



|   |  |   |
|---|--|---|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:<br><b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO.:<br><b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | PROYECTO:<br><b>INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA</b> | HOJA:<br><br>1 de 36                                    |
|  | TÍTULO:<br><b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b>                             |   |


## ÍNDICE DE REVISIONES

| Fecha      | Revisión | Observaciones             |
|------------|----------|---------------------------|
| 11-10-2025 | A        | Para Revisión del Cliente |

|  |  |   |
|--|--|---|
| Ing. Victor H. Perez<br><b>Ingeniero de Proyecto</b> | Ing. Juan Carlos Lino<br><b>Especialista Civil</b> | Ing. Andrés Aguilar Ll.<br><b>Gerente de Proyecto</b> |
| <b>ELABORADO POR</b>                                 | <b>REVISADO POR</b>                                | <b>APROBADO POR</b>                                   |


ESTE DOCUMENTO ES PROPIEDAD DE YPFB TRANSPORTE S.A. Y NO PODRÁ SER REPRODUCIDO O UTILIZADO PARA CUALQUIER FINALIDAD DIFERENTE DE AQUELLA PARA LA QUE HA SIDO SUMINISTRADO.

Archivo: IPE-2025-2977-S-MC-008-RA

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IFE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 2 de 36                       |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. OBJETIVO .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. ALCANCE.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA, NORMAS Y ABREVIATURAS.....</b> | <b>3</b>  |
| 3.1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA .....                               | 3         |
| 3.2. NORMAS DE REFERENCIA .....                                   | 3         |
| <b>4. PARAMETROS DE DISEÑO.....</b>                               | <b>4</b>  |
| 4.1. HORMIGÓN .....   | 4         |
| 4.2. RECUBRIMIENTO.....   | 4         |
| 4.3. PARÁMETROS DEL SUELO DEL SUELO .....                         | 5         |
| <b>5. ANÁLISIS DE CARGA.....</b>                                  | <b>5</b>  |
| 5.1. GEOMETRÍA .....  | 5         |
| 5.2. COMBINACIONES DE CARGA.....                                  | 7         |
| 5.3. CARGA MUERTA.....  | 8         |
| 5.4. CARGA VIVA.....  | 9         |
| 5.5. CARGA DE VIENTO.....   | 9         |
| <b>6. CARGAS SÍSMICAS (S).....</b>                                | <b>13</b> |
| <b>7. RESULTADOS DE ANALISIS .....</b>                            | <b>19</b> |
| 7.1. VERIFICACIÓN DE PARTICIPACIÓN DE MASAS.....                  | 19        |
| 7.2. VERIFICACIÓN ESCTRUCUTRA METALICA.....                       | 20        |
| 7.3. DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS .....                                | 21        |
| <b>8. diseño de fundación.....</b>                                | <b>22</b> |
| <b>9. DISEÑO DE PLACA DE ANCLAJE .....</b>                        | <b>28</b> |
| <b>10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>                   | <b>36</b> |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 3 de 36                       |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

## 1. OBJETIVO

Realizar el análisis, cálculo estructural y la verificación de la fundación y estructura de postes de luminarias, de tal forma que sea capaz de soportar los esfuerzos y demás cargas sobre la estructura para el proyecto "INGENIERÍA BÁSICA Y DE DETALLE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA 4TA Y 5TA UCG EN LA E°C° COLPA".

## 2. ALCANCE

El alcance del presente documento se limita al análisis, cálculo estructural y la verificación de la fundación y estructura de postes de luminarias, que será instalado en Estación de Compresión Colpa, para YPFB Transporte S.A.

## 3. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA, NORMAS Y ABREVIATURAS

### 3.1. DOCUMENTOS DE REFERENCIA


A continuación, se detalla la documentación de referencia asociada a este documento:

|           |                          |  |
|-----------|--------------------------|--|
| [Ref. 1.] | IPE-2025-2977-G-MD-003   | Bases de Diseño  |
| [Ref. 2.] | SC-E30-CI-00-05-01 de 01 | Plan General de Ubicación de Obras Civiles - Área Instalación 4ta y 5ta UCG                    |
| [Ref. 3.] | SC-E30-TO-00-05-01 de 01 | Planos Topográficos  |
| [Ref. 4.] | IPE-2025-2977-S-EG-001   | Informe de Estudio Geotécnico y Ensayos realizados (SPT)                                       |
| [Ref. 5.] | SC-E30-CI-00-08-26 de 40 | Planos de Fundación y Estructura Luminarias - Vista en Planta, Cortes, Elevaciones y Detalles. |

### 3.2. NORMAS DE REFERENCIA

A continuación, se detallan las normas de referencia asociadas a este documento:

|            |                   |  |
|------------|-------------------|--|
| [Ref. 6.]  | NB 1225001        | Norma Boliviana de Hormigón Estructural            |
| [Ref. 7.]  | NBDS-2023         | Norma Boliviana de Diseño Sísmico 2023             |
| [Ref. 8.]  | ACI 318-19        | Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural |
| [Ref. 9.]  | AISC 360-16       | Especificación para Construcciones de Acero        |
| [Ref. 10.] | ASCE 7-16         | Sociedad Americana de Ingenieros Civiles           |
| [Ref. 11.] | AWS-D1.1-C1M-2020 | American welding society                           |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 4 de 36                       |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

## 4. PARAMETROS DE DISEÑO

### 4.1. HORMIGÓN

**Tabla 1.** Características del hormigón.


| Características H210x5000                       | Valores                     |
|---|-----------------------------|
| Coeficiente de Poisson                          | 0.2                         |
| Peso Unitario                                   | 2500.0 kg/m <sup>3</sup>    |
| Coeficiente de Dilatación Térmica               | 9.90E-06 1/C                |
| Módulo de Elasticidad (Es)                      | 2.14E+05 kg/cm <sup>2</sup> |
| Tensión de Fluencia del Acero Longitudinal (Fy) | 5000.0 kg/cm <sup>2</sup>   |
| Tensión de Fluencia del Acero Transversal (Fy)  | 5000.0 kg/cm <sup>2</sup>   |
| Factor Cte. Torsión J (0.05)                    | 0.05                        |
| Tensión de Rotura del Hormigón (f'c)            | 210.0 kg/cm <sup>2</sup>    |
| Módulo de Elasticidad del Acero (Es)            | 2.04E+06 kg/cm <sup>2</sup> |

### 4.2. RECUBRIMIENTO

Los recubrimientos para la armadura serán los especificados en la norma ACI 318-19, y se listan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.** Recubrimiento mecánico.

| 7.7.1 concreto construido en sitio (no preesforzado)                            |                          |
|---|--------------------------|
| Estado  | Recubrimiento mínimo, mm |
| a) Concreto colocado contra el suelo y expuesto permanentemente a él            | 75                       |
| b) Concreto expuesto a suelo o a la intemperie:                                 |                          |
| Barras 19 mm (3/4") a 57 mm (2-1/4")  | 50                       |
| Barras 16 mm (5/8"), alambre MW200 ó MD200 (16 mm (5/8") de diámetro) y menores | 40                       |
| c) Concreto no expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo:            |                          |
| * Losas, muros, viguetas:   |                          |
| Barras 43 mm (1-3/4") y 57 mm (2-1/4")  | 40                       |
| Barras 36 mm (1-5/16") y menores  | 20                       |
| * Vigas, columnas:  |                          |
| Armadura principal, estribos, espirales   | 40                       |
| * Cáscaras y placas plegadas:   |                          |
| Barra 19 mm (3/4") y mayores  | 20                       |
| Barras 16 mm (5/8"), alambre MW200 ó MD200 (16 mm (5/8") de diámetro) y menores | 15                       |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 5 de 36                       |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

Se asumirán los siguientes recubrimientos:

- 75 mm en fundaciones profundas, colocado sobre hormigón pobre.
- 50 mm en el fuste.

### 4.3. PARÁMETROS DEL SUELO DEL SUELO

Para realizar el cálculo de la fundación y comprender mejor el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo se realizaron estudios geotécnicos en puntos establecidos, con la finalidad de obtener parámetros referidos especialmente a la resistencia al corte y presión admisible del suelo de fundación.

**Tabla 3.** Características del Suelo.

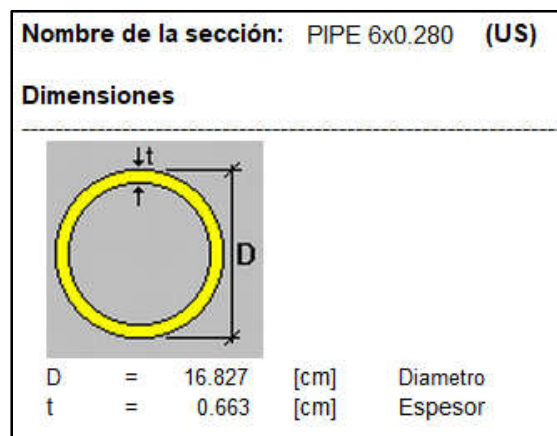
| Características Suelo de Fundación | Valores                 |
|------------------------------------|-------------------------|
| Ángulo de Fricción                 | 20 (°)                  |
| Densidad Natural                   | 1860 kg/m <sup>3</sup>  |
| Coeficiente de Balasto (K30)       | 3.15 kg/cm <sup>3</sup> |
| Tensión Admisible (qadm)           | 1.50 kg/cm <sup>2</sup> |


## 5. ANÁLISIS DE CARGA

Para el análisis de carga y los efectos que producen las mismas, se analizaron con la ayuda del Software Ram Elements v23.

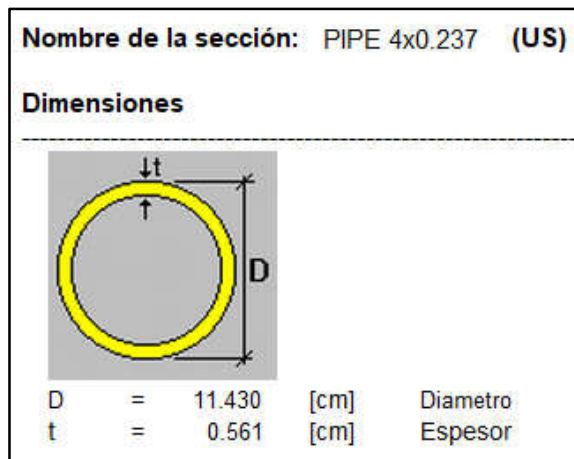
### 5.1. GEOMETRÍA

**Figura 1.** Tubería Ø6".

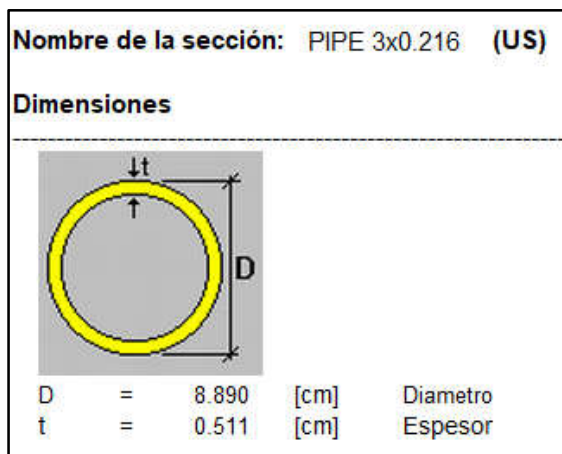


|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | IPE-2025-2977-S-MC-008 |
|   | TÍTULO:  | HOJA:                  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS | 6 de 36                |
|   |  | REV:                   |
|   |  | A                      |

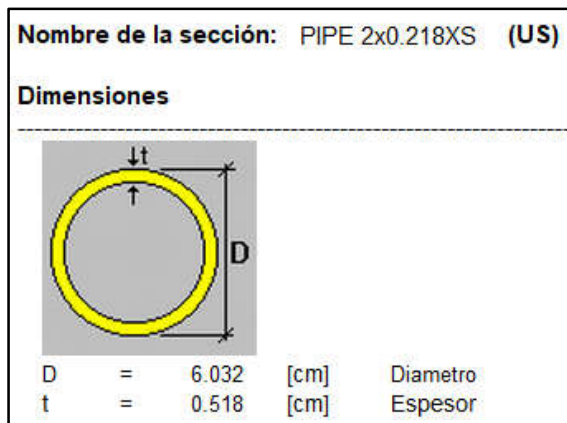
**Figura 2.** Tubería Ø4".




**Figura 3.** Tubería Ø3".



**Figura 4.** Tubería Ø2".



|   |   |                              |
|---|---|------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:        |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IP-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                        |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 7 de 36                      |
|   |   | REV:                         |
|   |   | <b>A</b>                     |

## 5.2. COMBINACIONES DE CARGA

**Tabla 4.** Estados de carga.


| Condición | Descripción  | Comb. | Categoría |
|-----------|--------------|-------|-----------|
| CM        | Carga Muerta | No    | DL        |
| LL        | Live Load    | No    | LL        |
| Wx        | Wind in X    | No    | WIND      |
| Wz        | Wind in Z    | No    | WIND      |
| EQx       | Seismic in X | No    | EQ        |
| EQz       | Seismic in Z | No    | EQ        |

**Tabla 5.** Combinaciones de diseño.

| Condición | Descripción  | Comb. | Categoría |
|-----------|--------------|-------|-----------|
| D1        | 1.4CM        | Si    |           |
| D2        | 1.2CM+1.6LL  | Si    |           |
| D3        | 1.2CM+0.5Wx  | Si    |           |
| D4        | 1.2CM+0.5Wz  | Si    |           |
| D5        | 1.2CM+Wx     | Si    |           |
| D6        | 1.2CM+Wz     | Si    |           |
| D7        | 1.2CM+Wx+LL  | Si    |           |
| D8        | 1.2CM+Wz+LL  | Si    |           |
| D9        | 0.9CM+Wx     | Si    |           |
| D10       | 0.9CM+Wz     | Si    |           |
| D11       | 1.2CM+EQx    | Si    |           |
| D12       | 1.2CM+EQz    | Si    |           |
| D13       | 1.2CM+EQx+LL | Si    |           |
| D14       | 1.2CM+EQz+LL | Si    |           |
| D15       | 0.9CM+EQx    | Si    |           |
| D16       | 0.9CM+EQz    | Si    |           |

**Tabla 6.** Combinaciones de servicio.

| Condición | Descripción        | Comb. | Categoría |
|-----------|--------------------|-------|-----------|
| S1        | CM                 | Si    |           |
| S2        | CM+LL              | Si    |           |
| S3        | CM+0.75LL          | Si    |           |
| S4        | CM+0.6Wx           | Si    |           |
| S5        | CM+0.6Wz           | Si    |           |
| S6        | CM+0.7EQx          | Si    |           |
| S7        | CM+0.7EQz          | Si    |           |
| S8        | CM+0.75LL+0.45Wx   | Si    |           |
| S9        | CM+0.75LL+0.45Wz   | Si    |           |
| S10       | 0.6CM+0.6Wx        | Si    |           |
| S11       | 0.6CM+0.6Wz        | Si    |           |
| S12       | CM+EQx             | Si    |           |
| S13       | CM+EQz             | Si    |           |
| S14       | CM+0.75LL+0.525EQx | Si    |           |
| S15       | CM+0.75LL+0.525EQz | Si    |           |
| S16       | CM+0.525EQx        | Si    |           |
| S17       | CM+0.525EQz        | Si    |           |
| S18       | 0.6CM+0.7EQx       | Si    |           |
| S19       | 0.6CM+0.7EQz       | Si    |           |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 8 de 36                       |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

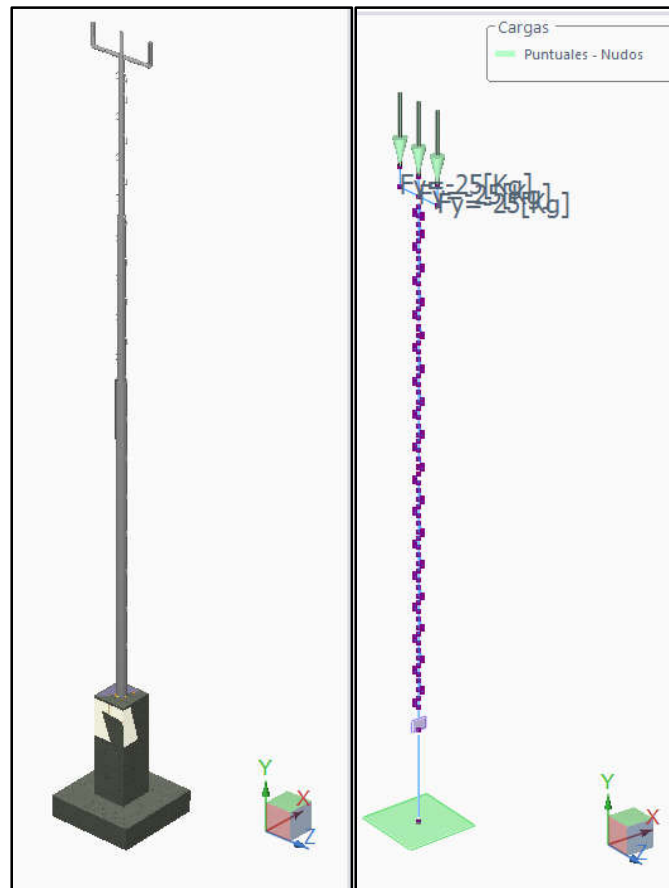
### 5.3. CARGA MUERTA

En este estado de carga se consideró el peso propio de la estructura, esta carga es calculada de forma automática por el programa a partir de su peso específico y geometría


$P = 25 \text{ kg}$

Peso Luminaria

**Figura 5.** Carga muerta.





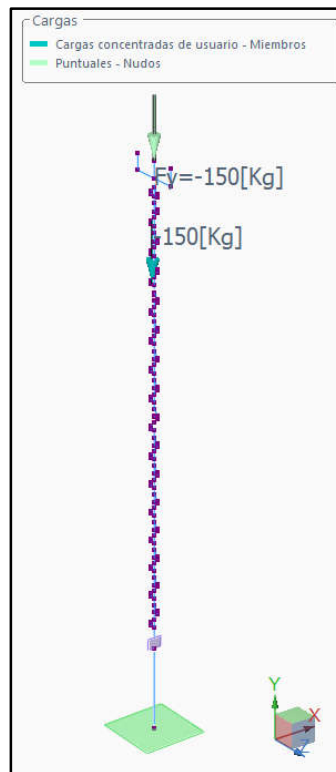
|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 9 de 36                       |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

#### 5.4. CARGA VIVA

Para este estado de carga se consideró una carga sobre la estructura de 150 kg, por operación y/o mantenimiento.

$$P = 150 \text{ kg}$$

**Figura 6.** Carga viva de mantenimiento.



#### 5.5. CARGA DE VIENTO


Para la obtención de la presión del viento ( $q_z$ ) se utilizará la siguiente ecuación de acuerdo a la ASCE 7-16 (Eq 26. 10-1):

$$q_z = 0.613 * K_z * K_{zT} * K_d * K_e * V^2 \quad [N/m^2]$$

##### Velocidad básica del viento

El efecto del viento se considera en general en los ejes principales de una construcción.

La velocidad básica del viento según la Norma Boliviana APNB 1225003-1 para Santa Cruz es:

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IFE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 10 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

$$V = 42.60 \text{ m/s}$$

### Determinación del factor direccional Kd

Tabla 7. Factor de direccionalidad del viento, K<sub>d</sub> (ASCE 7-16, tabla 26.6-1).

| Structure Type  | Directionality Factor <i>K<sub>d</sub></i> |
|---|--|
| <b>Buildings</b>  |  |
| Main Wind Force Resisting System  | 0.85                                       |
| Components and Cladding   | 0.85                                       |
| Arched Roofs  | 0.85                                       |
| Circular Domes  | 1.0 <sup>a</sup>                           |
| Chimneys, Tanks, and Similar Structures   |  |
| Square  | 0.90                                       |
| Hexagonal   | 0.95                                       |
| Octagonal   | 1.0 <sup>a</sup>                           |
| Round   | 1.0 <sup>a</sup>                           |
| Solid Freestanding Walls, Roof Top Equipment, and Solid Freestanding and Attached Signs   | 0.85                                       |
| Open Signs and Single-Plane Open Frames   | 0.85                                       |
| Trussed Towers  |  |
| Triangular, square, or rectangular  | 0.85                                       |
| All other cross sections  | 0.95                                       |
| <sup>a</sup> Directionality factor <i>K<sub>d</sub></i> =0.95 shall be permitted for round or octagonal structures with nonaxisymmetric structural systems. |  |


$$K_d = 0.95$$

### Determinación del factor de elevación del terreno Ke

Tabla 8. Factor elevación del terreno, Ke (ASCE 7-16, tabla 26.9-1).

| Table 26.9-1 Ground Elevation Factor, <i>K<sub>e</sub></i>  |        |  |
|---|--------|--|
| Ground Elevation above Sea Level  |        | Ground Elevation Factor <i>K<sub>e</sub></i> |
| ft  | m      |  |
| <0  | <0     | See note 2                                   |
| 0   | 0      | 1.00   |
| 1,000   | 305    | 0.96   |
| 2,000   | 610    | 0.93   |
| 3,000   | 914    | 0.90   |
| 4,000   | 1,219  | 0.86   |
| 5,000   | 1,524  | 0.83   |
| 6,000   | 1,829  | 0.80   |
| >6,000  | >1,829 | See note 2                                   |
| Notes<br>1. The conservative approximation <i>K<sub>e</sub></i> = 1.00 is permitted in all cases.<br>2. The factor <i>K<sub>e</sub></i> shall be determined from the above table using interpolation or from the following formula for all elevations:<br><i>K<sub>e</sub></i> = <i>e</i> <sup>-0.0001362<i>z<sub>g</sub></i></sup> ( <i>z<sub>g</sub></i> = ground elevation above sea level in ft).<br><i>K<sub>e</sub></i> = <i>e</i> <sup>-0.000119<i>z<sub>g</sub></i></sup> ( <i>z<sub>g</sub></i> = ground elevation above sea level in m).<br>3. <i>K<sub>e</sub></i> is permitted to be take as 1.00 in all cases. |        |  |

$$K_e = 1$$

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:                           |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | <b>IPe-2025-2977-S-MC-008</b><br>HOJA: 11 de 36 |
|   | TÍTULO:<br><b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | REV: <b>A</b>                                   |

### Determinación de categoría de exposición Kz

**Exposición C.** Terrenos abiertos con obstrucciones dispersas, con alturas generalmente menores que **10.00 m**. Esta categoría incluye campo abierto plano y terrenos agrícolas.

**Tabla 9.** Coeficientes de exposición de presión de la velocidad,  $K_h$  y  $K_z$  (ASCE 7-16, tabla 26.10-1).


| Height above Ground Level, z |       | Exposure                 |      |      |
|------------------------------|-------|--------------------------|------|------|
| ft                           | m     | B                        | C    | D    |
| 0-15                         | 0-4.6 | 0.57 (0.70) <sup>a</sup> | 0.85 | 1.03 |
| 20                           | 6.1   | 0.62 (0.70) <sup>a</sup> | 0.90 | 1.08 |
| 25                           | 7.6   | 0.66 (0.70) <sup>a</sup> | 0.94 | 1.12 |
| 30                           | 9.1   | 0.70                     | 0.98 | 1.16 |
| 40                           | 12.2  | 0.76                     | 1.04 | 1.22 |
| 50                           | 15.2  | 0.81                     | 1.09 | 1.27 |
| 60                           | 18.0  | 0.85                     | 1.13 | 1.31 |
| 70                           | 21.3  | 0.89                     | 1.17 | 1.34 |
| 80                           | 24.4  | 0.93                     | 1.21 | 1.38 |
| 90                           | 27.4  | 0.96                     | 1.24 | 1.40 |
| 100                          | 30.5  | 0.99                     | 1.26 | 1.43 |
| 120                          | 36.6  | 1.04                     | 1.31 | 1.48 |
| 140                          | 42.7  | 1.09                     | 1.36 | 1.52 |
| 160                          | 48.8  | 1.13                     | 1.39 | 1.55 |
| 180                          | 54.9  | 1.17                     | 1.43 | 1.58 |
| 200                          | 61.0  | 1.20                     | 1.46 | 1.61 |
| 250                          | 76.2  | 1.28                     | 1.53 | 1.68 |
| 300                          | 91.4  | 1.35                     | 1.59 | 1.73 |
| 350                          | 106.7 | 1.41                     | 1.64 | 1.78 |
| 400                          | 121.9 | 1.47                     | 1.69 | 1.82 |
| 450                          | 137.2 | 1.52                     | 1.73 | 1.86 |
| 500                          | 152.4 | 1.56                     | 1.77 | 1.89 |

<sup>a</sup>Use 0.70 in Chapter 28, Exposure B, when  $z < 30$  ft (9.1 m).

**Notes**

- The velocity pressure exposure coefficient  $K_z$  may be determined from the following formula:  
 For  $15 \text{ ft (4.6 m)} \leq z \leq z_g$   $K_z = 2.01(z/z_g)^{2/\alpha}$   
 For  $z < 15 \text{ ft (4.6 m)}$   $K_z = 2.01(15/z_g)^{2/\alpha}$
- $\alpha$  and  $z_g$  are tabulated in Table 26.11-1.
- Linear interpolation for intermediate values of height  $z$  is acceptable.
- Exposure categories are defined in Section 26.7.

$$K_z = 1.001$$

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 12 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

### Determinación de efecto topográfico $K_{zt}$

Los efectos del aumento de la velocidad del viento sobre lomas, escarpas y colinas aisladas que constituyen cambios abruptos en la topografía general en cualquier categoría de exposición, se consideraron para el caso específico de nuestro proyecto un terreno plano con un valor de:

$$K_{ZT} = 1 \text{ Terreno plano}$$

### Presión dinámica

La presión dinámica  $q_z$ , evaluada a la altura  $z$ , se debe calcular mediante la siguiente ecuación:

$$q_z = 0.613 * K_z * K_{ZT} * K_d * K_e * V^2 \quad [N/m^2]$$

Donde:

$$K_d = 0.95$$

$$K_z = 1.001$$


$$K_{zt} = 1.00$$

$$V = 42.60 \text{ m/s}$$

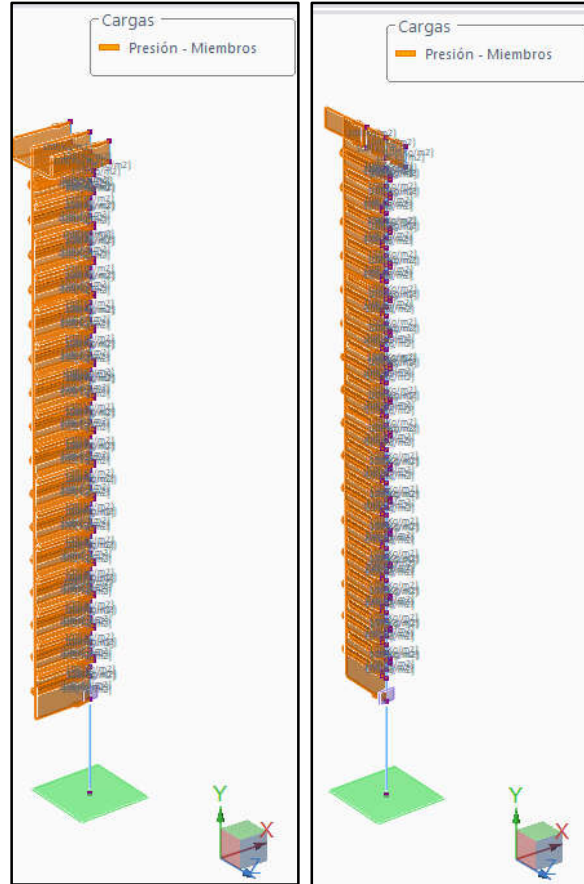
$$K_e = 1.00$$

$$q_z = 0.613 * 1.00 * 1.001 * 0.95 * 1 * (42.60)^2 = 1057.883 \text{ N/m}^2 = 107.874 \text{ kg/m}^2$$

Se adopta:  $q_z = 108 \text{ kg/m}^2$

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 13 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

**Figura 7. Carga de viento en X y Z**




## 6. CARGAS SÍSMICAS (S)

De acuerdo con la Norma Boliviana de diseño sísmico 2023, la sollicitación sísmica se determina mediante el método de análisis estático o modal espectral según conveniencia en función al tipo de estructura.

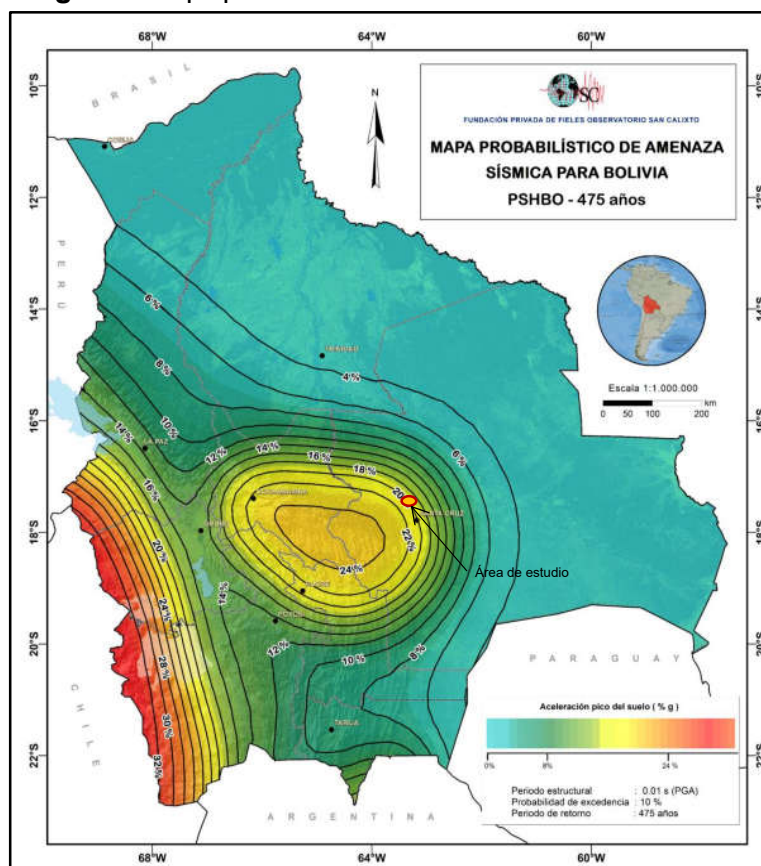
El lugar donde se encuentra el proyecto la actividad sísmica en estas regiones es moderado-alto en comparación en otras zonas morfotectónicas.

Para la determinación Peak Ground Aceleración – PGA, se usó el registro histórico y el mapa probabilístico de amenazas sísmicas, para un periodo de retorno de 475 años, con 10% de probabilidad de excedencia en 10 años.

Para el punto del proyecto fue considerado el rango de excedencia desfavorable de  $PGA=20\%$ .

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | IPE-2025-2977-S-MC-008 |
|   | TÍTULO:  | HOJA:                  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS | 14 de 36               |
|   |  | REV:                   |
|   |  | A                      |

**Figura 8.** Mapa probabilístico de amenaza sísmica.




Para determinar los espectros de diseño aceleración se determinan los siguientes valores:

- Factor de Importancia  $I_e$

**Tabla 10.** Factor de Importancia,  $I_e$ .

| Tipo | $I_e$             |
|------|-------------------|
| IV   | 1.5               |
| III  | 1.3               |
| II   | 1.0               |
| I    | Nota <sup>1</sup> |

Nota<sup>1</sup>: Edificaciones cuya resistencia y rigidez sean adecuadas para resistir acciones laterales a criterio del proyectista.

|   |  |                                 |
|---|--|---------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:           |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>  | <b>IPÉ-2025-2977-S-MC-008</b>   |
|   | TÍTULO:<br><b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | HOJA: 15 de 36<br>REV: <b>A</b> |

➤ Clasificación de suelo de fundación

**Tabla 11.** Tipo de Suelo.

| Suelo | Descripción                                |
|-------|--|
| S0    | Roca dura                                  |
| S1    | Roca                                       |
| S2    | Suelo muy rígido - roca blanda             |
| S3    | Suelo rígido                               |
| S4    | Suelo blando                               |
| S5    | Requiere un análisis de respuesta de sitio |

➤ Coeficiente,  $F_a$  y  $F_v$

Los efectos del tipo de suelo en la acción sísmica se pueden considerar a partir de la aplicación de los factores,  $F_a$  y  $F_v$ , en función de la aceleración máxima del suelo,  $S_0$ , (PGA).

**Tabla 12.** Coeficiente de sitio de periodo corto,  $F_a$ .

| Tipo de suelo | $S_0$   |       |       |       |       |         |
|---------------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|
|               | < 0.067 | 0.133 | 0.200 | 0.267 | 0.333 | > 0.400 |
| S0            | 0.8     | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8     |
| S1            | 0.9     | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9   | 0.9     |
| S2            | 1.3     | 1.3   | 1.2   | 1.1   | 1.1   | 1.1     |
| S3            | 1.6     | 1.4   | 1.2   | 1.1   | 1.1   | 1.1     |
| S4            | 2.4     | 1.7   | 1.3   | 1.2   | 1.2   | 1.2     |

*Nota:* Se permite interpolación lineal para valores intermedios.

**Tabla 13.** Coeficiente de sitio de periodo largo  $F_v$

| Tipo de suelo | $S_0$   |       |       |       |       |         |
|---------------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|
|               | < 0.053 | 0.107 | 0.160 | 0.213 | 0.267 | > 0.320 |
| S0            | 0.64    | 0.7   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8     |
| S1            | 0.64    | 0.7   | 0.8   | 0.8   | 0.8   | 0.8     |
| S2            | 1.2     | 1.3   | 1.5   | 1.5   | 1.5   | 1.4     |
| S3            | 2.0     | 2.0   | 2.0   | 1.9   | 1.8   | 1.7     |
| S4            | 3.5     | 3.0   | 2.8   | 2.4   | 2.4   | 2.4     |


*Nota:* Se permite interpolación lineal para valores intermedios.

➤ Efecto de topografía y pendientes

Se considera la ubicación topográfica >D, donde el factor será  $\tau = 1$

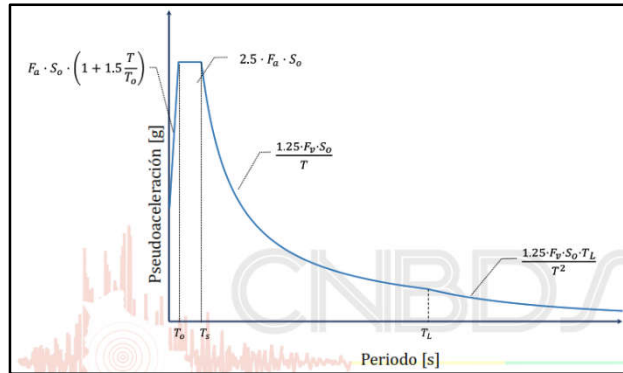
➤ Espectros de respuestas



|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 16 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

La parametrización del espectro elástico,  $S_{ae}$  (Figura 3) se realizará mediante las ecuaciones de las tablas (Tabla 13 y Tabla 14), ramas y periodos de regiones, respectivamente.

**Figura 9.** Espectro elástico de pseudoaceleración en unidades de g.



**Tabla 14.** Parametrización del espectro elástico de pseudoaceleración.

| Rama                  | Pseudoaceleración ( $S_{ae}$ )                                 |
|-----------------------|--|
| $T < T_0$             | $F_a \cdot S_0 \cdot \left(1 + 1.5 \cdot \frac{T}{T_0}\right)$ |
| $T_0 \leq T \leq T_s$ | $2.5 \cdot F_a \cdot S_0$                                      |
| $T_s < T \leq T_L$    | $\frac{1.25 \cdot F_v \cdot S_0}{T}$                           |
| $T_L < T$             | $\frac{1.25 \cdot F_v \cdot S_0 \cdot T_L}{T^2}$               |

**Tabla 15.** Periodo límite inicial, corto y largo.

| $T_0$                        | $T_s$                       | $T_L$                     |
|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| $0.15 \cdot \frac{F_v}{F_a}$ | $0.5 \cdot \frac{F_v}{F_a}$ | $4 \cdot \frac{F_v}{F_a}$ |


#### ➤ Espectro de diseño

El espectro de diseño  $S_a$ , es el espectro elástico afectado por los factores, de reducción  $R$  de importancia  $I_e$  y topografía  $\tau$ , definido por:

$$S_a = \frac{S_{ae} \cdot I_e \cdot \tau}{R}$$

$S_{ae}$ = Espectro elástico de Pseudoaceleración definido.




|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPe-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 17 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

**Tabla 16.** Coeficientes de reducción, R, amplificación, Cd y valores de distorsión  $\Delta^1$ .

| Sistema Estructural  | R    | C <sub>d</sub> | $\Delta^1$ |
|--|------|----------------|------------|
| <b>Hormigón<sup>2</sup></b>  |      |                |            |
| <b>Sistema de Pórticos</b>   |      |                |            |
| Pórticos Especiales Resistentes a Momentos   | 8    | 5.5            | 0.012      |
| Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos  | 5    | 4.5            | 0.011      |
| Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos   | 3    | 2.5            | 0.010      |
| <b>Sistema de Entrepiso sin Viga</b>   |      |                |            |
| Entrepisos planos compuestos por losas macizas o nervadas bidireccionales con ábacos, apoyados en columnas con o sin capiteles. Altura máxima, 30 m.   | 2.5  | 1.8            | 0.007      |
| Entrepisos planos compuestos por losas macizas o nervadas bidireccionales con ábacos, apoyados en columnas con o sin capiteles y muros de corte ordinarios. Altura máxima, 30 m.                         | 4    | 3.6            | 0.008      |
| <b>Sistema de Entrepiso con Vigas Planas</b>   |      |                |            |
| Entrepisos planos apoyados en vigas planas y columnas. Altura máxima, 30 m.  | 2.5  | 1.8            | 0.007      |
| Entrepisos planos apoyados en vigas planas (b ≥ 400 mm) y columnas. Altura máxima, 30 m.   | 4    | 3.6            | 0.008      |
| Entrepisos planos de losas macizas o nervadas bidireccionales con ábacos apoyados en un sistema dual de columnas especiales con o sin capiteles y muros de corte especiales y vigas planas (b ≥ 400 mm). | 5.5  | 4.5            | 0.009      |
| <b>Sistema de Muros</b>  |      |                |            |
| Muros estructurales Especiales   | 6    | 5              | 0.009      |
| Muros estructurales Ordinarios   | 5    | 4.5            | 0.008      |
| <b>Sistemas Duales</b>   |      |                |            |
| Pórticos Especiales con Muros Especiales   | 7    | 5.5            | 0.010      |
| Pórticos Especiales con Muros Especiales acoplados   | 8    | 8              | 0.010      |
| Pórticos Especiales con Muros Ordinarios   | 6    | 5              | 0.009      |
| Pórticos Intermedios con Muros Especiales  | 6.5  | 5              | 0.009      |
| Pórticos Intermedios con Muros Ordinarios  | 5.5  | 4.5            | 0.008      |
| Pórticos Ordinarios con Muros Ordinarios   | 4.5  | 4              | 0.007      |
| Sistemas de muros de ductilidad limitada   | 4    | 3.6            | 0.006      |
| <b>Acero</b>   |      |                |            |
| Pórticos Especiales Resistentes a Momentos   | 8    | 5.5            | 0.010      |
| Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos  | 4.5  | 4              | 0.009      |
| Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos   | 3.5  | 3              | 0.008      |
| Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados  | 6    | 5              | 0.009      |
| Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados  | 3.25 | 3.25           | 0.008      |
| Pórticos Excéntricamente Arriostrados  | 8    | 4              | 0.010      |


**Tabla 17.** Coeficientes de reducción, R, amplificación, Cd y valores de distorsión  $\Delta^1$ .

| DATOS                                      | PARÁMETROS |
|--|------------|
| PGA (So) (%g)                              | 20         |
| Tipo de suelo                              | S4         |
| Tipo de edificación                        | IV         |
| Coeficiente de sitio de periodo corto "Fa" | 1.300      |
| Coeficiente de sitio de periodo largo "Fv" | 2.498      |
| Periodo limite inicial "To" (Seg)          | 0.288      |
| Periodo limite corto "Ts" (Seg)            | 0.961      |
| Periodo limite largo "TL" (Seg)            | 7.686      |
| Factor de importancia "Ie"                 | 1.500      |
| Topografía "τ"                             | 1.000      |
| Factor de Reducción "R"                    | 3.500      |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 18 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

**Tabla 18.** Coeficientes de reducción, R, amplificación, Cd y valores de distorsión  $\Delta^1$ .

| PUNTOS | PERIODO | ESPECTRO DE DISEÑO ACCELERACIÓN |
|--------|---------|---------------------------------|
|        | seg     | Sa [g]                          |
| 1      | 0       | 0.1114                          |
| 2      | 0.05    | 0.1404                          |
| 3      | 0.1     | 0.1694                          |
| 4      | 0.15    | 0.1984                          |
| 5      | 0.2     | 0.2274                          |
| 6      | 0.25    | 0.2564                          |
| 7      | 0.3     | 0.2786                          |
| 8      | 0.4     | 0.2786                          |
| 9      | 0.45    | 0.2786                          |
| 10     | 0.6     | 0.2786                          |
| 11     | 0.7     | 0.2786                          |
| 12     | 0.8     | 0.2786                          |
| 13     | 1       | 0.2677                          |
| 14     | 1.2     | 0.223                           |
| 15     | 1.5     | 0.1784                          |
| 16     | 2       | 0.1338                          |
| 17     | 2.5     | 0.1071                          |
| 18     | 3       | 0.0892                          |
| 19     | 3.5     | 0.0765                          |
| 20     | 4       | 0.0669                          |
| 21     | 4.5     | 0.0595                          |
| 22     | 5       | 0.0535                          |
| 23     | 5.5     | 0.0487                          |
| 24     | 6       | 0.0446                          |
| 25     | 6.5     | 0.0412                          |
| 26     | 7       | 0.0382                          |
| 27     | 7.5     | 0.0357                          |
| 28     | 8       | 0.0321                          |
| 29     | 8.5     | 0.0285                          |
| 30     | 9       | 0.0254                          |
| 31     | 9.5     | 0.0228                          |
| 32     | 10      | 0.0206                          |


|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 19 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

## 7. RESULTADOS DE ANALISIS

### 7.1. VERIFICACIÓN DE PARTICIPACIÓN DE MASAS

**Tabla 19.** Porcentaje de participación de masas.

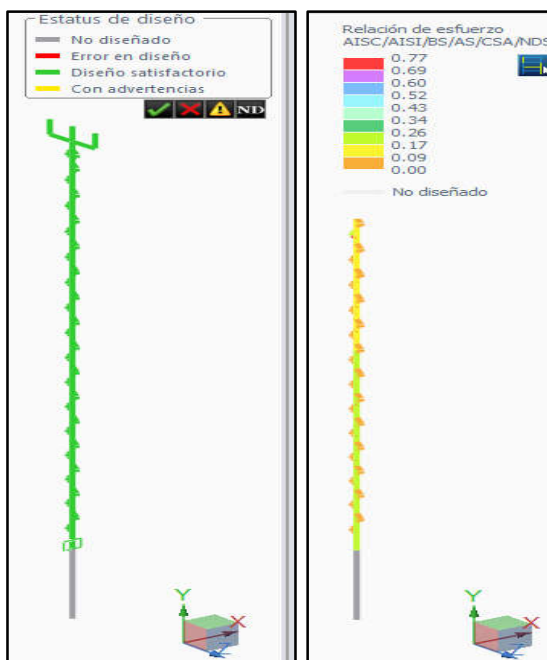
| Participación Modal |        |        |        |       |       |       |
|---------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| MODO                | Part.X | Part.Y | Part.Z | Rot.X | Rot.Y | Rot.Z |
| 1                   | 0      | 0      | 13.37  | 0     | 0     | 0     |
| 2                   | 13.4   | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     |
| 3                   | 0      | 0      | 6.82   | 0     | 0     | 0     |
| 4                   | 6.88   | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     |
| 5                   | 0      | 0      | 3.78   | 0     | 0     | 0     |
| 6                   | 3.99   | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     |
| 7                   | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     |
| 8                   | 0      | 0      | 6.41   | 0     | 0     | 0     |
| 9                   | 7.61   | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     |
| 10                  | 0      | 0      | 17.96  | 0     | 0     | 0     |
| 11                  | 43.94  | 0      | 0.01   | 0     | 0     | 0     |
| 12                  | 0.05   | 0      | 46.16  | 0     | 0     | 0     |
| 13                  | 20.78  | 0      | 0.02   | 0     | 0     | 0     |
| 14                  | 0.04   | 0.72   | 2.17   | 0     | 0     | 0     |
| 15                  | 1.6    | 0.44   | 0.09   | 0     | 0     | 0     |
| 16                  | 0.05   | 25.11  | 0.05   | 0     | 0     | 0     |
| 17                  | 0.02   | 68.71  | 0.01   | 0     | 0     | 0     |
| TOTAL:              | 98.34  | 94.97  | 96.85  | 0     | 0     | 0     |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPe-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 20 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

## 7.2. VERIFICACIÓN ESTRUCTURA METALICA

El diseño y verificación de todos los elementos se realiza mediante el software RAM Elements, Norma de diseño AISC 360 LRFD a continuación, se muestra el estatus de diseño y la relación de esfuerzos para el poste de iluminación.


**Figura 10.** Estatus de diseño y relación de esfuerzos.



| Descripción | Sección        | Miembro | Ec. ctrl      | Relación | Estatus |
|-------------|----------------|---------|---------------|----------|---------|
| APOYO Ø1/2" | RndBar 1_2     | 45      | D2 en 100.00% | 0.77     | Bien    |
| TUBO Ø2"    | PIPE 2x0.218XS | 5       | D1 en 0.00%   | 0.06     | Bien    |
| TUBO Ø3"    | PIPE 3x0.216   | 3       | D7 en 0.00%   | 0.10     | Bien    |
| TUBO Ø4"    | PIPE 4x0.237   | 2       | D7 en 0.00%   | 0.15     | Bien    |
| TUBO Ø6"    | PIPE 6x0.280   | 1       | D7 en 0.00%   | 0.22     | Bien    |

Todas las estructuras de acero deben cumplir una relación de esfuerzos  $< 1.00$ .

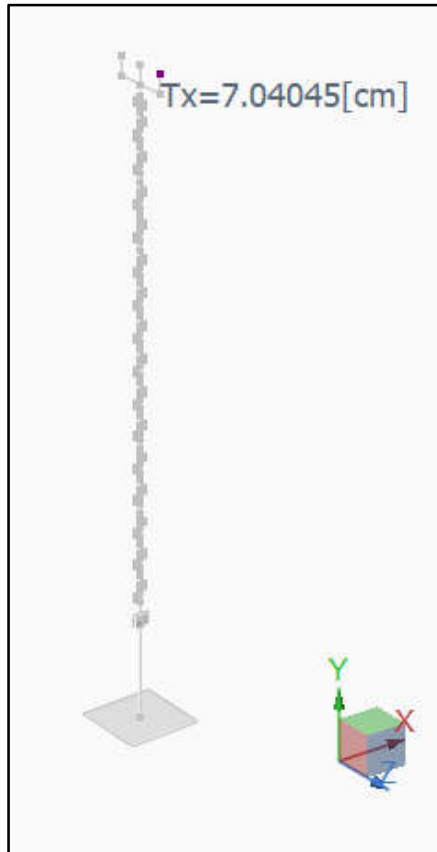
El miembro de mayor solicitación, tiene una relación de esfuerzos de 0.77.

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPe-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 21 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

### 7.3. DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS

A continuación, se detalla los desplazamientos máximos generados por la carga de servicio desfavorable  $S_4 = CM + 0.6W_x$ .

**Figura 11.** Estatus de diseño y relación de esfuerzos.



El máximo desplazamiento horizontal producido en la dirección X es de 7.04045 cm.


Las deformaciones máximas establecidas de acuerdo a la norma AISC 360-16 es de  $H/120$ .

Se tiene una altura de poste  $H = 10.190 \text{ m} = 1019 \text{ cm}$ .

Deformación máxima  $\Delta = H/120$ .

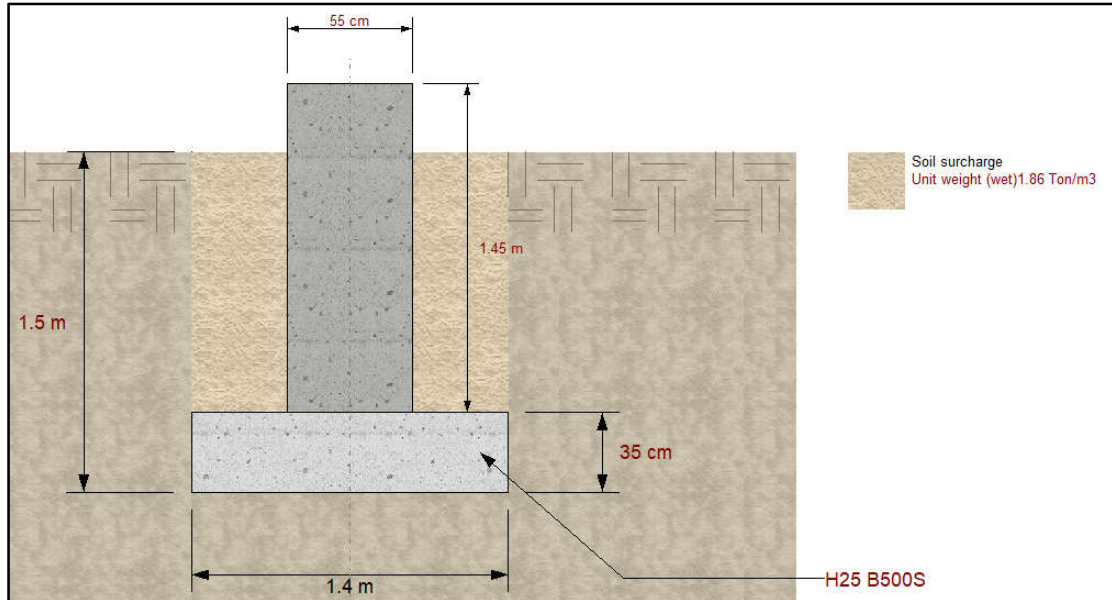
$$\Delta = 1019 \text{ cm} / 120 = 8.49 \text{ cm}.$$

$7.04 \text{ cm} \leq 8.49 \text{ cm}$  Cumple con la verificación!!

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 22 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

## 8. DISEÑO DE FUNDACIÓN

**Figura 12.** Estatus de diseño y relación de esfuerzos.



## Resultados de Diseño Zapatas de Hormigón Armado

### Datos Generales


|                  |   |              |
|------------------|---|--------------|
| Estatus global   | : | Bien         |
| Código de diseño | : | ACI 318-2019 |
| Tipo de zapata   | : | Aislada      |
| Tipo de columna  | : | Pedestal     |

#### Materiales

|                                |   |                    |                             |   |                |
|--------------------------------|---|--------------------|-----------------------------|---|----------------|
| Hormigón, $f_c$                | : | 2100000.00 [Kg...] | Acero, $f_y$                | : | 5E07 [Kg/m2]   |
| Tipo de concreto               | : | Normal             | Recubrimiento epóxico       | : | No             |
| Módulo de elasticidad hormigón | : | 2.14E09 [Kg/m2]    | Módulo de elasticidad acero | : | 2.9E11 [Kg/m2] |
| Peso unitario                  | : | 2100.00 [Kg/m3]    |                             |   |                |

#### Suelo

|                         |   |                    |
|-------------------------|---|--------------------|
| Coefficiente de balasto | : | 3150000.00 [Kg...] |
| Peso unitario (húmedo)  | : | 1860.00 [Kg/m3]    |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 23 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

## Geometría

|   |   |             |          |
|---|---|-------------|----------|
| Longitud  | : | 1.40 [m]    |          |
| Ancho   | : | 1.40 [m]    |          |
| Espesor   | : | 0.35 [m]    |          |
| Profundidad de la base                              | : | 1.50 [m]    |          |
| Área de la base                                     | : | 1.96 [m2]   |          |
| Volumen de la zapata                                | : | 0.69 [m3]   |          |
| Longitud del pedestal                               | : | 55.00 [cm]  |          |
| Ancho del pedestal                                  | : | 55.00 [cm]  |          |
| Alto del pedestal                                   | : | 145.00 [cm] |          |
| Posición del pedestal respecto al c.g. de la zapata | : |             | Centrada |


## Reinforcement

### Armadura longitudinal

|  |   |                            |
|--|---|----------------------------|
| Recubrimiento libre                              | : | 8.00 [cm]                  |
| Relación máxima permitida entre Rho/Rho balanceo | : | 0.75                       |
| Armadura // a L (xx) inferior                    | : | 10-R12 c/ 13.00cm          |
| Armadura // a L (xx) superior                    | : | 10-R12 c/ 13.00cm          |
| Armadura // a B (zz) inferior                    | : | 10-R12 c/ 13.00cm (Zona 1) |
| Armadura // a B (zz) superior                    | : | 10-R12 c/ 13.00cm          |

### Armadura del pedestal

|                              |   |                |
|------------------------------|---|----------------|
| Longitudinal                 | : | 16 - 16mm      |
| Recubrimiento libre          | : | 5.00 [cm]      |
| Área provista                | : | 32.16 [cm2]    |
| Número de barras // al eje x | : | 5              |
| Número de barras // al eje z | : | 5              |
| Transversal                  | : | 8mm c/ 25.00cm |
| Número de ramas // al eje x  | : | 4              |
| Número de ramas // al eje z  | : | 4              |

|   |  |  |                        |
|---|--|--|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   |  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   |  | IFE-2025-2977-S-MC-008 |
|   | TÍTULO:  |  | HOJA:                  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS |  | 24 de 36               |
|   |  |  | REV:                   |
|   |  |  | A                      |

## Condiciones de carga

### Servicio:

|     |   |                    |
|-----|---|--------------------|
| S1  | : | CM                 |
| S2  | : | CM+LL              |
| S3  | : | CM+0.75LL          |
| S4  | : | CM+0.6Wx           |
| S5  | : | CM+0.6Wz           |
| S6  | : | CM+0.7EQx          |
| S7  | : | CM+0.7EQz          |
| S8  | : | CM+0.75LL+0.45Wx   |
| S9  | : | CM+0.75LL+0.45Wz   |
| S10 | : | 0.6CM+0.6Wx        |
| S11 | : | 0.6CM+0.6Wz        |
| S12 | : | CM+EQx             |
| S13 | : | CM+EQz             |
| S14 | : | CM+0.75LL+0.525EQx |
| S15 | : | CM+0.75LL+0.525EQz |
| S16 | : | CM+0.525EQx        |
| S17 | : | CM+0.525EQz        |
| S18 | : | 0.6CM+0.7EQx       |
| S19 | : | 0.6CM+0.7EQz       |


### Límite último:

|     |   |              |
|-----|---|--------------|
| D1  | : | 1.4CM        |
| D2  | : | 1.2CM+1.6LL  |
| D3  | : | 1.2CM+0.5Wx  |
| D4  | : | 1.2CM+0.5Wz  |
| D5  | : | 1.2CM+Wx     |
| D6  | : | 1.2CM+Wz     |
| D7  | : | 1.2CM+Wx+LL  |
| D8  | : | 1.2CM+Wz+LL  |
| D9  | : | 0.9CM+Wx     |
| D10 | : | 0.9CM+Wz     |
| D11 | : | 1.2CM+EQx    |
| D12 | : | 1.2CM+EQz    |
| D13 | : | 1.2CM+EQx+LL |
| D14 | : | 1.2CM+EQz+LL |
| D15 | : | 0.9CM+EQx    |
| D16 | : | 0.9CM+EQz    |

### Cargas

| Estado | Zapata | Nudo | Axial<br>[Kg] | Mxx<br>[Kg*m] | Mzz<br>[Kg*m] | Vx<br>[Kg] | Vz<br>[Kg] |
|--------|--------|------|---------------|---------------|---------------|------------|------------|
| CM     | 1      | 136  | 1437.28       | 0.00          | 0.00          | 0.00       | 0.00       |
| LL     | 1      | 136  | 300.00        | -7.35         | 0.00          | 0.00       | 0.00       |
| Wx     | 1      | 136  | 0.00          | 0.00          | 1145.14       | 174.06     | 0.00       |
| Wz     | 1      | 136  | 0.00          | 1024.31       | 0.00          | 0.00       | -161.18    |
| EQx    | 1      | 136  | 4.28          | -2.70         | 288.02        | -56.59     | 1.54       |
| EQz    | 1      | 136  | 2.59          | -287.49       | 3.44          | -2.21      | 57.13      |



|   |  |  |
|---|--|--|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:                  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | <b>IPe-2025-2977-S-MC-008</b><br>HOJA: |
|   | TÍTULO:<br><b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 25 de 36<br>REV: <div>A</div>          |

Diseño

Estatus : Bien

Interacción suelo - fundación

Presión admisible : 1.5E04 [Kg/m2]  
 Factor de seguridad min. para deslizamiento : 1.50  
 Factor de seguridad min. a vuelco : 1.50  
 Estado gobernante : S10 - 1

| Estado  | qprom   | qmax    | Δmax  | Área en compresión |     | Volteo  |      | FS      |
|---------|---------|---------|-------|--------------------|-----|---------|------|---------|
|         |         |         |       | [m2]               | (%) | FSx     | FSz  | desliz. |
| Zapata  | [Kg/m2] | [Kg/m2] | [cm]  |                    |     |         |      |         |
| S10 - 1 | 2.16E03 | 3.75E03 | 0.119 | 1.96               | 100 | 1000.00 | 4.10 | 64.37   |


Flexión

Factor  $\phi$  : 0.90  
 Cuantía mínima : 0.00213

Longitud de desarrollo



| Eje | Pos. | ld    | lhd   | Dist1 | Dist2 |
|-----|------|-------|-------|-------|-------|
|     |      | [cm]  | [cm]  | [cm]  | [cm]  |
| z   | Inf. | 66.45 | 20.22 | 34.50 | 34.50 |
| x   | Inf. | 66.45 | 20.22 | 34.50 | 34.50 |
| z   | Sup. | 30.48 | 15.24 | 34.50 | 34.50 |
| x   | Sup. | 30.48 | 15.24 | 34.50 | 34.50 |

| Eje | Pos. | Estado Zapata | Mu      | $\phi^*Mn$ | Asreq | Asprov | Asreq/Asprov | Mu/( $\phi^*Mn$ ) |
|-----|------|---------------|---------|------------|-------|--------|--------------|-------------------|
|     |      |               | [Kg*m]  | [Kg*m]     | [cm2] | [cm2]  |              |                   |
| zz  | Sup. | D9 - 1        | -182.51 | -12849.57  | 0.15  | 11.30  | 0.014        | 0.014             |
|     |      |               |         |            |       |        |              |                   |
| zz  | Inf. | D7 - 1        | 396.57  | 12849.57   | 10.34 | 11.30  | 0.915        | 0.031             |
|     |      |               |         |            |       |        |              |                   |
| xx  | Sup. | D10 - 1       | -154.87 | -12239.37  | 0.14  | 11.30  | 0.012        | 0.013             |
|     |      |               |         |            |       |        |              |                   |
| xx  | Inf. | D8 - 1        | 367.31  | 12239.37   | 10.36 | 11.30  | 0.917        | 0.030             |
|     |      |               |         |            |       |        |              |                   |

|   |  |  |
|---|--|--|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:                  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b><br>HOJA: |
|   | TÍTULO:<br><b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 26 de 36<br>REV: <b>A</b>              |


### Cortantes

|                        |   |           |
|------------------------|---|-----------|
| Factor $\phi$          | : | 0.75      |
| Área de corte plano zz | : | 0.37 [m2] |
| Área de corte plano xx | : | 0.35 [m2] |

| Plano | Estado Zapata | Vu [Kg] | Vc [Kg]  | Vu/( $\phi$ *Vn) |   |
|-------|---------------|---------|----------|------------------|---|
| xy    | D8 - 1        | 748.41  | 15986.11 | 0.062            |  |
| yz    | D7 - 1        | 758.90  | 16489.66 | 0.061            |  |


### Corte por punzonamiento


|                           |   |           |
|---------------------------|---|-----------|
| Factor $\phi$             | : | 0.75      |
| Perímetro de corte (bo 1) | : | 3.23 [m]  |
| Área de punzonamiento     | : | 0.83 [m2] |


| Columna   | Estado Zapata | Vu [Kg] | Vc [Kg]   | Vu/( $\phi$ *Vn) |   |
|-----------|---------------|---------|-----------|------------------|---|
| columna 1 | D2 - 1        | 1470.35 | 128161.80 | 0.015            |  |

### Diseño del Pedestal

| Armadura:<br>Pedestal | Asreq [cm2] | Asprov [cm2] | Asreq/Asprov |
|-----------------------|-------------|--------------|--------------|
| 1                     | 30.25       | 32.16        | 0.94         |

| Flexión biaxial:<br>Pedestal | Estado Zapata | Muxx [Kg*m] | Muzz [Kg*m] | $\phi$ *Mnxx [Kg*m] | $\phi$ *Mnzz [Kg*m] | Mc/( $\phi$ *Mn) |   |
|------------------------------|---------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|------------------|---|
| 1                            | D9 - 1        | 0.00        | 1145.14     | 0.00                | 32247.22            | 0.04             |  |

| Axial:<br>Pedestal | Estado Zapata | Pu [Kg]  | $\phi$ *Pn [Kg] | Pu/( $\phi$ *Pn) |   |
|--------------------|---------------|----------|-----------------|------------------|---|
| 1                  | D2 - 1        | -2204.74 | -361411.40      | 0.01             |  |

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | IPE-2025-2977-S-MC-008 |
|   | TÍTULO:  | HOJA: 27 de 36         |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS | REV: A                 |

Corte:

Pedestal 1:

S adoptado : 25.00 [cm]  
S calculado : 25.60 [cm]


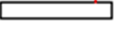
| Estado | Dir. | Vu<br>[Kg] | Vc<br>[Kg] | Vs<br>[Kg] | $\phi \cdot Vn$<br>[Kg] | $Vu/(\phi \cdot Vn)$ |   |
|--------|------|------------|------------|------------|-------------------------|----------------------|---|
| D9     | x    | 174.06     | 20519.39   | 16431.63   | 27713.27                | 0.01                 |  |
| D9     | z    | 0.00       | 20519.39   | 16431.63   | 27713.27                | 0.00                 |  |

Figura 13. Armadura de fundación.

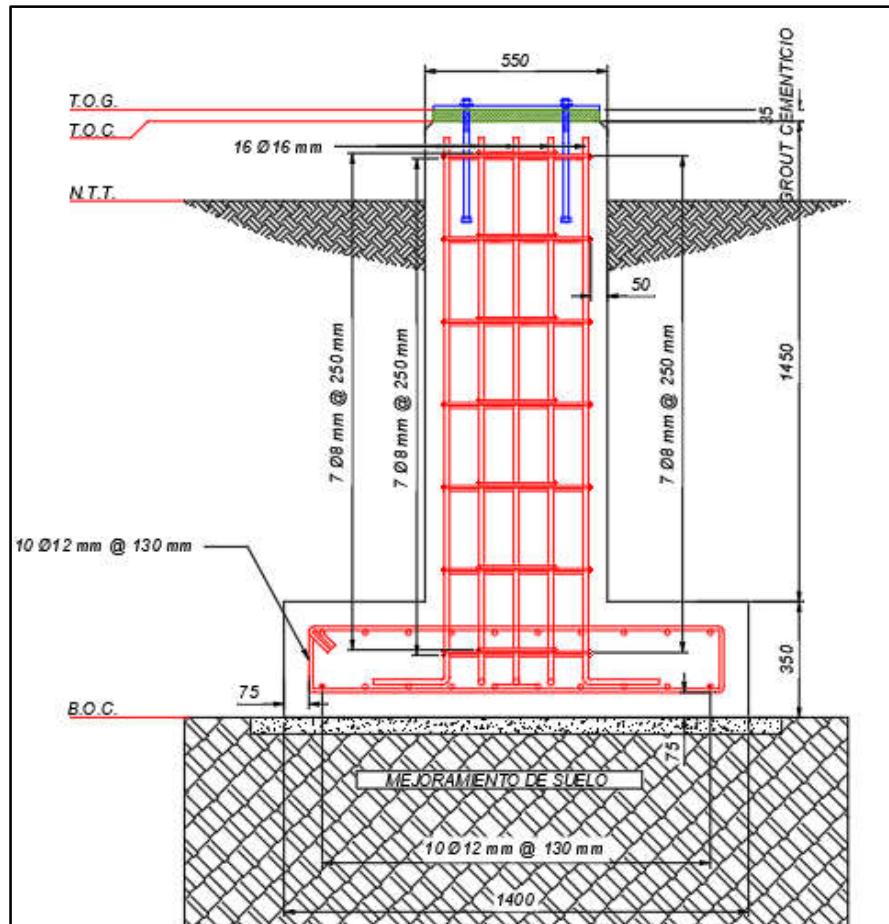

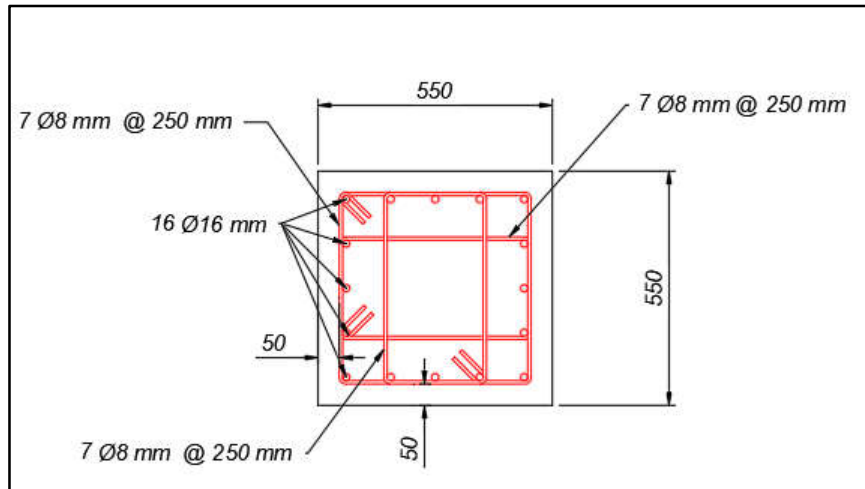


Figura 14. Armadura de pedestal.

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 28 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |



## 9. DISEÑO DE PLACA DE ANCLAJE

### Datos generales

#### Miembros

##### Columna

|                            |   |                    |
|----------------------------|---|--------------------|
| Tipo de columna            | : | Miembro prismático |
| Sección                    | : | PIPE 6x0.280       |
| Material                   | : | A36                |
| Excentricidad longitudinal | : | 0 cm               |
| Excentricidad transversal  | : | 0 cm               |


#### Placa base

##### Placa base

|   |   |             |
|---|---|-------------|
| Forma de placa                                | : | Rectangular |
| Posición respecto al apoyo                    | : | Centro      |
| N: Dimensión longitudinal                     | : | 50 cm       |
| B: Dimensión transversal                      | : | 50 cm       |
| Espesor                                       | : | 1,27 cm     |
| Material                                      | : | A36         |
| Soldadura de la columna                       | : | E70XX       |
| D: Tamaño de soldadura a la columna (1/16 in) | : | 5           |
| Sobrescribir relación A2/A1                   | : | No          |
| Incluir llave de corte                        | : | No          |

##### Soporte

|                        |   |        |
|------------------------|---|--------|
| Con pedestal           | : | No     |
| Dimensión longitudinal | : | 55 cm  |
| Dimensión transversal  | : | 55 cm  |
| Espesor                | : | 145 cm |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IFE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 29 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

Material : H-21

Incluir lechada : Si

Espesor de lechada : 2,5 cm

#### Ancla

Posición de las anclas : Posición longitudinal

Número de filas por lado : 1

Número anclas por fila : 2

Distancia longitudinal al borde de la placa : 10 cm

Distancia transversal al borde de la placa : 10 cm

Tipo de ancla : Con cabeza

Tipo de cabeza : Hexagonal

Incluir tuerca de seguridad : No

Ancla : 5/8"

Profundidad efectiva de embebido : 30 cm

Longitud total : 36 cm

Material : F1554 Gr36

Fy : 2,531 T/cm2

Fu : 4,078 T/cm2

Concreto agrietado : No

Acero frágil : No

Anclas soldadas a la placa : No

#### Refuerzo para ancla

Tipo de refuerzo : Primaria


Refuerzo para tensión : No

Refuerzo para corte : No

## Solicitaciones

| Descripción | Pu<br>[T] | Mu22<br>[T*m] | Mu33<br>[T*m] | Vu2<br>[T] | Vu3<br>[T] | Tipo de carga |
|-------------|-----------|---------------|---------------|------------|------------|---------------|
| D1          | -0.41     | 0.00          | 0.00          | 0.00       | 0.00       | Design        |
| D2          | -0.83     | 0.01          | 0.00          | 0.00       | 0.00       | Design        |
| D3          | -0.35     | 0.00          | 0.42          | -0.09      | 0.00       | Design        |
| D4          | -0.35     | -0.37         | 0.00          | 0.00       | -0.08      | Design        |
| D5          | -0.35     | 0.00          | 0.83          | -0.17      | 0.00       | Design        |
| D6          | -0.35     | -0.73         | 0.00          | 0.00       | -0.16      | Design        |
| D7          | -0.65     | 0.01          | 0.83          | -0.17      | 0.00       | Design        |
| D8          | -0.65     | -0.73         | 0.00          | 0.00       | -0.16      | Design        |
| D9          | -0.26     | 0.00          | 0.83          | -0.17      | 0.00       | Design        |
| D10         | -0.26     | -0.73         | 0.00          | 0.00       | -0.16      | Design        |
| D11         | -0.36     | 0.00          | 0.22          | -0.03      | 0.00       | Design        |
| D12         | -0.37     | -0.22         | 0.00          | 0.00       | 0.03       | Design        |
| D13         | -0.66     | 0.01          | 0.22          | -0.03      | 0.00       | Design        |
| D14         | -0.67     | -0.21         | 0.00          | 0.00       | 0.03       | Design        |
| D15         | -0.27     | 0.00          | 0.22          | -0.03      | 0.00       | Design        |
| D16         | -0.28     | -0.22         | 0.00          | 0.00       | 0.03       | Design        |

## Cálculos de diseño

|   |  |                               |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:  | HOJA: 30 de 36                |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS | REV: <b>A</b>                 |

Diseño en el eje mayor  
**Placa base (AISC 360-16 LRFD)**

Consideraciones geométricas

| Dimensiones<br>Referencias   | Unidad   | Valor | Min. | Max. | Est.         |
|------------------------------|----------|-------|------|------|--------------|
| <b>Placa base</b>            |          |       |      |      |              |
| Distancia del ancla al borde | [cm]     | 9.21  | 0.64 | --   | ✓            |
| Tamaño de soldadura          | [1/16in] | 5     | 3    | --   | ✓ table J2.4 |

Verificación de diseño


| Verificación<br>Referencias                         | Unidad   | Capacidad  | Demanda   | EC ctrl | Relación       |
|---|----------|------------|-----------|---------|----------------|
| <b>Base de concreto</b>                             |          |            |           |         |                |
| Aplastamiento por axial                             | [Kg/m2]  | 1276275.00 | 127659.70 | D9      | 0.10 DG1 3.1.1 |
| <b>Placa base</b>                                   |          |            |           |         |                |
| Flexión en fluencia (interfaz de aplastamiento)     | [Kg*m/m] | 918.52     | 783.41    | D7      | 0.85 DG1 Sec   |
| 3.1.2 Flexión en fluencia (interfaz de tensión)     | [Kg*m/m] | 918.52     | 508.41    | D9      | 0.55 DG1 Eq.   |
| 3.3.13  |          |            |           |         |                |
| <b>Columna</b>                                      |          |            |           |         |                |
| Resistencia de la soldadura                         | [Kg/m]   | 186451.80  | 8006.50   | D9      | 0.04 HSS       |
| Manual p. 7-10                                      |          |            |           |         |                |
| Resistencia de la soldadura a corte método elástico | [Kg/m]   | 124301.20  | 658.50    | D5      | 0.01 Sec. J2.4 |
| Resistencia de la soldadura a axial método elástico | [Kg/m]   | 186451.80  | 36902.83  | D9      | 0.20 Sec. J2.4 |
| <b>Relación</b>                                     |          |            |           |         |                |
|   |          |            | 0.85      |         |                |

**Anclas**

Consideraciones geométricas

| Dimensiones<br>Referencias | Unidad | Valor | Min. | Max.   | Est.   |
|----------------------------|--------|-------|------|--------|--------|
| <b>Anclas</b>              |        |       |      |        |        |
| Espaciamiento entre anclas | [cm]   | 30.00 | 6.35 | --     | ✓ Sec. |
| 17.9.2                     |        |       |      |        |        |
| Recubrimiento de concreto  | [cm]   | 11.71 | 7.62 | --     | ✓ Sec. |
| 20.5.1.3.1                 |        |       |      |        |        |
| Longitud efectiva          | [cm]   | 31.03 | --   | 143.97 | ✓      |



Verificación de diseño

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 31 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

| Verificación<br>Referencias                      | Unidad | Capacidad   | Demanda | EC ctrl | Relación         |
|--|--------|-------------|---------|---------|------------------|
| Tensión en anclas                                | [Kg]   | 4459.28     | 1016.83 | D9      | <b>0.23</b> Eq.  |
| 17.6.1.2   |        |             |         |         |                  |
| Arrancamiento de ancla en tensión                | [Kg]   | 6378.53     | 1016.83 | D9      | <b>0.16</b> Sec. |
| 17.5.2   |        |             |         |         |                  |
| Arrancamiento de grupo de anclas en tensión      | [Kg]   | 6962.15     | 2180.71 | D9      | <b>0.31</b> Sec. |
| 17.5.2   |        |             |         |         |                  |
| Extracción por deslizamiento de ancla en tensión | [Kg]   | 4824.00     | 1016.83 | D9      | <b>0.21</b> Sec. |
| 17.5.2   |        |             |         |         |                  |
| Corte en el ancla                                | [Kg]   | 1855.06     | 43.51   | D5      | <b>0.02</b> Eq.  |
| 17.7.1.2b,                                       |        |             |         |         |                  |
|  |        |             |         |         | Sec.             |
| 17.7.1.2.1                                       |        |             |         |         |                  |
| Arrancamiento de ancla a corte                   | [Kg]   | 1668.53     | 43.51   | D5      | <b>0.03</b> Sec. |
| 17.5.2   |        |             |         |         |                  |
| Arrancamiento de grupo de anclas a corte         | [Kg]   | 4565.46     | 174.06  | D5      | <b>0.04</b> Sec. |
| 17.5.2   |        |             |         |         |                  |
| Desprendimiento de ancla a corte                 | [Kg]   | 12757.07    | 43.51   | D5      | <b>0.00</b> Sec. |
| 17.5.2   |        |             |         |         |                  |
| Desprendimiento de grupo de anclas a corte       | [Kg]   | 25970.57    | 174.06  | D5      | <b>0.01</b> Sec. |
| 17.5.2   |        |             |         |         |                  |
| Interacción tensión corte                        | [Kg]   | 1.20        | 0.00    | D3      | <b>0.00</b> Sec. |
| 17.8.1   |        |             |         |         |                  |
| <b>Relación</b>                                  |        | <b>0.31</b> |         |         |                  |


## Diseño en el eje menor *Placa base (AISC 360-16 LRFD)*

### Consideraciones geométricas

| Dimensiones<br>Referencias   | Unidad   | Valor | Min. | Max. | Est.   |
|------------------------------|----------|-------|------|------|--|
| <b>Placa base</b>            |          |       |      |      |  |
| Distancia del ancla al borde | [cm]     | 9.21  | 0.64 | --   |             |
| Tamaño de soldadura          | [1/16in] | 5     | 3    | --   |  table J2.4 |

### Verificación de diseño

| Verificación<br>Referencias                     | Unidad   | Capacidad  | Demanda   | EC ctrl | Relación              |
|---|----------|------------|-----------|---------|-----------------------|
| <b>Base de concreto</b>                         |          |            |           |         |                       |
| Aplastamiento por axial                         | [Kg/m2]  | 1276275.00 | 127659.70 | D9      | <b>0.10</b> DG1 3.1.1 |
| <b>Placa base</b>                               |          |            |           |         |                       |
| Flexión en fluencia (interfaz de aplastamiento) | [Kg*m/m] | 918.52     | 800.18    | D7      | <b>0.87</b> DG1 Sec   |
| 3.1.2   |          |            |           |         |                       |
| Flexión en fluencia (interfaz de tensión)       | [Kg*m/m] | 918.52     | 508.41    | D9      | <b>0.55</b> DG1 Eq.   |
| 3.3.13  |          |            |           |         |                       |

|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA: 32 de 36                |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | REV: <b>A</b>                 |

|   |        |           |          |     |      |           |  |
|---|--------|-----------|----------|-----|------|-----------|--|
| <b>Columna</b>                                      |        |           |          |     |      |           |  |
| Resistencia de la soldadura                         | [Kg/m] | 186451.80 | 8006.50  | D9  | 0.04 | HSS       |  |
| Manual p. 7-10                                      |        |           |          |     |      |           |  |
| Resistencia de la soldadura a corte método elástico | [Kg/m] | 124301.20 | 609.79   | D6  | 0.00 | Sec. J2.4 |  |
| Resistencia de la soldadura a axial método elástico | [Kg/m] | 186451.80 | 32511.90 | D10 | 0.17 | Sec. J2.4 |  |

**Relación** **0.87**

### Anclas

### Consideraciones geométricas

| Dimensiones                | Unidad | Valor | Min. | Max.   | Est. |      |
|----------------------------|--------|-------|------|--------|------|------|
| Referencias                |        |       |      |        |      |      |
| <b>Anclas</b>              |        |       |      |        |      |      |
| Espaciamiento entre anclas | [cm]   | 30.00 | 6.35 | --     | ✓    | Sec. |
| 17.9.2                     |        |       |      |        |      |      |
| Recubrimiento de concreto  | [cm]   | 11.71 | 7.62 | --     | ✓    | Sec. |
| 20.5.1.3.1                 |        |       |      |        |      |      |
| Longitud efectiva          | [cm]   | 31.03 | --   | 143.97 | ✓    |      |


### Verificación de diseño

| Verificación                                     | Unidad | Capacidad | Demanda | EC ctrl | Relación |      |
|--|--------|-----------|---------|---------|----------|------|
| Referencias                                      |        |           |         |         |          |      |
| Tensión en anclas                                | [Kg]   | 4459.28   | 1016.83 | D9      | 0.23     | Eq.  |
| 17.6.1.2   |        |           |         |         |          |      |
| Arrancamiento de ancla en tensión                | [Kg]   | 6378.53   | 1016.83 | D9      | 0.16     | Sec. |
| 17.5.2   |        |           |         |         |          |      |
| Arrancamiento de grupo de anclas en tensión      | [Kg]   | 6962.15   | 2180.71 | D9      | 0.31     | Sec. |
| 17.5.2   |        |           |         |         |          |      |
| Extracción por deslizamiento de ancla en tensión | [Kg]   | 4824.00   | 1016.83 | D9      | 0.21     | Sec. |
| 17.5.2   |        |           |         |         |          |      |
| Corte en el ancla                                | [Kg]   | 1855.06   | 40.30   | D6      | 0.02     | Eq.  |
| 17.7.1.2b,                                       |        |           |         |         |          |      |
|  |        |           |         |         |          | Sec. |
| 17.7.1.2.1                                       |        |           |         |         |          |      |
| Arrancamiento de ancla a corte                   | [Kg]   | 1668.53   | 40.30   | D6      | 0.02     | Sec. |
| 17.5.2   |        |           |         |         |          |      |
| Arrancamiento de grupo de anclas a corte         | [Kg]   | 4565.46   | 161.18  | D6      | 0.04     | Sec. |
| 17.5.2   |        |           |         |         |          |      |
| Desprendimiento de ancla a corte                 | [Kg]   | 12757.07  | 40.30   | D6      | 0.00     | Sec. |
| 17.5.2   |        |           |         |         |          |      |
| Desprendimiento de grupo de anclas a corte       | [Kg]   | 25970.57  | 161.18  | D6      | 0.01     | Sec. |
| 17.5.2   |        |           |         |         |          |      |
| Interacción tensión corte                        | [Kg]   | 1.20      | 0.00    | D4      | 0.00     | Sec. |
| 17.8.1   |        |           |         |         |          |      |

**Relación** **0.31**

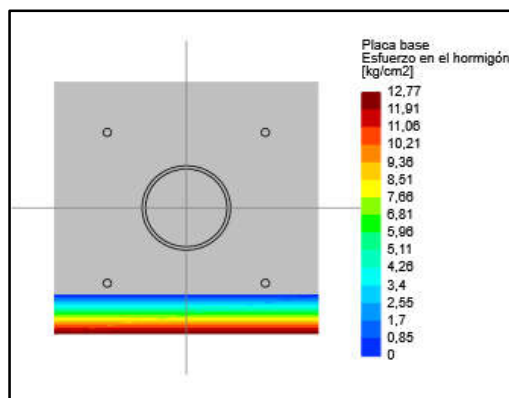
**Relación de resistencia crítica global** **0.87**



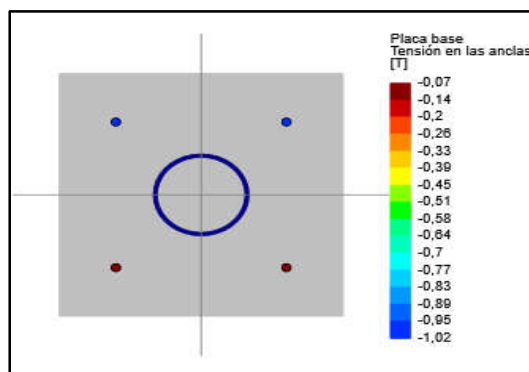
|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | IPE-2025-2977-S-MC-008 |
|   | TÍTULO:  | HOJA:                  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS | 33 de 36               |
|   |  | REV:                   |
|   |  | A                      |

## Biaxial

**Figura 15.** Máximas compresión (D9)




**Figura 16.** Máximas tensión (D9)



|                                |         |          |
|--------------------------------|---------|----------|
| Máximo esfuerzo en el concreto | 12.90   | [kg/cm²] |
| Mínimo esfuerzo en el concreto | 0.00    | [kg/cm²] |
| Máxima tensión en las anclas   | 1.09    | [T]      |
| Mínima tensión en las anclas   | 0.09    | [T]      |
| Ángulo del eje neutro          | -180.00 | [deg]    |
| Ubicación del eje neutro       | 7.66    | [cm]     |
| Longitud de aplastamiento      | 7.66    | [cm]     |

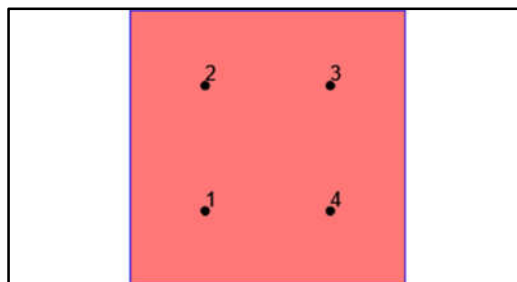
### Tensiones en anclas

| Ancla | Transversal<br>[cm] | Longitudinal<br>[cm] | Corte<br>[T] | Tensión<br>[T] |
|-------|---------------------|----------------------|--------------|----------------|
| 1     | -15.00              | -15.00               | -0.04        | 0.09           |
| 2     | -15.00              | -15.00               | -0.04        | 1.09           |
| 3     | -15.00              | -15.00               | -0.04        | 1.09           |
| 4     | -15.00              | -15.00               | -0.04        | 0.09           |

|   |  |                        |
|---|--|------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | IPE-2025-2977-S-MC-008 |
|   | TÍTULO:  | HOJA:                  |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS | 34 de 36               |
|   |  | REV:                   |
|   |  | A                      |

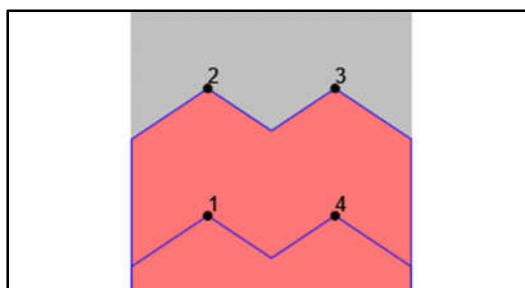
Eje mayor

**Figura 17.** Resultados para arrancamiento en tensión (D9)



| Grupo | Área<br>[cm <sup>2</sup> ] | Tensión<br>[T] | Anclas     |
|-------|----------------------------|----------------|------------|
| 1     | 3025.00                    | 2.18           | 1, 2, 3, 4 |

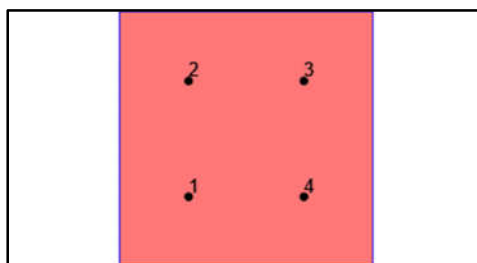
**Figura 18.** Resultados para arrancamiento a corte (D5)




| Grupo | Área<br>[cm <sup>2</sup> ] | Corte<br>[T] | Anclas     |
|-------|----------------------------|--------------|------------|
| 1     | 1031.25                    | 0.09         | 1, 4       |
| 2     | 3506.25                    | 0.17         | 1, 2, 3, 4 |

Eje menor

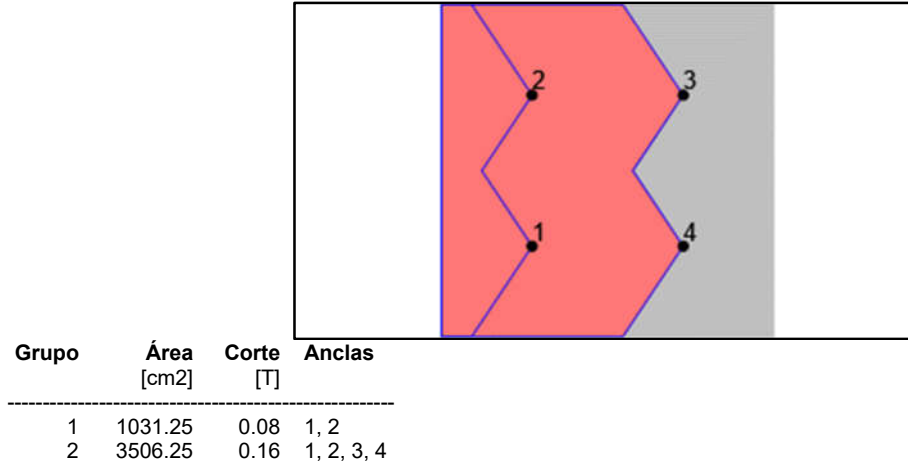
**Figura 19.** Resultados para arrancamiento en tensión (D9).



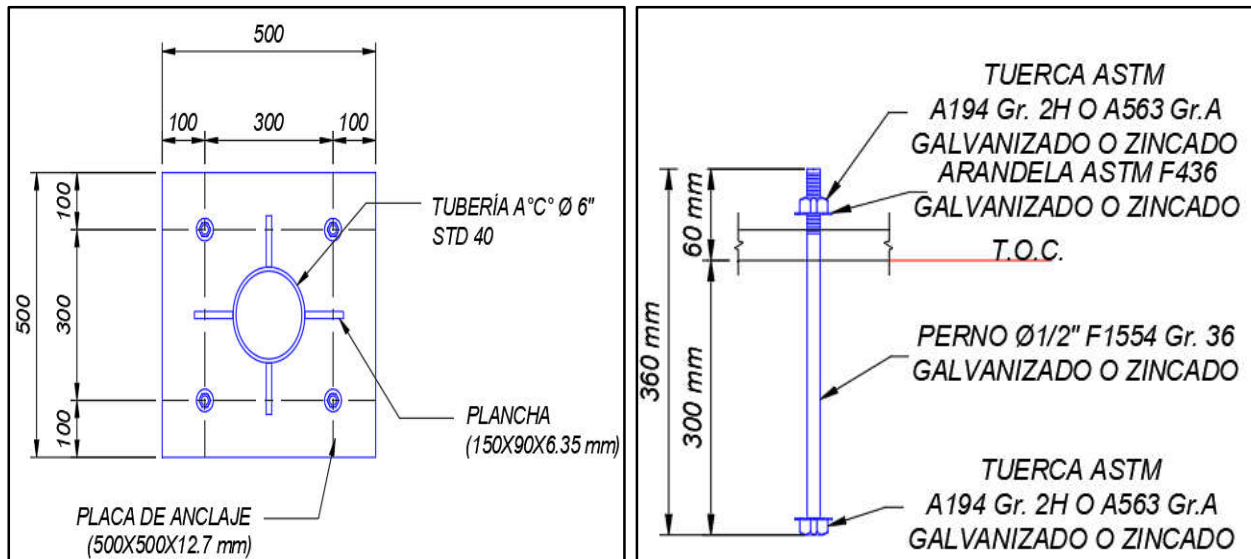
| Grupo | Área<br>[cm <sup>2</sup> ] | Tensión<br>[T] | Anclas     |
|-------|----------------------------|----------------|------------|
| 1     | 3025.00                    | 2.18           | 1, 2, 3, 4 |


|   |  |                               |
|---|--|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:   | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:  | HOJA:                         |
|   | MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS | 35 de 36                      |
|   |  | REV:                          |
|   |  | <b>A</b>                      |

**Figura 20.** Resultados para arrancamiento a corte (D6)



**Figura 21.** Detalle de placa y perno de anclaje



|   |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
|  | TIPO DE DOCUMENTO:  | CÓDIGO DEL DOCUMENTO:         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO</b>   | <b>IPE-2025-2977-S-MC-008</b> |
|   | TÍTULO:   | HOJA:                         |
|   | <b>MEMORIA DE CÁLCULO FUNDACIÓN Y ESTRUCTURA DE LUMINARIAS EXTERNAS</b> | 36 de 36                      |
|   |   | REV:                          |
|   |   | <b>A</b>                      |

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis demuestra que las dimensiones propuestas para el Poste de Iluminación y su fundación, así mismo la placa de anclaje, resisten satisfactoriamente todas las solicitaciones a la que estará sometida.

Se deberá realizar un mejoramiento del suelo con un espesor de 0.60 m por debajo de la fundación y un sobreancho de 0.30 m a los lados del área de vaciado como se indica en el plano. Para el suelo mejorado se utilizará materiales granulares desde gw hasta gp-gm o arenas limosas con gravas desde sp-sm hasta sm. esta camada deberá ser debidamente compactada al 95% de la densidad máxima según Proctor T-180 modificado, en capas de 0.20 m hasta el nivel de cota de fundación con la finalidad de uniformizar la compacidad del suelo.

La tensión producida en la zona de contacto de la fundación con el suelo es de 0.39 kg/cm<sup>2</sup> inferior a la tensión admisible del suelo de 1.5 kg/cm<sup>2</sup>.

Para la construcción se debe verificar la buena calidad de los materiales, los recubrimientos especificados, las resistencias del hormigón, del acero corrugado y todos aquellos factores que puedan influir en la calidad de la obra.