



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Anejo

Cálculos

Autor: Paula M^a Montero Marqués

1. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LAS LINEAS DE MT.	3
1.1. INTENSIDAD DE CADA AEROGENERADOR	3
1.1. INTENSIDAD DE CADA TRAMO	4
1.2. CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN	4
2. CIMENTACIÓN	5
2.1. VUELCO	5
2.2. HUNDIMIENTO	6
2.3. DESLIZAMIENTO	8

1. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LAS LINEAS DE MT.

Para el cálculo de las secciones y debido a que la compañía distribuidora es Iberdrola, se aplicará la normativa MT2.31.01 y se adoptarán cables de aluminio y aislamiento de tipo HEPR.

El circuito eléctrico es de tipo paralelo, es decir, cada aerogenerador se conecta al circuito de forma independiente al resto. En este tipo de circuitos la tensión de línea se mantiene constante, 20kV en nuestro caso, mientras que la intensidad varía en función de los aerogeneradores conectados.

Sabiendo que:

$$I = \frac{P}{V}$$

Siendo: I = intensidad (A)

P = potencia (kW)

V = Tensión (V)

Al mantenerse la tensión constante, un aumento de potencia producirá un aumento de intensidad. Por este motivo, para conocer la sección de los conductores es necesario estudiar la intensidad que pasará por él.

En primer lugar se realizará el cálculo de la intensidad que produce cada aerogenerador y a continuación se calculará la intensidad que soporta cada tramo de cada alternativa.

Las secciones correspondientes a cada tramo se obtienen de la siguiente tabla:

seccion nominal de los conductores mm ²	Intensidad
	3 unipolares
150	255
240	345
400	450

Tabla 1: Intensidad máximas admisibles (A) en servicio permanente y con corriente alterna. Cables sunipolares aislados con conductores de aluminio de hasta 18/30kV, bajo tubo

1.1. Intensidad de cada aerogenerador

En corriente alterna trifásica, la intensidad queda definida mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi \times \eta}$$

Siendo: P = Potencia nominal del aerogenerador = 800 (kW)

U = Tensión de línea= 20 kV

$$\cos \varphi = \text{Factor de potencia} = 1$$

$$\eta = \text{rendimiento} = 1$$

De esta forma se obtiene una intensidad por aerogenerador de **23.1 A**

1.1. Intensidad de cada tramo

La intensidad de cada tramo es igual a la intensidad que produce un aerogenerador por el número de aerogeneradores que se conectan a la línea

$$\text{Tramo 1: } \textit{Intensidad} = 23,1 \times 1 = 23,1 \text{ A}$$

$$\text{Tramo 2: } \textit{Intensidad} = 23,1 \times 6 = 138,6 \text{ A}$$

$$\text{Tramo 3: } \textit{Intensidad} = 23,1 \times 7 = 161,7 \text{ A}$$

En los tres casos la intensidad es < a 255A, por lo que la sección será de 150mm².

1.2. Cálculo de la caída de tensión

Debe comprobarse que la caída de tensión es inferior al 5% en todos los tramos. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\textit{Caída de tensión} (\%) = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \cos \varphi \times \rho}{U \times S} \times 100 < 5\%$$

Siendo: L = Longitud del cable (m)

ρ = resistividad del aluminio = 0,0283 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

S = Sección (mm²)= 150mm².

Tramo 1 de 198,7 m de longitud; I = 23.1A. Caída de tensión =0.26 < 5%

Tramo 2 de 475 m de longitud; I = 138.6A. Caída de tensión =0.63 < 5%

Tramo 3 de 538 m de longitud; I = 161.7A. Caída de tensión =0.71 < 5%

Como se puede observar, en todos los tramos la caída de tensión es considerablemente inferior al 5%

2. CIMENTACIÓN

Se considera cimentación superficial si:

$$D \leq 5B$$

Siendo D = Profundidad de la cimentación = 2.5m

B = Longitud de la base de la cimentación (radio) = 12m

$$2.5 \leq 5 \times 12 = 60 \rightarrow \text{CIMENTACIÓN SUPERFICIAL}$$

A continuación se representa la figura acotada de la cimentación y los esfuerzos ejercidos sobre su base

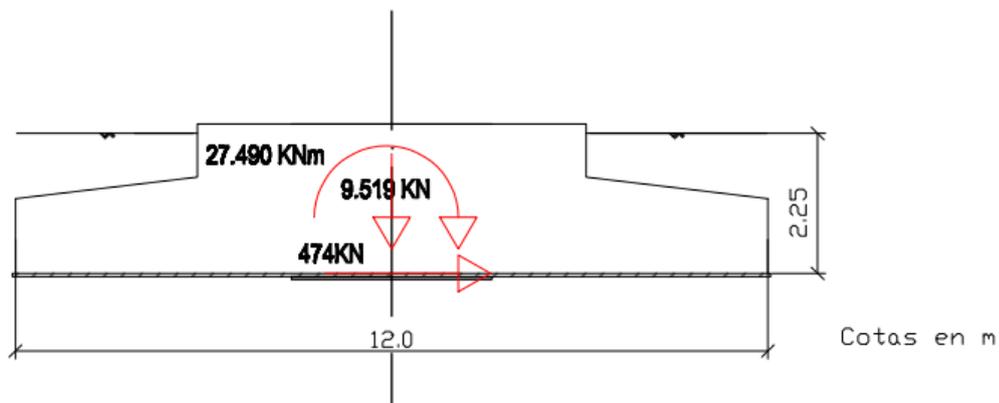


Figura 3: Figura acotada de la cimentación y esfuerzos ejercidos. Fuente: Elaboración propia.

$$F_{xy} = 474 \text{ kN}$$

$$F_z = 9519 \text{ kN}$$

$$M_{xy} = 27490$$

Las comprobaciones se deben realizar tanto para suelos arcillosos como para calizas

2.1. VUELCO

Esta comprobación es igual tanto para arcillas como para calizas:

El coeficiente de seguridad frente al vuelco se expresa de la siguiente forma:

$$Fv = \frac{\sum \text{Momentos estabilizadores}}{\sum \text{Momentos desestabilizadores}} > 2$$

El cálculo se realiza en la esquina inferior derecha de la cimentación.

$$Fv = \frac{9519 \times 6}{27490} = 2.077 > 2 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

2.2. HUNDIMIENTO

En el caso de las calizas no es posible realizar esta comprobación ya que sería necesario realizar un estudio geotécnico para obtener parámetros del terreno.

La comprobación a realizar establecida en la guía de cimentaciones de carretera es la siguiente:

$$P_{v adm} = P_0 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \sqrt{\frac{q_u}{P_0}}$$

Donde:

- $P_{v adm}$ = Presión admisible.
- P_0 = Presión de referencia. Deberá tomarse un valor de 1 MPa.
- q_u = Resistencia a compresión simple de la roca sana.
- $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ = Parámetros adimensionales que dependen del tipo de roca, de su grado de alteración y del espaciamiento de las litoclasas, según se indica a continuación.

Por otro lado, en el caso de las arcillas se debe comprobar a corto y a largo plazo.

- A corto plazo:

El coeficiente de seguridad frente a hundimiento se expresa de la siguiente forma:

$$F_{hto} = \frac{q_{hn}}{q_t} = \frac{q_h - q_0}{q_t - q_0}$$

q_0 = tensión total vertical del terreno en el plano de cimentación

γ = peso específico del terreno = 18 kN/m³

q_{hn} = carga de hundimiento neta

q_h = carga de hundimiento

q_t = carga transmitida por la estructura

$$q_0 = \gamma * D = 18 \times 2.5 = 40,5 \text{ kN/m}^2$$

Debido a que la fuerza transmitida a cota de cimentación es excéntrica:

$$q_t = \frac{F_z}{A'}$$

Siendo: A' = área eficaz

Para el cálculo del área eficaz se debe calcular la excentricidad y el radio eficaz ($B'/2$)

$$\text{excentricidad} = e = \frac{M_{xy}}{F_z} = \frac{27490 \text{ kNm}}{9519 \text{ kN}} = 2,88 \text{ m}$$

$$B' = L' = \phi - 2e = 12m - 2 \cdot 2,88m = 6,24 m$$

$$A' = \pi \times (B'/2)^2 = \pi \times 3,12^2 = 30,58m$$

La carga de hundimiento se calcula aplicando BRINCH-HANSEN, adoptando $\varphi_u=0$.

φ_u = ángulo de rozamiento

c = cohesión = 10 kN/m²

BRINCH-HANSEN:

$$q_h = c_u \cdot q \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q + \frac{1}{2} \cdot B' \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma$$

Los factores de capacidad de carga se expresan en función de φ , por lo que cuando esta es nula se adoptan los siguientes valores:

$$N_c = \pi + 2 = 5.14$$

$$N_q = 1$$

$$N_\gamma = 0$$

Por otro lado, los factores de forma para $\varphi=0$ son:

$$S_c = 1 + 0,2 \times \frac{B'}{L'} = 1,2$$

$$S_q = 1$$

$$S_\gamma = 1 - 0,4 \times \frac{B'}{L'} = 0,6$$

Los factores de inclinación sabiendo que φ es cero son:

$$i_q = 1$$

$$i_c = 1 - \frac{F_{xy}}{c \cdot B' \cdot L' \cdot N_c} = 1 - \frac{474kN}{\frac{10kN}{m^2} \times 6,24m \times 6,24m \times 5,14} = 0,763$$

$$i_\gamma = 1$$

En cimentaciones superficiales se desprecia el efecto del empotramiento, por lo que los factores de profundidad son:

$$d_c = d_q = d_\gamma = 1$$

Aplicando la formula de BRINCH-HANSEN, se obtiene:

$$q_h = 10 \frac{kN}{m^2} \times 5,14 \times 1,2 \times 1 \times 0,763 + 40,5 \frac{kN}{m^2} \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 87,56 \frac{kN}{m^2}$$

Por último, se calcula carga transmitida por la estructura:

$$q_t = \frac{F_z}{A'} = \frac{9519kN}{30,58m} = 311,26 kN/m^2$$

Una vez obtenidos todos los datos, se procede a calcular el coeficiente frente a hundimiento.

$$F_{hto} = \frac{87,56-40,5}{311,26-40,5} = 0,174 < 3 \text{ NO CUMPLE}$$

2.3. DESLIZAMIENTO

Tanto para arcillas como para calizas, no es necesario calcular el coeficiente frente a deslizamiento en el caso de que la fuerza vertical sea un 10% superior a la horizontal.

$$F_{xy} < 10\%F_z \rightarrow 474kN < 0.1 \times 9519 = 951,9kN \rightarrow \text{CUMPLE}$$