayor interés es la que se extrajo de un estudio efectuado por una empresa consultora, luego de que terminó el último fenómeno El Niño.

A partir de la actividad mencionada en este párrafo se efectuó el plan de investigaciones de prospección geotécnica para la presente tesis.

Tercera etapa.- Se efectuaron calicatas y perforaciones manuales hasta 2 metros de profundidad utilizando como procedimiento de muestreo de los suelos, el hincado de tubos Shelvy en las capas características.

TRABAJO DE LABORATORIO:

Con las muestras recuperadas durante el tiempo que duró el trabajo prospección de campo, se realizaron primeramente ensayos de clasificación y de expansión.
La mitad de las muestras obtenidas, presentan una Deformación Unitaria de Expansión sobre el 3% y la otra mitad bajo el 3%; estos datos obtenidos señalan el hecho aparente de que las muestran no son tan expansivos y esto contrasta con la información que se tiene sobre los suelos y rocas blandas de Tosagua.

Las cinco muestras más expansivas dieron los siguientes resultados:

MUESTRA	ESTADO	% w	Def. (%)	P. (T/m2)
6	Natural	30	10.78	11.00
7	Natural	37	3.14	6.63
8	Natural	27	5.56	8.05
9	Natural	28	7.00	11.37
10	Natural	32	6.00	8.53

Cuadro 2: Resultados de expansión en las muestras naturales

Si se tomaran las muestras luego de largos periodos de sequía, evidentemente, los contenidos naturales de humedad de los suelos podrían ser mucho menores y obviamente que los suelos, secos, ávidos de agua podrían tener una expansión mucho mayor; prueba de ello constituye, los grandes daños que han sufrido las obras del sector y que han sido afectadas por el Fenómeno El Niño. Este hecho fue demostrado en esta Tesis cuando se procedió a secar las muestras y se obtuvieron valores de expansión bastante mayores, en las mismas muestras ensayadas con la humedad registrada al momento del muestreo como se muestra a continuación:

MUESTRA	ESTADO	Tipo de ag.	% w	Def. (%)	P. (T/m2)
6	Secada	Dulce	10	14.04	14.21
6	Secada	Salada	10	15.2	15.79
7	Secada	Dulce	13	27.58	37.89
8	Secada	Dulce	13	21.28	53.05
8	Secada	Salada	12	20.45	30.31
9	Secada	Dulce	14	25.46	36
9	Secada	Salada	13	25.08	26.52

Cuadro 3: Resultado de expansiones con las muestras secas.

7. SOLUCIONES PARA CONTROL DE EXPANSIÓN Y COLAPSO.

Para verificar la bondad del tratamiento en el control de la expansión, se seleccionaron precisamente las muestras con los suelos más expansivos.

Previamente se realizaron varias experiencias, primeramente añadiendo cal y arena y compactándolas en seco, esta experiencia sin compactar con humedecimiento se obtuvo apenas entre un 15% y un 20% de reducción del potencial expansivo, sin embargo de lo cual la muestra seguían siendo expansivas para efectos prácticos como se demuestra en el siguiente cuadro:

MUESTRA	ESTADO	%cal	% arena	%agua	Tipo de ag.	% w	Def. (%)	P.(T/m2)
6	seca - trat.	23	23	0	Dulce	4	9.31	
6	seca - trat.	23	23	0	Salada	3.5	10.84	
8	seca - trat.	9	9	0	Dulce	5	13.83	32.21
8	seca - trat.	9	9	0	Salada	4	14.18	32.21
9	seca - trat.	19	19	0	Dulce	6.4		22.74
9	seca - trat.	19	19	0	Salada	5		37.89

Cuadro 4: Resultado de Expansiones luego del primer tratamiento.

En un segundo grupo de ensayos se procedió a otra forma de tratamiento según la cual, se compacta la muestra utilizando cal, arena y agua en diferentes porcentajes además, se utilizo tanto agua potable como agua de mar.

MUESTRA	**ESTADO**	**%cal**	**% arena**	**%agua**	**Tipo de ag.**	**% w**	**Def. (%)**
6	tratada	10	10	19	Dulce	32	0.62
6	tratada	10	10	19	Salada	32	1.08
7	tratada	0	39	17	Dulce	33	2.16
7	tratada	0	39	17	Salada	24	1.93
8	tratada	40	0	13	Dulce	18	1.55
8	tratada	40	0	13	Salada	15.6	1.7
9	tratada	20	21	12	Dulce	19	0.37
9	tratada	20	21	12	Salada	19.8	2.22
10	tratada	16	16	17	Dulce	26	0.5
10	tratada	16	16	17	Salada	24.5	0.84

Cuadro 5: Resultado de Expansiones luego del segundo tratamiento

A partir de los resultados obtenidos se seleccionaron los porcentajes más efectivos, decidiéndose entre un valor variable de 9 a 10% de cal y arena que además constituyen una cantidad razonable de material que podría adicionarse al suelo en tratamiento, obteniendo presiones de expansión muy bajas aunque con contenidos de humedad altos, como se demuestra en el cuadro siguiente:

MUESTRA	**ESTADO**	**%cal**	**% arena**	**%agua**	**Tipo de ag.**	**% w**	**P. (T/m2)**
7	tratada	9.5	9.5	21	Dulce	34	1.89
7	tratada	9.5	9.5	21	Salada	28	5.68
8	tratada	10	10	17	Dulce	26	3.32
8	tratada	10	10	17	Salada	26	0.95

Cuadro 6: Resultado de Expansiones luego del tratamiento final.

En el siguiente cuadro se muestra los resultados, de someter al ensayo de expansión muestras tratadas, y secadas posteriormente, en este caso el resultado fue muy halagador ya que no se produjo variaciones significativas en el esfuerzo expansivo:

MUESTRA	**ESTADO**	**%cal**	**% arena**	**%agua**	**Tipo de ag.**	**% w**	**P. (T/m2)**
7	tratada	9.5	9.5	21	Dulce	11	1.89
7	tratada	9.5	9.5	21	Salada	15	0
8	tratada	10	10	17	Dulce	10	4.74
8	tratada	10	10	17	Salada	9	7

Cuadro 7: Resultados Finales.

CONCLUSIONES:

- La ciudad de Tosagua se encuentra principalmente sobre la formación llamada Miembro Dos Bocas, formado principalmente por lutitas (arcillolitas limosas) de color café - chocolate, laminares o en bloques, con concreciones calcáreas habanas y ocasionalmente con contenidos de yeso asociado a las fracturas.

- El tipo de suelo de Tosagua, una vez saturado presenta por lo menos aparentemente características bastante buenas para la construcción, pero se debe considerar la incidencia de los cambios en cuanto a períodos de precipitación, y los largos períodos de sequía a los que está expuesto el cantón Tosagua y que producen un fenómeno cíclico de expansión y contracción.

- Con la presencia de las lluvias en largos períodos, los suelos no sólo captan gran humedad, con lo cual se expanden, se erosionan, etc., si no que también forman parte de un sistema hidrogeológico con la presencia del nivel freático y la circulación de aguas subterráneas, con lo que pueden presentarse fenómenos de tubificación y sifonamiento, que agravan más su comportamiento geomecánico posterior.

- En las investigaciones realizadas se constató, que el tratamiento de control de la expansión con cal podía ser más eficiente si la cal estaba totalmente pulverizada, en caso contrario, la eficiencia del tratamiento disminuye notablemente.

REFERENCIAS:

1. J. Barberán, "PROPUESTA DE SOLUCIONES TECNICAS PARA CONTRARRESTAR LOS EFECTOS DEL FENOMENO EL NIÑO EN EL CANTON TOSAGUA, PROVINCIA DE MANABI" (Tesis, Facultad de Ingeniería Ciencias de la Tierra, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2001).

2. D. W. Taylor, Fundamentos de la Mecánica de Suelso (Tercera impresión en español, 1968) pp 37 – 90

3. P. L. Berry, Mecánica de Suelos (McGraw-Hill, 1993), pp 275- 300

4. C. Terreros – V. Moreno, Mecánica de Suelos – Laboratorio, pp 95 - 100