



*Ingeniería Electromecánica*

# PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

*“Cálculo y diseño de instalación eléctrica, columnas,  
fundaciones y selección de luminarias para alumbrado exterior  
en Hospital Gobernador Centeno.”*

Alumno:

*SOTO, Mariano Carlos*

Tutores:

*Ing. Torrente, Gonzalo Ezequiel (APE)*

*Ing. Mandrile, Daniel Alberto (Facultad de Ingeniería)*

*General Pico, 22 de Diciembre de 2017*



**Índice:**

<b>Introducción general</b>	<b>2</b>
<b>Memoria descriptiva general</b>	<b>3</b>
<b>Diseño y cálculo de la instalación eléctrica</b>	<b>4</b>
<b>Diseño y cálculo de columnas y fundaciones</b>	<b>45</b>
<b>Anexo 1 (Tablas)</b>	<b>67</b>
<b>Anexo 2 (Planos)</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 3 (Cómputos de Materiales- Análisis de Precios)</b>	<b>69</b>
<b>Conclusiones</b>	<b>70</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>71</b>



## **Introducción general**

El presente documento constituye la PPS (Práctica Profesional Supervisada) de la carrera de Ingeniería Electromecánica, Plan 2004.

Este proyecto surgió por un pedido desde la dirección del Hospital Gobernador Centeno ante la necesidad de reacondicionar y reforzar la iluminación exterior existente, requiriendo éste del cálculo y diseño de instalaciones eléctricas, de fundaciones y postaciones necesarias y de la iluminación acorde a cada sector.

Se procuró proyectar todo en base a las reglamentaciones vigentes, de manera tal de garantizar la seguridad de las personas.



## **Memoria descriptiva general**

Este documento se dividió en tres etapas diferentes, las cuales se detallan a continuación:

- **Diseño y cálculo de la instalación eléctrica.**
- **Diseño de columnas y cálculo de fundaciones.**
- **Computo de materiales y análisis de precios**

La primera etapa consistió en el análisis de las zonas a cubrir con el fin de lograr una iluminación adecuada, en base a eso se realizó el dimensionado de los conductores, como así también el cálculo y ubicación de los tableros, elementos de maniobra y protección utilizados, partiendo desde el tablero principal (en sala de mantenimiento) hacia el exterior del predio.

La segunda etapa consistió en el diseño de columnas para cada sector, y cálculo de las fundaciones correspondientes a cada una.

La tercera etapa contempló la obtención de precios de los diferentes materiales y un análisis de los costos y tiempos de mano de obra necesaria. (Anexo 3).



# *Diseño y cálculo de la instalación eléctrica*



## Índice:

<b>Memoria descriptiva</b>	<b>6</b>
<b>Memoria técnica</b>	<b>8</b>
Temperatura ambiente para el cálculo	8
Luminarias	8
Emplazamiento Luminarias	11
Conductores	11
Canalización de conductores	11
Suministro de tensión	13
Tableros y circuitos	13
Distribución de cargas por fase	33
<b>Memoria de cálculo</b>	<b>34</b>
Tensión de suministro	34
Cálculo del Circuito Seccional 1- Normal (CS1-N)	34
Determinación de la corriente de proyecto ( $I_B$ )	34
Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible ( $I_Z$ )	34
Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección ( $I_n$ )	34
Verificación de actuación de la protección por sobrecarga	34
Determinación de la corriente de cortocircuito máxima ( $I''_K$ )	37
Verificación por máxima exigencia térmica	42
Verificación de la actuación de protección por corriente mínima de cortocircuito ( $I''_{Kmin}$ )	42
Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito	43
<b>Anexo 1 (Tablas)</b>	<b>67</b>
<b>Anexo 2 (Planos)</b>	<b>68</b>



## **Memoria descriptiva**

En esta sección del proyecto se detalla el cálculo y diseño de la red de distribución de energía eléctrica en baja tensión para iluminación de parque, accesos, estacionamientos y senderos del Hospital Gobernador Centeno (Gral. Pico (LP)), con el fin de garantizar que todos los sectores se encuentren iluminados de manera agradable a la vista y reforzar, además, la seguridad del predio.

La instalación eléctrica se llevará a cabo sobre una superficie descubierta de, aproximadamente,  $58200 m^2$ , repartida en tres zonas (Plano 00 Zonas)

El mismo se desarrolló según la Reglamentación para Instalaciones Eléctricas en Inmuebles, la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas de Alumbrado Público y de Reglamentación de Líneas Aéreas Exteriores de Baja Tensión, todas de la Asociación Electrotécnica Argentina (A.E.A); además de las normas IRAM correspondientes, de tal forma que queden garantizados la seguridad de las personas y el funcionamiento óptimo del sistema.

Para realizar la distribución de los circuitos, se buscó lograr un equilibrio de corrientes en las tres fases, lo que resulta en un mayor equilibrio de cargas en el transformador, procurando recorrer la mínima distancia posible y evitando recorridos de retorno. Para esto se presenta un sistema de conexionado de cada consumo a la respectiva línea siguiendo una secuencia R-S-T.

Para el cálculo se consideró un factor de potencia de 0,85(tierra seca) para todas las cargas, tomando esto como caso más desfavorable. El alumbrado perimetral, los caminos internos y el parque se calculó en base a lámparas de vapor de mercurio de 150 W; y para las columnas de alumbrado público de 3 y 4 pescantes se adoptaron lámparas de vapor de mercurio de 250 W.

Dicha obra, por pedido de la dirección del Hospital y en base a los consumos, se llevará a cabo con distintas luminarias de leds, en función del tipo de columna a la que corresponda.



Se adoptará un esquema de puesta a tierra tipo TT, con sus respectivas jabalinas en cada columna y tablero, además de la protección mediante interruptores diferenciales.

Todo el tendido de la red será en forma subterránea alimentada por un transformador de 630 kVA(existente) que se encuentra montado sobre una plataforma terrestre dentro del predio del Hospital.

En paralelo se distribuirá el circuito de iluminación de emergencia que es alimentado por un generador de 250 kVA (existente).

Tanto el transformador como el generador ya se encuentran con las protecciones correspondientes.

Los nuevos circuitos partirán desde los tableros TS1N (Tablero Seccional Uno Normal) y TS1E (Tablero Seccional Uno de Emergencia), ubicados en la sala de mantenimiento, hasta los correspondientes tableros seccionales (TS-Z1-N, TS-Z1-E, TS-Z2-N, TS-Z2-E, TS-Z3-N y TS-Z3-E) ubicados estratégicamente dentro del predio, en la zona correspondiente a cada uno, sobre un pilar de mampostería y con sus RESPECTIVAS protecciones. Desde los tableros seccionales se alimentan los distintos circuitos de iluminación.

Toda la obra descrita en la presente memoria, será ejecutada por la contratista, mediante el sistema de ajuste alzado, que además proveerá la totalidad de los materiales y el proyecto ejecutivo, dejando la obra en condiciones de ser puesta en servicio.





## **Memoria técnica**

### **Temperatura ambiente para el cálculo**

Las temperaturas de cálculo (independientemente de las formas de instalación) son las siguientes:

- Para cables en el aire 40 °C
- Para cables enterrados 25 °C

### **Luminarias**

Se instalarán diferentes tipos de luminarias. Estas deberán ser de material resistente a agentes atmosféricos, en fundición de aluminio y protección antibandálica, equipadas con lámparas de mercurio halogenado 250 W (con cámara porta equipo y equipo completo), lámparas de led de 45 W y luminarias led, tipo alumbrado público, de 50 W con factor de potencia corregido a 0,9 o más.

Se determinan los siguientes tipos de luminarias:

TIPO 1:

- Artefacto tipo MBA 70 CO – SAP 250W de STRAND o similar.
- Emplazada en columnas TIPO 1 y TIPO 2, de 9m libres con 4 y 3 pescantes (Anexo 1).

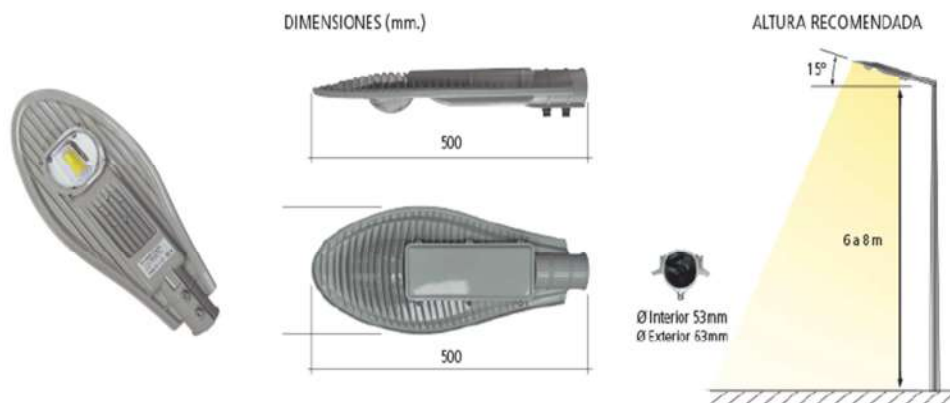
#### **MBA 70**





TIPO 2:

- Artefacto tipo Alumbrado Público - Led 50 W de TBCin o similar
- Emplazada en columnas TIPO 3 y TIPO 4, de 5m libres con pescante simple o doble (Anexo 1).



TIPO 3:

- Artefacto tipo Globo Polietileno inyectado opal 45 cm. Lámpara led 45 W.
- Emplazada en columna TIPO 3, de 5m con pescante doble (globo direccionado hacia la vereda) (Anexo 1).





TIPO 4:

- Artefacto tipo Farola – Lámpara Led 45 W – TRIAL E40MH250 o similar.
- Emplazada en columna TIPO 5, de 2,5m de altura (Anexo 1).



TIPO 5:

- Artefacto tipo Proyector – Lámpara Led 50 W.
- Montado sobre pared en ingresos.





### **Emplazamiento de luminarias**

Con el fin de cumplir con los requerimientos propuestos por la dirección del Hospital, se distribuirán los diferentes tipos de luminarias por sector y necesidad.

El sector correspondiente al perímetro del predio contará con 33 luminarias TIPO 2 y 28 luminarias TIPO 3, dispuestas de manera lineal a 1 metro del tejido existente y separadas 20 metros entre sí.

Lo que corresponde a senderos y parque contará con 75 luminarias TIPO 4 y los sectores de estacionamientos y descampado contarán con 42 luminarias TIPO 1.

A su vez se cuenta con un circuito de emergencia, para senderos, accesos, estacionamiento y guardia, compuesto por varias de estas luminarias, dependiendo del sector al que correspondan.

Las luminarias se encuentran dispuestas según plano adjunto (Plano 00).

### **Conductores**

Los conductores destinados a alimentar las luminarias serán del tipo subterráneo, de cobre, con aislación en PVC, aptos para trabajar a una tensión de servicio de 1,1 kV bajo normas IRAM 2178 de secciones según Plano N°01 (Referencias de tableros y circuitos).

Para la alimentación de los artefactos, en el interior de cada columna, se utilizarán conductores de cobre con doble aislamiento, de sección  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$ , conforme a norma IRAM – NM 247-5.

### **Canalización de los conductores**

Dentro del edificio los conductores se canalizarán a través de bandejas portacables existentes (Normal y Emergencia). Las características de estos elementos de canalización empleados, como así también los aspectos tomados en cuenta para su correcta instalación, se indican a continuación una sola vez.



Bandeja portacables (existente):

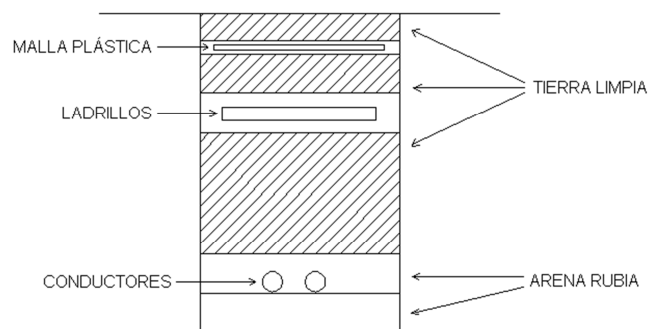
- Características: bandeja de fondo perforada, constituida por chapa de acero galvanizado.

La disposición de los conductores dentro de las bandejas se realizará de manera de conservar su posición a lo largo del recorrido. Los conductores de cada línea se agruparán en haces o paquetes separados, identificándolos de forma clara a lo largo de todo su recorrido mediante números y letras. Se deberán respetar las distancias entre conductores y el ordenamiento de fases según las recomendaciones del fabricante del conductor a utilizar.

En el exterior del edificio el tendido de los conductores hasta los puntos de consumo se realizará dentro de zanjas con las siguientes características:

- Profundidad: 0,70m.
- Ancho mínimo: 0,30m.
- Protección mecánica: losetas
- Advertencia: malla plástica de 0,2m de ancho (negra y amarilla).

Los mismos se colocarán entre arena rubia completando luego con tierra limpia, respetando las distancias entre conductores recomendadas por el fabricante. Finalmente se colocará, longitudinalmente al eje de la zanja, la protección mecánica y la malla de advertencia correspondiente a largo de todo el tendido.



Los cruces de la calzada se realizarán mediante túneles y se colocarán caños camisa de PVC de 110 mm de diámetro y con un espesor mínimo de pared de 3,2 mm, y a 0,70 m



de profundidad de la rasante del asfalto como mínimo. La longitud de los caños camisa será tal que deberá sobresalir como mínimo 0,5 m del borde de la calzada.

### **Suministro de tensión**

El tendido de la red será alimentado por un transformador (existente) de 630 kV.A. El mismo se encuentra montado sobre una plataforma terrestre dentro del predio del Hospital.

En paralelo se distribuye el circuito de iluminación de emergencia que es alimentado por un generador (existente) de 250 kVA.

Tanto el transformador como el generador ya se encuentran con las protecciones correspondientes.

La carga será distribuida en las 3 fases y no podrán conectarse sobre una misma fase dos luminarias consecutivas. La sumatoria de las caída de tensión máxima será de  $\Delta V = 3\%$ , en la condición más desfavorable de cada circuito, a partir del tablero de alimentación.

### **Tableros y circuitos**

Para realizar la distribución de los circuitos, se buscó lograr un equilibrio de corrientes en las tres fases (aproximadamente), lo que resulta en un mayor equilibrio de cargas en el transformador, procurando recorrer la mínima distancia posible y evitando recorridos de retorno. Para esto se presenta un sistema de conexionado de cada consumo a la respectiva línea siguiendo una secuencia R-S-T.

La alimentación a los nuevos circuitos partirán desde el “Tablero Seccional 1(Normal)” y el “Tablero Seccional 1(Emergencia)”, que se encuentran ubicados en el taller de mantenimiento. Ambos tableros son existentes.



Tablero Seccional 1 (Normal) (TS1N). Ampliación

- Características: Tablero desde donde se manejan los circuitos de iluminación exterior, entre otros. En este se colocarán los elementos de protección para los nuevos circuitos.
- Elementos de maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético CS1N</b>	
Marca	Siemens
Modelo	C60N
Corriente asignada	63 A
Capacidad de ruptura	15 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>		
	<b>CS1-Z1-N</b>	<b>CS2-Z2-N</b>	<b>CS3-Z3-N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	iC60L	iC60L	iC60L
Intensidad	32 A	16 A	16 A
Poder de corte	15 kA	15 kA	15 kA
Curva de disparo	C	C	C
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA

	<b>Interruptores diferenciales</b>		
	<b>CS1-Z1-N</b>	<b>CS2-Z2-N</b>	<b>CS3-Z3N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	ID	ID	Idsi
Intensidad	40 A	25 A	25 A
Intensidad de fuga	30 mA	30 mA	30 mA
Clase	AC	AC	A "superinmunizado"
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA



Tablero Seccional 1 (Emergencia) (TS1E). Ampliación

- Características: Tablero desde donde se manejan los circuitos de emergencia destinados a sectores puntuales de la iluminación exterior; tales como accesos, estacionamientos y senderos internos. En este se colocarán los elementos de protección para los nuevos circuitos.
- Elementos de maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético CS1E</b>	
Marca	Siemens
Modelo	C60N
Corriente asignada	16 A
Poder de corte	6 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>		
	<b>CS1-Z1-E</b>	<b>CS2-Z2-E</b>	<b>CS3-Z3-E</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	C60N	C60N	C60N
Intensidad	10 A.	10 A.	10 A.
Poder de corte	6 kA	6 kA	6 kA
Curva de disparo	C	C	C
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA

	<b>Interruptores diferenciales</b>		
	<b>CS1-Z1-E</b>	<b>CS2-Z2-E</b>	<b>CS3-Z3-E</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	ID	ID	ID
Intensidad	25 A	25 A	25 A
Intensidad de fuga	300 mA	300 mA	300 mA
Clase	AC "Selectivo"	AC "Selectivo"	AC "Selectivo"
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA





- En este tablero se realizará el reemplazo del interruptor termomagnético general adecuando la protección a las ampliaciones realizadas.

- Detalles:

<b>Interruptor termomagnético TS1E</b>	
Marca	Siemens
Modelo	C60N
Corriente asignada	32 A
Capacidad de ruptura	6 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

#### Circuito Seccional 1 Zona 1 (Normal) (CS-Z1-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta al “Tablero Seccional Zona 1 (Normal) (TS-Z1-N)”.

- Canalización: en el interior del edificio el conductor será canalizado dentro de bandejas (existentes) hasta llegar al exterior del mismo. En ese punto se contará con una caja de derivación y con la cañería correspondiente para realizar la bajada hasta la zanja.

En la zanja será directamente enterrado a una profundidad de 0,7 m., recubierto por arena apisonada (zarandeada), tierra limpia, ladrillos enteros dispuestos en forma transversal a la traza y malla protectora de manera transversal a la traza.

- Conductor: IRAM NM 2178 3x50/25+PE(16)mm<sup>2</sup> aislación de PVC.

#### Tablero Seccional Zona 1 (Normal) (TS-Z1-N)

- Ubicación: exterior (Plano 00).
- Emplazamiento: amurado sobre pilar de 1 m x 1,2 m x 0,50 m (alto x ancho x profundidad)
- Marca y modelo: Genrod, serie S9000.
- Dimensiones y características técnicas: 900 x 600 x 150 mm (capacidad 120 polos); fabricado en chapa de acero al carbono, con un acabado en pintura por aplicación electrostática de material tipo convertible con base poliéster y terminación texturada color beige RAL 7032, resistente a la intemperie aislante



de la corriente eléctrica. Grado de protección IP 55, alta resistencia al impacto; conforme norma IRAM-ISO 9001 - 2008.

- Otras características: lleva en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero Seccional Zona 1 (N)" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Cuenta con un contrafrente en el cual se identificará a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.
- Elementos de señalización, maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético general</b>	
Marca	Schneider
Modelo	C60N
Corriente asignada	32 A
Capacidad de ruptura	6 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>		
	<b>CT1-Z1-N</b>	<b>CT2-Z1-N</b>	<b>CT3-Z1-N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	C60N	C60N	C60N
Corriente asignada	16 A	16 A	10 A.
Poder de corte	6 kA	6 kA	6 kA
Curva de disparo	C	C	C
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>		
	<b>CT4-Z1-N</b>	<b>CT5-Z1-N</b>	<b>CT6-Z1-N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	C60N	C60N	C60N
Corriente asignada	10 A.	10 A.	10 A.
Poder de corte	6 kA	6 kA	6 kA
Curva de disparo	C	C	C
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA



	Interruptores diferenciales		
	CT1-Z1-N	CT2-Z1-N	CT3-Z1-N
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	ID	ID	Idsi
Corriente asignada	25 A	25 A	25 A
Sensibilidad	30 mA	30 mA	30 mA
Clase	AC	AC	A"superinmunizado"
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/415 VCA	230/415 VCA	230/415 VCA

	Interruptores diferenciales		
	CT4-Z1-N	CT5-Z1-N	CT6-Z1-N
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	ID	Idsi	ID
Corriente asignada	25 A	25 A	25 A
Sensibilidad	30 mA	30 mA	30 mA
Clase	AC	A"superinmunizado"	AC
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/415 VCA	230/415 VCA	230/415 VCA

CONTACTOR	
Marca	Schneider
Corriente asignada	20 A
Bobina	220V
Categoría	AC1
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/415 VCA

*Nota: El tipo de contactor se repite para todos los circuitos del tablero según se indica en plano (Plano 04)*

Cada circuito contará con una llave de tres puntos que permitirá seleccionar entre funcionamiento manual o automático y con un fusible tipo tabaquera de 2A como elemento de protección. (PLANO 04)

Además se instalarán en el tablero luces tipo ojo de buey que servirán como indicadores de fase existente.



- Para proteger contra la humedad y evitar la corrosión, tanto en gabinetes como en contactos, se instalará dentro del tablero una resistencia calefactora en conjunto con un termostato para mantener una temperatura adecuada. Este circuito se encontrará protegido por un fusible tipo tabaquera de 2A.

#### Circuito Terminal 1- Zona 1- Normal (CT1-Z1-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 1 de luminarias de la Zona 1 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor: IRAM NM 2178 4x16 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 2- Zona 1- Normal (CT1-Z2-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 2 de luminarias de la Zona 1 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor: IRAM NM 2178 4x16 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 3 - Zona 1- Normal (CT3-Z1-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 3 de luminarias de la Zona 1 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x16 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 4 - Zona 1- Normal (CT4-Z1-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 4 de luminarias de la Zona 1 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.



#### Circuito Terminal 5 - Zona 1- Normal (CT5-Z1-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 5 de luminarias de la Zona 1 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 6 - Zona 1- Normal (CT6-Z1-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 6 de luminarias de la Zona 1 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x16 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Tablero Seccional Zona 1 (Emergencia) (TS-Z1-E)

- Ubicación: exterior (Plano 00).
- Emplazamiento: amurado sobre pilar de 1 m x 1,2 m x 0,50 m (alto x ancho x profundidad)
- Marca y modelo: Genrod, serie S9000.
- Dimensiones y características técnicas: 450 x 450 x 100 mm (capacidad 36 polos); fabricado en chapa de acero al carbono, con un acabado en pintura por aplicación electrostática de material tipo convertible con base poliéster y terminación texturada color beige RAL 7032, resistente a la intemperie aislante de la corriente eléctrica. Grado de protección IP 55, alta resistencia al impacto; conforme norma IRAM-ISO 9001 - 2008.
- Otras características: lleva en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero Seccional Zona 1 (E)" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Cuenta con un contrafrente en el cual se identificará a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.



- Elementos de señalización, maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético general</b>	
Marca	Schneider
Modelo	C60N
Corriente asignada	10 A.
Capacidad de ruptura	6 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

<b>Interruptor diferencial</b>	
<b>CT1-Z1-E</b>	
Marca	Schneider
Modelo	ID
Intensidad	25 A
Intensidad de fuga	30 mA
Clase	AC
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

<b>CONTACTOR</b>	
Marca	Schneider
Corriente asignada	20 A
Bobina	220V
Categoría	AC1
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/415 VCA

*Nota: El tipo de contactor se repite para todos los circuitos del tablero según se indica en plano (Plano 05)*

El circuito contará con una llave de tres puntos que permitirá seleccionar entre funcionamiento manual o automático y con un fusible tipo tabaquera de 2A como elemento de protección. (PLANO 05)

Además se instalarán en el tablero luces tipo ojo de buey que servirán como indicadores de fase existente; y al igual que en el resto de los tableros contará con una resistencia calefactora y su adecuada protección.



### Circuito Terminal 1- Zona 1- Normal (CT1-Z1-E)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 1 de luminarias de emergencia de la Zona 1 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x16 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

### Tablero Seccional Zona 2 (Normal) (TS-Z2-N)

- Ubicación: exterior (Plano 00).
- Emplazamiento: amurado sobre pilar de 1 m x 1,2 m x 0,50 m (alto x ancho x profundidad)
- Marca y modelo: Genrod, serie S9000.
- Dimensiones y características técnicas: 900 x 600 x 150 mm (capacidad 120 polos); fabricado en chapa de acero al carbono, con un acabado en pintura por aplicación electrostática de material tipo convertible con base poliéster y terminación texturada color beige RAL 7032, resistente a la intemperie aislante de la corriente eléctrica. Grado de protección IP 55, alta resistencia al impacto; conforme norma IRAM-ISO 9001 - 2008.
- Otras características: lleva en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero Seccional Zona 2 (N)" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Cuenta con un contrafrente en el cual se identificará a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.
- Elementos de señalización, maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético general</b>	
Marca	Schneider
Modelo	C60N
Corriente asignada	16 A
Capacidad de ruptura	6 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA



	<b>Interruptores termomagnéticos</b>		
	<b>CT1-Z2-N</b>	<b>CT2-Z2-N</b>	<b>CT3-Z2-N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	C60N	C60N	C60N
Corriente asignada	10 A.	10 A.	10 A.
Poder de corte	6 kA	6 kA	6 kA
Curva de disparo	C	C	C
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>		
	<b>CT4-Z2-N</b>	<b>CT5-Z2-N</b>	<b>CT6-Z2-N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	C60N	C60N	C60N
Corriente asignada	10 A.	10 A.	10 A.
Poder de corte	6 kA	6 kA	6 kA
Curva de disparo	C	C	C
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA

	<b>Interruptores diferenciales</b>		
	<b>CT1-Z2-N</b>	<b>CT2-Z2-N</b>	<b>CT3-Z2-N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	ID	ID	Idsi
Intensidad	25 A	25 A	25 A
Intensidad de fuga	30 mA	30 mA	30 mA
Clase	AC	AC	A "superinmunizado"
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA

	<b>Interruptores diferenciales</b>		
	<b>CT4-Z2-N</b>	<b>CT5-Z2-N</b>	<b>CT6-Z2-N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	ID	ID	Idsi
Intensidad	25 A	25 A	25 A
Intensidad de fuga	30 mA	30 mA	30 mA
Clase	AC	AC	AC
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA





<b>CONTACTOR</b>	
Marca	Schneider
Corriente asignada	20 A
Bobina	220V
Categoría	AC1
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/415 VCA

Cada circuito contará con una llave de tres puntos que permitirá seleccionar entre funcionamiento manual o automático y con un fusible tipo tabaquera de 2A como elemento de protección. (PLANO 06)

Además se instalarán en el tablero luces tipo ojo de buey que servirán como indicadores de fase existente; y al igual que en el resto de los tableros contará con una resistencia calefactora y su adecuada protección.

#### Circuito Terminal 1- Zona 2- Normal (CT1-Z2-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 1 de luminarias de la Zona 2 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 2- Zona 2- Normal (CT2-Z2-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 2 de luminarias de la Zona 2 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.



Circuito Terminal 3 - Zona 2- Normal (CT3-Z2-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 3 de luminarias de la Zona 2 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

Circuito Terminal 4 - Zona 2- Normal (CT4-Z2-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 4 de luminarias de la Zona 2 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

Circuito Terminal 5 - Zona 2- Normal (CT5-Z2-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 5 de luminarias de la Zona 2 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

Circuito Terminal 6 - Zona 2- Normal (CT6-Z2-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 6 de luminarias de la Zona 2 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.



Tablero Seccional Zona 2 (Emergencia) (TS-Z2-E)

- Ubicación: exterior (Plano 00).
- Emplazamiento: amurado sobre pilar de 1 m x 1,2 m x 0,50 m (alto x ancho x profundidad)
- Marca y modelo: Genrod, serie S9000.
- Dimensiones y características técnicas: 600 x 450 x 100 mm (capacidad 54 polos); fabricado en chapa de acero al carbono, con un acabado en pintura por aplicación electrostática de material tipo convertible con base poliéster y terminación texturada color beige RAL 7032, resistente a la intemperie aislante de la corriente eléctrica. Grado de protección IP 55, alta resistencia al impacto; conforme norma IRAM-ISO 9001 - 2008.
- Otras características: lleva en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero Seccional Zona 2 (E)" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Cuenta con un contrafrente en el cual se identificará a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.
- Elementos de señalización, maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético general</b>	
Marca	Schneider
Modelo	C60N
Corriente asignada	10 A.
Capacidad de ruptura	6 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>	
	<b>CT1-Z2-E</b>	<b>CT2-Z2-E</b>
Marca	Schneider	Schneider
Modelo	C60N	C60N
Corriente asignada	10 A.	10 A.
Poder de corte	6 kA	6 kA
Curva de disparo	C	C
Cantidad de polos	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA



	<b>Interruptores diferenciales</b>	
	<b>CT1-Z2-E</b>	<b>CT2-Z2-E</b>
Marca	Schneider	Schneider
Modelo	ID	ID
Corriente asignada	25 A	25 A
Sensibilidad	30 mA	30 mA
Clase	AC	AC
Cantidad de polos	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA

<b>CONTACTOR</b>	
Marca	Schneider
Corriente asignada	20 A
Bobina	220V
Categoría	AC1
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/415 VCA

El circuito contará con una llave de tres puntos que permitirá seleccionar entre funcionamiento manual o automático y con un fusible tipo tabaquera de 2A como elemento de protección. (PLANO 07)

Además se instalarán en el tablero luces tipo ojo de buey que servirán como indicadores de fase existente; y al igual que en el resto de los tableros contará con una resistencia calefactora y su adecuada protección.

#### Circuito Terminal 1- Zona 2- Emergencia (CT1-Z2-E)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 1 de luminarias de emergencia de la Zona 2 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 2- Zona 2- Emergencia (CT2-Z2-E)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 2 de luminarias de emergencia de la Zona 2 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.



- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

Tablero Seccional Zona 3 (Normal) (TS-Z3-N)

- Ubicación: exterior (Plano 00).
- Emplazamiento: amurado sobre pilar de 1 m x 1,2 m x 0,50 m (alto x ancho x profundidad)
- Marca y modelo: Genrod, serie S9000.
- Dimensiones y características técnicas: 900 x 600 x 150 mm (capacidad 120 polos); fabricado en chapa de acero al carbono, con un acabado en pintura por aplicación electrostática de material tipo convertible con base poliéster y terminación texturada color beige RAL 7032, resistente a la intemperie aislante de la corriente eléctrica. Grado de protección IP 55, alta resistencia al impacto; conforme norma IRAM-ISO 9001 - 2008.
- Otras características: lleva en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero Seccional Zona 3 (N)" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Cuenta con un contrafrente en el cual se identificará a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.
- Elementos de señalización, maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético general</b>	
Marca	Schneider
Modelo	C60N
Corriente asignada	16 A
Capacidad de ruptura	6 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>		
	<b>CT1-Z3-N</b>	<b>CT2-Z3-N</b>	<b>CT3-Z3-N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	C60N	C60N	C60N
Corriente asignada	10 A.	10 A.	10 A.
Poder de corte	6 kA	6 kA	6 kA
Curva de disparo	C	C	C
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA	230/400 VCA



	<b>Interruptores termomagnéticos</b>	
	<b>CT4-Z3-N</b>	<b>CT5-Z3-N</b>
Marca	Schneider	Schneider
Modelo	C60N	C60N
Corriente asignada	10 A.	10 A.
Poder de corte	6 kA	6 kA
Curva de disparo	C	C
Cantidad de polos	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA

	<b>Interruptores diferenciales</b>		
	<b>CT1-Z3-N</b>	<b>CT2-Z3-N</b>	<b>CT3-Z3-N</b>
Marca	Schneider	Schneider	Schneider
Modelo	ID	Idsi	ID
Corriente asignada	25 A	25 A	25 A
Sensibilidad	30 mA	30 mA	30 mA
Clase	AC	A "superinmunizado"	AC
Cantidad de polos	4	4	4
Tensión asignada	230/415 VCA	230/415 VCA	230/415 VCA

	<b>Interruptores diferenciales</b>	
	<b>CT4-Z3-N</b>	<b>CT5-Z3-N</b>
Marca	Schneider	Schneider
Modelo	ID	Idsi
Corriente asignada	25 A	25 A
Sensibilidad	30 mA	30 mA
Clase	AC	A "superinmunizado"
Cantidad de polos	4	4
Tensión asignada	230/415 VCA	230/415 VCA

<b>CONTACTOR</b>	
Marca	Schneider
Corriente asignada	20 A
Bobina	220V
Categoría	AC1
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/415 VCA



Cada circuito contará con una llave de tres puntos que permitirá seleccionar entre funcionamiento manual o automático y con un fusible tipo tabaquera de 2A como elemento de protección. (PLANO 08)

Además se instalarán en el tablero luces tipo ojo de buey que servirán como indicadores de fase existente; y al igual que en el resto de los tableros contará con una resistencia calefactora y su adecuada protección.

#### Circuito Terminal 1- Zona 3- Normal (CT1-Z3-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 1 de luminarias de la Zona 3 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 2- Zona 3- Normal (CT2-Z2-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 2 de luminarias de la Zona 3 delimitada en plano (PLANO 00)

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 3 - Zona 3- Normal (CT3-Z3-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 3 de luminarias de la Zona 3 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.



#### Circuito Terminal 4 - Zona 3- Normal (CT4-Z3-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 4 de luminarias de la Zona 3 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 5 - Zona 3- Normal (CT5-Z3-N)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 5 de luminarias de la Zona 3 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Tablero Seccional Zona 3 (Emergencia) (TS-Z3-E)

- Ubicación: exterior (Plano 00).
- Emplazamiento: amurado sobre pilar de 1 m x 1,2 m x 0,50 m (alto x ancho x profundidad)
- Marca y modelo: Genrod, serie S9000.
- Dimensiones y características técnicas: 600 x 450 x 100 mm (capacidad 54 polos); fabricado en chapa de acero al carbono, con un acabado en pintura por aplicación electrostática de material tipo convertible con base poliéster y terminación texturada color beige RAL 7032, resistente a la intemperie aislante de la corriente eléctrica. Grado de protección IP 55, alta resistencia al impacto; conforme norma IRAM-ISO 9001 - 2008.
- Otras características: lleva en la parte externa de la tapa la identificación de "Tablero Seccional Zona 3 (E)" y el símbolo de "Riesgo eléctrico" (norma IRAM 10005-1). Cuenta con un contrafrente en el cual se identificará a que circuito pertenece cada dispositivo de maniobra y protección.





- Elementos de señalización, maniobra y protección alojados en el mismo:

<b>Interruptor termomagnético general</b>	
Marca	Schneider
Modelo	C60N
Corriente asignada	10 A.
Capacidad de ruptura	6 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

	<b>Interruptores termomagnéticos</b>	
	<b>CT1-Z3-E</b>	<b>CT2-Z3-E</b>
Marca	Schneider	Schneider
Modelo	C60N	C60N
Corriente asignada	10 A.	10 A.
Poder de corte	6 kA	6 kA
Curva de disparo	C	C
Cantidad de polos	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA

	<b>Interruptores diferenciales</b>	
	<b>CT1-Z3-E</b>	<b>CT2-Z3-E</b>
Marca	Schneider	Schneider
Modelo	ID	ID
Corriente asignada	25 A	25 A
Sensibilidad	30 mA	30 mA
Clase	AC	AC
Cantidad de polos	4	4
Tensión asignada	230/400 VCA	230/400 VCA

<b>CONTACTOR</b>	
Marca	Schneider
Corriente asignada	20 A
Bobina	220V
Categoría	AC1
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/415 VCA



El circuito contará con una llave de tres puntos que permitirá seleccionar entre funcionamiento manual o automático y con un fusible tipo tabaquera de 2A como elemento de protección. (PLANO 09)

Además se instalarán en el tablero luces tipo ojo de buey que servirán como indicadores de fase existente; y al igual que en el resto de los tableros contará con una resistencia calefactora y su adecuada protección.

#### Circuito Terminal 1- Zona 3- Emergencia (CT1-Z3-E)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 1 de luminarias de emergencia de la Zona 3 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

#### Circuito Terminal 2- Zona 3- Emergencia (CT2-Z3-E)

Conductor correspondiente al circuito que alimenta la Línea 2 de luminarias de emergencia de la Zona 3 delimitada en plano (PLANO 00).

- Canalización: subterránea.
- Conductor Tramo 1: IRAM NM 2178 4x6 + PE (16) mm<sup>2</sup>.
- Conductor Tramo 2: IRAM NM 2178 4x4 + PE (16) mm<sup>2</sup>.

### **Distribución de cargas por fase**

Para lograr una distribución equilibrada de la carga en las fases en los tableros seccionales de cada zona, tanto normal como emergencia, (TS1-Z1-N y TS1-Z1-E), (TS2-Z2-N y TS2-Z2-E) y (TS3-Z3-N y TS3-Z3-E), y consecuentemente en los tableros seccionales (TS1-N y TS1-E) y tablero principal (TP), se distribuyó los circuitos en las fases de la manera que se muestra en **Tablas Zona 1 (Circuitos de TS1-Z1-N y TS1-Z1-E) - Anexo 1, Tablas Zona 2 (Circuitos de TS2-Z2-N y TS2-Z2-E) - Anexo 1, Tablas Zona 3 (Circuitos de TS3-Z3-N y TS3-Z3-E) - Anexo 1.**

En **Plano 00 del Anexo 2** se muestra la distribución de luminarias.



## **Memoria de cálculo**

Los cálculos eléctricos fueron hechos en base a la Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles de la A.E.A.

### **Tensión de suministro**

La reglamentación establece en su pág. 46 que cuando la carga total ( $C_T$ ) del inmueble supere los 7 kV.A o los 32 A es recomendable solicitar a la empresa distribuidora de energía un suministro trifásico para el inmueble. Sin embargo, independientemente de eso fue necesario solicitar tal suministro, ya que algunas de las máquinas que funcionan en el interior del inmueble son trifásicas.

### **Cálculo del Circuito Seccional 1 (Normal) (CS1-N)**

#### **1. Determinación de la corriente de proyecto ( $I_B$ ).**

Para el dimensionado de este conductor se consideró la corriente máxima por fase, sacada de “Tabla de circuitos seccionales, Zona 1” (*Circuitos de TS1-N*) (ANEXO 2).

$$I_B = 28,75 A \approx 29 A$$

#### **2. Elección del conductor a partir de su corriente máxima admisible ( $I_Z$ ).**

Canalización: directamente enterrado.

Temperatura del suelo = 25 °C

Cantidad de circuitos = 1

$$I_Z \geq I_B$$

$$I_Z' = \frac{I_B}{f_{ts} \cdot f_{rt}}$$



$f_{ts} = 1$  (Factor de corrección para temperaturas del suelo distinta de 25 °C para cables enterrados, independientemente de la forma de instalación) (pág. 108 de la reglamentación).

$f_{rt} = 0,85$  (Tierra muy seca) (Factor de corrección para resistividades térmicas del terreno diferentes de 1  $K.m/W$  a aplicar sobre los valores de intensidades de corrientes admisibles para cables directamente enterrados) (pág. 108 de la reglamentación).

$$I'_z = \frac{29}{1,0,85} A = 34,12 A$$

Se selecciona el conductor IRAM NM 2178 con aislación de PVC.

De tabla de conductores I.M.S.A (Payton Superflex 1,1 kV tetrapolar) se seleccionó  $I_z = 193 A$ , que corresponde a un conductor de cobre de sección  $S = 50 \text{ mm}^2$ .

Sección Nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia Máxima en CC. a 20°C Ohm/KM		Resistencia Máxima en CA a 80°C Ohm/Km		Reactancia a Inductiva pr fase a 50 Hz Ohm/Km	1 Corriente Admisible Máxima (A)				2 Caída de Tensión V/A Km.	
	Cu	Al	Cu	Al		En Tierra		En Aire		Cu	Al
1.50	12.1		15.0		0.106	27		19		21	
2.50	7.41		9.19		0.099	38		27		13	
4	4.61	7.41	5.72	9.19	0.099	48	38	36	29	8.0	13
6	3.08	4.61	3.82	5.72	0.093	62	50	48	38	5.4	8.1
10	1.83	3.08	2.27	3.82	0.088	79	63	64	51	3.3	5.4
16	1.15	1.91	1.43	2.37	0.084	103	82	83	66	2.1	3.4
25	0.727	1.20	0.902	1.49	0.083	132	106	111	89	1.4	2.2
35	0.524	0.868	0.650	1.08	0.081	158	126	138	110	1.0	1.6
50	0.387	0.641	0.480	0.796	0.078	193	154	164	131	0.8	1.2
70	0.268	0.443	0.332	0.550	0.075	235	188	206	165	0.5	0.9
95	0.193	0.320	0.239	0.397	0.075	279	223	252	201	0.4	0.7
120	0.153	0.253	0.190	0.314	0.073	318	254	292	233	0.3	0.6
150	0.124	0.206	0.154	0.256	0.073	357	286	335	268	0.3	0.5
185	0.0991	0.164	0.123	0.203	0.073	404	323	386	309	0.2	0.4
240	0.0754	0.125	0.0935	0.155	0.072	470	376	461	369	0.2	0.3
300	0.0601	0.100	0.0745	0.124	0.072	534	427	537	429	0.2	0.3

Se verificó que conductor cumple con la sección mínima permitida, establecida en pág. 89 de la reglamentación.

Por lo tanto la corriente máxima admisible será de:

$$I_z = 193 A \cdot 1 \cdot 0,85 = 164,05 A$$



### **3. Elección de la corriente asignada del dispositivo de protección ( $I_n$ ).**

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$29A \leq I_n \leq 193A$$

Del catálogo general de productos Schneider se seleccionó un interruptor termomagnético de las siguientes características:

<b>Interruptor termomagnético CSG</b>	
Marca	Schneider
Modelo	iC60L
Corriente asignada	32 A
Poder de corte	15 kA
Curva de disparo	C
Cantidad de polos	4
Tensión asignada	230/400 VCA

### **4. Verificación de actuación de la protección por sobrecarga.**

Se debe verificar  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_n$

Donde  $I_2 = 1,45 \cdot I_n$  es la intensidad de corriente de disparo seguro de la protección contra sobrecarga.

Es decir, se debe verificar  $1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$

Como  $I_B \leq I_n \leq I_Z$  entonces  $1,45 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_Z$  se verifica siempre.



## 5. Determinación de la corriente de cortocircuito máxima ( $I''_k$ ).

Red de alimentación

- $S''_{kQ}$  (potencia de cortocircuito) = 300 MVA.

Subestación transformadora:

- $S$  (potencia aparente) = 630 kV.A
- $U = 13,2 / 0,400 - 0,230$  kV
- $U_{cc}$  (caída de tensión por cortocircuito) = 4 %
- $t_r$  (relación de transformación asignada) = 13,2 kV/ 0,4 kV.
- $P_{kr}$  (potencia de pérdidas) = 7,25 kW.

Línea de alimentación de la distribuidora:

- Conductor 3x25 mm<sup>2</sup> Cu 13,2 kV - XLPE
- $l$  (longitud) = 190 m.

Línea principal (LP):

- Conductor: 3(3x120/70) mm<sup>2</sup> Cu - XLPE
- $l$  (longitud) = 12m.

Circuito seccional 1(CS1)

- Conductor: 3x95/50 mm<sup>2</sup> Cu - XLPE
- $l$  (longitud) = 40 m.

Se calculó el valor de la máxima corriente presunta de cortocircuito para el transformador de distribución (perteneciente al hospital).



La expresión de cálculo se indica a continuación:

$$I_k'' = \frac{c.U_n}{\sqrt{3}.Z_k} = \frac{c.U_n}{\sqrt{3}.\sqrt{R_k^2 + X_k^2}}$$

Con:

$c$  factor de tensión (1,05 en baja tensión y 1,1 en media tensión, en el punto de falla);

$U_n$  tensión nominal compuesta del sistema en el punto de defecto y

$Z_k$  es la impedancia de cortocircuito, dada por:

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} = \sqrt{(R_{Qt} + R_T)^2 + (X_{Qt} + X_T)^2}$$

$Z_{Qt}$  es la impedancia equivalente a la red de alimentación, compuesta por  $R_{Qt}$  y  $X_{Qt}$

$Z_T$  es la impedancia de secuencia directa del transformador, compuesta por  $R_T$  y  $X_T$

1) Impedancia de la acometida

$$Z_{Qt} = \frac{c.U_{nQ}^2}{S_{kQ}''} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1.(13,2kV)^2}{300MVA} = 0,6388\Omega$$

$$X_{Qt} = 0,995. Z_{Qt} = 0,6356 \Omega$$

$$R_{Qt} = 0,1. X_{Qt} = 0,06356 \Omega$$

$$Z_{Qt} = (0,06356 + j 0,6356) \Omega$$

2) Impedancia del conductor

Del catálogo de conductores I.M.S.A se obtuvo

$$R_{c90^\circ} = 0,996 \Omega/km \implies R_{c90^\circ} = 0,996 \Omega/km \times 0,19km = 0,189 \Omega.$$

$$X_{c90^\circ} = 0,079 \Omega/km \implies X_{c90^\circ} = 0,079 \Omega/km \times 0,19km = 0,0150 \Omega.$$

Por lo tanto la impedancia en el lado de media tensión del trafo viene dada por:

$$R_M = R_{Qt} + R_{c90^\circ} = (0,06356 + 0,189) \Omega = 0,2525 \Omega$$

$$X_M = X_{Qt} + X_{c90^\circ} = (0,6356 + 0,0150) \Omega = 0,6506 \Omega$$

$$Z_M = (0,2525 + j 0,6506) \Omega \implies Z_M = 0,6978 \Omega$$



Corriente de cortocircuito en bornes del transformador (media tensión)

$$I''_{kM} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_M} = \frac{1,1 \times 13200V}{\sqrt{3} \times 0,6978\Omega} = 12013,65A$$

Para calcular la corriente de cortocircuito en baja tensión se debe aplicar la siguiente relación a la impedancia en media tensión del transformador.

$$Z_B = \frac{U_B^2}{U_n^2} \cdot Z_M$$

Entonces

$$R_B = \frac{U_B^2}{U_n^2} \cdot R_M = \frac{0,4kV^2}{13,2kV^2} \times 0,2525\Omega = 2,3186 \times 10^{-4}\Omega$$

$$X_B = \frac{U_B^2}{U_n^2} \cdot X_M = \frac{0,4kV^2}{13,2kV^2} \times 0,6506\Omega = 5,974 \times 10^{-4}\Omega$$

$$Z_B = (2,3186 \times 10^{-4} + j 5,9742 \times 10^{-4}) \Omega \implies Z_B = 6,4083 \times 10^{-4} \Omega$$

3) Impedancia transformador

$$Z_T = \frac{U_{cc}}{100\%} \cdot \frac{U_{rT}}{S_{rT}} = \frac{4\%}{100\%} \cdot \frac{(400V)^2}{630kVA} = 0,0101\Omega$$

$$R_T = \frac{P_{krT}}{3 \cdot I_{rT}^2} = \frac{P_{krT} \cdot U_{rT}^2}{S_{rT}^2} = \frac{7,25kW \cdot (400V)^2}{(630kVA)^2} = 2,922 \times 10^{-3}\Omega$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{(0,0101\Omega)^2 - (2,922 \times 10^{-3}\Omega)^2} = 9,66 \times 10^{-3}\Omega$$

$$Z_T = (2,922 \times 10^{-3} + j 9,66 \times 10^{-3}) \Omega \implies Z_T = 0,010 \Omega$$





Corriente de cortocircuito en bornes del transformador (Baja)

$$R'_B = R_B + R_T = (2,3186 \times 10^{-4} + 2,922 \times 10^{-3}) \Omega = 3,1538 \times 10^{-3} \Omega$$

$$X'_B = X_B + X_T = (5,9742 \times 10^{-4} + 9,66 \times 10^{-3}) \Omega = 0,0102 \Omega$$

$$Z'_B = (3,1538 \times 10^{-3} + j 0,0102) \Omega \implies Z'_B = 0,0106 \Omega$$

$$I''_{kA} = \frac{c.U_n}{\sqrt{3}.Z_A} = \frac{1,05 \times 380V}{\sqrt{3} \times 0,0106 \Omega} = 21732,33A$$

4) Corriente de cortocircuito en Tablero Principal (TP)

$$R'_{c90^\circ} = 0,206 \Omega/km \implies R_{c90^\circ} = 0,206 \Omega/km \times 0,012 km = 2,472 \times 10^{-3} \Omega.$$
$$R_{c90^\circ} / 3 = (2,472 \times 10^{-3} \Omega) / 3 = 8,24 \times 10^{-4} \Omega.$$

$$X'_{c90^\circ} = 0,066 \Omega/km \implies X_{c90^\circ} = 0,066 \Omega/km \times 0,012 km = 7,92 \times 10^{-4} \Omega.$$
$$X_{c90^\circ} / 3 = (7,92 \times 10^{-4} \Omega) / 3 = 2,64 \times 10^{-4} \Omega.$$

$$R_{TP} = R'_{c90^\circ} + R'_B = (8,24 \times 10^{-4} + 3,1538 \times 10^{-3}) \Omega = 3,9778 \times 10^{-3} \Omega.$$

$$X_{TP} = X'_{c90^\circ} + X'_B = (2,64 \times 10^{-4} + 0,0102) \Omega = 0,0104 \Omega.$$

$$Z_{TP} = (3,9778 \times 10^{-3} + j 0,0104) \Omega \implies Z_{TP} = 0,0111 \Omega.$$

$$I''_{kA} = \frac{c.U_n}{\sqrt{3}.Z_A} = \frac{1,05 \times 380V}{\sqrt{3} \times 0,0111 \Omega} = 20753,40A$$

5) Corriente de cortocircuito en Tablero Seccional 1 (TS1)

$$R''_{c90^\circ} = 0,263 \Omega/km \implies R_{c90^\circ} = 0,263 \Omega/km \times 0,04 km = 0,0105 \Omega.$$

$$X''_{c90^\circ} = 0,067 \Omega/km \implies X_{c90^\circ} = 0,067 \Omega/km \times 0,04 km = 2,68 \times 10^{-3} \Omega.$$



$$R_{TS1} = R''_{c90^\circ} + R_{TP} = (0,0105 + 3,9778 \times 10^{-3}) \Omega = 0,0144 \Omega.$$

$$X_{TS1} = X''_{c90^\circ} + X_{TP} = (2,68 \times 10^{-3} + 0,0104) \Omega = 0,0131 \Omega.$$

$$Z_{TS1} = (0,0144 + j 0,0131) \Omega \quad \Longrightarrow \quad Z_{TP} = 0,0194 \Omega.$$

$$I''_{kA} = \frac{c.U_n}{\sqrt{3}.Z_A} = \frac{1,05 \times 380V}{\sqrt{3} \times 0,0194 \Omega} = 11874,36A$$

6) Corriente de cortocircuito mínima en Tablero Seccional 1 (TS1)

$$I''_{kAmin} = \frac{c.U_n}{\sqrt{3}.Z_A} = \frac{0,95 \times 380V}{\sqrt{3} \times 0,0194 \Omega} = 10743,47A$$

Finalmente se verificó que la capacidad de corte del dispositivo de protección seleccionado (interruptor termomagnético) sea mayor a la máxima corriente de cortocircuito presunta (producida en el punto donde el dispositivo de protección está instalado):

11875 A  $\leq$  15000 A **VERIFICA**



## **6. Verificación por máxima exigencia térmica.**

Para garantizar la protección de los conductores, para dispositivos de protección con tiempo de apertura inferior a 0,1 s, se debió verificar la siguiente condición (pág. 135 de la reglamentación):

$$k^2 \cdot S^2 \geq I_{cc}^2 \cdot t$$

Donde:

$k$  = factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y las temperaturas inicial y final del mismo (de **Tabla 771.19.II**, pág. 136 de la reglamentación).

$S$  = sección nominal del conductor [ $mm^2$ ].

$I_{cc}^2 \cdot t$  = máxima energía específica pasante aguas abajo del dispositivo de protección [ $A^2s$ ]. Valor dado por el fabricante.

$$115^2 \cdot (50 mm^2)^2 \geq 142000 A^2s$$

$$33063500 mm^4 \geq 142000 A^2s \quad \text{VERIFICA}$$

## **7. Verificación de la actuación de protección por corriente mínima de cortocircuito ( $I''_{k \text{ mín}}$ ).**

Para garantizar la protección de los conductores también se debió verificar que la corriente de cortocircuito mínima sea suficiente para que el dispositivo de protección desconecte en forma instantánea. Para eso se debió verificar:

$$10 \cdot I_n < I''_{k \text{ mín}}$$

Donde:

$I_n$  = intensidad de la corriente asignada del dispositivo de protección contra las sobrecargas y los cortocircuitos [A].

$I''_{k \text{ mín}}$  = intensidad mínima de la corriente de cortocircuito [A].



$$10 \cdot 32 A \leq 10743,47 A$$

$$320 A \leq 10743,47 A \quad \text{VERIFICA}$$

### **8. Verificación de la caída de tensión en el extremo del circuito.**

En pág. 89 de la reglamentación se recomienda (Corrigendum 2- junio 2007) que la caída de tensión en los circuitos seccionales no exceda del 1 %.

La caída de tensión se puede calcular en forma aproximada mediante la siguiente expresión matemática (pág. 141 de la reglamentación):

$$\Delta U = k \cdot I \cdot L (R \cos \varphi + X \operatorname{sen} \varphi)$$

Donde:

$\Delta U$  = caída de tensión.

$k$  = constante ( $k = 2$  para sistemas monofásicos y bifásicos;  $k = \sqrt{3}$  para sistemas trifásicos).

$I$  = intensidad de la corriente de línea [A].

$L$  = longitud del circuito (distancia que separa los dos puntos entre los cuales se calcula la caída de tensión) [km].

$R$  = resistencia eléctrica efectiva del conductor a la temperatura de servicio  $[\frac{\Omega}{km}]$ .

$X$  = reactancia de los conductores  $[\frac{\Omega}{km}]$ .

$\varphi$  = ángulo de desfasaje entre la tensión y la corriente.

$\cos \varphi$  = factor de potencia.

Del punto 1 (*Determinación de la corriente de proyecto  $I_B$* ) se tiene que  $I = 29$  A.

En el punto 5 (*Determinación de la corriente de cortocircuito máxima  $I_K''$* ) se dijo que  $L = 40$  m.



Para el cálculo de  $R$  se consideró la máxima temperatura posible para el conductor. De pág. 93 de la reglamentación se tiene que la temperatura máxima admisible para un conductor con aislación de PVC es  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

De la tabla de conductores se sacaron los siguientes datos:  $R_{25-20^{\circ}\text{C}} = 0,387 \frac{\Omega}{\text{km}}$ ;

$$\alpha_{Cu} = 0,00393 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}.$$

$$R_{25-70^{\circ}\text{C}} = R_{25-20^{\circ}\text{C}} \cdot (1 + \alpha_{Cu} \cdot (T_{70^{\circ}\text{C}} - 20^{\circ}\text{C}))$$

$$R_{25-70^{\circ}\text{C}} = 0,387 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot (1 + 0,00393 \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \cdot (70^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})) = 0,463 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

El factor de potencia depende fundamentalmente de la carga conectada. A falta de valores precisos y teniendo en cuenta lo establecido en pág. 141 de la reglamentación se consideró  $\cos\phi=0,8$  y  $\text{sen}\phi\approx 0$ .

Luego

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 29 \text{ A} \cdot 0,04 \text{ km} \left( 0,463 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,8 \right)$$

$$\Delta U = 0,75 \text{ V} < 3,8 \text{ V} \quad \text{VERIFICA}$$

Teniendo en cuenta que la sección del conductor que verificó los puntos anteriores es  $S = 50 \text{ mm}^2$ , de la **Tabla 771.18.III** de la pág. 127 de la reglamentación se obtuvo la dimensión del conductor de protección de puesta a tierra:  $25 \text{ mm}^2$ .

Por lo tanto el conductor seleccionado es el IRAM 2178 1(3x50/25)+PE(25) aislación de PVC.

*Nota: Procediendo de forma análoga se dimensionó los conductores de todos los circuitos presentes en el inmueble.*



# *Diseño y cálculo de columnas y fundaciones.*



## **Índice:**

<b>Memoria descriptiva</b>	<b>47</b>
<b>Memoria técnica</b>	<b>48</b>
Columnas	48
Tablero columna de alumbrado	50
Detalles de conexión	50
Detalles de la acometida	51
Fundaciones para columnas	52
<b>Memoria de cálculo</b>	<b>53</b>
Generalidades	53
Cálculo de fundaciones	55
Cálculo de tierra gravante	56
Cálculo del peso total	57
Cálculo de momentos estabilizantes	57
Fuerza del viento sobre la columna	58
Cálculo de momento de vuelco	59
Coeficiente de Sulzberger	60
Verificación tensión admisible del terreno	60
Cálculo del empotramiento	61
<b>Anexo 2 (Planos)</b>	<b>68</b>



---

## **Memoria descriptiva**

En esta sección del proyecto se detallan los diferentes tipos de columnas a utilizar, dependiendo del sector, y el cálculo y diseño de las fundaciones necesarias para cada una de ellas.





## **Memoria técnica**

### **Columnas**

Las columnas a utilizar serán tipo tubular telescópica, construidas en tubos de acero con costura calculadas para soportar vientos de velocidad máxima de 130 km/h bajo normas IRAM.

Para poder cubrir las zonas determinadas se contará con diferentes tipos de columnas:

#### TIPO 1:

- Altura libre 9 m.
- Pescante cuádruple de 2 m.
- Empotramiento 1,1 m.
- Ver dibujo N°1 (Columna de 9 m con 4 brazos) (Anexo 2).
- Luminaria TIPO 1.

#### TIPO 2:

- Altura libre 9 m.
- Pescante triple de 2 m.
- Empotramiento 1,1 m.
- Ver dibujo N°2 (Columna de 9 m con 3 brazos) (Anexo 2).
- Luminaria TIPO 1.

#### TIPO 3:

- Altura libre 5 m,
- Pescante doble.
- Empotramiento 0,7 m.
- Ver dibujo N°3 (Columna de 5 m con 2 brazos) (Anexo 2).
- Luminaria TIPO 2 y TIPO 3.



TIPO 4:

- Altura libre 5 m,
- Pescante simple.
- Empotramiento 0,7 m.
- Ver dibujo N°4 (Columna de 5 m con 1 brazo) (Anexo 2).
- Luminaria TIPO 2

TIPO 5:

- Altura libre 2,5 m,
- Abulonada sobre base de hormigón.
- Ver dibujo N°5 (Columna recta de 2,5 m) (Anexo 2).
- Luminaria TIPO 4.

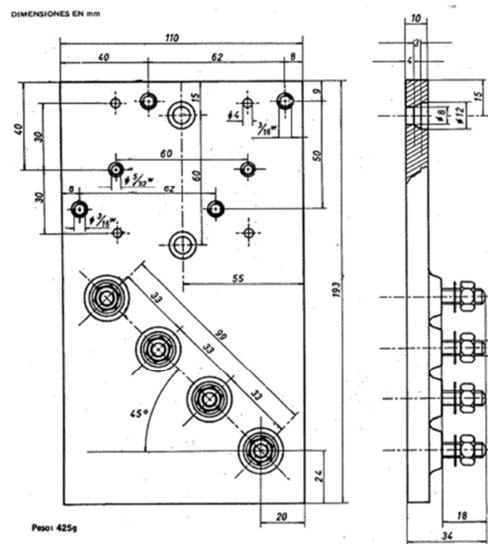
Todas las columnas contarán con bulón soldado con tuerca de bronce para conexionado de puesta a tierra, ventana de acometida para conductor subterráneo, ventana de inspección de dimensiones adecuadas con tapa abulonada, soporte para tablero interior con bornera de conexión, porta fusible tipo tabaquera y fusible calibrado acorde a la luminaria, y acabado superficial con una mano de anti óxido y dos manos de pintura sintética color gris.

Además estarán vinculadas a tierra mediante conductor de cobre desnudo de  $16 \text{ mm}^2$  y jabalina de 5/8" de 1,5m.



### **Tablero columna de alumbrado**

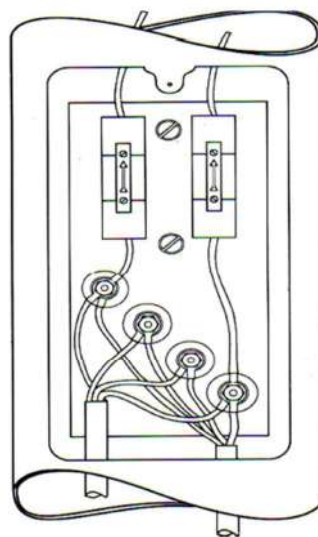
Dentro de cada columna de alumbrado tendremos tableros tetrapolares con 4 bornes de conexión de 3/16" y 2 porta fusibles. Los fusibles serán del tipo tabaquera de 2A cada uno.



**Figura 1: Plano tablero para columna de alumbrado.**

### **Detalles de la conexión**

La conexión a desarrollar es similar a la de la imagen.



**Figura 2: Detalle de conexión.**



### Detalle de la acometida

Los conductores subterráneos, ingresan a la base de las columnas de alumbrado mediante caños de PVC Ø90mm, a 60 cm de profundidad y suben hasta la boca de conexión, donde se conectan a los bornes de los tableros de distribución. El conductor de protección individual se conecta en un extremo a la jabalina colocada cerca de la fundación, circula a través del caño de PVC antes descrito hasta llegar a la tuerca de bronce que conecta las partes metálicas no sometidas a tensión.

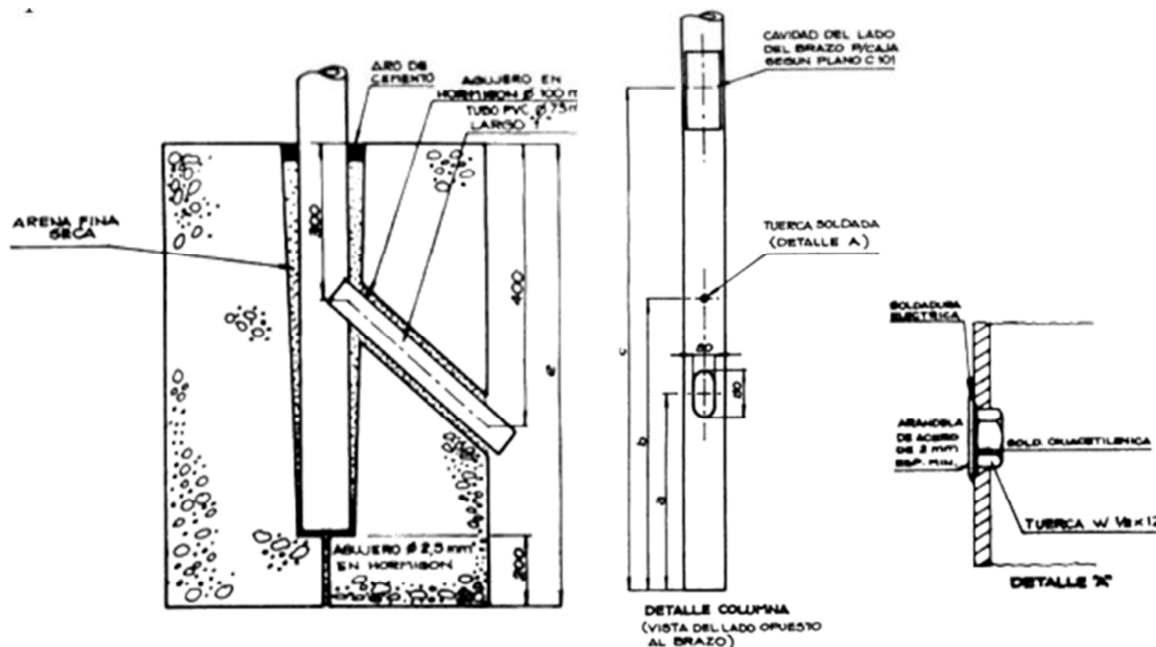


Figura 3: Ejemplo de acometida.



### **Fundaciones para columnas**

Las columnas de 9m libres se instalarán en fundaciones de hormigón simple H21 y se fabricarán en obra utilizando moldes desmontables. Deberán verificarse para la zona, según el método de Sulzberger. Las secciones de las bases no serán inferiores en ningún caso a 0,60 m x 0,60 m x 1,3 m (largo x ancho x profundidad) y el empotramiento de la columna no será menor al 10% de su altura total, considerando un mínimo de 0,20 m de espesor de fondo y de paredes; y 0,20 m por encima del nivel del terreno.

Por otro lado, las columnas de 5m libres se instalarán con el mismo criterio antes mencionado, pero las secciones de las bases no serán inferiores en ningún caso a 0,40 m x 0,40 m x 0,9 m (largo x ancho x profundidad) y el empotramiento de la columna no será menor al 10% de su altura total, considerando un mínimo de 0,20 m de espesor de fondo y de paredes; y 0,20 m por encima del nivel del terreno.

Por otra parte las columnas de 2,5m libres, serán abulonadas sobre una base de hormigón no menor a 0,70 m x 0,70 x 0,50 m (largo x ancho x profundidad).



## Memoria de cálculo

### Generalidades

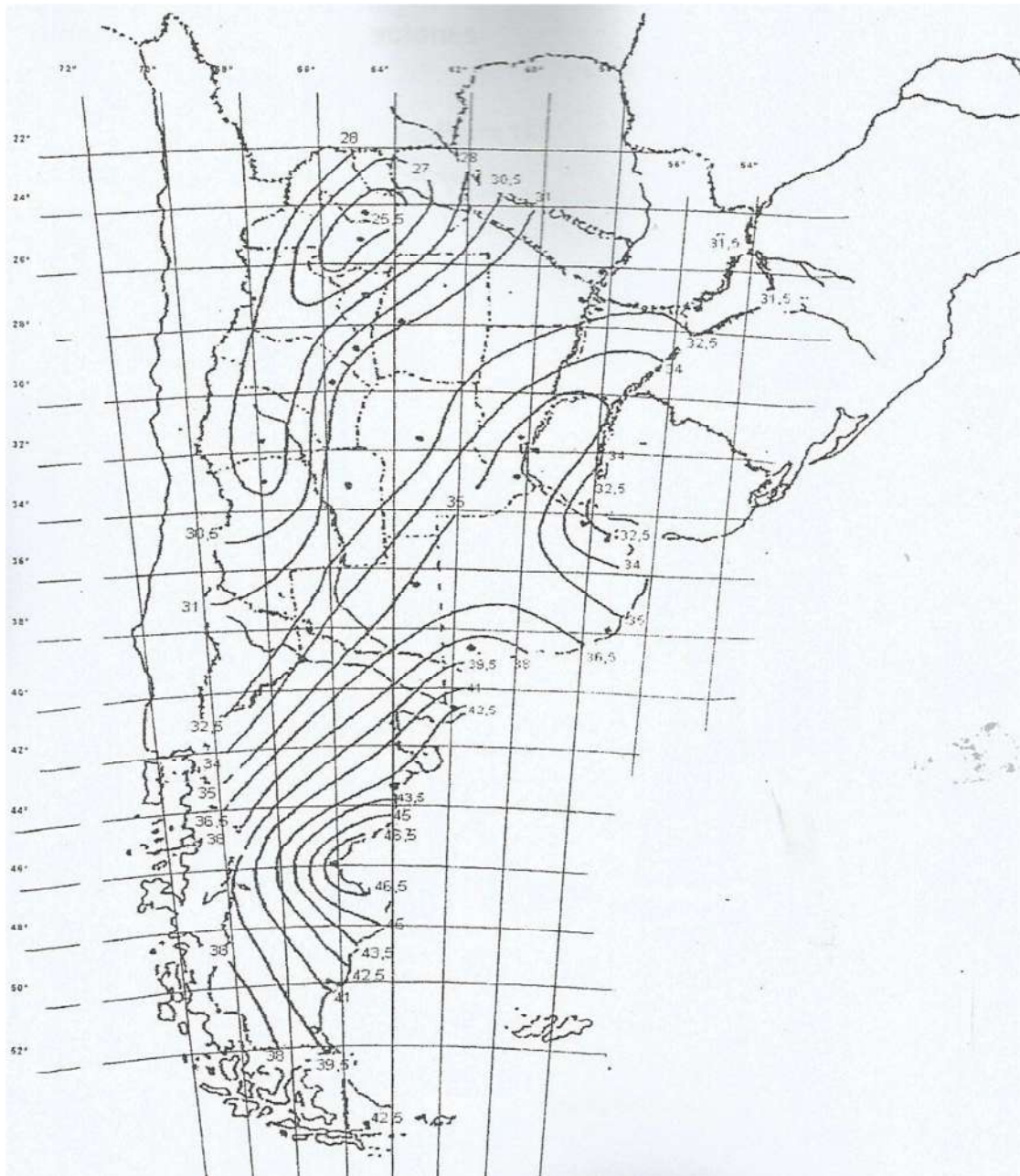


#### **Zona climática:**

La línea se encuentra dentro de la zona climática B que incluye la provincia de La Pampa según la especificación del Reglamento Técnico y Normas generales.



Según el siguiente mapa:



Se adopta como velocidad del viento máxima:  $35 \text{ [m/seg]} = 126 \text{ [km/h]}$ .



## Cálculo de fundaciones

Según los datos de suelos el coeficiente de compresibilidad del terreno a una profundidad de  $2m$  es de  $5,5 \text{ kg/cm}^3$ ; por lo tanto el cálculo de las fundaciones se realizará haciendo uso del método de Sulzberger. Las fundaciones se orientarán “en forma de prisma rectangular”.

Según este método, para que se verifique la estabilidad del poste, se debe cumplir que la suma de los momentos estabilizantes sea mayor que el momento de vuelco multiplicado por el coeficiente de Sulzberger.

Por lo tanto:

$$M_S + M_b \geq S \cdot M_V$$

Dónde:

- $M_V$ : Momento de vuelco [ $\text{kg}\cdot\text{cm}$ ].
- $M_S$ : Momento de encastramiento lateral [ $\text{kg}\cdot\text{cm}$ ].
- $M_b$ : Momento de reacción de fondo [ $\text{kg}\cdot\text{cm}$ ].
- $S$ : Coeficiente de Sulzberger (relación entre los momentos estabilizantes).





## Cálculo de la tierra gravante

Datos necesarios para el cálculo:

### Datos del suelo

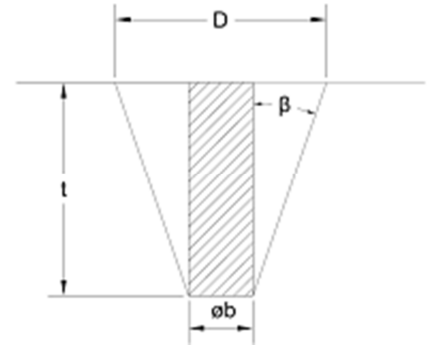
Peso específico ( $\gamma$ ):  $1700 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$

Presión admisible ( $\sigma$ ):  $1,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Índice de compresibilidad ( $Ct_2$ ):  $5,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$  (\*)

Ángulo de la tierra gravante ( $\beta$ ):  $9^\circ$

Ángulo de fricción interna:  $0,4^\circ$



(\*) El índice de compresibilidad se refiere a la profundidad de  $2m$ .

Para el cálculo de la tierra gravante se utilizará la siguiente ecuación:

$$G_{tg} = \gamma_t \cdot \left[ \frac{\pi \cdot \tau}{12} \cdot (D^2 + D \cdot \phi_b + \phi_b^2) - \frac{\pi \cdot \phi_b^2 \cdot \tau}{4} \right]$$

$G_{tg}$ : Peso de la tierra gravante [kg]

$\gamma_t$ : Peso específico de la tierra ( $1700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ ).

$\tau$ : Profundidad del empotramiento [m].

### Cálculo de D

$$D = D_e + 2 \cdot X$$

Donde:

$D_e$ : Diámetro a nivel del suelo [m].

$$X = \tau \cdot \text{Tan}(\beta)$$

$\beta$ : Ángulo de tierra gravante ( $9^\circ$ ).

$\tau$ : Profundidad del empotramiento [m].



### **Cálculo del peso total**

El peso de toda la estructura es el que resulta de sumar el peso del poste ( $G_p$ ), el peso de las luminarias ( $G_L$ ), el peso de la tierra gravante ( $G_{tg}$ ) y el peso de la fundación ( $G_F$ ).

### **Cálculo de los momentos estabilizantes ( $M_s$ y $M_b$ )**

Para el presente proyecto se usó un solo tipo de empotramiento:  
Fundado, con fundación tipo “prisma rectangular”.

Para el cálculo de los momentos estabilizantes de una estructura con fundación tipo “prisma rectangular” se utilizaron las siguientes expresiones.

Se calculará  $\tan(\alpha_1)$  para ver qué expresión se utilizará en el cálculo del momento de encastramiento lateral ( $M_s$ ):

$$\tan(\alpha_1) = \frac{6 \cdot \mu \cdot G}{b \cdot \tau^2 \cdot C_{te}}$$

Dónde:

G: Peso total del conjunto [kg].

$\mu$  : Coeficiente de fricción ( $\mu = 0,4$ ).

$\tau$ : Profundidad del empotramiento [m].

$C_{te}$  = Índice de compresibilidad del terreno a la profundidad del empotramiento  $e \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$ .

b: Lado de la fundación [cm].

$$\tan(\alpha_1) < 0,01 \rightarrow M_s = \frac{b \cdot \tau^3 \cdot C_{te}}{36} \cdot \tan(\alpha_1)$$

$$\tan(\alpha_1) > 0,01 \rightarrow M_s = \frac{b \cdot \tau^3 \cdot C_{te}}{12} \cdot \tan(\alpha_1)$$

Dónde:

$\tau$ : Profundidad del empotramiento [m].

$C_{te}$ : Índice de compresibilidad del terreno a la profundidad del empotramiento  $e \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$ .

b: Lado de la fundación [cm].

$$\tan(\alpha_1) = 0,01$$



Para el momento de reacción del fondo ( $M_B$ ), tenemos:

$$\tan(\alpha_2) = \frac{2 \cdot G}{a^2 \cdot b \cdot C_b}$$

Dónde:

G: Peso total del conjunto [kg].

$C_{be}$ : Índice de compresibilidad del terreno a la profundidad del empotramiento  $e$   $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$ .

a: Lado de la fundación [cm].

b: Lado de la fundación [cm].

$$\tan(\alpha_2) > 0,01 \rightarrow M_b = \frac{b \cdot a^3 \cdot C_{be}}{12} \cdot \tan(\alpha_2)$$

$$\tan(\alpha_2) < 0,01 \rightarrow M_b = G \cdot \left( \frac{a}{2} - 0,47 \cdot \sqrt{\frac{G}{b \cdot C_b \cdot \tan \alpha_2}} \right)$$

Dónde:

$C_{be}$ : Índice de compresibilidad del terreno a la profundidad del empotramiento  $e$   $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3} \right]$ .

a: Lado de la fundación [cm].

b: Lado de la fundación [cm].

$$\tan(\alpha_2) = 0,01$$

G: Peso total del conjunto [kg].

### **Fuerza del viento sobre la columna**

$$F_{vp} = k \cdot C \cdot q \cdot \left( \frac{2 \cdot D_c + D_e}{6} \right) \cdot h_1$$

Dónde:

$F_{vp}$ : Fuerza del viento sobre el poste.

K: Coeficiente que contempla la desigualdad de la velocidad del viento a lo largo del vano. Se toma  $k=1$  para determinar la presión del viento sobre estructuras soporte.

C: Coeficiente de presión dinámica, para elementos cilíndricos de estructura se considera  $C=0,7$ .

$q = \frac{V^2}{16}$ : Presión dinámica al viento  $\left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$ .

V: Velocidad máxima del viento  $\left( 35 \frac{\text{m}}{\text{seg}} \right)$ .



$h_l$ : Altura libre de la columna luego de considerar el empotramiento (depende del tipo).

$D_c$ : Diámetro en la cima de la columna (depende del tipo).

$D_e$ : Diámetro a nivel del suelo (depende del tipo de columna).

### Cálculo del momento de vuelco

$$\tan(\alpha_1) < 0,01 \rightarrow M_v = F_v \cdot \left( h_l + \frac{2}{3} \cdot \tau \right)$$

$$\tan(\alpha_1) > 0,01 \rightarrow M_v = F_v \cdot (h_l + \tau)$$

Dónde:

$F_v$ : Fuerza total del viento [kg].

$h_l$ : Altura libre del poste luego de considerar el empotramiento [m].

$\tau$ : Profundidad del empotramiento para postes directamente empotrados o profundidad de la fundación para estructuras fundadas [m].

Para las columnas de 9m y 5m libres hay que tener en cuenta el momento que provoca el peso de la luminaria, colocada en el extremo del pescante, sobre el poste. Este será favorable al Momento de vuelco ( $M_v$ ). Por lo tanto  $M'_v = M_v + M_L$ .

$M_L$ : Momento de la Luminaria [kg·cm]

$$M_L = G_L * l_p$$

- $G_L$ : Peso de la luminaria [kg]
- $l_p$ : Longitud del pescante [cm]



### **Coefficiente de Sulzberger**

Se utilizó como coeficiente de seguridad al volcamiento S, dependiendo del tipo de fundación correspondiente a cada columna.

### **Verificación de la tensión admisible del terreno**

$$\frac{G}{a \cdot b} \leq \sigma_{admt}$$

Dónde:

G: Peso total [kg].

$\sigma_{admt}$ : Presión admisible del terreno ( $1,5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ ).

a · b: Superficie de apoyo.

El peso de toda la estructura que favorecerá el hundimiento (no se considera el peso de la tierra gravante), resulta de sumar el peso del poste ( $G_p$ ), el peso de las luminarias ( $G_L$ ) y el peso de la fundación ( $G_F$ ).



## Cálculo del empotramiento

### Columnas 9m libres

DATOS		
Diámetro empotramiento	$\varnothing$ emp [m]	0,17
Empotramiento	e [m]	1,1
Altura libre	hl[m]	9
Profundidad	t[m]	1,3
Lateral	a[m]	0,6
Lateral	b[m]	0,6

DATOS DEL TERRENO		
índice de compresibilidad	C (2m)	5,5
Peso específico de la tierra	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1700
Ángulo de la tierra gravante	$\beta$ [°]	9
Coefficiente de fricción	$\mu$	0,4
Tensión admisible	$\sigma$ tierra [kg/cm <sup>2</sup> ]	1,5

DATOS ESTRUCTURALES	
Altura columna[m]	10,1
$\varnothing$ base	0,168
Peso Columna[kg]	190
Peso luminaria[kg]	12,5
F. máx. en la cima [kg]	28
$\gamma$ hormigón [kg/m <sup>3</sup> ]	2200,00

CÁLCULOS	
Vol. de hormigón [m <sup>3</sup> ]	0,4436
Peso de la fundación [kg]	975,96
Peso total sin TG [kg]	1203,46
Ct [kg/cm <sup>2</sup> ]	3,5750
Peso de tierra gravante [kg]	670,97
$\tan(\alpha 1)$	0,0012
$\tan(\alpha 2)$	0,0049

Nota: el peso de luminaria, está referido a un solo artefacto, teniendo en cuenta que las columnas de 9m libres son de 4 y 3 pescantes, pero para el cálculo se aplicó el peso de 4 luminarias.



## Resultados

RESULTADOS	
Ms [kg.m]	1309,05
Mb [kg.m]	289,22
Ms/Mb	4,53
S	1
Mv [kg.m]	276,27
M <sub>L</sub> [kg.m]	25
M'v [kg.m]	301,27

CONDICIÓN DE MOMENTOS		
Ms + Mb		S*M' <sub>v</sub>
1598,26	>=	301,27

**VERIFICA**

CÁLCULO HUNDIMIENTO	
Área [m <sup>2</sup> ]	0,36
Peso [kg]	1203,5
σ cálculo [kg/cm <sup>2</sup> ]	0,33
Verifica	<b>SI VERIFICA</b>

*Nota: si bien las columnas de 4 pescantes compensan los esfuerzos, el cálculo se realizó para el caso más desfavorable que es la columna de 3 pescantes.*



### Columnas 5m libres

DATOS		
Diámetro empotramiento	$\varnothing$ emp [m]	0,11
Empotramiento	e [m]	0,7
Altura libre	hl[m]	5
Profundidad	t[m]	0,9
Lateral	a[m]	0,4
Lateral	b[m]	0,4

DATOS DEL TERRENO		
Índice de compresibilidad	C (2m)	5,5
Peso específico de la tierra	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1700
Ángulo de la tierra gravante	$\beta$ [°]	9
Coefficiente de fricción	$\mu$	0,4
Tensión admisible	$\sigma$ tierra [kg/cm <sup>2</sup> ]	1,5

DATOS ESTRUCTURALES	
Altura columna[m]	5,7
$\varnothing$ base	0,114
Peso Columna[kg]	64
Peso luminaria[kg]	10
F. máx. en la cima [kg]	14
$\gamma$ hormigón [kg/m <sup>3</sup> ]	2200,00

CÁLCULOS	
Vol. de hormigón [m <sup>3</sup> ]	0,1369
Peso de la fundación [kg]	301,08
Peso total sin TG [kg]	375,08
Ct [kg/cm <sup>2</sup> ]	2,4750
Peso de tierra gravante [kg]	215,93
$\tan(\alpha 1)$	0,0018
$\tan(\alpha 2)$	0,0075





## Resultados

RESULTADOS	
Ms [kg.m]	200,48
Mb [kg.m]	44,41
Ms/Mb	4,51
S	1
Mv [kg.m]	78,40
M <sub>L</sub> [kg.m]	12
M'v [kg.m]	90,40

CONDICIÓN DE MOMENTOS		
Ms + Mb		S*M' <sub>v</sub>
244,88	>=	90,4

**VERIFICA**

CÁLCULO HUNDIMIENTO	
Área [m <sup>2</sup> ]	0,16
Peso [kg]	375,1
σ cálculo [kg/cm <sup>2</sup> ]	0,23
Verifica	<b>SI VERIFICA</b>



### Columnas 2,5m libres

DATOS		
Diámetro empotramiento	$\varnothing$ emp [m]	0
Empotramiento	e [m]	0
Altura libre	hl[m]	2,5
Profundidad	t[m]	0,5
Lateral	a[m]	0,7
Lateral	b[m]	0,7

DATOS DEL TERRENO		
Índice de compresibilidad	C (2m)	5,5
Peso específico de la tierra	$\gamma$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1700
Ángulo de la tierra gravante	$\beta$ [°]	9
Coefficiente de fricción	$\mu$	0,4
Tensión admisible	$\sigma$ tierra [kg/cm <sup>2</sup> ]	1,5

DATOS ESTRUCTURALES	
Altura columna[m]	2,5
$\varnothing$ base	0,09
Peso Columna[kg]	30
Peso luminaria[kg]	15
F. máx. en la cima [kg]	36,06
$\gamma$ hormigón [kg/m <sup>3</sup> ]	2200,00

CÁLCULOS	
Vol. de hormigón [m <sup>3</sup> ]	0,2450
Peso de la fundación [kg]	539,00
Peso total sin TG [kg]	584,00
Ct [kg/cm <sup>2</sup> ]	1,3750
Peso de tierra gravante [kg]	101,35
$\tan(\alpha 1)$	0,0068
$\tan(\alpha 2)$	0,0029

Nota: para dicho cálculo se tomó como altura libre la columna más 0,6m de la luminaria y como diámetro en la cima, para calcular esfuerzo del viento sobre el poste, se consideró, de manera exagerada, el diámetro de la luminaria (0,63m).



## Resultados

RESULTADOS	
Ms [kg.m]	33,42
Mb [kg.m]	157,30
Ms/Mb	0,21
S	1,317
Mv [kg.m]	127,41

CONDICIÓN DE MOMENTOS		
Ms + Mb		S*Mv
190,72	>=	167,80

**VERIFICA**

CÁLCULO HUNDIMIENTO	
Área [m <sup>2</sup> ]	0,49
Peso [kg]	584,0
$\sigma$ cálculo [kg/cm <sup>2</sup> ]	0,12
Verifica	<b>SI VERIFICA</b>



# **Anexo 1**

## **(Tablas)**



# **Anexo 2**

## **(Planos)**



# **Anexo 3**

## **(Cómputos de Materiales)**

### **(Análisis de precios)**



## **Conclusiones**

En el desarrollo de esta práctica se pudieron aplicar y reafirmar conocimientos incorporados en el transcurso de la carrera, como así también incorporar conocimientos y nuevas formas de trabajar.

Fueron muy interesantes los momentos previos al proyecto, donde se plantearon las diferentes necesidades e ideas por parte del directorio, las cuales hubo que interpretar y analizar para proyectar en función de eso.

Se realizaron trabajos de campo donde se tomaron medidas, se definieron espacios, sectores, que sirvieron para ubicarse en el espacio y poder determinar los diferentes tipos de columnas y luminarias en función de la plantación existente.

Dicho proyecto fue de mucha utilidad para poner en práctica y agilizar la lectura e interpretación de material técnico brindado por personal del hospital, ya sean planos de tableros y circuitos, datos de la subestación transformadora y el generador propios del edificio, necesarios para establecer el punto de partida de la nueva instalación.

Fue interesante tratar con proveedores, consiguiendo información, variantes en calidades, precios y alternativas a lo planteado; y adaptar lo deseado en el proyecto a lo que se consigue en el mercado.

Finalmente se analizó la información disponible y se dio comienzo al proyecto el cual se realizó según lo aprendido durante la cursada, con apoyo de los tutores, y en función de las reglamentaciones correspondientes.

Si bien no es mucha la carga que se agrega, en función de los consumos y las fuentes de alimentación con que cuenta el edificio, puede resultar interesante en un futuro buscar una alternativa de alimentación, para la instalación propuesta, mediante energía solar y de esa manera liberar la subestación existente.



## **Bibliografía**

1. Asociación Electrotécnica Argentina. (Ed.). (2009). *Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles*. (AEA 95703). Buenos Aires: AEA.
2. Asociación Electrotécnica Argentina. (Ed.). (2006). *Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas de alumbrado público*. (AEA 90364-7-771). Buenos Aires: AEA.
3. Asociación Electrotécnica Argentina. (Ed.). (2009). *Reglamentación de líneas aéreas exteriores de baja tensión*. (AEA 95201). Buenos Aires: AEA.
4. Genrod S.A. (2015). *Cajas para térmicas DIN Q Energy*. Recuperado de [http://www.genrod.com.ar/productos/09\\_cajas\\_qenergy/02\\_catalogo/Cat\\_QEnergy.pdf](http://www.genrod.com.ar/productos/09_cajas_qenergy/02_catalogo/Cat_QEnergy.pdf)
5. Genrod S.A. (2015). *Sistema tubelectric, tubos y accesorios para instalaciones eléctricas*. Recuperado de: [http://www.genrod.com.ar/productos/13\\_tubelectric/02\\_catalogo/tubelectric.pdf](http://www.genrod.com.ar/productos/13_tubelectric/02_catalogo/tubelectric.pdf)
6. Industria Metalúrgica Sud Americana S.A. (Ed.). (2003). *Manual de Cables eléctricos*. Buenos Aires: Fontana Diseño.
7. Schneider Electric S.A. (2015). *Catálogo Acti 9 (2011)*.
8. Carpeta de *Centrales y Sistemas de Transmisión y Distribución*.
9. Carpeta de *Instalaciones Eléctricas*.