

Guía para el Diseño, Construcción, Operación y Conservación de Obras Marítimas y Costeras.



DISEÑO SISMICO DE OBRAS PORTUARIAS

PEDRO HIDALGO OYANEDEL
4 JULIO 2012

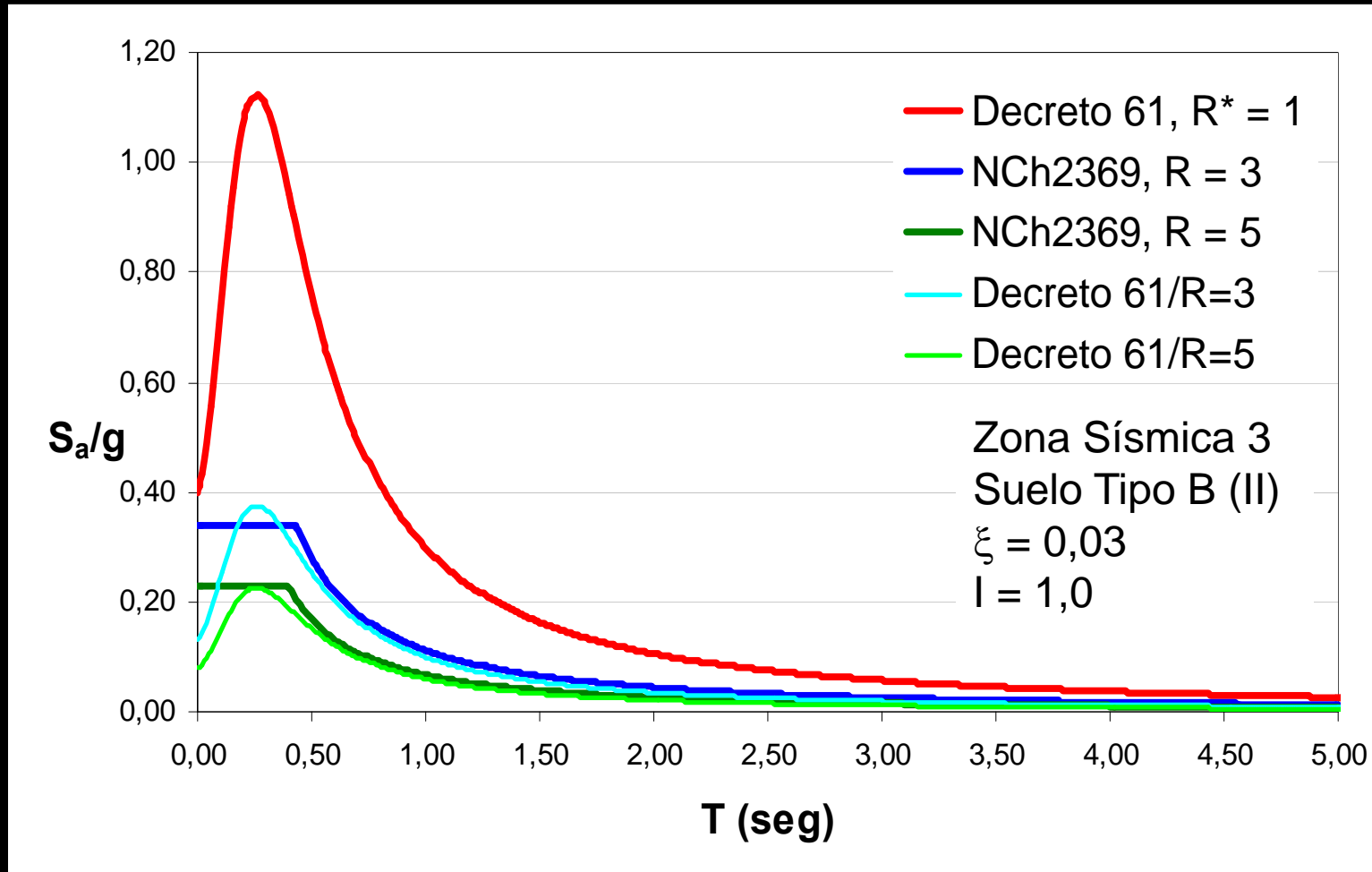
Norma Sísmica de Diseño

- **No existe una norma de diseño sísmico para obras portuarias apoyadas en el fondo marino. Para obras apoyadas en tierra firme rige la norma NCh 2369, Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales. La norma NCh 433 establece explícitamente en su alcance que no es aplicable a muelles ni a instalaciones industriales.**
- **De las normas sísmicas chilenas, la que tiene objetivos de desempeño más cercanos a obras apoyadas en el fondo marino es la NCh 2369.**
- **No obstante, existen aspectos no cubiertos por la NCh 2369, que deben discutirse.**
- **La norma NCh 2369 está escrita como complemento de la norma NCh 433. Particularmente, ambas normas tienen la misma definición de la acción sísmica.**

Acción Sísmica – Espectro de Diseño

- La norma NCh 433 define un espectro elástico de diseño para 5% de razón de amortiguamiento, el que debe ser reducido, (factor R), para considerar la absorción y disipación de energía en el rango inelástico de comportamiento durante sismos de gran severidad.
- Los parámetros del espectro elástico de diseño son la zona sísmica (A_0) y el tipo de suelo de fundación.
- El nivel del espectro de diseño elástico de NCh 433 está asociado a una probabilidad de excedencia del orden del 10% durante la vida útil de las estructuras.
- La norma NCh 2369 establece el espectro de diseño en función del factor R y de la razón de amortiguamiento. Su nivel de diseño elástico es el mismo de NCh 433.
- El gráfico siguiente ilustra la diferencia entre los espectros de ambas normas.

Comparación Espectro Elástico NCh 433 (Decreto 61) – Espectro Diseño NCh 2369



Cambios al Espectro de Diseño Elástico – Decreto N° 61

- En diciembre 2011, el decreto N° 61 del MINVU modificó el espectro de diseño elástico. En cualquier caso, esta modificación debe ser revisada una vez que se procesen y analicen los registros obtenidos el 27 febrero 2010.
- El primer cambio lo constituye la introducción de un nuevo tipo de suelo entre los antiguos tipos II y III. También se introdujeron cambios en la exploración geotécnica y en la forma de clasificar el suelo.
- El segundo cambio consistió en multiplicar las ordenadas del espectro por el factor S , que depende del tipo de suelo de fundación.
- Las diapositivas siguientes ilustran las modificaciones introducidas en el espectro de diseño elástico de la norma NCh 433.
- La aplicación de la norma NCh 2369 debe incorporar el cambio en los tipos de suelo. En nuestra opinión, los suelos que ahora se clasifiquen como C o D, deben diseñarse con el espectro del suelo tipo III de la norma NCh 2369. En cambio, nuestra opinión es que no debe considerarse la multiplicación por el factor S .

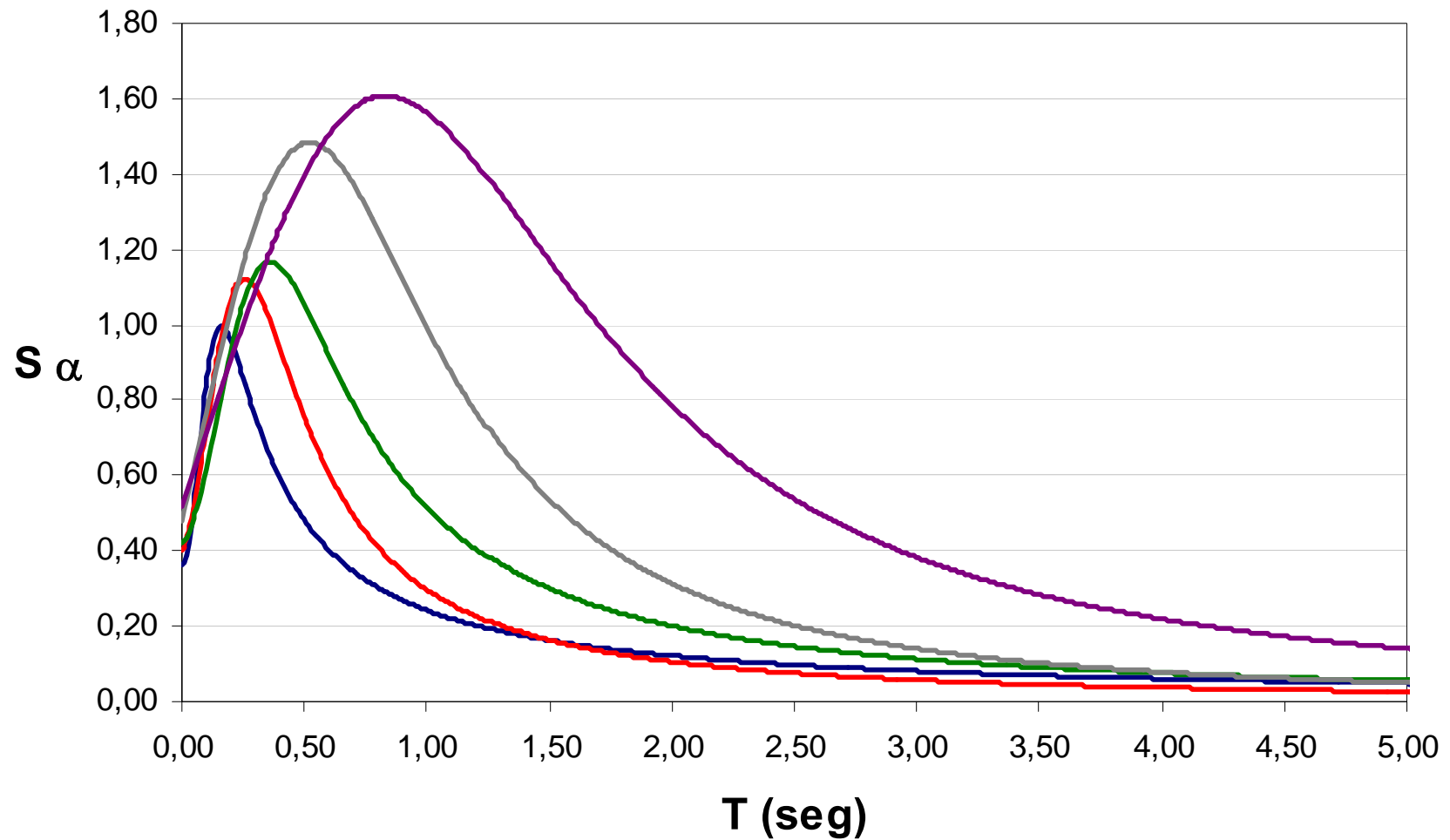
ESPECTROS DE DISEÑO ELASTICO

- $S_a(T) = I S A_o \alpha(T) / R^*$ - NCh 433 con adición de S

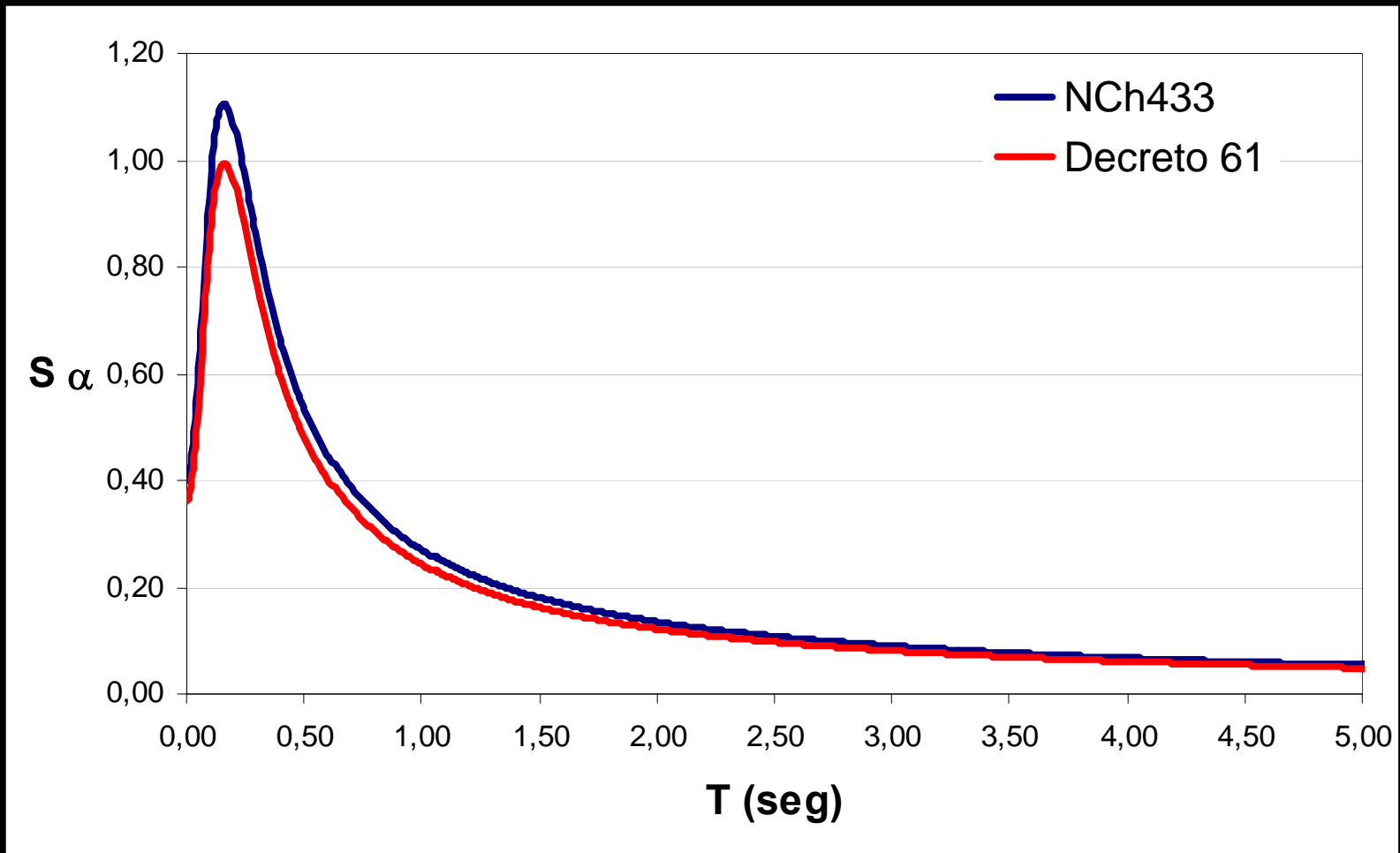
Tipo de Suelo		S	T_0 seg	T' seg	n	p
NCh433	Decreto 61					
I	A	0,90	0,15	0,20	1,00	2,0
II	B	1,00	0,30	0,35	1,33	1,5
	C	1,05	0,40	0,45	1,40	1,6
III	D	1,20	0,75	0,85	1,80	1,0
IV	E	1,30	1,20	1,35	1,80	1,0
	F	*	*	*	*	*

- Esfuerzo de corte basal mínimo: $I S A_o P / 6 g$
- Mantiene los valores NCh 433 de $I, A_o, \alpha(T), R^*$ y R_o

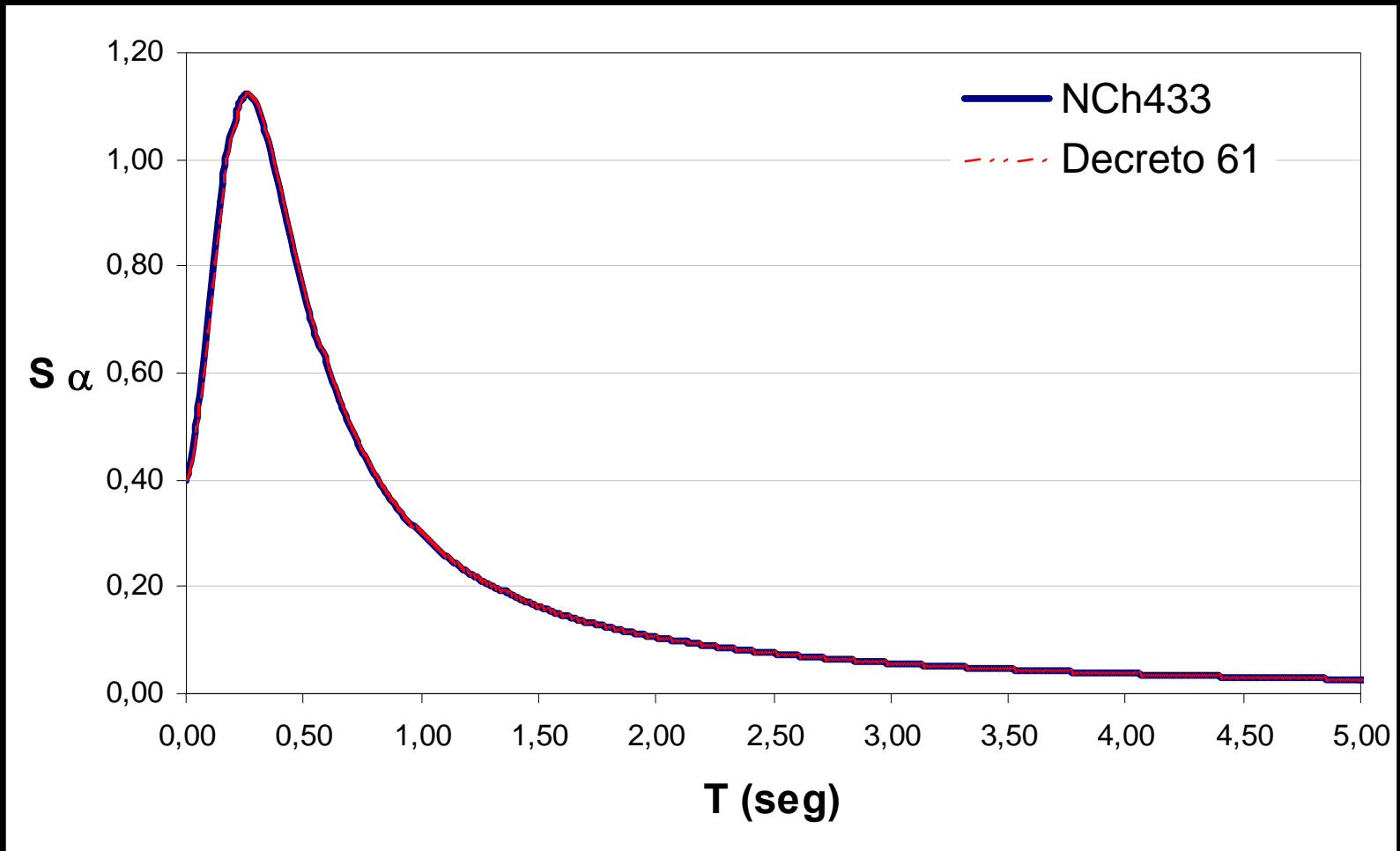
Espectros Diseño Elástico Decreto 61, Zona sísmica 3, I = 1,0



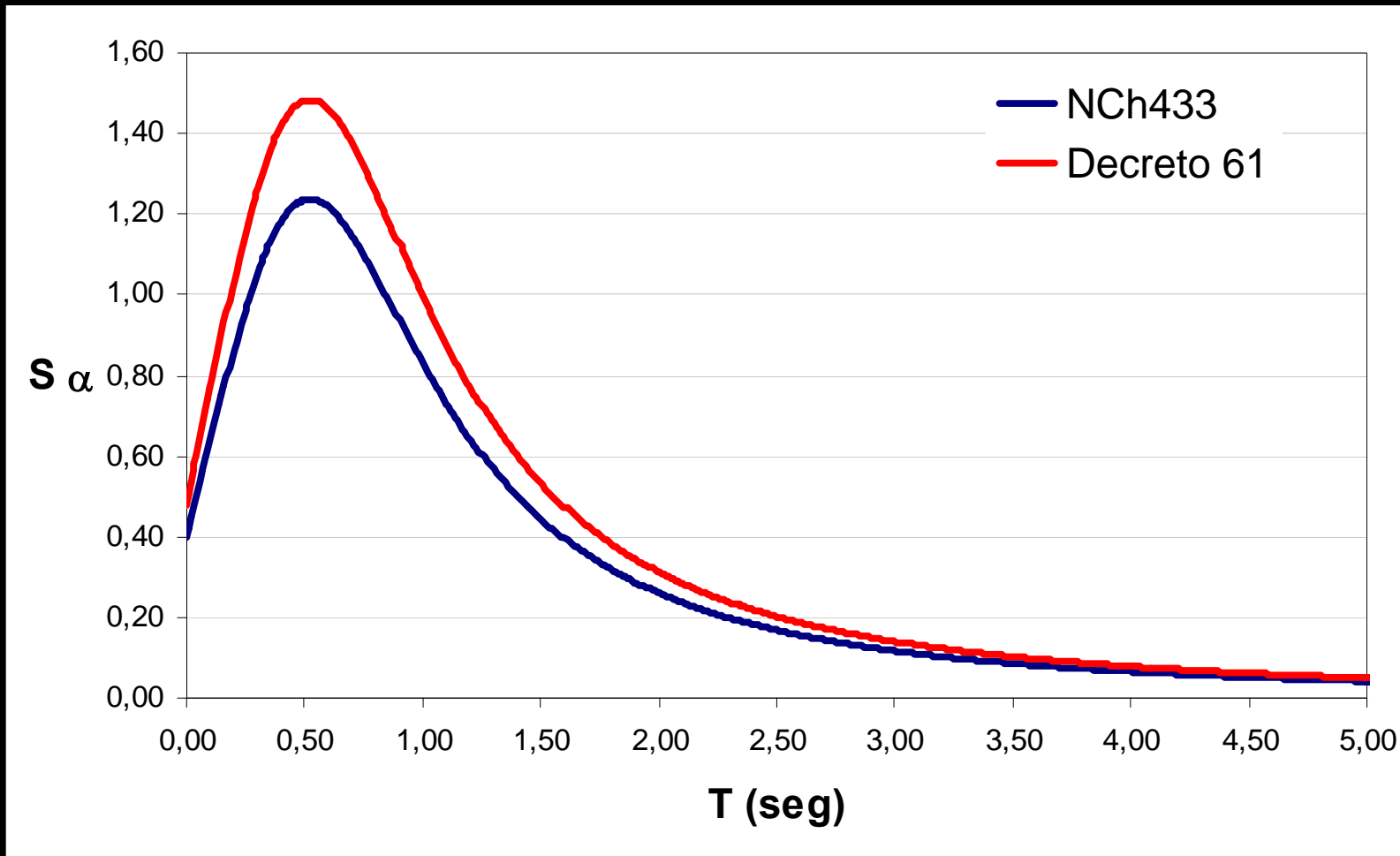
Comparación Suelo Tipo A (I) Zona sísmica 3, I = 1,0



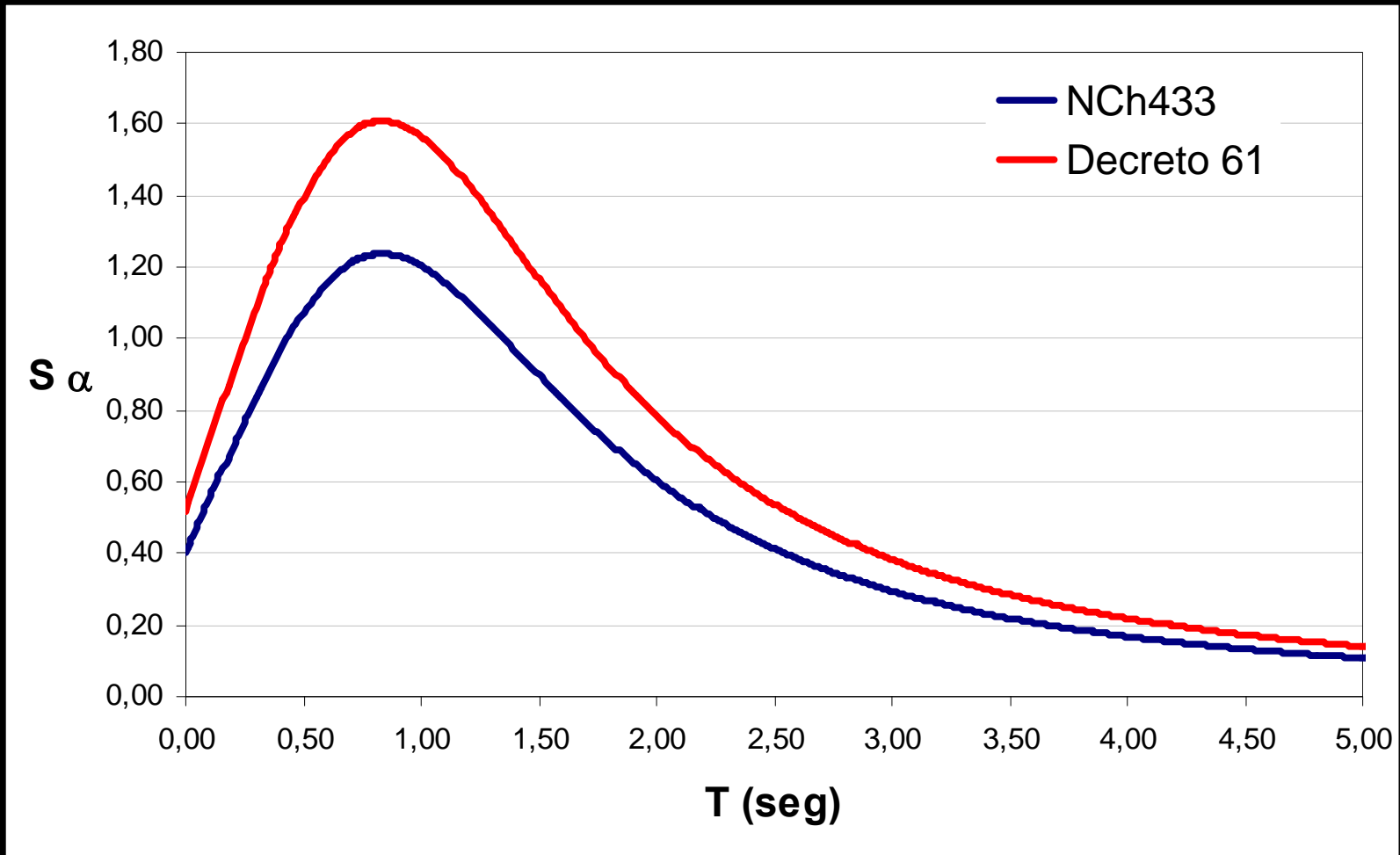
Comparación Suelo Tipo B (II) Zona sísmica 3, I = 1,0



Comparación Suelo Tipo D (III) Zona sísmica 3, $I = 1,0$



Comparación Suelo Tipo E (IV) Zona sísmica 3, I = 1,0



NCh 2369 – Disposiciones aplicables a obras portuarias

En general, son aplicables la mayoría de las disposiciones de esta norma, particularmente:

- **Los principios e hipótesis básicos de diseño.**
- **La necesidad de usar estructuraciones con sobre-resistencia estructural, (filosofía chilena de diseño sísmico). Deben evitarse estructuraciones demasiado flexibles para no introducir efectos secundarios.**
- **La definición de la sollicitación sísmica horizontal, (zona sísmica, tipo de suelo de fundación).**
- **Las disposiciones sobre la consideración de la acción sísmica vertical.**
- **El factor de modificación de la respuesta estructural – R.**
- **La clasificación sísmica de estructuras y equipos.**

NCh 2369 – Disposiciones no aplicables a obras portuarias

- **Las combinaciones de cargas deben adaptarse al caso de muelles de atraque.**
- **Valor de la razón de amortiguamiento. La NCh 2369 no considera el efecto del amortiguamiento del agua en la respuesta sísmica de la estructura del muelle.**
- **Limitaciones a las deformaciones horizontales de origen sísmico. Las estructuras de muelles tienen sus mayores deformaciones horizontales durante el atraque de barcos, no durante el sismo. Su limitación está determinado por la introducción del efecto P- Δ .**
- **Uso de un esfuerzo de corte basal mínimo. Este concepto se introdujo para evitar el uso de estructuras muy flexibles y evitar el daño en elementos no estructurales rígidos. Su valor debe adecuarse al diseño de estructuras de muelles.**

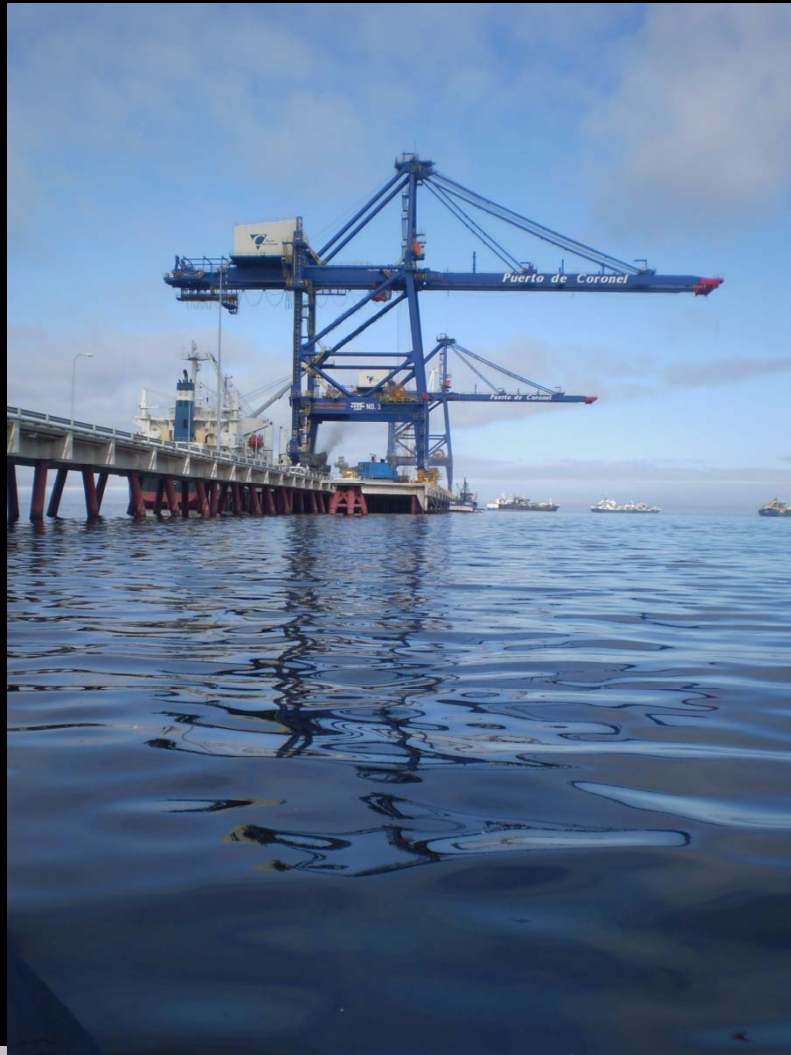
Aspectos especiales de diseño sísmico

- **Estabilidad y análisis sísmico de grúas y equipos. Necesidad de análisis dinámico del conjunto muelle-grúa.**
- **Posibilidades de usar sistemas de aislación sísmica para la losa del cabezo de los muelles. Positiva experiencia en sismo de febrero 2010.**
- **Necesidad de estudios geotécnicos y mejoramiento de suelos para evitar problemas de licuefacción y escurrimiento lateral.**

Estabilidad y análisis sísmico de grúas y equipos



Aislación sísmica de la losa del cabezo



Aislación sísmica de la losa del cabezo



Escurrimiento lateral del suelo



Escurrimiento lateral del suelo



Asentamiento del suelo en muelle paralelo



GRACIAS

