
Análisis Geotécnico del Desempeño de tuberías soterradas en Terrenos Inclinados

Joseph Rodríguez, Jeanine Dyanne

Universidad Tecnológica de Panamá
Panamá, Panamá

jeanine.joseph@utp.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0004-8594-0532>

Grajales Saavedra, Francisco Javier

Universidad Tecnológica de Panamá
Panamá, Panamá

francisco.grajales@utp.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0003-1705-864X>

Almengor, Larisa

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de Panamá
Ciudad de Panamá, Panamá

larisa.almengor@utp.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0007-7722-3383>

Abstract

There is a perception that Panama is a country with low exposure and impacts from natural disasters, this is largely because the disasters that affect the country are perceived as daily and small-scale events. However, Panama is exposed to a series of natural threats among which are weather-related phenomena, drought and seismic risks; all of these threats bring with them important impacts for the economic development of the country. Pipelines are subjected to different load states such as vertical and horizontal pressures of the ground, static or dynamic surface loads and stresses generated by seismic movements. These pipes behave as flexible elements with a tendency to follow the displacements of the ground during an earthquake. Likewise, they generate thrust and friction forces because they have their own rigidity, offering a certain resistance to following the movement of the ground. Currently there are no studies that serve as a reference to the seismic response of buried pipes involving the phenomenon of soil-structure interaction. Therefore, the need arises to understand the behavior of buried pipes subjected to different loads, the PLAXIS 3D finite element software allows the analysis of the response of the soil to the effects of geostatic and seismic loads, to represent a contribution significant to the existing literature.

Keywords: Pipelines, seismic loads, deformations, slopes.

Resumen

En Panamá existe la percepción que es un país con una baja exposición e impactos por desastres naturales, esto se debe en gran medida al hecho de que los desastres que afectan al país son percibidos como eventos cotidianos y de pequeña escala. Sin embargo, Panamá está expuesto a una serie de amenazas naturales entre las cuales se encuentran alteraciones de tipo hidrometeorológico, ocurrencia de sequías y riesgos sísmicos, todas estas amenazas traen consigo impactos importantes para el desarrollo económico del país. Las tuberías soterradas, a lo largo de su vida útil, se ven sometidas a distintos estados de carga como presiones verticales y horizontales del terreno, cargas superficiales estáticas o dinámicas y esfuerzos generados por movimientos sísmicos, estas tuberías se comportan como elementos flexibles con una tendencia a seguir los desplazamientos del suelo durante un sismo. De igual forma, generan fuerzas de empuje y fricción debido a que estas cuentan con su propia rigidez, ofreciendo cierta resistencia a seguir el movimiento del suelo. En la actualidad no existen estudios que sirvan como referencia a la respuesta sísmica de las tuberías soterradas involucrando el fenómeno de interacción suelo-estructura. Por tanto, surge la necesidad de entender el comportamiento de las tuberías soterradas sometidas a distintas cargas, el software de elementos finitos PLAXIS 3D permite el análisis de la respuesta del suelo ante los efectos de cargas geoestáticas y sísmicas, con el fin de representar un aporte significativo a la literatura existente.

Palabras claves: Tuberías, Cargas sísmicas, deformaciones, taludes.

1. INTRODUCCIÓN

En Panamá el riesgo sísmico se concentra principalmente en la zona occidental, específicamente en las provincias de Bocas del Toro y Chiriquí, aunque existen registros de eventos sísmicos de magnitud importante a lo largo de todo el país (Ver Fig. 1). Se considera que existe una moderada actividad sísmica en comparación con otras naciones de Centroamérica. A pesar de esto, Panamá ha sido afectado por sismos de gran intensidad en varias ocasiones destacando los eventos de 1991 en Bocas del Toro, 2002 y 2003 en la provincia de Chiriquí, los cuales ocasionaron afectaciones tanto a los habitantes de la zona, como a las infraestructuras y viviendas [1].

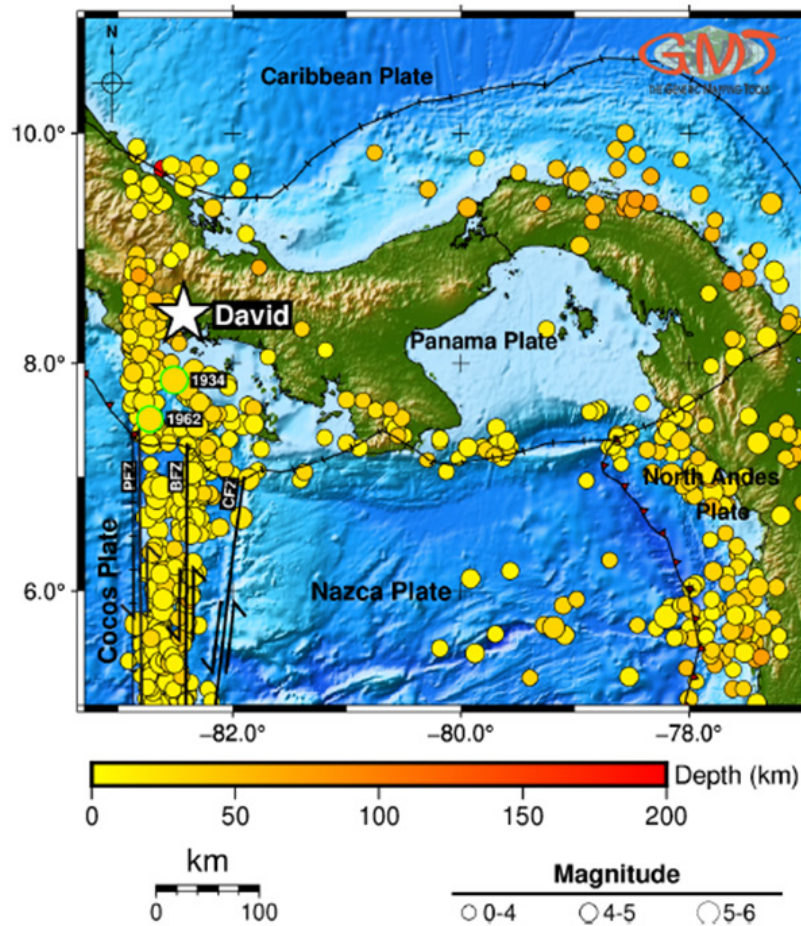


Fig. 1. Zonificación Sísmica Nacional Cortical [2].

El terremoto de Costa Rica (1991), conocido como terremoto de Limón-Changuinola, fue un sismo de magnitud 7.7 que sacudió la zona fronteriza de Panamá y Costa Rica y causó daños en un área de 8000 km², de los cuales el 80% fue territorio costarricense y el 20% territorio panameño. Los daños y pérdidas más notables ocurrieron en líneas vitales, incluyendo carreteras, ferrocarriles, puentes, puertos y acueductos. Este último siendo la razón de la investigación del desempeño de tuberías [3].

2.METODOLOGÍA

A. Matriz de Simulaciones

En una hoja electrónica en Microsoft Excel se realizó una matriz de simulación con datos relevantes como el tipo de suelo y sus características (el cual fue obtenido de perforaciones realizadas en David, Chiriquí), y el material de la tubería. Estos datos son necesarios para simular el comportamiento de una tubería en un terreno inclinado. Los diámetros de

las tuberías son de suma importancia, ya que a distintos diámetros pueden producirse condiciones de esfuerzo diferentes. Sin embargo, un inconveniente presentado es que, al usar una tubería con su respectivo espesor, resulta en una concentración de muchos elementos con dimensiones significativamente más pequeñas que el resto, en un espacio muy reducido. Por tanto, el programa no lograba reconocer el elemento. Para subsanar lo anterior, se calculó una sección cilíndrica equivalente, utilizando la razón entre el módulo de elasticidad y el momento de inercia de una tubería y una barra para ser introducidos de manera correcta en el programa.

B. Modelación en Software de Elementos Finitos

Plaxis 3D Ultimate es un software flexible de análisis geotécnico, es decir, una aplicación informática que realiza análisis de elementos finitos dentro del campo de la ingeniería geotécnica, incluyendo deformación del suelo, estabilidad de taludes, así como, la interacción suelo-estructura [4].

Para el análisis del desempeño de tuberías soterradas se realizaron modelaciones con taludes de 30, 60 y 90 grados, siendo este último el caso más crítico. Con los datos de la matriz de simulación se creó el diseño geométrico en el software introduciendo los parámetros del suelo: tipo CH (Arcilla inorgánica de alta plasticidad), un talud de 2 metros de alto con inclinación de 30 grados y una tubería de PVC a una profundidad de 1.60m, tal como lo indica la normativa técnica del IDAAN [5] (Ver Fig. 2).

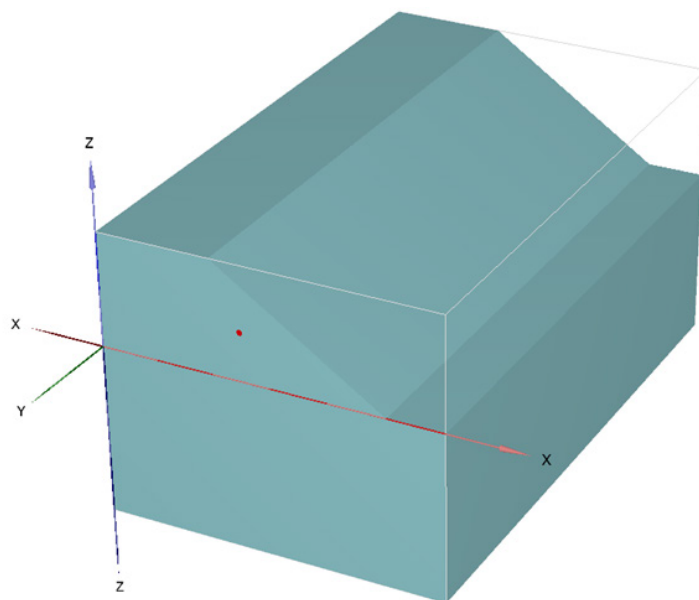


Fig. 2. Diseño geométrico del terreno y la tubería.

Luego de realizado el diseño geométrico, se procedió a seleccionar los nodos de análisis, como se observa en la Fig. 3 (a), y los elementos producto de la unión de los nodos, estos dieron como resultado la malla del análisis, la cual se puede apreciar en la Fig. 3 (b). Plaxis 3D realiza un análisis elemento por elemento de las deformaciones, desplazamientos, esfuerzos, presiones, etc.

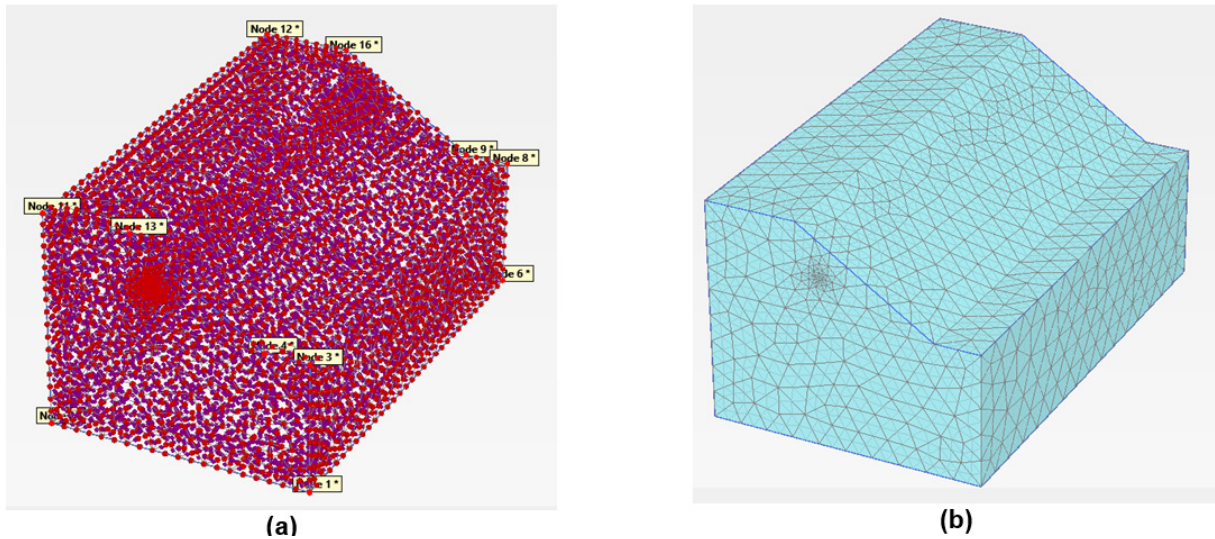


Fig. 3. (a) Selección de los nodos. (b) Malla Resultante.

Plaxis 3D facilita la programación del proceso de consolidación en un tiempo determinado, el comportamiento del nivel freático y sus presiones geostáticas. En las Fig. 4 (a) y 4 (b) se puede apreciar el desplazamiento del suelo y de la tubería.

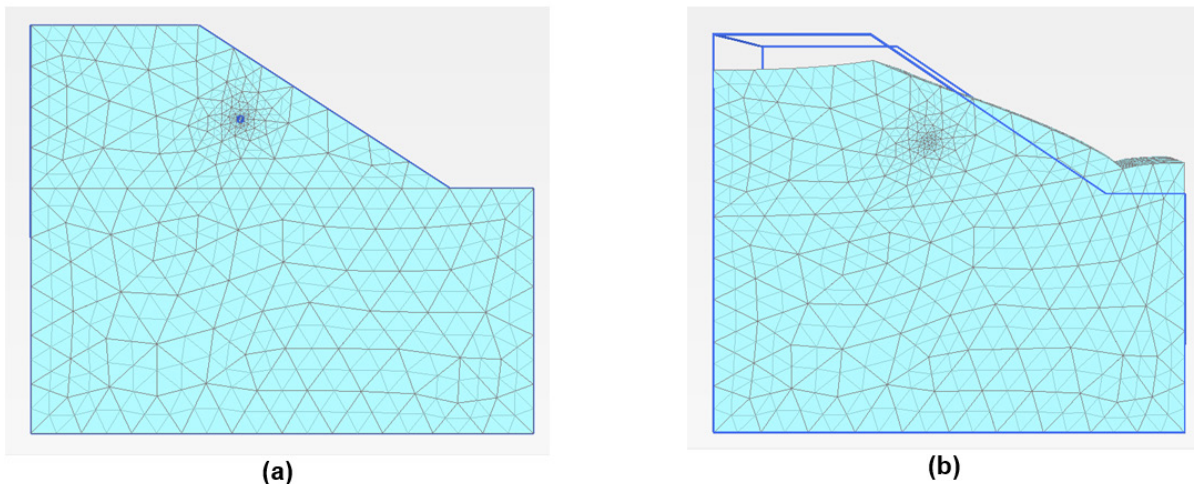


Fig. 4. (a) Diseño geométrico inicial. (b) Diseño geométrico luego de la consolidación

3.RESULTADOS

Entre los resultados de Plaxis 3D se obtienen las magnitudes del desplazamiento del suelo y de la tubería en todas las etapas de consolidación. En la Fig. 5 se observa en color azul la zona donde no hubo desplazamiento y en rojo el mayor desplazamiento posible después de la consolidación.

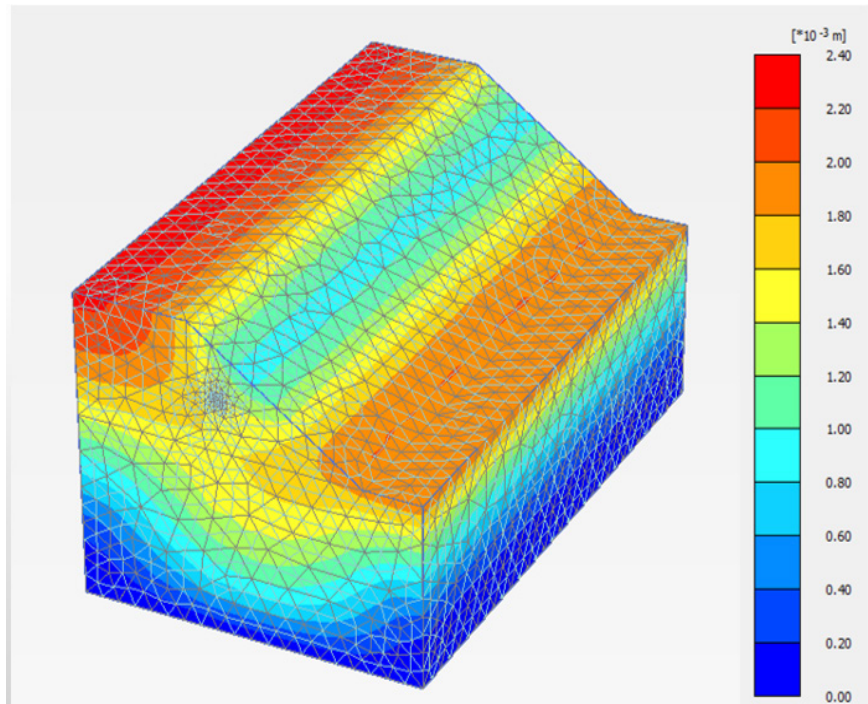


Fig. 5. Magnitudes del Desplazamiento.

En esta fase inicial también se muestran las magnitudes de los esfuerzos iniciales (utilizando únicamente la carga del suelo). Se puede observar que estos tienden a ser mayores en los elementos de suelo contiguos a la tubería (Ver Fig. 6. (a)). Luego del periodo de consolidación, los esfuerzos sobre la tubería son mayores (Ver Fig. 6. (b))

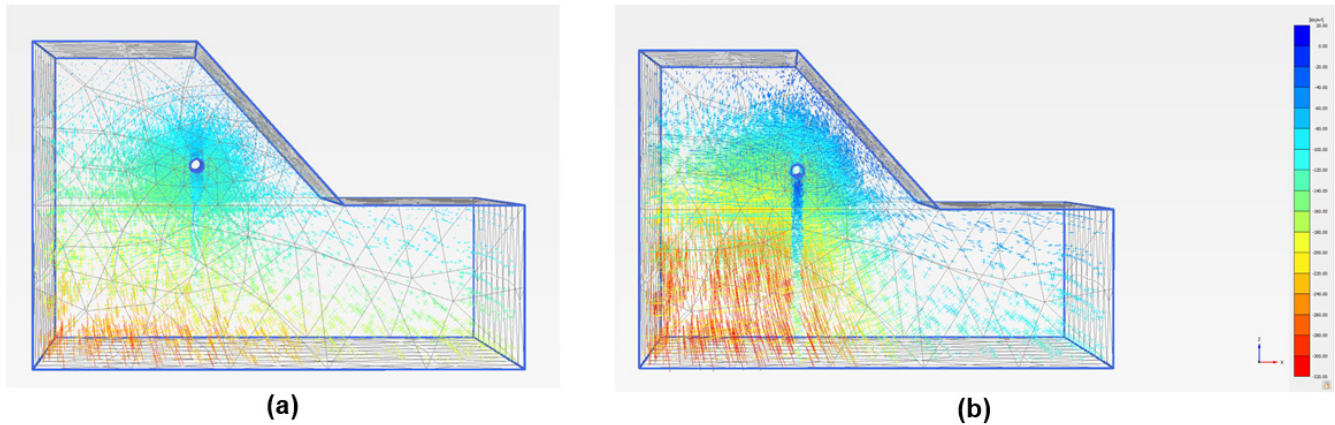


Fig. 6. (a) Magnitudes de esfuerzos iniciales. (b) Magnitudes de esfuerzos luego de la consolidación.

4. CONCLUSIONES

La información presentada en este documento constituye un avance parcial de la investigación descrita, la cual se encuentra aún en ejecución.

Se sabe de la literatura que el desempeño de una tubería está gobernado por la deflexión o la resistencia de la tubería, según el material. Estos esfuerzos dependen de muchos factores externos, en este caso únicamente se realizó el estudio con las cargas del suelo.

Para el análisis se hicieron modelaciones con inclinaciones de 30, 60 y 90 grados dando como resultado el aumento de los esfuerzos del suelo sobre la tubería al aumentar la inclinación. La tubería también se colocó a distintas profundidades para analizar su comportamiento siendo este distinto en todos los casos realizados.

Con el objetivo de optimizar su desempeño los esfuerzos obtenidos del programa serán comparados con ensayos realizados a este tipo de tuberías, para obtener una correlación del momento de falla y en un futuro mejorar el diseño de taludes o la reubicación de las tuberías.

REFERENCIAS

- [1] J. Alfaro, Cuando Bocas del Toro sintió el más fuerte terremoto, *La Estrella de Panamá*, 2017.
- [2] F. Grajales-Saavedra, A. Mojica, C. Ho, K. Samudio, G. Mejia, S. Li, L. Almengor, R. Miranda and M. Muñoz, "Horizontal-to-Vertical Spectral Ratios and Refraction Microtremor Analyses for Seismic Site Effects and Soil Classification in the City of David, Western Panama," *GEOSCIENCES*, vol. 13, no. <https://www.mdpi.com/2076-3263/13/10/287>, 2023.
- [3] "RSN Universidad de Costa Rica," Escuela Centroamericana de Geología - Sección de Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica, [Online]. Available: <https://rsn.ucr.ac.cr/actividad-sismica/ultimos-sismos/26-sismologia/sismos-historicos/3235-terremoto-de-limon-22-de-abril-de-1991>.
- [4] "Bentley," Bentley, [Online]. Available: <https://www.bentley.com/software/plaxis-3d/>. [Accessed 2023].

- [5] IDAAN, NORMAS TÉCNICAS PARA APROBACION DE PLANOS DE LOS SISTEMAS DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS SANITARIOS,” 2006. [Online]. Available: <https://www.idaan.gob.pa/wp-content/uploads/2016/04/Normativas.pdf>. [Accessed Junio 2023].

AUTORIZACIÓN Y LICENCIA CC

Los autores autorizan a APANAC XIX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XIX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.