

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LOS FENÓMENOS DE INTERACCIÓN CINEMÁTICA SOBRE LA RESPUESTA SÍSMICA DE AEROGENERADORES MARINOS SOPORTADOS POR MONOPILOTES

Autor: Eduardo Rodríguez Galván

Tutores: Orlando Fco. Maeso Fortuny
Guillermo Manuel Álamo Meneses



Máster Universitario en Ingeniería Industrial
Curso 2021-2022

INTRODUCCIÓN – OBJETIVO

El amplio crecimiento que está experimentando la energía eólica offshore hace imperativo prever la instalación de esta tecnología en zonas de mayor sismicidad. En las normativas de diseño se considera a este tipo de estructuras como relativamente seguras ante terremotos. Además, los pocos análisis sísmicos presentes en la literatura están realizados sobre aerogeneradores relativamente pequeños. En estos análisis sísmicos si, los aerogeneradores se encuentran cimentados sobre un suelo deformable, la interacción cinemática suelo estructura puede influir notablemente en la respuesta del sistema al variar sus características dinámicas.

Por todo esto surge la necesidad de realizar un análisis sísmico sobre este tipo de estructuras. Así, el presente Trabajo de Fin de Máster tiene como objeto estudiar la influencia de los fenómenos de interacción cinemática sobre la respuesta sísmica de aerogeneradores marinos soportados por monopilotes.

METODOLOGÍA

Para realizar el análisis sísmico se emplea un modelo de subestructuración (Figura 1) basado en el método de los elementos finitos en el dominio de la frecuencia, donde el conjunto subestructura-torre (superestructura) se divide en N elementos finitos tipo vigas Bernoulli, y el comportamiento de la cimentación y su interacción con el suelo son simulados mediante impedancias (K) y factores de interacción cinemática (I). Utilizando diez excitaciones sísmicas (Tabla 1) se obtiene la respuesta del sistema en términos de deflexiones y esfuerzos. Cada excitación sísmica se asume que es una onda S que se propaga en el suelo produciendo en la base un desplazamiento de campo libre unitario.

Con el objetivo de poder comparar los resultados de cada uno de los sismos entre sí, la respuesta del sistema se divide entre la aceleración máxima de cada señal.

El análisis se realiza para lechos marinos homogéneos con distintas velocidades de corte (V_s), y para suelos heterogéneos con diferentes velocidades medias de corte en los 30 primeros metros ($V_{s,30}$), ver Tabla 2.

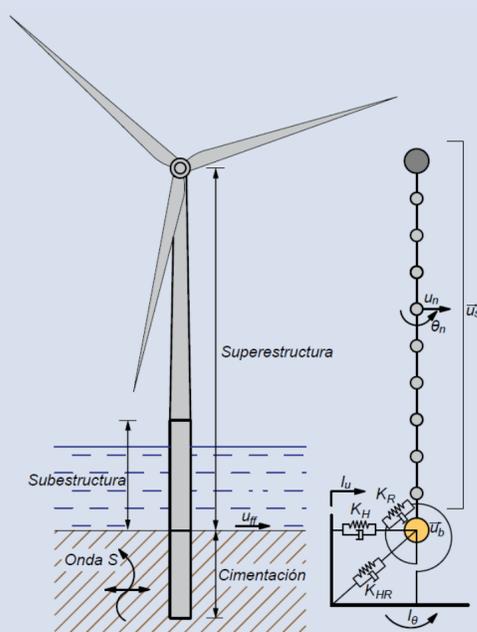


Figura 1. Modelo de subestructuración

Tabla 1. Sismos empleados

Denominación	$a_{g,max}$ (g)
Imperial Valley-06	0,11
Victoria Mexico	0,15
Superstition Hills-02	0,21
Koaceli Turkey	0,23
Chi-Chi Taiwan	0,16
Hector Mine	0,12
Chi-Chi Taiwan-04	0,13
Taiwan SMART1(45)	0,13
Tottori Japan	0,32
Iwate Japan	0,13

Tabla 2. Propiedades de los lechos marinos estudiados

Lecho marino	
Densidad	2.000 kg/m ³
Peso específico	19,62 kN/m ³
Peso específico unitario sumergido	9.000 kN/m ³
Coefficiente de Poisson	0,49
Ángulo de rozamiento interno	28 °
V_s – Suelos homogéneos	[100:25:300] m/s
$V_{s,30}$ – Suelos heterogéneos	[100:25:300] m/s

RESULTADOS

Para facilitar el análisis de los resultados, estos se representan por modelos: base rígida y base flexible; este último, se subdivide en 4 submodelos: con interacción cinemática (KI), sin KI, solo considerando el factor de interacción cinemática lateral (I_u) y solo con el rotacional (I_{gy}). A continuación, se muestra la respuesta del sistema en términos de momentos flectores (Figura 2) y momentos máximos (Figura 3):

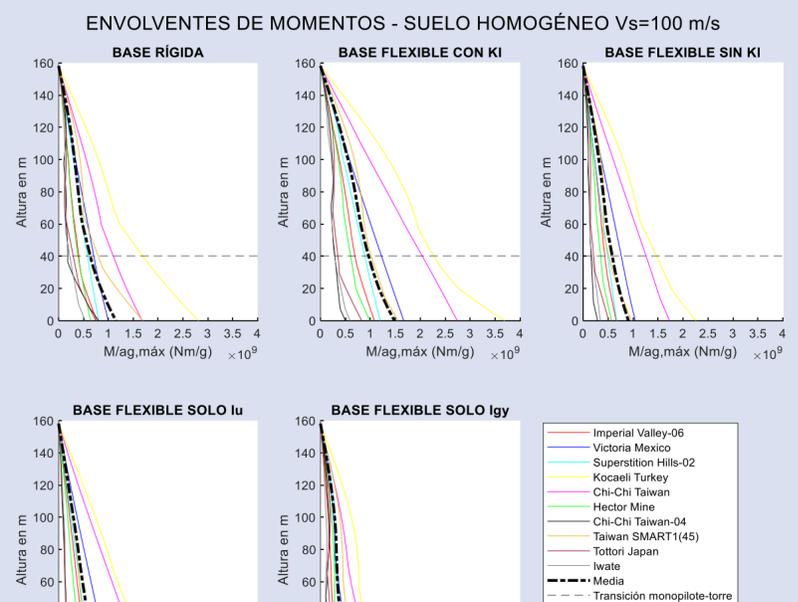


Figura 2. Envolturas de momentos para el suelo con $V_s = 100$ m/s.

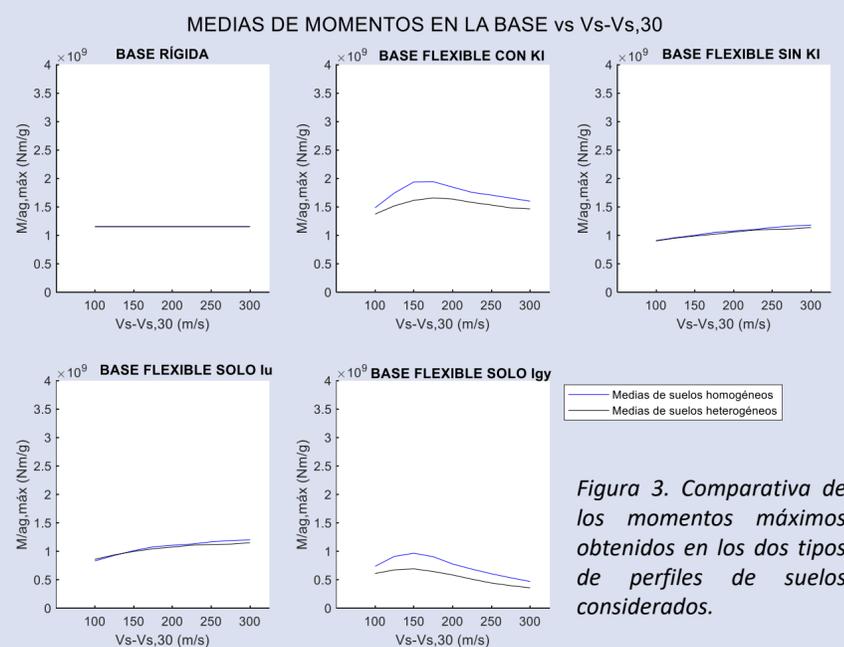


Figura 3. Comparativa de los momentos máximos obtenidos en los dos tipos de perfiles de suelos considerados.

CONCLUSIONES

- Las mayores envolturas de deflexiones y esfuerzos se dan en el modelo en base flexible con interacción cinemática (KI).
- La diferencia entre considerar o no los factores de interacción cinemática viene marcada, principalmente, por la inclusión del factor de interacción cinemática rotacional (I_{gy}).
- En los modelos en base flexible con KI y con solamente I_{gy} se dan las mayores diferencias entre considerar suelos homogéneos o heterogéneos, obteniéndose las mayores diferencias en la V_s - $V_{s,30} = 150$ m/s. Además, en los perfiles homogéneos se dan mayores resultados que en los heterogéneos.
- A medida que incrementa la rigidez del suelo, la relevancia de los efectos de interacción cinemática suelo-estructura disminuye.