



MEMORIA DE CÁLCULO

PROYECTO PALMUCHO

CAVERNA DE MÁQUINAS

BASES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

04420-03-30-IICR-MCA-001 V1

MAYO 2005




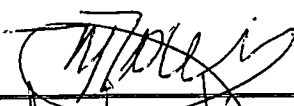
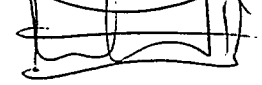



DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS
Centro de Información Recursos Hídricos
Área de Documentación

MEMORIA DE CÁLCULO

PROYECTO : CENTRAL PALMUCHO
OBRA : CAVERNA DE MÁQUINAS
PARTE DE OBRA :
TÍTULO : BASES DE DISEÑO ESTRUCTURAL
FECHA DE EDICIÓN : Mayo de 2005

APROBADO
Res: 856 de 15.6.05
Depto. Adm. de Recursos Hídricos
DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS

 ingendesa		
DOCUMENTO	04420-03-30-IICR-MCA-001 Versión 1	
EJECUTÓ	Mauricio Toledo R.	
REVISÓ	Leonardo Bustamante V.	
APROBÓ	Gonzalo Chamorro S.	

INDICE

1.	ALCANCE	1
2.	DISEÑO DE OBRAS CIVILES.....	1
2.1.	TIPO DE ESTRUCTURAS	1
2.2.	DISEÑO ESTRUCTURAL BASICO AVANZADO	1
2.3.	ANTECEDENTES GEOTECNICOS	5
2.4.	DISEÑO DE OBRAS DE HORMIGON	5
2.4.2.	Normas	5
2.4.3.	Materiales.....	6
2.5	DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE EN ROCA	10
2.6	DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS.....	11
2.7.	BLINDAJES.....	16
3.	DISEÑO SISMICO DE OBRAS CIVILES.....	17
3.1.	ALCANCE	17
3.2.	GENERALIDADES	17
3.3.	METODO DE ANALISIS	17
3.4.	SOLICITACIONES SÍSMICAS EN OBRAS EXTERIORES	18
3.5.	SOLICITACIONES SISMICAS EN OBRAS SUBTERRANEAS	19
3.6.	MUROS DE SOSTENIMIENTO.....	20
3.7.	EDIFICIOS.....	21

APROBADO

Res: NCA Ex B56/2005
Depto. Adm. de Recursos Hídricos
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

**MEMORIA DE CALCULO
04420-03-30-IICR-MCA-001 V1**

**CENTRAL PLAMUCHO
CAVERNA DE MAQUINAS**

BASES DE DISEÑO ESTRUCTURAL

1. ALCANCE

En este documento se establecen las bases generales que deberán aplicarse en el diseño estructural de las obras civiles de hormigón, estructuras metálicas y los blindajes en la etapa de diseños básico avanzado de la Central Palmucho. Servirá además en la etapa de proyecto de detalle para el diseño de las obras, con las complementaciones que sean necesarias, y para fijar las Bases de Cálculo Particulares de las diferentes partes de obras.

Este contiene las normas y especificaciones aplicables, los métodos de dimensionamiento, los estados de carga que se deberán aplicar a las obras de la caverna máquinas.

2. DISEÑO DE OBRAS CIVILES

2.1. TIPO DE ESTRUCTURAS

En general las obras serán de hormigón armado y alternativamente pueden ejecutarse algunas estructuras metálicas de acero.

2.2. DISEÑO ESTRUCTURAL BASICO AVANZADO

El nivel de los diseños estructurales corresponde a la etapa de diseños básico avanzado, el diseño detalles será de responsabilidad del Contratista de Construcción. El diseño básico avanzado incluye: los hormigones de 1ª, 2ª, 3ª y 4ª etapa indicados en los planos.

El diseño básico avanzado no incluye los sistemas de apoyo y anclaje y de las estructuras de soporte de todos los equipos que él adquiera para ENDESA. Este diseño de detalles será responsabilidad del Contratista de Construcción.

APROBADO
Res: *MD. Ex BSG/2005*
Depto. Adm. de Recursos Hídricos
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

El proyecto estructural del diseño básico avanzado, incluye en general, los documentos que se indican en el siguiente listado:

2.2.1. Planos

2.2.1.1. Planos de disposición general

En donde se muestra la disposición general de las obras y equipos de la caverna de Máquinas.

2.2.1.2. Planos de excavación

Con indicación de dimensiones, cotas de nivel, taludes, sistemas de sostenimiento de la roca, pernos de anclaje de revestimiento cuando éste sea necesario, sistema de drenaje. Estos planos podrán formar parte de los planos de dimensiones.

2.2.1.3. Planos de dimensiones

Con indicación de las dimensiones de todos los elementos estructurales, a nivel de diseño básico avanzado, de las Obras Civiles que sean necesarios para la instalación y el montaje de los equipos. Se indicarán en estos planos las etapas constructivas (1a, 2a, 3a y 4a de hormigones).

En los cortes transversales, debe indicarse claramente la ubicación de las fundaciones.

Por otra parte, contienen el detalle de los distintos tipos de juntas (JD: junta de dilatación, JC: junta de construcción y JH: junta de hormigonado).

2.2.1.4. Planos de hormigón armado

Planos de enfierradura

Con indicación de la disposición e individualización de todas las armaduras a nivel de diseño básico avanzado. Se indicará las cuantías de acero, el recubrimiento de las armaduras, clases de acero y de hormigón.

Listas de enfierraduras

Las listas de armaduras no forman parte del diseño básico avanzado.

APROBADO
Res: NGA.Ex B 56/2005
Depto. Adm. de Recursos Hídricos
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

Será de responsabilidad del Contratista de Construcción la ejecución de los planos con lista de enfierraduras, en donde se deberá entregar en forma detallada la forma, dimensiones, cantidad y peso de las armaduras. Según la importancia de la obra, pueden ir en un plano separado o bien formar parte del plano de enfierradura.

2.2.1.5. Planos de hormigón armado

Planos de diseño

Con indicación de la disposición general y dimensiones de la estructura, de las dimensiones y calidad de los perfiles, a nivel de diseño básico avanzado.

Será de responsabilidad del Contratista de Construcción la ejecución de los planos de detalles, los que incluirán la disposición general y dimensiones de la estructura, de las dimensiones y calidad de los perfiles de los detalles de las uniones soldadas y apernadas, de los anclajes y conectores de placas de apoyo, del tratamiento previo y pintura de las superficies, etc.

Planos de montaje

Los planos de montaje no forman parte del diseño básico avanzado.

Será de responsabilidad del Contratista de Construcción la ejecución de los planos con indicaciones de su secuencia y de todos aquellos antecedentes e indicaciones que permitan el correcto montaje de la estructura.

Planos de fabricación

Los planos de fabricación no forman parte del diseño básico avanzado.

Será de responsabilidad del Contratista de Construcción la ejecución de los planos de fabricación. Esto deberán tener indicación de todas las dimensiones y detalle de los elementos constitutivos de la estructura para su correcta fabricación. Estos planos incluyen la correspondiente lista de materiales y su cubicación.

2.2.2. Memorias de Cálculo

Los cálculos estructurales, serán presentados en la forma de Memorias de Cálculo y expresados en el sistema métrico.

Se usarán procedimientos habituales de la ingeniería para el dimensionamiento de las obras y sus partes, cumpliendo con las normas establecidas y las buenas prácticas de la ingeniería.

La Memoria de Cálculo debe permitir visualizar con claridad y seguir la forma en que se han planteado y resuelto los problemas de estabilidad y diseño estructural.

El contenido de las Memorias de Cálculo es básicamente el que se detalla a continuación:

- Descripción somera o esquema de la obra (o referencia a planos en que está definida).
- Antecedentes:
 - Relación de los planos e informes técnicos que contiene la información de terreno (topografía, geología, geotecnia, etc.)
 - Relación de los planos y documentos de los proyectos eléctrico y mecánico
 - Otros antecedentes
- Criterios de diseño y bases de cálculo
 - Cargas normales
 - Cargas eventuales
 - Combinaciones de cargas y coeficientes de seguridad
 - Normas y Recomendaciones de cálculo
 - Criterios de estabilidad y diseño estructural
 - Materiales por emplear en los diferentes elementos
 - Antecedentes constructivos que condicionaron el diseño (etapas de hormigonado, etapas de excavación, etc.)
- Desarrollo del cálculo

Resolución de los problemas de estabilidad y resistencia de materiales mediante el uso de fórmulas, métodos de cálculo o programas de

computación. Se ilustrará con los diagramas y figuras que sean necesarios para su fácil comprensión y revisión.

En el caso que se empleen programas computacionales, se indicará el nombre del programa, el cálculo de los datos de entrada y los resultados del proceso.

Deberá identificarse claramente la fuente (libro u otra publicación) de donde provengan las fórmulas o métodos que sean poco usuales.

Los resultados del cálculo se presentarán en cuadros resumen ilustrados con las figuras correspondientes.

2.3. ANTECEDENTES GEOTECNICOS

Para el diseño de fundaciones y apoyos en la roca se debe considerar que la tensión de compresión no debe superar 50 kgf/cm^2 .

2.4. DISEÑO DE OBRAS DE HORMIGON

2.4.1 General

El diseño de las obras de hormigón se hará de acuerdo con el Código de Diseño de Hormigón Armado, 1ª Edición, editado por CChC-ICH-CDT, basado en el ACI318-99 "Building Code Requirements for Reinforced Concrete".

Las dimensiones de las estructuras serán expresadas en las unidades del sistema métrico.

Los refuerzos y las barras de anclaje serán designadas en el sistema métrico, dando sus diámetros nominales en milímetros.

Cada estructura deberá ser diseñada para resistir las cargas normales y eventuales sin exceder las condiciones de resistencia y deformabilidad prescritas en las normas.

2.4.2. Normas

Se deberán usar las últimas ediciones de las siguientes normas en lo que no se contrapongan a estas Bases de Diseño:

2.4.2.1. Normas chilenas oficiales

NCh 431 Of. 77	Sobrecargas de nieve
NCh 432 Of. 71	Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones.
NCh 1537	Diseño estructural de edificios. Cargas permanentes y sobrecargas de uso.
NCh 433	Diseño Sísmico de Edificios.
NCh 429	Hormigón Armado. I Parte.
NCh 430	Hormigón Armado. II Parte.
NCh 200	Productos Metálicos. Ensayo a tracción.
NCh 204	Acero laminado para Hormigón Armado.
NCh 210	Acero. Barras con resalte para hormigón armado. Requisitos de los resaltes.
NCh 211	Barras con resalte en obras de para hormigón armado.
NCh 211	Barras con resaltes en obras de hormigón armado
NCh 434	Barras de acero de alta resistencia en obras de hormigón armado.
NCh 519	Acero. Barras con resalte de alta resistencia para hormigón armado.

2.4.2.2. Normas extranjeras

ACI 307	Specification for design and Construction of Reinforced Concrete Chimneys.
ACI 318	Building Code Requirements for Reinforced Concrete.
ACI 322	Building Code Requirements for Structural Plain Concrete.
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).
U.S. Bureau of Reclamation	– Concrete Manual.

En los casos en que sea necesario, éstas normas se complementarán con otras de reconocido prestigio, tales como las CEB, DIN 1045, etc.

2.4.3. Materiales

2.4.3.1. Hormigón

Se usará hormigón H25 y H30 (según NCh 170) cuya resistencia cúbica característica es de 250 kgf/cm² y 300 kgf/cm², respectivamente, medida a los 28 días.

Para emplantillado se usará hormigón H10 (según NCh 170) cuya resistencia cúbica característica es de 100 kgf/cm², medida a los 28 días.

2.4.3.2. Acero

Se usará acero A63-42H (según NCh 211 y NCh 434) cuya tensión de fluencia es 4200 kgf/cm².

2.4.4. Cargas

2.4.4.1. Cargas de Peso Propio

Se deben considerar las siguientes cargas permanentes:

Peso propio de la estructura, pisos, techos, muros divisorios y otros elementos, peso de los equipos y tuberías, peso propio del puente grúa, sin carga, para cualquier posición del puente y del carro.

2.4.4.2. Cargas Vivas

Se incluyen en esta categoría de cargas, el contenido de estanques, silos, tolvas; cargas móviles y transitorias como peso de personas, equipos y herramientas.

Se considerarán las sobrecargas de la Norma NCh1537 y como mínimo, las siguientes cargas uniformemente distribuidas:

- Patio de montaje	4.000 kgf/m ²
- Piso de generadores	2.000 kgf/m ²
- Piso de turbinas	1.000 kgf/m ²
- Sala de control y de baterías	800 kgf/m ²
- Bodegas	600 kgf/m ²
- Oficinas, pasillos, escaleras	400 kgf/m ²
- Techo no expuesto a tráfico	100 kgf/m ²

Las cargas vivas deberán incluir el efecto de impacto debido a fuerzas dinámicas. Salvo que el análisis indique fuerzas mayores, se deberán usar como mínimo las siguientes cargas de impacto:

- Apoyo de ascensores: 100% de la carga total.
- Apoyo de puentes-grúa:
 - o Carga vertical del puente grúa : Considerar la carga viva aumentada en 25% debido al impacto vertical.
 - o Fuerza lateral del puente grúa: La fuerza lateral sobre los rieles (fuerzas inducidas por el movimiento del carro) se supondrá igual al 10% de las cargas de las ruedas del puente grúa cuando el carro cargado con su carga máxima está en la posición que provoca la máxima descarga en la rueda.
 - o Fuerza longitudinal del puente grúa: La fuerza inducida por el movimiento del puente grúa se supondrá igual al 10% de las cargas máximas de las ruedas dirigidas en la dirección del movimiento del puente grúa. En los extremos (topes) se supondrá una fuerza igual al doble de la anterior (20%).
- Pavimentos rígidos: 20% de la carga por rueda.

2.4.4.3. Cargas Sísmicas

El efecto sísmico se deberá considerar de acuerdo con lo establecido en la cláusula 3. de estas Bases de Diseño.

2.4.4.4. Efecto de Temperatura

Para las estructuras de hormigón se debe considerar una variación de temperatura de acuerdo a las condiciones locales, pero no menor que ± 15 °C.

2.4.4.5. Fuerzas generadas por la operación de los equipos

Se deben considerar, entre otras, las cargas de operación de los equipos, tanto en operación normal como de operación eventual, tal como fuerzas generadas por el torque de operación normal, por la sincronización errónea y por el torque de cortocircuito del generador.

2.4.5. Combinaciones de Cargas

Se usarán las cargas definidas en esta sección en el punto 2.4.4 anterior, con las combinaciones de cargas y factores de carga de la norma ACI-318 que se indican a continuación, según corresponda:

2.4.5.1. Condiciones Normales

$$U = 1.4 D + 1.7 L + 1.7 H + 1.4 F$$

2.4.5.2. Condiciones Eventuales

$$U = 0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.7 H + 1.4 E)$$

$$U = 0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.7 H + 1.4 F + 1.4 E)$$

$$U = 0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.7 H + 1.4 F + 1.7 W)$$

2.4.5.3. Condiciones durante la construcción

$$U = 0.75 (1.4 D + 1.7 L + 1.7 H + 1.4 F)$$

Donde:

- D : Cargas permanentes
- L : Cargas móviles
- H : Empuje de tierras
- E : Solicitaciones sísmicas
- F : Cargas de agua
- W : Viento

Para el caso de combinaciones de cargas no previstas en dicha norma, se deberán usar las prescritas en normas de reconocido prestigio internacional, las que deberán ser aprobadas por el Inspector Jefe.

2.4.6. Armaduras mínimas

Se usarán las cuantías mínimas indicadas en el ACI-318, pero no serán menores que las siguientes:

- Pilares: 1,0 % de la sección.
- Muros: 2,0 ‰ de la sección bruta.
- Losas: 1,8 ‰ de la sección bruta.

- Hormigones masivos: 2,0 ‰ de la sección bruta por cara y dirección. Esta cuantía no debe ser mayor que la que corresponde a un espesor de 50 cm.

2.5 DISEÑO DE PERNOS DE ANCLAJE EN ROCA

En caso de ser necesarios se pueden usar pernos sellados para anclarse a la roca.

2.5.1. Criterios de diseño

- A. La longitud "l" de un perno debe ser tal que no se sobrepasen las tensiones admisibles entre la barra y el relleno y entre la roca y el relleno (el relleno puede ser lechada, mortero, resina, etc.).

Si no se tienen datos exactos, se puede usar las siguientes tensiones admisibles:

- Contacto entre barra de acero y relleno de lechada o mortero:

$$\tau_{adm} = 10 \text{ a } 15 \text{ kgf/cm}^2$$

- Contacto entre relleno de lechada o mortero y roca sana, poco fracturada:

$$\tau_{adm} = 10 \text{ a } 20 \text{ kgf/cm}^2$$

- Contacto ente relleno de lechada o mortero y roca descompuesta o muy fracturada:

$$\tau_{adm} = 1 \text{ a } 5 \text{ kgf/cm}^2$$

- B. Para pernos locales, con una separación "a" entre ellos tal que $a > 1,2 * l$, se debe verificar además el arrancamiento del cono de roca. Para ello el largo mínimo es:

$$l_{min} = k * \sqrt{P} \text{ en (m)}$$

donde :

$$P = 0,9 * A_s * F_y \text{ en (Ton)}$$

$$k = 0,3 \text{ si roca sana, poco fracturada}$$

$$k = 0,6 \text{ si roca descompuesta o muy fracturada}$$

2.5.2. Materiales

Para estos pernos sellados de anclaje se usará barras de acero de refuerzo con resaltes para hormigón armado de acero A63-42H de diámetros comerciales entre 18 y 32 mm, con una longitud mínima de 3 metros, equivalentes.

2.6 DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS

2.6.1. General

El diseño de las estructuras metálicas deberá cumplir con lo establecido en "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings" del AISC, última edición.

Podrá utilizarse la norma NCh 427, pero en caso de discrepancias, prevalecerá la norma indicada en el párrafo anterior.

Para el diseño de las estructuras metálicas que se fabricarán en Chile, deben considerarse los perfiles que se indican en el Manual de "Diseño de Estructuras de Acero" del Instituto Chileno del Acero (ICHA).

Para el caso de estructuras que serán fabricadas en el extranjero, se debe emplear los perfiles laminados que aparecen en el "Steel Construction Manual" del AISC.

Se podrán utilizar otros perfiles, indicando explícitamente su condición de especial (no comercial) y con la aprobación del Inspector Jefe.

Los perfiles de plancha doblada deben cumplir con lo indicado en "Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members" del AISI, última edición.

2.6.2. Normas

Se deberán usar las últimas ediciones de las siguientes normas en lo que no se contrapongan a estas Bases de Diseño:

2.6.2.1. Normas chilenas

NCh 203

Acero para uso estructural – Requisitos.

NCh 427 Especificaciones para el cálculo de estructuras de acero para edificios.

2.6.2.2. Normas extranjeras

AISC	Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings.
AISC	Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges.
AISC	Steel Construction Manual.
ASTM A325	Para pernos de alta resistencia.
ASTM A36 y A572	Para acero estructural importado.
AWS	Structural Welding Code.

2.6.3. Materiales

Para perfiles y planchas se aceptará el uso de hasta dos calidades de acero por estructura.

El acero estructural cumplirá con algunas de las siguientes normas:

- Norma NCh203, calidades A37-24 ES, A42-27 ES y A52-34 ES.
- Normas ASTM A36, ASTM A325 y ASTM A572.
- Norma DIN 17100, calidades St 42 y St 52 u otras normas europeas equivalentes.

Para perfiles de plancha doblada se podrá usar aceros calidades A37-24ES, ASTM A 36 ó St 42.

Los pernos estructurales deberán ser de alta resistencia según ASTM A325 con golilla plana endurecida.

En uniones de elementos no estructurales se podrá usar pernos calidad ASTM A307.

Para los pernos de anclaje se aceptarán los siguientes aceros, siempre que tengan una resiliencia superior a 2,0 mkg (15 ft-lb ó 20 Joules) medida en ensayos de impacto Charpy V-Notch a 0° C.

- Norma DIN 17100 calidad St 37-3RRN u otras normas europeas equivalentes
- SAE 1010 - SAE 1020
- NCh 206 of 56 calidad A37-20

El acero para pernos de anclaje deberá tener grano fino y uniforme. Se aceptará un tamaño de grano equivalente a grado 6 o más fino, según norma ASTM-E112. El nivel de inclusiones no metálicas no deberá ser superior a 3, serie gruesa o fina, según lo definido en norma ASTM E45, no admitiéndose que se alcance este máximo en más de un tipo de inclusiones, los otros tres tipos de inclusiones deberán tener, en ese caso, un nivel máximo 2, serie gruesa o fina.

2.6.4. Cargas

Cada estructura metálica deberá ser diseñada para resistir las cargas normales y eventuales sin exceder las condiciones de tensiones admisibles, de resistencia y deformabilidad prescritas en las normas anteriormente mencionadas.

2.6.4.1. Cargas Normales

2.6.4.1.1. Cargas de Permanentes

Se deben considerar las siguientes cargas permanentes:

Peso propio de la estructura, pisos, techos, muros divisorios y otros elementos, peso de los equipos y tuberías, peso propio del puente grúa, sin carga, para cualquier posición del puente y del carro.

2.6.4.1.2. Cargas Vivas

Se incluyen en esta categoría de cargas:

- El contenido de estanques, silos, tolvas.
- Cargas móviles y transitorias como peso de personas, equipos y herramientas. Se considerarán las sobrecargas de la Norma NCh1537 y como mínimo, las siguientes cargas uniformemente distribuidas:

- Patio de montaje	4.000 kgf/m ²
- Piso de generadores	2.000 kgf/m ²
- Piso de turbinas	1.000 kgf/m ²
- Sala de control y de baterías	800 kgf/m ²
- Bodegas	600 kgf/m ²
- Oficinas, pasillos, escaleras	400 kgf/m ²
- Techo no expuesto a tráfico	100 kgf/m ²

APROBADO

Res: *NCA Ex 056/2005*
Depto. Adm. de Recursos Humanos
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

- Carga vertical del Puente Grúa, considerar la carga viva aumentada en 25% debido al impacto vertical.
- Efecto de Temperatura. Para las estructuras metálicas el rango de temperatura depende de las condiciones locales, pero no será menor que ± 15 °C ni mayor que ± 30 °C.

2.6.4.2. Cargas Eventuales

2.6.4.2.1. Fuerza lateral del Puente Grúa

La fuerza lateral sobre los rieles (fuerzas inducidas por el movimiento del carro) se supondrá igual al 10% de las cargas de las ruedas del puente grúa cuando el carro cargado con su carga máxima está en la posición que provoca la máxima descarga en la rueda.

2.6.4.2.2. Fuerza longitudinal del Puente Grúa

La fuerza inducida por el movimiento del puente grúa se supondrá igual al 10% de las cargas máximas de las ruedas dirigidas en la dirección del movimiento del puente grúa.

En los extremos (topes) se supondrá una fuerza igual al doble de la anterior (20%).

2.6.4.2.3. Fuerzas Sísmicas

El efecto sísmico se deberá considerar de acuerdo con lo establecido en la cláusula 3. de estas Bases de Diseño.

2.6.5. Combinaciones de cargas

Se considerarán las combinaciones expresadas en la norma AISC mencionada en 2.6.2.2

2.6.6. Uniones

En general las uniones en taller serán soldadas. Las uniones de terreno serán de preferencia apernadas. En casos especiales se aceptará soldadura en terreno, debiéndose prever pernos adicionales para el montaje.

Las uniones con pernos de alta resistencia ASTM A325 se diseñarán para trabajar sin hilos en el plano de corte.

Los pernos ASTM A325 serán de diámetro igual o superior a 16 mm (5/8").

Para evitar problemas durante el montaje no se aceptarán pernos de igual diámetro y diferente calidad.

En las uniones soldadas se debe especificar un electrodo adecuado al tipo de acero y al tipo de unión, de acuerdo con lo indicado en "Structural Welding Code", AWS, última edición.

2.6.7. Esbelteces Máximas

Las esbelteces máximas que se pueden considerar en el diseño son las siguientes:

	kl/r
- Columnas	150
- Otros elementos en compresión	200
- Elementos en tracción	300
- Arriostramiento que resista carga sísmica	120

Donde:

l: largo real entre arriostramientos.

k: coeficiente de longitud efectiva.

r: radio de giro.

2.6.8. Perfiles Mínimos

Los perfiles mínimos que se deberán usar en los marcos de las estructuras serán los siguientes (usando la designación del AISC)

- Perfiles W en elementos principales de marcos: W 8x10.
- Perfiles W en columnas : W 10x33.
- Angulares dobles usados en contraventación: 2L 3x3x1/4.
- Elementos verticales en estructuras secundarias y colgadores: L3x3x1/4.

2.6.9. Deformaciones Máximas

Las deformaciones máximas admisibles para condiciones normales de carga serán las siguientes:

APROBADO

Res: NGA. EX B56/2005
Depto. Adm. de Recursos Hídricos
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

- Vigas de piso y de techo : 1/300 de la luz
- Paneles metálicos
 - Vertical: 1/240 de la luz.
 - Horizontal: 1/180 de la luz
- Soportes de grúas, rieles y monorieles
 - Vertical : 1/800 de la luz, sin considerar impacto en nave de turbinas. 1/600 de la luz en los otros casos.
 - Horizontal : 1/400 de la luz en todos los casos.
- Enrejados: 1/700 de la luz.
- Columnas: 1/300 de la altura, para cargas sísmicas

2.6.10. Pernos de Anclaje

Las columnas de las estructuras importantes (Naves de turbinas, de control, estructura de caldera, silos, estanques, etc.) deben diseñarse con doble placa base de modo que los pernos de anclaje sobresalgan al menos 200 mm u 8 diámetros sobre la superficie de la fundación con el fin de permitir sus elongaciones durante un sismo. Para reapretar los pernos después del un sismo se deben dejar 10 cm de hilo debajo de la tuerca.

Adicionalmente, para que los pernos de anclaje no tomen esfuerzos de corte, se debe disponer llaves de corte en las placas bases de las columnas. Estas llaves de corte deben resistir la totalidad del esfuerzo de corte.

2.6.11. Arriostramiento

Los arriostramientos que resisten las cargas sísmicas y de viento deben diseñarse como elementos a tracción y compresión. La esbeltez mínima de los arriostramientos será de 120 para evitar una falla frágil por pandeo.

2.7. BLINDAJES

Los blindajes se diseñarán de acuerdo a las estipulaciones contenidas en "Recommendation for the Design, Manufacture and Erection of Steel Penstocks of Welded Construction for Hydroelectric Instalations" del C.E.C.T "Comité Européen de la Chaudronnerie et de la Tuyauterie".

3. DISEÑO SISMICO DE OBRAS CIVILES

3.1. ALCANCE

En este documento se establecen las sollicitaciones sísmicas que deberán considerarse, en la etapa de diseño básico avanzado, en el cálculo estructural de las obras civiles de la Caverna de Máquinas de Palmucho.

No incluye la definición de los estados y factores de carga en que intervienen estas fuerzas sísmicas, los que se indican en la cláusulas 2.4.5 y 2.6.4 del presente documento.

No es aplicable al diseño de equipos eléctricos o mecánicos, ni al cálculo de sus anclajes.

3.2. GENERALIDADES

Las sollicitaciones que aquí se indican son válidas para obras construidas con materiales que poseen una cierta ductilidad y amortiguamiento, en especial, obras de hormigón armado y estructuras metálicas que cumplan con los requisitos de las normas ACI 318 y AISC de los EEUU de Norteamérica respectivamente.

En todo lo que no se contradigan con estas Bases de Diseño, serán aplicables las definiciones y disposiciones de la norma chilena INN 433 "Cálculo Antisísmico de Edificios".

3.3. METODO DE ANALISIS

En general, en la etapa de diseño básico avanzado se usará el método estático de análisis estructural.

En el método estático, los efectos de las acciones sísmicas se asimilarán a fuerzas constantes (independientes del tiempo), proporcionales a los pesos de las diversas partes del sistema analizado y aplicadas en los respectivos centros de gravedad. Las componentes horizontales de esas fuerzas se supondrán actuando todas en un mismo sentido, en la dirección horizontal para la cual se esté efectuando el análisis; las componentes verticales se supondrán dirigidas todas hacia arriba o todas hacia abajo, según cual de las dos situaciones resulte más desfavorable para el elemento sometido a examen. El análisis deberá repetirse invirtiendo el sentido de las fuerzas horizontales, para cubrir los casos más desfavorables a diversos elementos de la obra o sus anclajes.

Por lo general bastará efectuar el análisis para cada una de dos direcciones horizontales mutuamente ortogonales o aproximadamente ortogonales, consideradas separada e independientemente. Sin embargo, cuando a juicio del Inspector Jefe las peculiaridades del sistema lo hagan necesario, se efectuará también el análisis según otras direcciones horizontales que a su criterio sean potencialmente críticas.

3.4. SOLICITACIONES SÍSMICAS EN OBRAS EXTERIORES

3.4.1. Esfuerzo de corte basal

La fuerza de corte basal de diseño, o sea la resultante H de las fuerzas horizontales de diseño sísmico aplicadas por encima del nivel basal, estará dada por la expresión.

$$H = C * W$$

Donde:

- C es un número adimensional, llamado coeficiente sísmico de diseño (para las acciones horizontales) y cuyo valor a considerar es, $C = 0.20$
- W es, en líneas generales, la suma de los pesos situados por encima del nivel basal, incluyendo los elementos adheridos rígidamente al sistema y el total o parte de la sobrecarga o contenido.
Se entenderá por nivel basal el plano horizontal donde actúa la reacción del suelo que equilibra la fuerza sísmica. En general, éste corresponderá al sello de fundación.

3.4.2. Fuerzas sísmicas verticales

Simultáneamente con las fuerzas horizontales se considerarán fuerzas sísmicas verticales constantes, proporcionales a los pesos de las diversas partes en que se haya subdividido el sistema para su análisis, aplicadas en los respectivos centros de gravedad y dirigidas todas hacia arriba o todas hacia abajo con el objeto de producir las combinaciones más desfavorables para cada uno de los elementos sometidos a examen.

La fuerza sísmica vertical V que actúa sobre la estructura, estará dada por la expresión:

$$V = C_v * W$$

Donde:

- C_v es un número adimensional, llamado coeficiente sísmico de diseño para las acciones verticales y cuyo valor a considerar es, $C_v = 0.5 * C$, es decir, el valor de $C_v = 0,10$.

3.5. SOLICITACIONES SISMICAS EN OBRAS SUBTERRANEAS

El análisis y diseño sísmico de tuberías y ductos enterrados, revestimientos de túneles, piques, cavernas, chimeneas de equilibrio y galerías se hará suponiendo que, durante el sismo, el medio circundante (suelo o roca) impone a la estructura sus propios desplazamientos vibratorios de campo libre, es decir, aquellos que se desarrollarían en el medio si la obra no existiera.

Las curvaturas, deformaciones longitudinales y distorsiones angulares para las cuales se haga la verificación o diseño deben ser las más desfavorables que es razonable esperar a la profundidad en que se encuentra la obra, para los distintos tipos de ondas sísmicas que puedan afectar al sitio. Para definir el movimiento del medio que servirá de base al cálculo se usarán los siguientes parámetros:

- a_{max} y v_{max} : aceleración y velocidad máxima de las partículas en la superficie del medio
- v : velocidades de propagación de los diversos tipos de ondas elásticas en el medio que rodea a la obra, o antecedentes suficientes que permitan determinarlas (módulos de elasticidad, densidad, índices de calidad de roca, etc.)

En el cálculo se tendrán en cuenta la atenuación de las amplitudes de la aceleración y de la velocidad de las partículas del medio con la profundidad, el ángulo de incidencia que sea más desfavorable según el tipo de onda de que se trate, la coherencia del movimiento y los efectos relacionados con heterogeneidad del medio (paso de un tipo de suelo a otro, p.ej.).

Se emplearán las siguientes fórmulas básicas para calcular las deformaciones, distorsiones angulares y curvaturas correspondientes a las ondas del cuerpo a la profundidad de la obra:

Ondas de compresión y dilatación:

$$\varepsilon = \frac{v}{\alpha} \qquad \kappa = \frac{a}{\alpha^2}$$

Ondas de cizalle:

$$\gamma = \frac{v}{\beta}, \quad \varepsilon = \frac{v}{2\beta}, \quad \kappa = \frac{a}{\beta^2}$$

El significado de los símbolos empleados es el siguiente:

a = amplitud de la aceleración de las partículas del medio = 0.28g

v = amplitud de la velocidad de las partículas del medio = 15 cm/s

α = velocidad de propagación de las ondas de compresión y dilatación

β = velocidad de propagación de las ondas de cizalle

ε = deformación máxima (alargamiento o acortamiento por unidad de longitud)

γ = distorsión angular máxima

κ = curvatura máxima

Los valores de α y β son los indicados en el informe geológico del contrato.

3.6. MUROS DE SOSTENIMIENTO

3.6.1. Generalidades

Se aceptará la hipótesis básica del método de Mononobe, según el cual el empuje que el relleno ejerce sobre el muro de sostenimiento, bajo condiciones sísmicas, se puede calcular mediante las teorías usuales del empuje de tierras aplicables, en condiciones estáticas, al tipo de muro y para las condiciones de borde que rijan en el caso sometido a examen.

Según que la teoría aplicable sea la de Coulomb o la de Rankine, el método de cálculo del empuje bajo condiciones sísmicas se llamará de Mononobe - Coulomb o de Mononobe - Rankine.

3.6.2. Coeficientes sísmicos k_h y k_v

Salvo que la elección de otros valores se justifique satisfactoriamente a juicio del Inspector Jefe, los coeficientes sísmicos k_h y k_v serán

$$k_h = \frac{1}{2} \left(\frac{a}{g} \right) = 0.15$$

$$k_v = \frac{1}{2} k_h = 0.075$$

donde: a es la aceleración máxima del terreno en el lugar de la obra y que se considera como máximo, en la evaluación de estos parámetros, un valor de $0,3g$.

3.7. EDIFICIOS

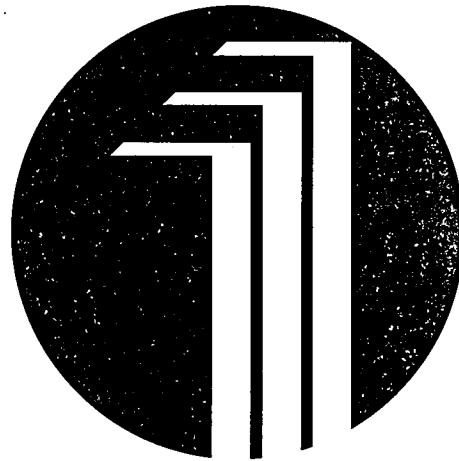
El diseño sísmico de edificios de oficina o de vivienda y de otras estructuras similares se hará cumpliendo con las disposiciones de la norma NCh433.Of 96, en todo lo que no contradiga a las presentes Bases de Diseño.

APROBADO
Res: DGA. EX B56/2005
Depto. Adm. de Recursos Hídricos
DIRECCION GENERAL DE AGUAS

CENTRO DE INFORMACION DE RECURSOS HIDRICOS



3 5617 88886 6217



EMPRESA DE INGENIERIA INGENDESA S.A.

SANTA ROSA N° 76
FONO: (56-2) 630 8000
FAX: (56-2) 635 4070
Santiago - CHILE