Seminario
Anexo Técnico de Requisitos Sísmicos

16 de abril 2025

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

Agenda

- **Introducción**
  - Mandato Legal
  - Procedimiento Normativo
  - Etapas del procedimiento normativo
- **Anexo Técnico de Requisitos Sísmicos**
  - Objetivos y alcances
  - Campo de Aplicación, funciones y atribuciones
  - Sismo de diseño
  - Diseño de Equipos Eléctricos
  - Diseño de Estructuras del Sistema de Transmisión
  - Artículos Transitorios
  - Respuestas a Consultas recibidas al 10 de abril 2025

Introducción

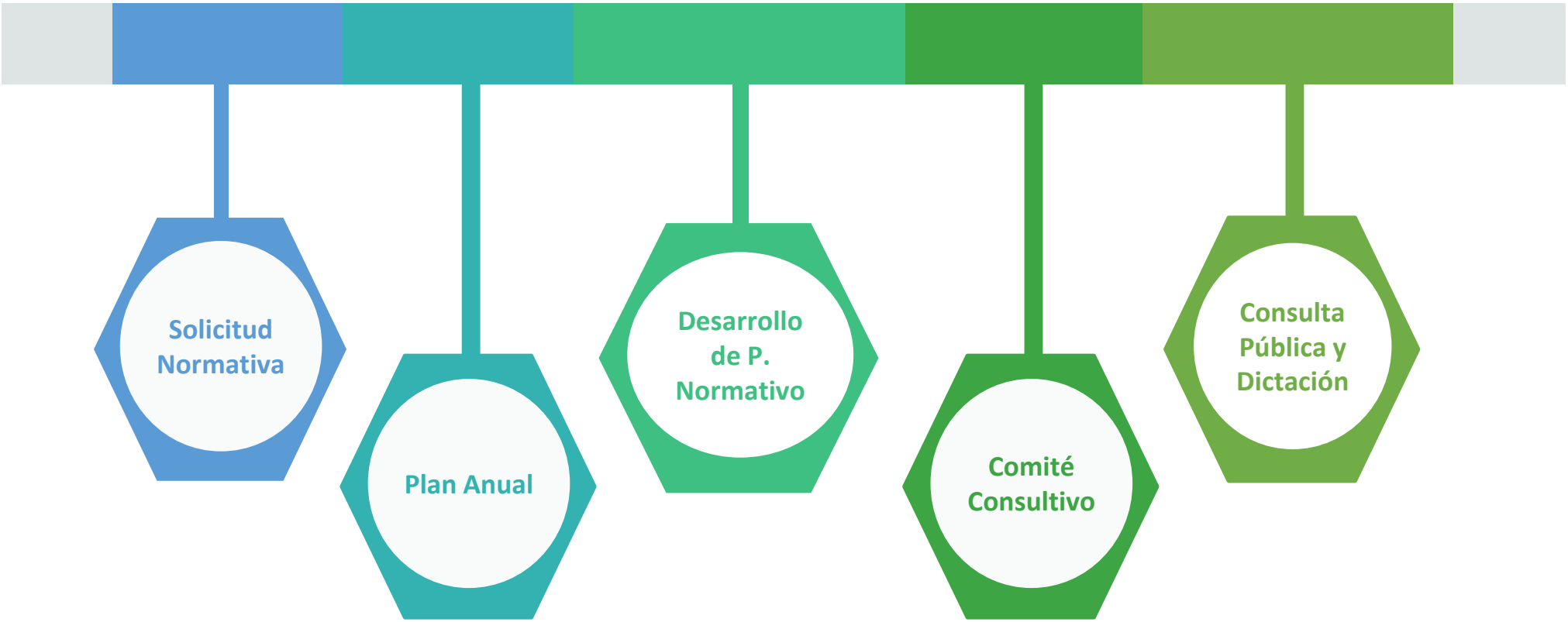
Mandato legal

"**72°-19**. Normas Técnicas para el funcionamiento de los sistemas eléctricos. La Comisión deberá **analizar permanentemente los requerimientos normativos para el correcto funcionamiento del sector eléctrico**, y fijará, mediante resolución exenta, las **normas técnicas que rijan los aspectos técnicos, de seguridad, coordinación, calidad, información y económicos del funcionamiento de dicho sector**. Para ello, anualmente, establecerá un plan de trabajo que permita proponer, facilitar y coordinar el desarrollo de éstas."

Proceso de Elaboración de Normas Técnicas

D.S. N°11/2017: Reglamento para la Dictación de Normas Técnicas

Proceso público y participativo



Etapas del procedimiento normativo

Solicitud realizada por CIGRE Chile

Solicitud Normativa 2018/2020

Plan Anual 2020

Resolución Exenta CNE N°776/2019

Resolución Exenta CNE N°226/2022

Resolución de Inicio 2022

Julio 2022 - Mayo 2023

Comité Consultivo (10 sesiones)

Consulta Pública

Junio - Julio 2022

Enero 2025

Publicación de la NT en el Diario Oficial.

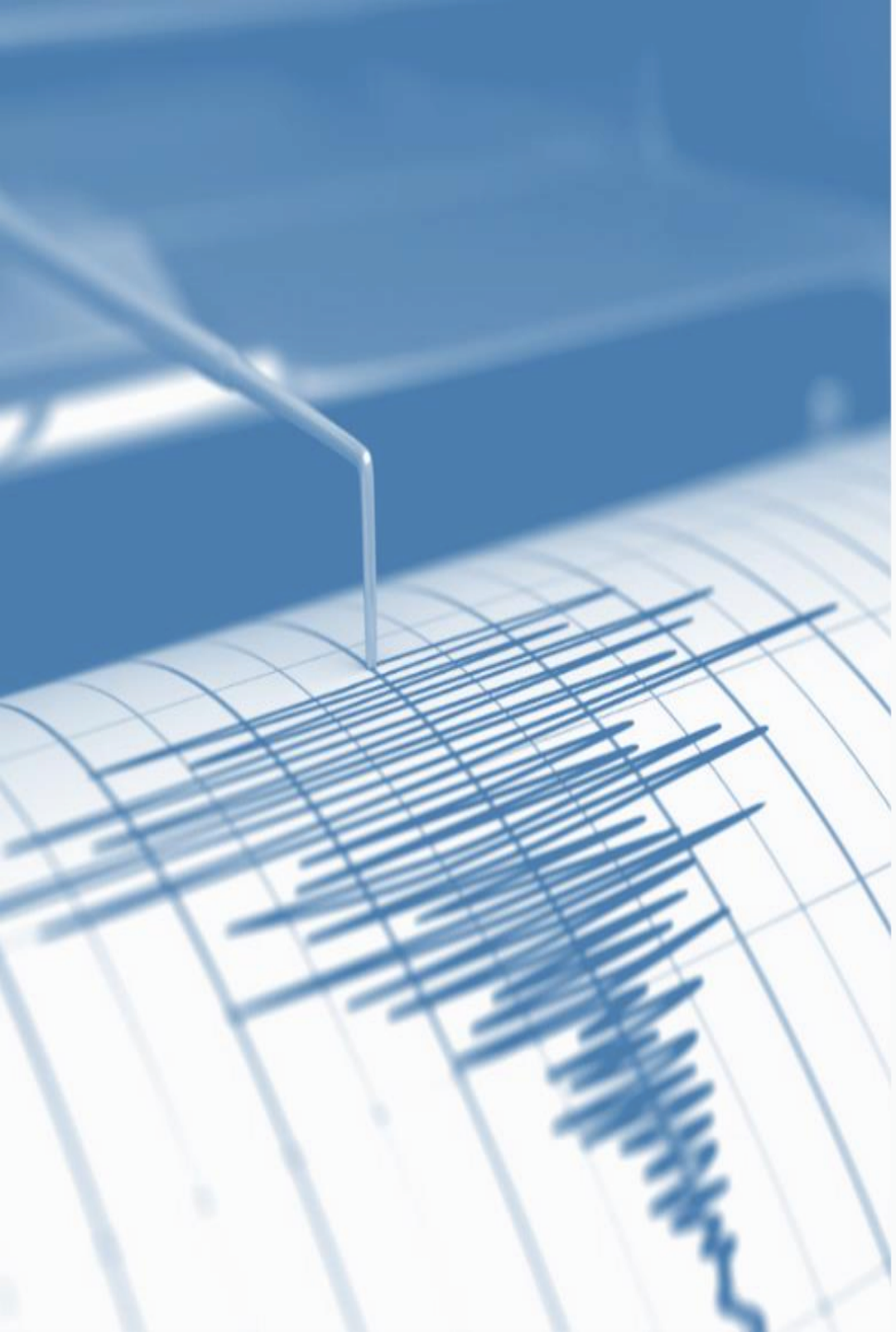
Comité Consultivo Especial (RE CNE N°521/2022)

N°	Integrante Titular	Calidad u organización que representa, según corresponda
1	Félix Canales	Comisión Nacional de Energía
2	Fernando Mondaca	Comisión Nacional de Energía
3	Sandra Castro	Comisión Nacional de Energía
4	Cristian Clavería	Coordinador Eléctrico Nacional
5	Lucas Vergara	Transelec S.A
6	Miguel Leal	COLBUN S.A.
7	Héctor Barría	CGE TRANSMISIÓN S. A.
8	Alejandro Fernández	ELECNOR CHILE S.A.
9	Felipe Olivos	Sistema de Transmisión del Sur
10	Raúl Álvarez	Experto Técnico
11	Hernán Casar	Experto Técnico
12	Rodrigo Foneron	Experto Técnico
13	Darío Morales	Experto Técnico
14	Roy Segura	Experto Técnico
15	Dania Valdivia	Experto Técnico
16	Felipe Yaryes	Experto Técnico

Presidente	Félix Canales
Secretaria de Acta	Sandra Castro
Consultora	Marcela Aravena

Anexo Técnico de Requisitos Sísmicos para Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA



Objetivos y Alcances

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

Objetivos del Anexo Técnico

NORMA TÉCNICA DE CALIDAD Y SEGURIDAD DE SERVICIO

ANEXO TÉCNICO DE REQUISITOS SÍSMICOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN

- Requisitos sísmicos **específicos** para las instalaciones eléctricas de Alta Tensión
- Garantizar el cumplimiento de los objetivos de **Seguridad y Calidad de Servicio**
- Asegurar la **resistencia de las solicitaciones sísmicas** y la **inmediata disponibilidad de operación** después de un sismo

Principio General

Impacto social: seguridad ciudadana, disponibilidad de atención de los servicios de urgencia.

Impacto económico: tras un sismo, es fundamental restablecer las condiciones básicas para la recuperación del país, lo que no es posible sin suministro eléctrico disponible.

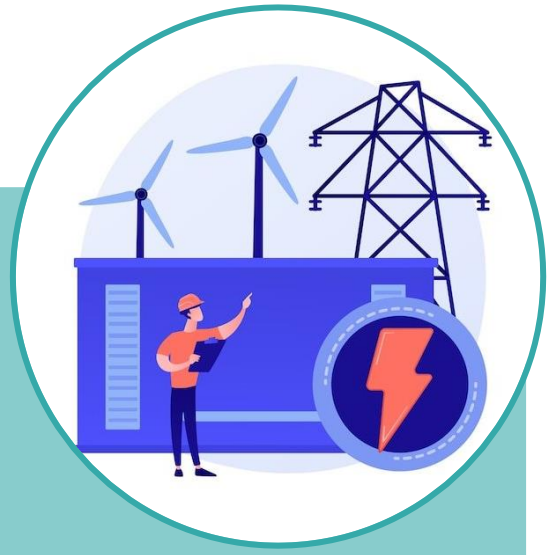
Inmediata Disponibilidad de Operación

(i) Los **daños** que se produzcan en la instalación no deberán **limitar la operación** de la misma después de ocurrido el sismo.

(ii) En caso de ser necesarias **reparaciones**, éstas deberán poder realizarse de manera tal que **no afecten la continuidad de operación** de la instalación.

Alcance del Anexo Técnico

Las disposiciones establecidas en el Anexo Técnico serán aplicables a las **instalaciones de todos los Sistemas de Transmisión, Sistemas de almacenamiento de energía y Equipos de Compensación de Energía**. En particular el anexo aplica a:



1. En **líneas** y **subestaciones** eléctricas del Sistema de Transmisión:
   - ✓ **Equipos Eléctricos**
   - ✓ **Estructuras**
   - ✓ **Fundaciones**
   - ✓ **Obras civiles**
2. Incluye también a **Subestaciones Eléctricas Elevadoras** de las centrales de generación conectadas al SEN.
3. **Sistemas de Almacenamiento de Energía** que presten servicios de transmisión.
4. **Equipos de Compensación de Energía** conectados al SEN.

Enfoque de este Anexo Técnico

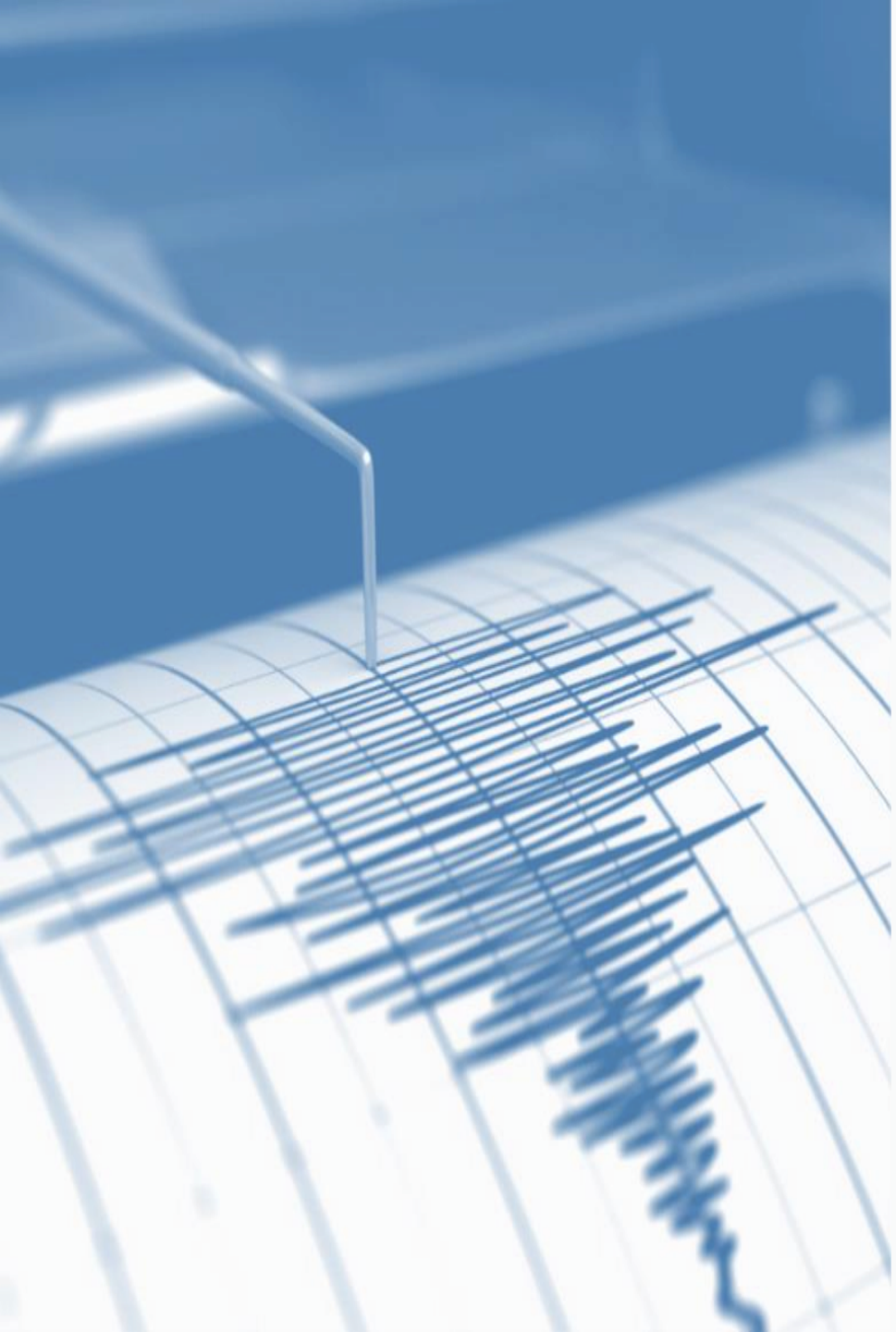
El enfoque principal del anexo es la **integración y la operatividad** del sistema.

- ✓ Requisitos sísmicos de un equipo **dependen de su lugar de instalación**, por lo que están condicionados por: la estructura que lo soporta y la fundación asociada.
- ✓ La **aceleración sísmica** en la base del equipo **varía según su ubicación**: anclado a nivel de piso, montado sobre una estructura diseñada como soporte de equipo o instalado sobre una estructura cuya función es otra.
- ✓ La solicitación sísmica **depende del tipo de suelo** en el que se encuentra la instalación.
- ✓ Los requisitos sísmicos consideran además **la función operativa del equipo**.

Garantizar la
Operatividad del equipo

El diseño de la **estructura de soporte y de la fundación** deben ser realizado **en conjunto, y no deben producir amplificaciones sísmicas** sobre el equipo que este no pueda resistir.

Sismo afecta al Sistema Real



Campo de Aplicación, funciones y atribuciones

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

Campo de Aplicación

Infraestructura:

1. Los equipos eléctricos señalados explícitamente y aquellos cuyo comportamiento sísmico pueda considerarse como asimilable a alguno de los equipos señalados en el presente Anexo.
2. Las estructuras y obras civiles señaladas explícitamente y todas aquellas cuyo comportamiento sísmico pueda considerarse como asimilable a alguna de las señaladas en el presente Anexo.
3. Los sistemas de anclajes de equipos eléctricos y estructuras de soporte de equipos eléctricos a la fundación.
4. Las fundaciones de las Instalaciones Eléctricas del Sistema de Transmisión.

Actores que lo deben cumplir:

- ✓ Los Proveedores
- ✓ Los Diseñadores
- ✓ Los Revisores
- ✓ Los Contratistas
- ✓ Los Propietarios o Responsables de la Instalación
- ✓ El Coordinador Eléctrico Nacional

Cuando se debe cumplir:

- ✓ Etapas de Diseño y Fabricación de los elementos que componen la Instalación
- ✓ Etapas de Construcción y Montaje de dichas instalaciones.

Funciones, Atribuciones y Obligaciones

Aspectos generales:

El título III del ATRS establece las funciones, atribuciones y obligaciones necesarias para dar cumplimiento a los objetivos del documento. Las funciones se individualizan para los siguientes agentes:

1. Coordinador
2. Coordinados
3. Contratista
4. Diseñador
5. Fabricante de Equipo Eléctrico
6. Proveedor de Equipo Eléctrico
7. Revisor Sísmico

Funciones, Atribuciones y Obligaciones: Coordinador

1. Exigir el cumplimiento de las disposiciones del presente Anexo por parte de los Coordinados.
2. Deberá solicitar a los Coordinados toda información que la SEC y Comisión necesiten para dar cumplimiento a sus funciones.
3. Deberá validar la consistencia de la información entregada por los Coordinados que provenga de una solicitud de la SEC o la Comisión, previa a su envío a la correspondiente institución.
4. Informar a la Superintendencia el grado de cumplimiento de las disposiciones del presente Anexo (Coordinador y Coordinados).
5. Dar cumplimiento a las exigencias del presente Anexo en la elaboración de las bases de licitación de obras de transmisión contenidas en planes de expansión, otras bases de licitación, y en otras materias de su competencia respecto de las cuales sea aplicable el presente Anexo.
6. Verificar la experiencia de los Diseñadores y/o Revisores Sísmicos responsables de los documentos que respaldan los diseños sísmicos. Para este propósito, se podrá requerir al Coordinado o al Propietario de la instalación información adicional.

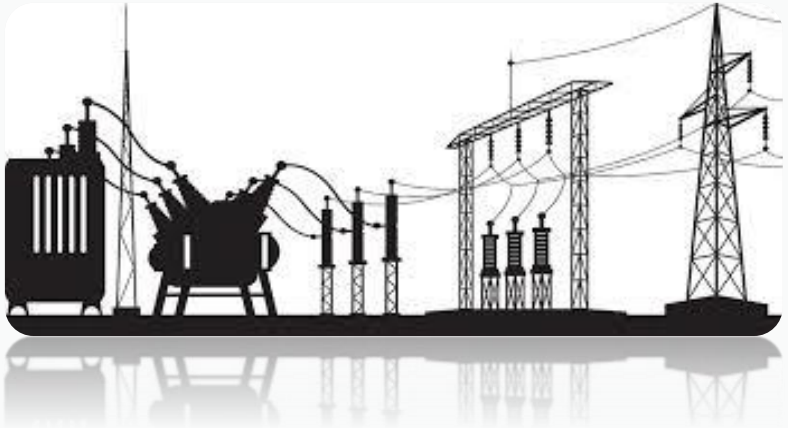
Funciones, Atribuciones y Obligaciones: Coordinados y/o Propietarios

Corresponde **al dueño, arrendatario, usufructuario o quien opere o explote** a cualquier título la instalación.

En el caso de una instalación definida como Obra Nueva, el Propietario corresponderá al **Adjudicatario de la Licitación.**

Con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el presente Anexo, las obligaciones de los **Coordinados y/o Propietarios** serán las siguientes:

1. Dar cumplimiento a las exigencias mínimas de diseño sísmico de las instalaciones contenidas en el presente Anexo.
2. Entregar al Coordinador los datos, antecedentes e información requeridos en tiempo y forma y con la calidad correspondiente, en las instancias establecidas en la normativa vigente.
3. Es el Responsable Final ante la Autoridad de que dicha instalación cumpla los requisitos sísmicos establecidos en el presente Anexo.
4. Asegurar la participación de los Revisores Sísmicos que correspondan a las distintas etapas del diseño y construcción de la instalación.
5. Responsable de que el suministro y la construcción de la instalación sean consistentes con los documentos aprobados o validados por el Revisor Sísmico.



Funciones, Atribuciones y Obligaciones: Diseñador

Profesional responsable del diseño sísmico del elemento y/o equipo.

Para efectos del presente Anexo, se entenderá como “Diseñador” al:

- ✓ Diseñador del Equipo
- ✓ Diseñador de la Estructura de Soporte
- ✓ Diseñador de la Estructura Alta
- ✓ Diseñador de la Fundación
- ✓ Diseñador de la Obra Civil
- ✓ Otros según corresponda

Con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el presente Anexo, las **obligaciones del Diseñador** serán las siguientes:

1. Dar cumplimiento a las exigencias mínimas de diseño sísmico de las instalaciones contenidas en el presente Anexo.

2. Elaboración y entrega al Contratista o Propietario, según sea su Mandante, de toda la documentación necesaria que respalda el diseño realizado.

3. Ser un profesional con a lo menos 5 años de experiencia en el diseño sísmico de elementos del mismo tipo o similares del cual es responsable de diseñar y deberá estar debidamente identificado en todos los documentos que respaldan su diseño.

4. Para el diseño de estructuras, fundaciones y/u obras civiles, el Diseñador deberá tener su experiencia en Chile y deberá tener su Título Profesional; profesionales de nacionalidad extranjera deberán tener su Título convalidado en Chile conforme a la normativa vigente.

5. En el caso de que el Diseñador sea una Empresa o un Grupo de Profesionales, en cada uno de los documentos que respaldan el diseño se deberán identificar claramente al profesional responsable que cumple con los requisitos aquí señalados para realizar dicho diseño.

6. En el caso de los equipos eléctricos objeto del presente Anexo, el Diseñador que se identifique será el Fabricante del equipo.

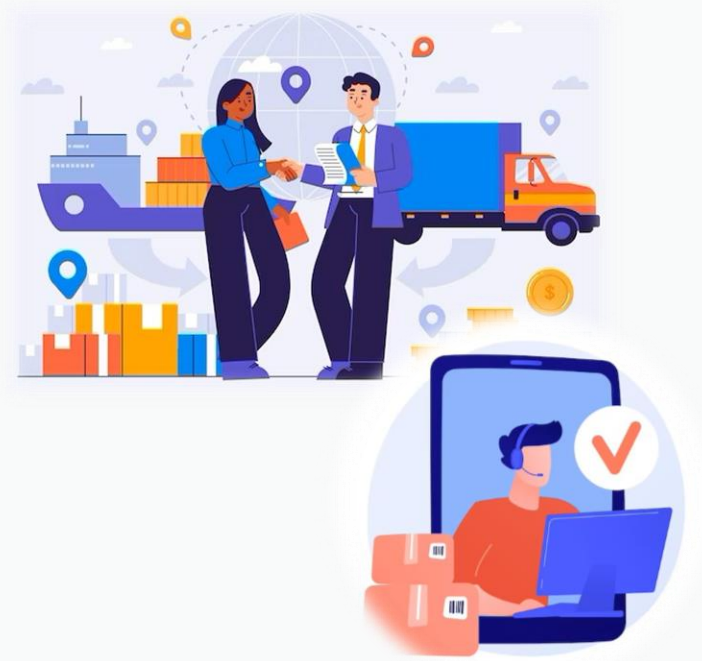
Funciones, Atribuciones y Obligaciones: Fabricante y Proveedor Equipo

El Fabricante corresponde al responsable del diseño y fabricación del Equipo Eléctrico.

El Proveedor corresponde al responsable del suministro del Equipo Eléctrico.

Con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el ATRS, las obligaciones del Fabricante y del Proveedor serán las siguientes:

1. **Ambos**: Dar cumplimiento a las exigencias mínimas de diseño sísmico de las instalaciones contenidas en el presente Anexo.
2. **Fabricante**: Responsable del Diseño Sísmico del Equipo, del Sistema de Fijación del Equipo a la estructura de soporte y del Sistema de Anclaje del Equipo a la fundación según corresponda.
3. **Ambos**: Entrega al Contratista o al Propietario, según sea su Mandante, de toda la documentación necesaria que respalda el diseño sísmico del equipo que fabrica o que provee, según corresponda.
4. Cuando el **Proveedor** es diferente del Fabricante, el Proveedor es responsable subsidiariamente del diseño sísmico del equipo al cual provee.



Funciones, Atribuciones y Obligaciones: Revisor Sísmico

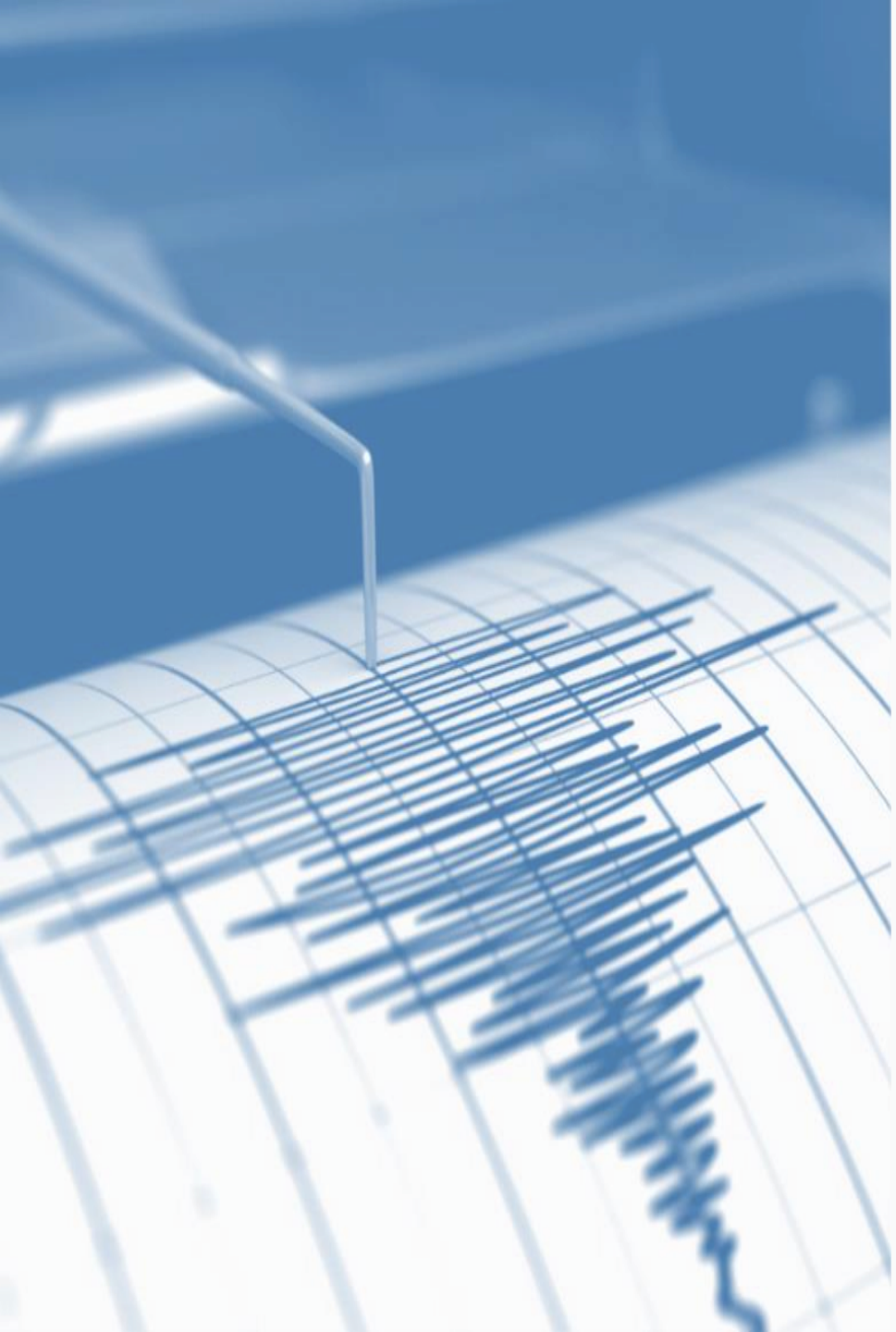
Profesional responsable de la revisión de que el diseño sísmico realizado por el Diseñador cumple con los Requisitos Sísmicos definidos en el presente Anexo.

Para efectos del presente Anexo, se entenderá como “Revisor Sísmico” al:

- ✓ Revisor Sísmico del Equipo
- ✓ Revisor Sísmico de la Estructura de Soporte
- ✓ Revisor Sísmico de la Estructura Alta
- ✓ Revisor Sísmico de la Fundación
- ✓ Revisor Sísmico de la Obra Civil
- ✓ Otros según corresponda.

Con el objeto de dar cumplimiento a lo establecido en el presente Anexo, las **obligaciones del Revisor Sísmico** serán las siguientes:

1. Revisar que el diseño sísmico realizado por el Diseñador cumple con las exigencias mínimas de diseño sísmico de las instalaciones contenidas en el presente Anexo.
2. El Revisor Sísmico deberá ser un profesional con a lo menos 8 años de experiencia en Chile en el diseño sísmico y/o revisión de diseños sísmicos de elementos del mismo tipo o similares y deberá tener su Título Profesional; profesionales de nacionalidad extranjera deberán tener su Título convalidado en Chile conforme a la normativa vigente.
3. El Revisor Sísmico deberá ser independiente del Diseñador, del Fabricante, del Proveedor y del Contratista.
4. Cuando el Propietario además tenga el rol de Diseñador, Fabricante, Proveedor o Contratista de la instalación, el Revisor Sísmico también deberá ser independiente del Propietario.
5. El Revisor Sísmico podrá ser más de un profesional en la medida en que la experiencia sísmica de un solo profesional no permita realizar la revisión sísmica de todos los Sistemas Estructurales definidos en este Anexo.
6. En el caso de que el Revisor Sísmico sea una Empresa o un Grupo de Profesionales, cada uno de los documentos que respaldan la revisión deberán identificar claramente al profesional responsable que cumple con los requisitos aquí señalados para realizar dicha revisión.



Sismo de Diseño

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

Características del sismo de diseño

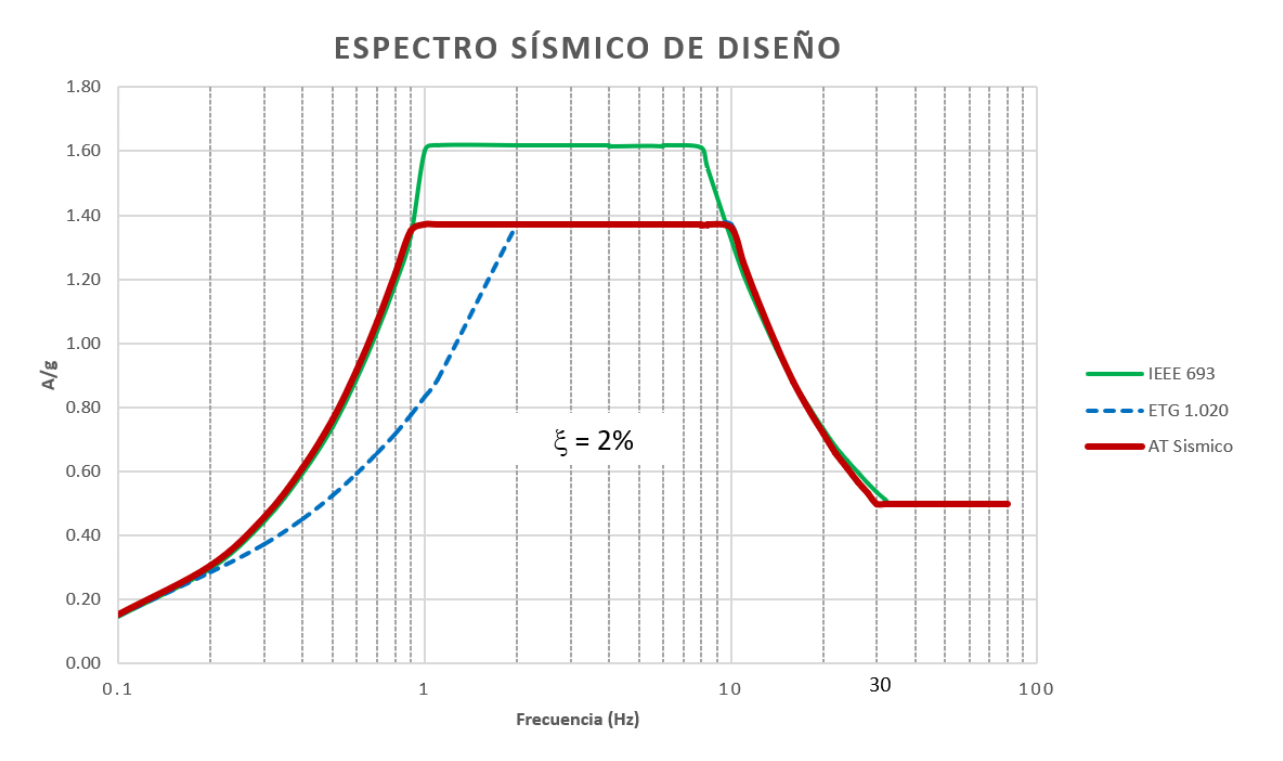
- ✓ Sismo para el cual se definen los requisitos sísmicos del presente Anexo.
- ✓ Corresponde al sismo que pudiendo generar daños en la instalación, estos daños no afectan la inmediata disponibilidad de operación de la instalación.
- ✓ Para el diseño de equipos y sus estructuras de soporte, así como para el diseño de estructuras del sistema de transmisión donde se vayan a instalar equipos, se deberá considerar valores máximos de aceleración, de velocidad y de desplazamiento horizontales en la superficie del terreno de:

Aceleración Basal "Ao" [a/g]	Velocidad "V" [cm/s]	Desplazamiento Horizontal "d" [cm]
0,5	50	25

- ✓ Si para el diseño de la instalación se ha realizado un Espectro de Sitio, el diseño sísmico debe cumplir igualmente con todos los requisitos y/o metodologías señaladas en el ATRS, siendo la única modificación el Espectro de Diseño, el cual en ningún caso podrá ser menor al Sismo de Diseño definido en el ATRS.

Espectro de Diseño

Espectro para el Sismo de Diseño y su rango de validez



$$\frac{S_a(f, A_o, \xi)}{g} = \begin{cases} A \cdot \dfrac{f}{0{,}9} & f < 0{,}9\ Hz \\ A & 0{,}9\ Hz \leq f \leq 10\ Hz \\ A_0 + (A - A_0) \cdot \dfrac{\left(\frac{30}{f} - 1\right)}{2} & 10\ Hz < f \leq 30\ Hz \\ A_0 & f > 30\ Hz \end{cases}$$

Donde:

$$A = 2{,}12 \cdot A_0 \cdot F_\beta$$

$$F_\beta = \frac{3{,}21 - 0{,}68 \cdot Ln(\xi)}{2{,}1156}$$

S_a: Aceleración del Espectro de Diseño

f: Frecuencia

ξ: Razón de Amortiguamiento [%]

A_0: Aceleración Basal.

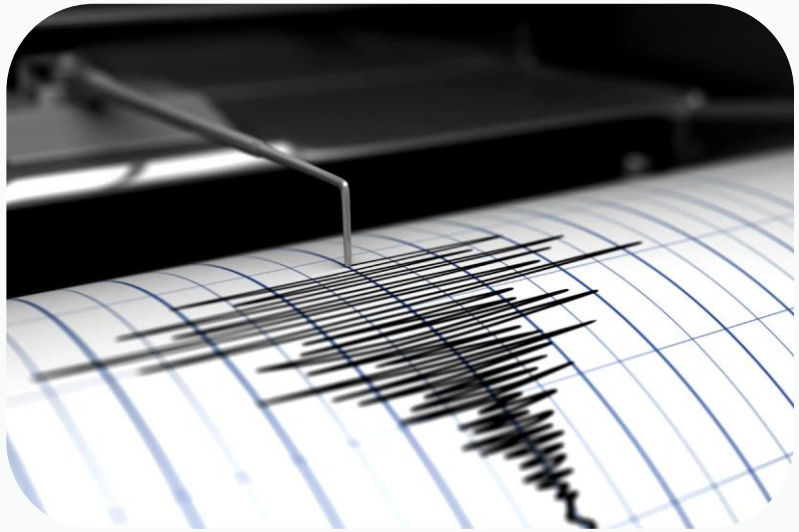
A: Aceleración máxima definida para el Espectro de Diseño y que depende de la Aceleración Basal "A_0" y de la Razón de Amortiguamiento "ξ".

Este Espectro está definido para una demanda sísmica a nivel de Tensiones Admisibles y es válido para suelos Tipo A @ Tipo D de acuerdo con la clasificación señalada en las Normas Sísmicas Nacionales.

Sismo de diseño: Casos Especiales

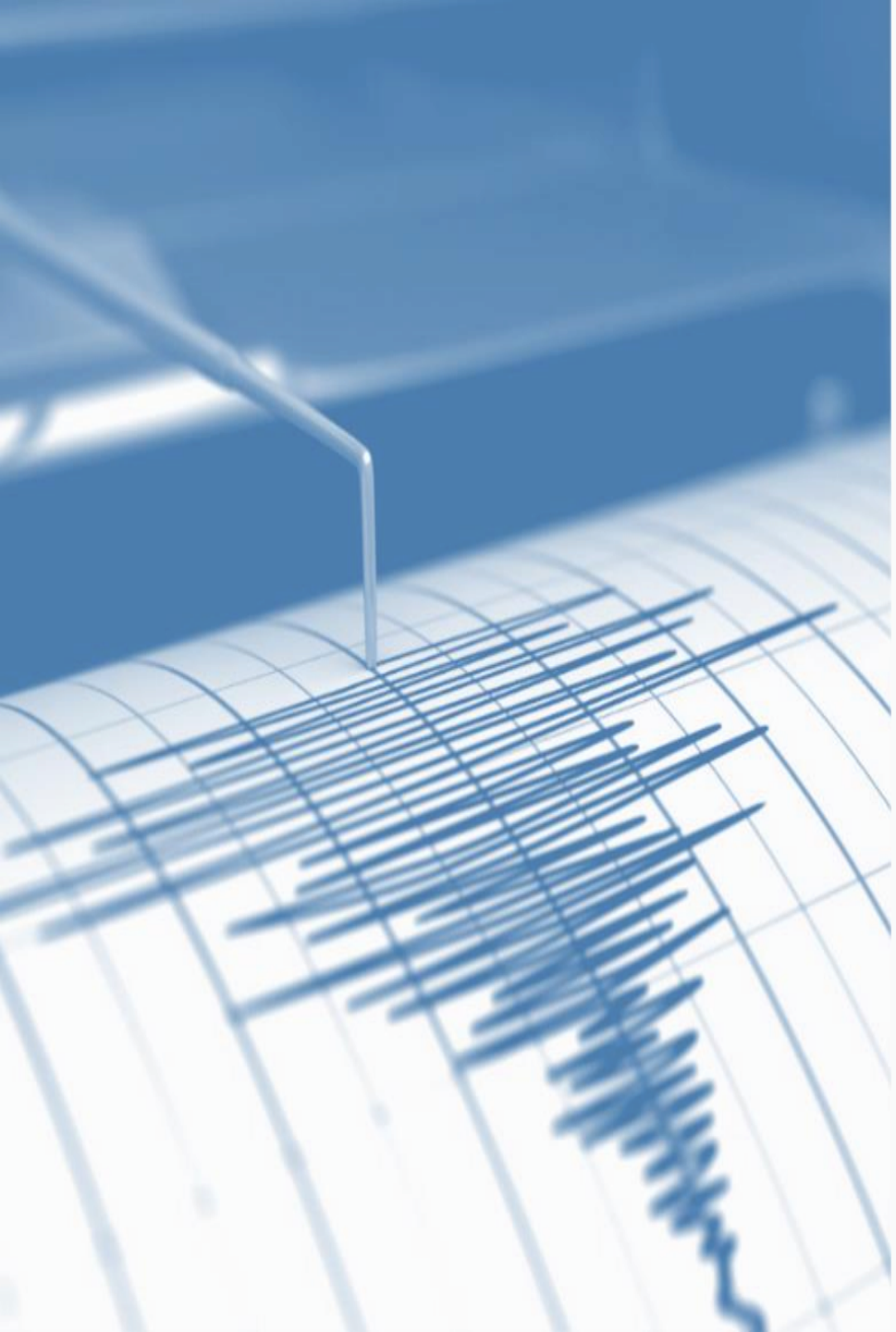
- ✓ Para el diseño de Fundaciones de Equipos se debe considerar el mismo Espectro de Diseño señalado anteriormente, pero para la aceleración máxima del suelo donde se ubica la instalación se debe utilizar los valores que se indican a continuación:

Zona Sísmica	Aceleración Basal "Ao"
3	0,5 g
2	0,4 g
1	0,3 g



- ✓ Para el diseño de otras obras civiles dentro de las subestaciones (Salas de Mando, Salas y Casetas de Control, Salas GIS, muros cortafuego, estanques, entre otras), las solicitaciones sísmicas de diseño serán las siguientes:

  - **Anexo Sísmico:**
    Factor de modificación de la Respuesta "R", Factor de Importancia "I".
  - **NCh 2369:**
    Zonificación, Clasificación de Suelo, Aceleración Basal, Espectro de Diseño, Razón de Amortiguamiento "ξ", tipo de análisis.
  - **Manual de Carreteras Volumen 3:**
    Empuje Sísmico sobre elementos subterráneos cuando corresponda.



Diseño Equipos Eléctricos

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

Equipos y como obtener la solicitación sísmica (E)

Ao = 0,5g
en la base del equipo

- ✓ **Equipos rígidos**: son los que tienen su frecuencia fundamental mayor o igual a 30 [Hz]. → Método Estático

- ✓ **Equipos semi-rígidos**: son los que tienen su frecuencia fundamental menor a 30 [Hz] y que se caracterizan por estar conformados por un elemento principal de gran masa y rigidez, normalmente anclado directamente a la fundación, y por elementos flexibles. Ejemplo: Transformadores y Reactores de Poder y similares. → Diferentes Métodos según sea la parte componente del equipo: Estático, Coeficientes Estáticos y Mesa Vibratoria

- ✓ **Equipos especiales**: equipos rígidos o no rígidos que requieren de un análisis sísmico especial debido a las particularidades de su comportamiento sísmico. Ejemplo: Subestaciones GIS(GIL) y Bancos de Condensadores (Compensación Serie, Reactores Shunt). → Principalmente Método Dinámico

Equipos y como obtener la solicitación sísmica (E)

Equipos flexibles: son los que tienen frecuencia fundamental menor a 30 Hz y que se caracterizan por tener masa pequeña en comparación a los equipos semi-rígidos y por tener desplazamientos laterales importantes debido a la acción sísmica, razón por la cual experimentan aceleraciones a lo largo de su altura mayores a las que experimenta en su base (amplificación dinámica).

Ao = 0,5g
en la base del equipo

Ejemplo: Equipos flexibles con simetría respecto a su eje vertical

Interruptores, Transformadores de Potencial y de Corriente, Aisladores de Soporte, Pararrayos y otros similares.

Sin sistema de amortiguación

Tensión	Solicitación Sísmica (E)	Requisitos
Equipo ≤ 36 kV	Método Estático Simplificado	Estructura de Soporte Rígida
36 kV < Equipo ≤ 550 kV	Método de Coeficientes Estáticos	Estructura de Soporte Rígida
36 kV < Equipo ≤ 550 kV	Mesa Vibratoria	Estructura de Soporte Flexible
Equipo > 550 kV	Mesa Vibratoria	

Con sistema de amortiguación

Tensión	Solicitación Sísmica (E)	Requisitos
Equipo < 170 kV	Método de Coeficientes Estáticos + Prueba de Oscilación Libre	Estructura de Soporte Rígida
170 kV < Equipo ≤ 245 kV	Método de Coeficientes Estáticos + Análisis Dinámico + Prueba de Oscilación Libre	Estructura de Soporte Rígida
36 kV < Equipo ≤ 245 kV	Mesa Vibratoria	Estructura de Soporte Flexible
Equipo > 245 kV	Mesa Vibratoria	

Aspectos generales del diseño equipo GIS

Equipos sensibles a los desplazamientos relativos entre sus distintos componentes por lo que normalmente tienen elementos diseñados para absorber dichos desplazamientos.

1. El diseño o verificación del cumplimiento de los requisitos sísmicos de los componentes del equipo deberá considerar la rigidez relativa de estas estructuras de soporte de manera de poder determinar correctamente los esfuerzos y desplazamientos de las diferentes partes del sistema.

2. El comportamiento sísmico del equipo está interrelacionado con su fundación y con el comportamiento sísmico del suelo donde se ubica la Instalación (onda sísmica superficial entre otros).

3. Es responsabilidad del Propietario señalar qué tipo de suelo debe considerar el Diseñador del Equipo de acuerdo con las particularidades de su proyecto.

Aspectos generales del diseño equipo GIS

4. Cuando las características propias del suelo donde se encuentra la instalación no permitan cumplir con los desplazamientos límites informados inicialmente por el Diseñador del Equipo, este Diseñador deberá incorporar elementos capaces de absorber los desplazamientos informados por el Diseñador Civil previo al término de la fabricación del equipo.

5. La correcta y oportuna coordinación entre el Diseñador del Equipo y el Diseñador de la Fundación es responsabilidad del Propietario para dar cumplimiento a este Anexo Técnico.

6. El Diseño de los Sistemas de Anclajes del Equipo GIS a la fundación es responsabilidad del Diseñador del Equipo y se deberá realizar de acuerdo con los aspectos generales y particulares definidos en el Anexo Técnico.

Diseño coordinado entre equipo GIS y su fundación

Responsabilidades del Diseñador de la GIS

- ✓ El diseño del Equipo de acuerdo con los requisitos del Anexo Sísmico.
- ✓ Entregar las reacciones.
- ✓ Entregar los desplazamientos horizontales y verticales máximos relativos que permite el equipo, incluyendo el efecto de la onda sísmica superficial sobre el suelo de ubicación de la instalación.
- ✓ Incorporar elementos capaces de absorber los desplazamientos requeridos por el Diseño Civil, u otro tipo de modificaciones en el equipo según él lo defina, cuando en el diseño de la fundación no sea factible cumplir con los desplazamientos máximos definidos previamente por él.

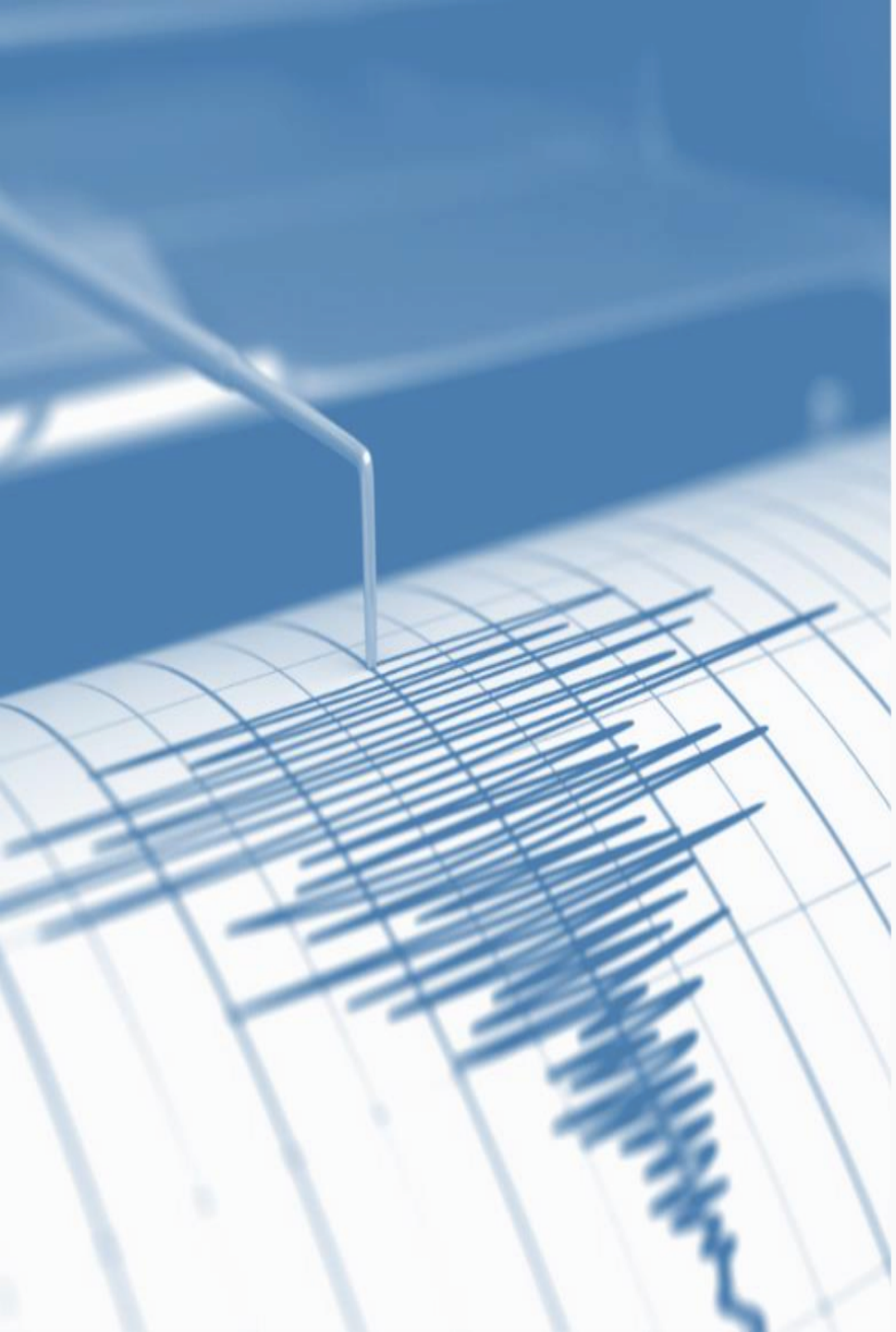
Responsabilidades del Diseñador de la Fundación

- ✓ Análisis y diseño de la fundación de acuerdo con los requisitos del Anexo Sísmico, incluyendo las deformaciones y desplazamientos debido a la flexibilidad propia del suelo de fundación y los desplazamientos debido a las ondas sísmicas superficiales.
- ✓ Coordinar con el Diseñador del Equipo, vía Propietario, los eventuales cambios que deberá tener el equipo de modo de poder realizar un diseño conjunto equipo y fundación que permita el correcto comportamiento del equipo durante las solicitaciones sísmicas.

Responsabilidades del Propietario

- ✓ Informar oportunamente al Diseñador del Equipo qué tipo de suelo debe considerar de acuerdo con las particularidades de del proyecto.
- ✓ La correcta y oportuna coordinación entre el Diseñador de la Fundación y el Diseñador del Equipo.

El equipo que se apruebe en fábrica debe cumplir con los requisitos definidos por el Diseñador del Equipo y por el Diseñador de la Fundación.



Diseño de Estructuras del Sistema de Transmisión

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

Equipos sobre estructuras cuya función es ser soporte de equipos

Estructura cuya función es ser soporte de Equipo = Estructura Baja

ab = Ao = 0,5g
en la base del equipo

Diseño Estructura/Fundación:

- ✓ Método Estático Civil
- ✓ Método Dinámico

Método simplificado que bajo ciertas restricciones se puede considerar que representa adecuadamente la distribución de los esfuerzos internos máximos cuando el sistema estructural está sometido a la acción sísmica.

Equipos sobre estructuras cuya función es ser soporte de equipos

Requisitos para Método Estático Civil se deben cumplir todos

R1: Fundación Tradicional

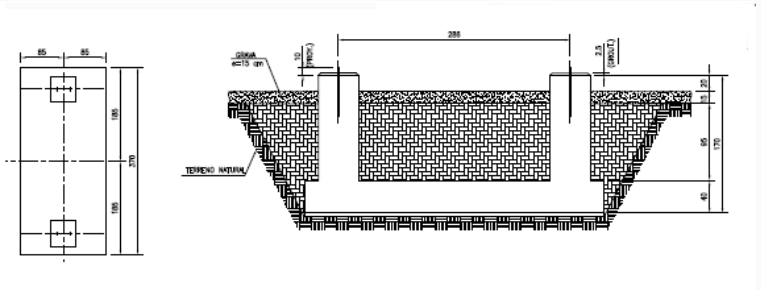
R2: Área Comprimida Fundación ≥ 80%

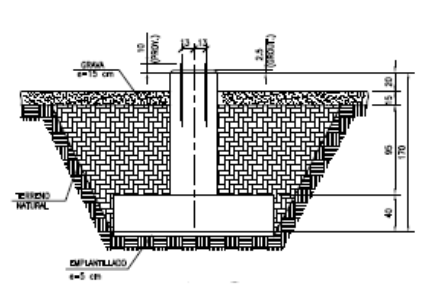
R3: Frecuencia Equivalente de la Estructura = 4*Feq ≤ 30Hz (min 15 Hz)

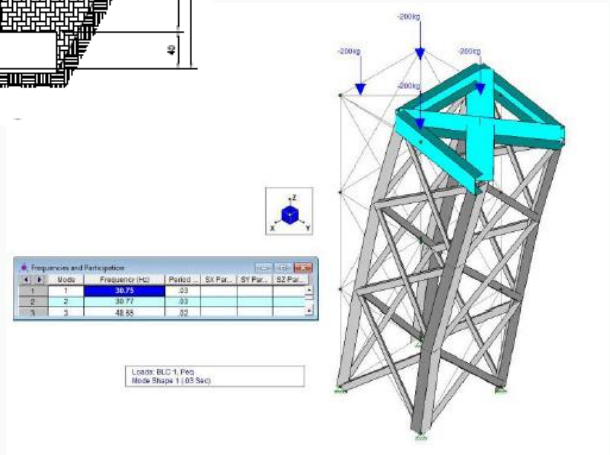
R4: Masa Equipo / Masa Estructura ≥ 0,6

Diseño con Método Estático Civil

- ✓ Modelo de análisis: estructura + fundación
- ✓ Requisitos de Rigidez para la sección local donde se fija el equipo.
- ✓ Resistencia estructura y fundación.







Equipos sobre estructuras cuya función es ser soporte de equipos

Diseño con Método Dinámico

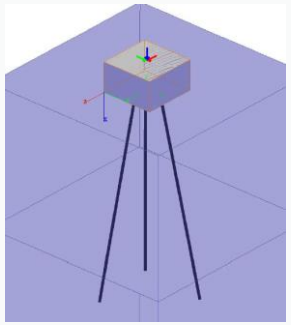
- ✓ Modelo de análisis: equipo + estructura + fundación + interacción suelo.

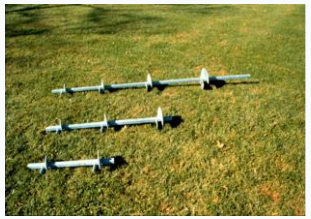
- ✓ Criterios de aceptación sobre el equipo a definir caso a caso.
    - Ejemplo: aceleración basal/centro gravedad, momento en la base, desplazamientos, amortiguación del sistema, etc.

- ✓ Criterios de aceptación sobre el equipo deben contar además con la aceptación del Revisor Sísmico de Equipos.

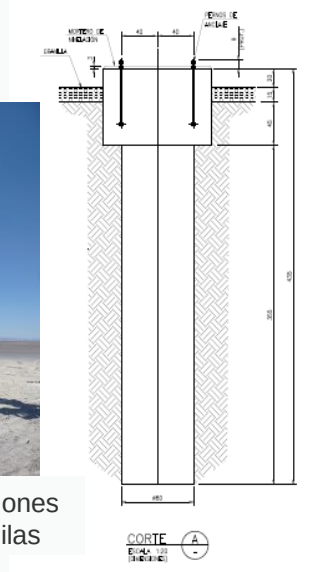
- ✓ Requisitos de Rigidez para la sección local donde se fija el equipo.

- ✓ Resistencia estructura y fundación.





Fundaciones con Micropilotes, Cáncamos o Barras Helicoidales



Fundaciones con Pilas

Equipos sobre estructuras cuya función no es ser soporte de equipos

Diseño Estructura cuya función no es ser soporte de Equipo

- ✓ Diseño de la Estructura debe cumplir que

- ✓ $A'_0 = A_k \cdot K_p$ Aceleración sísmica en la base del equipo ubicado en altura "K"

  A_k: Aceleración en el nivel de altura "K" y depende de la Aceleración Basal del suelo según Zonificación Sísmica en el lugar de emplazamiento.

  K_p: Factor de amplificación dinámica sobre el equipo debido a la sección local de la estructura donde se fija el equipo.

- ✓ Relación peso equipos + accesorios / peso total estructura con equipos

  < 25% ⇒ Método Estático

  Cargas sísmicas sobre el equipo amplificadas por Kh y Kv

  Cargas sísmicas sobre la estructura proporcional a su masa

  ≥ 25% ⇒ Método Dinámico

- ✓ Cargas de Operación de la estructura simultaneas con el Sismo.
- ✓ Limitaciones de desplazamientos.
- ✓ Requisitos de Rigidez para la sección local donde se fija el equipo.
- ✓ Resistencia estructura (y fundación).

Equipo: requisitos sísmicos para
A'o = Kh*Ao = 3*Ao = 3*0,5g en la base

Requisitos de diseño de fundaciones

1. Las fundaciones podrán ser: dados y zapatas aisladas, dados y zapatas corridas, losas de fundación, pilas, pilotes, micropilotes, ancladas en roca, parrillas metálicas, otros.

2. El diseño de las fundaciones se deberá realizar de acuerdo con los parámetros de diseño y recomendaciones señalados en el Informe de Mecánica de Suelos correspondiente al proyecto o Instalación.

3. El diseño de las fundaciones se deberá realizar de acuerdo con las reacciones que se obtengan del diseño de los respectivos equipos, estructuras u obras civiles a las cuales soportan, considerando las siguientes solicitaciones y sus combinaciones, según corresponda:

    1. Compresión, Corte, Volcamiento Uniaxial, Volcamiento biaxial.

    2. Tracción, Corte, Volcamiento Uniaxial, Volcamiento biaxial.

4. El diseño de las fundaciones deberá considerar los desplazamientos totales, desplazamientos relativos, giros y/o asentamientos máximos que permiten la estructura y/o el equipo para su normal funcionamiento u operación. Para el caso sísmico, estos desplazamientos, giros y/o asentamientos corresponden a los calculados considerando la fuerza sísmica sin reducir, es decir considerando un Factor de Modificación de la Respuesta de R=1.

5. El diseño de las fundaciones deberá considerar los requisitos de operatividad propios de la estructura y/o equipo que se está fundando.

Requisitos para la reutilización de estructuras de soporte y/o fundaciones existentes

Las estructuras y fundaciones existentes en una subestación que se quiera reutilizar para la instalación de un equipo diferente al que fue considerado en sus respectivos diseños igualmente deberán cumplir con los requisitos de diseño definidos en el presente Anexo para el nuevo equipo al cual soportarán, entendiéndose como nuevo equipo al equipo que es diferente al que fue considerado en el diseño.

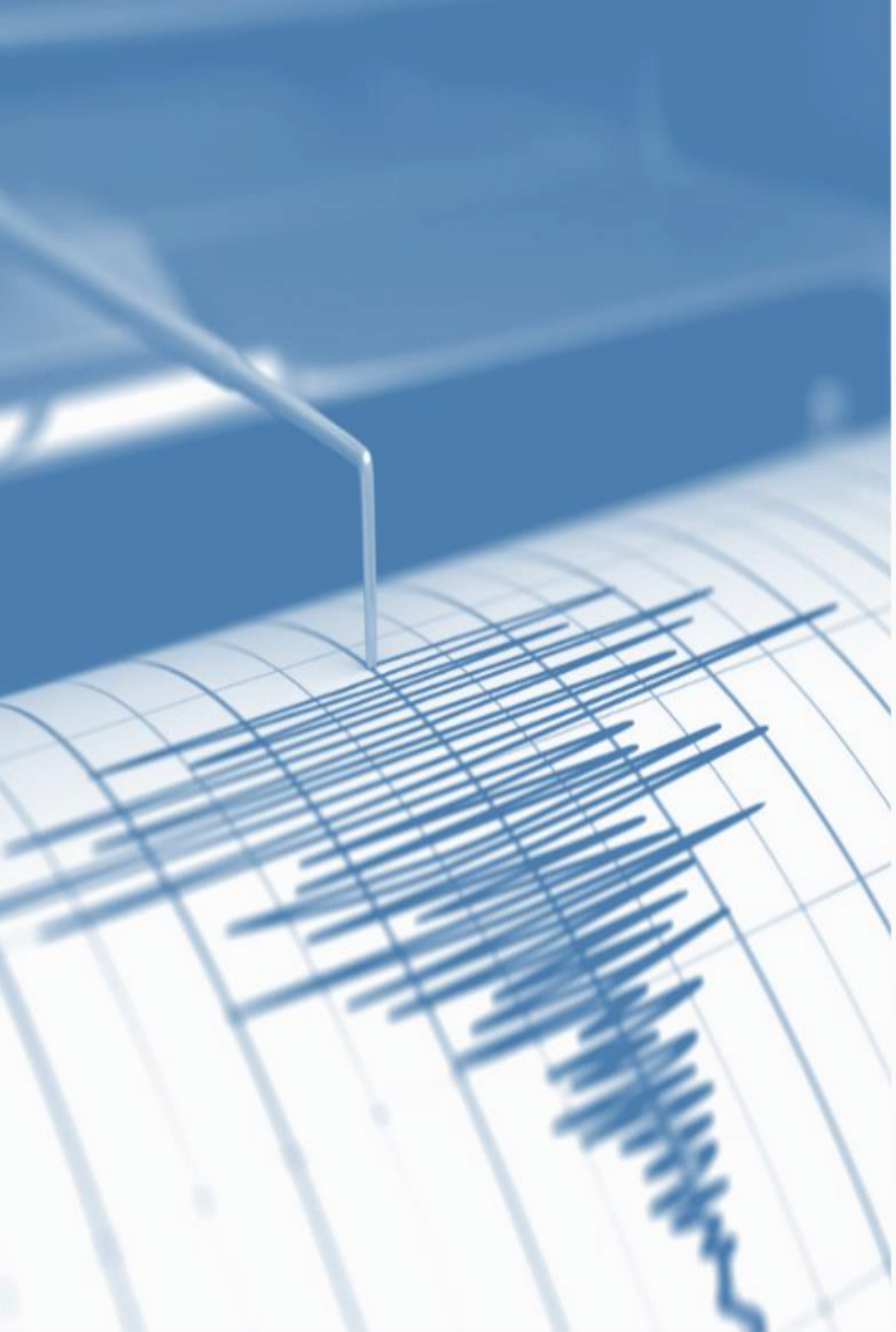
1. Cuando el análisis se realice mediante el Método Estático Civil y se concluya que la estructura y/o fundación existente no cumple con los requisitos definidos en el presente Anexo, se podrá realizar el análisis mediante el Método de Análisis Dinámico definido. En tal caso, la estructura y/o fundación existente deberán cumplir con los requisitos establecidos en el Título XXXIII del presente Anexo.

2. De no cumplirse con las condiciones establecidas en el ATRS, la estructura de soporte y/o la fundación no cumplen con las condiciones establecidas en el presente Anexo para aceptar su utilización como soporte del nuevo equipo y deberán ser reforzadas o reemplazadas según corresponda.

Factor de Modificación de la Respuesta "R"

Nº	Elemento a diseñar	"I_E"	"R"
1.	Equipos Eléctricos en general, incluidos GIS/GIL e incluidas estructuras de soporte de partes del Equipo que se fijan o unen directamente al Equipo principal	1	1
2.	Estructuras de soporte de material dúctil sin redundancia estructural	"I_E" del Equipo	1,5
3.	Estructuras de soporte de material dúctil con redundancia estructural	"I_E" del Equipo	Máximo 3
3.1	Estructuras reticuladas de acero autosoportadas que cumplen Criterio de Rigidez Global según Artículo 122	"I_E" del Equipo	3
3.2	Estructuras reticuladas de acero autosoportadas que no cumplen Criterio de Rigidez Global según Artículo 122	"I_E" del Equipo	Máximo 2
3.3	Estructuras de soporte horizontales en voladizo con a lo menos 3 puntos de apoyos	"I_E" del Equipo	2
3.4	Estructuras de soporte de Marcos de Acero	"I_E" del Equipo	3
3.5	Estructuras de soporte de Marcos de Hormigón Armado	"I_E" del Equipo	2
4.	Estructuras de soporte tubulares, incluidos los monopostes de acero	"I_E" del Equipo	1,5
5.	Otras Estructuras de Soporte de Equipos Eléctricos	"I_E" del Equipo	A definir por el Diseñador

Nº	Elemento a diseñar	"I_E"	"R"
6.	Sistemas de Anclaje:		
6.1	Pernos de anclaje embebidos en hormigón (pre-instalados)	"I_E" del Equipo	2
6.2	Pernos de anclaje post-instalados para estructuras de soporte diseñadas de acuerdo con el Artículo 109	"I_E" del Equipo	2
6.3	Pernos de anclaje post-instalados para equipos y para estructuras distintas a las señaladas en 6.2	"I_E" del Equipo	1
6.4	Soldadura a placas embebidas	"I_E" del Equipo	1
6.5	Sistemas de Anclaje con un único punto de traspaso de fuerza	"I_E" del Equipo	1
6.6	Otros elementos de los Sistemas de Anclajes descritos en el Título XXX	"I_E" del Equipo	2
7.	Fundaciones:		
7.1	Hormigón armado del tipo superficial	"I_E" del Equipo	3
7.2	Micropilotes / Barras Helicoidales	"I_E" del Equipo	1
7.3	Pilas de Hormigón Armado	"I_E" del Equipo	2
7.4	Losa GIS / Losa Compensación Serie	"I_E" del Equipo	3
8.	Sistema Estructural Rígido	"I_E" del Equipo	1

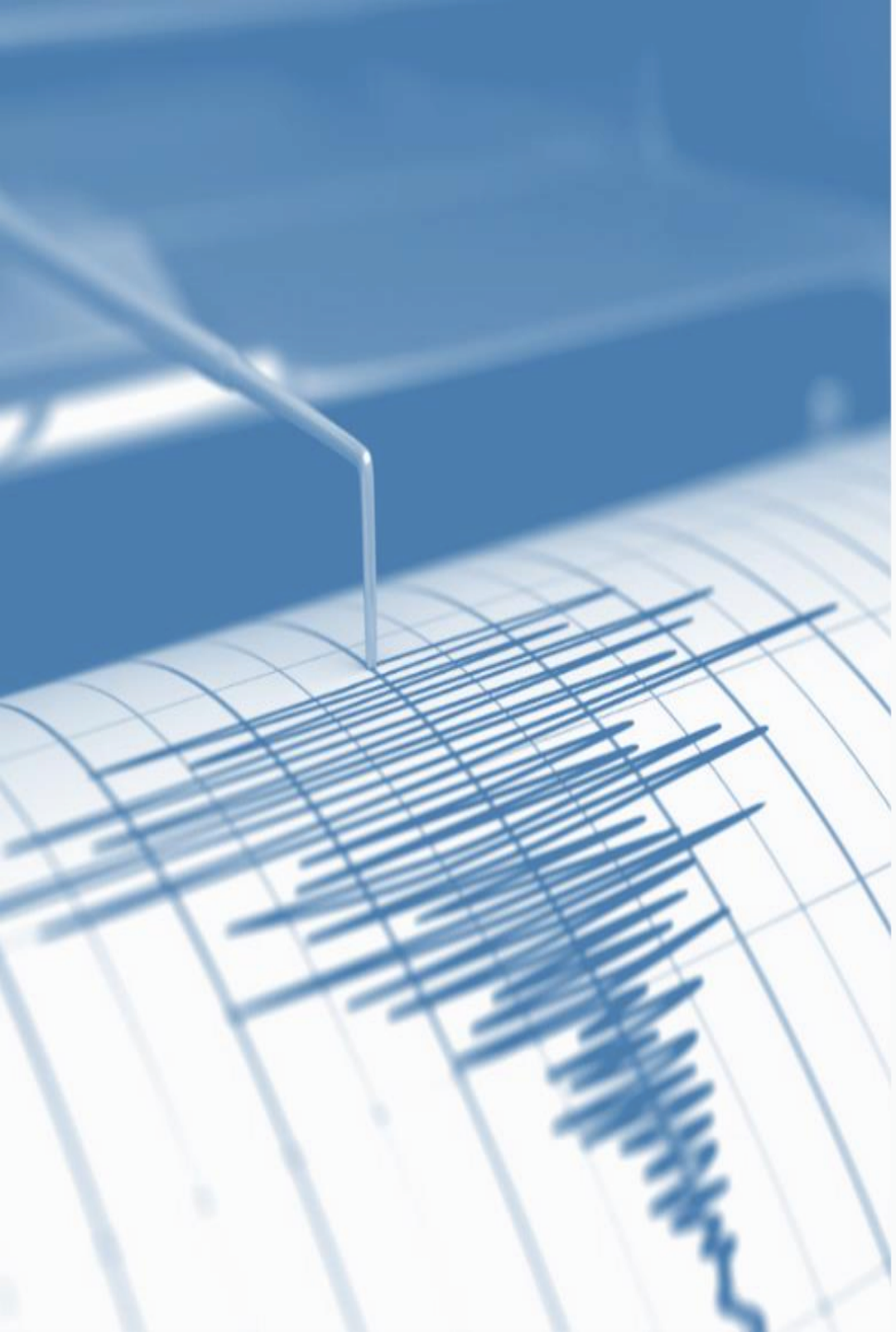


Artículos Transitorios

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

Objetivos

1. **Eximir** de los requisitos del Anexo Técnico a las **instalaciones existentes, obras nuevas o ampliaciones decretadas y autorizadas**.
2. Evitar que cualquier **instalación existente** o sus **ampliaciones deterioren** las **condiciones sísmicas existentes** previo a la obra de ampliación.
3. Conocer el **comportamiento del sistema eléctrico** frente a un sismo de las características de las definidas en este Anexo, así como el **grado de cumplimiento** de las instalaciones existentes respecto a este Anexo Técnico.
4. **Evitar** que el **número** de **instalaciones** de las cuales **no se conocen** sus características de diseño sísmico **aumente**.

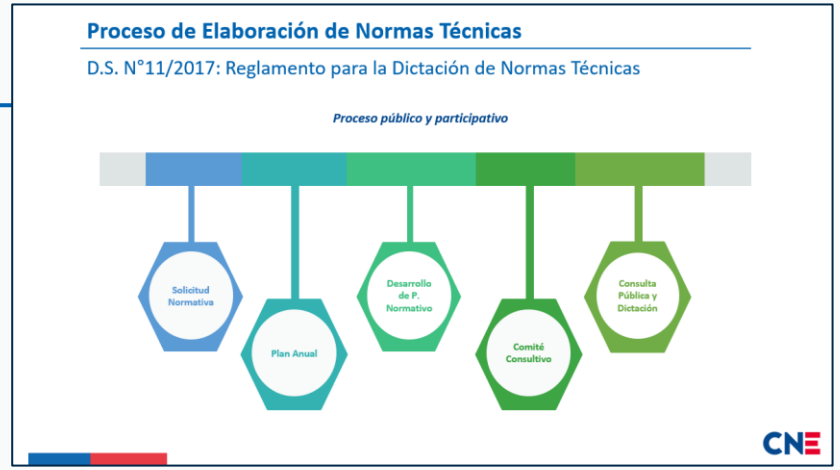


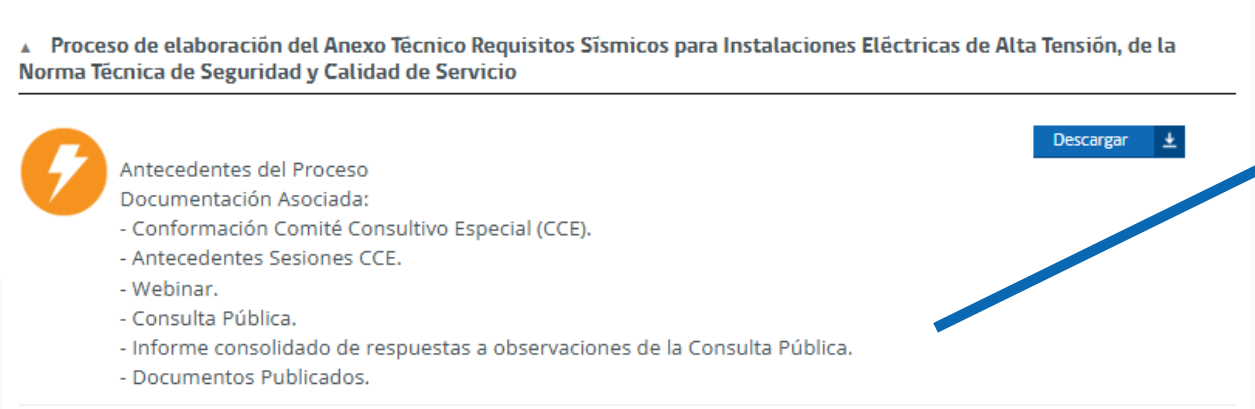
Respuestas a Consultas recibidas al 10 de abril 2025

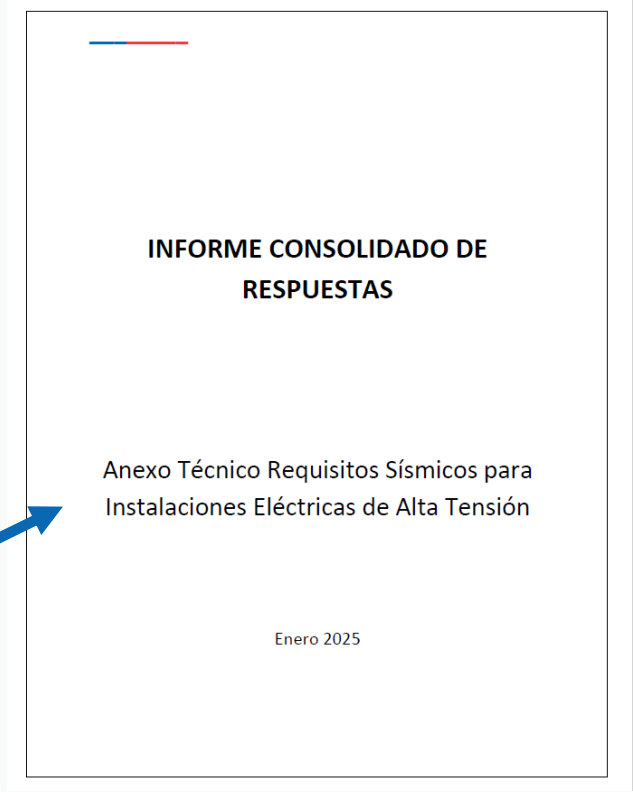
COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA

Documentos integrantes del Proceso

https://www.cne.cl/normativas/electrica/procesos-normativos-cerrados/







Consultas recibidas al 10 de abril 2025

Identificación	Consulta	Respuesta
Artículo 23 Artículo 204 Registro de Aceleraciones	Qué sucederá con los equipos ya calificados sísmicamente bajo una normativa internacional que hayan utilizado registros de aceleraciones que no cumplen con los requisitos establecidos en la NTSyCS 2025? (duración del strong motion, por ejemplo)	1) En relación al cumplimiento de este Anexo para instalaciones existentes y/o equipos calificados previamente mediante otras normas sísmicas, ver respuesta a consulta al Artículo 19. 2) Se debe tener en consideración la realización del Estudio de Estado de Situación solicitado en el Título XXXVI de Artículos Transitorios.
Artículo 205 Disposiciones Transitorias	Qué pasa cuando en un proyecto de ampliación que debe ponerse en servicio, el propietario (un tercero) no suministre la información o el plazo para entregar la información no sea compatible con la fecha de puesta en marcha del proyecto de ampliación, situación típica de ampliación de un paño en una subestación existente.	Se analizará dicha situación caso a caso según sean los antecedentes aportados previamente por el Propietario de la Ampliación.
General	En que quedan los documentos: CIGRE, ETG de Transelec, de ENDESA, ¿serían solamente de apoyo?, ¿se podría dejar de nombrarlas en las memorias de cálculo y especificaciones?	Quedan como documentos de apoyo en todo aquello que no contradiga los requisitos de este Anexo.

Consultas recibidas al 10 de abril 2025

Identificación	Consulta	Respuesta
Artículos 10 al 15	Obligaciones de los distintos involucrados	1) No hay una consulta específica 2) Las obligaciones generales están definidas en el Título III. 3) Las obligaciones particulares están señaladas en los distintos artículos del Anexo, según corresponda.
Revisor Sísmico	Acreditación de requisitos y responsabilidades	1) Las obligaciones generales, incluyendo los requisitos que debe cumplir el Revisor Sísmico, así como el Diseñador Sísmico, están definidas en el Título III. 2) Las obligaciones particulares están señaladas en los distintos artículos del Anexo, según corresponda. 3) La responsabilidad de que el Revisor Sísmico y el Diseñador Sísmico cumplan con lo señalado en el Anexo es del Propietario (Artículo 10). 4) La responsabilidad de verificar que el Diseñador y el Revisor cumplan con la experiencia es del Coordinador, para lo cual podrá pedir al Propietario toda la documentación que sea necesaria (Artículo 9).

Consultas recibidas al 10 de abril 2025

Identificación	Consulta	Respuesta
Artículo 19 Espectro de Diseño	En el caso de intentar homologar, bajo los requisitos de la NTSyCS 2025, calificaciones sísmicas existentes llevadas a cabo bajo normativas internacionales, cómo se hará con la comparación de espectros de diseño en el caso de que éstos presenten diferentes períodos de retorno?	1) La validación que se debe hacer no es una comparación de espectros. 2) La validación corresponde a demostrar que la instalación, independiente de qué norma se haya utilizado para su validación sísmica, cumple con los requisitos de este Anexo, es decir: • Resiste las cargas sísmicas de éste Anexo • Resiste las cargas sísmicas + las cargas simultáneas con el sismo señaladas en este Anexo • La metodología de validación sísmica cumple con este anexo • Etcétera
Artículo 43.10 Mesa Vibratoria	¿Cuál será el criterio para considerar válidos los acelerogramas sintéticos a utilizar para el ensayo de mesa vibratoria?	1) Definir criterios sobre acelerogramas sintéticos no es parte del alcance de este Anexo toda vez que es un requisito específicamente sísmico y que entra dentro del mismo contexto de la Zonificación Sísmica país, la Clasificación Sísmica del suelo, etc. 2) El Revisor Sísmico de Equipos es quien debe validar el Diseño Sísmico del Equipos, ya sea que este diseño/validación sea mediante método estático, método dinámico, mesa vibratoria u otro que sea definido.

Consultas recibidas al 10 de abril 2025

Identificación	Consulta	Respuesta
Artículo 141 Requisitos generales para las fundaciones	Se refiere al uso de la fuerza sísmica sin reducir ¿Esto consideraría entonces el diseño de la fundación siempre con R = 1 y de descartar el uso de R = 3? El Artículo 141 especifica claramente que para el análisis de desplazamientos, se debe utilizar un factor de modificación de respuesta (R) igual a 1, indicando que los desplazamientos y asentamientos deben calcularse con la fuerza sísmica completa, sin reducción; "desplazamiento de la fundación" es lo mismo que "deslizamiento de la fundación"? Usamos en diseños R=3 para el análisis de estabilidad de fundaciones, cómo se justifica que sea R=3 y no R=1 como cita el artículo 141?	La fuerza sísmica a la que está sometido un elemento es la que se obtiene directamente del Espectro, con o sin Factores de Amplificación Kh y/o Kv, según corresponda. Todos los desplazamientos, giros, asentamientos, etc. que tendrá el elemento son debido a la dicha fuerza sísmica; esto incluye el deslizamiento. La utilización de un Factor R=3 para la verificación de resistencia al deslizamiento de la fundación está limitado solo para fundaciones tradicionales que se diseñan considerando el Método Estático Civil del Título XXVII por ser este un Método Especial, desarrollado explícitamente para un sistema de fundación tradicional + estructura que cumple criterio de rigidez + equipo representado como masa puntual a la altura de su centro de gravedad, y que ha tenido un buen comportamiento desde 1987.
Artículo 32 Combinaciones de Carga	Combinaciones de carga ASD y LRFD consideran condición ambiental CAs, en concurrencia con sismo E. Eso parece conservador, en comparación con combinaciones de norma chilena NCh3171:2017 Diseño Estructural. Disposiciones Generales y Combinaciones de Carga	1) La NCh 3171 no aplica a las Instalaciones Eléctricas. 2) Las combinaciones de carga para el diseño de las instalaciones eléctricas están definidas en los Anexos Técnicos publicados por la Comisión y los Pliegos Técnicos por la Superintendencia, que corresponda. 3) La solicitación CAs dice claramente que es para las solicitaciones meteorológicas que son simultáneas con el sismo, por lo tanto aplica en esos casos y con los valores de carga que le corresponda a ese caso. 4) En complemento, ver respuestas ID 29, 61, 83 y 229 en el Informe Consolidado de Respuestas.

Consultas recibidas al 10 de abril 2025

Identificación	Consulta	Respuesta
Artículo 129 Requisitos generales para los Sistemas de Anclaje	Se entendería del artículo que Qb es reducido por el factor R, según la definición del Qb del Art. 105. Además, pareciera ser muy restrictivo que el corte limitado a 50 kN, para no utilizar llaves o topes, al comparar el corte "total", mientras que otras normas, como la NCh2369:2023 en 8.5.3, sólo hace esa restricción para el corte en el "apoyo". Esto llevaría por ejemplo a especificar topes en equipos BESS.	1) En relación a los Equipos BESS, la referencia al uso de la NCh 2369 del numeral 1 del Artículo 89 es para las Salas, en este caso, las Salas de Control del sistema de almacenamiento. 2) Las BESS actuales son tipo contenedor donde todo está integrado, en consecuencia, ese conjunto es el Equipo, por lo que R=1 y aplica el numeral 2. del Artículo 89, con lo cual el diseño de los Anclajes debe realizarse de acuerdo con el Artículo 88, el cual refiere al Título XXX para el diseño de los Anclajes. 3) Efectivamente, los anclajes de las BESS requieren de llaves de corte y/o topes sísmicos tal y como los requieren los anclajes de los Transformadores de Poder porque son equipos de mucho peso. 4) Se debe tener presente que los requisitos de este Anexo se han definido para cumplir con el Alcance señalado en el Artículo 3: disponibilidad de operación después del sismo. En este caso particular: disponibilidad de operación de las BESS.

Seminario
Anexo Técnico de Requisitos Sísmicos

16 de abril 2025

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA