

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL COMAHUE

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE ELECTROTECNIA



*PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA E  
ILUMINACIÓN SUSTENTABLE EN EL  
COMPLEJO SOCIAL Y RECREATIVO DE  
PETROLEROS, EN LA CIUDAD DE CENTENARIO*

Alumnos:

TROMBA, NICOLÁS DARÍO; LEGAJO: ING-4005

POLONI, EXEQUIEL; LEGAJO: ING-5102

Tutor:

ING. MADURI, MIGUEL

2022

## RESUMEN

El presente Trabajo tiene como objetivo la proyección y dimensionamiento de la instalación eléctrica y luminotécnica del Complejo Social y Recreativo de Petroleros, ubicado en Calle Rural N°7, en la Ciudad de Centenario. El mismo cuenta con calzadas internas, espacios verdes, Salón de Eventos Múltiples (SUM), Pileta de natación, Garita de Seguridad y un Sector de Parrillas.

Debido a la superficie del complejo y a la potencia absorbida simultánea a demandar, resulta imperativo la contratación de energía eléctrica como cliente en media tensión, por lo que se procedió al diseño y dimensionamiento de una Sub Estación Transformadora (S.E.T.) en el interior del complejo, y el proyecto de una línea de media tensión (13.2 kV) desde el punto de conexión otorgado en la factibilidad de suministro por el Ente Provincial de Energía de Neuquén (E.P.E.N.).

Haciendo uso de las leyes 27191 y 27424 con el fin de tener un uso sustentable de la energía, se realizó el análisis y dimensionamiento de alimentación eléctrica mediante energías renovables. Se proyectó un sistema de energía fotovoltaica capaz de alimentar por cierto periodo de tiempo parte del complejo.

En la parte luminotécnica se proyectó iluminación eficiente mediante la utilización de luminarias LED, adoptando los niveles de iluminancia dispuestos por la Asociación Argentina de Luminotecnia (A.A.D.L.). Estos niveles fueron obtenidos mediante el software RELUX (Edición 2021).

La instalación eléctrica fue sectorizada con el fin de tener una instalación moderna, confortable y practica de manera que una falla en un sector no afecte a otros para lo cual se dividió el complejo en distintas zonas, a saber: SUM, Pileta, Garita e Iluminación exterior. Para cada lugar se diseñaron los circuitos correspondientes y se realizó el dimensionamiento de conductores, protecciones, Puesta a Tierra, entre otros, como así también se proyectaron los circuitos generales de distribución dentro del complejo para realizar su conexionado a la SET.

Finalmente, se realizó un análisis técnico económico de la instalación.

Palabras Claves: Instalación Eléctrica; Instalación Luminotécnica; LED; Sub Estación Transformadora; Sistema Energía Fotovoltaica; Análisis teórico económico.

## ABSTRACT

The objective of this Thesis is the projection and sizing of the electrical and lighting installation of the Social and Recreational Petroleum Complex, located on Calle Rural No. 7, in Centenario City. It has internal walkways, parks, a Multiple Events Hall (SUM), a Swimming Pool, a Security Checkpoint and a Barbecue Area.

Due to the large area covered by the complex, it is imperative to contract electricity as a medium voltage client, so the design and dimensioning of a Transformer Sub Station (S.E.T.) inside the complex is carried out, as well as the projection of the medium voltage line (13.2 kV) from the connection point granted by the Provincial Energy Entity of Neuquén (E.P.E.N.) to the entrance of the measurement room.

Given the great consumption of energy coming from the buildings, an analysis and dimensioning of power supply through renewable energies is accomplished. In order to do this, a photovoltaic energy system capable of feeding part of the complex for a certain period of time is projected.

In the lighting engineering part, the usage of LED technology is proposed, adopting the lighting levels selected by the Argentinian Lighting Association (A.A.D.L.). These levels are obtained by using RELUX simulation software (2021 Edition).

The electrical installation project consists on dividing the complex into different zones, namely: SUM, Pool, Security Checkpoint and exterior lighting. For each place, the corresponding circuits are dimensionated as well as the sizing of conductors, protection, grounding, etc. Subsequently, the general distribution circuits within the complex are designed to connect to the SET.

Finally, a technical and economical analysis of the installation is performed, in order to see the monetary cost involved in carrying it out.

Key words: projection, sizing, electrical installation,



## AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer primeramente a nuestras familias, que, sin su incondicional acompañamiento y afecto, no sería posible estar en esta posición, así como amigos que siempre estuvieron a nuestro lado en el transcurso de esta carrera.

Además, agradecer a cada docente de la Universidad Nacional del Comahue que siempre nos aportaron su grano de arena para nuestro crecimiento, tanto profesional como personal.

A la Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue, por ser publica libre y gratuita

A nuestro tutor, Ingeniero Miguel Maduri, quien nos apoyó y brindó ayuda a lo largo del desarrollo de este proyecto, así como de toda nuestra carrera.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
ABREVIATURAS UTILIZADAS .....	10
1. INTRODUCCIÓN .....	11
1.1. OBJETIVO .....	11
1.2. NORMATIVAS .....	11
1.3. SIMULACIÓN .....	11
1.4. CONSTITUCIÓN DEL COMPLEJO .....	11
1.4.1. SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES .....	12
1.4.2. PILETA .....	13
1.4.3. GARITA DE SEGURIDAD .....	15
1.4.4. EXTERIOR .....	15
2. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO LUMINOTÉCNICO .....	15
2.1. ILUMINACION LED .....	15
2.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN REQUERIDOS .....	16
2.2.1. SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES .....	16
2.2.2. PILETA .....	18
2.2.3. GARITA DE SEGURIDAD .....	19
2.2.4. EXTERIOR .....	19
2.3. METODO DE CALCULO .....	21
2.3.1. INTERIOR .....	21
2.3.2. EXTERIOR .....	23
2.4. RESULTADOS .....	26
3. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN .....	30
3.1. CIRCUITOS .....	30
3.1.1. SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES .....	30
3.1.2. PILETA .....	30
3.1.3. GARITA DE SEGURIDAD .....	31
3.1.4. ILUMINACIÓN EXTERIOR .....	31
3.1.5. ALIMENTACIÓN PRINCIPAL .....	32
3.2. CORRIENTE DE PROYECTO .....	32

3.3.	DISPOSICION DE CONDUCTORES .....	33
3.3.1.	CONDUCTORES SOBRE CAÑERÍA EMBUTIDA .....	33
3.3.2.	CONDUCTORES SOBRE CAÑERÍA ENTERRADA .....	34
3.4.	CAMARAS DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSIÓN .....	35
3.5.	CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO.....	35
3.5.1.	IMPEDANCIA DE LA RED EXTERNA AGUAS ARRIBA.....	36
3.5.2.	TRANSFORMADOR .....	36
3.5.3.	LÍNEAS ELÉCTRICAS .....	37
3.6.	CÁLCULO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES.....	39
3.6.1.	PROTECCIÓN CONTRA LAS CORRIENTES DE SOBRECARGA.....	40
3.6.2.	PROTECCIÓN CONTRA LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA EN LOS DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN DE LOS TABLEROS.....	41
3.6.3.	PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS FRENTE A LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÁXIMAS .....	42
3.6.4.	PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS FRENTE A LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÍNIMAS .....	44
3.6.5.	CAÍDA DE TENSIÓN .....	46
3.6.6.	CONDUCTORES E INTERRUPTORES SELECCIONADOS .....	47
3.7.	ESQUEMA DE CONEXIÓN A TIERRA .....	47
3.8.	ENERGIA FOTOVOLTAICA.....	48
3.8.1.	SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	48
3.8.2.	COMPONENTES DEL SISTEMA .....	49
3.7.3.	SELECCIÓN DE COMPONENTES .....	50
3.7.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO VS COSTO DE LA ENERGÍA DEL E.P.E.N. ....	54
4.	SUB-ESTACIÓN TRANSFORMADORA.....	57
4.1.	POTENCIA DEL TRANSFORMADOR.....	58
4.2.	CABINA DE MEDICIÓN.....	59
4.2.1.	COMPOSICION CABINA DE MEDICION .....	60
4.3.	CABINA DE TRANSFORMACION .....	60
4.3.1.	COMPOSICION CABINA DE TRANSFORMACION.....	60
4.3.2.	UBICACIÓN CABINA DE TRANSFORMACION .....	60
5.	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN .....	63
5.1.	PARTICULARIDADES EXIGIDAS .....	63
5.2.	PUNTO DE CONEXIÓN .....	64
5.3.	LÍNEA AEREA DE MEDIA TENSION.....	64



5.3.1.	CONDUCTOR Y VANOS .....	64
5.3.2.	TRAZA .....	64
5.3.3.	TIPICOS CONSTRUCTIVOS.....	65
5.3.4.	CALCULOS MECANICOS DE ESTRUCTURAS .....	65
5.3.5.	FUNDACIONES.....	71
5.4.	LINEA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSION.....	76
5.4.1.	CONDUCTORES SELECCIONADOS Y DISPOSICION .....	76
5.4.2.	TRAZA .....	80
5.4.3.	CAMARAS DE INSPECCION EN MEDIA TENSION.....	80
5.5.	MALLA DE PUESTA A TIERRA SET .....	80
5.5.1.	RESISTENCIA DE RED DE MALLAS .....	81
5.5.2.	RESISTENCIA DE JABALINAS .....	81
5.5.3.	RESISTENCIA MUTUA .....	81
5.5.4.	RESISTENCIA DE DISPERSIÓN .....	81
5.5.5.	SECCIÓN MÍNIMA DE ELECTRODO A TIERRA.....	82
5.5.6.	TENSIÓN DE PASO Y DE CONTACTO .....	82
6.	CONCLUSION .....	84
7.	REFERENCIAS .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del complejo .....	12
Figura 2: Rendimiento de luminaria.....	24
Figura 3: Lado vereda y lado calzada .....	24
Figura 4: Curvas Isolux.....	25
Figura 5: Cuadrícula.....	26
Figura 6: Impedancias de cortocircuito.....	35
Figura 7: Corriente de cortocircuito mínima .....	44
Figura 8: Curva del interruptor.....	46
Figura 9: Esquema de tierra TT .....	47
Figura 10: Esquema TN-S.....	48
Figura 11: Sistema on-grid .....	49
Figura 12: Irradiación vs Horas del día .....	51
Figura 13: Corriente de cortocircuitos en sistema de paneles.....	52
Figura 14: Distancias de tableros .....	61
Figura 15: Centro de cargas teórico .....	63
Figura 16.....	72
Figura 17.....	73
Figura 18.....	74
Figura 19.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: SUM - Ambientes .....	13
Tabla 2: SUM - Cargas .....	13
Tabla 3: Pileta - Ambientes .....	14
Tabla 4: Pileta - Cargas .....	14
Tabla 5: Características tecnologías luminarias .....	16
Tabla 6: SUM - Niveles de iluminancia .....	17
Tabla 7: Pileta - Niveles de iluminancia.....	19
Tabla 8: Garita de seguridad - Niveles de iluminancia .....	19
Tabla 9: Calles internas - Niveles de iluminancia .....	20
Tabla 10: Espacios verdes - Niveles de iluminancia .....	20
Tabla 11: Camineras - Niveles de iluminancia.....	20
Tabla 12: Estacionamiento - Designación .....	20
Tabla 13: Estacionamiento - Designación .....	21
Tabla 14: Espacios verdes - Designación.....	21
Tabla 15: Parrillas - Designación .....	21
Tabla 16: Coeficiente de utilización .....	22
Tabla 17: Niveles de reflectancia .....	22
Tabla 18: SUM - Resumen luminarias .....	27
Tabla 19: Pileta - Resumen luminarias .....	28
Tabla 20: Garita - Resumen Luminarias .....	28
Tabla 21: Exterior - Resumen luminarias .....	29
Tabla 22: SUM - Circuitos .....	30
Tabla 23: Pileta - Circuitos.....	31
Tabla 24: Garita de seguridad - Circuitos .....	31
Tabla 25: Iluminación exterior - Circuitos .....	31
Tabla 26: Ductos PVC - Sección .....	34
Tabla 27: Factor K.....	42
Tabla 28: Clases de limitaciones de energía.....	43
Tabla 29: Inversión inicial sistema fotovoltaico .....	55
Tabla 30: Ahorro de energía mensual .....	56
Tabla 31: Ahorro mensual .....	57
Tabla 32: Corriente total de cada tablero .....	58
Tabla 33: Corriente total simultanea .....	59
Tabla 34: Coeficiente de compresibilidad .....	67
Tabla 35: Cargas específicas.....	68
Tabla 36: Tensiones, tiros y flechas para conductor .....	68
Tabla 37: Columnas seleccionadas.....	71
Tabla 38: Dimensiones de fundaciones.....	76



## ABREVIATURAS UTILIZADAS

AEA:	Asociación Eléctrica Argentina
E.P.E.N.:	Ente Provincial de Energía del Neuquén
AADL:	Asociación Argentina de Luminotecnia
IEC:	Comisión Electrotécnica Internacional
IEEE:	Institute of Electrical and Electronics Engineers
SET:	Sub Estación Transformadora
TG BT:	Tablero General de Baja Tensión
TP SUM:	Tablero Principal SUM

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. OBJETIVO

El proyecto profesional tiene por objetivo el diseño y dimensionamiento de la instalación, tanto eléctrica como luminotécnica sustentable y eficiente, del nuevo complejo social y recreativo de petroleros privados.

### 1.2. NORMATIVAS

Se listan a continuación las diferentes normativas que se tuvieron en cuenta en el proyecto:

- Ley 19587 (Higiene y Seguridad en el Trabajo)
- La norma IRAM AADL J2006 (Apartado para iluminación interior)
- La norma IRAM AADL J2022-2 (Apartado para iluminación exterior)
- La norma AEA 90364 (Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas en Inmuebles)
- La norma AEA 95401 (Centros de Transformación y Suministros en Media Tensión)
- La norma AEA 92559-3-1 (Sistemas de generación de energía mediante fuentes renovables, conectadas a la red de distribución de BT).
- La norma AEA 90364-7-712 (Lugares y locales especiales-Sistemas de suministro de energía mediante paneles solares fotovoltaicos)
- La norma AEA 95301. (Líneas aéreas exteriores de media y alta tensión).
- La norma AEA 95703 (Reglamentación para la Ejecución de Instalaciones Eléctricas de Alumbrado Público).
- Norma IRAM 2281 (Puesta a tierra)
- Especificación Técnica N°75 – ex Agua y Energía SE (Puesta a Tierra)

Además, debido a la ubicación de la obra, se respetaron los lineamientos establecidos por:

- Ordenanzas del Municipio de la ciudad de Centenario, respecto a las exigencias para la ejecución de obras en la vía Pública.
- Especificaciones Técnicas y lineamientos del Ente Provincial de Energía del Neuquén (EPEN), responsable de la distribución de energía en la ciudad de Centenario respecto a la modalidad de suministro, nivel de tensión y punto de suministro.
- La factibilidad de suministro para abastecer el complejo.

### 1.3. SIMULACIÓN

Para la realización de algunos cálculos, se utilizaron los siguientes softwares:

- En los cálculos luminotécnicos se usó el software RELUX (Edición 2021).
- La corriente de cortocircuito monofásica del lado de alta del transformador para el cálculo de la malla de puesta a tierra de seguridad se obtuvo mediante el software ETAP.

### 1.4. CONSTITUCIÓN DEL COMPLEJO

El Complejo Social y Recreativo de Petroleros se ubica sobre la Calle Rural N°7, en la Ciudad de Centenario, como se indica en la *Figura 1*.



Figura 1: Ubicación del complejo

El complejo se compone principalmente de dos edificios, un Salón de Eventos Múltiples y un Natatorio. Además, cuenta con una pequeña garita de seguridad en la entrada y un sector de parrillas, unidos por calles internas y espacios verdes.

#### 1.4.1. SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES

Tiene por objetivo ser un espacio destinado a la organización de diferentes actividades, tales como fiestas, seminarios, capacitaciones, eventos sociales y ejecutivos, entre otros.

El Plano N°1, ubicado dentro del Anexo N°1, corresponde a los datos civiles de este edificio, así como la distribución de este. En él se observa que el salón se divide en los ambientes indicados en la Tabla 1.

Tabla 1: SUM - Ambientes

SECTOR	DESIGNACION EN PLANO
SALON DE EVENTOS MULTIPLES	13
HALL FRIO	1
HALL PRINCIPAL	2
PASO	6
COCINA	7
LAVADO	8
SERVICIOS	10
MENAJE	9
DEPOSITO	11
PARRILLAS	12
SANITARIO FEMENINO	3
SENITARIO MASCULINO	4
SANITARIO MOV. REDUCIDA	5
GALERIA	14
PERÍMETRO	-

Asimismo, las cargas existentes a tener en cuenta para el dimensionamiento se enlistan en la Tabla 2.

Tabla 2: SUM - Cargas

CARGA	TENSIÓN	POTENCIA	RENDIMIENTO
EQ-A1	380	32280,404	1
EQ-A2	380	32280,404	1
EQ-B	380	26685,88	1

#### 1.4.2. PILETA

El Plano N°2, el cual se encuentra dentro del Anexo N°1, corresponde a la obra civil del edificio donde se encuentra la pileta y la distribución del mismo.

Al igual que en el apartado anterior, en la Tabla 3 se distinguen los diferentes ambientes.

Tabla 3: Pileta - Ambientes

SECTOR	DESIGNACIÓN EN PLANO N°3
HALL FRIO	1
PASO	2
SANITARIO MASCULINO	3
VESTUARIO MASCULINO	4
SANITARIO FEMENINO	5
VESTUARIO FEMENINO	6
SANITARIO MOV. REDUCIDA	7
SANITARIO NIÑOS	8
VESTUARIO NIÑOS	9
ENFERMERIA	10
SANITARIO	11
ADMINISTRACION	12
PASO	13
OFICINA	14
VESTUARIO GUARDAVIDA	15
SANITARIO GUARDAVIDA	16
DUCHA GUARDAVIDA	17
PISCINAS	18
SALA DE MÁQUINAS	19
PASO	20
DEPOSITO	21
SANITARIO MASCULINO	22
SANITARIO FEMENINO	23
SANITARIO MOV. REDUCIDA	24
PASO	25
AZOTEA	26

Se observa que se cuenta con una sala de máquinas, que es donde se concentran las cargas eléctricas a tener en cuenta para el dimensionamiento. Las mismas se detallan en la [Tabla 4](#).

Tabla 4: Pileta - Cargas

CARGA	TENSIÓN	POTENCIA	RENDIMIENTO
BOMBA 1	380	7360	0,9
BOMBA 2	380	7360	0,9
BOMBA 3	380	7360	0,9
BOMBA 4	380	7360	0,9
BOMBA 5	380	7360	0,9
BOMBA CALDERA	220	746	0,9

### 1.4.3. GARITA DE SEGURIDAD

A fin de preservar las instalaciones y las personas que se encuentran dentro, el predio cuenta con un edificio destinado a seguridad. El mismo solo posee como ambientes un baño y una oficina que serán utilizadas por el personal presente.

En el Plano N°3, el cual se encuentra ubicado dentro del Anexo N°1, se encuentran los detalles constructivos de este inmueble.

### 1.4.4. EXTERIOR

El exterior del complejo se compone de espacios verdes y caminos – sendas para recreación, además de contar con calles internas que dan acceso al mismo y un sector de parrillas para utilización del visitante.

El Plano N°4, ubicado dentro del Anexo N°1, da los detalles de la distribución espacial de los ítems mencionados anteriormente, además de dar la ubicación de los edificios nombrados en los puntos 1.4.1, 1.4.2 y 1.4.3.

## 2. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO LUMINOTÉCNICO

Para poder realizar correctamente el dimensionamiento luminotécnico fue necesario realizar un tratamiento diferenciado para cada zona de las listadas en el apartado 1.4. Los niveles de iluminación utilizados para cada ambiente son los indicados en las Normas **IRAM AADL J20-06**, la cual rige para iluminación de interiores, e **IRAM AADL J2022-2** para iluminación exterior.

### 2.1. ILUMINACION LED

Se optó por el uso de tecnología LED para iluminación interior y exterior del proyecto en base a que estas presentan las siguientes ventajas frente a las demás tecnologías:

- Mayor vida útil en comparación con las demás tecnologías. Duración de 50.000 a 100.000 horas, obteniendo un menor costo de mantenimiento.
- Mayor eficiencia energética en relación con las viejas tecnologías Incandescente, Vapor de mercurio o Sodio de alta y baja presión.
- Mayor Índice de Reproducción Cromática, lo cual nos da como resultado colores más puros, nítidos, intensos y profundos en comparación con las demás tecnologías.
- Consumen 2,5 veces menos que una lámpara de bajo consumo convencional y 8,9 veces menos que una lámpara tradicional incandescente. Esto conlleva un importante ahorro económico.

Estas características de la iluminación LED se pueden observar en los catálogos de las luminarias utilizadas en el proyecto, las cuales se encuentran ubicados dentro del Anexo N°2.

En la Tabla 5 [1] se presenta un resumen de las características principales de cada tecnología.

Tabla 5: Características tecnologías luminarias

Tecnología	Vida (horas)	Lm/W	T° color	CRI	Encendido
Incandescente	1.000 - 5.000	11 - 15	2.800K	40	Instantáneo
Vapor de mercurio	12.000 - 24.000	13 - 48	4.000K	15 - 55	Hasta 15min
Haluro metálico	10.000 - 15.000	60 - 100	3.000-4.300K	80	Hasta 15min
HPS	12.000 - 24.000	45 - 130	2.000K	25	Hasta 15min
LPS	10.000 - 18.000	80 - 180	1.800K	0	Hasta 15min
Fluorescente	10.000 - 20.000	60 - 100	2.700-6.200K	70 - 90	Hasta 15min
CFL	12.000 - 20.000	50 - 72	2.700-6.200K	85	Hasta 15min
LED	50.000 - 100.000	70 - 150	2700-6.400K	85 - 90	Instantáneo

## 2.2. NIVELES DE ILUMINACIÓN REQUERIDOS

### 2.2.1. SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES

De norma **IRAM AADL J20-06** se obtuvieron los diferentes niveles de iluminancia requerida dependiendo del fin del ambiente. Por ello se analizó cada una de las habitaciones listadas en la Tabla 1, perteneciente al apartado 1.4.1.

#### 1. HALL FRÍO

El hall frío es el primer ambiente que se encuentra el visitante al entrar, por ello es necesario que posea buena iluminación para dar un buen aspecto al mismo.

#### 2. HALL PRINCIPAL

El hall principal es el lugar donde confluyen tanto las personas que asisten al salón como los mozos y demás asistentes, por lo que se requiere un nivel de iluminación que permita la circulación y dé visibilidad necesaria para el transporte de platos y comida.

#### 3. SANITARIOS MASCULINO, FEMENINO Y MOVILIDAD REDUCIDA

Esta zona no requiere un nivel de iluminación elevado, ya que no se realizan actividades que deban recibir demasiada atención.

#### 4. COMIDA, LAVADO Y SERVICIOS.

En esta área se realizan tareas que requieren de especial iluminación ya que se manipulan objetos cortantes y electrodomésticos. Además, es el lugar donde se realizan la mayoría de las actividades dentro del SUM, por ello se debe asegurar una buena iluminación.

#### 5. DEPÓSITO

Es un ambiente en el cual las tareas no demandan gran cantidad de tiempo ni donde se debe permanecer, por ello no se consideró necesario un nivel de iluminación elevado.

## 6. PARRILLAS

Dentro del edificio se encuentran 2 parrillas junto con un asador, los cuales fueron proyectados iluminados de tal manera que se permita la correcta realización de la actividad que allí se lleve a cabo. Es necesario que los cocineros tengan luz suficiente y además posean una reproducción de color adecuada con el fin de realizar la tarea de la mejor manera posible.

## 7. SALÓN DE USOS MÚLTIPLES

Es el lugar donde se desarrollan diferentes actividades, como pueden ser eventos, reuniones, fiestas, cenas, entre otros. Con el objetivo de poder cumplir con la demanda que dichas actividades conllevan, se proyectó un nivel de iluminación según la reglamentación de la Norma AADL antes mencionada. Además, el mismo cuenta con un escenario que debe iluminarse de tal forma que pueda pasar a ser el centro de atención cuando se lo requiera.

## 8. GALERIA

Se encuentra en la parte exterior del salón de eventos múltiples y da la primera impresión a aquel que lo visite, por ello se proyectó su iluminación de forma que pueda resaltar el exterior del edificio.

## 9. PERÍMETRO

Debido a que la galería es solo una parte del perímetro, se colocaron luminarias de forma que se visualice el exterior del edificio, pero además que cumplan las condiciones de hermeticidad necesarias para soportar las inclemencias climáticas que pueden llegar a sufrir.

Teniendo en cuenta estos detalles para cada uno de los ambientes, los niveles mínimos de iluminancia indicados por la norma **IRAM AADL J20-06** son los indicados en la *Tabla 6*.

Tabla 6: SUM - Niveles de iluminancia

SECTOR		NORMA		
		Emed [Lux]	G1	G2
13	SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES	300	0,5	0,33
1	HALL FRIO	300	0,5	0,33
2	HALL PRINCIPAL	300	0,5	0,33
6/7/8/10	PASO/COCINA/LAVADO/SERVICIOS	300	0,5	0,33
9	MENAJE	100	0,5	0,33
11	DEPOSITO	100	0,5	0,33
12	PARRILLAS	300	0,5	0,33
12	ASADOR	300	0,5	0,33
3	SANITARIO FEMENINO	100	0,5	0,33
4	SANITARIO MASCULINO	100	0,5	0,33
5	SANITARIO MOV. REDUCIDA	100	0,5	0,33
-	ESCENARIO	-	-	-

### 2.2.2. PILETA

Tal como se realizó en el apartado anterior, se analizará individualmente cada zona correspondiente a este edificio.

#### 1. HALL FRIO

Las características de iluminación son las mismas que las planteadas para el caso del SUM.

#### 2. PASO

Esta área es solo de transición. Las personas solo la utilizarán con el fin de dirigirse a los vestuarios, por ello, el nivel de iluminación puede ser bajo.

#### 3. SANITARIOS/VESTUARIOS

Estos sectores se pueden tratar similares, ya que no es necesario un gran nivel de iluminación debido a las tareas que se realizan. En total, existen 5 tipos de vestuarios y 5 de sanitarios (niños, masculino, femenino, movilidad reducida y guardavidas).

#### 4. ENFERMERIA

Es un ambiente en el cual se deben realizar tareas que requieren de mucha atención y concentración, además de que se puede llegar a manipular objetos y herramientas manuales. Estas causas nos indican que el nivel de iluminación necesaria no puede ser bajo.

#### 5. ADMINISTRACIÓN

Se realizan actividades que requieren atención, tal como lectura, escritura, contabilidad y uso de computadora.

#### 6. SALA DE MÁQUINAS

En este ambiente se encuentran las maquinas que permiten el correcto funcionamiento del ciclo de la pileta (renovación de agua y climatización), tal como bombas. Como las personas no acceden de manera usual a esta sala entonces no es requerido un nivel elevado de iluminación.

#### 7. DEPÓSITO

Tal como se comentó en la sección anterior (SUM), es una habitación en la cual no se permanecerá y no se realizan tareas que requieran un gran nivel de iluminación.

En base a la descripción anterior, los valores de iluminancia requeridos por la norma **IRAM AADL J20-06** se encuentran en la *Tabla 7*.

Tabla 7: Pileta - Niveles de iluminancia

SECTOR		NORMA		
		Emed [Lux]	G1	G2
1	HALL FRIO	300	0,5	0,33
2	PASO	100	0,5	0,33
3/4	SANITARIO MASCULINO/VESTUARIO MASCULINO	100	0,5	0,33
5/6	SANITARIO FEMENINO/VESTUARIO FEMENINO	100	0,5	0,33
7	SANITARIO MOV. REDUCIDA	100	0,5	0,33
8/9	SANITARIO NIÑOS/VESTUARIOS NIÑOS	100	0,5	0,33
10	ENFERMERIA	400	0,5	0,33
11	SANITARIO	100	0,5	0,33
12	ADMINISTRACION	500	0,5	0,33
13/14	OFFICE/PASO	200	0,5	0,33
15	VESTUARIO GUARDAVIDAS	100	0,5	0,33
16	SANITARIO	100	0,5	0,33
17	DUCHA	100	0,5	0,33
18	PISCINAS	200	0,5	0,33
19	SALA DE MAQUINAS	100	0,5	0,33
20	PASO	100	0,5	0,33
21	DEPOSITO	100	0,5	0,33
22	SANITARIO MASCULINO	100	0,5	0,33
23	SANITARIO MOV. REDUCIDA	100	0,5	0,33
24	SANITARIO FEMENINO	100	0,5	0,33

### 2.2.3. GARITA DE SEGURIDAD

La garita de seguridad se compone de una oficina con una pequeña cocina y un baño.

Se proyectó un nivel de iluminación acorde a la actividad para el personal de seguridad – administración, que realicen allí sus funciones.

Así, los niveles planteados por la Norma **IRAM AADL J20-06** en este caso son los indicados en la Tabla 8.

Tabla 8: Garita de seguridad - Niveles de iluminancia

SECTOR		NORMA		
		Emed [Lux]	G1	G2
1	BAÑO	100	0,5	0,25
2	COCINA	200	0,5	0,25
3	OFICINA	500	0,5	0,25

### 2.2.4. EXTERIOR

Como se ha mencionado en el apartado 1.4.4., la parte exterior del complejo se compone de calles internas, de áreas verdes, caminos y un sector de parrillas.

#### 1. CALLES INTERNAS

Debido a la velocidad máxima de estas calzadas, junto con el hecho de no poseer una fluidez elevada de automóviles, se considera a estas como calles residenciales según la Norma **IRAM AADL J2022-2**.

Los valores reconocidos por la Norma para este ítem se indican en la Tabla 9.

Tabla 9: Calles internas - Niveles de iluminancia

SECTOR	NORMA		
	Emed [Lux]	G1	G2
CALLES RESIDENCIALES	10	0,5	0,25

A su vez los estacionamientos se considerarán como el mismo tipo de calzada, con las mismas características.

## 2. ESPACIOS VERDES

La iluminación de los espacios verdes se los proyectos de manera que realce el lugar de noche, para que sigan siendo el jardín del predio como lugar de esparcimiento y relax y a su vez que adorne el lugar. A partir de cierta hora de madrugada y/o en días de no uso, su nivel lumínico se reduce al hacer uso del circuito media noche reduciendo un 33% el consumo.

Los valores que la Norma **IRAM AADL J2022-2** indica en este caso son los indicados en la Tabla 10.

Tabla 10: Espacios verdes - Niveles de iluminancia

SECTOR	NORMA		
	Emed [Lux]	G1	G2
ESPACIOS VERDES	30	0,5	0,33

## 3. CAMINOS - SENDEROS

En este tipo de camino donde las personas transitan peatonalmente, se proyectó la iluminación a modo de indicación de la senda que permita la visión del camino, ya que es solo de tránsito. Así, la Norma **IRAM AADL J2022-2** indica los valores expresados en la Tabla 11.

Tabla 11: Camineras - Niveles de iluminancia

SECTOR	NORMA		
	Emed [Lux]	G1	G2
CAMINERAS	10	0,5	0,25

A fin de definir los tramos a simular en el software RELUX se designaron las siguientes zonas de estacionamiento expresadas en la Tabla 12, junto con su designación en el Plano N°5, ubicado dentro del Anexo N°2.

Tabla 12: Estacionamiento - Designación

SECTOR	DESIGNACION EN PLANO
ESTACIONAMIENTO IZQUIERDO	1-a
ESTACIONAMIENTO CENTRAL	1-b
ESTACIONAMIENTO INFERIOR	1-c
ESTACIONAMIENTO SUPERIOR	1-d

Lo mismo con las calzadas, como se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 13: Estacionamiento - Designación

SECTOR	DESIGNACION EN PLANO
CALLE ENTRADA	1-e
CALLE SALIDA	1-f
CALLE PRINCIPAL	1-h
CALLE INFERIOR	1-i
CALLE SUPERIOR	1-j

Luego los espacios verdes, como se indican en la Tabla 14.

Tabla 14: Espacios verdes - Designación

SECTOR	DESIGNACIÓN EN PLANO N°1
ESPACIO VERDE 1	2a
ESPACIO VERDE 2	2b
ESPACIO VERDE 3	2c
ESPACIO VERDE 4	2d
ESPACIO VERDE 5	2f
ESPACIO VERDE 6	2g

Y finalmente el sector de parrillas, como se puede observar en la Tabla 15.

Tabla 15: Parrillas - Designación

SECTOR	DESIGNACIÓN EN PLANO N°1
ZONA PARRILLAS 1	3a
ZONA PARRILLAS 2	3b
ZONA PARRILLAS 3	3c

## 2.3. METODO DE CALCULO

Una vez definidas las zonas, se continuo con el cálculo de las luminarias necesarias para lograr los niveles exigidos anteriormente. Los resultados de estos se obtuvieron mediante el software Relux. Para lograr mayor comprensión de lo realizado por el programa, se analizarán los métodos de cálculo, tanto para interior como para exterior.

### 2.3.1. INTERIOR

Uno de los métodos más utilizados es el de cavidades zonales. Este se basa en la comparación del flujo luminoso requerido por un ambiente para lograr el valor de iluminancia necesario junto con el flujo luminoso entregado por una sola lampara.

Primeramente, se calcula el factor de local K, el cual tiene en cuenta las dimensiones del área, junto con la altura del plano de trabajo. Así, este se define como:

$$K = 5 * h * \frac{a + b}{a * b}$$

Donde:

- h Altura del plano de trabajo, en m
- a Largo del ambiente, en m
- b Ancho del ambiente, en m

Una vez se obtuvo el valor de K, se procede a obtener el factor de utilización de la luminaria que se desea colocar. Para ello, el fabricante debe entregar la tabla correspondiente al factor de utilización, el cual depende tanto de K como de la reflectancia del techo y paredes. A continuación, se muestra un ejemplo en la *Tabla 16*.

Tabla 16: Coeficiente de utilización

Coeficientes de Utilización																			
Techo:	80				70				50		30		10		0				
pared:	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	0				
K	0	49	49	49	49	48	48	48	48	46	46	46	44	44	44	42	42	42	41
	1	45	43	41	40	44	42	40	39	40	39	38	39	37	36	37	36	35	35
	2	41	37	34	32	40	36	34	31	35	33	31	34	32	30	32	31	29	28
	3	37	33	29	26	36	32	29	26	31	28	26	30	27	25	28	27	25	24
	4	34	29	25	22	33	28	25	22	27	24	22	26	24	22	25	23	21	20
	5	31	26	22	19	30	25	22	19	25	22	19	24	21	19	23	21	19	18
	6	29	23	20	17	28	23	20	17	22	19	17	22	19	17	21	18	17	16
	7	27	21	18	15	26	21	18	15	20	17	15	20	17	15	19	17	15	14
	8	25	20	16	14	24	19	16	14	19	16	14	18	15	13	18	15	13	13
	9	24	18	15	12	23	18	15	12	17	14	12	17	14	12	16	14	12	11
	10	22	17	13	11	22	16	13	11	16	13	11	16	13	11	15	13	11	10

La reflectancia es posible obtenerla de la *Tabla 17*.

Tabla 17: Niveles de reflectancia

Colores				Materiales			
Blanco	70-85	Techo Acústico con Orificios	50-65	Mortero claro	35-55	Mortero	20-30
				Hormigón Claro	30-50	Hormigón Oscuro	15-25
Gris Claro	40-50	Gris Oscuro	10-20	Ladrillo Claro	30-40	Ladrillo Oscuro	15-25
Negro	3-5	Crema	60-75	Mármol Blanco	60-70	Espejo	80-90
Marrón Claro	30-40	Marrón Oscuro	10-20	Madera Clara	30-50	Madera Oscura	10-25
Rojo Claro	30-50	Rojo Oscuro	10-20	Aluminio Mate	55-60	Aluminio Brillante	80-85
Verde Claro	45-65	Verde Oscuro	10-20	Acero Pulido	55-65	Vidrio Transparente	6-8
Azul Claro	40-55	Azul Oscuro	5-15	Revoque Claro	35-55	Revoque Oscuro	20-30
Amarillo Claro	60-75	Rosa	45-55	Yeso	75-85	Granito	15-25

Finalmente, con el factor de utilización determinado, se puede calcular el flujo luminoso necesario para dicho ambiente de la siguiente forma:

$$\phi = \frac{E * S}{\mu * m}$$

Donde:

- E Iluminancia necesaria, en Lux
- S Area del ambiente, en m<sup>2</sup>
- μ Factor de utilización
- m Factor de mantenimiento

Es entonces posible calcular el numero de luminarias a utilizar tomando la relación:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_1}$$

### 2.3.2. EXTERIOR

Para realizar el cálculo de alumbrado vial y de exteriores se debe recurrir a un método un poco más complejo que el anterior, y cuya finalidad es la de determinar la Inter distancia d entre dos columnas consecutivas a través de la relación de iluminancia media:

$$E = \frac{\Phi * m * \eta}{A * d}$$

Para poder llevarlo a cabo es necesario obtener del fabricante las curvas isolux de la luminaria a utilizar (que suele venir con las curvas de rendimiento en vereda y calzada. De no incluirlo, se deben pedir estos datos).

Para comenzar con el método es necesario definir la altura de la columna a colocar y la luminaria deseada de manera arbitraria (luego se confirmará si estos son correctos o si se deben sustituir).

Con estos datos y en base a las siguientes condiciones se puede determinar qué tipo de distribución se debe utilizar:

- Si  $A/H < 1$ , disposición Unilateral
- Si  $1 < A/H < 1.5$ , disposición Tresbolillos
- Si  $A/H > 1.5$ , disposición Bilateral

Donde H es la altura elegida y A es el ancho de la calzada.

Luego se debe determinar el rendimiento de la luminaria mediante las curvas antes mencionadas, la cual se muestra de manera esquemática en la Figura 2.

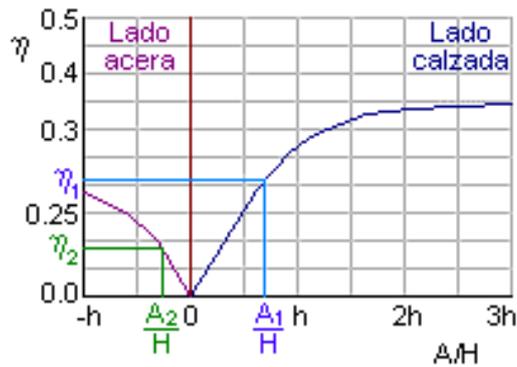


Figura 2: Rendimiento de luminaria

Se puede observar que el eje de las abscisas se encuentra en función de la relación A/H, mientras que en las ordenadas se encuentra el rendimiento.

Es entonces necesario definir los valores A1 y A2, los cuales corresponden al lado vereda y lado calzada, como se indica en la *Figura 3*.

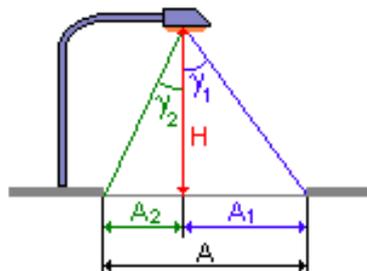


Figura 3: Lado vereda y lado calzada

Así, A1 corresponde a la porción de calzada que se encuentra desde el centro de la ubicación de la luminaria hasta el cordón cuneta más cercano. Luego, A2 es el tramo restante para completar el ancho de la calzada A.

Con el rendimiento hallado, ya es posible utilizar la relación de iluminancia presentada al principio y determinar la Inter distancia d.

$$d = \frac{\phi * m * \eta}{A * E}$$

Donde A es el ancho de la calzada ya mencionado, E es el valor de iluminancia requerido, η es el rendimiento encontrado, φ es el flujo luminoso característico de la luminaria y m es el factor de mantenimiento (0.7 si se trata de un ambiente sucio, 0,8 si se tratara de un ambiente sin mucho mantenimiento y finalmente 0,9 si se tratara de un ambiente limpio).

De esta manera, se consigue determinar por completo la distribución de luminarias. El paso siguiente es la confirmación de los resultados logrando los valores de iluminancia media y regularidades exigidas.

Para esto es necesario utilizar la curva isolux brindada por el fabricante, como se puede observar en la *Figura 4*.

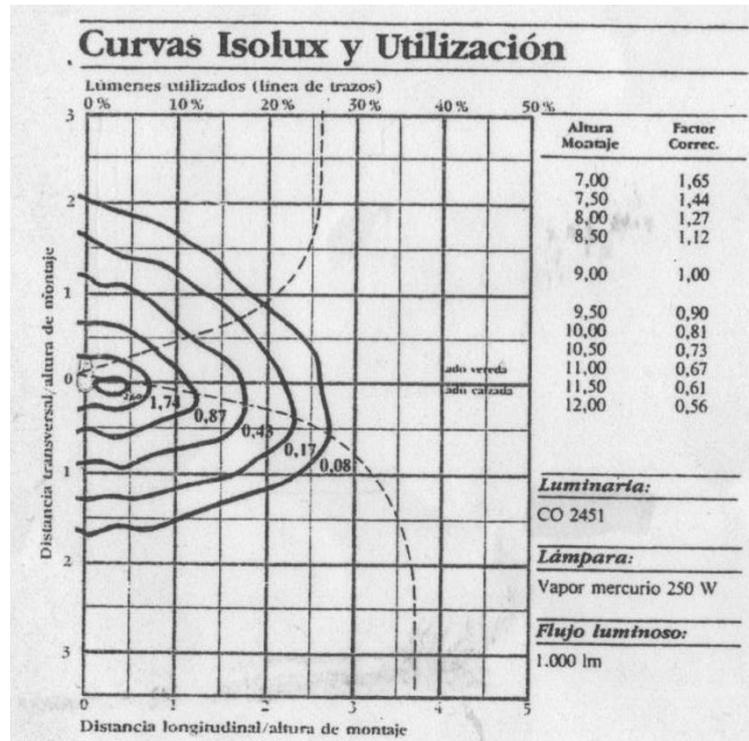


Figura 4: Curvas Isolux

Se puede notar que el eje de las abscisas se encuentra en función de la distancia longitudinal/altura de montaje, es decir,  $d/H$ . En cambio, el eje de las ordenadas se encuentra en función de la distancia transversal ancho de calzada/altura de montaje, o sea,  $A/H$ .

Con las escalas ya definidas, se realiza una cuadrícula con puntos de interés para medir la iluminancia en cada uno de ellos por cada luminaria. Luego aplicando el principio de superposición, se nota el efecto total de todas las luminarias a la vez, como el que se indica en la *Figura 5*.

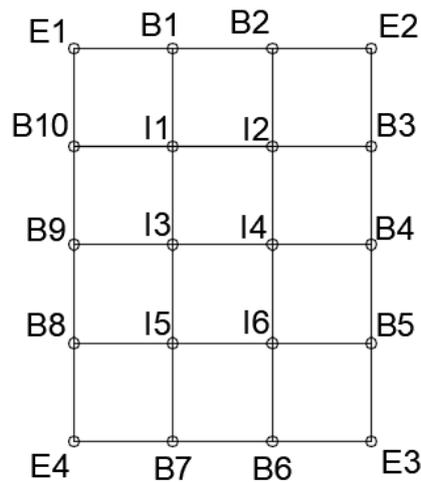


Figura 5: Cuadrícula

El procedimiento consiste en superponer la cuadrícula con la curva isolux, ya que ambas se encuentran a la misma escala, y tomar los valores de la curva en cada uno de los puntos de la cuadrícula. Esto se realiza para cada una de las luminarias que conforman la distribución. Es de notar que solo será necesario hacerlo en una sola porción de calzada ya que la distribución de luminarias se repetirá en forma de patrón a lo largo del resto.

Un punto a tener en cuenta es que se debe corregir el valor obtenido de iluminancia por la curva por la diferencia de la altura de montaje y por la diferencia del flujo luminoso.

En este caso presentado, la altura predeterminada de la curva es de 9 metros y un flujo luminoso de 1000 lm. En caso de tener diferentes valores, se deben aplicar los factores correspondientes.

Una vez obtenidos los valores de cada punto para cada luminaria y sumarlos, se puede determinar la iluminancia media como:

$$E_{med} = \frac{\frac{1}{4} * \sum E_i + \frac{1}{2} * \sum B_i + \sum I_i}{N^{\circ} Cuadros}$$

Para calcular las regularidades necesarias se deben tomar el mayor valor de iluminancia en toda la cuadrícula, así como el menor, y luego, por la propia definición de las regularidades calcular:

$$g_1 = \frac{E_{min}}{E_{med}}; g_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

Si los valores obtenidos son conformes a lo reglamentado, entonces se confirman los valores supuestos de altura de montaje y de flujo luminoso, finalizando los cálculos.

## 2.4. RESULTADOS

En base al apartado anterior, se realizó la simulación en el software Relux y los resultados obtenidos pueden observarse en el Anexo N°2. Además, en este anexo se encuentran las características técnicas correspondientes a cada luminaria utilizada.

A modo de resumen, se indican a continuación los artefactos utilizados para cada uno de los ambientes mencionados en los apartados anteriores.

- SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES

Tabla 18: SUM - Resumen luminarias

SECTOR		LUMINARIAS								POTENCIA [W]
		LUMENAC SUPER 75 W	LUMENAC POLO 6 W	LUMENAC POLO 12 W	LUMENAC POLO 18 W	LUCCIOLA RANDOM 112 26 W	LUCCIOLA LOOK 260012 12 W	LUMENAC OVAL 20 W	LUMENAC TREND P. 12 W	
13	SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES	15	0	0	0	0	7	0	0	1209
1	HALL FRIO	0	0	0	1	2	0	0	0	70
2	HALL PRINCIPAL	0	0	0	2	8	0	0	0	244
6/7/8/10	PASO/COCINA/LAVADO/SERVICIOS	0	0	0	0	15	0	0	0	390
9	MENAJE	0	0	0	0	1	0	0	0	26
11	DEPOSITO	0	0	0	3	0	0	0	0	54
12	PARRILLAS	0	0	0	0	8	0	0	0	208
3	SANITARIO FEMENINO	0	7	2	0	0	0	0	0	66
4	SANITARIO MASCULINO	0	5	2	0	0	0	0	0	54
5	SANITARIO MOV. REDUCIDA	0	0	1	0	0	0	0	0	12
14	GALERIA	0	0	0	0	0	0	0	11	132
-	PERÍMETRO	0	0	0	0	0	0	10	0	200
<b>TOTAL:</b>		<b>15</b>	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>2665</b>

- PILETA:

Tabla 19: Pileta - Resumen luminarias

SECTOR		LUMINARIAS					POTENCIA [W]	
		LUMENAC Office 55 W	LUMENAC Cell 48 W	LUMENAC Trend 24 W	LUMENAC Trend 18 W	LUMENAC Trend 12 W		LUMENAC Max Pro 180 W
1	HALL FRIO			3			72	
2	PASO			3			72	
3/4	SANITARIO MASCULINO/VESTUARIO MASCULINO					14	168	
5/6	SANITARIO FEMENINO/VESTUARIO FEMENINO					15	180	
7	SANITARIO MOV. REDUCIDA					1	12	
8/9	SANITARIO NIÑOS/VESTUARIOS NIÑOS					15	180	
10	ENFERMERIA	1					55	
11	SANITARIO					1	12	
12	ADMINISTRACION		2				96	
13/14	OFFICE/PASO			2			48	
15	VESTUARIO GUARDAVIDAS				1		18	
16	SANITARIO					1	12	
17	DUCHA					1	12	
18	PISCINAS					5	900	
19	SALA DE MAQUINAS			5			120	
20	PASO			2			48	
21	DEPOSITO					6	72	
22	SANITARIO MASCULINO					4	48	
23	SANITARIO MOV. REDUCIDA					1	12	
24	SANITARIO FEMENINO					4	48	
<b>TOTAL:</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>63</b>	<b>5</b>	<b>2185</b>

- GARITA:

Tabla 20: Garita - Resumen Luminarias

SECTOR		MINARI		POTENCIA [W]
		LUMENAC Cell 48W	LUMENAC Trend 12 W	
1	SALÓN	2		96
2	BAÑO		2	24
<b>TOTAL:</b>		<b>2</b>	<b>2</b>	<b>120</b>

- EXTERIOR:

Tabla 21: Exterior - Resumen luminarias

SECTOR	LUMINARIAS		POTENCIA (W)
	LUCCIOLA KALI 1700 80 W	LUMENAC AERO 60 W C/ PESCANTE 2 m	
CALZADA CENTRAL CON ESTACIONAMIENTOS	0	7	420
CALZADA SUPERIOR CON ESTACIONAMIENTO	0	9	540
CALZADA INFERIOR CON ESTACIONAMIENTO	0	7	420
ZONA GARITA	2	0	160
SECTOR PARRILLAS	15	0	1200
ESPACIOS VERDES CON CAMINERAS	35	0	2800
<b>TOTAL:</b>	<b>52</b>	<b>23</b>	<b>5540</b>

### 3. DISEÑO Y DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO EN BAJA TENSIÓN.

Una vez definidas todas las cargas necesarias en el complejo se procedió al diseño de la instalación eléctrica.

En el *Plano N°6*, el cual se encuentra dentro del *Anexo N°3*, se puede observar el esquema unifilar de toda la instalación del complejo en el cual se basará la explicación de los siguientes apartados.

#### 3.1. CIRCUITOS

Se definirán los circuitos necesarios para alimentar la totalidad de las cargas ubicadas en el exterior del complejo y dentro de cada edificio antes definido. Estos se indicarán según la Norma **AEA 90364-7-771**.

##### 3.1.1. SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES

Los circuitos definidos para el SUM se muestran a continuación en la *Tabla 22*, junto con las ubicaciones que abarcan.

*Tabla 22: SUM - Circuitos*

Circuito Principal	Circuito Seccional	Circuitos Terminales		Objetivo
TP SUM	TS1	TUG2	SANITARIO MASCULINO, SANITARIO FEMENINO Y SANITARIO MOV. REDUCIDA	TOMACORRIENTE
		TUG3	DEPOSITO, PARRILLAS Y COCINA	TOMACORRIENTE
		TUG4	COCINA, LAVADO Y SERVICIOS	TOMACORRIENTE
		TUE2	SANITARIO MASCULINO, SANITARIO FEMENINO Y SANITARIO MOV. REDUCIDA	TOMACORRIENTE
		CI6	DEPOSITO Y PARRILLAS	ILUMINACION
		CI7	SANITARIO MASCULINO, SANITARIO FEMENINO Y SANITARIO MOV. REDUCIDA	ILUMINACION
	TS2	CI8	PASO, COCINA, LAVADO, SERVICIOS Y MENAJE	ILUMINACION
		TUE3	TERRAZA	TOMACORRIENTE
		EQ-A1	TERRAZA	CALEFACCIÓN 1
		EQ-A2	TERRAZA	CALEFACCIÓN 2
		EQ-B	TERRAZA	CALEFACCIÓN 3
	TS3	CI9	TERRAZA	ILUMINACION
		TUG1	SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES	TOMACORRIENTE
		TUE1	SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES	TOMACORRIENTE
		TUEs1	SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES	TOMACORRIENTE
		CI1	SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES	ILUMINACION
		CI2	SALÓN DE EVENTOS MÚLTIPLES	ILUMINACION
		CI3	EXTERIOR	ILUMINACION
CI4	GALERÍA	ILUMINACION		
CI5	HALL PRINCIPAL Y HALL FRIO	ILUMINACION		

Para la ubicación de los tableros se buscó el centro de carga de cada sector buscando que sea seguro, de confort, facilidad en el uso y minimizando la ausencia de suministro ante algún incidente o mantenimiento futuro, así como la distribución de las canalizaciones pueden observarse en el *Plano N°7*, ubicado dentro del *Anexo N°3*.

##### 3.1.2. PILETA

Al igual que en el SUM, se definieron los circuitos del edificio de la pileta, siendo estos los indicados en la *Tabla 23*.

Tabla 23: Pileta - Circuitos

Circuito Principal	Circuito Seccional	Circuito Terminal	Objetivo	
TP SUM	TS1	TUG4	SANITARIO MASCULINO, SANITARIO FEMENINO, SANITARIO MOV. REDUCIDA, SALA DE MAQUINAS Y DEPOSITO	TOMACORRIENTE
		TUE4	SALA DE MAQUINAS	BOMBA 1
		TUE5	SALA DE MAQUINAS	BOMBA 2
		TUE6	SALA DE MAQUINAS	BOMBA 3
		TUE7	SALA DE MAQUINAS	BOMBA 4
		TUE8	SALA DE MAQUINAS	BOMBA 5
		TUE9	SALA DE MAQUINAS	B. CALDERAS
		CI7	SALA DE MAQUINAS, DEPOSITO Y PASO	ILUMINACION
		CI8	SANITARIO MASCULINO, SANITARIO FEMENINO Y SANITARIO MOV. REDUCIDA	ILUMINACION
	TS2	TUG1	ADMINISTRACION, ENFERMERIA Y OFFICE PASO	TOMACORRIENTE
		TUG2	ENFERMERIA, SANITARIO, SANITARIO Y DUCHA	TOMACORRIENTE
		TUE2	SANITARIO NIÑOS, SANITARIO, SANITARIO Y DUCHA	TOMACORRIENTE
		CI2	ADMINISTRACION, ENFERMERIA, OFFICE, PASO, SANITARIO, DUCHA Y VESTUARIO GUARDAVIDAS	ILUMINACION
		CI3	SANITARIO NIÑOS Y VESTUARIO NIÑOS	ILUMINACION
	TS3	TUG3	SANITARIO MASCULINO, SANITARIO FEMENINO, SANITARIO MOV. REDUCIDA	TOMACORRIENTE
		TUE1	SANITARIO MASCULINO, SANITARIO FEMENINO, SANITARIO MOV. REDUCIDA	TOMACORRIENTE
		CI1	HALL FRIO Y PASO	ILUMINACION
		CI4	SANITARIO MASCULINO, VESTUARIO MASCULINO Y SANITARIO MOV. REDUCIDA	ILUMINACION
CI5		SANITARIO FEMENINO Y VESTUARIO FEMENINO	ILUMINACION	
CI6		PISCINAS	ILUMINACION	

Los detalles de canalizaciones y ubicación y distribución de los tableros pueden observarse en el Plano N°8 ubicado dentro del Anexo N°3.

### 3.1.3. GARITA DE SEGURIDAD

Al ser solo dos ambientes con pocas bocas de iluminación y tomacorrientes, se definieron solo un circuito de iluminación y uno de tomacorrientes. Así, no fue necesario añadir tableros seccionales. Por ello, el listado de circuitos es el indicado en la Tabla 24.

Tabla 24: Garita de seguridad - Circuitos

Circuito Principal	Circuito Terminal	Objetivo	
TP GARITA	CI1	SALA Y SANITARIO	ILUMINACION
	CTUG1	SALA Y SANITARIO	TOMACORRIENTE

La distribución de las canalizaciones y ubicación del tablero puede observarse en el Plano N°9, ubicado dentro del Anexo N°3.

### 3.1.4. ILUMINACIÓN EXTERIOR

Las cargas presentes en el exterior de los edificios solo se tratan de luminarias ubicadas en espacios verdes, estacionamientos y calzadas. Estos circuitos terminales saldrán de un Tablero Principal ubicado en los espacios verdes, alimentado por el Tablero General de Baja Tensión. Por ende, el resumen de los circuitos para esta zona es el indicado en la Tabla 25.

Tabla 25: Iluminación exterior - Circuitos

Tablero Principal	Tablero Terminal	Objetivo
TP Iluminación	CI1	ILUMINACION
	CI2	ILUMINACION
	CI3	ILUMINACION
	CI4	ILUMINACION
	CI5	ILUMINACION
	CI6	ILUMINACION
	CI7	ILUMINACION

La distribución de estos circuitos, junto con sus canalizaciones puede observarse en el Plano N°10, ubicado dentro del Anexo N°3.

### 3.1.5. ALIMENTACIÓN PRINCIPAL

Los Tableros Principales de los distintos edificios y la iluminación exterior del complejo se alimentan de un Tablero General emplazado en la ubicación indicada en el Plano N°10 dentro del Anexo N°3.

## 3.2. CORRIENTE DE PROYECTO

Con los circuitos y la distribución de estos ya definidos, se procedió al cálculo de las corrientes de servicio.

Para obtener las corrientes de proyecto de cada circuito fue necesario definir la potencia que consume cada una de las cargas que componen los mismos, por lo que se definieron las variables que intervendrán en los cálculos.

- Potencia Unitaria (P<sub>uni</sub>): Es la potencia consumida por cada elemento constituyente del circuito.
- Cantidad o Número de Elementos (n): Es la cantidad de un mismo elemento que existe dentro del circuito.
- Factor de Utilización (F<sub>u</sub>): Se define al factor de utilización como el porcentaje de potencia que consumiría una carga conectada a los tomacorrientes con respecto al máximo del mismo, o al de maquina o motor en dichos casos.
- Factor de Simultaneidad (F<sub>s</sub>): Se define al factor de simultaneidad como la cantidad de cargas conectadas al mismo tiempo.
- Rendimiento (η): Es la relación que existe entre el consumo real de una maquina y lo que en realidad puede entregar a su salida (Valor indicado en la chapa característica).

Estas últimas, a su vez, se pueden describir como sigue:

$$P_{SIM,tomas} = P_{uni} * F_s * F_u * n$$

$$P_{SIM,ilu} = P_{uni} * F_s * F_u * n$$

$$P_{SIM,maq} = P_{uni} * F_s * n * \eta$$

El cálculo de la corriente de servicio se realiza teniendo en cuenta la potencia total simultánea, que se puede definir como la suma de las potencias simultaneas de circuitos de tomacorrientes, iluminación y cargas. Por lo tanto, la corriente de proyecto que circulara por fase está dada por la siguiente ecuación:

$$I_b = \frac{P_{SIM}}{k * FP * U_n}$$

Donde:

- P<sub>SIM</sub> Potencia simultánea del circuito, en W

- FP Factor de potencia
- $U_n$  Tensión nominal, en V
- k Constante igual a 1 para  $U_n = 220$  V o igual a 1.73 para  $U_n = 380$  V

Los datos de cada carga y los resultados obtenidos de las corrientes de servicio para cada circuito pueden ser observadas en la Planilla de Cargas, ubicada dentro del Anexo N°3.

### 3.3. DISPOSICION DE CONDUCTORES

Los conductores correspondientes a los circuitos seccionales y terminales estarán tendidos de las siguientes maneras:

- Sobre cañería embutida, en el interior de los edificios antes mencionados.
- Sobre cañería enterrada, en los exteriores internos del establecimiento.
- Sobre bandeja perforada, en el interior de los edificios antes mencionados.

#### 3.3.1. CONDUCTORES SOBRE CAÑERÍA EMBUTIDA

Los conductores de los circuitos que se encuentren en el interior de los edificios se instalarán en cañerías embutidas en la pared y techos de estos. Se utilizarán caños de acero liviano, y su dimensión estará dada según la cantidad de conductores que se encuentren dentro de ellos. En todos los caños no se supera el 35% el factor de ocupación acorde a la reglamentación de AEA.

La selección de los caños de acero liviano estará dada según la Tabla 771.12.IX, la cual se encuentra en la Norma AEA 90364-7-771 – Punto 12. Para facilidad, esta se muestra a continuación.

**Tabla 771.12.IX - Máxima cantidad de conductores por canalización**

Sección conductor	mm <sup>2</sup>	1,50	2,50	4,00	6,00	10,00
Diámetro exterior máximo	mm	3,50	4,20	4,80	6,30	7,60
Sección total	mm <sup>2</sup>	9,62	13,85	18,10	31,17	45,36
Caños según IRAM (RL: acero liviano, RS: acero semipesado)	Sección mm <sup>2</sup>	Cantidad de conductores				
RS 16	132	4+PE	2+PE	-	-	-
RL 16	154	5+PE	3+PE	2+PE	-	-
RS 19	177	6+PE	4+PE	3+PE	-	-
RL 19	227	7+PE	5+PE	4+PE	2+PE	-
RS 22	255	9+PE	6+PE	4+PE	2+PE	-
RL 22	314	11+PE	7+PE	5+PE	3+PE	2+PE
RS 25	346	13+PE	9+PE	6+PE	3+PE	2+PE
RL 25	416		10+PE	7+PE	4+PE	2+PE
RS 32	616		15+PE	11+PE	6+PE	4+PE
RL 32	661			12+PE	7+PE	4+PE
RS 38	908				9+PE	6+PE
RL 38	962				10+PE	7+PE
RS 51	1662				18+PE	12+PE
RL 51	1810					

**Tabla 771.12.IX (continuación)**

Sección conductor	mm <sup>2</sup>	16,00	25,00	35,00	50,00	70,00
Diámetro exterior máximo	mm	8,80	11,00	12,50	14,50	17,00
Sección total	mm <sup>2</sup>	60,82	95,03	122,72	165,13	226,98
Caños según IRAM (RL: acero liviano, RS: acero semipesado)	Sección mm <sup>2</sup>	Cantidad de conductores				
RS 16	132	-	-	-	-	-
RL 16	154	-	-	-	-	-
RS 19	177	-	-	-	-	-
RL 19	227	-	-	-	-	-
RS 22	255	-	-	-	-	-
RL 22	314	-	-	-	-	-
RS 25	346	-	-	-	-	-
RL 25	416	2+PE	-	-	-	-
RS 32	616	3+PE	-	-	-	-
RL 32	661	3+PE	-	-	-	-
RS 38	908	4+PE	2+PE	2+PE	-	-
RL 38	962	5+PE	3+PE	2+PE	-	-
RS 51	1662	9+PE	5+PE	4+PE	3+PE	2+PE
RL 51	1810	9+PE	6+PE	4+PE	3+PE	2+PE

### 3.3.2. CONDUCTORES SOBRE CAÑERÍA ENTERRADA

Los conductores de los circuitos seccionales y de iluminación exterior, ubicados en los espacios verdes del predio, se instalarán en conductos de PVC de 50 y 110 mm de diámetro con 3,2mm de espesor enterrados a 0.7 metros de profundidad. Se colocará una terna de conductores por cada conducto.

La determinación del diámetro mínima de los conductos de PVC estará dada la sección y la cantidad de conductores que se coloquen en él. Las ecuaciones para determinar esta sección mínima estarán dadas por la *Tabla 771.12.XIV*, la cual se encuentra en la Norma **AEA 90364-7-771 – Punto 12**. Para facilidad, esta se muestra a continuación.

**Tabla 771.12.XIV - Diámetro mínimo de conductos enterrados**

Diámetro exterior del cable (d) [ mm ]	Un cable por caño [ mm ]	Dos cables por caño [ mm ]	Tres cables por caño [ mm ]
$d \leq 25$	50	3 d con un mínimo de 50	3 d con un mínimo de 50
$25 < d \leq 66$	100	2,5 d con un mínimo de 100	3 d con un mínimo de 100
$d > 66$	1,5 d	2,5 d	3 d

En base a las secciones de los conductores en los circuitos exteriores de baja tensión determinados en el apartado 3.6, obtenemos las secciones para los conductos de PVC indicados en la *Tabla 26*.

*Tabla 26: Ductos PVC - Sección*

Seccion [mm <sup>2</sup> ]	Diametro ext. [mm]	Cantidad de conductores	Diametro min. [mm]	Diametro selec. [mm]
185	26,5	4	79,5	110
120	22,5	4	67,5	110
95	19	4	57	110
10	8,5	2	25,5	50
6	7,6	4	22,8	50
4	7	4	21	50

### 3.4. CAMARAS DE DISTRIBUCION DE BAJA TENSIÓN

Para los tendidos subterráneos, se proyectaron cámaras de inspección en H°A° con dimensiones exteriores de 1.1x1.1x0.9 metros en los circuitos seccionales y de iluminación exterior de baja tensión, en los espacios verdes ubicados en el interior del predio. Las cámaras se ubicaron a lo largo del trayecto de los circuitos, en los puntos donde se realice un quiebre, en puntos donde se realice una acometida.

La ubicación de las cámaras se puede observar en el Plano N°10, ubicado dentro del Anexo N°3. Los detalles constructivos de estas pueden ser observados en el Plano N°11 perteneciente al Anexo N°3.

### 3.5. CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO

Para el dimensionamiento de los circuitos y protecciones, fue necesario calcular la corriente de cortocircuito presunta máxima y mínima en cada punto de la instalación donde están ubicadas las protecciones y las cargas ultimas de los circuitos terminales.

Para el cálculo de estas corrientes se utilizó el método de las impedancias, el cual se basa en el cálculo de la corriente de cortocircuito que circularía en el caso de una presunta falla, considerando la impedancia total desde el punto de generación hasta la falla. Debido a que nos encontramos en un punto lejano a la generación, la corriente de cortocircuito está dada por la siguiente ecuación:

$$I_k'' = \frac{c * U_n}{k * \sqrt{R_k^2 + X_k^2}}$$

Donde:

- $U_n$  Tensión nominal del sistema en el punto de falla, en V
- $c$  Factor de tensión
- $R_k$  Resistencia equivalente en el punto de falla, en ohm
- $X_k$  Reactancia equivalente en el punto de falla, en ohm
- $I_k''$  Corriente de cortocircuito trifásica en el punto de falla, en A
- $k$  Constante igual a 2 para  $U_n = 220$  V o igual a 1.73 para  $U_n = 380$  V

Por lo tanto, es necesario determinar la impedancia equivalente en el punto de falla. Considerando un punto de falla en los bornes del Tablero Principal SUM, las impedancias a considerar son las que se indican en la Figura 6.

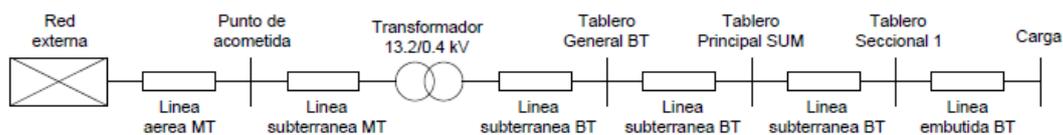


Figura 6: Impedancias de cortocircuito

### 3.5.1. IMPEDANCIA DE LA RED EXTERNA AGUAS ARRIBA

Si un cortocircuito se registra en el punto de conexión en media tensión, el circuito recorrido por la corriente será desde el generador hasta el punto de falla. Por lo tanto, para una potencia de cortocircuito de la red de 300 MVA, la impedancia de falla de la red de alimentación referida al lado de baja tensión del transformador está dada por la siguiente ecuación:

$$Z_1 = \frac{c * U_n^2}{S_{cc}} * \frac{1}{t^2} = 0.00059 \Omega$$

Donde:

- $U_n = 13.2$  kV                      Tensión nominal del sistema, en kV
- $S_{cc} = 300$  MVA                      Potencia de cortocircuito de la red de alimentación, en MVA
- $t = 13.2/0.4 = 33$                       Relación de transformación
- $c = 1.1$                                       Factor de falla

Para el nivel de tensión de 13.2 kV, la resistencia y la reactancia de falla estarán dadas por las siguientes ecuaciones:

$$X_1 = 0.995 * Z_1 = 0.00058 \Omega$$

$$R_1 = 0.1 * Z_1 = 5.84 \times 10^{-5} \Omega$$

### 3.5.2. TRANSFORMADOR

El transformador por utilizar para el centro de transformación posee las siguientes características técnicas:

- $S_n = 250$  kVA                      Potencia nominal, en kVA
- $U_{np} = 13.2$  kV                      Tensión nominal primaria, en kV
- $U_{ns} = 0.4$  kV                      Tensión nominal secundaria, en kV
- $u = 4\%$                                       Tensión de cortocircuito
- $P = 2.35$  kW                              Potencia de pérdidas, en kW

La impedancia de cortocircuito de este visto desde el lado de baja tensión está dada por la siguiente ecuación:

$$Z_4 = \frac{u}{100} * \frac{U_{ns}^2}{S_n} = 0.0256 \Omega$$

Donde:

- $U_{ns} = 0.4$  kV                      Tensión nominal secundaria, en kV
- $S_n = 250$  kVA                      Potencia nominal del transformador, en kVA
- $u = 4\%$                                       Tensión de cortocircuito

La resistencia del transformador depende de la potencia de pérdidas. Por ende, la resistencia de la misma vista desde el lado de baja tensión estará dada por la siguiente ecuación:

$$R_4 = \frac{P * U_{ns}^2}{S_n^2} = 0.006 \Omega$$

Donde:

- $P = 2.35$  kW                      Potencia de perdidas, en kW
- $U_{ns} = 0.4$  kV                      Tensión nominal secundaria, en kV
- $S_n = 250$  kVA                      Potencia nominal, en kVA

Para el cálculo de la reactancia inductiva del transformador, aplicamos la definición de impedancia:

$$Z_4 = \sqrt{R_4^2 + X_4^2}$$

Despejando la reactancia inductiva, tenemos:

$$X_4 = \sqrt{R_4^2 - Z_4^2} = 0.0249 \Omega$$

### 3.5.3. LÍNEAS ELÉCTRICAS

El valor impedancia de cualquier conductor eléctrico está dado por el fabricante en  $\Omega/\text{km}$ . Por lo tanto, con la longitud total de la línea eléctrica, se pueden obtener los valores correspondientes.

#### Línea aérea de distribución en media tensión (13.2 kV)

Esta se encuentra ubicada entre los piquetes P1 (T) y P14 (T), la cual consta de una longitud de traza de 850 m. Las características eléctricas del conductor a utilizar son las siguientes:

- Sección:            35 mm<sup>2</sup>
- Resistencia:      0.952 ohm/km
- Reactancia:      0.36 ohm/km

Por lo tanto, la resistencia y reactancia equivalente de la línea aérea vista desde el lado de baja tensión está dada por la siguiente ecuación:

$$X_2 = L * x_2 * \frac{1}{t^2} = 2.81 \times 10^{-4} \Omega$$

$$R_2 = L * r_2 * \frac{1}{t^2} = 7.4 \times 10^{-4} \Omega$$

Donde:

- $L = 0.85$  km                      Longitud de la línea, en km
- $r_2 = 0.952$  ohm/km              Resistencia del conductor, en ohm/km
- $x_2 = 0.36$  ohm/km              Reactancia del conductor, en ohm/km
- $t = 33$                               Relación de transformación

### Línea subterránea de distribución en media tensión (13.2 kV)

Para la línea subterránea de media tensión, la resistencia equivalente en el lado de baja tensión del transformador está dada por la siguiente ecuación:

$$X_3 = L * x_3 * \frac{1}{t^2} = 1.02 \times 10^{-5} \Omega$$

$$R_3 = L * r_3 * \frac{1}{t^2} = 2 \times 10^{-5} \Omega$$

Donde:

- $L = 0.16$  km                      Longitud de la línea, en km
- $r_3 = 0.158$  ohm/km              Resistencia del conductor, en ohm/km
- $x_3 = 0.0693$  ohm/km            Reactancia del conductor, en ohm/km
- $t = 33$                                 Relación de transformación

### Línea subterránea de distribución en baja tensión (0.4 kV)

Para el conductor que se encuentra tendido entre el TG BT y el TP SUM, la resistencia y reactancia equivalente del mismo son las siguientes:

$$X_5 = L * x_5 * \frac{1}{n} = 0.0055 \Omega$$

$$R_5 = L * r_5 * \frac{1}{n} = 0.0084 \Omega$$

Donde:

- $L = 0.81$  km                      Longitud de la línea, en km
- $r_5 = 0.21$  ohm/km              Resistencia del conductor, en ohm/km
- $x_5 = 0.136$  ohm/km            Reactancia del conductor, en ohm/km
- $n = 2$                                 Cantidad de ternas

Por lo tanto, la resistencia equivalente en el punto de falla es la siguiente:

$$X_k = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 0.026 \Omega + 0.0055 \Omega = 0.032 \Omega$$

$$R_k = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 0.007 \Omega + 0.0084 \Omega = 0.0159 \Omega$$

La corriente de cortocircuito trifásica en los bornes del tablero es la siguiente:

$$I_{k3}'' = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * \sqrt{R_k^2 + X_k^2}} = 4.92 \text{ kA}$$

Donde:

- $U_n = 380$  V                      Tensión nominal del sistema en el punto de falla, en V

- $c = 0.8$  Factor de tensión
- $R_k = 0.016 \text{ ohm}$  Resistencia equivalente en el punto de falla, en ohm
- $X_k = 0.032 \text{ ohm}$  Reactancia equivalente en el punto de falla, en ohm

La corriente de cortocircuito monofásica en los bornes del tablero es la siguiente:

$$I_{k2}'' = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * 2 * \sqrt{R_k^2 + X_k^2}} = 2.46 \text{ kA}$$

Donde:

- $U_n = 380 \text{ V}$  Tensión nominal del sistema en el punto de falla, en V
- $c = 0.8$  Factor de tensión
- $R_k = 0.016 \text{ ohm}$  Resistencia equivalente en el punto de falla, en ohm
- $X_k = 0.032 \text{ ohm}$  Reactancia equivalente en el punto de falla, en ohm

De forma equivalente, podemos determinar la corriente de cortocircuitos monofásicas y trifásicas en cualquier punto. Los resultados obtenidos para cada tramo se encuentran en el Anexo N°3.

### 3.6. CÁLCULO DE CONDUCTORES Y PROTECCIONES

Según la Norma AEA 90364-7-771 - Punto 19.2, la sección de los conductores y el calibre de las protecciones deben cumplir ciertas condiciones para que se consideren apropiados. A continuación, se desarrollará este cálculo para el tramo TG BT – TP SUM, los conductores y protecciones seleccionados para los demás tramos restantes se pueden observar dentro del Anexo N°3.

Los conductores se dispondrán en ductos de PVC enterrados a 0.7 m de profundidad con respecto al nivel del suelo, según establece la Norma AEA 90364-7-771 - Punto 12.4.2.2, como profundidad mínima de recubrimiento, a una temperatura del terreno de 25°C. Se utilizará una conexión doble terna, la cual se colocará una por cada ducto de PVC.

En base a la corriente de servicio definida en el apartado 3.2, seleccionamos el conductor y la protección de mayor conveniencia.

El conductor seleccionado para el ejemplo antes considerado posee las siguientes características según catalogo:

- Conductor: Retenax Valio
- Marca: Prysmian
- Material: Cobre
- Nivel de tensión: 0.6/1.1 kV
- Aislación: XLPE
- Formación: Unipolar
- Sección: 120 mm<sup>2</sup>

Para esta disposición de tendido, el conductor posee las siguientes características eléctricas:

- Resistencia eléctrica: 0.207 ohm/km
- Reactancia eléctrica: 0.136 ohm/km
- Corriente admisible: 352 A (Método D1)

El interruptor automático seleccionado para este punto posee las siguientes características:

- Modelo: Tmax T4 320 (PR222DS)
- Tipo de interruptor: Automático
- Marca: ABB
- Norma: IEC 60947-2
- Curva: LS
- Polos: 4
- Corriente nominal: 320 A
- Poder de corte: 55 kA

### 3.6.1. PROTECCIÓN CONTRA LAS CORRIENTES DE SOBRECARGA

La característica de funcionamiento u operación de un dispositivo de protección de un cable o un conductor contra las sobrecargas debe satisfacer las dos condiciones siguientes:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1.45 * I_Z$$

Donde:

- $I_B$  Corriente de proyecto, en A.
- $I_Z$  Corriente admisible del conductor a proteger, en A.
- $I_2$  Corriente que asegure el efectivo funcionamiento del dispositivo, en A.
- $I_n$  Corriente asignada o nominal del dispositivo de protección, en A.

Para los dispositivos de protección regulables,  $I_n$  se deberá tomar igual a la intensidad de corriente de la regulación seleccionada.

La intensidad de corriente de operación o disparo seguro  $I_2$  está dada según el tipo de interruptor.

Para pequeños interruptores automáticos (PIA) conforme a IEC 60898:

$$I_2 = 1.45 * I_n; I_n \leq 63 \text{ A (tiempo convencional 1 hora)}$$

$$I_2 = 1.45 * I_n; I_n > 63 \text{ A (tiempo convencional 1 hora)}$$

Para interruptores automáticos conforme a IEC 60947-2:

$$I_2 = 1.3 * I_n; I_n \leq 63 \text{ A (tiempo convencional 1 hora)}$$

$$I_2 = 1.3 * I_n; I_n > 63 \text{ A (tiempo convencional 1 hora)}$$

Verificaremos a continuación las dos condiciones de sobrecarga para el conductor y la protección que se encuentra en el TG BT.

En base al conductor seleccionado y la protección utilizada para el circuito seccional, tenemos las siguientes corrientes:

- $I_B = 150 \text{ A}$  Corriente de proyecto
- $I_Z = 325 \text{ A}$  Corriente admisible del conductor
- $I_n = 320 \text{ A}$  Corriente regulada del interruptor
- $n = 2$  Cantidad de ternas

La primera condición por verificar es la siguiente:

$$\frac{I_B}{n} \leq I_n \leq I_Z$$

Por lo tanto, tenemos:

$$\frac{150 \text{ A}}{2} \leq 320 \text{ A} \leq 325 \text{ A}$$

$$75 \text{ A} \leq 320 \text{ A} \leq 325 \text{ A}$$

Podemos observar que se cumple con la primera condición de sobrecarga.

La segunda condición de sobrecarga es la siguiente:

$$I_2 \leq 1.45 * I_Z$$

Para los interruptores automáticos de corriente nominal superior a 63 A, la corriente de actuación ante sobrecargas  $I_2$  está dada por:

$$I_2 = 1.3 * I_n = 1.3 * 320 \text{ A} = 416 \text{ A}$$

Por lo tanto, tenemos:

$$416 \text{ A} \leq 1.45 * 325 \text{ A}$$

$$416 \text{ A} \leq 471.25 \text{ A}$$

Podemos observar que se cumple con la segunda condición de sobrecarga.

### 3.6.2. PROTECCIÓN CONTRA LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÁXIMA EN LOS DISPOSITIVOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN DE LOS TABLEROS

La capacidad de ruptura del dispositivo de protección ( $P_{dCcc}$ ), será por lo menos igual a la máxima intensidad de corriente de cortocircuito presunta ( $I''_k$ ) en el punto donde el dispositivo está instalado.

$$P_{dCcc} \geq I''_k$$

En base al interruptor seleccionado y al cálculo de corriente de cortocircuito en los bornes del TG BT antes desarrollado, tenemos:

- $P_{dCcc} = 55 \text{ kA}$  Poder de corte del interruptor

- $I''_k = 8.64 \text{ kA}$  Corriente de cortocircuito en el punto de conexión

Reemplazando:

$$55 \text{ kA} \geq 8.64 \text{ kA}$$

Por lo tanto, el interruptor seleccionado cumple con la verificación del poder de corte.

### 3.6.3. PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS FRENTE A LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÁXIMAS

Para garantizar la protección de los conductores se deberá cumplir alguna de las siguientes condiciones dadas en función del tiempo de apertura de los dispositivos.

#### Tiempos de apertura inferiores a 0.1 segundos

Para estos dispositivos la protección de los conductores queda asegurada si se cumple la siguiente expresión:

$$k^2 S^2 \geq I^2 t$$

Donde:

- $I^2 t$  Máxima energía específica pasante aguas abajo del dispositivo
- $S$  Sección nominal del conductor, en  $\text{mm}^2$
- $k$  Factor que depende del material y de la aislación del conductor. Ver [Tabla 27](#).

Tabla 27: Factor K

Aislación de los conductores		k					
		PVC $\leq$ 300 $\text{mm}^2$	PVC $>$ 300 $\text{mm}^2$	EPR / XLPE	Goma 60 °C	Mineral	
						PVC	Desnudo
Temperatura inicial °C		70	70	90	60	70	105
Temperatura final °C		160	140	250	200	160	250
Material conductor	Cobre	115	103	143	141	115	135 / 115 <sup>a</sup>
	Aluminio	76	68	94	93	--	93
	Uniones estañadas en conductor de cobre	115	--	--	--	--	--

<sup>a</sup> Este valor debe ser empleado para cables desnudos expuestos al contacto

La característica de máxima energía específica pasante  $I^2 t$  depende de la clase de limitación que posee el elemento de protección. Para los interruptores automáticos según Norma [IEC 60898](#) esta característica debe ser provista por el fabricante. En los productos que son fabricados según Norma [IEC 60947-2](#), la información es entregada por el fabricante, en forma de curvas.

Para los interruptores automáticos fabricados según las Normas [IEC 60898](#) y [EN 60898](#), según el poder de corte asignado y la clase del interruptor, obtenemos las clases de limitaciones de energía indicados en la [Tabla 28](#).

Tabla 28: Clases de limitaciones de energía

Poder de corte asignado [A]	Clases de limitaciones de energía				
	Clase 1	Clase 2		Clase 3	
	$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]	$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]		$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]	
	Tipos B y C	Tipo B	Tipo C	Tipo B	Tipo C
3000	Sin límite especificado	31 000	37 000	15 000	18 000
4500		60 000	75 000	25 000	30 000
6000		100 000	120 000	35 000	42 000
10000		240 000	290 000	70 000	84 000

Poder de corte asignado [A]	Clases de limitaciones de energía				
	1	2		3	
	$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]	$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]		$I^2 \cdot t$ máx. [A <sup>2</sup> s]	
	Tipos B y C	Tipo B	Tipo C	Tipo B	Tipo C
3000	Sin límite Especificado	40 000	50 000	18 000	22 000
4500		80 000	100 000	32 000	39 000
6000		130 000	160 000	45 000	55 000
10000		310 000	370 000	90 000	110 000

### Tiempos de apertura de 0.1 a 5 segundos

Para estos cortocircuitos, un determinado valor de la corriente de cortocircuito elevara la temperatura del conductor desde su temperatura máxima admisible en servicio nominal hasta su temperatura límite admisible. Se considerará protegido el conductor cuando se cumpla la siguiente condición:

$$S \geq \frac{I \cdot \sqrt{t}}{k}$$

Dónde:

- I Corriente de cortocircuito, en A
- t Tiempo de falla, en segundos
- k Factor que depende del material del conductor y su material de aislación
- S Sección del conductor, en mm<sup>2</sup>

Para la protección seleccionada, debido a que esta actúa en un tiempo entre 0.1 y 5 segundos para la corriente de cortocircuito máxima presente, aplicamos el segundo criterio de tiempo de apertura. Por lo tanto, la sección admisible para la corriente de cortocircuito en el TP SUM es la siguiente:

$$S_{adm} = \frac{I * \sqrt{t}}{k} = 21.9 \text{ mm}^2$$

Dónde:

- $I = 4917.38 \text{ A}$  Corriente máxima de cortocircuito
- $t = 0.4 \text{ seg}$  Tiempo de falla
- $k = 142$  Factor que depende del material del conductor y aislación
- $S_{adm}$  Sección admisible del conductor, en  $\text{mm}^2$

Verificamos que se cumpla la condición antes descrita:

$$120 \text{ mm}^2 \geq 21.9 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la sección del conductor seleccionada admite la corriente de cortocircuito establecida durante el tiempo de apertura establecido por el interruptor automático.

### 3.6.4. PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS FRENTE A LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO MÍNIMAS

Entendemos por corriente de cortocircuito mínima a, dado un circuito con un interruptor de cabecera, el menor valor de corriente de cortocircuito que detecta el interruptor, el cual es generado por una falla en el punto más lejano del mismo. El menor valor de corriente de cortocircuito estará dado por una falla de carácter monofásica.

Para el tramo de circuito en desarrollo (TG BT-TP SUM), el menor valor de corriente de cortocircuito que vera el interruptor automático ubicado en el TG BT será la generada por una falla monofásica en los bornes aguas arriba del TP SUM, como se indica en la [Figura 7](#).

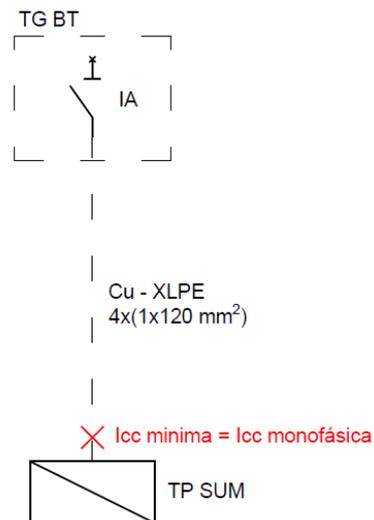


Figura 7: Corriente de cortocircuito mimina

Por lo tanto, para asegurarnos de que los interruptores automáticos despejen de manera instantánea la falla, los umbrales de corrientes de regulación magnética de los mismos deben encontrarse por debajo del valor calculado de corriente de cortocircuito mínima.

$$I_m \leq I''_{k2}$$

De esta manera, nos aseguramos de que los interruptores actúen de forma instantánea ante un cortocircuito en cualquier punto del circuito, sea este de carácter trifásico o monofásico.

Como mencionamos con anterioridad, para el interruptor automático ubicado en el TG BT, la corriente de cortocircuito monofásica en los bornes del TP SUM es la siguiente:

$$I''_{k2} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * 2 * \sqrt{R_k^2 + X_k^2}} = \mathbf{2.46 \text{ kA}}$$

Donde:

- $U_n = 380 \text{ V}$  Tensión nominal del sistema en el punto de falla
- $c = 0.8$  Factor de tensión
- $R_k = 0.016 \text{ ohm}$  Resistencia equivalente en el punto de falla
- $X_k = 0.032 \text{ ohm}$  Reactancia equivalente en el punto de falla

Por lo tanto, regulamos la corriente de actuación magnética del interruptor ubicado en el TG BT en el siguiente valor:

$$I_m = 2240 \text{ A}$$

De esta manera, se verifica la siguiente condición:

$$I_m \leq I''_{k2}$$

$$2240 \text{ A} \leq 2460 \text{ A}$$

Si bien el  $P_{dCcc} = 55 \text{ kA}$  (Poder de corte del interruptor), la regulación designada verifica la actuación instantánea del interruptor ante la presencia de una falla de corriente de cortocircuito mínima, como se indica en la Figura 8.

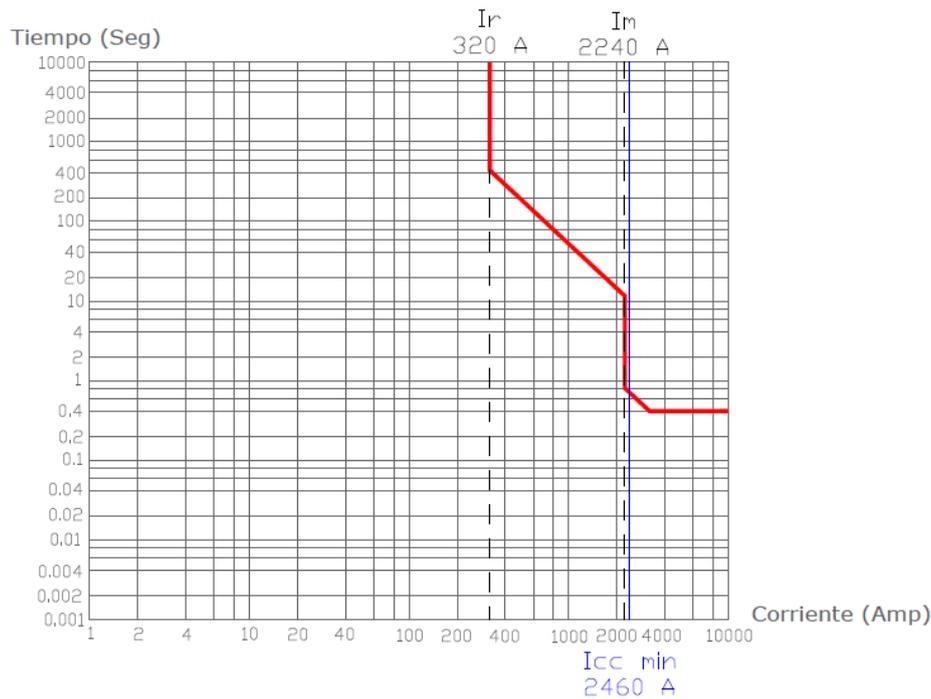


Figura 8: Curva del interruptor

### 3.6.5. CAÍDA DE TENSIÓN

La **Norma AEA 90364-7-771 – Punto 13** establece que la caída de tensión para la totalidad del circuito, desde la acometida hasta la última boca, no posea una caída de potencial mayor a un determinado límite impuesto por el tipo de circuito que se trate. Así, la caída de potencial no debe superar:

- Un 5% del valor nominal de tensión en circuitos de uso específico que alimente solo motores.
- Un 3% del valor nominal de tensión en circuitos terminales, de uso general o especial y específico, para iluminación.

En ningún caso la caída de tensión en los circuitos seccionales deberá exceder del 1%. Por lo tanto, el valor de la máxima caída de tensión en los circuitos terminales que no alimenten motores será de 2% y en los que alimentan motores del 4%, tomado a partir del tablero seccional correspondiente.

Con las características de los conductores y el conocimiento del factor de potencia, la caída de tensión queda definida como:

$$\Delta U = k * l * \frac{I_b}{n} * (r * \cos \theta + x * \sin \theta) = 2.6 \text{ V}$$

Donde:

- $l = 0.081 \text{ km}$  Longitud del tramo
- $I_b = 150.06 \text{ A}$  Corriente de proyecto

- $r = 0.21 \text{ ohm/km}$  Resistencia del conductor
- $x = 0.14 \text{ ohm/km}$  Reactancia del conductor
- $\text{Cos } \theta = 0.85$  Factor de potencia
- $k = 1.73$  Constante igual a 2 para  $U_n = 220 \text{ V}$  o 1.73 para  $U_n = 380 \text{ V}$
- $n = 2$  Cantidad de ternas

Por lo tanto, la caída de tensión porcentual con respecto al nivel de tensión inicial de 380 V es el siguiente:

$$\Delta U = \frac{2.6 \text{ V}}{380 \text{ V}} = 0.68 \% < 1 \%$$

Por lo tanto, para el tramo de línea analizado entre el TG BT y TP SUM, debido a que este corresponde a un circuito seccional y su caída de tensión porcentual es menor al 1% de la tensión nominal, el conductor cumple con la condición establecida.

### 3.6.6. CONDUCTORES E INTERRUPTORES SELECCIONADOS

Los conductores y protecciones seleccionadas para los circuitos seccionales y terminales en baja tensión son los indicados en el Anexo N°3.

### 3.7. ESQUEMA DE CONEXIÓN A TIERRA

La norma AEA 90364-7-771 exige que todas las masas sean vinculadas a tierra, además de que haya una continuidad eléctrica entre ellas para lograr una equipotencialidad de masas y el correcto funcionamiento de protecciones.

Esto lleva a que cada edificio posea su propio sistema de conexión a tierra y que cada columna de alumbrado público y farola posea su propia jabalina. A su vez, todos estos sistemas deben estar vinculados entre ellos.

Para suministros en BT desde la red pública, en el esquema TT, la jabalina de servicio se encuentra alejada de la jabalina de seguridad de la instalación. Ver Figura 9.

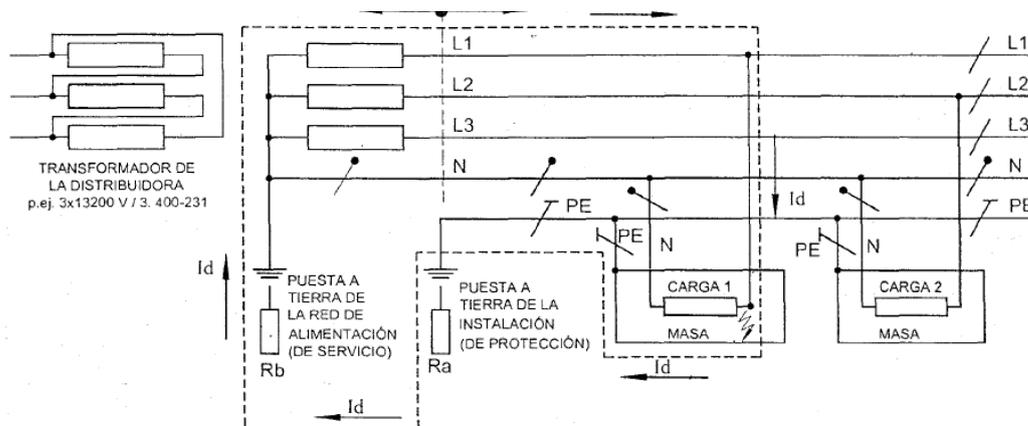


Figura 9: Esquema de tierra TT

Dado que nuestro predio por la potencia simultánea a demandar (145.78 kW) está proyectado para ser alimentado en MT desde la red pública según E.T. de la obra (Ver Anexo N°5), el esquema de conexión es TN-S con tierra adicional Neutro a (T) – Masas a (N) con conductores N y PE (S) separados.

Por otra parte, dado que los dispositivos diferenciales no tienen capacidad de ruptura adecuada, se los protegerá en todos los circuitos como ya se mencionó en 3.6.3 y 3.6.4 con interruptores automáticos de Pdc (poder de corte) adecuado.

Un esquema TN-S tiene una distribución como se indica en la Figura 10.

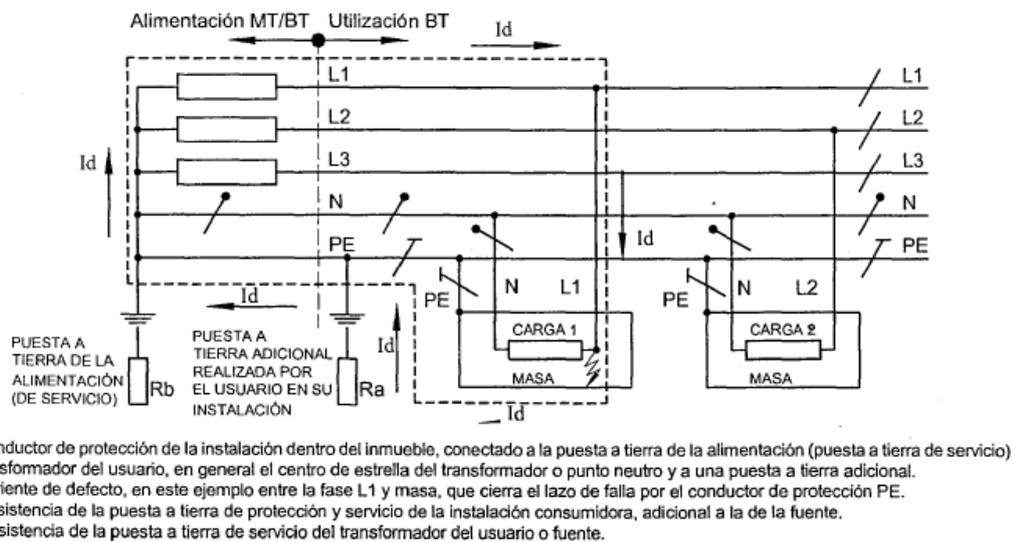


Figura 10: Esquema TN-S

### 3.8. ENERGIA FOTOVOLTAICA

En el presente proyecto, se contempló el uso de energías renovables (energía solar) con el fin de hacer un uso sustentable y el cuidado del medio ambiente.

#### 3.8.1. SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para comenzar se debe definir la forma que poseerá el sistema, la cual, en este caso, será on-grid. Este tipo de distribución se compone de la manera que se indicada en la Figura 11.

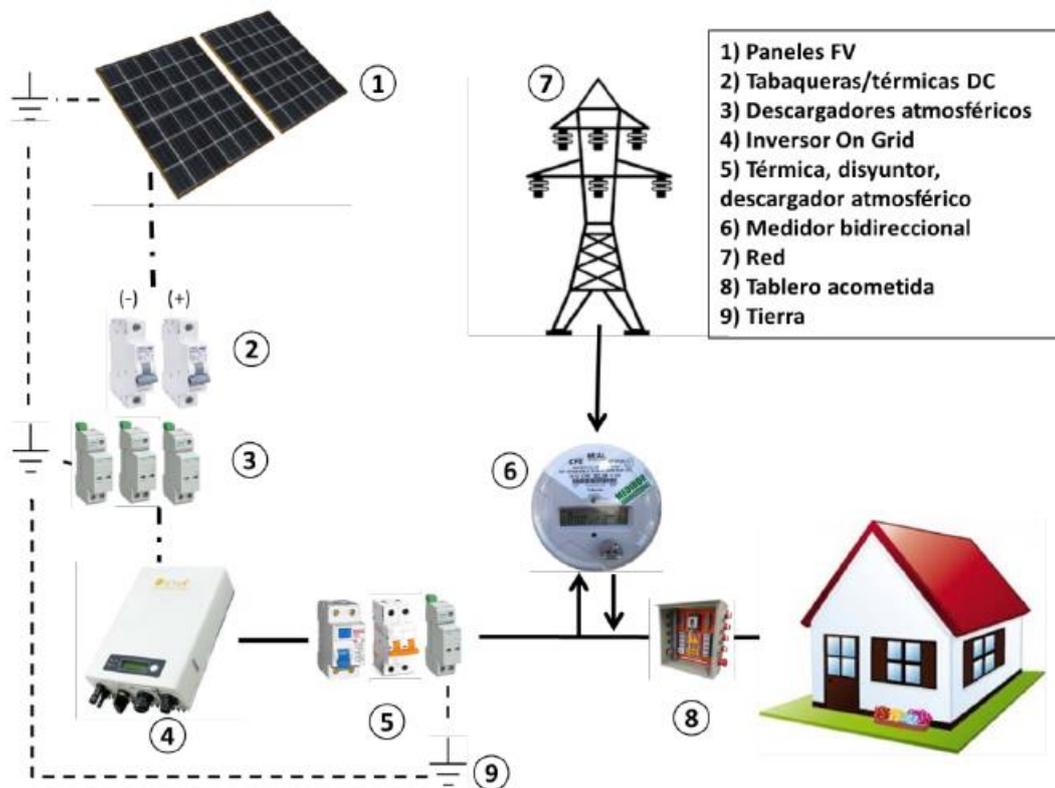


Figura 11: Sistema on-grid

Como se puede observar, el fin de esta es vincular la alimentación mediante los paneles solares y, a su vez, por la red eléctrica.

Si la energía generada por la central fotovoltaica es la suficiente para energizar la totalidad de las cargas, no existirá consumo eléctrico mediante la red. Si en cambio, los paneles no pudieran proveer la energía necesaria a las cargas, se tomará de la red. Finalmente, en el caso que el sistema solar proveyera un excedente, el mismo se entregará a la red.

### 3.8.2. COMPONENTES DEL SISTEMA

Dada la disposición mostrada anteriormente, podemos definir los distintos elementos que conforman el sistema.

#### 3.8.2.1. PANELES SOLARES

Un panel solar o fotovoltaico es el encargado de transformar la energía electromagnética solar (luz solar) en eléctrica gracias al efecto fotoeléctrico. Son creados de un semiconductor (generalmente silicio), y dependiendo de la forma de los cristales se tienen dos definiciones diferentes:

- **Monocristalinos:** Estos tienen un único cristal continuo en toda la extensión del panel, es decir, está formado por solo un cristal. El proceso para crear este tipo es complejo y costoso, lo que aumenta su precio. El hecho de que solo este conformado por un único cristal le da la capacidad de poseer sus átomos ordenados, confiriendo la característica de una mejor eficiencia al convertir energía solar en eléctrica.

- Policristalinos: A diferencia de los anteriores, este panel se caracteriza por el hecho de estar formado por varios cristales distintos. Como es de notar, el precio de estos es más económicos ya que no requiere de varios procesos de fabricación como si lo hacen los monocristalinos. La desventaja principal es su menor eficiencia debido a las distintas orientaciones que poseen los distintos cristales.

#### **3.7.2.1. INVERSOR**

El inversor es uno de los componentes más importantes del sistema fotovoltaico. Un panel solar genera energía eléctrica continua, por lo que es necesario realizar la conversión a alterna, para lo que se utiliza este elemento.

Debido al tipo de esquema que se utilice, el inversor puede ser off-grid u on-grid. La diferencia principal entre ambos es la de las propiedades eléctricas de la energía que entrega, debido a que, si esta debe ser inyectada a la red, debe cumplir con ciertos requisitos tales como la amplitud de la onda, la frecuencia, entre otros. Por ello, un inversor on-grid entrega energía apta para la entrega a la red, mientras que un off-grid entrega otras características ya que solo es de consumo propio.

#### **3.7.2.2. MEDIDOR BIDIRECCIONAL**

Como ya se mencionó, se puede dar el caso en el que la producción de energía eléctrica por medio solar sea mayor a la requerida por la carga, lo que significa la inyección del excedente en la línea. Así, el usuario ya no es solo consumidor, si no que toma el rol de generador. Gracias a la Ley Nacional 27.424- Ley de Generación distribuida, el consumidor puede ahora vender a la contratista la energía excedente y el cálculo final entre lo consumido y generado se da mediante un medidor bidireccional, el cual “observa” tanto la energía consumida como la generada.

#### **3.7.2.3. CONDUCTORES Y PROTECCIONES**

Como todo sistema eléctrico, este está compuesto por conductores y, a su vez, todos los elementos deben ser protegidos contra las diferentes fallas o imprevistos que puedan generarse. Por ello, es necesario agregar las protecciones contra cortocircuitos, sobrecargas y descargas atmosféricas necesarias.

### **3.7.3. SELECCIÓN DE COMPONENTES**

#### **3.7.3.1. PANELES SOLARES**

Dado que la eficiencia que consiguen los paneles solares monocristalinos sobre los policristalinos es mayor, y la diferencia de precio no es considerable, se seleccionan estos primeros.

Los paneles en cuestión son de marca SOLARTEC modelo SOL-72PE-370M, de 370W cada uno. En el Anexo N°4 pueden verse las características mecánicas y eléctricas de los mismos.

#### **3.7.3.2. INVERSOR**

Para poder seleccionar correctamente el inversor, es necesario conocer cuanta energía será posible generar con los paneles seleccionados.

Estos irán ubicados en el techo del SUM. Se elige esta ubicación debido a que es la más alta posible dentro del complejo, lo que significa que no existirán sombras sobre estos a lo largo del año.

Las dimensiones útiles del techo son 34 metros de longitud por 7 metro de ancho. Teniendo en cuenta que cada panel ocupa un espacio de 2x1 metros, la cantidad de paneles que caben es de 102, distribuidos en 6 cadenas de 17 paneles.

La energía entregada por el sol debe obtenerse de los mapas de irradiación global sobre el plano horizontal y luego afectarlo por un coeficiente que tiene en cuenta la orientación e inclinación del panel. Todo esto puede obtenerse de los anexos de la “Guía del Recurso Solar” que provee la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética y puede verse en el Anexo N°4.

Para poder realizar un correcto dimensionamiento de la energía, es necesario definir una hora solar pico (HSP) la cual es la energía por unidad de superficie que se recibiría con una irradiancia solar de 1000 W/m<sup>2</sup> constantes durante una hora. Esto se puede observar en la Figura 12.

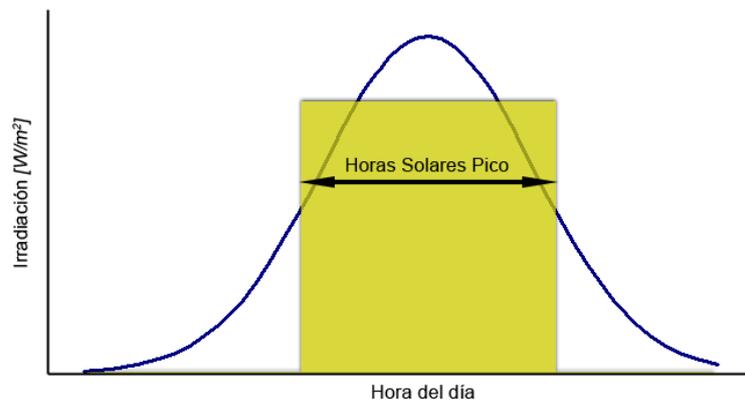


Figura 12: Irradiación vs Horas del día

Con esta información, la potencia máxima generada por los paneles (generando 370W cada uno) se calculará:

$$P_{tot,max} = n * P_{pan,max}$$

Donde:

- $P_{tot,max}$  es la potencia máxima generada por el sistema completo.
- $N$  es la cantidad de paneles.
- $P_{pan,max}$  es la potencia máxima generada por un solo panel

Finalmente, la energía generada por todo el sistema es:

$$E_{TOT} = P_{tot,max} * HSP$$

Estos cálculos pueden observarse dentro del Anexo N°4.

En base a los resultados, el inversor seleccionado es de marca Growatt modelo MID 30-KTL3 cuya máxima potencia tolerada es de 45 kW, valor superior al obtenido. La totalidad de las especificaciones técnicas se encuentran también en el Anexo N°4.

### 3.7.3.3. MEDIDOR BIDIRECCIONAL

El medidor bidireccional será instalado por el E.P.E.N. según las normativas propias de este ente.

### 3.7.3.4. CONDUCTORES Y PROTECCIONES

#### Conductores

Los conductores deben seleccionarse de forma que cumplan con dos condiciones esenciales:

- Deben soportar correctamente la corriente cuando ocurra un cortocircuito.
- Deben generar una caída de tensión menor al 3%.

Cuando un cortocircuito se genera en una de las cadenas de paneles, circulará hacia la falla, por un lado, la corriente de cortocircuito de la propia cadena (igual a la corriente de cortocircuito de un solo panel) y por otro lado, las demás cadenas aportarán en conjunto a la falla. Esto puede entenderse a través de la Figura 13.

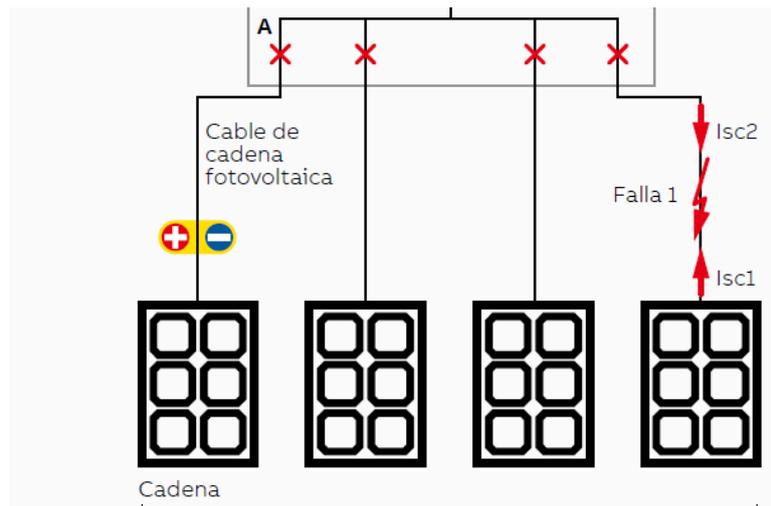


Figura 13: Corriente de cortocircuitos en sistema de paneles

Así, en donde se encuentra la falla 1, circulará la corriente de cortocircuito  $I_{SC1}$  perteneciente a la cadena en falla, mientras que además circulará  $I_{SC2}$ , la cual es la suma de las corrientes de cortocircuito de las demás cadenas. De la imagen podemos establecer la siguiente relación entre ambas corrientes:

$$I_{SC2} = (n - 1) * I_{SC1}$$

Es de notar que se cumple la propiedad:

$$I_{SC1} \leq I_{SC2}$$

Solo serán iguales si se cumple que el número de cadenas en total es de 2.

Esto significa que la corriente con la que deben dimensionarse los conductores debe ser  $I_{SC2}$ .

Esta última tiene entonces un valor de:

$$I_{SC2} = 49.5 A$$

Los conductores por utilizar son de marca Prysmian, modelo Exzhellent Class Solar. Los datos técnicos del mismo pueden verse en el Anexo N°4.

Uno de los datos aportados por el fabricante es la caída de tensión por Amper Transportado y unidad de longitud del conductor [ $V/(A \cdot km)$ ], dependiendo de la sección utilizada.

Por ende, la caída de tensión se calculará como sigue:

$$\Delta V = GDT * I_{SC} * L$$

La mínima sección que cumple con estas imposiciones es  $16 \text{ mm}^2$ .

### Protecciones

Dentro de las protecciones se seleccionaron protecciones contra cortocircuitos y contra sobretensiones para la generación en corriente continua.

Para la selección de fusibles debemos tener en cuenta que se colocará un fusible por cada cadena y que, además, estos vienen fabricados con dos características a determinar: la tensión nominal de funcionamiento y la corriente nominal.

Con respecto a la tensión nominal de funcionamiento, es necesario que sea superior a la diferencia de potencial de la cadena, es decir, si tenemos 17 paneles y un coeficiente de seguridad de 1.2:

$$V_{n,f} > V_{OC,TOT} = 1.2 * N_P * V_{OC} = V$$

Por lo tanto, la tensión nominal del fusible será de 1000V.

Con respecto a la corriente nominal del fusible, debemos asegurarnos de que este actúe contra cortocircuitos. Para esto, la corriente nominal del fusible debe cumplir:

$$1.5 * I_{SC} \leq I_N \leq 2.4 * I_{SC}$$

Donde  $I_{SC}$  es la corriente de cortocircuito de un panel.

Finalmente, tenemos:

$$14,76 A \leq I_N \leq 23,616 A$$

Además, un fusible debe poder proteger a los paneles contra corrientes inversas. La corriente inversa se produce cuando una falla ocasiona que un panel se vuelva pasivo y comience a consumir y disipar energía en vez de generarla. Esto podría dañar irreversiblemente al panel por

lo que es necesario protegerlo. En las características técnicas que posee el panel, el fabricante indica que la corriente máxima inversa tolerable es de 20 A, por lo que debe cumplirse que:

$$I_N < 20A$$

Con todo esto en cuenta, podemos definir que el fusible debe tener una corriente nominal de 15 A. Así, el fusible seleccionado es de la marca ABB, modelo E 915F PV.

Para seleccionar la protección contra sobretensiones debemos conocer los tipos que existen con el fin de determinar el mejor para la instalación:

- TIPO 1: Estos SPD son utilizados cuando existe un sistema de protección contra rayos instalado (pararrayos, cable de guardia, etc.) y una instalación a tierra. Son capaces de descargar corrientes debidas a contacto directo.
- TIPO 2: Al contrario que los de TIPO 1, son utilizados sin sistema de protección contra rayos y son capaces de descargar corrientes generadas por contactos indirectos, las cuales inducen sobretensiones en el sistema.
- TIPO 3: Es una combinación de ambos, pero su capacidad de descarga es demasiada baja por lo que se debe tener cuidado donde usarlos.

Debido a que la superficie donde se encuentran los paneles no es significativa con el área abarcado por el complejo, y si bien no se trata del punto más alto del complejo (existen luminarias, árboles y demás, que lo sobrepasan) se consideró necesaria la aplicación de un sistema de protección contra rayos. Por esto, es necesario que el descargador sea de TIPO 2. El seleccionado es de la marca FINDER, modelo 7P.26.9.000.x015.

Las características, tanto del fusible como del SPD pueden ser analizados en el [Anexo N°4](#).

Para las protecciones del lado de corriente alterna fue necesario seleccionar un interruptor termomagnético y un diferencial. Para ello, notamos que de los datos técnicos se nos indica que la potencia nominal del inversor es de 30 kW. Esto da una corriente de 45 A aproximadamente. El inversor es capaz de entregar hasta 50,5 A máximos, con lo que es necesario protegerlo contra sobre corrientes mediante una termomagnética de 50 A. Además, la corriente de cortocircuito en la SET es de 8.64 kA (ver sección [3.5.](#)), lo que significa que este debe tener un poder de corte de al menos 10 kA.

En cuanto al interruptor diferencial, es necesario que posea una corriente diferencial de 30 mA, y que además cumpla con la condición de tener una corriente nominal igual o mayor a la del interruptor termomagnético. Esto significa que  $I_n=50$  A.

#### **3.7.4. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO VS COSTO DE LA ENERGÍA DEL E.P.E.N.**

Se realizó un análisis económico de la rentabilidad del sistema fotovoltaico antes desarrollado, basándonos en el tiempo de amortización del sistema en base al ahorro energético que este brinde. Se considero un nivel de inflación nulo.

### 3.7.4.1. COSTO DE ENERGIA DEL E.P.E.N.

En base al Cuadro Tarifario del E.P.E.N. establecido en el mes de agosto del año 2022 (Ver Anexo N°5), debido a que el establecimiento requiere un suministro de potencia mayor a 100 kW en media tensión, la categoría de tarifa será la correspondiente a **T4-MT – GRANDES DEMANDAS ESPECIALES EN MEDIA TENSION**.

Esta tarifa se compone de los siguientes cargos:

- Cargo fijo: Se trata de aquel compuesto por la suma del servicio prestado por el E.P.E.N. por transporte de Potencia por sus instalaciones, más el costo de la potencia en el mercado spot, más el valor medio de los cargos a abonar a la Distro Comahue, Transener S.A., Gastos de CAMMESA, presupuesto del ENRE a absorber por el E.P.E.N. y el del EPRE. Este cargo solo depende del nivel de potencia a contratar.
- Cargo variable: Se calcula sumando el valor promedio del costo de la energía en el mercado spot, más el valor del Fondo Nacional de la Energía Eléctrica creado por Ley 24065, más el servicio prestado por el E.P.E.N. por transporte de Energía por sus instalaciones. Este cargo solo depende del consumo de energía mensual.

Para esta categoría, se presentan los siguientes costos mensuales en pesos argentinos (\$ARS) para suministros de potencias menores a 300 kW:

- Capacidad de suministro (Cargo fijo) 905.77 \$/kW-mes
- Cargo variable 8.13 \$/kWh
- Cargo adicional variable 0.159 \$/kWh

Para este análisis, se consideraron únicamente los cargos variables de tarifa, debido a que el uso del sistema fotovoltaico no modificara la potencia a contratar (cargo fijo), si no que nos generara un ahorro en cuanto a gasto de energía consumida (cargos variables).

### 3.7.4.2. INVERSION INICIAL SISTEMA FOTOVOLTAICO

En base a precios estimados actuales [2] y considerando el costo de mano de obra igual a el 30% del costo total de materiales, en la *Tabla 29* se presenta el costo inicial de inversión del sistema fotovoltaico valuado en pesos argentinos (\$ARS).

Tabla 29: Inversión inicial sistema fotovoltaico

ITEM	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
PANEL SOLAR SOLARTEC 370 W	\$ 68.000,00	102	\$ 6.936.000,00
INVERSOR GROWATT MID 30-KTL3	\$ 1.039.506,00	1	\$ 1.039.506,00
MEDIDOR BIDIRECCIONAL	\$ 30.000,00	1	\$ 30.000,00
CONDUCTOR PRYSMIAN EXZHELLENT CLASS SOLAR	\$ 948,60	50	\$ 47.430,00
FUSIBLES ABB E915F PV	\$ 981,00	6	\$ 5.886,00
DESCARGADOR DE SOBRETENSION FINDER	\$ 21.000,00	6	\$ 126.000,00
MANO DE OBRA (30% DEL COSTO TOTAL DE MATERIALES)			\$ 2.455.446,60
<b>TOTAL INVERSION INICIAL</b>			<b>\$ 10.640.268,60</b>

Considerando en la actualidad una cotización de 1 \$USD = 155 \$ARS, el costo total de inversión inicial del sistema fotovoltaico equivaldría a **68.646,89 \$USD**.

Nota: En dicho costo no se consideraron otros gastos denominados: administrativos, imprevistos y ni impuestos.

### 3.7.4.3. AHORRO DE ENERGIA ANUAL

En base a los establecido en el inciso 3.7.3.2. para el cálculo de la energía generada diariamente por el sistema fotovoltaico, calculamos la energía generada en cada mes del año mediante la siguiente ecuación:

$$EMG = ETG * d$$

Donde:

- EMG Energía mensual generada, en kWh
- ETG Energía total diaria generada, en kWh
- d Cantidad de días del mes

En la Tabla 30 se presenta la energía generada en cada mes del año, la cual nos presenta el ahorro de energía mensual dado por el sistema fotovoltaico.

Tabla 30: Ahorro de energía mensual

MES	CANTIDAD DE PANELES	POTENCIA MAX. PANEL [W]	POTENCIA MAX. TOTAL [kW]	HORAS SOLARES PICO [hs]	ENERGIA TOTAL GENERADA [kWh]	ENERGIA MENSUAL GENERADA [kWh]
ENERO	102	370	37,74	7,60	286,82	8891,54
FEBRERO	102	370	37,74	6,67	251,57	7547,25
MARZO	102	370	37,74	5,20	196,32	5889,70
ABRIL	102	370	37,74	3,36	126,81	3804,19
MAYO	102	370	37,74	2,18	82,27	2468,20
JUNIO	102	370	37,74	2,00	75,40	2262,14
JULIO	102	370	37,74	2,20	83,03	2490,84
AGOSTO	102	370	37,74	2,97	112,01	3360,37
SEPTIEMBRE	102	370	37,74	4,12	155,49	4664,66
OCTUBRE	102	370	37,74	5,86	221,08	6632,43
NOVIEMBRE	102	370	37,74	7,00	264,18	7925,40
DICEMBRE	102	370	37,74	7,80	294,37	9125,53

En base a estos valores de energía mensual y a los costos variables de tarifa desarrollados en el inciso anterior, el ahorro económico mensual de tarifa estará dada por la siguiente ecuación:

$$AM = EMG * (CV + CAV)$$

Donde:

- AM: Ahorro mensual de costo de energía, en \$ARS
- CV: Cargo variable, en \$/kWh
- CAV: Cargo adicional variable, en \$/kWh
- EMG: Energía mensual generada, en kWh

En la Tabla 31 se indican los resultados obtenidos.

Tabla 31: Ahorro mensual

MES	ENERGIA MENSUAL GENERADA [kWh]	CARGO VARIABLE (T4) [\$/kWh]	CARGO ADICIONAL VARIABLE (T4) [\$/kWh]	AHORRO MENSUAL [\$]
ENERO	8891,54	8,13	0,1519	\$ 73.638,88
FEBRERO	7547,25	8,13	0,1519	\$ 62.505,53
MARZO	5889,70	8,13	0,1519	\$ 48.777,94
ABRIL	3804,19	8,13	0,1519	\$ 31.505,94
MAYO	2468,20	8,13	0,1519	\$ 20.441,35
JUNIO	2262,14	8,13	0,1519	\$ 18.734,78
JULIO	2490,84	8,13	0,1519	\$ 20.628,89
AGOSTO	3360,37	8,13	0,1519	\$ 27.830,24
SEPTIEMBRE	4664,66	8,13	0,1519	\$ 38.632,28
OCTUBRE	6632,43	8,13	0,1519	\$ 54.929,10
NOVIEMBRE	7925,40	8,13	0,1519	\$ 65.637,37
DICIEMBRE	9125,53	8,13	0,1519	\$ 75.576,74

Realizando una sumatoria del ahorro mensual, obtenemos un ahorro anual de tarifa de 538.839,05 \$ARS/año (a valores de precios estables sin inflación). Considerando en la actualidad una cotización de 1 \$USD = 155 \$ARS, el ahorro anual de tarifa provisto por del sistema fotovoltaico equivaldría a **3.476,38 \$USD/año**.

#### 3.7.4.4. AMORTIZACION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

El tiempo de amortización del sistema fotovoltaico en base al ahorro de energía que este nos provee este dado por la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo amortizacion} = \frac{\text{Inversion inicial sistema fotovoltaico}}{\text{Ahorro anual de energia}} \cong 20 \text{ años}$$

Donde:

- Inversión inicial sistema fotovoltaico 68.646,89 \$USD
- Ahorro anual de energía 3.476,38 \$USD/año

## 4. SUB-ESTACIÓN TRANSFORMADORA

Como ya se mencionó en la introducción, la cantidad de potencia absorbida por el complejo requiere el contrato de suministro de energía en Media Tensión, es decir en 13.2 kV. Este factor hace necesario la instalación de un centro de transformación o sub-estación transformadora (SET) en el interior del complejo, que provea de energía en Baja Tensión a las instalaciones, el cual estará ubicado en el punto más conveniente. Esta ubicación se puede observar en el Plano N°10, el cual se encuentra dentro del Anexo N°3.

Esta subestación se compone de un transformador de distribución, además de celdas de medición y maniobra. Debido a que, según lo solicitado en la factibilidad de E.P.E.N., la cabina de medición se debe encontrar sobre la línea municipal del terreno, se propone colocar dos centros de transformación prefabricados de superficie (PFU). Uno de estos ubicado sobre la línea municipal (cabina de medición), en el cual se colocarán celdas de entrada/salida de línea de media tensión, de medición y de protección. El PFU restante ubicado dentro de la locación (cabina de transformación) contará con celdas de distribución secundarias de entrada de línea de media tensión y de protección, además de un transformador de distribución de 13.2/0.4 kV.

#### 4.1. POTENCIA DEL TRANSFORMADOR

Para determinar la potencia aparente del transformador necesaria para alimentar el predio, debemos tener en cuenta la carga simultánea a instalar en el mismo. La potencia aparente trifásica simultánea total del predio está dada por la siguiente ecuación:

$$S_{\text{total}} = \frac{P_{3F \text{ total sim.}}}{\cos \theta} = \frac{\Sigma P_{\text{total sim.}}}{\cos \theta} \text{ [VA]}$$

Donde:

- $P_{\text{total sim}}$  Potencia total simultánea por fase, en W
- $\cos \theta$  Factor de potencia

La potencia total simultánea por fase está dada por la suma de las potencias totales simultáneas por fase de cada tablero, siendo:

$$\Sigma P_{\text{total sim.}} = P_{\text{total sim.-R}} + P_{\text{total sim.-S}} + P_{\text{total sim.-T}} \text{ [W]}$$

$$P_{\text{total sim.-R}} = FS * (I_{\text{sim.TP SUM-R}} + I_{\text{sim.TP PIL-R}} + I_{\text{sim.TP IL-R}}) * \cos \theta * 220 \text{ V [W]}$$

$$P_{\text{total sim.-S}} = FS * (I_{\text{sim.TP SUM-S}} + I_{\text{sim.TP PIL-S}} + I_{\text{sim.TP IL-S}}) * \cos \theta * 220 \text{ V [W]}$$

$$P_{\text{total sim.-T}} = FS * (I_{\text{sim.TP SUM-T}} + I_{\text{sim.TP PIL-T}} + I_{\text{sim.TP IL-T}}) * \cos \theta * 220 \text{ V [W]}$$

En base a las corrientes de proyecto calculadas en el apartado 3.2., y considerando un factor de simultaneidad de 0.7 para cada edificio, las corrientes totales simultáneas por fase de los tableros principales del establecimiento son los indicados en la [Tabla 32](#).

Tabla 32: Corriente total de cada tablero

Cargas	Corriente [A]		
	Fase R	Fase S	Fase T
TP SUM	150,06	144,97	145,00
TP PILETA	71,48	63,48	67,75
TP GARITA	0,00	1,79	0,00
TP ILUMINACION EXT.	11,02	9,52	9,41

Debido a que se considerara la una ampliación del predio a futuro, se proyectara una potencia de reserva equivalente a 100 A trifásicos. Por lo tanto, y considerando una simultaneidad general de 0.8, la corriente total simultánea en el tablero general del establecimiento es la indicada en la [Tabla 33](#).

Tabla 33: Corriente total simultanea

Cargas	Corriente [A]		
	Fase R	Fase S	Fase T
TP SUM	150,06	144,97	145,00
TP PILETA	71,48	63,48	67,75
TP GARITA	0,00	1,79	0,00
TP ILUMINACION EXT.	11,02	9,52	9,41
RESERVA	100,00	100,00	100,00
<b>TOTAL</b>	<b>332,56</b>	<b>319,76</b>	<b>322,16</b>
<b>TG</b>	<b>266,05</b>	<b>255,80</b>	<b>257,73</b>

Por lo tanto, la potencia total simultanea de cada fase estará dada por:

$$P_{\text{total sim.-R}} = FS * (I_{\text{sim.TP SUM-R}} + I_{\text{sim.TP PIL-R}} + I_{\text{sim.TP IL-R}}) * \cos \theta * 220 V$$

$$P_{\text{total sim.-R}} = 226.05 A * 0.85 * 220 V = 49751 W$$

$$P_{\text{total sim.-S}} = FS * (I_{\text{sim.TP SUM-S}} + I_{\text{sim.TP PIL-S}} + I_{\text{sim.TP IL-S}}) * \cos \theta * 220 V$$

$$P_{\text{total sim.-S}} = 255.8 A * 0.85 * 220 V = 47835 W$$

$$P_{\text{total sim.-T}} = FS * (I_{\text{sim.TP SUM-T}} + I_{\text{sim.TP PIL-T}} + I_{\text{sim.TP IL-T}}) * \cos \theta * 220 V$$

$$P_{\text{total sim.-T}} = 257.73 A * 0.85 * 220 V = 48196 W$$

La potencia trifásica total simultanea será:

$$\Sigma P_{\text{total sim.}} = P_{\text{total sim.-R}} + P_{\text{total sim.-S}} + P_{\text{total sim.-T}} [W]$$

$$\Sigma P_{\text{total sim.}} = 49751 W + 47835 W + 48196 W = 145782 W$$

Por lo tanto, la potencia aparente a suministrar por el transformador estará dada por:

$$S_{\text{total}} = \frac{P_{3F \text{ total sim.}}}{\cos \theta} = \frac{\Sigma P_{\text{total sim.}}}{\cos \theta} = \frac{145782 W}{0.85} = 171509 VA = 171.5 kVA$$

En base al resultado obtenido y a los valores nominales establecidos en los catálogos comerciales, seleccionamos un transformador de distribución 13.2/0.4 kV de 250 kVA de potencia nominal.

## 4.2. CABINA DE MEDICIÓN

Como se ha descrito anteriormente, E.P.E.N. exige para sus clientes en Media Tensión mediante la factibilidad, la cual puede consultarse en el Anexo N°5, colocar una cabina de medición con un interruptor general sobre la línea municipal, respetando los lineamientos establecidos en la especificación técnica ET/DCE N°5.

Esta especificación indica que, para una instalación en zona urbana, la cabina de medición deberá contar con un interruptor general (vacío o SF6), con dos seccionadores (uno de entrada de línea y uno de salida de línea) que deberán estar a ambos lados del interruptor de potencia y una celda de medición (que contenga transformadores de corriente y de tensión). Si la

potencia es menor de 630 kVA, el seccionador de entrada de línea y el interruptor general pueden ser reemplazados con un seccionador bajo carga junto con fusibles de alta capacidad de ruptura, y seccionador de Puesta a Tierra incluido.

#### 4.2.1. COMPOSICION CABINA DE MEDICION

La cabina de medición constará de un centro prefabricado en hormigón PFU 3, de la marca Ormazabal, el cual contendrá dentro las siguientes celdas de distribución secundaria de la misma marca:

- Celda función de línea cgmcosmos-l, de 24 kV
- Celda función de protección con fusibles cgmcosmos-p, de 24 kV
- Celda función de medida cgmcosmos-m, de 24 kV

Las características técnicas de las celdas se encuentran ubicadas dentro del Anexo N°5.

El esquema unifilar de esta cabina se puede observarse en el Plano N°6, el cual se encuentra en el Anexo N°3, mientras que los detalles civiles de la misma están detallados en el Plano N°12, ubicado dentro del Anexo N°5.

La cabina de medición se vincula eléctricamente con la cabina de transformación mediante una línea de Media Tensión en disposición subterránea.

### 4.3. CABINA DE TRANSFORMACION

Como se ha descrito en los apartados anteriores, la cabina de transformación tendrá en su interior celdas de distribución secundaria de línea y protección, además de un transformador de distribución de 13.2/0.4 kV y 250 kVA de potencia nominal.

#### 4.3.1. COMPOSICION CABINA DE TRANSFORMACION

La cabina de transformación constará de un centro prefabricado en hormigón PFU 3, de la marca Ormazabal, el cual contendrá dentro las siguientes celdas de distribución secundaria de la misma marca y transformador de distribución:

- Celda función de línea cgmcosmos-l, de 24 kV
- Celda función de protección con fusibles cgmcosmos-p, de 24 kV
- Transformador de distribución 13.2/0.4 kV, 250 kVA

Las características técnicas del transformador a utilizar y las celdas se encuentran detalladas dentro del Anexo N°5.

El esquema unifilar se puede observarse en el Plano N°6, el cual se encuentra en el Anexo N°3, mientras que los detalles civiles de la misma están detallados en el Plano N°12, ubicado dentro del Anexo N°5.

#### 4.3.2. UBICACIÓN CABINA DE TRANSFORMACION

La cabina de transformación se ubicará dentro del predio en el punto más conveniente, según la distribución de la carga. Se obtendrá este punto mediante la realización de un centro de cargas

considerando que la carga de los edificios e iluminación exterior se encuentra concentrada en sus respectivos tableros principales.

Para determinar el centro de cargas, aplicaremos las siguientes ecuaciones:

$$X_t = \frac{\sum(P_{TOTAL} * X)}{\sum P_{TOTAL}} \text{ [m]}$$

$$Y_t = \frac{\sum(P_{TOTAL} * Y)}{\sum P_{TOTAL}} \text{ [m]}$$

Donde:

- PTOTAL           Potencia total de la carga, en W
- X, Y             Coordenadas de la carga en un eje según punto de referencia, en m
- Xt, Yt           Coordenadas del centro de cargas teórico, en m

Tomaremos como punto de referencia para un eje de coordenadas la esquina inferior derecha del predio, como se indica en la *Figura 14*.

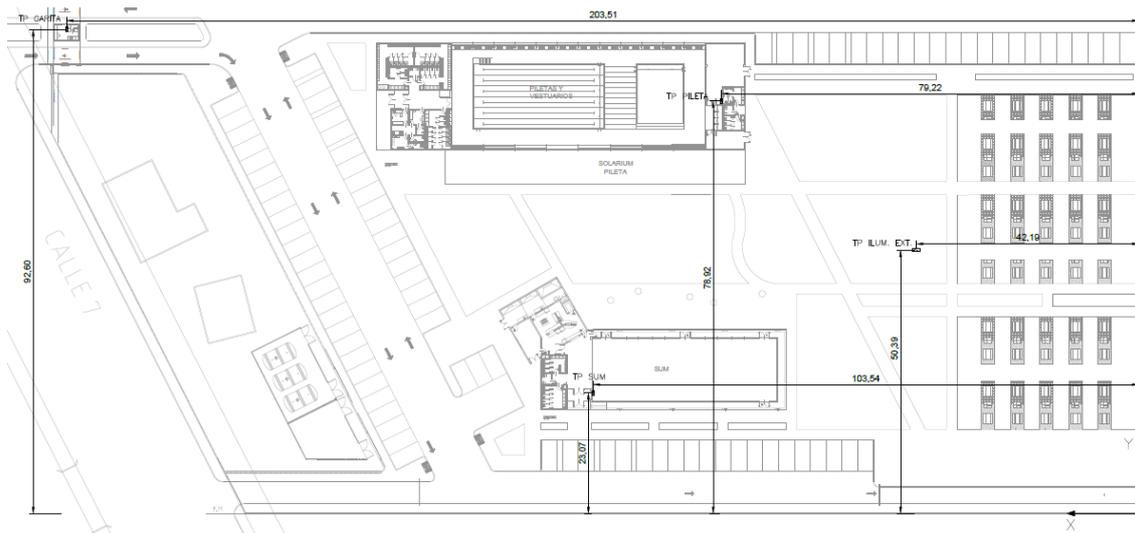


Figura 14: Distancias de tableros

Por lo tanto, las coordenadas de los distintos tableros principales ubicados dentro del predio son las siguientes:

- TP SUM:
  - X = 103.54 m
  - Y = 23.07 m
- TP PILETA:
  - X = 79.22 m
  - Y = 78.92 m
- TP ILUMINACION:
  - X = 42.19 m

- Y = 50.39 m
- TP GARITA:
  - X = 203.51 m
  - Y = 92.9 m

En base a la planilla de cargas ubicada en el Anexo N°3, determinamos la potencia total de cada tablero mediante la siguiente ecuación:

$$P_{TOTAL} = P_R + P_S + P_T [W]$$

$$P_R = U_f * I_R * \cos \theta [W]$$

Donde:

- $P_{TOTAL}$  Potencia total, en W
- $P_R$  Potencia de fase, en W
- $I_R$  Corriente de fase simultánea, en A
- $U_f = 220 V$  Tensión de fase
- $\cos \theta = 0.85$  Factor de fase

Por lo tanto, la potencia total de cada tablero es la siguiente:

- TP SUM:
  - $P_{TOTAL} = 82286.5 W$
- TP PILETA:
  - $P_{TOTAL} = 37907.6 W$
- TP ILUMINACION:
  - $P_{TOTAL} = 5600 W$
- TP GARITA:
  - $P_{TOTAL} = 334 W$

Determinamos entonces las coordenadas teóricas del centro de cargas con las ecuaciones antes descriptas. Este punto se puede observar en la Figura 15.

$$X_t = \frac{\sum(P_{TOTAL} * X)}{\sum P_{TOTAL}} = 93.77 m$$

$$Y_t = \frac{\sum(P_{TOTAL} * Y)}{\sum P_{TOTAL}} = 41.25 m$$

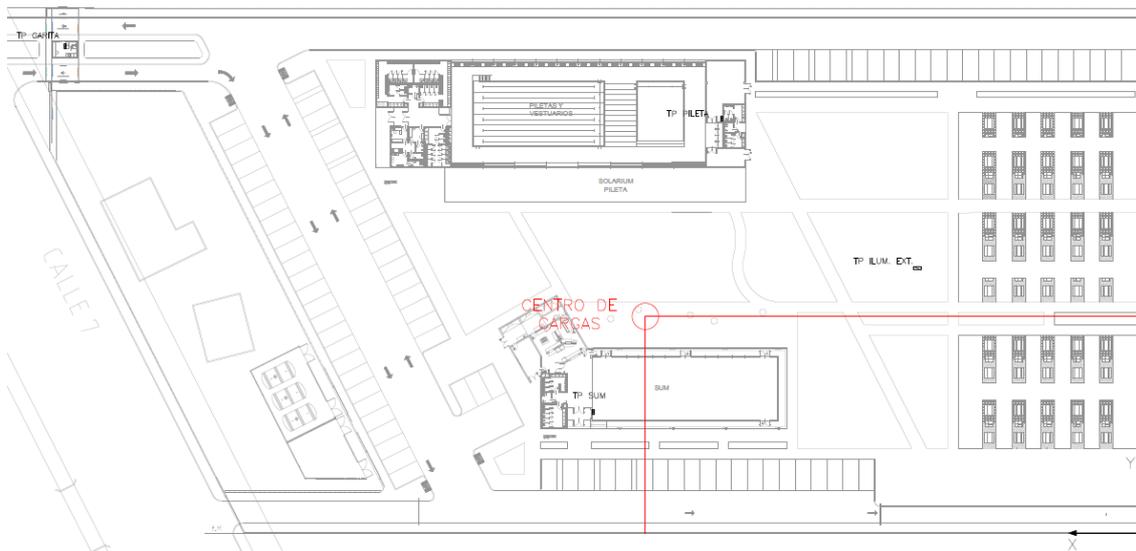


Figura 15: Centro de cargas teórico

Debido a que la ubicación óptima no es de conveniencia por finalidades del establecimiento, se reubicara la cabina de transformación a un punto que aporte mayores ventajas y comodidad. Esta ubicación se puede observar en el Plano N°10, ubicado en el Anexo N°3.

## 5. LINEA DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA TENSIÓN

Como ya se ha tratado con anterioridad, se contratará energía en media tensión, por lo tanto, es necesario diseñar una línea de distribución para poder vincularse al sistema.

### 5.1. PARTICULARIDADES EXIGIDAS

Debido a que la línea aérea y el primer tramo de la línea subterránea pertenece al E.P.E.N., esta debe cumplir con ciertos requisitos impuestos por el mismo a través de la factibilidad técnica. Estas particularidades se pueden observar en el Anexo N°5. Para simplicidad del lector, se colocarán estas exigencias igualmente a continuación:

- a- Los conductores por utilizar deben ser de Aleación de Aluminio (AL-al) desnudo de 35mm<sup>2</sup> de sección.
- b- La vinculación de la línea proyectada con la existente se realizará en el punto de conexión ya mencionado, siendo el piquete N°2 una retención recta.
- c- En este mismo piquete se debe colocar un juego de seccionadores XS MN 241.
- d- El factor de ocupación de cada cañero entre la última columna y la acometida debe poseer un factor de ocupación de 1/3, es decir que solo se puede ocupar el 33% de la sección total de la cañería.
- e- Se colocarán dos cámaras de inspección, una ubicada al pie de la última columna y la otra al pie de la acometida.
- f- En la estructura de media tensión proyectada se deberá poner un juego de 3 cuchillas con sus respectivos descargadores de sobretensión.

- g- Dependiendo de la potencia requerida la relación de transformación del módulo de medición de corriente será de 20-40/5 A.
- h- El tipo constructivo de la columna de media tensión deberá ser de cruceta central de hierro galvanizado.
- i- Los aisladores deberán ser orgánicos MN 3a para suspensión y cadenas de retención horquilla ojal orgánica anti-vandálica para las retenciones y terminales.
- j- Desde la columna terminal de línea de media tensión proyectada hasta el pilar de acometida del solicitante, se deberá realizar una línea de media tensión trifásica tipo subterránea. Dicha línea se deberá realizar con conductor de cobre con protección XLPE 13.2 kV cat. 2, dejando una vena de reserva. La sección de este la determinará el proyectista de acuerdo a los cálculos correspondientes. Se realizará con doble cañero (uno de reserva) de diámetro a calcular, usando un factor de ocupación de 1/3, con una protección mecánica, cinta de peligro y dos cámaras de inspección, una ubicada al pie de la estructura de media tensión proyectada, y la otra ubicada al pie de la acometida.

## 5.2. PUNTO DE CONEXIÓN

El E.P.E.N otorga, a través de la factibilidad técnica, un punto de conexión a una línea del nivel de tensión necesario ya existente. Este mismo se ubica en la intersección de las calles Chacabuco y Lote 179b3 NC 83-3052, en el loteo Mercier, Centenario, y se realizara de manera aérea. El mismo se puede observar en el Plano N°13, ubicado dentro del Anexo N°5.

## 5.3. LINEA AEREA DE MEDIA TENSION

Como se ha descrito anteriormente, el E.P.E.N. solicita el dimensionamiento de una línea aérea de media tensión de configuración coplanar desde el punto de conexión antes descrito hasta un punto de acometida próximo al establecimiento.

### 5.3.1. CONDUCTOR Y VANOS

La línea de media tensión contara con conductores desnudos de aleación de aluminio de 35 mm<sup>2</sup> de sección. Las características técnicas del mismo son las siguientes:

- Material: Aleación de aluminio
- Sección: 35 mm<sup>2</sup>
- Formación: 7x2.52 mm<sup>2</sup>
- Diámetro del conductor: 7.5 mm
- Peso propio: 90 kg/km

La distancia minima por considerar para los vanos de la línea será de 70 metros.

### 5.3.2. TRAZA

Su recorrido comenzará en el punto de conexión y continuará por la calle Chacabuco hasta su intersección con la calle Rural N°7. En este punto, la línea realiza un quiebre y continuará por esta última calle hasta el piquete terminal P14 frente al Complejo. comprendiendo un total de 840 metros de longitud. Este recorrido puede ser observado en el Plano N°13 ubicado en el Anexo N°5.

### 5.3.3. TÍPICOS CONSTRUCTIVOS

Los típicos contractivos de media tensión a utilizar serán los dispuestos por E.P.E.N. para una configuración de línea coplanar con columnas de hormigón armado de 11 y 12 metros de altura. Los tipos de cabezales a utilizar son los siguientes:

- Suspensión simple
- Retención recta
- Retención angular
- Terminal

Estos se pueden observar en el *Plano N°15* ubicado en el *Anexo N°5*.

### 5.3.4. CALCULOS MECANICOS DE ESTRUCTURAS

Para la verificación mecánica de las estructuras a utilizar en la línea de media tensión entre el punto de conexión y el punto de acometida subterránea se emplearán las hipótesis de cálculo indicadas en el **Reglamento y Normas Generales para el Proyecto y Ejecución de Obras de Electrificación Rural** de **Secretaría de Estado de Energía**.

El estado de carga climático a considerar será el correspondiente a la zona D, el cual es el siguiente:

- Estado 1: Temperatura máxima 35°C
- Estado 2: Temperatura mínima -20°C
- Estado 3: Temperatura 10°C, viento 140 km/h
- Estado 4: Temperatura -5°C, viento 50 km/h, espesor hielo 10 mm
- Estado 5: Temperatura media anual 8°C

Las tensiones máximas admisibles para cada uno de estos estados son los que se indican a continuación:

- $T_1 = 8 \text{ kg/mm}^2$  Tensión admisible Estado 1
- $T_2 = 8 \text{ kg/mm}^2$  Tensión admisible Estado 2
- $T_3 = 8 \text{ kg/mm}^2$  Tensión admisible Estado 3
- $T_4 = 8 \text{ kg/mm}^2$  Tensión admisible Estado 4
- $T_5 = 4.6 \text{ kg/mm}^2$  Tensión admisible Estado 5

#### 5.3.4.1. CARGAS PERMANENTES

Se considerarán como las cargas verticales debidas principalmente al peso propio de los conductores y herrajes utilizados.

Para los estados climáticos en los cuales no se considere el espesor del hielo (Estados 1, 2, 3 y 5), la carga permanente sobre los conductores es igual al peso de este.

$$g_{vc} = 0.09 \text{ kg/m}$$

Para el estado climático restante, se considera el peso debido a los 10 mm de espesor del hielo (Estado 5).

$$g_{vc} = 0.09 \text{ kg/m} + \pi * ((d_{\text{cond}} + e_{\text{hielo}})^2 - d_{\text{cond}}^2) * \delta_{\text{hielo}} = 0.797 \text{ kg/m}$$

Donde:

- $d_{\text{cond}} = 0.0075 \text{ m}$       Diámetro del conductor
- $e_{\text{hielo}} = 0.010 \text{ m}$       Espesor del hielo
- $\delta_{\text{hielo}} = 900 \text{ kg/m}^3$       Densidad del hielo

#### 5.3.4.2. CARGAS VARIABLES

Se considerarán las cargas debido al viento sobre conductores, herrajes y estructuras cilíndricas utilizadas. La presión del viento está dada por la siguiente ecuación:

$$V = k * C * q * F \text{ (kg/m)}$$

Donde:

- $V \text{ (kg/m)}$       Fuerza del viento en dirección horizontal
- $K$       Coeficiente de desigualdad a lo largo del vano
- $C$       Coeficiente de presión dinámica
- $q \text{ (kg/m}^2\text{)}$       Presión dinámica debida al viento
- $F \text{ (m}^2\text{)}$       Superficie expuesta normalmente al viento

El coeficiente  $K$  que contempla la desigualdad del viento a lo largo del vano puede tomar los siguientes valores:

- $k = 0.85$  si  $V < 30 \text{ m/seg}$
- $k = 0.75$  si  $V > 30 \text{ m/seg}$
- $k = 1$  para estructuras de soporte

La presión dinámica debida al viento está dada por la siguiente expresión:

$$q = \frac{v^2}{16} \text{ (kg/m}^2\text{)}$$

Donde:

- $v \text{ (m/seg)}$       Velocidad del viento

El coeficiente de presión dinámica  $C$  depende del elemento estructural a la cual el viento ejerza presión. Estos se pueden observar en la [Tabla 34](#).

Tabla 34: Coeficiente de compresibilidad

Elemento estructural	Coefficiente C
Conductores y cable de guardia	1.1
Elementos cilíndricos de estructura	0.7
Postes dobles de madera, de caños tubulares de acero, de hormigón armado de sección circular (x)	
a) En el plano de la estructura:	
Parte de la estructura expuesta al viento	0.7
Parte de la estructura en la sombra del viento:	
1) Para $a < 2$ dm.	---
2) Para $a = 2$ dm. hasta $a = 6$ dm.	0.35
3) Para $a > 6$ dm.	0.7
b) Normal al plano de la estructura, siendo la distancia al eje $a < 2$ dm.	0.3
Elementos planos de estructuras	1.4

Por lo tanto, la presión del viento sobre los conductores está dada por:

Para 140 km/h (38.89 m/seg)

$$V = k * C * q * F = 0.58 \text{ kg/m}$$

- $K = 0.75$                       Coeficiente de desigualdad a lo largo del vano
- $C = 1.1$                         Coeficiente de presión dinámica
- $q = 94.52 \text{ kg/m}^2$             Presión dinámica debida al viento
- $F = 0.47 \text{ m}^2$                 Superficie expuesta normalmente al viento

Para 50 km/h (13.89 m/seg)

$$V = k * C * q * F = 0.06 \text{ kg/m}$$

- $K = 0.85$                       Coeficiente de desigualdad a lo largo del vano
- $C = 1.1$                         Coeficiente de presión dinámica
- $q = 12.06 \text{ kg/m}^2$             Presión dinámica debida al viento
- $F = 0.47 \text{ m}^2$                 Superficie expuesta normalmente al viento

### 5.3.4.3. CARGA POR UNIDAD DE LONGITUD DEL CONDUTOR

La carga por unidad de longitud del conductor está dada por la resultante de las cargas permanentes y las variables que existen sobre el conductor.

$$g_{rc} = \sqrt{g_{vc}^2 + V^2} \text{ (kg/m)}$$

### 5.3.4.4. RESUMEN DE CARGAS ESPECIFICAS SOBRE EL CONDUTOR

En la Tabla 35 se presenta un resumen de las cargas específicas sobre los conductores para todos los estados climáticos.

Tabla 35: Cargas específicas

CONDICIONES CLIMATICAS DE CALCULO				CARGAS ESPECÍFICAS			
Estado N°	TEMPERATURA	VIENTO	MANGUITO DE HIELO	gvc	V	grc	ωc
	°C	km/h	mm	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m mm2
1	35	0	0	0,09	0	0,09	0,0026
2	-20	0	0	0,09	0	0,09	0,0026
3	10	140	0	0,09	0,585	0,592	0,0169
4	-5	50	10	0,797	0,065	0,799	0,0228
5	8	0	0	0,09	0	0,09	0,0026

### 5.3.4.5. TIROS Y FLECHAS

Para el cálculo del tiro de los conductores, aplicamos la ecuación de cambio de estado.

$$T_2^3 + T_2^2 * \left[ \frac{E * \omega c_1^2 * a^2}{24 * T_1^2} + E * \alpha * (t_2 - t_1) - T_1 \right] = \frac{E * a^2 * \omega c_2^2}{24}$$

Donde:

- $E = 7700 \text{ kg/mm}^2$  Módulo de elasticidad del conductor
- $\alpha = 1.98 \times 10^{-5} \text{ } 1/^\circ\text{C}$  Coeficiente de dilatación térmica
- $t_1$  y  $t_2$  Temperatura inicial y final, en  $^\circ\text{C}$
- $T_1$  y  $T_2$  Tensión admisible en el estado inicial y final, en  $\text{kg/mm}^2$
- $\omega_1$  y  $\omega_2$  Cargas específicas en el estado inicial y final, en  $\text{kg/m} * \text{mm}^2$

Para obtener las tensiones en cada estado climático, seleccionamos un estado como base y calculamos las tensiones en los estados restante. Se debe verificar que estas tensiones calculadas sean menores a las tensiones admisibles.

En la *Tabla 36* se presenta un resumen de los tiros y flechas sobre los conductores para todos los estados climáticos.

Tabla 36: Tensiones, tiros y flechas para conductor

TENSIONES, TIROS Y FLECHAS PARA CONDUCTOR								
Estado	Tensión Adm. (Kg/mm2)	Tensión (Kg/mm2)	$T_{adm} > T$	Tiro (Kg)	f Total (m)	Ángulo (rad)	f horizontal (m)	f vertical (m)
1	8	0,96	Verifica	33,55	1,33	0,00	0,00	1,33
2	8	1,97	Verifica	68,96	0,65	0,00	0,00	0,65
3	8	5,90	Verifica	206,44	1,42	1,42	1,41	0,22
4	8	8,00	Verifica	280,00	1,42	0,08	0,11	1,41
5	4,6	1,24	Verifica	43,27	1,03	0,00	0,00	1,03

### 5.3.4.6. VERIFICACION DE ESFUERZOS SOBRE ESTRUCTURAS

Se verificaron que las estructuras seleccionadas soporten los esfuerzos máximos establecidos en las estructuras. Para esto, se calcularán los esfuerzos establecidos en la cima de estos mediante las hipótesis de carga establecidas en el **Reglamento y Normas Generales para el**

**Proyecto y Ejecución de Obras de Electrificación Rural.** Se considero para todos los casos que los tiros son equilibrados.

Según la norma antes mencionada, para los soportes de hormigón armado, se debe cumplir con un coeficiente de seguridad de rotura igual a 2 para cargas normales. Por ende, una vez calculado el esfuerzo equivalente en la cima del poste, debemos verificar la siguiente condición:

$$\frac{T_{\max}}{F_t} \leq 2$$

Donde:

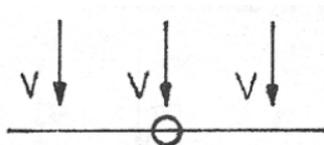
- $T_{\max}$  Tiro máximo admisible o de rotura de la columna, en kg
- $F_t$  Tiro máximo calculado referido a la cima, en kg

Los detalles de estos cálculos se pueden observar en el Anexo N°5.

Las hipótesis por verificar son las siguientes:

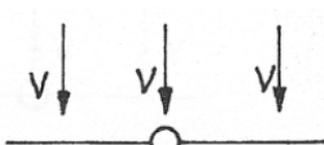
### Soporte suspensión (S)

Hipótesis 1: Carga del viento máximo en dirección perpendicular a la línea, sobre cables en ambos semivanos adyacentes, sobre poste, cruceta, aisladores y accesorios.

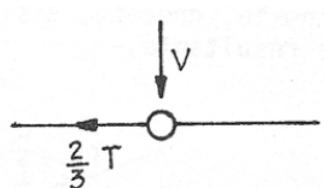


### Soporte retención recta (RR)

Hipótesis 3.1.a: Carga del viento máximo en dirección perpendicular a la línea sobre cables en ambos semivanos adyacentes, sobre poste, cruceta, aisladores y accesorios.

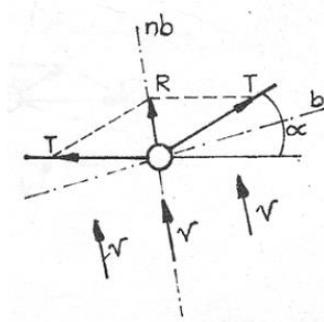


Hipótesis 3.1.b: Dos tercios del tiro máximo unilateral de todos los cables y simultáneamente carga del viento correspondiente al estado de sollicitación máxima de los conductores sobre poste, cruceta, aisladores y accesorios en dirección perpendicular.

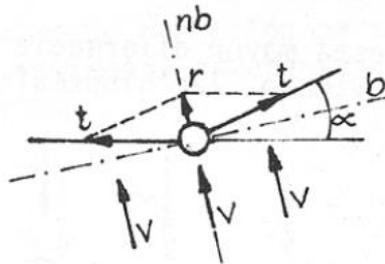


### Soporte retención angular (RA)

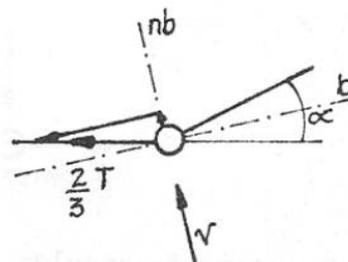
Hipótesis 4.1.a: La resultante del tiro máximo de todos los cables y simultáneamente cargado el viento correspondiente al estado de sollicitación máxima de los conductores, sobre cables en ambos semivanos adyacentes, sobre poste, cruceta, aisladores y accesorios en la rección de esa resultante.



Hipótesis 4.1.b: La resultante del tiro de todos los cables, correspondiente al estado de viento máximo y simultáneamente carga del viento máximo, sobre cables en ambos semivanos adyacentes, sobre poste, cruceta, aisladores y accesorios en la dirección de esa resultante.



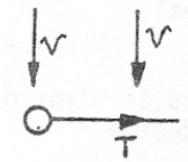
Hipótesis 4.1.c: Dos tercios del tiro máximo unilateral de todos los cables, considerando sus componentes en el sentido de la bisectriz del ángulo de desalineación y en el sentido perpendicular a la bisectriz; simultáneamente carga del viento correspondiente al estado de sollicitación máximo de los conductores sobre postes y sobre cruceta, aisladores y accesorios en dirección normal a la bisectriz del ángulo de desalineación.



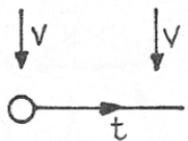
### Soporte terminal (T)

Hipótesis 5a: Tiro máximo de todos los cables, simultáneamente carga del viento correspondiente al estado de sollicitación máxima de los conductores, sobre cables en el

semivano adyacente, sobre poste, cruceta, aisladores y accesorios en dirección perpendicular a la línea.



Hipótesis 5b: Tiro de todos los cables correspondientes al estado del viento máximo y simultáneamente carga del viento máximo sobre cables en el semivano adyacente, sobre postes, cruceta, aisladores y accesorios en dirección perpendicular a la línea.



#### 5.3.4.7. RESUMEN COLUMNAS H°A° SELECCIONADAS

En la Tabla 37 se presenta un resumen de las columnas seleccionadas.

Tabla 37: Columnas seleccionadas

Soportes	Tipo	Altura (m)	Rotura (kg)	$\phi_{\text{cima}}$ (mm)
Suspension	H°A°	11	900	0,18
Terminal	H°A°	11	1800	0,255
Suspension	H°A°	12	900	0,18
Retencion	H°A°	12	1200	0,23
Retencion Angular	H°A°	12	3300	0,3
Terminal	H°A°	12	1800	0,255

#### 5.3.5. FUNDACIONES

Además del cálculo mecánico de la estructura, es necesario realizar un cálculo mecánico de las fundaciones que existirán en la base de esta, que le dará mayor resistencia al vuelco. Para esto, el E.P.E.N. exige que se utilice el método de Sulzberger con un coeficiente de seguridad mayor a 1.5.

##### 5.3.5.1. METODO DE SULZBERGER

Se basa en que, ante la aplicación de un momento flector  $M$ , en la cima de un poste parcialmente enterrado, para las inclinaciones limitadas tales que  $\text{tg } \alpha < 0.01$ , el terreno se comporta de manera elástica. En consecuencia, se obtiene reacción de las paredes verticales de excavación y normales a la fuerza actuante sobre el poste.

Se considera que la profundidad de entrada del bloque dentro del terreno depende de la presión admisible del suelo. La presión admisible está dada por la siguiente ecuación:

$$\sigma = \lambda * C \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

- $\lambda$  Profundidad de entrada, en cm
- C Coeficiente de compresibilidad, en  $\text{kg}/\text{cm}^3$

Siguiendo con este principio, se puede decir que la resistencia que se opone a la inclinación de la fundación se origina en dos efectos principales:

- Encastramiento de la fundación en el terreno como también fricción entre hormigón y tierra, a lo largo de las paredes verticales normales a la fuerza actuante. De estas fuerzas se genera el momento de encastramiento  $M_s$ .
- Reacción del fondo de la excavación provocada por las cargas verticales. De esta fuerza se evidencia el momento del fondo  $M_b$ .

En caso de fundaciones de poca profundidad y dimensiones transversales relativamente grandes, aplicamos la siguiente relación:

$$\frac{M_s}{M_b} < 1$$

En este caso, para obtener una suficiente estabilidad de la fundación es necesario multiplicar el valor del momento actuante  $M$ , por un coeficiente de seguridad que depende de la relación  $M_s/M_b$ . Por lo tanto, la ecuación de dimensionamiento de la fundación está dada por la siguiente desigualdad:

$$M_s + M_b \geq s * M$$

### Fundación tipo bloque de hormigón

Cuando la fuerza actuante sobre un poste no es grande y la fricción en el fondo de excavación actúa en su valor total, el eje de giro del bloque se encuentra en la profundidad  $t$  en la base del bloque.

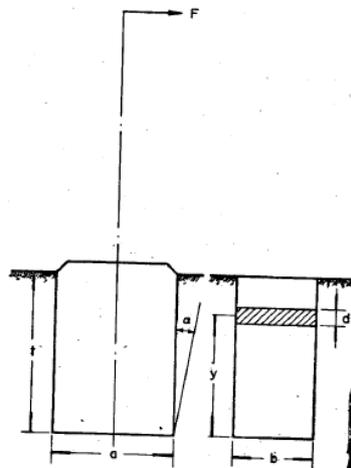


Figura 16

Una inclinación con ángulo  $\alpha$  corresponde a un movimiento transversal de la superficie perpendicular a la fuerza aplicada sobre el poste. La fuerza de reacción de la pared de excavación sobre el infinitésimo rectángulo está dada por:

$$dF_{\text{reaccion}} = \sigma_y * dA = C_y * y * \tan \alpha * b * dy \text{ (kg)}$$

Por lo tanto, el momento respecto al eje de giro será igual a:

$$dM_s = C_y * y^2 * \tan \alpha * b * dy \text{ (kg * cm)}$$

Desarrollando la ecuación anterior, la ecuación del momento de encastramiento está dado por la siguiente ecuación:

$$M_s = \frac{b * t^3}{12} * C_t * \tan \alpha$$

Para determinar el ángulo  $\alpha$  que corresponde al momento cuando el eje empieza a levantarse de su posición en el fonde de excavación, se puede proceder en la forma siguiente:

La presión unitaria en la profundidad "t-y" está dada por la siguiente ecuación:

$$\sigma_y = C_t * \left(1 - \frac{y}{t}\right) * y * \tan \alpha$$

Por ende, la presión unitaria está representada por una función parabólica simétrica, como se indica en la Figura 17.

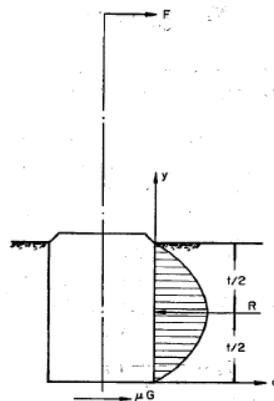


Figura 17

Considerando la resultante R aplicada a t/2 del fondo, el momento de encastramiento está dado por la siguiente ecuación:

$$M_s = R * \frac{t}{2}$$

En el momento en que la fricción esta sobrepasada, la resultante de la presión unitaria será:

$$R = \mu * G$$

Donde:

- $G$  Resultante de cargas verticales
- $\mu$  Coeficiente de fricción estática

En este momento, el eje de giro empieza a levantarse y el ángulo que corresponde a este momento se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

$$\mu * G * \frac{t}{2} = \frac{b * t^3}{12} * C_t * \tan \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{6 * \mu * G}{b * C_t * t^2}$$

Con el aumento del ángulo disminuye la fricción hasta su desaparición. Despreciando entonces la fricción al fondo, el eje de giro se encuentra en el centro de gravedad de la superficie de carga, a  $2/3$  del fondo. Por lo tanto, el momento de encastramiento está dado por la siguiente ecuación:

$$M_s = \frac{b * t^3}{36} * C_t * \tan \alpha$$

Para calcular el momento de fondo  $M_b$ , consideramos que las cargas verticales hacen que el bloque entre el terreno hasta una profundidad  $\lambda_o$  dada por la siguiente ecuación:

$$\lambda_o = \frac{G}{a * b * C_b} \text{ (cm)}$$

Donde:

- $G$  Resultante de las cargas verticales, en kg
- $a, b$  Dimensiones de la base rectangular, en cm
- $C_b$  Índice de compresibilidad en el fondo, en  $\text{kg/cm}^3$

Bajo la acción de la fuerza en la cima del poste, el bloque de fundación se inclina un ángulo, bajándose del lado de la fuerza y levantándose al lado opuesto, como se indica en la Figura 18.

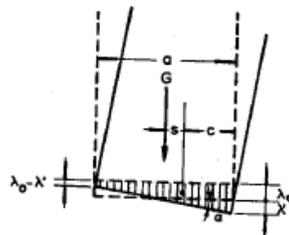


Figura 18

Cuando el ángulo de inclinación aumenta, el eje de giro del bloque se encuentra por arriba del centro de gravedad del prisma. Por lo tanto, para condiciones de equilibrio el momento de fondo  $M_b$  puede escribirse de la siguiente manera:

$$M_b = G * s$$

Desarrollando la ecuación, tenemos:

$$M_b = \frac{b * a^3}{12} * C_b * \tan \alpha$$

La posición extrema se caracteriza por un ángulo  $\alpha$  calculado de la forma siguiente:

$$\tan \alpha = \frac{2 * G}{a^2 * b * C_b}$$

En condiciones en que la base se levanta está todavía, no tocando el fondo por una parte en su superficie, el momento del fondo se puede calcular de modo siguiente:

$$M_b = G * s = G * \left( \frac{a}{2} - \frac{x}{3} \right)$$

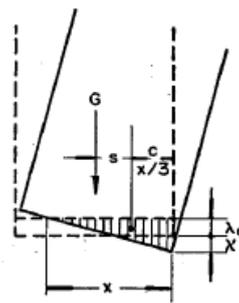


Figura 19

Mediante desarrollo matemático, obtenemos la ecuación del momento de fondo:

$$M_b = G * \left( \frac{a}{2} - 0.47 * \sqrt{\frac{G}{b * C_b * \tan \alpha}} \right)$$

Mediante la aplicación de estas fórmulas, se obtuvieron los resultados mostrados en el Anexo N°5.

A continuación, se muestra la Tabla 38, con un resumen de las dimensiones obtenidas para las fundaciones.

Tabla 38: Dimensiones de fundaciones

Estructura	Columna	Dimensiones		
		a [m]	b [m]	t [m]
Suspension	11/300/3	1	1	2
	12/300/3	1	1	2
Retencion Angular	11/1100/3	2,5	2	2,5
	12/1100/3	2,5	2	2,5
Terminal	11/600/3	2	2	2
	12/600/3	2	2	2

## 5.4. LINEA SUBTERRANEA DE MEDIA TENSION

Como se ha descrito anteriormente, el E.P.E.N. solicita el dimensionamiento de una línea subterránea de media tensión desde el punto de acometida aérea hasta su vinculación en la cabina de medición y transformación.

### 5.4.1. CONDUCTORES SELECCIONADOS Y DISPOSICION

En base a lo solicitado en la E.T. de E.P.E.N., las características del conductor a utilizar son las siguientes:

- Nombre: Retenax MT
- Marca: Prysmian
- Material: Cobre
- Nivel de tensión: 13.2 kV
- Formación: Unipolar
- Categoría: II
- Sección: 70 mm<sup>2</sup>
- Aislación: XLPE
- Clase: 5

Los conductores por utilizar serán tendidos en disposición subterránea en conductos de PVC de 50/3.2 mm de diámetro y espesor. Cada uno de los conductores unipolares se instalará dentro de un conducto individual, a una profundidad del suelo de 1.2 m en calzadas. Se colocará un conducto de reserva para cada fase.

#### 5.4.1.1. CALCULO DE CONDUCTORES

Para la verificación eléctrica del conductor a utilizar en la línea de media tensión dispuesta de manera subterránea, se aplicarán criterios de sobre carga, corriente de cortocircuito admisible y caída de tensión.

#### CRITERIO DE SOBRE CARGA

El conductor por utilizar debe verificar la siguiente condición:

$$I_z > I_b$$

Donde:

- $I_z$  Corriente admisible del conductor, en A
- $I_b$  Corriente de proyecto, en A

La corriente de proyecto a utilizar está dada por la corriente nominal en el lado de alta tensión del transformador a alimentar en la subestación transformadora que se encuentra dentro del predio.

$$I_b = \frac{S_n}{\sqrt{3} * U_n} = 10.93 \text{ A}$$

Donde:

- $S_n = 250 \text{ kVA}$  Potencia nominal del transformador
- $U_n = 13.2 \text{ kV}$  Tensión nominal en el lado de alta tensión del transformador
- $I_b$  Corriente de proyecto en media tensión, en A

Los conductores por utilizar serán tendidos en disposición subterránea en conductos de PVC. Cada uno de los conductores unipolares se instalará en un conducto individual, a una profundidad del suelo de 1 m en veredas y a 1.2 m en calzadas.

La corriente admisible del conductor está dada por:

$$I_z = I_{adm} * C_{prof} * C_{agrup} = 241.92 \text{ A}$$

Donde:

- $I_{adm} = 280 \text{ A}$  Corriente adm. del conductor enterrado a 1 m de profundidad
- $C_{prof} = 0.96$  Coef. de corrección para 1.2 m de profundidad (Tabla B.13 AEA 95101)
- $C_{agrup} = 0.9$  Coeficiente de corrección

Como  $I_z > I_b$ , el conductor seleccionado cumple con esta condición.

### CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO ADMISIBLE

Se verifico que la corriente de cortocircuito por el conductor y por la malla de este no supere la corriente de cortocircuito admisible del conductor.

$$I_{adm \text{ CC}3\phi} > I_{\text{CC}3\phi}$$

$$I_{adm \text{ CC}1\phi} > I_{\text{CC}1\phi}$$

Donde:

- $I_{adm \text{ CC}3\phi}$  Corriente de cortocircuito trifásica admisible por el conductor
- $I_{adm \text{ CC}1\phi}$  Corriente de cortocircuito monofásica admisible por el conductor
- $I_{\text{CC}3\phi}$  Corriente de cortocircuito trifásica
- $I_{\text{CC}1\phi}$  Corriente de cortocircuito monofásica

Se considerará como punto de falla el punto de conexión en media tensión del transformador dentro del predio. El cálculo de la corriente de cortocircuito trifásica y monofásica se pueden observar en el Anexo N°5. Se considerará que el tiempo de falla es de 1 segundo.

### Cortocircuito trifásico

La corriente de cortocircuito trifásica admisible por el conductor está dada por la siguiente ecuación:

$$I_{adm\ CC3\phi} = \frac{K * S}{\sqrt{t}} = 6580 \text{ A}$$

Donde:

- $K = 94$  Factor de formación
- $S = 70 \text{ mm}^2$  Sección del conductor
- $t = 1 \text{ seg}$  Tiempo de duración de la falla

Del Anexo N°5 obtenemos el valor de la corriente de cortocircuito trifásico en los bornes de conexión en media tensión del transformador, el cual es el siguiente:

$$I_{CC3\phi} = 5454 \text{ A}$$

Verificamos entonces si se cumple la siguiente condición:

$$I_{adm\ CC3\phi} > I_{CC3\phi}$$

$$6580 \text{ A} > 5454 \text{ A}$$

Por lo tanto, se verifico que el conductor seleccionado soporta la corriente de cortocircuito ante una falla en los bornes del transformador.

### Cortocircuito monofásico

La determinación de la operabilidad de un cable en condiciones de cortocircuito está limitada por el flujo de la corriente de falla monofásica que circula a través del blindaje metálico del mismo.

Para una temperatura máxima de operación de 200°C en el blindaje y un tiempo definido de falla, podemos obtener la corriente de cortocircuito monofásica máxima admisible en el blindaje mediante la siguiente ecuación:

$$I_{adm\ CC1\phi} * \sqrt{t} = 122.4 * S$$

Donde:

- $I_{adm\ CC1\phi}$  Corriente de cortocircuito monofásica admisible por el conductor
- $t$  Tiempo de falla, en segundos
- $S$  Sección efectiva del blindaje, en  $\text{mm}^2$

Despejando la corriente de cortocircuito monofásica admisible, tenemos:

$$I_{\text{adm CC1}\phi} = \frac{122.4 * S}{\sqrt{t}} = 32066.4 \text{ A}$$

Donde:

- $t = 1 \text{ seg}$                       Tiempo de falla
- $S = 261.98 \text{ mm}^2$               Sección efectiva del blindaje

Del Anexo N°5 obtenemos el valor de la corriente de cortocircuito monofásico en los bornes de conexión en media tensión del transformador, el cual es el siguiente:

$$I_{\text{CC1}\phi} = 1500 \text{ A}$$

Verificamos entonces si se cumple la siguiente condición:

$$I_{\text{adm CC1}\phi} > I_{\text{CC1}\phi}$$

$$32066.4 \text{ A} > 1500 \text{ A}$$

Por lo tanto, se verifica que el blindaje del conductor soporta la corriente de cortocircuito ante una falla en los bornes del transformador.

### CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN

Se verifico que la caída de tensión en el conductor a lo largo de todo el trayecto no supere un valor de 1% con respecto a la tensión de línea del sistema.

La caída de tensión trifásica está dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta U = \sqrt{3} * l * I_b * (r * \cos \theta + x * \sin \theta) = 1.28 \text{ V}$$

Donde:

- $l = 0.17 \text{ km}$                       Longitud del tramo
- $I_b = 10.93 \text{ A}$                       Corriente de proyecto
- $r = 0.341 \text{ ohm/km}$               Resistencia del conductor
- $x = 0.216 \text{ ohm/km}$               Reactancia del conductor
- $\cos \theta = 0.85$                       Factor de potencia

La caída de tensión porcentual con respecto al nivel de tensión 13.2 kV es:

$$\Delta U = 1.28 \text{ V} * \frac{100}{13200 \text{ V}} = 0.01 \%$$

Como  $\Delta U < 1 \%$ , entonces el conductor seleccionado cumple el criterio de máxima caída de tensión.

#### 5.4.2. TRAZA

Su recorrido comienza en el piquete con seccionador fusible P14 (T), en donde los conductores acometen hacia una cámara de inspección de media tensión. A una profundidad de 1.2 metros con respecto al nivel del suelo, la línea recorrerá un total de 167.6 metros hasta la cabina de transformación que se encuentra dentro del predio, pasando previamente por la cabina de medición ubicada en la línea municipal.

Este recorrido puede ser observado en el Plano N°10 ubicado en el Anexo N°3.

#### 5.4.3. CAMARAS DE INSPECCION EN MEDIA TENSION

Se proyectaron cámaras de inspección con dimensiones exteriores de 1.1x1.1x1.4 metros. Estas se ubicaron a lo largo del trayecto de la línea subterránea, en los puntos donde se realice un quiebre, en puntos donde se realice una acometida, y cada 50 metros en el caso de que el tramo sea recto. La ubicación de las cámaras se puede observar en el Plano N°14 dentro del Anexo N°5.

##### 5.4.3.1. DIMENSIONES

Las dimensiones de las cámaras están dadas por el radio de giro admisible del conductor, y por la profundidad a la que estos se encuentren enterrados.

Para el conductor seleccionado, debido a que el mismo se encuentra armado con una malla para corrientes de cortocircuito monofásicas, el radio de giro mínimo admisible para conductores unipolares esta dado por la siguiente ecuación:

$$r = 10 * (D + d) = 439 \text{ mm}$$

Donde:

- D = 34 mm      Diámetro exterior del cable
- d = 9.9 mm     Diámetro del conductor
- r                 Radio de giro, en mm

Por lo tanto, se optará por el diseño de una cámara con un ancho interno de 900 mm, permitiendo así que el conductor tenga espacio suficiente para poder maniobrarlo con seguridad.

En cuanto a la profundidad de la cámara, debido a que los conductores se encontraran enterrados a una profundidad mínima de 1.2 metros con respecto al nivel del suelo, se optara por una profundidad de 1.4 metros.

Los detalles constructivos de estas cámaras se pueden observar en el Plano N°14 dentro del Anexo N°5.

#### 5.5. MALLA DE PUESTA A TIERRA SET

Según la factibilidad entregada por E.P.E.N, la S.E.T. y la cabina de medición deben poseer malla de puesta a tierra, cumpliendo la normativa impuesta en la norma IRAM 2281 (ANSI/IEEE Std. 80)

Esta norma contempla la aislación entre el calzado del personal y la malla de puesta a tierra. Además del peso del personal expuesto y la corriente máxima que puede circular por el mismo en función de la resistencia que este y sus elementos de protección ofrecen. Por ende, con esta norma se calculan los valores máximos de tensión de paso y contacto. Para dichos cálculos se emplea una superficie recubierta de material de 10 cm de espesor que ronde los 2000 Ohms de resistencia para lograr una malla efectiva. A su vez, se colocarán 5 jabalinas tanto en la malla perteneciente a la cabina de medición como en la de la S.E.T.

### 5.5.1. RESISTENCIA DE RED DE MALLAS

La resistencia de la red de mallas se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi * l_1} * \left[ \ln \left( \frac{2 * l_1}{h'} \right) + K_1 * \left( \frac{l_1}{\sqrt{A}} \right) - K_2 \right]$$

Siendo:

- $\rho$  = Resistividad del suelo
- $l_1$  = Longitud total de los conductores de la red de mallas
- $h$  = Profundidad de la red de mallas
- $A$  = Área cubierta por la red de mallas
- $d_1$  = Diámetro de los conductores de la red de mallas

### 5.5.2. RESISTENCIA DE JABALINAS

La resistencia de jabalinas se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_2 = \frac{\rho}{2 * \pi * n * l_2} * \left[ \ln \left( \frac{8 * l_2}{d_2} \right) - 1 + 2 * K_1 * \left( \frac{l_2}{\sqrt{A}} \right) * (\sqrt{n} - 1)^2 \right]$$

Siendo:

- $\rho$  = Resistividad del suelo
- $l_2$  = Longitud promedio de la jabalina
- $n$  = Numero de jabalinas
- $A$  = Área cubierta por la red de mallas
- $d_2$  = Diámetro de las jabalinas

### 5.5.3. RESISTENCIA MUTUA

La resistencia mutua se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_{12} = \frac{\rho}{\pi * l_1} * \left[ \ln \left( \frac{2 * l_2}{l_2} \right) + K_1 * \left( \frac{l_1}{\sqrt{A}} \right) - K_2 + 1 \right]$$

### 5.5.4. RESISTENCIA DE DISPERSIÓN

La resistencia de dispersión total de un sistema combinado de electrodos horizontales (red de mallas) y verticales (jabalinas) es menor que la resistencia individual de cada componente, pero es mayor que la combinación en paralelo de dichas resistencias. Esta resistencia se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_c = \frac{R_1 * R_2 - R_{12}^2}{R_1 + R_2 - 2 * R_{12}}$$

### 5.5.5. SECCIÓN MÍNIMA DE ELECTRODO A TIERRA

La siguiente expresión entrega la sección del conductor para que pueda transportar una intensidad de corriente en caso de falla.

$$S = I * \sqrt{\frac{t_c * \alpha_r * \rho_r * 10^4}{K_{ct} \ln\left(1 + \frac{T_m - T_a}{K_0 + T_a}\right)}}$$

### 5.5.6. TENSION DE PASO Y DE CONTACTO

Las tensiones de paso y de contacto correspondientes se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

$$U_p = \frac{\rho * K_p * K_i * I_E}{L}$$

$$U_c = \frac{\rho * K_c * K_i * I_E}{L}$$

Siendo:

- $I_E$  = Corriente dispersada por el electrodo de tierra
- $K_i$  = Factor de irregularidad
- $K_c$  = Factor geométrico de la red de mallas para la tensión de contacto
- $K_p$  = Factor geométrico de la red de mallas para la tensión de paso
- $L$  = Longitud de conductor enterrado

Los valores de los factores se expresan en el Anexo N°5

Calculamos ahora la tensión de paso máxima, para la cual se tiene en cuenta la resistencia de los pies en serie y del cuerpo humano. Para una persona con un peso de 50 kg, la tensión de paso máxima está dada por la siguiente ecuación:

$$U_{p \max} = (R_b + R_{2Fs}) * \frac{0.116}{t_s^{1/2}}$$

Siendo:

- $R_b$  = Resistencia del cuerpo humano = 1000  $\Omega$
- $R_{2Fs}$  = Resistencia de los dos pies en serie = 6 \*  $C_s$  \*  $\rho_s$

De forma análoga, para la tensión de contacto:

$$U_{c\ max} = (R_b + R_{2Fs}) * \frac{0.116}{t_s^{1/2}}$$

Siendo:

- $R_b$  = Resistencia del cuerpo humano = 1000  $\Omega$
- $R_{2Fs}$  = Resistencia de los dos pies en paralelo =  $1.5 * C_s * \rho_s$

Con este desarrollo en mente, se procede al cálculo de los valores mencionados, obteniendo los resultados indicados en el Anexo N°5. Las mallas obtenidas tienen una dimensión de 8 metros por 8 metros (64 m<sup>2</sup>) con cuadrículas de 1 metro por 1 metro, en las cuales se colocarán 5 jabalinas de cobre de 3/4" de diámetro con 2 metros de profundidad. La dimensión de la malla y la distribución de las jabalinas pueden ser observadas en el Plano N°17, ubicado dentro del Anexo N°5.

## 6. CONCLUSION

Se dotó de seguridad a toda la instalación eléctrica, tanto interna y externa al complejo social, acorde a la Reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA), la Ley de Seguridad e Higiene 19587 y la Resolución 900 del Ministerio de Trabajo. Si bien el suministro es en media tensión, se implementó un Esquema de conexión de Tierra (ECT), y se instalaron protecciones en toda la instalación.

Mediante la tecnología en iluminación adoptada, se abandonó los viejos conceptos de usar iluminación contaminante (mercurio), y poco eficiente para implementar, tanto en el interior y en el exterior, iluminación en base a la tecnología LED sustentable, eficiente y moderna.

En base a lo establecido en cuanto al nivel de irradiación que se recibe en la Provincia de Neuquén, los rendimientos de los paneles (energía generada se obtuvo el análisis de rentabilidad económica versus el tiempo de amortización del sistema fotovoltaico de 20 años) desarrollado dentro del inciso 3.7.4.4., y considerando que la vida útil de los paneles solares oscila entre los 25 y 30 años, concluimos que si bien se pretende tener un uso de energía racional, eficiente y sustentable para nuestros hijos y el mundo para este caso particular, desde un punto de vista económico, la instalación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía resulta antieconómico. Esto se debe a que los tiempos de amortización económica del sistema fotovoltaico son muy largos sin tener en cuenta además la depreciación del sistema fotovoltaico, imponderables en la vida útil, como ser factores climáticos, vandalismo u otras situaciones que afecten su rendimiento.

## 7. REFERENCIAS

- [1] <https://www.efectoled.com/blog/es/tecnologias-iluminacion-vial/>
- [2] [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1131687871-panel-solar-370w-monocristalino-half-cut-cell-trinasolar-JM#position=7&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=86e9ef9d-df25-4446-a422-6b4c4bc09025](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1131687871-panel-solar-370w-monocristalino-half-cut-cell-trinasolar-JM#position=7&search_layout=stack&type=item&tracking_id=86e9ef9d-df25-4446-a422-6b4c4bc09025)
- [https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-878352062-protector-de-sobretensiones-solar-dc-1000v-JM#position=23&search\\_layout=stack&type=item&tracking\\_id=9a5d949c-b846-41ce-8c0b-663b0190d8a4](https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-878352062-protector-de-sobretensiones-solar-dc-1000v-JM#position=23&search_layout=stack&type=item&tracking_id=9a5d949c-b846-41ce-8c0b-663b0190d8a4)