

SEI – INFORME

INFORME N° 525973

VERIFICACIÓN SÍSMICA DE CANALIZACIONES ELECTRICAS SEGÚN NORMA  
CHILENA NCH2369 OF. 2003

INFORME

REVISIÓN 1

SECCION ESTRUCTURAS	REF.:PR-SEI.2008.157 A-SE147	EJEMPLAR N°: 1	N° DE PÁGINAS: 9
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	DESTINATARIO:
Luis Jil R.	Carolina Espinoza C. David Silva S.	Vladimir Torrens F.	Megabarre
FECHA : 30/ 10 / 2008	FECHA: 04 / 11 / 2008	FECHA: 06 / 11 / 2008	FECHA: 06 / 11 / 2008

INDICE

<b>1. ALCANCE</b>	<b>3</b>
<b>2. ANTECEDENTES</b>	<b>3</b>
2.1    NORMAS Y CÓDIGOS	3
2.2    PLANOS Y DOCUMENTOS	3
<b>3. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
3.1    DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	4
<b>4. BASES DE CÁLCULO</b>	<b>6</b>
4.1    HIPÓTESIS DE MODELACIÓN	6
4.2    MATERIALES	6
4.2.1    Acero estructural	6
4.3    DEFINICIÓN DE CARGAS Y SOBRECARGAS	6
4.3.1    Cargas permanentes de peso propio (PP)	6
4.3.2    Sismo horizontal ( $S_x$ o $S_y$ ) en caso de que los ductos se monten sobre una estructura desconocida	7
4.3.3    Sismo Vertical ( $F_v$ )	7
4.4    SITUACIÓN SÍSMICA MÁS DESFAVORABLE	7
<b>5. COMBINACIONES DE CARGAS</b>	<b>8</b>
5.1    COMBINACIONES DE CARGA	8
<b>6. VERIFICACIÓN ESTRUCTURA METÁLICA</b>	<b>8</b>
6.1    RESUMEN DISEÑO ELEMENTOS	8
6.2    PERNOS DE ANCLAJE	8
6.3    DEFORMACIONES	9
6.4    RESULTADOS	9
<b>7. CONCLUSION</b>	<b>9</b>

ANEXO A. FIGURAS  
ANEXO B. CÁLCULOS

## CERTIFICACIÓN SÍSMICA DE CANALIZACIONES ELECTRICAS SEGÚN NORMA CHILENA NCH2369 OF. 2003

### 1. ALCANCE

A petición de la empresa Megabarre se realizó una certificación sísmica de 6 de sus canalizaciones eléctricas para su funcionamiento estructural.

El objetivo del servicio es verificar que las canalizaciones eléctricas tipo BMCa y BMV satisfacen los requerimientos definidos en la norma sísmica NCh2369 of. 2003. Para estos efectos, se realizó un análisis estructural de las canalizaciones, tomando en cuenta la condición más desfavorable en términos de su ubicación geográfica y suelo de fundación, ya que su lugar de emplazamiento en el territorio nacional no está definido.

El presente informe incluye, además los siguientes anexos:

Anexo A: Figuras

Anexo B: Cálculos

### 2. ANTECEDENTES

Para el desarrollo del trabajo se tuvieron a la vista los antecedentes que se indican a continuación.

#### 2.1 Normas y códigos

1. NCh 2369 Of. 2003, "Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales"
2. American Institute of steel Construction inc. (AISC-2005), Specifications for Structural Steel Buildings.

#### 2.2 Planos y documentos

3. Megabarre. Plano Perfil P/Reto Transporte 800A 2000 mm. Calibre BMCa80
4. Megabarre. Plano Perfil P/Reto Transporte 1600A 2000 mm. Calibre BMCa160
5. Megabarre. Plano Perfil P/Reto Transporte 3000A 3000 mm. Calibre BMCa300
6. Megabarre. Plano Perfil P/Reto Trans. Corrente continua 2000 mm. Calibre BMV125
7. Megabarre. Plano Perfil P/ Ele. Reto de Transporte TRI+N+T 3000 mm. Calibre BMV250
8. Megabarre. Plano Perfil P/ Ele. Reto de Transporte TRI+N+T 3000 mm. Calibre BMV450
9. Megabarre. Canalizaciones Eléctricas, Catálogo General

10. INDUSMOL, Relatório de Qualidade asegurada, N° 1702/08, Mola Suporte Fixação Vertical BMC

### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1 Descripción de la estructura

Las canalizaciones eléctricas analizadas corresponden a 3 canalizaciones del tipo BMCa y 3 canalizaciones del tipo BMV. Estas canalizaciones corresponden a ductos armados a partir de perfiles canales de acero SAE1010, cuyas dimensiones varían según el tipo de canalización. Estos ductos pueden instalarse en diferentes configuraciones, por lo que la canalización puede estar en forma vertical, o de forma horizontal.

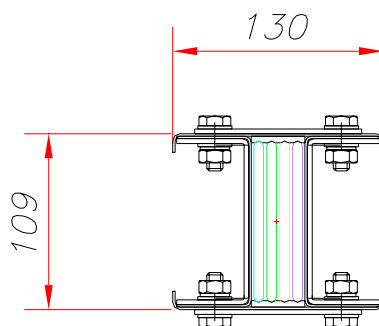


Figura 3.1. Sección Transversal perfil BMCa80

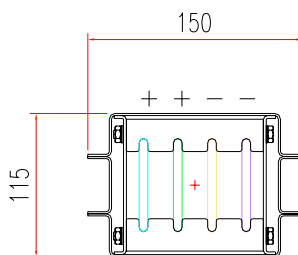


Figura 3.2 Sección Transversal perfil BMV250

Cuando su configuración es vertical, estas canalizaciones están apoyadas en un soporte que las une a la pared. Este soporte permite un desplazamiento vertical, ya que está compuesto por 2 resortes de constante  $K= 4 \text{ tonf/m}$  cada uno (al interior del soporte). En el caso de que su configuración sea horizontal, estos ductos están soportados por colgadores de acero. En la figura 3.3 se puede observar una configuración vertical y en la figura 3.4 se observa una configuración horizontal de estas canalizaciones eléctricas.



*Figura 3.3. Configuración Vertical*



*Figura 3.4. Configuración Horizontal*

Las canalizaciones eléctricas llevan en su interior desde 4, 8 o 12 planchas de cobre en el caso de los perfiles BMV y de aluminio, en el caso de los perfiles BMCa, los cuales se utilizan para conducir electricidad.

#### 4. BASES DE CÁLCULO

##### 4.1 Hipótesis de modelación

La estructura metálica se modeló como estructuras uniaxiales con conexiones que transmiten tanto momento como corte. El análisis estructural se realizó según el método de análisis elástico estático establecido en la sección 5.3 de la norma NCh 2369 Of.2003, para elementos secundarios.

El peso de las canalizaciones, así como de las planchas metálicas que van en su interior se asignan como peso uniformemente distribuido en estos ductos.

Las fuerzas sísmicas horizontales se calcularon tomando en cuenta que los ductos están montados sobre una estructura desconocida. Esta fuerza se distribuirá uniformemente a lo largo de las canalizaciones, debido al peso uniforme que tienen las canalizaciones. La acción de la fuerza vertical debido a sismo se distribuye uniformemente a lo largo de las canalizaciones.

Para los ductos verticales se disponen apoyos simples que permiten cierto desplazamiento vertical, el cual es restringido por un resorte con las características nombradas anteriormente. Para los ductos horizontales se disponen barras en forma de colgadores, los cuales se empotran en un nivel superior.

La modelación de las canalizaciones se realiza en el software SAP2000 v 11.0.0.

##### 4.2 Materiales

###### 4.2.1 Acero estructural

Se utiliza acero estructural de calidad SAE1010

$$F_y = 2920 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_s = 2000000 \text{ kgf/cm}^2$$

##### 4.3 Definición de cargas y sobrecargas

Las principales cargas a considerar son las siguientes.

###### 4.3.1 Cargas permanentes de peso propio (PP)

Tabla 7.1 Pesos propios de los perfiles utilizados

	Perfil	Peso (kgf/m)
1	BMV125	25.50
2	BMV250	46.80
3	BMV450	81.90
4	BMCa80	20.20
5	BMCa160	30.10
6	BMCa300	53.50
7	Colgadores	3.16

En este tipo de carga se incluye el peso tanto de las canalizaciones como de las planchas contenidas en su interior.

#### 4.3.2 Sismo horizontal ( $S_x$ o $S_y$ ) en caso de que los ductos se monten sobre una estructura desconocida

La fuerza sísmica que exige la norma NCh 2369 Of.2003 en la sección 7.2.2.b) para esta situación es:

$$F_p = \frac{0.7 \times a_k \times K_p}{R_p} P_p < P_p, \text{ donde}$$

$a_k$ : aceleración en el nivel k en que está montado el elemento secundario o equipo.  
 $K_p$ : coeficiente determinado según fórmulas (7-2) y (7-3) de la norma NCh2369 of. 2003.  
 $R_p$ : factor de modificación de la respuesta del elemento secundario o equipo.  
 $P_p$ : Peso del elemento secundario o equipo.

El caso más desfavorable se establece en la sección 7.2.3. y que indica que:

$$\begin{aligned} a_k &= 4 \cdot A_0 / g \\ K_p &= 2.2 \\ R_p &= 3 \text{ (equipos eléctricos)} \end{aligned}$$

#### 4.3.3 Sismo Vertical ( $F_v$ )

La acción vertical debido a un sismo se calcula según lo establecido en la sección 5.5.1.b) de la norma Nch 2369 Of.2003.

$$F_v = \pm \frac{2}{3} A_0 \times I \times P, \text{ donde}$$

$A_0$ : aceleración efectiva máxima en el suelo.  
 $I$ : coeficiente relativo a la importancia, uso y riesgo de falla de una estructura o equipo.  
 $P$ : Peso del elemento secundario o equipo.

Para este caso se considera lo siguiente:

$$\begin{aligned} A_0 &= 0,40g, \text{ Zonificación sísmica Zona 3} \\ I &= 1,00, \text{ Categoría C2} \end{aligned}$$

#### 4.4 Situación sísmica más desfavorable

Al evaluar la expresión del punto 4.3.2 para la situación sísmica más desfavorable se obtiene un coeficiente sísmico igual a 0.82, el caso en el cual se considera a los ductos montados sobre una estructura desconocida.

## 5. COMBINACIONES DE CARGAS

Para el análisis y verificación de la estructura se utilizaron combinaciones de carga sin mayorar de la norma NCh2369 Of 2003 y el método de tensiones admisibles (ASD) de la AISC-2005. Estas combinaciones corresponden también a las de servicio, las que se utilizan en la verificación de de los pernos de anclaje.

### 5.1 Combinaciones de Carga

- V 1 : Peso Propio (PP).
- V 2.1 : Peso Propio + Sismo según "± x" ( $PP \pm S_x$ ).
- V 2.2 : Peso Propio + Sismo según "± y" ( $PP \pm S_y$ ).
- V 3.1 : Peso Propio + Sismo según "±x" + Sismo Vertical ( $PP \pm S_x \pm F_v$ ).
- V 3.2 : Peso Propio + Sismo según "±y" + Sismo Vertical ( $PP \pm S_y \pm F_v$ ).

## 6. VERIFICACIÓN ESTRUCTURA METÁLICA

### 6.1 Resumen diseño elementos

Tomando en cuenta las propiedades geométricos y de resistencia de los perfiles ocupados mediante el método de diseño ASD, se obtienen los factores de utilización de los elementos que forman parte de la estructura metálica. En la tabla 6.1 se entrega el resultado obtenido del diseño de los perfiles.

Tabla 6.1 Resultados del diseño de perfiles.

	Perfil	Combinación Configuración Horizontal	Combinación Configuración Vertical	
1	BMCa80	PP - Sy - Fv	PP - Sx - Fv	Cumple
2	BMCa160	PP - Sy - Fv	PP - Sy - Fv	Cumple
3	BMCa300	PP - Sy - Fv	PP - Sy - Fv	Cumple
4	BMV125	PP - Sy - Fv	PP - Sx - Fv	Cumple
5	BMV250	PP + Sx - Fv	PP - Sy - Fv	Cumple
6	BMV450	PP + Sx - Fv	PP + Sx - Fv	Cumple

Los perfiles de ductos BMV450, cumplen las exigencias para los esfuerzos axiales y flexión, pero según el modelo generado para el cálculo de sus esfuerzos, este perfil no resistiría al corte. Esto no ocurre en la realidad, debido a que si se considera la resistencia de las planchas conductoras de electricidad ubicadas al interior, los esfuerzos de corte en los perfiles disminuyen considerablemente

### 6.2 Pernos de anclaje

Los pernos de anclaje que se utilicen para sujetar la canalización eléctrica en su configuración vertical sobre una pared deben ser pernos cuya capacidad última sea a lo menos de 200 kgf para la tracción y de 53 kgf para el corte. En la siguiente tabla se presentan las tracciones y cortes máximos en los ductos y los esfuerzos admisibles para los pernos de anclaje considerados.



Tabla 6.2 Esfuerzo vs capacidad de los pernos de anclaje.

Tracción admisible* [kgf]	Tracción en el apoyo del ducto [kgf]	Corte admisible* [kgf]	Corte en el apoyo del ducto [kgf]
119.76	100.41	31.73	5.06

\*Como factor de reducción se ocupó 1.67.

### 6.3 Deformaciones

Las deformaciones máximas se generan cuando las canalizaciones se encuentran en una configuración vertical. Estas son de 2 mm para el caso sísmico en la dirección lateral, y de 3 mm para el caso sísmico en dirección vertical. Estas deformaciones son menores a la deformación máxima de servicio (Largo/200), que en el caso de la configuración vertical equivale a una deformación de 15 mm, por lo que se cumple las deformaciones de servicio.

### 6.4 Resultados

De acuerdo a las verificaciones realizadas se obtuvieron los siguientes resultados:

- La resistencia de los elementos cumplen con la resistencia necesaria según la norma AISC 2005 para las sollicitaciones inducidas por esfuerzos sísmicos.
- El nivel de deformaciones que presentan los ductos cumplen con las deformaciones de servicio.
- Los pernos de anclaje recomendados para fijar el apoyo vertical en hormigón sostienen de manera adecuada las canalizaciones frente a sollicitaciones sísmicas.

## 7. CONCLUSION

Las canalizaciones eléctricas, con perfiles, BMCa80, BMCa160, BMCa300, BMV125, BMV250, BMV450, satisfacen los requerimientos de la norma NCh 2369 of. 2003.

Santiago, 04 de noviembre de 2008

VLADIMIR TORRENS FUNEZ

Jefe de Sección Estructuras Ingeniería

CEC/cec