

## **MEMORIA EXPLICATIVA**

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 40 KW

Liceo Técnico Nacimiento, Nacimiento, Región del Bio Bio

MINISTERIO DE ENERGIA

MARZO DE 2018

## CONTENIDO

<b>1. ANTECEDENTES GENERALES</b>	
1.1.Introducción	4
1.2.Objetivo del proyecto	4
1.3.Descripción del sistema proyectado	4
1.4.Localización y emplazamiento	5
1.5.Antecedentes locales de radiación solar	6
1.6.Energía estimada a generar	7
1.7.Normativa y documentación técnica aplicable	8
<b>2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS</b>	
2.1.Unidad generadora – Módulos fotovoltaicos)	8
2.2.Inversores	9
2.3.Estructuras de soporte de módulos fotovoltaicos	9
2.4.Montaje y fijación de paneles a estructura	9
2.5.Cálculo de separación entre módulos fotovoltaicos	9
2.6.Impermeabilización de techumbres	10
2.7.Existencia de sombras	10
<b>3. DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO</b>	
3.1.Cálculos justificativos	11
3.1.1.Arreglo o distribución de los Strings	11
3.1.2.Cálculo de conductor	11
3.2.Criterio para protección en CA	11
3.2.1.Caída de tensión en CC	11
3.2.2.Caída de tensión en CA	12
3.3.Comprobación de parámetros mínimos y máximos	13
3.3.1.Comprobación de número máximo de paneles en serie	13
3.3.2.Comprobación de máxima corriente de entrada al Inversor	13
3.4.Comprobación de márgenes de voltaje de entrada al Inversor	13
3.4.1.Comprobación Márgenes de Voltaje de entrada al Inversor en función de T° extrema	13
3.4.2.Comprobación Máxima Corriente de entrada al Inversor	14
3.5.Coordinación y selectividad de protecciones	14
3.5.1.Protecciones en los inversores	14
3.5.2.Protecciones en el tablero fotovoltaico	14
3.5.3.Protecciones en el punto de Inyección	15
3.5.4.Tierra de protección	15
3.6.Sistema de monitoreo	15
3.7.Anclaje de seguridad del generador de respaldo	15
3.8.Características del empalme eléctrico y equipo de medida	16

<b>4. CUBICACIÓN DE MATERIALES</b>	.....18
<b>5. MEDIDAS DE SEGURIDAD</b>	.....19
<b>6. ANEXOS</b>	.....20
<b>6.1.Fichas técnicas</b>	
6.1.1.Módulo fotovoltaicos	
6.1.2.Inversores	
6.1.3.Estructuras de soporte	
<b>6.2.Resoluciones SEC</b>	
6.2.1.Módulo fotovoltaico	
6.2.2.Inversor	
<b>6.3.Formulario 4 – Respuesta a solicitud de conexión.</b>	
<b>6.4.Listado de planos del proyecto</b>	
6.4.1.Lámina 1: Layout de Proyecto	
6.4.2.Lámina 2: Sección Lateral de Techumbre	
6.4.3.Lámina 3: Medidas de Seguridad	
6.4.4.Lámina 4: Estructura de Soporte de Módulos	
6.4.5.Lámina 5: Módulo Fotovoltaico	
6.4.6.Lámina 6: Strings y canalizaciones.	
6.4.7.Lámina 7: Diagrama Unilineal.	
6.4.8.Lámina 8: Diagrama Elemental de CC y CA	
6.4.9.Lámina 9: Cuadro de cargas y de caídas de tensión en CC y CA.	
6.4.10. Lámina 10: Diagrama Simplificado de Monitoreo	

## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1 Introducción**

La presente memoria explicativa entrega todos los antecedentes que han sido considerados para definir y diseñar un sistema fotovoltaico de 40 KW de potencia proyectado para ser instalado en el Liceo Técnico Nacimiento, Región del Bio Bio.

El sistema de generación eléctrica proyectado, se desarrolló considerando lo establecido en la Ley 20.571 que permite la conexión a la red de distribución de equipos de generación eléctrica que utilicen fuentes de energía renovable o de cogeneración eficiente.

Es por lo indicado que la presente memoria explicativa considera todos los aspectos técnicos requeridos por el organismo competente (Superintendencia de Electricidad y Combustibles) para su posterior aprobación y puesta en servicio del sistema como así todos los equipos y componentes considerados cuentan con las autorizaciones y requerimientos establecidos en la normativa vigente.

Con la planta fotovoltaica proyectada, las dependencias del edificio, contarán con un sistema de generación de energía eléctrica para autoconsumo disminuyendo los costos por concepto de energía eléctrica desde la red de distribución, ayudando así a diversificar la matriz energética.

### **1.2 Objetivo del proyecto**

Implementar y poner en operación un sistema fotovoltaico en las dependencias del Edificio Liceo Técnico Nacimiento, Región del Bio Bio, el cual permita generar energía eléctrica para auto consumo y que sea desarrollado acorde a lo establecido en la normativa nacional vigente.

### **1.3 Descripción del sistema proyectado**

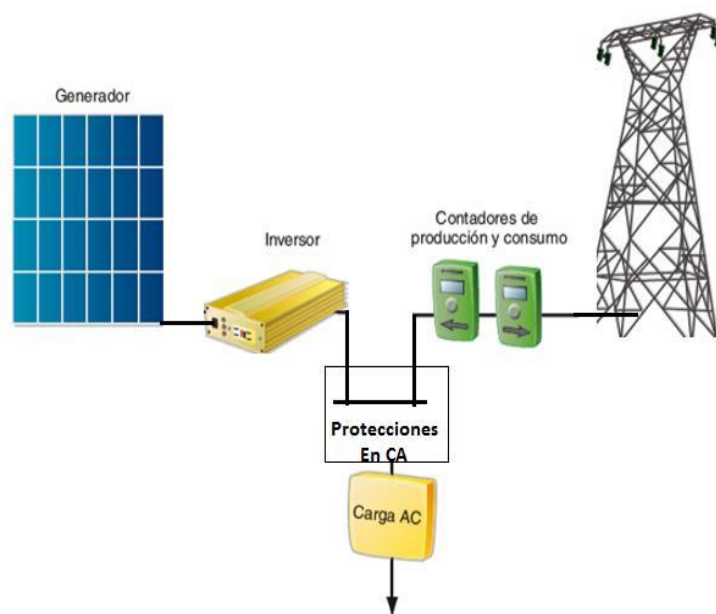
La planta solar que ha sido diseñada para la generación de energía eléctrica a través de módulos o paneles solares fotovoltaicos la cual funcionará conectada a la red eléctrica, conocido como un sistema On-Grid. La planta fotovoltaica está compuesta principalmente por grupos de generadores fotovoltaicos e inversores de corriente continua alterna entre otros componentes requeridos para implementar el sistema.

El generador fotovoltaico está compuesto por módulos fotovoltaicos, de la misma potencia, marca y modelo, conectados eléctricamente entre sí, formando strings o cadenas de paneles conectados en serie. Este conjunto de paneles se encarga de transformar la energía del Sol en energía eléctrica, generando una corriente continua proporcional a la irradiación solar que incide sobre ellos. Estos paneles se instalan sobre estructuras de aluminio orientadas e inclinadas de acuerdo con ciertos parámetros constructivos y geográficos que permiten maximizar la radiación incidente, aumentando de esta forma la generación eléctrica producida.

Los módulos fotovoltaicos son conectados a un Inversor de corriente, el cual permitirá transformar la energía producida por el campo solar de corriente continua a corriente alterna, que es la que utiliza la red común y cuando la energía autogenerada no alcance a satisfacer el consumo del usuario, entonces la electricidad se obtendrá de la red eléctrica convencional.

Aunque en ningún caso se inyectara energía a la red, dentro del proceso se realiza la instalación de un medidor eléctrico bidireccional.

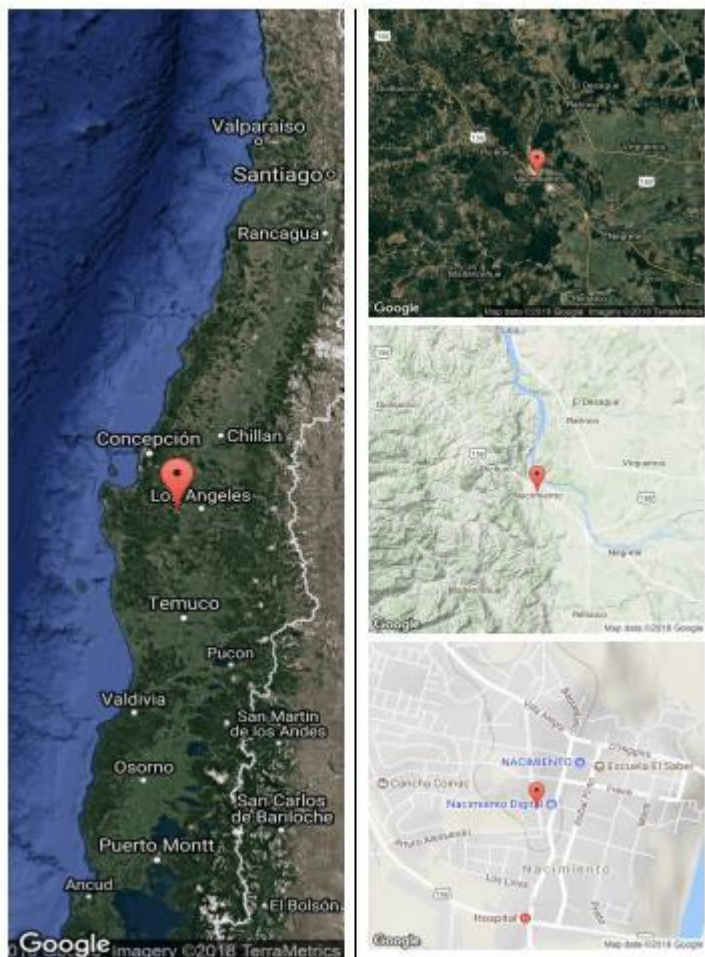
De forma simplificada en la figura 1 se muestra un esquema general de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica como el descrito previamente.



**Figura 1: Esquema general sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica**

## 1.4 Localización y emplazamiento

La planta proyectada se encontrará ubicada en las dependencias del edificio Liceo Técnico Nacimiento, Región del Bio Bio y su ubicación geográfica se muestra en las siguientes figuras:



**Figura 2: Ubicación nacional y regional**

## 1.5 Antecedentes locales de radiación solar

Para desarrollar la estimación de radiación solar para el presente proyecto se ha utilizado como herramienta de estimación la aplicación “Explorador solar para autoconsumo” de la Universidad de Chile. A continuación, se muestra una tabla resumen con la radiación anual local y una tabla resumen con los promedios de la radiación global, la radiación directa y la radiación difusa incidente para distintas escalas de tiempo. En el Anexo 6.1 del presente documento se entrega el informe de estimación del potencial solar considerado para desarrollar la presente memoria.

Tabla 8: Promedio mensual de la insolación diaria en unidades de  $[kWh/m^2/día]$ .

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Directa</b>	7.06	6.14	4.52	2.72	1.5	1.1	1.19	1.81	3.3	4.3	5.83	6.79
<b>Difusa</b>	1.24	1.12	1.01	0.91	0.77	0.67	0.75	0.92	1.13	1.42	1.49	1.38
<b>Global</b>	8.3	7.26	5.53	3.63	2.27	1.77	1.94	2.73	4.43	5.72	7.32	8.17

(a) Radiación incidente en el plano horizontal

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Directa</b>	6.08	6.11	5.51	4.18	2.88	2.41	2.44	3	4.35	4.57	5.25	5.61
<b>Difusa</b>	1.11	1	0.91	0.81	0.69	0.6	0.67	0.82	1.01	1.27	1.33	1.23
<b>Suelo</b>	0.21	0.18	0.14	0.09	0.06	0.04	0.05	0.07	0.11	0.15	0.19	0.21
<b>Global</b>	7.4	7.29	6.56	5.08	3.63	3.05	3.16	3.89	5.47	5.99	6.77	7.05

(b) Radiación incidente en un plano con inclinación igual a la latitud del sitio.

**Figura 5: Promedio mensual de radiación por  $m^2/día$**

## 1.6 Energía estimada a generar

Al igual que el punto anterior, para estimar la energía que será generada por el sistema fotovoltaico de 100KW que ha sido proyectado se ha utilizado como herramienta de estimación la aplicación “Explorador solar para autoconsumo” de la Universidad de Chile, de lo cual se ha obtenido el siguiente resumen diaria y anual como así la curva de generación mensual promedio.

Tabla 4: Resultados de la generación fotovoltaica

<b>Capacidad Instalada</b>	40 <i>kW</i>
<b>Total Diario</b>	165.0 <i>kWh</i>
<b>Total Anual</b>	60.23 <i>MWh</i>
<b>Factor de Planta</b>	17.0 %

Tabla 5: Ciclo anual de la generación fotovoltaica.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<i>MWh</i>	7.05	6.14	5.99	4.49	3.33	2.72	2.95	3.67	4.99	5.72	6.35	6.83

(a) Promedio de la generación total en cada mes.

Tabla 6: Ciclo diario de la generación fotovoltaica.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
<i>kWh</i>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.12	0.92	5.0	11.8	15.57	19.17
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<i>kWh</i>	21.5	22.3	21.29	18.51	15.61	9.67	3.16	0.42	0.01	0.0	0.0	0.0

(a) Promedio de la generación para cada hora.

**Figura 6: Generación estimada de energía (*kWh*) de forma diaria y anual**

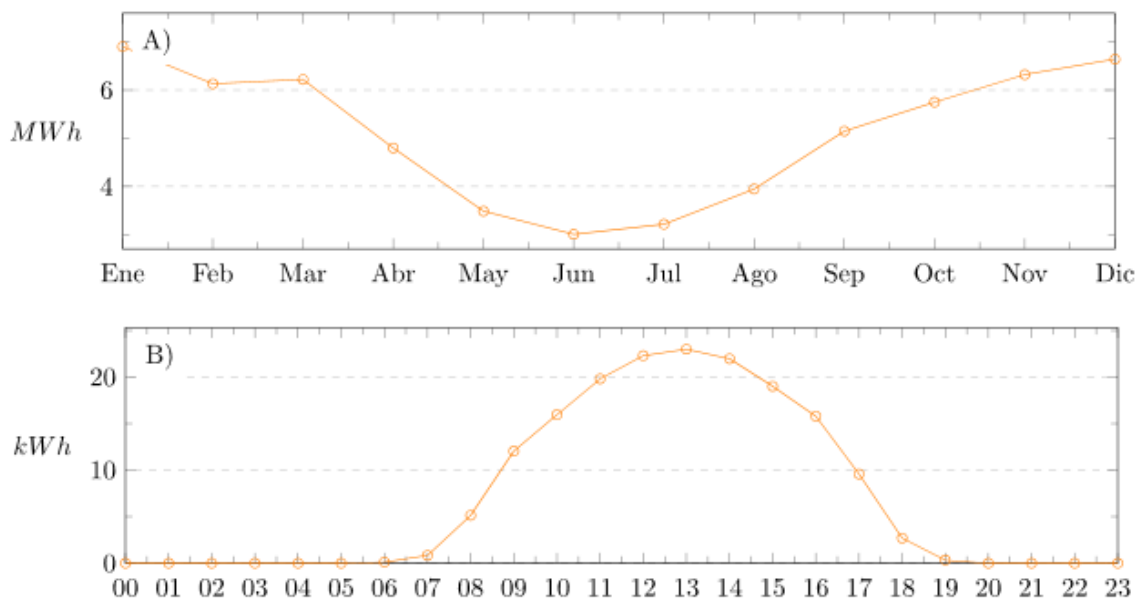


Figura 4: A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación

**Figura 7: Distribución mensual de generación de energía eléctrica (kWh/mes)**

### 1.7 Normativa y documentación técnica aplicable

La presente memoria técnica ha sido elaborada considerando lo establecido en la normativa nacional vigente aplicable al presente Proyecto como así procedimientos e instructivos relacionados, los cuales se listan a continuación:

- ✓ Ley General de Servicios Eléctricos, DFL4
- ✓ Ley n° 20.571, que regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales
- ✓ Norma Eléctrica Chilena 4/2003.
- ✓ Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación en Baja Tensión
- ✓ Procedimiento de Puesta en Servicio RGR n° 01/2014
- ✓ Instrucción Técnica RGR n° 02/2014
- ✓ Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, "NT SyCS"
- ✓ NCh 2/84: Electricidad, Elaboración y Presentación de proyectos
- ✓ NSEG 5/71: Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Corrientes Fuertes
- ✓ NCh 2369/2003: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales
- ✓ NCh 3171/2010: Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de cargas
- ✓ NCh 431/2010: Diseño estructural – Cargas de nieve
- ✓ NCh 432/2010: Diseño estructural – Cargas de viento



## 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### 2.1 Unidad generadora (UG) – Módulos fotovoltaicos.

La UG estará compuesta por 125 módulos fotovoltaicos marca Shenzhen Suovang New Energy, modelo SY-320WP, Policristalino de 320 Wp de potencia cada uno. En el anexo 6.2.1 se adjunta ficha técnica del módulo indicado y en el anexo 6.3.1 se adjuntan su Resolución Exenta N°21058 de fecha 6 de Noviembre de 2017 de la Superintendencia de Electricidad la cual autoriza su uso en instalaciones de generación eléctrica. Las principales características del Panel considerado son:

- ✓ Tiene certificación S.E.C. para uso según lo exigido en Ley 20571.
- ✓ Tiene eficiencia sobre el 17%
- ✓ Marco de aluminio anodizado
- ✓ Tolerancia a la Potencia de 0 a +3%
- ✓ Baja degradación por la exposición al sol
- ✓ Producto con 10 Años de garantía del fabricante
- ✓ Garantía de potencia de salida a 10 Años 90% y 25 Años 80%
- ✓ Tiene certificación IEC 61215 y 61730, esta última cubre los parámetros que son responsables del envejecimiento de los módulos fotovoltaicos, incluye todas las fuerzas de la naturaleza, tales como: Rayos UV (ultravioleta), incluida la luz del sol - Diferencial ambiental de humedad y temperatura - De carga mecánica (granizo, la succión del viento, la presión del viento) y los parámetros de la nieve (carga distribuida) que son los responsables del envejecimiento de los módulos.
- ✓ Tiene certificación IEC 61701 para su uso en zonas costeras.

### 2.2 Inversor

La unidad generadora de la planta fotovoltaica (módulos fotovoltaicos) estarán conectados a dos (2) Inversores Trifásicos marca INGTEAM modelo INGECOM SUN TLM de una capacidad de 20 kW, con Resolución Exenta N°9334 de fecha 17 de Julio de 2015. En el anexo 6.2.2 se adjunta ficha técnica de inversores indicado y en el anexo 6.3.2 Resolución de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) que autoriza su uso en instalaciones de generación eléctrica. Dichos inversores estarán configurados con los parámetros que exige la norma chilena según el reglamento para la ley 20.571.

- ✓ El Inversor descrito anteriormente tiene entre otras las siguientes ventajas:
- ✓ Es de procedencia europea
- ✓ Cuenta con certificación S.E.C
- ✓ Cuentan con 2 MPPT cada uno
- ✓ Configurado con el perfil chileno de acuerdo a reglamentación vigente
- ✓ El Inversor elegido tiene 5 años de garantía por el proveedor
- ✓ Tiene servicio técnico en Chile
- ✓ Es posible monitorear los diferentes parámetros por vía internet

### 2.3 Estructuras de soporte de módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos serán instalados sobre estructuras de aluminio que serán fijadas sobre las cubiertas mediante pernos auto perforantes de la medida adecuada, los cuales irán directo a las costaneras de las diversas techumbres.

Dichas estructuras tienen un ángulo de inclinación regulable, razón por la cual se puede conseguir de forma óptima la inclinación requerida, que en el caso del presente proyecto es de 30°.

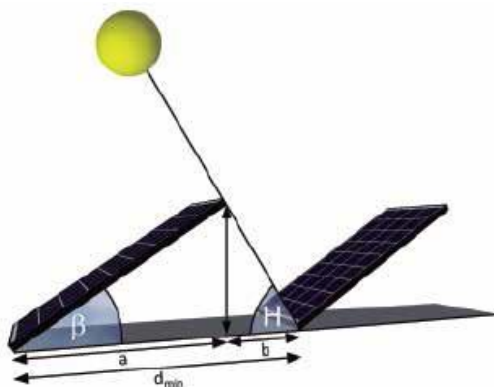
Detalles más específicos respecto de la estructura considerada como todas sus partes de sujeción y montaje se encuentran en el Anexo 6.2.3 del presente documento.

### 2.4 Montaje y fijación de paneles a estructura

Para instalar los módulos fotovoltaicos a la estructura, estos irán sujetos a la estructura por medio de separadores especiales diseñados para este propósito los cuales mantiene una equidistancia entre módulos y a su vez sujetan estos hacia los rieles que tiene incorporado la estructura.

### 2.5 Cálculo de separación entre paneles

Para una correcta disposición de las estructuras de soportes de los paneles fotovoltaicos se ha determinado la distancia entre paneles, para evitar que estos se sombreen entre si y se reduzca el rendimiento de estos. Para las “cubiertas horizontales” se aplica el siguiente criterio:



El primer antecedente tomado en consideración para aplicar el criterio indicado es la altura solar mínima, que normalmente coincidirá con la altura solar del día más desfavorable (21 de junio).

Teniendo en cuenta que la latitud del lugar de la instalación es 36.46°S y los paneles quedarán con una inclinación de 30° se ha utilizado la siguiente conversión:

$$H = (90^\circ - \text{latitud lugar}) - 23.5^\circ$$

$$H = (90 - 36.46) - 23.5$$

$$H = 30.04^\circ$$

Donde H es la altura solar mínima.

Ahora calculamos la distancia mínima entre paneles con la siguiente expresión:

$$d_{min} = L \left( \frac{\cos\beta + \sin\beta}{\tan H} \right)$$

Donde L es la longitud del módulo, H es la elevación solar y B es la inclinación requerida.

$$d_{min} = 1.956(\cos 30^\circ + \sin 30^\circ / \tan 30.04)$$

$$\mathbf{d_{min} = 3.38 \text{ m}}$$

Por seguridad le agregamos un 15% más:  
 $\mathbf{d_{min} = 3.38 \times 1.15}$

$\mathbf{d_{min} = 3.38 \text{ m}}$
-------------------------------------

## 2.6 Impermeabilización de techumbres

Para evitar filtraciones por la instalación de estructuras, se instalará entre la estructura y la cubierta una Empaquetadura de EPDM, esta contará con su respectiva certificación. Sobre la pernería se Impermeabilizará con sellante Butílico o Tapagoterías.

## 2.7 Existencia de sombras

El área sobre los techos donde se proyecta instalar el sistema fotovoltaico presenta sombras propias provenientes de muros del hospital que son colindantes a los techos los cuales podrían afectar la radiación incidente y en consecuencia la producción de energía del campo fotovoltaico. Durante el diseño y distribución de paneles fotovoltaicos en cubiertas, fueron tomados en consideración dichos muros, como así los equipos y ductos en techumbre que hubiesen sido potenciales de generar sombras. Ese es uno de los factores críticos en el diseño de este tipo de sistemas de generación, ya que el efecto de sombras sobre parte de un conjunto de paneles, también llamados "string", podrían afectar la integridad de los paneles y producir la desconexión del sistema fotovoltaico, reduciendo considerablemente la producción de energía eléctrica y la vida útil del sistema.

## 3. DIMENSIONAMIENTO ELÉCTRICO

### 3.1 Cálculos Justificativos

#### DIMENSIONAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DE CONDUCTORES EN CC

##### 3.1.1 Arreglo o distribución de los Strings

Los paneles quedaran agrupados por su misma orientación e inclinación, para esto se conectará cada grupo de paneles en un MPPT diferente.

En la siguiente tabla se muestra la distribución de los paneles en cubierta:

	MPPT1		MPPT2		Total Módulos (Unit)	Potencia Unit (W)	Pot. Peak por Inversor
	String A1.1	String A1.2	String A2.1	String A2.2			
Inversor A (20 kW)	16 Módulos	16 Módulos	16 Módulos	16 Módulos	64	320	20.480

	MPPT1		MPPT2		Total Módulos (Unit)	Potencia Unit (W)	Pot. Peak por Inversor
	String B1.1	String B1.2	String B2.1	String B2.2			
Inversor B (20 kW)	16 Módulos	16 Módulos	15 Módulos	15 Módulos	62	320	19.840

**Tabla 1: Distribución de paneles por String en cubierta**

### 3.1.2 Justificación y Cálculo de conductor en cc

Para el cálculo del conductor tenemos los siguientes antecedentes previos:

- Conductividad del Cobre = 0.018
- V.max de panel según ficha técnica= 37.7V
- L Largo del conductor: Tramo más desfavorable; String B1.1 = 40 mt
- I Intensidad máxima de corriente: Conexión serie, misma corriente:
- I<sub>max</sub> del módulo=I<sub>max</sub> serie= 8.49 A
- Se agrega 25% de seguridad
- I<sub>max</sub>= 8.49 A x 1.25
- I<sub>max</sub> para el cálculo del conductor= 10.61A

#### 3.1.2.1 Justificación del conductor en cc elegido por caída de tensión

La caída de tensión máxima permitida en CC es de 1.5% por lo que la máxima pérdida de voltaje por tramo sería:

- V<sub>p</sub> = 603.2 V x 1.5%
- V<sub>p</sub>= 7.54 V

Con los antecedentes anteriores se aplica la fórmula para el cálculo de la sección del conductor:

$$S = \frac{2\rho L I}{\Delta V}$$

El tramo más desfavorable:

String B1.1 = 40 mt

S= 2 x 0.018 x 40 mt x 10.61 A / 7.54v

S= 2.02 mm<sup>2</sup>

**Sección comercial elegida 6mm<sup>2</sup>**

**Nota: no se aplica factor de corrección por cantidad de conductores, no se supera el límite para su aplicación.**

### **3.1.2.2 Justificación del conductor en cc elegido por capacidad de transporte de corriente máxima del tramo más desfavorable (Tramo String B1.1)**

$$S = \frac{2\rho L I}{\Delta V}$$

Despejamos I:

$$I = S \times V_p / 2 \times \rho \times L$$

$$I = 6\text{mm}^2 \times 7.54 \text{ V} / 2 \times 0.018 \times 40 \text{ mt}$$

$I = 31.41 \text{ A}$  (Corriente máxima que soporta el conductor elegido con estas condiciones, por lo que cumple con lo requerido, la corriente máxima a circular por el circuito es de 8.49 A).

Para la pérdida real de Voltajes con conductor elegido, aplicamos las siguientes ecuaciones:

Tramo String B1.1

$$V_p = 2 \times \rho \times L \times I / S$$

$$V_p = 2 \times 0.018 \times 40 \times 10.61 / 6$$

$$V_p = 2.55 \text{ V} < 7.54 \text{ V}$$

Como resultado de los cálculos anteriores nos resulta la siguiente tabla resumen:

Tramo mas desfavorable	Largo en mts	Tipo (cu/al)	Imàx (A)	Imax(x1.25) (A)	Calibre del conductor según calculo de caída de tensión (mm2)	Calibre del conductor elegido, sección comercial (mm2)	Caída de tensión según conductor elegido		Caída de tensión máxima permitida 1,5% Vn (V)
							V	%	
String B1,1	40	cu	8,49	10,61	2,02	6	2,55	0,42	7,54

***Tabla 2 Cuadro resumen de las caídas de tensión y calibre de conductor en cc del tramo más desfavorable***

Como referencia, a continuación, se muestra tabla de Intensidad de corriente admisible para conductores aislados, secciones milimétricas y tabla para factor de corrección de la capacidad de transporte de corriente por variación de T°ambiente, secciones métricas, Norma Nch 4/2003.

Sección nominal [mm <sup>2</sup> ]	Corriente admisible Amperes [A]		
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
0,75	-	12	15
1	11	15	19
1,5	15	19	23
2,5	20	25	32
4	25	34	42
6	33	44	54
10	45	61	73
16	61	82	98
25	83	108	129
35	103	134	158
50	132	167	197
70	164	207	244
95	197	249	291
120	235	291	343
150	-	327	382
185	-	374	436
240	-	442	516
300	-	510	595
400	-	-	708
500	-	-	809

Grupo 1: Conductores monopolares en tuberías.

Grupo 2: Conductores multipolares con cubierta común; cables planos, cables móviles, portátiles y similares.

Grupo 3: Conductores monopolares tendidos libremente al aire con un espacio mínimo entre ellos igual al diámetro del conductor.

**Tabla 3: Intensidad de Corriente Admisible para Conductores Aislados Fabricados según Normas Europeas, Secciones Milimétricas, Temperatura de Servicio: 70°C; Temperatura Ambiente.**

## **DIMENSIONAMIENTO Y JUSTIFICACIÓN DE CONDUCTORES EN CA**

### **3.1.2.3 Dimensionamiento del conductor elegido por caída de tensión**

Para el cálculo del conductor tenemos los siguientes antecedentes previos:

- ✓ Conductividad del Cobre = 0.018
- ✓ L Largo del conductor
- ✓ I<sub>max.</sub> salida de Inversor 20 Kw = 29 A x 1.25= 36.25 A

La caída de tensión máxima permitida en CA es de 3%, siendo el Voltaje nominal 380 V por lo que la máxima pérdida de voltaje sería:

- ✓  $V_p = 380 \text{ V} \times 3\%$
- ✓  $V_p = 11.4 \text{ V}$

Aplicando la siguiente formula la sección del conductor será:

$$S = \frac{\sqrt{3} \rho L I \cos \varphi}{\Delta V}$$

#### **Inversor A 20kw – TD UGFV**

$$S = 1.732 \times 0.018 \times 3\text{mt} \times 36.25 \text{ A} \times 1/6$$

$$S = 0.29 \text{ mm}^2$$

Sección comercial elegida es de 5x6mm<sup>2</sup>, multiconductor, aislación tipo EVA

#### **Inversor B 20kw – TD UGFV**

$$S = 1.732 \times 0.018 \times 6\text{mt} \times 36.25 \text{ A} \times 1/6$$

$$S = 0.59 \text{ mm}^2$$

Sección comercial elegida es de 5x6mm<sup>2</sup>, multiconductor, aislación tipo EVA

#### **Tramo TD UGFV – TDA**

$$\nearrow I_{\text{max}} = (I_{\text{max Inv.A}} + I_{\text{max Inv.B}}) \times 1.25$$

$$\nearrow I_{\text{max}} = (29\text{A} + 29\text{A}) \times 1.25$$

$$\nearrow I_{\text{max}} = 72.5\text{A}$$

$$S = 1.732 \times 0.018 \times 5\text{mt} \times 72.5 \text{ A} \times 1/11.4\text{v}$$

$$S = 0.99 \text{ mm}^2$$

Sección comercial elegida es de 4x21,2mm<sup>2</sup>, monopolar, aislación tipo EVA

La sección comercial elegida soporta según tabla adjunta 100A, como los conductores se montarán en BPC no es necesario aplicar factor de corrección por T° o por cantidad de conductores.

Sección [mm <sup>2</sup> ]	Temperatura de servicio [°C]					
	60		75		90	
	Tipos TW, UF		Tipos THW, THWN, TTU, TTMU, PT, PW		Tipos THHN,XTU, XTMU, EVA, USE-RHH, USE-RHHM, ET, EN	
	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B	Grupo A	Grupo B
2,08	20	25	20	30	25	35
3,31	25	30	25	35	30	40
5,26	30	40	35	50	40	55
8,37	40	60	50	70	55	80
13,3	55	80	65	95	75	105
21,2	70	105	85	125	95	140
26,7	85	120	100	145	110	165
33,6	95	140	115	170	130	190
42,4	110	165	130	195	150	220
53,5	125	195	150	230	170	260
67,4	145	225	175	265	195	300
85	165	260	200	310	225	350
107,2	195	300	230	360	260	405
126,7	215	340	255	405	290	455
151,8	240	375	285	445	320	505
177,3	250	420	310	505	350	570
202,7	280	455	335	545	380	615
253,2	320	515	380	620	430	700
303,6	355	575	420	690	475	780
354,7	385	630	460	755	520	855
379,5	400	655	475	785	535	885
405,4	410	680	490	815	555	920
456,0	435	730	520	870	585	985
506,7	455	780	545	935	615	1055
633,4	495	890	590	1065	665	1200
750,1	520	980	625	1175	705	1325
886,7	545	1070	650	1280	735	1455
1.013	560	1155	665	1385	750	1560

*Grupo A.- Hasta tres conductores en ducto, en cable o directamente enterrados.*

*Grupo B.- Conductor simple al aire libre. Para aplicar esta capacidad, en caso de conductores que corran paralelamente, debe existir entre ellos una separación mínima equivalente a un diámetro del conductor.*

*No obstante lo indicado en la tabla, las protecciones de cortocircuito de los conductores de 2,08 mm<sup>2</sup>, 3,31 mm<sup>2</sup> y 5,26 mm<sup>2</sup>, no deberán exceder de 16, 20 y 32 A, respectivamente*

**Tabla 5: Intensidad de Corriente admisible para conductores aislados fabricados según Normas Norteamericanas. Secciones AWG. Temperatura ambiente 30°C.  
Norma Nch 4/2003**



### **3.1.2.5 Pérdida real de Voltajes con conductor elegido**

Aplicamos la Formula:

$$S = \frac{\sqrt{3} \rho L I \cos \varphi}{\Delta V}$$

Despejamos Vp:

$$V_p = 1.732 \times \rho \times L \times I \times \cos \varphi / S$$

#### **Tramo Inversor A – TDA**

$$V_p = 1.732 \times 0.018 \times 3\text{mt} \times 36.25 \text{ A} \times 1/6$$

$$V_p = 0.57 \text{ V} < 11.4 \text{ V}$$

#### **Tramo Inversor B – TDA**

$$V_p = 1.732 \times 0.018 \times 6\text{mt} \times 36.25 \text{ A} \times 1/6$$

$$V_p = 1.13 \text{ V} < 11.4 \text{ V}$$

#### **Tramo TD UGFV – TDA**

$$V_p = 1.732 \times 0.018 \times 40\text{mt} \times 72.5 \text{ A} \times 1/21,2$$

$$V_p = 4,26\text{V} < 11.4 \text{ V}$$

Como resultado de los cálculos anteriores nos resulta la siguiente tabla resumen:

Tramo	Largo en mts	Tipo (cu/al)	Imàx A	Imax(x1.25) A	Calibre del conductor según calculo	Calibre del conductor elegido,	Caída de tensión según conductor		Caída de tensión máxima permitida 3% Vn	Tipo de Conductor	Tipo de aislacion
							V	%			
Inversor A- TD UGFV	3	c	29	36,25	0,29	6	0,59	0,16	11.4	Multi conductor	EVA
Inversor B- TD UGFV	6	c	29	36,25	0,59	6	1,18	0,31	11.4	Multi conductor	EVA
TD UGFV- TDA	40	c	58	72,5	0,99	21,2	3,57	0,94	11.4	Unipolar	EVA

**Tabla 6 Cuadro resumen de las caídas de tensión y calibre de conductor en ca**

Los datos anteriores se encuentran también en la Lámina 8 “Cuadro de cargas y de caídas de tensión en CC y CA” del set de planos del proyecto que se encuentran como anexos a la presente memoria.

### 3.2 Criterio para protección en CA

De acuerdo con la ficha técnica del Inversor y la máxima corriente de salida en CA, podemos calcular las protecciones a utilizar en el TD UGFV, para eso tenemos la siguiente tabla:

Protecciones por Inversor:

	Imáx de salida (A)	x1.25	Automático Tetrapolar (A)	P.Diferencial tipo A (A)	Corriente Fuga(mA)
Inversor A y B 20 Kw	29	36,25	4x40	4x63	300

Calculo de Automático general de TD UGFV:

	Inversor A 20 Kw	Inversor B 20 Kw	Imax A+B	x1.25	Automatico General (A)
Imáx de salida (A)	29	29	58	72,5	3x70

### 3.3 Coordinación y selectividad de protecciones

El proyecto contempla protecciones eléctricas en los siguientes puntos:

- Protecciones en los inversores
- Protecciones en el tablero fotovoltaico
- Protecciones en el Punto de Inyección (Tablero Fovovoltaico Auxiliar)

#### 3.3.1 Protecciones en los inversores

El inversor utilizado para el proyecto “Liceo Técnico Nacimiento, Región del Bio Bio” contempla las siguientes protecciones:

- Protección de sobretensiones clase II en los lados de corriente continua y alterna (exigido por la RGR n°2/2014 en el punto 13.13)
- Medición del aislamiento CC
- Comportamiento de sobrecarga de Potencia (Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia)
- Seccionador CC
- Protección contra polaridad inversa
- Fusibles para protección contra corriente Inversa (más de dos Strings por MPPT)

#### 3.3.2 Protecciones en el tablero fotovoltaico

La instalación solar FV proyectada “Liceo Técnico Nacimiento, Región del Bio Bio” llevara un tablero general (TD UGFV) como lo solicita el reglamento vigente, con un Automático Tetrapolar y un Protector Diferencial Tetrapolar.(más adelante se detallan capacidades)

Estos componentes se montarán en un Tablero o gabinete especialmente diseñado para tal efecto ubicado a un costado del Inversor, tal como se especifica en los planos adjuntos. Dichos elementos estarán protegidos y comandados por un automático general el cual se detalla más adelante.

Desde el TD UGFV saldrán los conductores que se conectarán a la instalación existente.

Como la distancia entre el Tablero Fotovoltaico supera los 11 Mts hasta el punto de Inyección se proyecta la instalación de un Tablero auxiliar para cada una de las Sub plantas.

El tablero General y el Tablero auxiliar quedarán bajo todas las normas vigentes tanto por la instrucción técnica de las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red (RGR) así como bajo la norma Nch Elec 4/2003.

La capacidad de las Protecciones de TD UGFV se detallan en el punto 3.1 de la presente memoria.

### **3.3.3 Tierra de Protección**

La conexión a tierra de la ISFV será tomada de la actual tierra de protección de la instalación existente. Esta conexión se hará en el tablero general o en el punto de conexión a la red, desde ahí se aterrizará el tablero de UGFV con todos sus componentes y la totalidad de la estructura.

La estructura de aluminio será aterrizada en todos los puntos que requiera para mantenerla protegida al igual que los paneles. Se utilizará terminales de ojo con pernos autoperforantes y cable THHN N°10.

La estructura quedará aterrizada de tal forma que al retirar un módulo FV por mantenimiento esta no pierda la protección contra tensiones peligrosas.

### **3.4 Sistema de monitoreo**

El “Liceo Técnico Nacimiento, Región del Bio Bio” tiene contemplado un sistema de monitoreo remoto Wlan/Web server y terminal RS485. Se instalará un tablero de monitoreo.

El tablero para el dataloger estarán ubicados en la misma sala eléctrica con un tablero exclusivo para el aparato, el cual será de 12 puestos, además se le incorporará una alimentación de 220 v. Este dataloger será conectado con el Inversor a través de una interfaz con cable de red con conectores RJ45. Desde el dataloger se proyecta la instalación con ducto galvanizado a la vista con el conductor tipo par trenzado (para transferencia de datos), el cual interconectara con los Servidores del Edificio.

Mayores antecedentes se entregan en la Lámina 10 del set de planos del proyecto que se encuentran como anexos a la presente memoria

### **3.5 Anclaje de seguridad del generador de respaldo**

Para que la Instalación solar FV no funcione en paralelo con el Generador de respaldo de la propiedad existente se proyecta la instalación de un enclavamiento de seguridad comandado por un Contactor de Potencia el cual estará ubicado en el TD UGFV.

Este contactor será conectado en serie con las protecciones del TD UGFV, estará comandado por un cableado de control entre los contactos NC y NO del Generador de respaldo.

El cableado de control desde el TD UGFV y el TTA se considera utilizar cable THHN N° 12, aproximadamente 30 mt.

Mayores antecedentes se entregan en la Lámina 2 “Diagrama Unilineal” del set de planos del proyecto que se encuentran como anexos a la presente memoria.

### **3.6 Características del empalme eléctrico y equipo de medida**


Como se trata de una Instalación FV conectada a Red el Empalme Eléctrico es una parte esencial en nuestro proyecto, ya que será la interconexión entre nuestra instalación eléctrica interior, nuestro Generador FV y la Red de Distribución.

El equipo de Medida debe ser un Medidor Bidireccional, para registrar la Energía que se inyecta a la Red, así como la Energía que se consume, además debe estar certificado por el organismo correspondiente.

Por medio de la compañía eléctrica se gestionará la verificación del equipo de medida existente para tener certeza de si es o no Bidireccional, si esto fuese así bastara con solicitar la reprogramación de dicho equipo.

De lo contrario se tiene previsto adquirir el Equipo de Medida Marca Landys modelo ZMG310CR4, el cual es Bidireccional, es con medida directa y programado para la Tarifa AT4.3.

## 1. DATOS TÉCNICOS

Datos Generales		(Un = Voltaje Nominal, In = Corriente Nominal)	
<b>Rango de Voltaje</b>		0.7 ... 1.25 x Un	Un = 3x220/380 a 240/415 V
<b>Circuito de Corriente,</b>		Corriente Base (Ib)/Nominal In = 5 A	
- Rango de medida,		15 mA...125 A	
- Corriente de partida		Según IEC 0,4% Ib, típica 0,3%Ib (a Un)	
- Capacidad de carga	medida	120 A	
	térmica	125 A	
	corto circuito < 10 ms	10.000 A	
<b>Frecuencia Nominal</b>		50 Hz +/-2%	
<b>Clase de Precisión</b>		Activo: cl. 1 seg. IEC62063-21	Reactivo cl.2 seg. IEC62053-23
<b>Salida Test (LED)</b>		R = 500 imp/kWh	
- largo de pulso		Aprox. 2 ms	
<b>Pantalla</b>		LCD con símbolos adicionales	
- Vida útil		> 15 años	
- Tamaño de dígitos en display		Hasta 7 núms de código = 6 mm, hasta 8 nums. principales = 9 mm	
<b>Respaldo</b>		Batería 1: fecha/hora, despliegue, lectura datos	
- Batería		10 años	
- Supercap		> 21 días	
<b>Calendario Reloj/Hora</b>		< 5 ppm (de acuerdo a estándar IEC)	
- Precisión cuarzo			
<b>Clase de Protección / Impermeabilidad</b>		Según IEC 60050-131  2	Según IEC 6052 IP53
<b>Consumo en circuito de voltaje por fase</b>		a 240 V típico 0,8 W / 5 VA	
<b>Consumo en circuito de corriente por fase</b>		a 10 A típico 0,03 A	
<b>Rango de Temperatura</b>		Rango operativo específico	-40°C a +70°C
- Según IEC 62052-11		Transporte y bodega	-40°C a +85°C
<b>Aislación</b>		50 Hz / 1 min	4 kV, 50 Hz durante 1 min
<b>Compatibilidad Electromagnética</b>		IEC 61000-4-2, descargas de contacto, 15 kV	
- Descarga Electrostática		IEC 61000-4-3, 80 MHz - 2 GHz, 10 y 30 10 V/m	
- Campos Electromagnéticos de alta frecuencia		IEC 61000-4-4, Clase B	
- Supresión a Interferencia de radio			
<b>Resistencia al Impulso de Voltaje</b>		Según IEC 62052-11	
- Impulso de voltaje 1.2/50µs		Conexiones de voltaje y corriente 10 kV	
- Impulso de voltaje 1.2/50µs		Conexiones auxiliares, 6 kV	
<b>Peso</b>		Aprox. 1.5 kg	

#### 4. CUBICACIÓN DE MATERIALES

En la siguiente tabla se entrega la cubicación general de los equipos y materiales eléctricos que serán utilizados para implementar el proyecto.

Descripción	Unidad	Cantidad
Inversor INGTEAM INGECOM SUN 20TL M con Perfil Chileno	un	1
Panel Solar 320 Wp PC Certificación S.E.C	un	128
Medidor Trifásico Bidireccional Tarifa BT4.3	un	1
Tablero UGFV según norma Nch	un	1
Automático 4x32 A Curva C 6 KA Legrand o similar	un	2
Protector Diferencial 4x32 A - 300 mA	un	2
Contactor de Potencia 200 A	un	2
Cordón 5x10,26 mm2 EVA	ml	30
Estructura aluminio para panel Fv con inclinación +-30° 4.20mt	un	128
Autoperforante Cab.Hex.con Golilla Goma #14 3"	un	300
Grapa intermedia completa para fijar panel a estructura	un	260
Grapa Final completa para fijar panel a estructura	un	80
Cable Solar PV1-F 4mm2 Rojo-Negro	mt	800
Empaquetadura EPDM 20x40mm	mt	800
Sellante Butílico (Galón)	gl	3
Conector MC4 macho	un	30
Conector MC4 hembra	un	30
Cañería Galvanizada 1/2"	ml	900
Bpc 200x50 mm	ml	10
Bpc 100x50 mm	ml	90
Abrazadera 1/2	un	120
Cable n 12 awg rojo	ml	00
Ferretería menor (Tornillos, Cinta, amarras, etc.)	un	500
Señalética "aviso de peligro" según norma S.E.C.	un	10
Tablero Sobreponer 12 puestos para Data logger	un	2

## 5. MEDIDAS DE SEGURIDAD

Para el proyecto fotovoltaico en “Liceo Ignacio Carrera Pinto” contempla la instalación de piso técnico para tránsito, mantención y limpieza del campo fotovoltaico. A su vez se considera la instalación de soportes y cuerda de vida para permitir la mantención de instalación de forma segura, todo lo cual se puede apreciar incorporado en los planos del proyecto.

El piso técnico tendrá un ancho de 45 centímetros y será fabricado con Grating de acero, lo cual se irá ensamblando modularmente en tramos de 300 cms, el cual será galvanizado en caliente desde fábrica a excepción de las uniones en terreno que puedan ser requeridas, las cuales serán con galvanizado en frío luego del proceso de soldadura en los casos que corresponda. A continuación se muestra una imagen del Grating considerado y que ha sido utilizado en otros proyectos del oferente.



Se considera la instalación de escaleras gatera para acceder a la superficie del edificio para las labores de limpieza y mantención según lo requerido en las bases de licitación y visita técnica.

Todos los trabajos realizados en terreno se contarán con los respectivos procedimientos de seguridad respecto de las actividades de corte, soldadura y trabajos en altura.

## **6. ANEXOS**

### **6.1. Fichas técnicas**

- 6.1.1. Módulo fotovoltaicos
- 6.1.2. Inversores
- 6.1.3. Estructuras de soporte

### **6.2. Resoluciones SEC**

- 6.2.1. Módulo fotovoltaico
- 6.2.2. Inversor

### **6.3. Formulario 4 – Respuesta a solicitud de conexión.**

### **6.4. Listado de planos del proyecto**

- ✓ Lámina 1: Layout de Proyecto
- ✓ Lámina 2: Sección Lateral de Techumbre
- ✓ Lámina 3: Medidas de Seguridad
- ✓ Lámina 4: Estructura de Soporte de Módulos
- ✓ Lámina 5: Módulo Fotovoltaico
- ✓ Lámina 6: Strings y canalizaciones.
- ✓ Lámina 7: Diagrama Unilineal.
- ✓ Lámina 8: Diagrama Elemental de CC y CA
- ✓ Lámina 9: Cuadro de cargas y de caídas de tensión en CC y CA.
- ✓ Lámina 10: Diagrama Simplificado de Monitoreo