



Memoria Cálculo Fundaciones Proyecto Termogenerador Central Mataveri

DOCUMENTO: MD-1158-DOC-M-06-R.0

30. Agosto. 2013



1 INTRODUCCIÓN

Este informe presenta el cálculo de las fundaciones de los equipos y estructuras para el Proyecto Termogenerador Central Mataveri.

2 ALCANCES

El informe presenta la memoria de cálculo de las fundaciones para los siguientes elementos:

- Motor Generador (Grupo Electrónico)
- Transformador Elevador 2.300 kVA
- Radiadores Exteriores

3 CRITERIOS DE DISEÑO

Se consideraron los criterios establecidos en los siguientes documentos:

- AISC 360-05 – Specification for Structural Buildings
- NCh. 431 Of. 77 – Construcción – Sobrecargas de Nieve
- NCh. 432 Of. 71 – Cálculo de la Acción del Viento Sobre las Construcciones
- NCh. 1537 Of. 1986 – Diseño Estructural de Edificios—Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso
- NCh. 2369 Of. 2003 – Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales
- Estudio de Mecánica de Suelos

Los parámetros principales establecidos para la realización de los cálculos son las tensiones admisibles del suelo¹:

- $\sigma_{\text{estático}} = 1,0 \text{ kg/cm}^2 = 10 \text{ ton/m}^2$
- $\sigma_{\text{sísmico}} = 1,5 \text{ kg/cm}^2 = 15 \text{ ton/m}^2$

¹ Estimada del Informe de Mecánica de Suelos.



4 PLANOS DE REFERENCIA

- MD-1158-CV-00-R.0 - Layout Planta Generación
- MD-1158-ME-01-R.0 - Disposición de Equipos Generales
- MD-1158-ME-10-R.0- Estructura Metálica Nave de Generación SASIPA

5 CONCLUSIONES

Las conclusiones del análisis de la estructura de la nave son las siguientes:

- Las fundaciones cumplen los requisitos para las cargas de trabajo según la normativa chilena.

6 DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS

6.1 FUNDACIONES

6.1.1 Cargas

Las cargas consideradas para el cálculo de las fundaciones son:

- Peso del grupo electrógeno: 33.800 kg estático / 37.180 kg dinámico.
- Peso del transformador: 7.855 kg.
- Peso de radiadores y estructura soportante: 3.000 kg.

6.1.2 Fundación Grupo Electrónico

6.1.2.1 Dimensiones

- Fundación cuadrada de sección ($B \times L$): 300 cm \times 770 cm
- Espesor (h): 60 cm

Cálculo de Solicitaciones: las solicitaciones principales que debe soportar la fundación son:

$$\text{Peso Propio (PP)} = 2.500 \text{ kg/m}^3 \times 7,70 \text{ m} \times 3,00 \text{ m} \times 0,60 \text{ m} = 34.650 \text{ kg} \quad 6.1$$

$$\text{Peso Estático Grupo Electrónico (P}_{est}) = 33.800 \text{ kg} \quad 6.2$$



Peso Dinámico Grupo Electrónico (P_{din}) = 37.180 kg

6.3

6.1.2.2 Caso Estático

$$N_{total} = PP + P_{est} = 37.180 + 33.800 = 68.540 \text{ kg}$$

6.4

Debe cumplirse que:

$$\sigma_{adm} > \frac{N_{total}}{A_{fundación}}$$

6.5

$$\frac{N_{total}}{A_{fundación}} = \frac{68.450}{770 \times 300} = 0,296 \text{ kg/cm}^2 < 1,0 \text{ kg/cm}^2$$

6.6

Por lo tanto, se satisface la condición anterior.

6.1.2.3 Caso Sísmico

Carga Sísmica:

$$M_S = C \cdot I \cdot Q$$

6.7

Zona sísmica 2 $\rightarrow A_0 = 0,3 \text{ g}$

Suelo tipo III $\rightarrow S = 1,2$

Razón de amortiguamiento $\rightarrow \xi = 0,05$

Valor máximo de modificación de respuesta $\rightarrow R = 5$

Coefficiente sísmico máximo $\rightarrow C = C_{max} = 0,75 \times 0,18 = 0,135$

Edificio categoría C1 $\rightarrow I = 1,2$

Entonces, el corte basal es: $Q_{basal} = 0,135 \times 1,2 \times 33.800 \text{ kg} = 5.476 \text{ kg}$

La sollicitación dinámica debido a la operación es: $P_{din} = 37.180 \text{ kg}$

Por lo tanto, el momento sísmico es:



$$M_s = 5.476 \text{ kg} \times \frac{220 \text{ cm}}{2} + \frac{37.180 \text{ kg}}{2} \times \frac{300 \text{ cm}}{2} = 3.390.816 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad 6.8$$

Ahora se debe calcular la carga resistente:

$$M_{\text{resistente}} = (PP + P_{\text{est}}) \cdot \frac{B}{2} = 68.450 \text{ kg} \times \frac{300 \text{ cm}}{2} = 10.267.500 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad 6.9$$

Excentricidad:

$$e = \frac{M_{\text{solicitante}}}{N_{\text{total}}} = \frac{3.390.816}{68.450} = 49,5 \text{ cm} < \frac{B}{6} = 50,0 \text{ cm} \quad 6.10$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{N_{\text{total}}}{B \cdot L} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B}\right) = \frac{68.450}{300 \times 770} \times \left(1 + \frac{6 \times 49,5}{300}\right) = 0,590 \text{ kg/cm}^2 \quad 6.11$$

$$FS = \frac{\sigma_{\text{adm}}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{1,5}{0,590} = 2,54 > 2,5 \rightarrow \text{no se produce volcamiento} \quad 6.12$$

Armadura:

$$\rho_{\text{req}} = 2,30 \% < \rho_{\text{min}} = 3,33 \%$$

$$\rho^* = 3,06 \%$$

$$\rho_{\text{usar}} = \max \{\rho^*, 1,5 \% h/d\} = 3,06 \%$$

$$As_{\text{usar}} = \rho_{\text{usar}} \cdot b \cdot d / 1.000 = 16,82 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rightarrow \text{Usar } \Phi 18 @ 15 (16,96 \text{ cm}^2/\text{m})$$

6.1.3 Fundación Transformador

6.1.3.1 Dimensiones

- Fundación cuadrada de sección ($B \times L$): 292 cm x 421 cm
- Espesor (h): 30 cm

Cálculo de Solicitaciones: las solicitaciones principales que debe soportar la fundación son:



$$\text{Peso Propio (PP)} = 2.500 \text{ kg/m}^3 \times 4,21 \text{ m} \times 2,92 \text{ m} \times 0,30 \text{ m} = 9.220 \text{ kg} \quad 6.13$$

$$\text{Peso Estático Transformador (P}_{est}) = 7.855 \text{ kg} \quad 6.14$$

6.1.3.2 Caso Estático

$$N_{total} = PP + P_{est} = 9.220 + 7.855 = 17.075 \text{ kg} \quad 6.15$$

Debe cumplirse que:

$$\sigma_{adm} > \frac{N_{total}}{A_{fundación}} \quad 6.16$$

$$\frac{N_{total}}{A_{fundación}} = \frac{17.075}{421 \times 292} = 0,139 \text{ kg/cm}^2 < 1,0 \text{ kg/cm}^2 \quad 6.17$$

Por lo tanto, se satisface la condición anterior.

6.1.3.3 Caso Sísmico

Carga Sísmica:

$$M_S = C \cdot I \cdot Q \quad 6.18$$

Zona sísmica 2 $\rightarrow A_0 = 0,3 \text{ g}$

Suelo tipo III $\rightarrow S = 1,2$

Razón de amortiguamiento $\rightarrow \xi = 0,05$

Valor máximo de modificación de respuesta $\rightarrow R = 5$

Coefficiente sísmico máximo $\rightarrow C = C_{max} = 0,75 \times 0,18 = 0,135$

Edificio categoría C1 $\rightarrow I = 1,2$

Entonces, el corte basal es: $Q_{basal} = 0,135 \times 1,2 \times 7.855 \text{ kg} = 1.273 \text{ kg}$

Por lo tanto, el momento sísmico es:



$$M_s = 1.273 \text{ kg} \times \frac{292 \text{ cm}}{2} = 114.526 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad 6.19$$

Ahora se debe calcular la carga resistente:

$$M_{\text{resistente}} = (PP + P_{\text{est}}) \cdot \frac{B}{2} = 17.075 \text{ kg} \times \frac{292 \text{ cm}}{2} = 2.492.935 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad 6.20$$

Excentricidad:

$$e = \frac{M_{\text{solicitante}}}{N_{\text{total}}} = \frac{114.526}{17.075} = 6,7 \text{ cm} < \frac{B}{6} = 48,7 \text{ cm} \quad 6.21$$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{N_{\text{total}}}{B \cdot L} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B}\right) = \frac{17.075}{292 \times 421} \times \left(1 + \frac{6 \times 6,7}{292}\right) = 0,158 \text{ kg/cm}^2 \quad 6.22$$

$$FS = \frac{\sigma_{\text{adm}}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{1,5}{0,158} = 9,49 > 2,5 \rightarrow \text{no se produce volcamiento} \quad 6.23$$

Armadura:

$$\rho_{\text{req}} = 0,49 \text{ ‰} < \rho_{\text{min}} = 3,33 \text{ ‰}$$

$$\rho^* = 0,65 \text{ ‰}$$

$$\rho_{\text{usar}} = \max \{\rho^*, 1,5 \text{ ‰ } h/d\} = 1,80 \text{ ‰}$$

$$As_{\text{usar}} = \rho_{\text{usar}} \cdot b \cdot d / 1.000 = 4,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\rightarrow \text{Usar } \Phi 12 @ 20 (5,65 \text{ cm}^2/\text{m})$$

6.1.4 Fundación Radiadores

6.1.4.1 Dimensiones

- Fundación tipo viga de sección cuadrada ($B \times L$): 40 cm x 40 cm
- Largo (h): 250 cm

Cálculo de Solicitaciones: las solicitaciones principales que debe soportar la fundación son:



$$\text{Peso Propio (PP)} = 2.500 \text{ kg/m}^3 \times 0,40 \text{ m} \times 0,40 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} = 1.000 \text{ kg} \quad 6.24$$

$$\text{Peso Estático Radiadores y Estructura (P}_{est}) = 3.000 \text{ kg} / 3 = 1.000 \text{ kg} \quad 6.25$$

6.1.4.2 Caso Estático

$$N_{total} = PP + P_{est} = 1.000 + 1.000 = 2.000 \text{ kg} \quad 6.26$$

Debe cumplirse que:

$$\sigma_{adm} > \frac{N_{total}}{A_{fundación}} \quad 6.27$$

$$\frac{N_{total}}{A_{fundación}} = \frac{2.000}{40 \times 250} = 0,2 \text{ kg/cm}^2 < 1,0 \text{ kg/cm}^2 \quad 6.28$$

Por lo tanto, se satisface la condición anterior.

6.1.4.3 Caso Sísmico

Carga Sísmica:

$$M_S = C \cdot I \cdot Q \quad 6.29$$

Zona sísmica 2 $\rightarrow A_0 = 0,3 \text{ g}$

Suelo tipo III $\rightarrow S = 1,2$

Razón de amortiguamiento $\rightarrow \xi = 0,05$

Valor máximo de modificación de respuesta $\rightarrow R = 5$

Coefficiente sísmico máximo $\rightarrow C = C_{max} = 0,75 \times 0,18 = 0,135$

Edificio categoría C1 $\rightarrow I = 1,2$

Entonces, el corte basal es: $Q_{basal} = 0,135 \times 1,2 \times 2.000 \text{ kg} = 324 \text{ kg}$

Por lo tanto, el momento sísmico es:



$$M_s = 81 \text{ cm} \times \frac{180 \text{ cm}}{2} = 7.290 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad 6.30$$

Ahora se debe calcular la carga resistente:

$$M_{resistente} = (PP + P_{est}) \cdot \frac{B}{2} = 2.000 \text{ kg} \times \frac{250 \text{ cm}}{2} = 250.000 \text{ kg} \cdot \text{cm} \quad 6.31$$

Excentricidad:

$$e = \frac{M_{solicitante}}{N_{total}} = \frac{7.290}{2.000} = 3,6 \text{ cm} < \frac{B}{6} = 41,6 \text{ cm} \quad 6.32$$

$$\sigma_{max} = \frac{N_{total}}{B \cdot L} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B} \right) = \frac{2.000}{40 \times 250} \times \left(1 + \frac{6 \times 3,6}{250} \right) = 0,21 \text{ kg/cm}^2 \quad 6.33$$

$$FS = \frac{\sigma_{adm}}{\sigma_{max}} = \frac{1,5}{0,21} = 7,14 > 2,5 \rightarrow \text{no se produce volcamiento} \quad 6.34$$

Armadura:

$$\rho_{req} = 0,04 \text{ ‰} < \rho_{min} = 3,33 \text{ ‰}$$

$$\rho^* = 0,05 \text{ ‰}$$

$$\rho_{usar} = \max \{ \rho^*, 1,5 \text{ ‰ } h/d \} = 1,60 \text{ ‰}$$

$$As_{usar} = \rho_{usar} \cdot b \cdot d / 1.000 = 4,50 \text{ cm}^2/\text{m}$$

→ Usar $\Phi 12 @ 20$ (5,65 cm²/m)

7 REFERENCIAS

- [1] YOUNG, Warren & BUDYNAS, Richard. Roark's Formulas for Stress and Strain. U.S.A.: McGraw-Hill, 2002.
- [2] PILKEY, Walter. Formulas for Stress, Strain and Structural Matrices. U.S.A: Wiley, 1994.
- [3] BLODGETT, Omer. Design Of Welded Structures. U.S.A.: James F. Lincoln Arc Welding Foundation, 1963.