

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**VALPARAÍSO – CHILE**



**“AUDITORÍA ENERGÉTICA AL PARQUE  
CULTURAL DE VALPARAÍSO”**

**CRISTOPHER ALEJANDRO SILVA PACHECO**

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL.**

**PROFESOR GUÍA : Mg.-Ing. JAIME ESPINOZA S.**

**PROFESOR CORREFERENTE : Ing. SANDRA VELIZ R.**

**ENERO - 2020**

## **AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL)**

## **DEDICATORIA (OPCIONAL)**

## RESUMEN EJECUTIVO

El alcance de este proyecto contempla la realización de una auditoría energética desarrollada en el Parque Cultural de Valparaíso, la cual constó de las siguientes etapas, primero un diagnóstico de la situación energética actual, en donde se realizó un inventario de la luminaria, un cuadro resumen de cargas y se determinó que el consumo promedio de energía en un mes típico de actividades es de aproximadamente 17.000 [kWh], de los cuales el teatro es el sector de mayor consumo energético. En segundo lugar se analizaron y verificaron condiciones de habitabilidad, ya sea niveles de iluminación, temperaturas y humedad en oficinas, esto para asegurar un correcto confort en lugares de trabajo. Posteriormente con la información recopilada se generaron recomendaciones destinadas a reducir el consumo y aumentar el ahorro energético, como son la instalación de detectores de presencia, sustitución de tubos fluorescentes por tecnología LED y cambios en luminarias exteriores. La implementación de estas recomendaciones generaría un ahorro de 10.400 [kWh/año] lo que es igual a un 5.11% del consumo anual y en términos económicos equivale a 735.000 [\$ /año], estas recomendaciones tienen un periodo de recuperación de la inversión de aproximadamente 8 años.

También se estudió la posibilidad de implementación de energías renovables, en este caso de energía solar fotovoltaica ON GRID, dada la disponibilidad de espacio, se analizaron dos propuestas en el quinto piso del edificio de difusión, una de 44,82 [kW] y una segunda de 91,26 [kW] de potencia instalada. Para cada propuesta se evaluó superficie disponible, estado del techo, selección de paneles e inversores, balances energéticos, costos y ahorros.

En base a las recomendaciones y propuestas fotovoltaicas dadas, el ahorro energético total para el Parque Cultural de Valparaíso se estimó entre 75.500 [kWh/año] y 143.000 [kWh/año], lo que equivale entre \$6.000.000 y \$12.000.000 anuales y se traduce en un ahorro del 37% al 70% del gasto anual por energía, con un periodo de recuperación de la inversión de 14 años para ambos casos.

## **ABSTRACT**

The scope of this project contemplates the performance of an energy audit developed in the Parque Cultural de Valparaíso, which consisted of the following stages, first a diagnosis of the current energy situation, where an inventory of the luminaire was made, a summary table of loads and the average energy consumption in a typical month of activities was determined to be approximately 17.000 [kWh], of which theater is the sector with the highest energy consumption. Secondly, the habitability conditions will be analyzed and verified, whether lighting levels, temperatures and humidity in the offices, this to guarantee a correct comfort in workplaces. Subsequently, with the information collected, specific recommendations were generated to reduce consumption and increase energy savings, such as the installation of presence detectors, replacement of fluorescent tubes with LED technology and changes in outdoor luminaires. The implementation of these recommendations would generate savings of 10.400 [kWh/year], which is equal to 5.11% of annual consumption and in economic terms is equivalent to 953 [\$USD/year], These recommendations have a payback period of approximately 8 years.

The possibility of implementing renewable energy was also studied, in this case of ON GRID photovoltaic solar energy, given the availability of space, two proposals were analyzed on the fifth floor of the diffusion building, one of 44.82 [kW] and one second of 91.26 [kW] of installed power. For each proposal, the available surface area, roof condition, panel and inverter selection, energy balances, costs and savings are evaluated.

Based on the recommendations and photovoltaic proposals given, the total energy savings for the Parque Cultural de Valparaíso is estimated between 75.500 [kWh/year] and 143.000 [kWh/year], which is equivalent to between 7.700 and 15.600 [\$USD/year], which translates into a 37% to 70% saving of annual energy expenditure, with a payback period of 14 years for both cases.

## **GLOSARIO**

- PCdV: Parque Cultural de Valparaíso
- FV: Fotovoltaico
- ON GRID: Conectado a la red eléctrica
- OFF GRID: Sin conexión a la red eléctrica
- SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustibles
- EST: Energía solar térmica
- PTSP: Programa techos solares públicos

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS (OPCIONAL) .....	i
DEDICATORIA (OPCIONAL).....	ii
RESUMEN EJECUTIVO .....	iii
ABSTRACT .....	iv
GLOSARIO .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS .....	2
2.1. OBJETIVOS GENERALES .....	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
3. DESARROLLO DEL TEMA.....	3
3.1. CAPÍTULO 1: INFORMACIÓN PRELIMINAR Y RECOPIACIÓN DE ANTENDECENTES .....	3
3.1.1. DATOS GENERALES Y DE CONTACTO .....	3
3.1.2. PERSONAL DE TRABAJO.....	9
3.1.3. INFORMACIÓN DE FACTURAS DE LOS SUMINISTRADORES DE ENERGÍA (LUZ) .....	11
3.1.4. INVENTARIO LUMINARIA .....	15
3.1.5. CUADRO RESUMEN DE CARGAS EN PCDV .....	18
3.2. CAPÍTULO 2: EQUIPOS DE MEDICIÓN Y DE REGISTRO DE DATOS UTILIZADOS .....	26
3.2.1. iButtons .....	26
3.2.2. Luxómetro .....	27
3.2.3. Medidor de consumo de energía eléctrica.....	29
3.3. CAPÍTULO 3: TOMA DE DATOS Y MEDICIONES .....	30
3.3.1. MEDICIONES DE CONFORT TÉRMICO .....	30
3.3.2. MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN.....	33
3.3.3. MEDICIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	39

3.4.	CAPÍTULO 4: RECOMENDACIONES DE AHORRO DE ENERGÍA O REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO .....	46
3.4.1.	CARACTERIZACIÓN DE LOS TUBOS FLUORESCENTES .....	46
3.4.2.	INSTALACIÓN DE DETECTORES DE PRESENCIA EN BAÑOS PÚBLICOS.....	48
3.4.3.	SUSTITUCIÓN DE TUBOS FLUORESCENTES T5 35W POR T5 16W TECNOLOGÍA LED EN EDIFICIO DE TRANSMISIÓN .....	51
3.4.4.	LUMINARIAS EXTERIORES .....	54
3.5.	CAPÍTULO 5: IMPLEMENTACIÓN DE ENERGIAS RENOVABLES EN EL PCDV. ....	58
3.5.1.	IMPLEMENTACIÓN DE ENERGIAS RENOVABLES .....	58
3.5.2.	ENERGÍA SOLAR .....	58
3.5.3.	ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....	60
3.5.4.	ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	61
3.5.5.	SISTEMAS DE GENERACIÓN AISLADOS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA (“OFF GRID”) .....	63
3.5.6.	SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADOS A LA RED (“ON GRID”).....	66
3.6.	CAPÍTULO 6: ANÁLISIS CONCEPTUAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL PCDV. ....	68
3.6.1.	CONTEXTO DEL ESTUDIO .....	68
3.6.2.	ALCANCE DEL ESTUDIO .....	68
3.6.3.	NORMATIVA VIGENTE APLICABLE AL ESTUDIO.....	69
3.7.	CAPITULO 7: ANÁLISIS PRIMERA PROPUESTA Y ASPECTOS DE EVALUACIÓN PARA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO ....	70
3.7.1.	SUPERFICIE DISPONIBLE PARA INSTALACIÓN .....	70
3.7.2.	ÁREA DISPONIBLE PARA INSTALACIÓN .....	72
3.7.3.	EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL TECHO DISPONIBLE .....	73
3.7.4.	ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	75
3.7.5.	SUPERFICIE REAL DISPONIBLE .....	76
3.7.6.	SELECCIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS.....	76
3.7.7.	SELECCIÓN DEL INVERSOR Y CONFIGURACIÓN DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO.....	78
3.7.8.	CÁLCULO DEL ARREGLO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS	79

3.7.9. CÁLCULO DEL ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA POR EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....	80
3.7.10. BALANCE ENERGÉTICO MENSUAL .....	82
3.7.11. BALANCE ENERGÉTICO ANUAL.....	84
3.7.12. AHORROS MENSUALES Y ANUALES EN LA CUENTA DE ELECTRICIDAD .....	85
3.7.13. COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....	87
3.8. CAPÍTULO 8: ANÁLISIS SEGUNDA PROPUESTA DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	88
3.8.1. ÁREA DISPONIBLE PARA LA INSTALACIÓN.....	88
3.8.2. EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL TECHO/PISO DISPONIBLE.	89
3.8.3. SELECCIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS.....	90
3.8.4. SELECCIÓN DEL INVERSOR Y CONFIGURACIÓN DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO.....	90
3.8.5. BALANCE ENERGÉTICO MENSUAL .....	91
3.8.6. BALANCE ENERGÉTICO ANUAL.....	92
3.8.7. AHORROS MENSUALES Y ANUALES EN LA CUENTA DE ELECTRICIDAD .....	93
3.8.8. COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO .....	95
3.9. CAPÍTULO 9: COMPARATIVA ENTRE PROPUESTAS FOTOVOLTAICAS .....	96
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS.....	100
ANEXOS .....	102
ANEXO A.....	102
ANEXO B.....	103
ANEXO C.....	104
ANEXO D.....	106

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.1: Mapa ubicación PCdV.....	4
Figura 3.1.2: Mapa interno PCdV.....	5
Figura 3.1.3: Edificio Transmisión PCdV.....	6
Figura 3.1.4: Edificio Administración PCdV.....	7
Figura 3.1.5: Edificio Difusión PCdV.....	9
Figura 3.2.1: iButtons y adaptador USB.....	27
Figura 3.2.2: Luxómetro Extech LT40.....	29
Figura 3.2.3: Medidor ME PowerLogic.....	29
Figura 3.4.1: Detector de presencia ultrasónico.....	50
Figura 3.4.2: Luminaria actual edificio transmisión.....	52
Figura 3.4.3: Tubo T5 tecnología LED.....	52
Figura 3.4.4: Poste solar LED.....	54
Figura 3.4.5: Foco de iluminación exterior LED para poste.....	56
Figura 3.5.1: Esquema de un sistema fotovoltaico “OFF GRID”.....	65
Figura 3.5.2: Esquema de un sistema fotovoltaico “ON GRID”.....	68
Figura 3.7.1: Límites de protección declaratoria monumento histórico Parque Cultural de Valparaíso.....	71
Figura 3.7.2: Vista superior área disponible.....	72
Figura 3.7.3: Vistas de techo quinto piso edificio difusión.....	72
Figura 3.7.4: Ejemplo comportamiento del viento en configuración este-oeste vs convencional.....	76
Figura 3.8.1: Vista superior área disponible.....	89
Figura 3.8.2: Material terraza quinto piso edificio de Difusión.....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.1: Distribución edificio de Transmisión.....	6
Tabla 3.1.2: Distribución edificio de Administración.....	7
Tabla 3.1.3: Distribución Edificio Difusión.....	8
Tabla 3.1.4: Cargos y cantidades del personal de trabajo PCdV. ....	9
Tabla 3.1.5: Consumo de energía eléctrica año 2017. ....	12
Tabla 3.1.6: Consumo de energía eléctrica año 2018. ....	13
Tabla 3.3.1: Niveles de iluminación y recomendaciones primer piso edificio transmisión.....	35
Tabla 3.3.2: Niveles de iluminación y recomendaciones segundo piso edificio transmisión.....	36
Tabla 3.3.3: Niveles de iluminación y recomendaciones edificio administración.....	36
Tabla 3.3.4: Niveles de iluminación y recomendaciones teatro.....	37
Tabla 3.3.5: Niveles de iluminación y recomendaciones edificio difusión. ....	38
Tabla 3.3.6: Niveles de iluminación y recomendaciones para exteriores (perimetral).....	39
Tabla 3.3.7: Tableros eléctricos y designaciones en PCdV. ....	40
Tabla 3.3.8: Energía consumida por cada sector en el PCdV. ....	42
Tabla 3.4.1: Resumen recomendación de instalación sensores de presencia en baños públicos.....	50
Tabla 3.4.2: Análisis recambio tubos fluorescentes por tecnología LED. ....	53
Tabla 3.4.3: Características técnicas poste solar LED. ....	54
Tabla 3.4.4: Análisis recambio postes solar LED. ....	55
Tabla 3.4.5: Características técnicas foco de iluminación exterior LED.....	56
Tabla 3.4.6: Análisis recambio postes con focos sistema LED. ....	57

Tabla 3.7.1: Porcentajes de pérdida del sistema solar FV.....	81
Tabla 3.7.2: Ahorro mensual en la cuenta eléctrica para el año 2020. ....	85
Tabla 3.7.3: Ahorro Anual estimado en la cuenta eléctrica .....	86
Tabla 3.7.4: Costos estimados sistema solar FV 44,82 [kW]. ....	87
Tabla 3.8.1: Ahorro mensual en la cuenta eléctrica para el año 2020. ....	93
Tabla 3.8.2: Ahorro Anual estimado en la cuenta eléctrica. ....	94
Tabla 3.8.3: Costos estimados sistema solar FV 91,26 [kW]. ....	95
Tabla 3.9.1: Comparación de aspectos entre propuestas de sistemas solar FV. ....	96

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1.1: Consumo eléctrico año 2017. ....	13
Gráfico 3.1.2: Consumo eléctrico año 2018. ....	14
Gráfico 3.1.3: Representación porcentual de potencia total instalada en el PCdV.....	25
Gráfico 3.3.1: Temperaturas interior y exterior en oficinas.....	31
Gráfico 3.3.2: Humedad interior y exterior en oficinas. ....	32
Gráfico 3.3.3: Distribución de kWh a lo largo de una semana típica de actividades en el PCdV.....	41
Gráfico 3.3.4: Distribución de kWh por sector a lo largo de un mes típico de actividades en el PCdV.....	44
Gráfico 3.3.5: Proporciones de kWh consumidos por sector a lo largo de un mes típico de actividades en el PCdV.....	45
Gráfico 3.7.1: Radiación solar global horizontal mensual, Parque Cultural de Valparaíso, Cerro Cárcel.....	82
Gráfico 3.7.2: Energía eléctrica mensual generada por el sistema solar FV propuesto al Parque Cultural de Valparaíso. ....	83

Gráfico 3.7.3: Energía eléctrica anual generada por el sistema solar FV propuesto al Parque Cultural de Valparaíso.....	84
Gráfico 3.8.1: Energía eléctrica mensual generada por el sistema solar FV propuesto al Parque Cultural de Valparaíso.....	91
Gráfico 3.8.2: Energía eléctrica anual generada por el sistema solar FV propuesto al Parque Cultural de Valparaíso.....	92
Gráfico 3.9.1: Comparación energía eléctrica mensual generada por sistemas FV propuestos al Parque Cultural de Valparaíso.....	97
Gráfico 3.9.2: Comparación ahorro mensual por sistemas FV propuestos al Parque Cultural de Valparaíso.....	97

## 1. INTRODUCCIÓN

El ahorro de energía y la mejora de la eficiencia energética son desafíos importantes que se deben afrontar en los próximos años como sociedad. Por ello, se deben poner en marcha estrategias adecuadas y proporcionar las herramientas necesarias para introducir mejoras significativas en el desarrollo tecnológico y en las pautas de consumo de energía.

Toda empresa, industrial o de servicios, centros, instituciones, de mayor o menor tamaño debe plantearse si sus instalaciones y procesos responden a un diseño optimizado desde el punto de vista energético. Una gestión energética adecuada conlleva el uso eficiente de la energía y, como consecuencia, la reducción de los costes energéticos.

Para ello se realiza una auditoría energética, la cual es un procedimiento sistemático para obtener un adecuado conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico, por esto deben formar parte de los programas o planes de eficiencia energética de cualquier empresa o institución, dichos planes deben comprender aquellas actuaciones encaminadas a lograr la máxima eficiencia en el consumo de energía, los máximos ahorros y el conocimiento del comportamiento energético de sus instalaciones.

En particular, se realizará una auditoría energética al Parque Cultural de Valparaíso, donde se determinará principalmente la situación energética actual, estableciendo los consumos de los diferentes sectores que lo componen, también se realizará un inventario de luminarias junto a mediciones de parámetros de habitabilidad ya sean térmicos o de luminosidad. Junto a esto se propondrán mejoras y recomendaciones orientadas a reducir el consumo energético, incluyendo propuestas para la implementación de energías renovables con el fin de que a largo plazo el Parque Cultural de Valparaíso se convierta en una institución con procesos que permitan un funcionamiento más sustentable y amigable con el medio ambiente.

Así mismo, la realización de la auditoría energética será el punto de partida para que el Parque Cultural de Valparaíso disponga de la información necesaria sobre aquellas mejoras derivadas del propio estudio y sobre las recomendaciones de uso eficiente de la energía.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVOS GENERALES**

El objetivo general de este trabajo es realizar una auditoría energética al Parque Cultural de Valparaíso, el cual tiene la meta de ser un parque sustentable al 2020, transformándose en un espacio cultural que no solo incorpore fuentes de energías renovables, sino también promueva la educación ambiental desde la práctica. En la auditoría se busca contemplar los aspectos técnicos y económicos que apunten a evaluar el consumo base energético y las medidas de un uso eficiente de ella.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar antecedentes y levantar información de la situación actual.
- Generar recomendaciones que reduzcan el consumo de energía y mejoren la eficiencia energética del parque
- Realizar programa de uso eficiente de energía aportando propuestas de cambios.
- Evaluar conceptualmente la instalación de sistemas de energías solar-eólica en sus instalaciones.
- Concluir respecto de la factibilidad y restricciones del estudio realizado.

### **3. DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1. CAPÍTULO 1: INFORMACIÓN PRELIMINAR Y RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES**

El recabar información y recopilar antecedentes es el punto de partida a la hora de realizar la auditoría energética. Tiene como objetivo reconocer e identificar el sector auditado, conocer el funcionamiento, funciones de los empleados y asegurar que se dispone de la información necesaria para realizar una buena preparación y organización de los trabajos.

Dentro de la información requerida respecto al sector auditado se encuentra:

- Datos generales y de contacto
- Número de empleados, distribución de trabajo, turnos y horarios
- Información histórica de las facturas de los suministradores de energía (luz)
- Inventario de la luminaria, lámparas de alumbrado (listado de fuentes instaladas)
- Cuadro resumen de cargas

##### **3.1.1. DATOS GENERALES Y DE CONTACTO**

El Parque Cultural de Valparaíso es un complejo arquitectónico levantado en el Cerro Cárcel, que se proyecta a partir de un conjunto armónico de edificios para la instalación de recursos culturales en torno a un parque abierto a la comunidad, orientado a relevar la práctica artística local, con una infraestructura de calidad para la danza, música, teatro y espacio circo. Está ubicado en esta explanada donde antiguamente funcionaba la cárcel pública de la ciudad y posterior a ella, desde la época

colonial, una casa de pólvora, bóveda que se encuentra en pie hasta el día de hoy.

El Parque Cultural cuenta además con un amplio y equipado teatro, una gran sala de artes visuales y una terraza desde donde se domina la amplitud de la bahía de Valparaíso. Todo en un contexto de áreas verdes, en un entorno de espacios de ocio y recreación que fomenten la comunicación y el encuentro ciudadano.

- Dirección: Calle Cárcel 471, Cerro Cárcel.

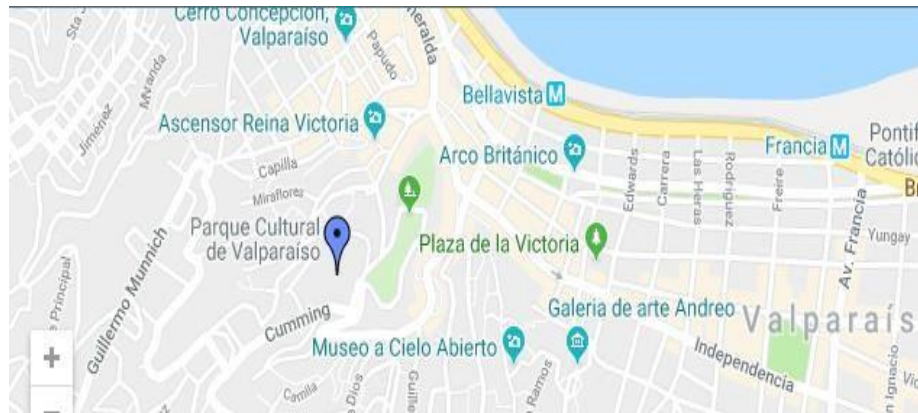


Figura 3.1.1: Mapa ubicación PCdV.

- Fono: +56 32 235 9400
- Acceso al parque: la admisión al parque es gratuita, algunas actividades pueden tener cobro por admisión o requerir invitación previa (se informa en cada caso), también existen accesos aptos para sillas de ruedas, subidas especiales y ascensores.
- Horario de funcionamiento: el parque se encuentra abierto de martes a domingo de 10:00 a 18:00 horas en horario de invierno y de 10:00 a 21:00 horas, en verano.
- Instalaciones y composición del Parque Cultural de Valparaíso: se conforma principalmente de tres edificios (administración,

transmisión y difusión) y una casa de pólvora, bóveda en pie hasta el día de hoy.

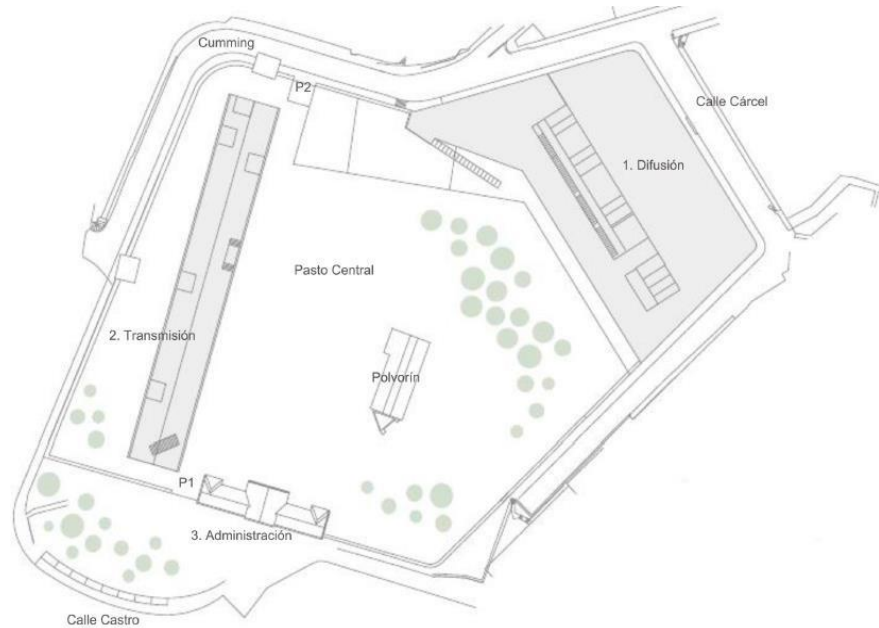


Figura 3.1.2: Mapa interno PCdV.

- Edificio de transmisión: Ex Galería de Reos de la antigua Cárcel Pública de Valparaíso, alberga distintos espacios tendientes a facilitar el desarrollo de actividades artísticas, culturales y comunitarias, especialmente, para promover la asociatividad de proyectos artísticos emergentes que nutran la escena local como a la vez, actividades pertinentes a la condición de Sitio de Memoria de su infraestructura. Se denomina como “edificio de transmisión”, pues en este lugar se transmite y construye contenido artístico cultural, es decir, en esta construcción reciclada ensayan y discuten los artistas en torno a sus prácticas específicas. El edificio cuenta con:

Tabla 3.1.1: Distribución edificio de Transmisión.

1° Piso	Salas Co-Works (2)
	Sala Música 1 y 2
	Sala Danza 1 y 2
	Cocina
	Espacio circo
	Baños y camarines hombre, mujer y discapacitados
	Bodegas cocina, tableros eléctricos, insumos oficinas
	oficinas de conserjería
2° Piso	Salas Multiuso (8)
	Estudio de grabación
	Sala de edición



Figura 3.1.3: Edificio Transmisión PCdV.

- Edificio de Administración: recibe su nombre debido a que fue el antiguo edificio de administración de gendarmería, hoy es edificio de administración institucional y se compone principalmente de oficinas. El edificio cuenta con las siguientes oficinas:

Tabla 3.1.2: Distribución edificio de Administración.

Oficinas:
Dirección Ejecutiva
Programación
Producción
Comunicaciones
Cocina
Baño hombres y mujeres
Mediación Cultural
Administración y finanzas
Conserjería



Figura 3.1.4: Edificio Administración PCdV.

- Edificio de Difusión: es el edificio más nuevo con un estilo contemporáneo y cuenta con 5 niveles, con escaleras y ascensor, el último piso con una gran vista por medio de una amplia terraza, además de una zona de estacionamientos. El edificio cuenta con:

Tabla 3.1.3: Distribución Edificio Difusión.

1° piso	Sala de lectura adulto mayor
	Sala de administración y control CCTV
	Sala de lectura/biblioteca
	Baños públicos hombres y mujeres
	Baños y camarines teatro actores hombre y mujeres
	Sala precalentamiento
	Sala basura restaurant
	Bodega teatro
2° piso	Unidad de negocios 1 y 2
	Baños públicos hombres y mujeres
	Espacio Restaurant
	Sala estudio, Terraza
3° piso	Sala de laboratorio
	Sala de exposiciones
	Baños públicos hombres y mujeres
	Cocina
4° piso	Baños públicos hombres y mujeres
	Oficina director general PCDV
	Sala de proyección
	Sala de reuniones, oficinas administración
5° piso	Explanada, piso estacionamientos



Figura 3.1.5: Edificio Difusión PCdV.

### 3.1.2. PERSONAL DE TRABAJO

El personal de trabajo que se encuentra en el Parque Cultural de Valparaíso se compone de 39 personas, dentro de las cuales 13 son mujeres y 26 hombres. Los cargos de cada persona se distribuyen de la siguiente manera:

Tabla 3.1.4: Cargos y cantidades del personal de trabajo PCdV.

Cargo	Cantidad
DIRECTORA EJECUTIVA	1
JEFE PLAN. ADM. Y RRHH	1
JEFE MEDIACIÓN CULTURAL	1
JEFA DES. TERRITORIAL Y VINCULACIÓN	1
JEFE DE COMUNICACIONES	1
JEFA PROGRAMACIÓN	1
PRODUCTOR GENERAL	2

JEFE ESCENOTECNIA	1
CONTROL DE GESTIÓN Y ADQUISICIONES	1
ENCARGADO FINANZAS	1
ENCARGADA MEDIACIÓN	1
ENCARGADO GESTIÓN PATRIMONIAL	1
ENCARGADA TRANSMISIÓN	1
PROFESIONAL APOYO	2
ENCARGADO AUDIOVISUAL Y FOTOGRAFÍA	1
DESARROLLO DE LAS PERSONAS Y RRHH	1
ASISTENTE DE ADMINISTRACIÓN	2
ASISTENTE MEDIACIÓN	2
ASISTENTE WEB Y REDES	1
TÉCNICO ILUMINACIÓN	2
TÉCNICO SONIDO	2
SUPERVISOR DE OPERACIONES	1
DISEÑADOR	1
TRAMOYA	4
ENCARGADO RECURSOS FÍSICOS Y GESTIÓN DE PÚBLICOS	1
MAYORDOMO	1
CONSERJE	2
ENCARGADO DE SEGURIDAD	1
JARDINERO	1

### 3.1.3. INFORMACIÓN DE FACTURAS DE LOS SUMINISTRADORES DE ENERGÍA (LUZ)

El cobro de la energía eléctrica en el Parque Cultural de Valparaíso se realiza por la empresa de distribución y venta de energía eléctrica CHILQUINTA S. A. La tarifa utilizada para los costos es **AT4.3** [1], la cual se define como tarifa horaria en alta tensión, para clientes con medidor simple de energía, demanda máxima suministrada y demanda máxima leída en horas de punta del sistema eléctrico. Los cargos principales que se cobran en esta tarifa son los siguientes:

- **Cargo por energía:** es el resultado de la potencia que se ocupa, por la cantidad de artefactos y por el tiempo utilizado.
- **Cargo mensual por demanda máxima leída de potencia en horas punta:** durante los meses que contengan horas de punta, se aplicará a la demanda máxima en horas de punta efectivamente leída en cada mes el precio unitario correspondiente. Durante los meses que no contengan horas de punta se aplicará, al promedio de las dos mayores demandas máximas en horas de punta registradas durante los meses del período de punta inmediatamente anteriores, el precio unitario correspondiente.
- **Cargo mensual por demanda máxima de potencia suministrada:** es el resultado del promedio de las dos demandas más altas registradas en los últimos 12 meses inmediatamente anteriores, incluido el mes que se factura, al precio unitario correspondiente.

A continuación, se presenta tablas y gráficos resumen de los consumos en años anteriores:

Tabla 3.1.5: Consumo de energía eléctrica año 2017.

Mes	Consumo[kWh]	\$
Enero	23.000	3.218.555
Febrero	18.500	2.834.347
Marzo	18.500	2.806.495
Abril	27.000	3.404.484
Mayo	26.000	3.199.932
Junio	32.500	3.947.525
Julio	28.500	3.657.354
Agosto	33.500	4.195.287
Septiembre*	26.000	4.714.700
Octubre*	29.500	5.161.098
Noviembre*	25.000	4.740.827
Diciembre	23.500	3.637.526
Promedio	25.958	3.793.178

(\*) Meses con cuotas de recargo por aumento en precio de la electricidad.

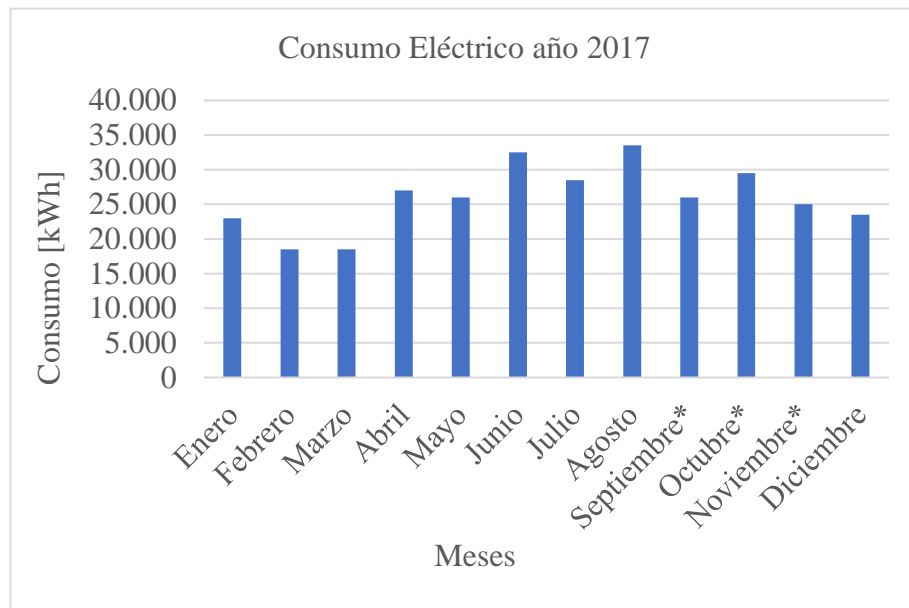


Gráfico 3.1.1: Consumo eléctrico año 2017.

Tabla 3.1.6: Consumo de energía eléctrica año 2018.

Mes	Consumo[kWh]	\$
Enero	18.500	3.257.434
Febrero	18.000	3.151.607
Marzo	19.500	3.192.664
Abril	21.500	2.921.206
Mayo	22.500	2.436.670
Junio	21.000	2.860.992
Julio	21.000	3.147.091
Agosto	27.000	3.477.924
Septiembre	19.500	2.401.021
Octubre	21.500	2.934.669

Noviembre	15.000	2.336.564
Diciembre	16.000	2.576.366
Promedio	20.083	2.891.184

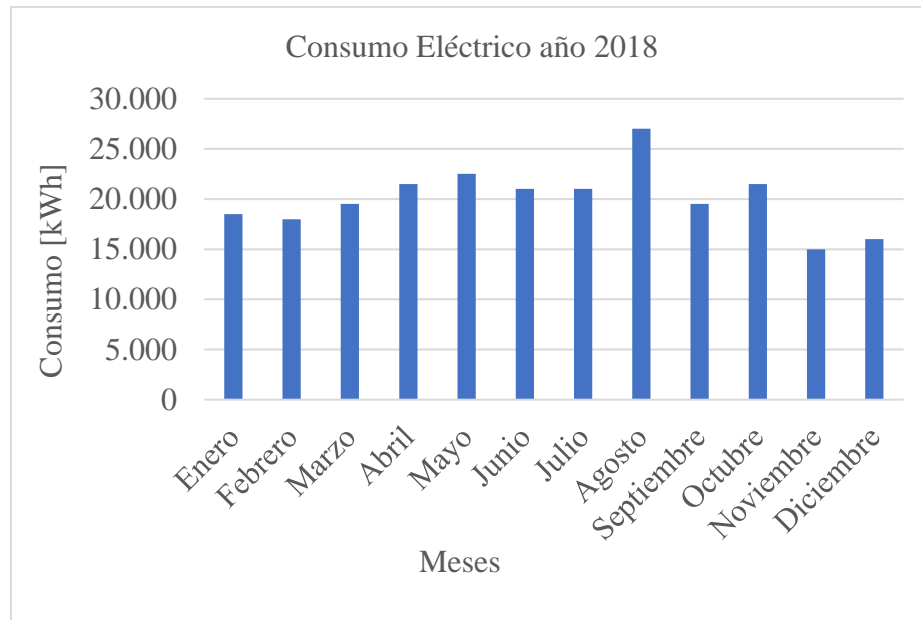


Gráfico 3.1.2: Consumo eléctrico año 2018.

### 3.1.4. INVENTARIO LUMINARIA

A continuación se mostrará el inventario de la luminaria instalada en todo el Parque Cultural de Valparaíso, distribuido según sector, con el fin de analizar y generar recomendaciones en capítulos posteriores.

- Edificio Administración

Tipo de Fuente	Referencia	Cantidad
Fluo T5 28W	Sobrepuesto lineal fluorescente tecnico - BYP Ultrafina	2
Fluo T5 28W	Sobrepuesto lineal fluorescente - Supralight Hang sobrepuesto	7
Fluo COMP 42W	Suspendido decorativo fluorescente compacta - Ligman tango 18	7
Fluo T5 28W	Suspendido lineal fluorescente - Supralight Hang suspendido directo	11
Fluo T5 54W	Suspendido lineal fluorescente - Supralight Hang suspendido directo	12

- Edificio de Transmisión

- Primer piso:

Tipo de Fuente	Referencia	Cantidad
Fluo T5 35W	Sobrepuesto lineal fluorescente Dimeable - Philips TP S405 Ballast Electrónico	30
Fluo T5 80W	Sobrepuesto lineal fluorescente - Philips TP S405 Ballast Electrónico	12
Fluo T5 35W	Sobrepuesto lineal fluorescente - Philips TP S405 Ballast Electrónico	12
Fluo T5 35W	Regleta Fluorescente Fluo Hermetico - ByP equipo estanco Ballast Elec	5
Fluo T5 35W	Sobrepuesto Fluorescente Orientable - Spuralight wash Ballas Elec	54
Fluo T5 28W	Sobrepuesto Fluorescente Fluo - ByP ultra fina fluorescente Ballast Elec	19
Fluo Compacto 42W	Equipo sobrepuesto a cielo Fluo compacto - Ligman tango 6	2
Halogeno 100W	Proyector halogeno sobrepuesto a riel trifasico - Proyector para riel	16
Fluo T5 54W	Suspendido lineal fluorescente directo - Supralight hang suspendido directo	8
Riel 2 metros	Riel trifasico suspendido bajo altura de las vigas - targetti	8
Halo	Dimer para riel trifasico - m arisio habitat	3
Fluo	Dimer para atenuacion fluorescente - Niessen regulador electronico girat.	6

- Segundo piso:

Tipo de Fuente	Referencia	Cantidad
Fluo T5 35W	Sobrepuesto lineal fluorescente - Philips TP S405 Ballast Electrónico	8
Fluo T5 28W	Sobrepuesto lineal fluorescente - ByP ultrafina	18
HIT - CE 150W	Proyector Haluro metalico - lanzine limited wide beam	12
Fluo T5 80W	Suspendido lineal fluorescente Directo 80W - Indirecto 35W	92
Fluo 42W	Suspendido decorativo fluorescente compacta - Ligman tango 18	4

- Edificio Difusión

- Primer piso:

Tipo de Fuente	Referencia	Cantidad
Fluo T5 35W	Sobrepuesto lineal fluorescente Dimeable - Philips TP S405 Ballast Electrónico	8
Fluo T5 35W	Regleta fluorescente fluo hermetico 35W - BPI equipo estanco Ballast elec	50
Fluo T8 28W	Regleta fluorescente fluo hermetico 28W - BPI regleta fluorescente Ballast elec	25
Fluo T5 28W	Sobrepuesto Lineal Fino fluorescente - Spuralight hang sobrepuesto	33
Tubo Fluo Circular 55W	Equipo circular decorativo IP 44 para camarines	4
Fluo T5 28W	Suspendido lineal fluorescente directo - Supralight hang suspendido directo	18
Fluo T5 54W	Suspendido lineal fluorescente directo - Supralight hang suspendido directo	9
Halogeno 50W	Aplique decorativo halogeno	24
LED 1W	Equipo LED integrado a pasa mano - Supralight equipo especial para pasamano	7
Fluo	Dimer para atenuacion fluorescente - Niessen regulador electronico girat.	2

- Segundo piso:

Tipo de Fuente	Referencia	Cantidad
Fluo T8 28W	Regleta fluorescente - BPI regleta fluorescente Ballast elec	4
Fluo COMP 42W	Equipo sobrepuesto para pasillos - Ligman tango 6	26
Fluo T5 28W	Sobrepuesto Lineal Fino fluorescente - Spuralight hang sobrepuesto	14
Fluo COMP 42W	Suspendido decorativo fluorescente compacta - Ligman tango 18	20
LED 1W	Equipo LED integrado a pasa mano - Supralight equipo especial para pasamano	46

- Tercer piso:

Tipo de Fuente	Referencia	Cantidad
Fluo T5 80W	Sobrepuesto Lineal fluorescente - Philips TPS405 BALLAST ELEC	37
Fluo T5 35W	Regleta fluorescente fluo hermetico 35W - BPI equipo estanco Ballast elec	2
Fluo T8 28W	Regleta fluorescente fluo 28W - BPI regleta fluorescente Ballast elec	44
Fluo T5 28W	Suspendido lineal fino fluorescente - Supralight hang sobrepuesto	10
Halogeno 100W	Proyector halogeno sobrepuesto en riel trifasico R2 - targetti foho proyector para	90
Fluo T5 28W	Suspendido lineal fluorescente directo - Supralight hang suspendido directo	2

- Cuarto piso:

Tipo de Fuente	Referencia	Cantidad
Fluo T5 35W	Sobrepuesto Lineal fluorescente Dimeable - Philips TPS405 BALLAST ELEC DIM	36
Fluo T8 28W	Regleta fluorescente fluo 28W - BPI regleta fluorescente Ballast elec	1
Fluo T5 28W	Suspendido lineal fino fluorescente - Supralight hang sobrepuesto	19
Fluo T5 80W	Equipo tecnico suspendido fluorescente - OMS Suspendido tornado PC	19

- Teatro

Tipo de Fuente	Referencia	Cantidad
Fluo T5 HO 2X80W	Equipo tecnico suspendido fluorescente - Tecnoluce "Mare"	56
Fluo T5 HE 14W	Sobrepuesto tecnico fluo con filtro azul - BYP equipo lineal Ballast elect incorp.	57
Fluo T5 HE 14W	Sobrepuesto tecnico fluo lineal - BYP equipo lineal Ballast elect incorp.	55
Fluo T5 HE 28W	Sobrepuesto lineal fino fluorescente - Farmet 1200mmx40mmx80mm Ballast ele	16
LED 1,8W	Equipo LED embutido para teatro - Farmet embutido rectangular LED luz directa b	44
Fluo Wallwasher 2x26W	Downlight Wallwasher on-off - Tecnoluce Wallwasher fluo comp 830 "area"	26
Halogeno 150W	Proyector area halogeno dimeable - Tecnoluce proyector area halogeno dimeabl	59
Halogeno 150W	Equipo decorativo colgante - SL 328 marca visual light MH 150W portalampara de	14

- Iluminarias exteriores

Tipo de Fuente	Referencia	Cantidad
HIT 150W	Proyector arboles en canastillo metalico - VKB Flat Misty HQI TS 150W	4
HIT 70W	Proyector arboles en canastillo metalico - VKB Flat Misty HQI TS 70W	10
HIT 70W	Proyector arboles en canastillo metalico - VKB Flat Misty HQI TS 70W	17
LED 3W Azul	A especial PCV Semi embutida	65
HIT 70W	Poste asimetrico 5m - Alladin orion HIT 70w	42

### 3.1.5. CUADRO RESUMEN DE CARGAS EN PCDV

El cuadro de cargas ofrece una visión clara, amplia y rápida del circuito de la instalación eléctrica de los diferentes sectores y del parque en general. En él se encuentra identificado el número de circuitos acompañado de una descripción del lugar o los lugares a los cuales tiene cobertura. Se indica también el tipo de carga de cada circuito, ya sea alumbrado normal, de emergencia, climatización, computación normal y otros tipos de cargas o fuerza.

- Edificio Administración

	Designación	N° Circuitos	Potencia [kW]
Fuerza	TDF ED. Administración	6	11,5
Alumbrado Normal	TDA - ED. Administración	5	2,78
Alumbrado Emergencia	TDA - ED. Administración	4	1,09
Computación Normal	TDC - ED. Administración	6	7
Total			22,37

- Edificio Transmisión

	Designación	Nº Circuitos	Potencia [kW]
Fuerza	TDF ED. Formación	4	33
Alumbrado Normal	TDA N - ED. Formación	17	18,3
	TDA Sala Música N°1	3	1,58
	TDA Sala Música N°2	3	1,58
	TDA Sala Danza N°1	3	13,27
	TDA Sala Danza N°2	3	13,81
	TDA Sala Teatro N° 1 y 2	4	6,3
	TDA Sala Taller N°1	3	2,78
	TDA Sala Taller N°2	3	3,68
	TDA Sala Taller N°3	3	3,68
	TDA Sala Taller N°4	3	3,68
	TDA Sala Grabación	3	6,59
	TDA Sala Audio	3	4,84
	TDA sala Escultura N°1	3	5,68
	TDA sala Escultura N°2	3	5,68
	Alumbrado Emergencia	TDA E - ED. Formación	7
Clima	TDC - ED. Formación	10	33,7
Computación Normal	TDC - ED. Formación	2	4,5
Total			171,26

- Edificio Difusión

	Designación	N° Circuitos	Potencia [kW]
Fuerza	TDF - 1° Piso ED. Difusión Biblioteca Zona 1	3	0
	TDF - Aux ED. Difusión Zona T2 Teatro	13	32
	TDF - 1° Piso ED. Difusión Zona 3	3	6
	TDF - 2° Piso ED. Difusión Zona 3	3	4
	TDF - 3° Piso ED. Difusión Zona 3	3	4
	TDF - 4° Piso ED. Difusión Zona 3	3	4
	TDF - 2° Piso ED. Difusión Restorán Zona 4	5	11
	TDF - Ascensor N°1	1	9
Alumbrado Normal	TDA - 1° Piso ED. Difusión Biblioteca Zona 1	6	2,82
	TDA - 3° ED. Difusión Zona T2 Teatro	32	23,97
	TDA - Aux ED. Difusión Zona T2 Teatro	20	10,66
	TDA - 1° Piso ED. Difusión Zona	9	2,99

	3		
	TDA - 2° Piso ED. Difusión Zona 3	8	2,18
	TDA - 3° Piso ED. Difusión Zona 3	6	1,38
	TDA - 4° Piso ED. Difusión Zona 3	9	4,03
	TDA - 2° Piso ED. Difusión Restorán Zona 4	13	8,35
	TDA - 2° Piso ED. Difusión Tienda Zona 5	3	1,59
	TDA - 2° Piso ED. Difusión Librería Zona 6	3	1,43
	TDA - 3° Piso ED. Difusión Sala Expos. Zona 7	19	15,71
	TDA - 4° Piso ED. Difusión Sala Mult. Zona 8	9	3,58
	TDA - Ascensor N°1	1	0,5
Alumbrado Emergencia	TDA - 1° Piso ED. Difusión Biblioteca Zona 1	1	0,97
	TDA - 3° ED. Difusión Teatro Zona 2	32	9,09
	TDA - 1° Piso ED. Difusión Zona 3	8	2,66
	TDA - 2° Piso ED. Difusión Zona	7	0,93

	3		
	TDA - 3° Piso ED. Difusión Zona 3	3	0,87
	TDA - 4° Piso ED. Difusión Zona 3	5	0,94
	TDA - 1° Piso - Sala de Reuniones	3	1,09
Clima	TDC - ED. Difusión (por otros)		92
Computación Normal	TDC- 1° Piso ED. Difusión Biblioteca Zona 1	3	6
	TDC- 3° Piso ED. Sala Expos. Zona 7	1	1
<b>Total</b>			<b>264,74</b>

- Casa Pólvara

	Designación	N° Circuitos	Potencia [kW]
Fuerza			
Alumbrado Normal	TDA - Casa Pólvara	7	1,76
Alumbrado Emergencia			
Clima			
Computación Normal			
Total			1,76

- Iluminación general

	Designación	N° Circuitos	Potencia [kW]
Fuerza			
Alumbrado Normal	TDA - Iluminación General	22	12,09
Alumbrado Emergencia			
Computación Normal			
Total			12,09

- Cuadro resumen de potencia instalada total

	Potencia [kW]	%
Fuerza	114,5	24,25
Alumbrado Normal	187,27	39,66
Alumbrado Emergencia	26,25	5,56
Clima	125,7	26,62
Computación Normal	18,5	3,92
TOTAL	472,22	100,00

En el gráfico 3.1.3 se ilustra la distribución porcentual de la potencia total instalada en el parque:

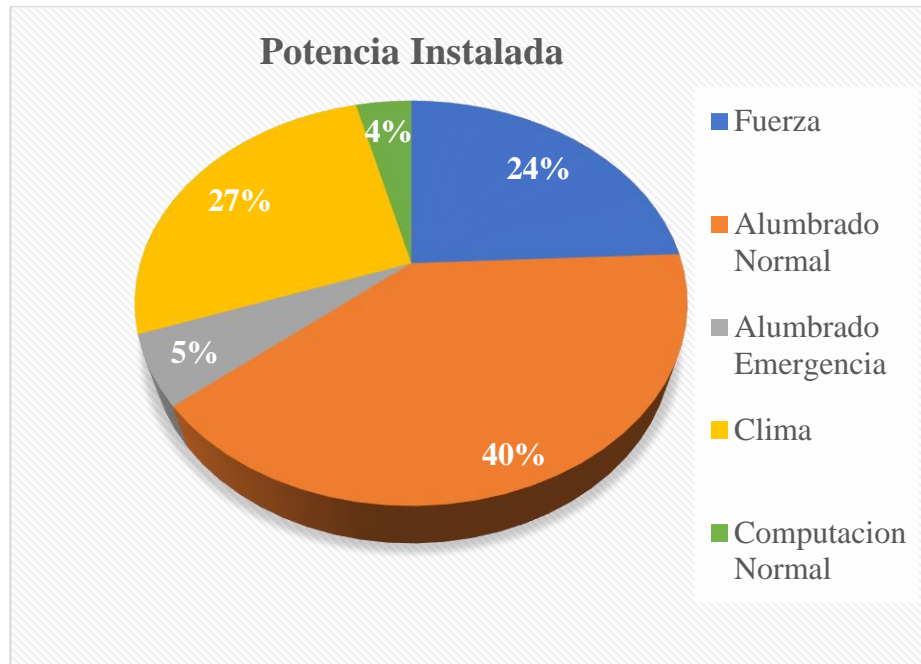


Gráfico 3.1.3: Representación porcentual de potencia total instalada en el PCdV.

Como se observa en el gráfico, respecto a la potencia total instalada en el parque cultural de Valparaíso, cerca de un 40% representa cargas destinadas a alumbrado normal, esto quiere decir iluminación para oficinas, baños, pasillos, teatro, salas de actividades y exteriores. En segundo y tercer lugar están las cargas destinadas al sistema de climatización y fuerza respectivamente, en cuanto a climatización hace referencia a sistemas de ventilación, aire acondicionado y control de humedad, mientras que fuerza hace referencia a otros tipos de carga. En menor medida abarcando cerca de un 10% de la potencia instalada, se encuentran los sistemas de computación normal y alumbrado de emergencia.

## 3.2. CAPÍTULO 2: EQUIPOS DE MEDICIÓN Y DE REGISTRO DE DATOS UTILIZADOS

### 3.2.1. iButtons

Los iButtons son registradores de datos (data loggers) que almacenan mediciones de temperatura y humedad a la fecha/hora de la muestra para su análisis posterior. Funciona mediante un chip interno, posee un número único de identificación, un termómetro, higrómetro y una memoria para el registro de la historia térmica y de humedad, un registro de eventos de alarma, y memoria adicional para almacenar datos del usuario, como datos de localización o un manifiesto de envío. Estos son reciclables, y en condiciones normales, registran datos por hasta 10 años o 1 millón de mediciones de temperatura.

La toma de datos puede comenzar en forma automática o programada una vez el usuario lo configure. El traspaso de información se hace mediante lector USB y un software OneWireViewer específicamente diseñado para estos dispositivos.

Especificaciones técnicas:

- Rango de funcionamiento: 20 a +85°C; 0 a 100%RH.
- Higrómetro digital, mide humedad con resolución de 8-Bit (0.6%RH) o 12-Bit (0.04%RH).
- Termómetro digital, mide la temperatura con resolución de 8-Bit (0.5°C) o 11-Bit (0.0625°C).
- Precisión de temperatura, mejor que  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  de  $-10^{\circ}\text{C}$  a  $+ 65^{\circ}\text{C}$ .

- Incorpora internamente un sensor de humedad para poder registrar temperatura y humedad de forma simultánea.
- Frecuencia de lecturas: 1 segundo hasta 273 horas.



Figura 3.2.1: iButtons y adaptador USB.

### 3.2.2. Luxómetro

El luxómetro es un instrumento que permite medir la iluminancia o nivel de iluminación [Lux] sobre una determinada superficie. Generalmente se trata de equipos muy simples y ligeros formados por el analizador y la esfera foto detectora.

El luxómetro utilizado en esta auditoría es el Modelo LT40 de Extech. El LT40 también puede medir luz de fuentes fluorescentes, halogenuros metálicos, sodio de alta presión e incandescentes. El LT40 puede medir la luz hasta 40,000 Fc (400,000 Lux).

Características principales:

- Indicación de sobre carga: La LCD indica "OL".
- Indicación de batería débil.
- Frecuencia de actualización de pantalla: 2.5 veces por segundo.
- Ángulo Coseno corregido.

- Mide LED de luz blanca.
- Mide la intensidad de iluminación en Lux o bujías-pie.
- Retención de datos inmoviliza la lectura presentada.
- Retención de lectura máxima / promedio / mínima.
- Ajuste de calibración a cero.
- Apagado automático desactivable.
- Escala automática.

#### Especificaciones técnicas:

- Frecuencia de muestreo 2.5 veces por segundo (pantalla digital).
- Foto detector Foto diodo de silicio con corrección del coseno.
- Pantalla LCD de 4 dígitos (visualización máxima: 9999) con icono de batería baja, sobrecarga, medición y otros indicadores de función.
- Escala automática Ajuste automático de la escala de la pantalla.
- Condiciones de operación Temperatura: 5 a 40 °C (41 a 104°F); Humedad: < 80% HR.
- Condiciones de almacenamiento Temperatura: -10 a 60°C; Humedad: < 70 % HR.
- Tipo de LED La luz LED blanca.
- Fuente de alimentación 2 baterías "AAA" de x 1.5V.
- Vida de la batería Aproximadamente 200 horas.
- Apagado automático El medidor se apaga después de 12 minutos de inactividad.
- Dimensiones 133 x 48 x 23mm (5.2 x 1.9 x 0.9").
- Peso 250g. (8.8 oz) Incluidas las baterías.



Figura 3.2.2: Luxómetro Extech LT40.

### 3.2.3. Medidor de consumo de energía eléctrica

Los medidores están diseñados para la medición de los kWh consumidos por un circuito eléctrico, monofásico o trifásico, con o sin neutro distribuido. El medidor disponible en los tableros eléctricos del parque es el modelo ME PowerLogic de la marca Schneider Electric.

Características:

- Todos los tipos de mediciones: A, V, Hz, kWh.
- Montaje en perfil DIN o empotrado.
- Pantalla digital o analógica Los medidores de vatios-hora ME son parte de esta gama.



Figura 3.2.3: Medidor ME PowerLogic.

### **3.3. CAPÍTULO 3: TOMA DE DATOS Y MEDICIONES**

El segundo paso es la recopilación de toda la información y datos del Parque Cultural de Valparaíso, necesarios para la auditoría energética mediante la toma de datos, mediciones puntuales y mediciones durante periodos representativos.

Las mediciones se realizan con el fin de identificar niveles de iluminación, temperatura en ambiente laboral y la energía consumida en el parque, buscando identificar su distribución por sectores o en la distribución total.

#### **3.3.1. MEDICIONES DE CONFORT TÉRMICO**

El confort térmico define las condiciones ambientales de aquellos que desempeñan sus funciones en lugares como oficinas o espacios cerrados en los que se modifica la sensación térmica para combatir ambos extremos.

Un trabajador que se expone a una temperatura mayor a lo que le resulta adecuado o agradable, puede aumentar su sudoración, sentir aletargamiento y una sensación de desagrado e incomodidad. Aun así, se debe tener en cuenta que la sensación térmica es subjetiva y depende de cada persona, hay algunos que toleran una temperatura mayor al resto.

En Chile no existe ley o norma que rijan las condiciones ambientales en estos casos, pero hay algunas acciones que se pueden

tomar para mejorar los espacios de trabajo y dar mayor bienestar a los trabajadores.

El objetivo de estas mediciones es establecer en cuanto a habitabilidad en qué condiciones se encuentran las principales oficinas administrativas, tanto exterior como interiormente de manera que el cambio de temperaturas y la humedad relativa del ambiente sean las adecuadas para el trabajo y así prevenir bajadas de tensión y otros problemas de salud al personal.

Las mediciones obtenidas, mediante el uso de iButtons, en el transcurso de un día típico laboral en el edificio de administración se observan en los siguientes gráficos:

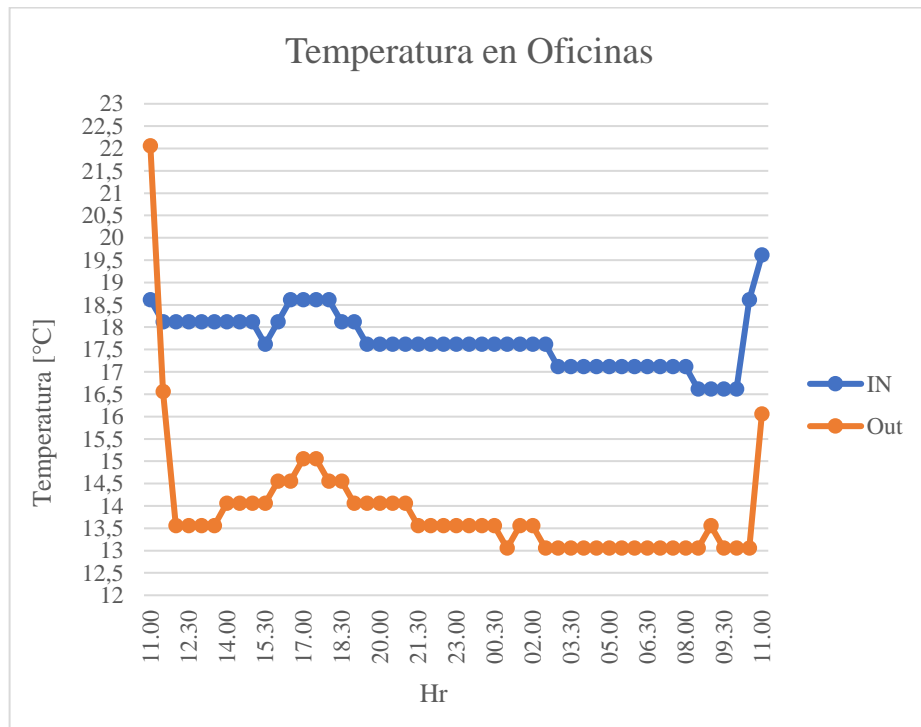


Gráfico 3.3.1: Temperaturas interior y exterior en oficinas.

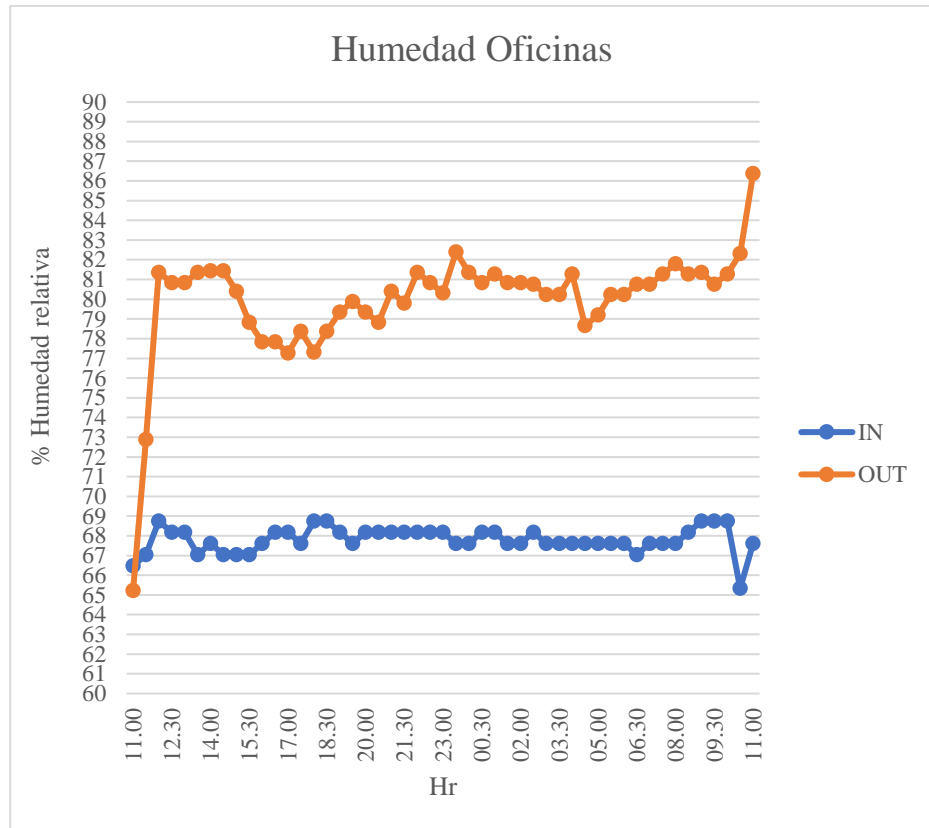


Gráfico 3.3.2: Humedad interior y exterior en oficinas.

Como se mencionó en nuestro país no existe una norma que trate en lo específico estos puntos, lo más cercano es el “Decreto Supremo N° 594” que habla de temperaturas, pero en situaciones extremas como trabajos en un frigorífico, por ejemplo.

También en la Mutua de Seguridad existe un documento basado en la misma norma estadounidense de los años 60, las recomendaciones ambientales para puestos administrativos dadas por la Mutua de Seguridad CChC son las siguientes [2]:

Con respecto a la humedad se recomienda:

- Humedad relativa del aire entre 40% y 70%.

Para una adecuada temperatura ambiental se recomienda:

- En invierno: entre 20 a 24 grados
- En verano: entre 23 a 26 grados

Con los resultados obtenidos se puede ver que la humedad al interior de las oficinas se encuentra dentro del rango normal, por el lado de la temperatura cercano a los 20°C recomendados por lo que no sería un problema a la hora de permanecer en el puesto de trabajo, en cuanto al cambio o diferencia de temperatura que se genera al entrar o salir de las oficinas, se observa un diferencial de +/- 3°C a lo largo del día, el cual indica que en cuanto a habitabilidad y confort térmico, el sector se encuentra en condiciones adecuadas y no es perjudicial ni conllevaría problemas para la salud de los trabajadores.

### **3.3.2. MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN**

Uno de los principales sentidos que posee el ser humano para recibir información de su entorno es la visión de los objetos, cuya percepción está directamente relacionada con la cantidad de luz que ellos reflejan o emiten. Si la iluminación es defectuosa, se perciben mal los objetos, se detectan bajos rendimientos laborales, y se pueden ocasionar accidentes graves en personas y/o daños en equipos o materiales. Por el contrario, si la iluminación es la correcta, se destacan los contornos, se hace más fácil visualizarlos, se disminuye la fatiga visual, se eleva la moral, se facilita la supervisión y se reducen los accidentes. Por lo anterior y conociendo de la importancia de poder estandarizar la cuantificación de la iluminación se han realizado mediciones del nivel de iluminación en las distintas zonas del parque en

función de su uso y se han comparado con los niveles recomendados por la Norma Chilena 4/2003 (tablas disponibles en Anexo A) y el DTO-51 Art. 21[3] para iluminación de los lugares de trabajo en interiores y exteriores respectivamente. La norma establece un valor de iluminancia mínimo para cada sector por debajo del cual no puede caer el nivel de iluminación independientemente de la antigüedad y estado de la instalación.

La iluminancia o cantidad de energía luminosa que incide sobre una superficie; se mide en lux (1[lumen/m<sup>2</sup>]). Aunque el ojo humano puede apreciar iluminancias comprendidas entre 3 y 100.000 [lux], para poder desarrollar cómodamente una actividad necesita entre 100 [lux] y 1.000 [lux].

En el procedimiento, la altura de la medición variara según el puesto de trabajo a medir, por ello, en mesas y puestos de trabajo similares la altura de medición ha sido de aproximadamente 75 centímetros respecto al suelo, en pasillos y lugares de trabajo en los que el trabajador tenga que estar de pie y erguido, la altura de medición será de 160 centímetros.

A continuación, se muestran las tablas con los resultados obtenidos:

Tabla 3.3.1: Niveles de iluminación y recomendaciones primer piso edificio transmisión.

<b>Sector/lugar de trabajo</b>	<b>Nivel Iluminación [Lux]</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Recomendación Nch 4/2003</b>
Pasillo general	196,3		150 - Mantener
Bodega cocina	220,9		150 - Mantener
Bodega Tableros Eléctricos	217,3		150 - Mantener
Bodega Insumos Oficinas	169,6		150 - Mantener
Espacio circo	354,7		200 - Mantener
Cocina	2460		300 - Mantener
Pasillos Intermedios	705		150 - Mantener
Baños Discapacitado	408,9		150 - Mantener
Bodega Cocina Adm.	No hay luz	Instalar luz	-
Baño Hombre	460,6		150 - Mantener
Baño Mujer	350		150 - Mantener
Sala Danza 1	1209		300 - Mantener
Sala Danza 2	482,4		300 - Mantener
Sala Música 1	270,6	2 luces malas	300 - Aumentar
Sala Música 2	454,6		300 - Mantener
Sala espacio de proyectos y gestión cultural	342,1		300 - Mantener
Sala espacio de proyectos y gestión cultural 2	306,8		300 - Mantener
Sala espacio de proyectos y gestión cultural 3	345,2		300 - Mantener
Oficina de conserjería	733,1		400 - Mantener

Tabla 3.3.2: Niveles de iluminación y recomendaciones segundo piso edificio transmisión.

<b>Sector/lugar de trabajo</b>	<b>Nivel Iluminación [Lux]</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Recomendación Nch 4/2003</b>
Sala 1	318,2		300 - Mantener
Sala 2	303,5		300 - Mantener
Sala 3	582,1		300 - Mantener
Sala 4	836,3		300 - Mantener
Sala 5	936,8		300 - Mantener
Sala 6	595,4		300 - Mantener
Sala 7	710,2		300 - Mantener
Sala 8	827,1		300 - Mantener
Oficina comunicaciones	222		400 - Aumentar
Pasillo escaleras	269,8		150 - Mantener
Hall estudio grabación	175,6		150 - Mantener
Estudio grabación	331,6		400 - Aumentar
Oficina Estudio grabación	90,2		400 - Aumentar
Pasillo principal	129,7	Muchos focos faltantes/ defectuosos	150 – Aumentar o reparar/instalar

Tabla 3.3.3: Niveles de iluminación y recomendaciones edificio administración.

<b>Sector/lugar de trabajo</b>	<b>Nivel Iluminación [Lux]</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Recomendación Nch 4/2003</b>
Hall Administración	120,1		150 - Aumentar
Pasillo principal	565,8		150 - Mantener
Oficina coordinador de seguridad	414,4		400 - Mantener
Bodega casilleros y tableros	249,2		150 - Mantener
Oficina conserjería antigua	245,4		400 - Aumentar
Oficina Mediación	256,7		400 - Aumentar

Oficina Recursos Humanos	1590		400 - Mantener
Oficina programación y producción	97,9		400 - Aumentar
Cocina	256,8		300 - Aumentar
Baño Hombre	371		150 - Mantener
Baño Mujer	163,3		150 - Mantener
Baño	286,1		150 - Mantener
Oficina desarrollo territorial redes y vinculación	216		400 - Aumentar

Tabla 3.3.4: Niveles de iluminación y recomendaciones teatro.

<b>Sector/lugar de trabajo</b>	<b>Nivel Iluminación [Lux]</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Recomendación Nch 4/2003</b>
Acceso teatro	173,4		150 - Mantener
Entrada foyer y teatro	305,5		150 - Mantener
Acceso baños teatro	100,5		150 - Aumentar
Pasillo teatro lado escalera técnica	272		150 - Mantener
Pasillo maniobras	237,2		150 - Mantener
Caja negra 2°escenario	157,7		150 - Mantener
Baño actores Hombres	577,1		150 - Mantener
Baño actrices	441,2		150 - Mantener
Camarines	505,2		150 - Mantener
Bodega escenografía	150		150 - Mantener
Pasillo técnico	171,7		150 - Mantener
Puente técnico	127,2		150 - Aumentar
Escalera transito	157,9		150 - Mantener

Tabla 3.3.5: Niveles de iluminación y recomendaciones edificio difusión.

<b>Sector/lugar de trabajo</b>	<b>Nivel Iluminación [Lux]</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Recomendación Nch 4/2003</b>
<b>1° piso</b>			
Hall	460,2		150 - Mantener
Oficina informaciones	264,4		400 - Aumentar
Sala de lectura Adulto mayor	251,5		300 - Aumentar
Baño Hombre	488		150 - Mantener
Baño Mujer	502,9		150 - Mantener
Entrada por camarines teatro	218,9		150 - Mantener
Pasillo frente ascensor	303,2		150 - Mantener
Escaleras a 2° piso	188,1	1 foco defectuoso	150 - Mantener
<b>2° piso</b>			
Acceso principal	301,3		150 - Mantener
Terraza fuera sala de estudio	68,4		150 - Aumentar
Pasillo exterior terraza	91,5		150 - Aumentar
Baño Hombre	344,1		150 - Mantener
Baño Mujer	379,4		150 - Mantener
Escaleras a 3° piso	-	Defectuosas	-
Tienda / restaurant	361,8		300 - Mantener
<b>3° piso</b>			
Acceso principal	360,3		150 - Mantener
Baño Hombre	423,1	1 (de 3) focos defectuosos	150 - Mantener
Baño Mujer	528,3		150 - Mantener
Sala exposiciones	425,6		400 - Mantener
Escaleras a 4° piso	204,1		150 - Mantener
<b>4° piso</b>			
Acceso principal	383,2		150 - Mantener
Pasillo a oficinas	185,7		150 - Mantener
Baño Hombre	229,9		150 - Mantener
Baño Mujer	238,2	1 solo foco	150 - Mantener

Oficinas administración, jefe administración	701,8		400 - Mantener
Sala de proyección	306,4		300 - Mantener
Escaleras a 5° piso	126,7		150 - Aumentar
Cabina Ascensor	19,9	LEY 20.296 DE ASCENSORES / sustituir por LED	50 - Aumentar

Tabla 3.3.6: Niveles de iluminación y recomendaciones para exteriores (perimetral).

Sector/lugar de trabajo	Nivel Iluminación [Lux]	Observaciones	Recomendación
Focos iluminación exterior Ed. Administración	106,7	DTO-51 Art. 21	25 - Mantener
Exteriores Ed. Transmisión lado huerto	49,5	DTO-51 Art. 21	25 - Mantener
Muro perimetral a calle cárcel	90,4	DTO-51 Art. 21	25 - Mantener
Exterior difusión	47,7	DTO-51 Art. 21	25 - Mantener

### 3.3.3. MEDICIÓN DE CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

En este caso se procedió a realizar la medición del consumo energía eléctrica de los diferentes sectores que componen al Parque Cultural de Valparaíso, esto se realizó durante siete días, es decir una semana completa de actividades, de lunes a viernes y fin de semana.

El procedimiento consistió en tomar lecturas cada día a la misma hora de medidores digitales (ME PowerLogic) de consumo de energía eléctrica ubicados en los circuitos de los tableros eléctricos que controlan la energía del parque, estos como los sectores a cuáles están designados se pueden observar en la siguiente tabla:

Tabla 3.3.7: Tableros eléctricos y designaciones en PCdV.

<b>Tableros eléctricos Edificio Difusión</b>		
<b>Numero</b>	<b>Sector</b>	<b>Designación</b>
<b>1</b>	General Pisos Ed. Difusión	TDA Y F NORMAL
<b>2</b>	Restaurant	TDA Y F NORMAL
<b>3</b>	Sala exposiciones	TDA Y F NORMAL
<b>4</b>	Biblioteca	TDA Y F NORMAL
<b>5</b>	Sala multiuso	TDA Y F NORMAL
<b>6</b>	Librería	TDA Y F NORMAL
<b>7</b>	Tienda	TDA Y F NORMAL
<b>8</b>	Teatro	TDA Y F NORMAL
<b>9</b>	General Pisos Ed. Difusión	TDA Y F Emergencia
<b>10</b>	Biblioteca	TDA Y F Emergencia
<b>11</b>	TDA Sala de reuniones	TDA Y F Emergencia
<b>12</b>	Teatro (TDA Y F)	TDA Y F Emergencia
<b>Tableros eléctricos Sala eléctrica</b>		
<b>Numero</b>	<b>Sector</b>	<b>Designación</b>
<b>0</b>	Difusión y Transmisión	TDA Y F NORMAL
<b>1</b>	Casa Pólvora	TDA Y F NORMAL
<b>2</b>	Teatro (Pasillo maniobras, transito, camarines y sistema constellation)	TDA Y F NORMAL
<b>3</b>	Exteriores	TDA Y F NORMAL

4	Clima Formación	
5	Administración	TDA Y F NORMAL
6	Clima Difusión	
7	Administración	TDA Y F Emergencia
8	Difusión	TDA Y F Emergencia
9	Transmisión	TDA Y F Emergencia

Nota: TDA y F se refiere a tablero de distribución de alumbrado y fuerza, donde fuerza hace referencia a los demás equipos eléctricos conectados a la red que no tengan que ver necesariamente con el alumbrado, iluminación o climatización.

Los resultados obtenidos de tales mediciones se presentan a continuación:

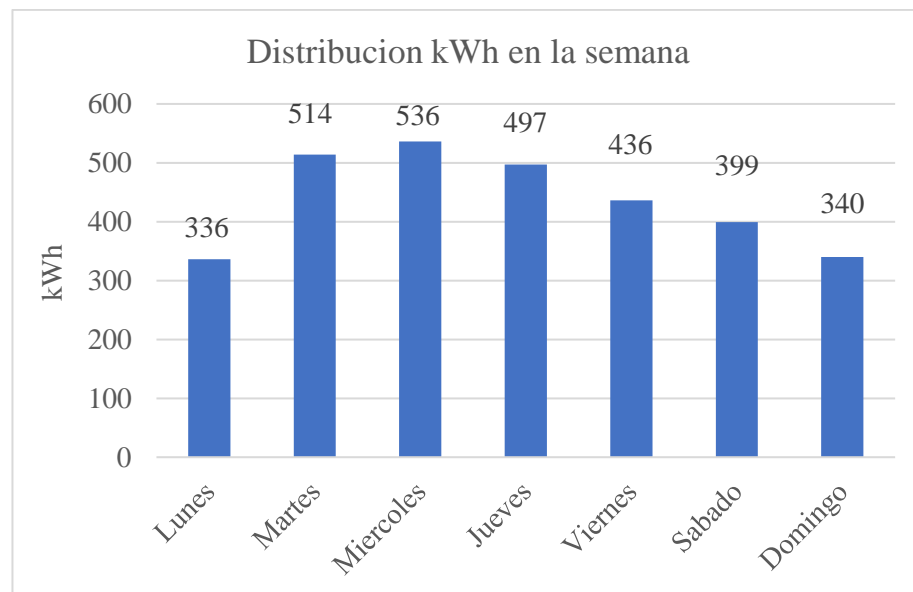


Gráfico 3.3.3: Distribución de consumo [kWh] a lo largo de una semana típica de actividades en el PCdV.

Cabe destacar que esta es una distribución típica de una semana de actividades, en la cual se observa un menor consumo el lunes, donde efectivamente el parque no abre al público y solo se realizan actividades administrativas, y un aumento de la energía consumida en los días medios de la semana.

Ahora si consideramos una distribución de la energía consumida por cada sector del parque en 1 mes de actividades se obtiene lo mostrado en la siguiente tabla y gráficos:

Tabla 3.3.8: Energía consumida por cada sector en el PCdV.

Sector	kWh Mensuales	%
Teatro	6952	40,9
Ed. Difusión y Transmisión	1920	11,3
General Pisos Ed. Difusión	1280	7,5
General Pisos Ed. Difusión	1224	7,2
Sala exposiciones	920	5,4
Alumbrado Exteriores	880	5,2
Restaurant	772	4,5
Sala multiuso	632	3,7
Teatro Emerg.	564	3,3
Difusión	512	3,0
Transmisión	480	2,8
Administración	452	2,7
Clima Difusión	128	0,8

Administración	124	0,7
Biblioteca	48	0,3
Biblioteca	36	0,2
Clima Formación	28	0,2
Librería	16	0,1
TDA Sala de reuniones	12	0,1
Tienda	4	0,0
Casa Pólvora	0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>16984</b>	<b>100,0</b>

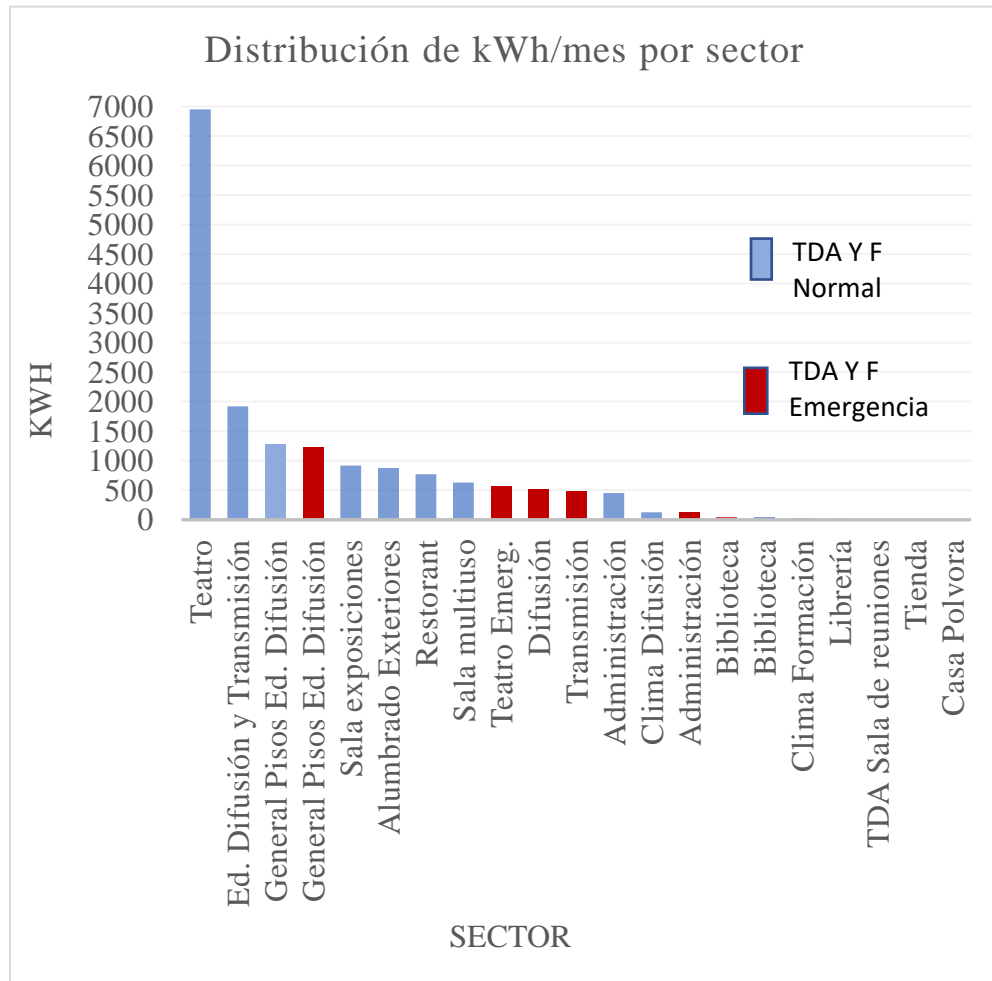


Gráfico 3.3.4: Distribución de kWh por sector a lo largo de un mes típico de actividades en el PCdV.

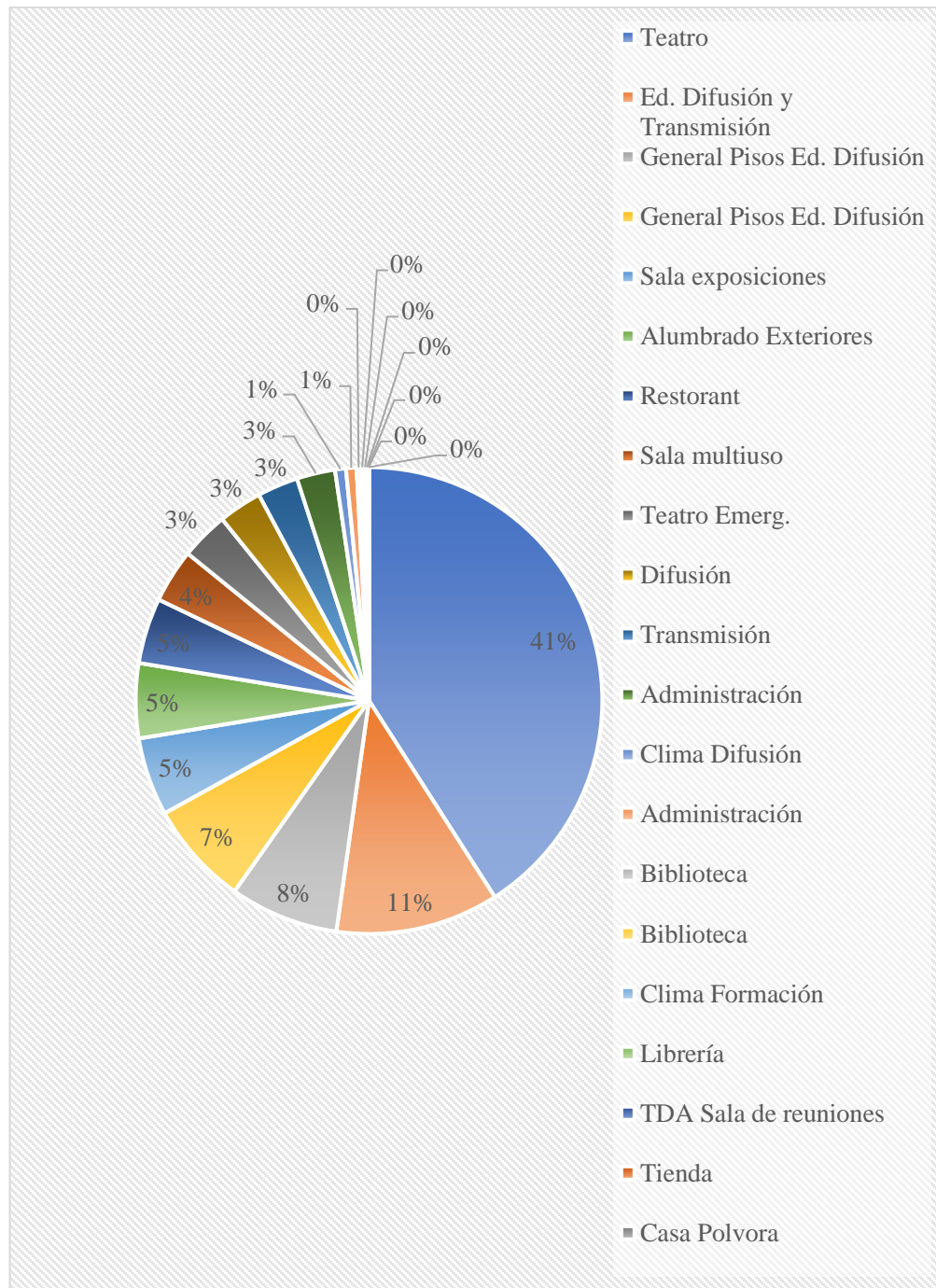


Gráfico 3.3.5: Proporciones de kWh consumidos por sector a lo largo de un mes típico de actividades en el PCdV.

Con estas herramientas se distingue claramente que gran parte del consumo total de energía en el parque está dado por el teatro, abarcando en torno a 40%, luego los sistemas de alumbrado y fuerza de los edificios de difusión y transmisión. Respecto a los sistemas de alumbrado y fuerza destinados para emergencia, el mayor consumo es por parte del edificio de difusión.

Con la información recopilada y medida se puede establecer que el consumo en promedio del Parque Cultural de Valparaíso es de 17.000 [kWh/mes]. Obviamente este consumo puede variar mes a mes según el flujo y cantidad de actividades que se presenten en el calendario. Las recomendaciones de ahorro energético a evaluar posteriormente estarán enfocadas principalmente a temas de iluminación e implementación de energías renovables.

### **3.4. CAPÍTULO 4: RECOMENDACIONES DE AHORRO DE ENERGÍA O REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO**

A continuación, se realizará un análisis de las distintas oportunidades de ahorro, basado en lo observado en las visitas a las instalaciones del Parque Cultural de Valparaíso y según los tipos de iluminación: focos, luminarias y tubos fluorescentes.

#### **3.4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS TUBOS FLUORESCENTES**

Para los análisis de las siguientes recomendaciones se caracterizarán primero los tubos fluorescentes en cuatro categorías:

- Tubos eficientes: dentro de esta categoría se considerarán los denominados tubos tipo T5, los cuales se caracterizan por reemplazar el ballast magnético por uno electrónico, lo cual disminuye las pérdidas del sistema, además de un tubo más delgado que el común, que emite la misma cantidad de luminosidad (lúmenes), con un menor consumo en Watts. Se considera un consumo de 28 [W] por el tubo y 1 [W] por el ballast electrónico.
- Tubos semi-eficientes: dentro de esta categoría se considerarán los denominados tubos tipo T8, funcionando con un ballast electrónico. Se considera un consumo de 36 [W] por el tubo y 1 [W] por el ballast electrónico.
- Tubos estándar: dentro de esta categoría se considerarán los denominados tubos tipo T8, funcionando con un ballast magnético. Se considera un consumo de 36 [W] por el tubo y 10 [W] por el ballast magnético.
- Tubos ineficientes: dentro de esta categoría se considerarán los denominados tubos tipo T10 o superiores, funcionando con un ballast magnético. Se considera un consumo de 40 [W] por el tubo y 10 [W] por el ballast magnético.

Conociendo estas categorías y analizando el inventario de luminaria realizado anteriormente, la tecnología utilizada mayormente en los edificios del parque cultural de Valparaíso consiste en tubos fluorescentes T5 y T8 con ballast electrónico, es decir, dentro de la categoría de tubos eficientes y semi-eficientes. Se analizarán tecnologías más eficientes como los LEDs y si es viable económicamente su implementación. Además, para efectos de cálculos se considerará un precio de 70,53 [\$/kWh].

### **3.4.2. INSTALACIÓN DE DETECTORES DE PRESENCIA EN BAÑOS PÚBLICOS.**

En las visitas a las instalaciones del parque cultural de Valparaíso junto con la información recopilada, se pudo notar que los baños tanto de hombres como de mujeres, de cada uno de los 4 pisos del edificio de Difusión, permanecían con sus luces encendidas desde el inicio al cierre de un día de actividades, es decir, desde 8 am a 11 pm de lunes a domingo, aun cuando estas zonas se encontraban desocupadas. Esto indudablemente genera un gasto en la cuenta eléctrica que no es necesario y es posible reducir.

La propuesta es instalar sensores de presencia en los baños de hombres y mujeres, del edificio de Difusión.

Un sensor o detector de presencia es una forma de controlar la iluminación de un lugar según detecte la presencia humana, encendiendo y apagando las luces cuando detecta la presencia o ausencia de personas, proporcionando de esta manera un ahorro importante en el consumo de energía eléctrica. Los detectores de presencia no sólo aportan un grado importante de eficiencia energética reduciendo drásticamente los consumos al utilizar la iluminación sólo cuando es necesario, sino que también extienden la vida útil de tus luminarias al encender menor cantidad de tiempo.

Los detectores de presencia reaccionan a los más mínimos movimientos y, al mismo tiempo, miden la luminosidad del espacio. Si no se registra ningún movimiento o si se supera un valor de luminosidad

definido, el detector de presencia apaga la luz automáticamente. Existen diferentes tecnologías que dependerán principalmente de su forma de trabajo, están los detectores por infrarrojos, los detectores ultrasónicos y los que utilizan ambas tecnologías.

Los detectores por infrarrojos detectan el calor corporal, identificando las diferencias en el calor emitido por personas en movimiento y el calor ambiental. Requieren que exista una línea ininterrumpida de visión entre el detector y la persona detectada, por lo que es más complejo que detecten pequeños movimientos.

Los detectores ultrasónicos utilizan el principio de efecto Doppler, detectan a las personas emitiendo ondas ultrasónicas (microondas) y midiendo la velocidad de retorno, captan las variaciones en el espacio a través de una onda ultrasónica que recorre el ambiente y vuelve al detector rebotando en cada objeto que se encuentra en el ambiente, si el dispositivo detecta un nuevo objeto se activara. A diferencia de los sensores de movimiento por infrarrojos, las microondas son capaces de atravesar materiales livianos, por lo que elimina las zonas muertas, pudiendo funcionar sin línea directa de visión. Gracias a la sensibilidad de estos sensores, son capaces de identificar movimientos más finos.

Por lo anteriormente mencionado se propone instalar, sensores de presencia ultrasónicos (catalogo en anexo B), a continuación, se presenta un sensor ejemplo propuesto y una tabla que resume la propuesta con los consumos actuales y el posible ahorro con esta implementación.


Foto	Producto	iD SAP	Descripción
	SENSOR SOBREPUESTO MICROONDA 6M	302017	Sensor de Movimiento por Microondas, para uso interior (IP20). Ángulo de Detección: 360°, de 1 a 6 Metros de Radio, ajustable. Instalación de 2 a 6 Metros. Consumo 0,9W aprox.

Figura 3.4.1: Detector de presencia ultrasónico.

Tabla 3.4.1: Resumen recomendación de instalación sensores de presencia en baños públicos.

Fuente	Cantidad (7 por piso)	kW	kWh/día	kWh/mes	kWh/año
Fluo T5 28W	28	0,784	11,76	329,28	3951,36

<b>Potencia actualmente instalada</b>	0,784	kW
<b>Consumo actual</b>	3951,4	kWh/año
<b>Horas de funcionamiento con sensor</b>	40%	
<b>Nuevo consumo</b>	1580,5	kWh/año
<b>Ahorro energético</b>	2370,8	kWh/año
<b>Ahorro en consumo</b>	167.214	\$/año
<b>Total ahorro anual</b>	167.214	\$
<b>Inversión</b>	13.700	\$/sensor
<b>Inversión Total</b>	109.600	\$
<b>Periodo recuperación inversión</b>	0,66	Años
	8	Meses

El precio del sensor utilizado para el cálculo es de \$13.700 cada uno. Se consideraron 8 sensores (2 por cada piso: baño hombre y mujer), la instalación puede ser realizada por el propio personal del parque. El desembolso inicial realizado en los sensores (inversión) se cubrirá y comenzará a reportar beneficios económicos a partir del octavo mes que estos entren en funcionamiento.

### **3.4.3. SUSTITUCIÓN DE TUBOS FLUORESCENTES T5 35W POR T5 16W TECNOLOGÍA LED EN EDIFICIO DE TRANSMISIÓN**

Actualmente se encuentran instalados en los pasillos principales del edificio de transmisión una gran cantidad de tubos fluorescentes para iluminar los pasillos principales de tránsito, tanto en el primer y segundo piso. Estos generalmente se encienden cuando ha disminuido la luz natural del día, por lo que se encuentran encendidos alrededor de 6 horas por día generando un gasto importante de energía, que es posible reducir al implementar estos mismos tubos fluorescentes, pero con tecnología LED.

La principal ventaja que ofrece esta tecnología es el ahorro energético, como aproximación se puede decir que un tubo LED consumirá la mitad de potencia que un tubo fluorescente a igualdad de intensidad lumínica emitida.

La propuesta de mejora consiste en sustituir los tubos fluorescentes actuales del primer y segundo piso del edificio de transmisión tipo T5 x 35W, por fluorescentes tipo LED T5 x 16W que incluye aparatos para su instalación. Dentro de las ventajas que ofrece este sistema destacan:

- Ahorro de energía, entre un 50% a 90% de lo que se gasta con luces convencionales
- Incremento de vida útil (hasta 50.000 horas)
- Reducción de costes de mantenimiento
- Mayor eficacia que las lámparas incandescentes y halógenas
- Luz directa que incrementa la eficiencia del sistema
- Arranque instantáneo otorgando 100% de luz
- Contribución con el medio ambiente, reducción en el gas de efecto invernadero
- Sin pérdidas en los filtros



Figura 3.4.2: Luminaria actual edificio transmisión.

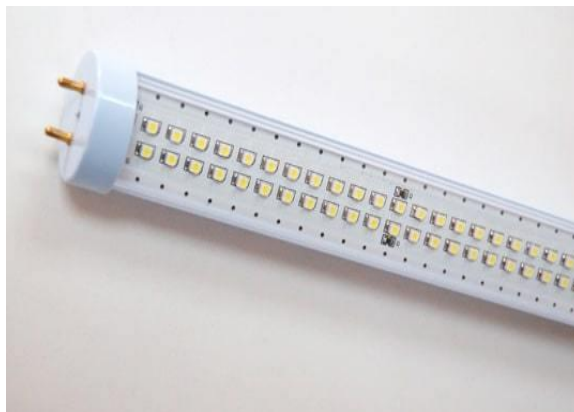


Figura 3.4.3: Tubo T5 tecnología LED.

Los resultados del análisis económico del recambio por esta tecnología se resumen en la tabla 3.4.2:

Tabla 3.4.2: Análisis cambio tubos fluorescentes por tecnología LED.

<b>Fuente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>kW</b>	<b>kWh/día</b>	<b>kW/mes</b>	<b>kW/año</b>
<b>Fluo T5 35W (Primer piso)</b>	54	1,89	11,34	317,52	3810,24
<b>Fluo T5 35W (Segundo piso)</b>	28	0,98	5,88	164,64	1975,68
<b>Total pisos</b>	82	2,87	17,22	482,16	5785,92

<b>Potencia actualmente instalada</b>	2,87	kW
<b>Consumo actual</b>	5785,9	kWh/año
<b>Nuevo consumo con LEDs</b>	2645,0	kWh/año
<b>Ahorro energético</b>	3140,9	kWh/año
<b>Ahorro en consumo</b>	221.530	\$/año
<b>Total ahorro anual</b>	221.530	\$
<b>Inversión</b>	11.000	\$/Tubo
<b>Inversión Total</b>	902.000	\$
<b>Periodo recuperación inversión</b>	4,07	Años
	49	Meses

Con los resultados obtenidos de este estudio, se ve que es una opción viable para implementar, el ahorro en consumo ronda los 3.000 [kWh] por año, lo que se traduce en un ahorro anual en el rango de \$200.000 – \$250.000, además que el tiempo estimado para recuperar la inversión es de 4 años, lo cual no es excesivo.

#### 3.4.4. LUMINARIAS EXTERIORES

En lo que respecta a estas luminarias se revisaran dos opciones tecnológicas enfocadas al ahorro energético:

- **Poste Solar:** Este sistema corresponde a un poste del tipo de alumbrado público, este capta la energía solar durante el día, la almacena en una batería y posteriormente en la noche es cuando la entrega a la luminaria.



Figura 3.4.4: Poste solar LED.

Tabla 3.4.3: Características técnicas poste solar LED.

<b>Ubicación</b>	5 metros de altura
<b>Iluminancia</b>	36 lux

<b>Autonomía</b>	4 días
<b>Voltaje</b>	12 V
<b>Panel solar</b>	32 W
<b>Duración LED (horas)</b>	50.000
<b>Duración batería</b>	4 años
<b>Protección Panel</b>	8 años

Los resultados del análisis económico del recambio por esta tecnología se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.4.4: Análisis recambio postes solar LED.

<b>Fuente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>kW</b>	<b>kWh/día</b>	<b>kWh/mes</b>	<b>kWh/año</b>	<b>\$/kWh</b>
<b>HIT 70W</b>	42	2,94	17,64	493,92	5927,04	70,53

<b>Potencia actualmente instalada</b>	2,94	kW
<b>Consumo actual</b>	5927,0	kWh/año
<b>Nuevo consumo</b>	0,0	kWh/año
<b>Ahorro energético</b>	5927,0	kWh/año
<b>Ahorro en consumo</b>	418034	\$/año
<b>Total ahorro anual</b>	418034	\$
<b>Inversión</b>	700.000	\$/poste
<b>Inversión Total</b>	29.400.000	\$

<b>Periodo recuperación inversión</b>	70,33	Años
	884	Meses

Al estudiar este caso se ve claramente que no es una opción viable, ya que si bien es una opción que no genera consumo de energía, la inversión es muy grande comparado al ahorro anual que se genera, aumentando excesivamente el plazo en el que se recuperaría la inversión y en el que se obtendrían beneficios.

- Foco de iluminación exterior LED para poste: Esta opción corresponde a cambiar solo la luminaria existente y no el poste completo como tal. Para este análisis se considerarán los 42 focos exteriores que iluminan el perímetro del parque.



Figura 3.4.5: Foco de iluminación exterior LED para poste.

Tabla 3.4.5: Características técnicas foco de iluminación exterior LED.

<b>Ubicación</b>	5 metros de altura
<b>Iluminancia</b>	30 lux
<b>Potencia requerida</b>	12 W
<b>Voltaje</b>	12 V
<b>Potencia por LED</b>	1 W
<b>Duración LED (horas)</b>	50.000
<b>Angulo cono de luz</b>	120°

Los resultados del análisis económico del recambio por esta tecnología se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.4.6: Análisis recambio postes con focos sistema LED.

<b>Potencia actualmente instalada</b>	2,94	kW
<b>Consumo actual</b>	5927,0	kWh/año
<b>Nuevo consumo con LEDs</b>	1016,06	kWh/año
<b>Ahorro energético</b>	4911,0	kWh/año
<b>Ahorro en consumo</b>	346.371	\$/año
<b>Total ahorro anual</b>	346.371	\$
<b>Inversión</b>	29.990	\$/foco
<b>Inversión Total</b>	1.259.580	\$
<b>Periodo recuperación inversión</b>	3,64	Años
	44	Meses

A modo de resumen, en lo que respecta a la iluminaria externa, una vez analizadas las dos opciones es recomendable cambiar los focos a la tecnología LED, la cual arroja indicadores económicos interesantes, contribuyendo un ahorro de energía del orden de los 4.900 [kWh] por año.

La disminución del consumo eléctrico potencial es del orden de \$350.000 anuales, con una inversión de \$1.259.580, la cual se cubre a los 3 años y medio desde la instalación.

### **3.5. CAPÍTULO 5: IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN EL PCDV.**

#### **3.5.1. IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES**

Las energías renovables se caracterizan porque en sus procesos de transformación y aprovechamiento en energía útil no se consumen ni se agotan en una escala humana. Entre estas fuentes de energías se encuentran: la hidráulica, la solar, la eólica y la de los océanos. Además, dependiendo de la forma en que se explote la energía, también pueden ser denominadas como renovables la energía proveniente de la biomasa, la energía geotérmica y los biocombustibles.

Las energías renovables suelen clasificarse en convencionales (ERC) y no convencionales (ERNC), según sea el grado de desarrollo de las tecnologías para su aprovechamiento y la introducción en los mercados energéticos que presenten. Dentro de las convencionales, la más importante es la hidráulica a gran escala.

En Chile se define como fuentes de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a la eólica, la pequeña hidroeléctrica (centrales hasta 20 [MW]), la biomasa, el biogás, la geotermia, la solar y la energía de los mares [4].

#### **3.5.2. ENERGÍA SOLAR**

La energía solar directa es la energía del sol sin transformar, renovable, que ofrece calor e iluminación, siendo esta la más importante que existe. Es la más atractiva de las fuentes energéticas alternativas del

futuro, por ser limpia, gratuita, abundante e inagotable a escala humana, se estima que el sol lleva 5 mil millones de años emitiendo radiación solar y se calcula que todavía no ha llegado a la mitad de su existencia. La radiación solar que llega a la Tierra ha permitido la existencia de la vida sobre la misma, e incluso gran parte de las fuentes de energía que hoy conocemos se derivan indirectamente de ella, como los combustibles fósiles que son acumulaciones de energía solar realizadas mediante fotosíntesis en la materia vegetal, o la energía hidráulica, que existe gracias a la evaporación del agua mediante energía solar, etc.

Es la energía radiante producida en el sol como resultado de reacciones nucleares de fusión, a su vez llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre. Esta energía utiliza la radiación electromagnética proveniente del sol, la cantidad de energía solar que incide por unidad de área y tiempo [ $\text{kWh/m}^2\text{día}$ ]. Esta energía presenta dos características especiales que la diferencian de las fuentes energéticas convencionales: dispersión e intermitencia, que se explican a continuación:

- **Dispersión:** se estima que en condiciones favorables, la densidad de la energía del sol alcanza  $1 \text{ [kW/m}^2\text{]}$  esto indica que para obtener densidades energéticas elevadas, se necesitan grandes superficies de captación, o sistemas de concentración de los rayos solares.
- **Intermitencia:** la energía solar no es continua, varía a lo largo del día e intensidad del sol, lo cual hace necesarios sistemas de almacenamiento. Existe varias maneras de recoger y aprovechar los rayos del sol para generar energía, lo que da lugar a los distintos tipos de energía solar.

### **3.5.3. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA**

Es otra forma de aprovechamiento muy habitual y económico, su funcionamiento se basa en captar la radiación solar, concentrar la energía del sol y transformarla en calor, lo que se puede aprovechar para múltiples aplicaciones, tanto residenciales como industriales.

La transformación de esta energía del sol en energía aprovechable se realiza por medio de unos dispositivos denominados colectores solares, que concentran e intensifican el efecto térmico producido por la radiación solar.

Un colector solar utiliza la radiación solar para calentar un determinado fluido (generalmente agua) a una cierta temperatura. La temperatura que se puede alcanzar depende del diseño del colector, según la temperatura que puede alcanzar la instalación se denominan sistemas de EST de baja, media o alta temperatura.

A mayor temperatura, más complejo es el diseño del colector y la instalación en conjunto. Pero lo interesante es que los sistemas de baja temperatura (inferior a 100°C) son suficientes para suplir aproximadamente dos tercios del consumo energético para agua caliente sanitaria e industrial. Y estos sistemas son tecnológicamente muy sencillos, fáciles de instalar y se amortizan en pocos años.

Las instalaciones solares térmicas de baja temperatura son sistemas silenciosos, limpios, sin partes móviles y con una larga vida útil, que generan una energía descentralizada, cerca de donde se necesita y sin precisar infraestructuras para su transporte.

### **3.5.4. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

La energía solar fotovoltaica se basa en el principio de que la energía contenida en las partículas de luz proveniente de los rayos solares (los fotones), puede ser convertida en electricidad. Esto se logra a través del denominado proceso de conversión fotovoltaica. A grandes rasgos lo que ocurre es que, mediante la utilización de un dispositivo especialmente diseñado para tal efecto, se obtiene electricidad gracias al efecto fotoeléctrico de la luz solar.

Generalmente estos dispositivos consisten en una lámina metálica semiconductor que recibe el nombre de célula fotovoltaica. Como resultado de este proceso de conversión fotovoltaica, se obtiene energía a bajas tensiones y en corriente continua. Posteriormente se utiliza un inversor para ser transformarlo en corriente alterna. Los aparatos donde se encuentran estas células fotovoltaicas se denominan paneles solares, que pueden ser usados para centrales, instituciones y también para uso personal o familiar. A continuación, se mencionan ventajas del uso de la energía solar fotovoltaica, siendo estas las siguientes:

- La energía solar fotovoltaica es altamente confiable ya que el sol es una fuente limpia, inagotable y de acceso libre.
- Es una tecnología madura y aceptada internacionalmente. Una instalación fotovoltaica se caracteriza por su simplicidad, silencio, larga duración, una elevada fiabilidad, y no producir daños al medio ambiente.
- A diferencia de los combustibles fósiles y la energía nuclear, la

energía fotovoltaica no contamina. De todas formas, ninguna fuente de energía es completamente inocua.

- Posee bajos costos de operación y mantenimiento.
- Es la mejor opción en fuentes de energía renovable para introducir en el ámbito urbano.
- Permite un diseño modular. Es aplicable en los más diversos sitios y para diferentes usos.
- Fácil de producir a gran escala y de instalar.
- El usuario de energía solar se convierte en productor/consumidor de su propia energía, lo que ayuda a tomar conciencia energética.
- La característica más importante de los sistemas solares fotovoltaicos es que no generan emisiones de dióxido de carbono.

También presenta algunas desventajas, que se indican a continuación:

- El costo de compra es elevado ya que este sistema de energía fotovoltaica no se encuentra masificado.
- Posee ciertas limitaciones con respecto al consumo ya que en períodos donde no hay sol no puede utilizarse más energía de la acumulada.
- La estética de la instalación es uno de los mayores problemas para

los usuarios, debido a que no son precisamente agradables a la vista debido a sus grandes dimensiones.

- Falta de eficiencia por parte de los paneles solares, aunque últimamente se está trabajando en el desarrollo de paneles con mayor eficiencia, cercana al 24%.
- La tecnología solar fotovoltaica puede ser empleada mediante dos tipos de instalaciones “OFF GRID” (aislada) y “ON GRID” (conectada a la red).

### **3.5.5. SISTEMAS DE GENERACIÓN AISLADOS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA (“OFF GRID”)**

La característica principal de este sistema es ser una instalación sin acceso a la red eléctrica. Una instalación fotovoltaica doméstica común consta de los siguientes elementos: módulo fotovoltaico y estructura de soporte, batería, regulador de carga y aplicaciones de consumo (luminarias más toma corrientes para electrodomésticos), además del cableado y los dispositivos de protección. La corriente que entrega la batería es corriente continua y la mayoría de los electrodomésticos que se comercializan, funcionan con corriente alterna. Por este motivo se utilizan onduladores que convierten la corriente continua en alterna (inversores de carga).

Los sistemas fotovoltaicos aislados (sin conexión a la red eléctrica) requieren de baterías, generalmente de tipo plomo-ácido o de gel, para almacenar la energía para uso posterior. En la actualidad

existen nuevas baterías de alta calidad diseñadas especialmente para las aplicaciones solares (de gel y ciclo profundo), con tiempos de vida útil de más de 15 años. De todas formas, el tiempo de vida de una batería depende en gran medida de la forma de utilización y del comportamiento del usuario.

La batería está conectada al Sistema fotovoltaico mediante un controlador de carga. El controlador de carga protege la batería contra las sobrecargas o descargas, y también puede proporcionar información sobre el estado del sistema o permitir la medición de la carga y la electricidad utilizada. Si se necesita una salida de corriente alterna (CA), será preciso instalar un inversor que convierta la alimentación de corriente continua (CC) a corriente alterna.

Esta instalación es muy útil en poblaciones donde es difícil realizar este tipo de conexiones. La electricidad generada se destina al autoconsumo. En este caso será necesario instalar baterías al sistema para poder acumular esta energía generada y así poder consumirla durante la noche.

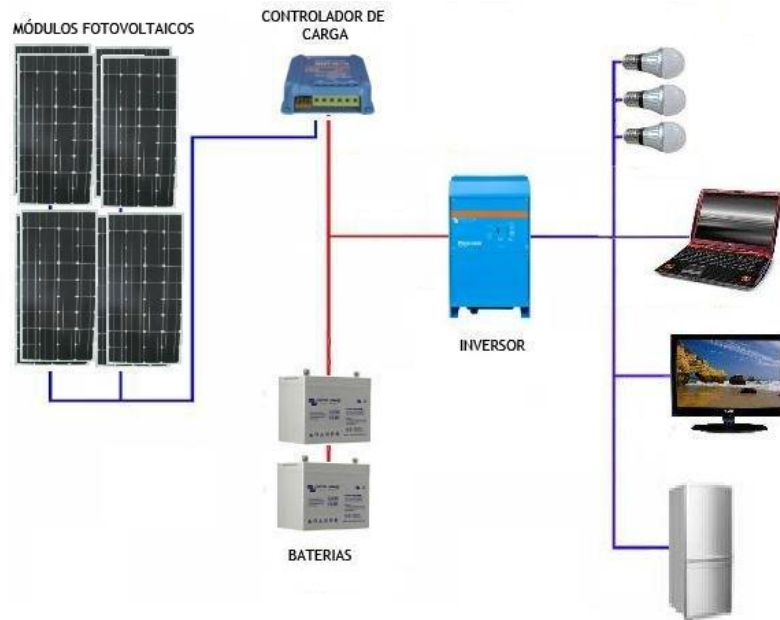


Figura 3.5.1: Esquema de un sistema fotovoltaico “OFF GRID”.

Dentro de aplicaciones típicas de los sistemas no conectados a la red se encuentran las siguientes:

- Uso Residencial y Comercial
- Energía de Respaldo Remota
- Telecomunicaciones y Telemetría
- Monitoreo Remoto y Estaciones SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)
- Centros Médicos Ambulatorios
- Iluminación Autónoma en Sitios Aislados
- Bombeo de Agua en sitios Remotos

### **3.5.6. SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADOS A LA RED (“ON GRID”).**

En este caso la corriente eléctrica generada por una instalación fotovoltaica puede ser vertida a la red eléctrica como si fuera una central de producción de energía eléctrica. La energía generada por los paneles se inyecta al propio consumo, produciendo importantes ahorros que se verán reflejados en la cuenta mensual de electricidad, este sistema no utiliza banco de baterías.

Los sistemas “ON GRID” o conectados a la red se encuentran configurados por cuatro elementos principales:

- Sistema de paneles solares fotovoltaicos (que pueden ser instalados tanto en suelo como en techos planos e inclinados)
- Un inversor central o varios micro inversores (se instalan de forma independiente en cada panel)
- Tablero de distribución
- Medidor bidireccional: la diferencia de este último con un medidor común es que mide tanto la energía consumida como la generada de forma automática.

Los paneles solares son la base de la instalación fotovoltaica, estos al captar la radiación solar, generan energía en corriente continua, por esta razón aquí el sistema de paneles debe ser configurado con un dispositivo llamado inversor de energía, este inversor convierte de manera automática la corriente continua generada en corriente alterna, la cual es la que se utiliza por la gran mayoría de electrodomésticos y artefactos de una edificación.

Luego como medida de seguridad adicional, se instala un tablero de protecciones con un sistema de interruptores automáticos, y por último el medidor bidireccional, que cuantifica el consumo e inyección desde y hacia la red eléctrica común.

Como se mencionó, un sistema fotovoltaico funciona en base a la radiación solar, por lo que además de días soleados, también genera electricidad en menor medida durante días nublados y lluviosos. La forma de consumir del usuario también entrará en las variables: viéndose reflejadas según el horario de máximo uso de electricidad del día, días de la semana o estación del año.

Según esto, una vez que la energía es generada por los paneles solares, pueden ocurrir dos cosas: esta energía será auto consumida por los artefactos eléctricos (en el caso que se encuentren funcionando) o se inyectará a la red (en caso de que haya mayor generación que consumo). El inversor es quien define de manera autónoma e instantánea cuál será el destino de la energía generada.

En el caso que el consumo sea mayor que la generación del sistema fotovoltaico instalado, los artefactos eléctricos recibirán energía desde la red, por lo que no habrá problemas durante la noche cuando el sistema fotovoltaico no esté generando, o cuando se conectan artefactos de mayor consumo respecto a la capacidad del sistema instalado.

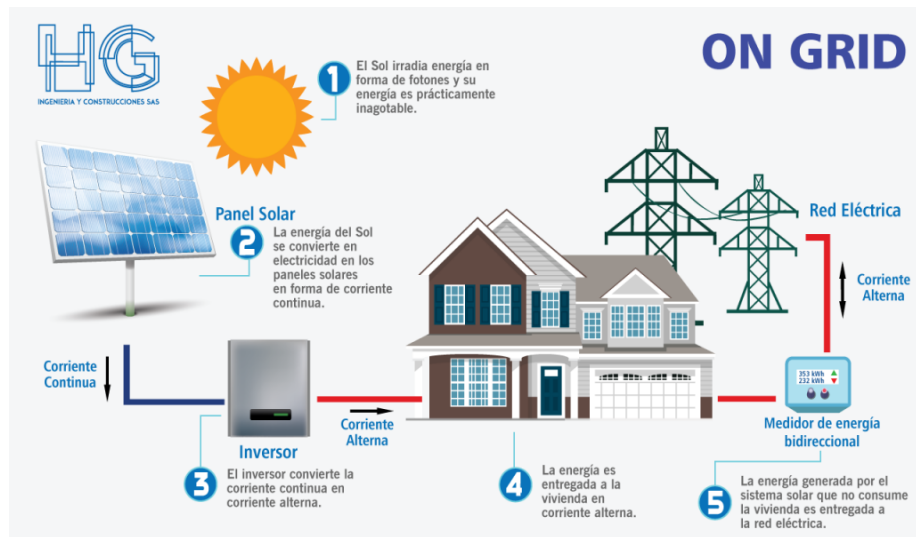


Figura 3.5.2: Esquema de un sistema fotovoltaico “ON GRID”.

### 3.6. CAPÍTULO 6: ANÁLISIS CONCEPTUAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL PCDV.

#### 3.6.1. CONTEXTO DEL ESTUDIO

En la agenda propia del Parque Cultural de Valparaíso y en búsqueda de implementar acciones y procesos que permitan un funcionamiento más sustentable y amigable con el medio ambiente, además de aportar al ahorro energético, se encuentra como opción la implementación de fuentes de energías renovables.

#### 3.6.2. ALCANCE DEL ESTUDIO

Dentro de la institución Parque Cultural de Valparaíso, uno de los aspectos que más gastos genera es el consumo de energía eléctrica, con la información y mediciones recopiladas anteriormente, se detectó que el principal consumo eléctrico recae en las actividades artísticas que

se desarrollan dentro del teatro, como también en alumbrado de interiores y exteriores del parque.

Es por esto y debido a los usos que se le da a la energía eléctrica en el parque, que se estudiará en concreto, la implementación de energía solar “ON GRID” mediante paneles fotovoltaicos.

### **3.6.3. NORMATIVA VIGENTE APLICABLE AL ESTUDIO**

En cuanto a la normativa aplicable para la instalación de sistemas fotovoltaicos se encuentra la Ley 20.571 o Ley de Generación Ciudadana, la cual entró en vigencia en el país el 22 de octubre del año 2014, su función principal de esta ley es que otorga el derecho a cualquier cliente de una empresa distribuidora eléctrica a generar su propia energía, auto consumirla y vender sus excedentes. Este derecho es para sistemas de generación de hasta 100 [kW] que funcionen en base a energías renovables o de cogeneración eficientes.

Los consumos como la electricidad inyectada a la red son registrados por el medidor bidireccional, luego la ley indica que el valor correspondiente a las inyecciones a la red será valorizado y descontado en la cuenta de suministro eléctrico correspondiente al mes en el cual se generó esa energía, si existiera un saldo a favor, se descuenta en las próximas boletas.

Se debe tener presente que la tarifa eléctrica contratada por el cliente determinará el pago o descuento que este recibe por la distribuidora debido a las inyecciones a la red. Como se analizó anteriormente en el parque se cuenta con la tarifa AT4.3 por lo que

recibirá el valor total del costo del kWh neto inyectado. Para poder optar a este beneficio, la instalación debe primero pasar por la regularización del sistema fotovoltaico ante la SEC y la distribuidora.

### **3.7. CAPITULO 7: ANÁLISIS PRIMERA PROPUESTA Y ASPECTOS DE EVALUACIÓN PARA INSTALACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

#### **3.7.1. SUPERFICIE DISPONIBLE PARA INSTALACIÓN**

Antes de especificar la superficie disponible para la instalación del sistema fotovoltaico de paneles solares, se debe tener en cuenta la declaratoria de monumento histórico de la que es acreedor el Parque Cultural de Valparaíso.

Esta declaratoria de monumento histórico fue aprobada por el Consejo de Monumentos Nacionales el 21 de diciembre de 2017, en la que se declara monumentos históricos el Polvorín Central de Valparaíso (1806) y la ex Cárcel Pública de Valparaíso (1846) [5].

Ilustrativamente, se puede observar en la siguiente imagen los límites de protección establecidos por la declaratoria de monumentos históricos en las instalaciones del Parque Cultural de Valparaíso:

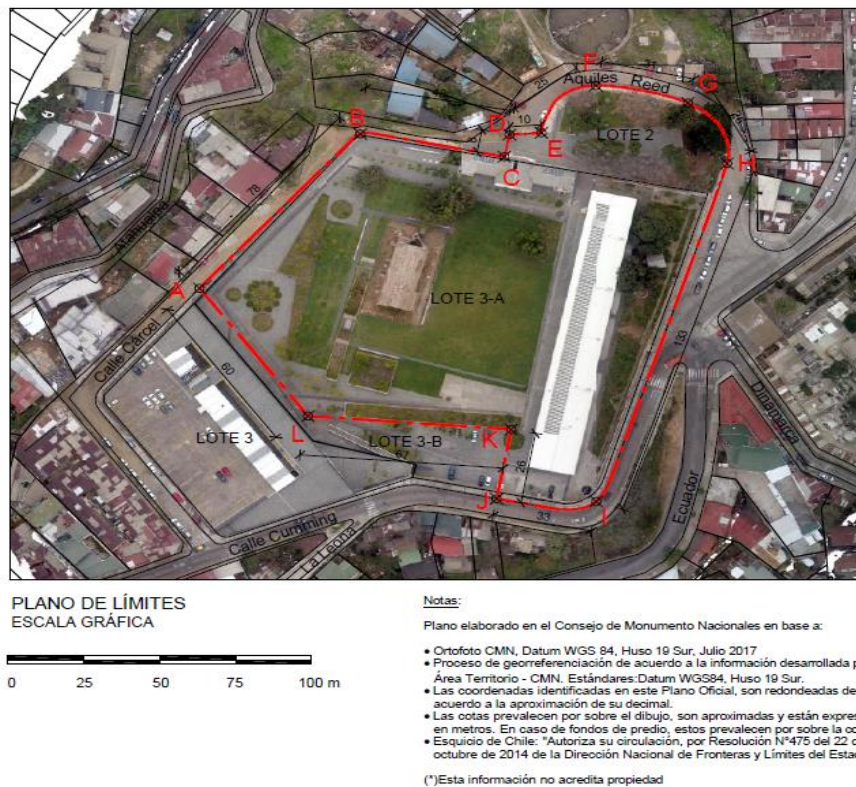


Figura 3.7.1: Límites de protección declaratoria monumento histórico Parque Cultural de Valparaíso.

El sector de interés o una de las posibilidades para la instalación del sistema fotovoltaico es el techo del edificio de formación (ubicado en el costado derecho de la figura 7.1, frente al tramo A-L), como se mencionó, este edificio está protegido por ley de monumentos nacionales, la cual exige que cada intervención que uno desee realizar debe ser informada mediante un estudio en detalle al encargado técnico de la oficina regional, y en base a eso se aprueban y se ejecutan.

Teniendo esto en cuenta, es más viable y realista intervenir el edificio de difusión fuera de los límites de protección.

La propuesta de instalar paneles fotovoltaicos en el quinto piso del edificio de Difusión ofrece ventajas respecto al edificio de

formación, condiciones favorables en montaje e instalación, mantención del sistema, no requiere grandes adaptaciones, estudios de cargas y los costos asociados a estos aspectos.

### 3.7.2. ÁREA DISPONIBLE PARA INSTALACIÓN

En conversaciones con los encargados del Parque Cultural de Valparaíso, se ofrece como opción para el sistema fotovoltaico, el techo del quinto piso del edificio de difusión, cuya área utilizable es de aproximadamente 407[m<sup>2</sup>], la cual se muestra a continuación en la figura 3.7.2 marcada con color rojo.

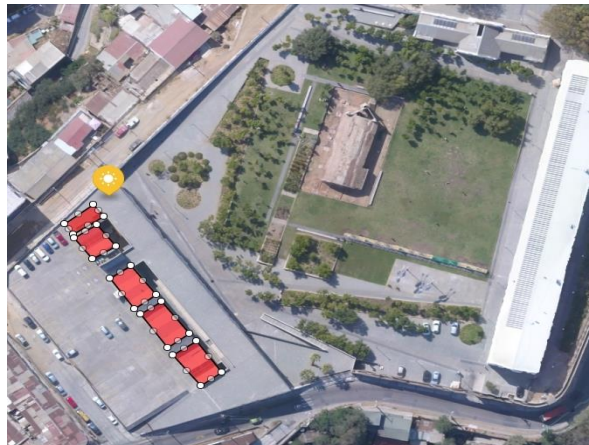


Figura 3.7.2: Vista superior área disponible.



Figura 3.7.3: Vistas de techo quinto piso edificio Difusión.

Esta zona, al tener acceso controlado al público, resulta útil para el que hacer del PCdV de manera de acercar a la comunidad al uso de energías renovables no convencionales, esto mediante visitas o actividades guiadas con fines educativos.

### **3.7.3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL TECHO DISPONIBLE**

Para la instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red es necesario que la techumbre este compuesta por materiales compatibles con la instalación de un sistema FV.

En cuanto a normativa de construcción, el ministerio de vivienda y urbanismo a través de la ordenanza general de Urbanismo y Construcciones y sus normas técnicas define los estándares técnicos mínimos de diseño y construcción de todos los inmuebles. Por motivos de seguridad es importante verificar que el techo propuesto cumpla con la normativa ya que al incorporar un sistema FV se están agregando cargas permanentes (peso) al techo. Entonces es relevante asegurar que después de la implementación del proyecto se siga cumpliendo esta normativa.[6]

Los principales aspectos para verificar de esta norma son los siguientes:

- Como mínimo el techo fue diseñado para una sobrecarga de techo de 30 [kgf/m<sup>2</sup>]
- Que el techo fue diseñado considerando, al menos, las cargas aplicables de uso, viento y sismo.

Como consideración, la estructura de soporte y los módulos FV pesan aproximadamente entre 15 - 20 [kgf/m<sup>2</sup>], según esto los techos que se hayan construido de acuerdo con la normativa serán viables para instalar un sistema FV.

Ahora, analizando el techo donde se instalarán los paneles, tenemos en primer lugar que las cubiertas están conformadas por planchas de zinc y de policarbonato mientras que la estructura general de soporte para las cubiertas consta de madera de pino.

El esfuerzo capaz de soportar de estos materiales o carga admisible según el espesor y las condiciones de apoyo que presenta la estructura es de:

- Para el Policarbonato: 48 - 120 [kgf/m<sup>2</sup>] [7]
- Para las planchas de Zinc: 30 - 180 [kgf/m<sup>2</sup>] [8]

Por lo tanto, como la carga que generan los paneles y estructura de soporte de un sistema FV no supera el máximo de los rangos admisibles por el techo en evaluación, en primera instancia este es capaz de soportar el peso ejercido por los módulos fotovoltaicos.

También cabe destacar en la evaluación del estado del techo, que este no presenta deterioros evidentes que necesiten reparación o reemplazo de planchas como oxidación, perforaciones, goteras, sin embargo entre cubiertas hay espacios con vegetación creciendo, la cual sería conveniente remover buscando que no vuelva a aparecer en un futuro, esto debido a que una vez instalado el sistema fotovoltaico las reparaciones de los techos son más difíciles de realizar.

### **3.7.4. ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO**

Para tener un buen rendimiento, el sistema fotovoltaico debe recibir la mayor cantidad de radiación solar durante el año, por lo que la orientación de los módulos fotovoltaicos debe ser determinada de manera de maximizar el rendimiento y además de considerar costos de instalación y la carga del viento sobre los módulos inclinados.

Dada las condiciones y forma que tiene la cubierta del techo, las cuales presentan una leve inclinación entre ellas, lo más conveniente para la orientación e instalación de los módulos fotovoltaicos es la disposición Este-Oeste con los paneles solares instalados paralelos a la cubierta. Algunas de las ventajas de esta configuración son las siguientes:

- Sin sombra entre filas de paneles solares: se reduce en gran manera el sombreado entre filas en comparación a otras configuraciones con inclinaciones más elevadas u orientaciones distintas, aumentando así la eficiencia del sistema, vida útil de paneles y generación de energía.
- Mayor densidad de producción energética: con esta disposición se logra una instalación más compacta de paneles solares aumentando el número total de paneles sobre la cubierta, aumentando la producción energética por metro cuadrado.
- Menor contrapeso reduciendo el peso en la cubierta: debido a la menor exposición al viento, se necesita mucho menos contrapeso para realizar la sujeción de las placas solares en la

cubierta, disminuyendo el posible daño sobre las cubiertas lo cual resultada adecuado para techos menos robustos como es el caso de este proyecto.

- Diseño aerodinámico: se reduce de manera importante la presión del viento comparado con otras configuraciones mucho más vulnerables a los vientos.

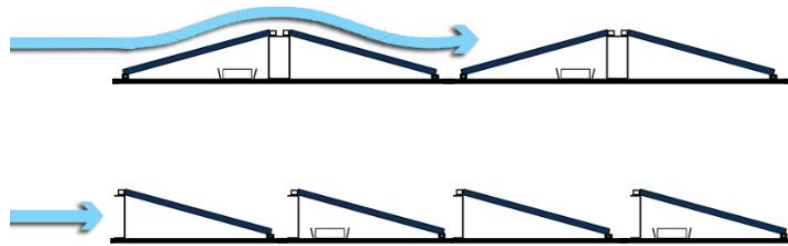


Figura 3.7.4: Ejemplo comportamiento del viento en configuración este-oeste vs convencional.

### 3.7.5. SUPERFICIE REAL DISPONIBLE

Como se mencionó en el apartado 3.7.2 el área disponible es de 407 [m<sup>2</sup>], sin embargo esta se debe ver reducida al instalar los paneles, ya que se debe considerar un espacio libre de 1[m] entre los bordes de la cubierta [9], por lo tanto, teniendo esto en cuenta la superficie real disponible para la instalación es de 270 [m<sup>2</sup>]

### 3.7.6. SELECCIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Para la selección de paneles fotovoltaicos se deben considerar aquellos autorizados por SEC para ser utilizado en instalaciones de

generación eléctrica que se conecten a las redes de distribución eléctrica (“ON GRID”) [10], conforme a lo establecido en la Ley 20.571.

Las principales características para seleccionar los paneles fotovoltaicos a utilizar son la calidad, garantía de funcionamiento y su porcentaje de eficiencia, con el fin de proporcionar la correcta operación del sistema a largo plazo. Considerando estos aspectos y la oferta existente en el mercado nacional, se escogió los paneles *CSun 270-60M* (ver Anexo C), el cual también cumple con características físicas como un peso adecuado y dimensiones óptimas para manejarlos en etapas de instalación.

Con esta información se puede entonces calcular la cantidad de paneles que pueden ser instalados en la superficie disponible, según la ecuación 7.1:

$$n_{\text{paneles}} = \frac{S_{\text{disponible}}}{S_{\text{panel}}} \quad (7.1)$$

Donde,  $S_{\text{disponible}}$  corresponde a los metros cuadrados de superficie disponible para la instalación y  $S_{\text{panel}}$  a la superficie cubierta por cada panel. Una vez obtenido el resultado se redondea hacia el menor número entero.

Para el caso en estudio tenemos:

$$n_{\text{paneles}} = \frac{S_{\text{disponible}}}{S_{\text{panel}}}$$

$$n_{\text{paneles}} = \frac{270 \text{ [m}^2\text{]}}{1,6236 \text{ [m}^2\text{]}} = 166 \text{ paneles}$$

Con el número de paneles obtenido, luego es posible calcular la potencia peak que se podría producir con el arreglo de paneles considerado, tal que la potencia en cada caso corresponderá a:

$$P_{\text{instalada FV}} = n_{\text{paneles}} * P_{\text{peak panel}} \quad (7.2)$$

$$P_{\text{instalada FV}} = 166 * 270 \text{ [W]} = 44820 \text{ [W]} = 44,82 \text{ [kW]}$$

### **3.7.7. SELECCIÓN DEL INVERSOR Y CONFIGURACIÓN DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO**

El siguiente aspecto dentro del estudio es la selección del inversor, el cual es un convertidor que transforma la corriente continua que es producida por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna útil. En este sentido se debe entonces seleccionar el inversor a utilizar, el cual de igual manera que los paneles fotovoltaicos deben cumplir y ser certificado por la normativa SEC [11], es decir aquellos que cuentan con la autorización correspondiente como para ser conectados a la red de distribución.

El inversor seleccionado debe ser de potencia en corriente continua levemente superior a la que producirá el arreglo de paneles fotovoltaicos.

Considerando la potencia máxima proyectada de 44,82 [kW], y con el fin de asegurar la generación de energía, se seleccionó dos

inversores que cubran cada uno un 50% aproximadamente de la potencia total, con esto se asegura el suministro de energía ante una eventual falla de uno de los inversores. El inversor seleccionado es el modelo *Fronius Eco 25.0-3-S* (ver anexo D), el cual admite una potencia individual de 25 [kW].

### 3.7.8. CÁLCULO DEL ARREGLO DE LOS PANELES FOTOVOLTAICOS

Una vez escogido el inversor se debe registrar los valores de tensión máxima, rango de tensiones donde el inversor es capaz de seguir el punto de máxima potencia, y la corriente máxima de entrada del inversor. Con estos valores se puede entonces determinar la cantidad de paneles que se requiere en serie para formar una cadena y cuantas de estas cadenas son necesarias de conectar en paralelo, esto según las siguientes ecuaciones:

$$N_{\text{modulos serie}} = \frac{V_{in \text{ max inversor}}}{1,25 * V_{OC}} \quad (7.3)$$

$$N_{\text{modulos paralelo}} = \frac{I_{in \text{ max inversor}}}{1,25 * I_{SC}} \quad (7.4)$$

Donde:

$V_{in \text{ max inversor}}$  e  $I_{in \text{ max inversor}}$ : corresponden a los valores máximos de tensión y voltaje que son admisibles en la entrada del inversor.

$V_{OC}$  e  $I_{SC}$ : corresponden a los valores de tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito del módulo seleccionado.

En estos cálculos el factor 1,25 se incluye para contemplar los efectos de la temperatura sobre los paneles fotovoltaicos.

$$N_{\text{modulos serie}} = \frac{1000 [V]}{1,25 * 38,3 [V]} = 20,88 \sim 21$$

$$N_{\text{modulos paralelo}} = \frac{44,2 [A]}{1,25 * 9,07 [A]} = 3,89 \sim 4$$

Por lo tanto se obtiene que 21 módulos deben conectarse en serie y 4 en paralelo por inversor.

### 3.7.9. CÁLCULO DEL ENERGÍA ELÉCTRICA GENERADA POR EL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

La energía eléctrica generada por el sistema solar fotovoltaico se calculará según la siguiente ecuación:

$$E_{\text{generada}} = P_{\text{instalada FV}} * HSE * (1 - \text{Pérdidas}) \quad (7.5)$$

Donde:

$$E_{\text{generada}} = \text{Energía eléctrica generada por el sistema solar FV [kWh]}$$

$$P_{\text{instalada FV}} = \text{Potencia instalada del sistema solar FV [kWp]}$$

$$HSE = \frac{GHI \text{ mensual [kWh/m}^2]}{1 [kW/m^2]}$$

$$= \text{Horas de Sol equivalente en Cerro Cárcel [horas]}$$

*Pérdidas* = Durante el funcionamiento de un sistema fotovoltaico, debido a distintas causas, se va perdiendo corriente eléctrica, estas pérdidas incluyen la suciedad, sombras del entorno, degradación de los módulos FV, cableado, mantenciones, etc. Estas se pueden observar en la tabla 7.1 [12].

Tabla 3.7.1: Porcentajes de pérdida del sistema solar FV.

<b>Suciedad</b>	2%
<b>Sombras del entorno</b>	3%
<b>Imperfecciones fabricación</b>	2%
<b>Cableado</b>	2%
<b>Conectores</b>	0,50%
<b>Degradación de las celdas fotovoltaicas por luz incidente</b>	1,50%
<b>Tiempo Apagado por mantención</b>	3%
<b>Inversor</b>	2%
<b>Orientación e inclinación</b>	1%
<b>Pérdida Total</b>	<b>17%</b>

Para obtener el valor HSE, primero se debe conocer el valor *GHI mensual* en Cerro Cárcel, este valor hace referencia a la radiación horizontal global, la cual es la suma de la radiación directa (aquella que proviene del disco solar y que llega a la superficie terrestre en forma de rayos paralelos sin ser dispersada por la atmósfera) y difusa (aquella que es recibida que proviene de todas las direcciones del cielo) recibidas en

un plano horizontal. Los valores de GHI mensual se observan en el siguiente gráfico.[13]:

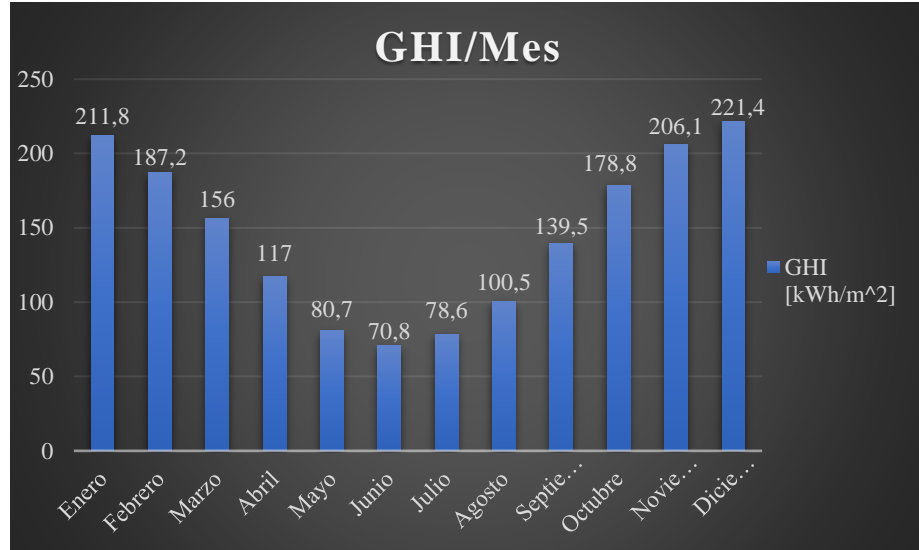


Gráfico 3.7.1: Radiación solar global horizontal mensual, Parque Cultural de Valparaíso, Cerro Cárcel.

### 3.7.10. BALANCE ENERGÉTICO MENSUAL

Con estos valores ya podemos obtener el parámetro HSE y así calcular finalmente la energía generada por el sistema solar fotovoltaico para el año 2020, indicada mes a mes en el siguiente gráfico:

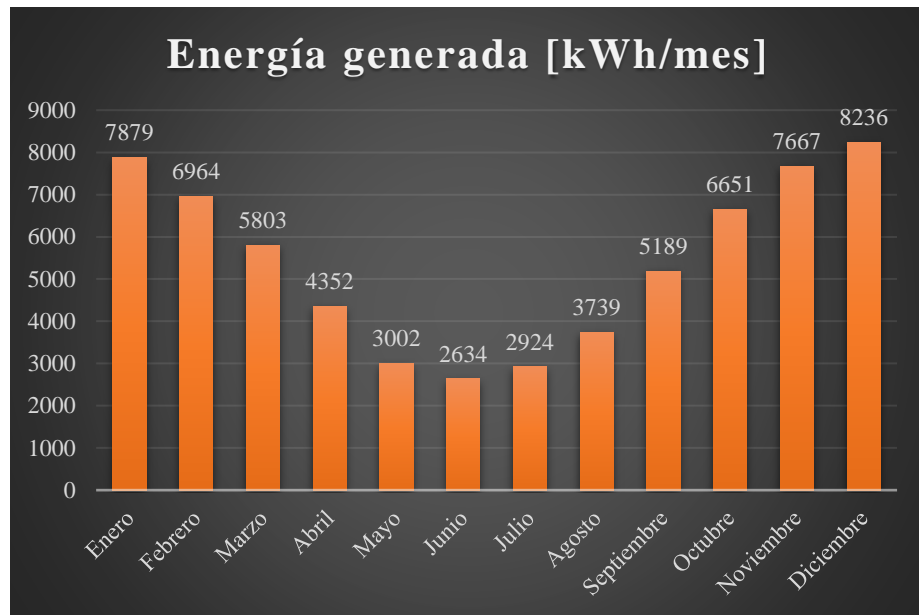


Gráfico 3.7.2: Energía eléctrica mensual generada por el sistema solar FV propuesto al Parque Cultural de Valparaíso.

Como se observa en el gráfico, los meses de mayor generación eléctrica, como es lógico son aquellos donde hay mayor luz solar disponible y disminuye paulatinamente a medida que se acerca el invierno.

Dada la ubicación del sistema solar FV, la energía eléctrica generada será aportada al Edificio de Difusión, donde la generación representa desde un 20% a un 60% respecto al consumo eléctrico del edificio, desde los meses de menor generación hasta aquellos meses de mayor generación respectivamente.

En cuanto al consumo eléctrico mensual promedio del Parque Cultural de Valparaíso, la energía generada representa un aporte que varía desde un 13% como mínimo a un 41% del total por mes.

### 3.7.11. BALANCE ENERGÉTICO ANUAL

Ahora considerando que el sistema pierde eficiencia con el paso de los años, se ha estimado la energía eléctrica anual generada a lo largo de la vida útil de los paneles solares (aproximadamente 25 años) con una pérdida de eficiencia aproximada de 0,7% anual, como se muestra en el grafico 3, el sistema FV en su primer año de operación es capaz de generar 65.042 [kWh], lo que equivale aproximadamente a un aporte promedio de 27% del total de energía anual consumida por el Parque Cultural de Valparaíso, esto basándose en las cuentas de luz emitidas el año 2018.

El desempeño del sistema, al final de la vida útil, no se ve afectado notablemente ya que este aún es capaz de generar un 80% respecto a la generación inicial de energía después de 25 años.

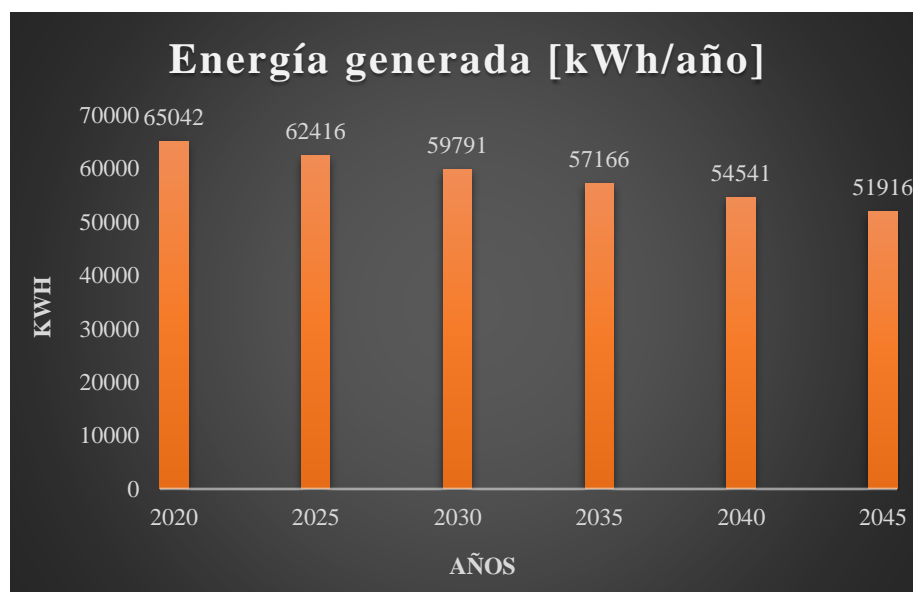


Gráfico 3.7.3: Energía eléctrica anual generada por el sistema solar FV propuesto al Parque Cultural de Valparaíso.

### 3.7.12. AHORROS MENSUALES Y ANUALES EN LA CUENTA DE ELECTRICIDAD

Los ahorros mensuales y anuales estimados que se generan debido a la disminución del consumo de la red eléctrica pública, en base a la producción de energía del sistema FV mostrada anteriormente, dan como resultado lo siguiente:

Tabla 3.7.2: Ahorro mensual en la cuenta eléctrica para el año 2020.

<b>Mes</b>	<b>Ahorro mensual [\$]</b>
<b>Enero</b>	657.589
<b>Febrero</b>	581.211
<b>Marzo</b>	484.343
<b>Abril</b>	363.257
<b>Mayo</b>	250.554
<b>Junio</b>	219.817
<b>Julio</b>	244.034
<b>Agosto</b>	312.029
<b>Septiembre</b>	433.114
<b>Octubre</b>	555.131
<b>Noviembre</b>	639.891
<b>Diciembre</b>	687.394

Tabla 3.7.3: Ahorro Anual estimado en la cuenta eléctrica

<b>Año</b>	<b>Ahorro Anual [\$]</b>
<b>2020</b>	5.428.366
<b>2021</b>	5.384.547
<b>2022</b>	5.340.727
<b>2023</b>	5.296.908
<b>2024</b>	5.253.089
<b>2025</b>	5.209.269
<b>2026</b>	5.165.450
<b>2027</b>	5.121.631
<b>2028</b>	5.077.811
<b>2029</b>	5.033.992
<b>2030</b>	4.990.173
<b>2031</b>	4.946.353
<b>2032</b>	4.902.534
<b>2033</b>	4.858.715
<b>2034</b>	4.814.895
<b>2035</b>	4.771.076
<b>2036</b>	4.727.257
<b>2037</b>	4.683.437
<b>2038</b>	4.639.618
<b>2039</b>	4.595.799
<b>2040</b>	4.551.979

<b>2041</b>	4.508.160
<b>2042</b>	4.464.341
<b>2043</b>	4.4205.21
<b>2044</b>	4.376.702
<b>2045</b>	4.332.883

Los ahorros mostrados fueron calculados según la valorización de la energía igual a 83,46 [\$/kWh] a fecha 1 de noviembre 2019, para el sector de Valparaíso, conforme estipula la Ley 20.571.

Es importante resaltar que en este proyecto no se tienen ingresos por venta de energía (excedentes), sino que sólo beneficios debido al ahorro.

### **3.7.13. COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO**

Tabla 3.7.4: Costos estimados sistema solar FV 44,82 [kW].

<b>Ítem</b>	<b>Equipamiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario [\$]</b>	<b>Costo Total [\$]</b>
<b>1</b>	Paneles	166	45.000	7.470.000
<b>2</b>	Inversores	2	2.505.777	5.011.554
<b>3</b>	Estructura montaje	83	50.000	4.150.000

<b>4</b>	Otros (instalación, fletes, etc.)		15.896.800	15.896.800
			<b>Costo total</b>	<b>32.528.354</b>

Estos costos son estimados y referenciales en base a las ofertas existentes en el mercado. [14]

### **3.8. CAPÍTULO 8: ANÁLISIS SEGUNDA PROPUESTA DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA**

Como segunda opción para la instalación de un sistema FV, se analizará la terraza del quinto piso del edificio de difusión, ya que dispone de mayor espacio para un sistema FV de mayor potencia instalada, por lo que es de interés analizar esta opción

#### **3.8.1. ÁREA DISPONIBLE PARA LA INSTALACIÓN**

El área para analizar en esta segunda propuesta es la mostrada con color rojo en la figura 3.8.1. Esta zona cuenta con un área utilizable para el sistema FV de aproximadamente 550[m<sup>2</sup>], teniendo en cuenta la separación recomendada de 1[m] entre bordes.

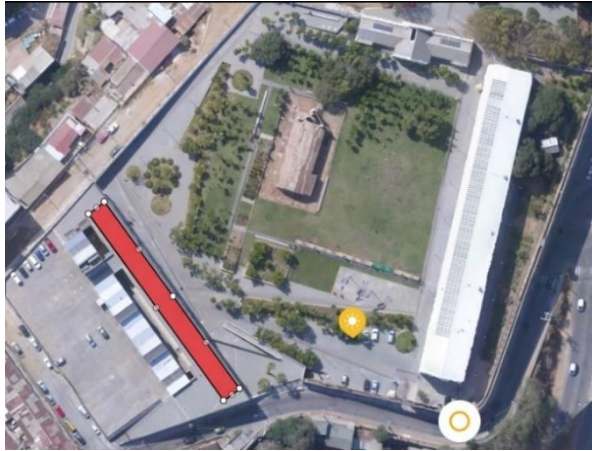


Figura 3.8.1: Vista superior área disponible.

### **3.8.2. EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL TECHO/PISO DISPONIBLE**

Como se mencionó en el apartado 3.7.3 es necesario verificar que ciertos aspectos en el techo o piso donde se instalaran los paneles FV. En esta oportunidad se tiene que la terraza donde se propone instalar el sistema FV, está conformada por pavimento de Adoquín Basalto (15x10x5[cm]) el cual es ampliamente capaz de soportar las cargas ejercidas por el sistema.



Figura 3.8.2: Material terraza quinto piso edificio de difusión.

### 3.8.3. SELECCIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Para el caso en estudio se considera el mismo modelo anterior (*CSun 270-60M*), por lo que tenemos:

$$n_{\text{paneles}} = \frac{S_{\text{disponible}}}{S_{\text{panel}}} \quad (8.1)$$

$$n_{\text{paneles}} = \frac{550 \text{ [m}^2\text{]}}{1,6236 \text{ [m}^2\text{]}} = 338 \text{ paneles}$$

Con el número de paneles obtenido, luego es posible calcular la potencia peak que se podría producir con el arreglo de paneles, tal que la potencia correspondería a:

$$P_{\text{instalada FV}} = n_{\text{paneles}} * P_{\text{peak panel}} \quad (8.2)$$

$$P_{\text{instalada FV}} = 338 * 270 \text{ [W]} = 91260 \text{ [W]} = 91,26 \text{ [kW]}$$

### 3.8.4. SELECCIÓN DEL INVERSOR Y CONFIGURACIÓN DEL ARREGLO FOTOVOLTAICO

Considerando la potencia máxima proyectada de 91,26 [kW], y con el fin de asegurar la generación de energía, se seleccionó 4 inversores que cubran cada uno un 25% aproximadamente de la potencia total, con esto se asegura el suministro de energía ante una eventual falla de uno de los inversores. El inversor seleccionado es el

modelo *Fronius Eco 25.0-3-S*, el cual admite una potencia individual de 25 [kW].

Para el arreglo de los paneles FV se debe considerar de igual manera que la propuesta anterior en el punto 3.7.8, es decir, que 21 módulos deben conectarse en serie y 4 en paralelo por inversor.

### 3.8.5. BALANCE ENERGÉTICO MENSUAL

Considerando la ecuación y parámetros presentados en el punto 3.7.9 para el cálculo de energía eléctrica generada por el sistema solar FV, se obtienen los siguientes resultados para esta segunda propuesta:

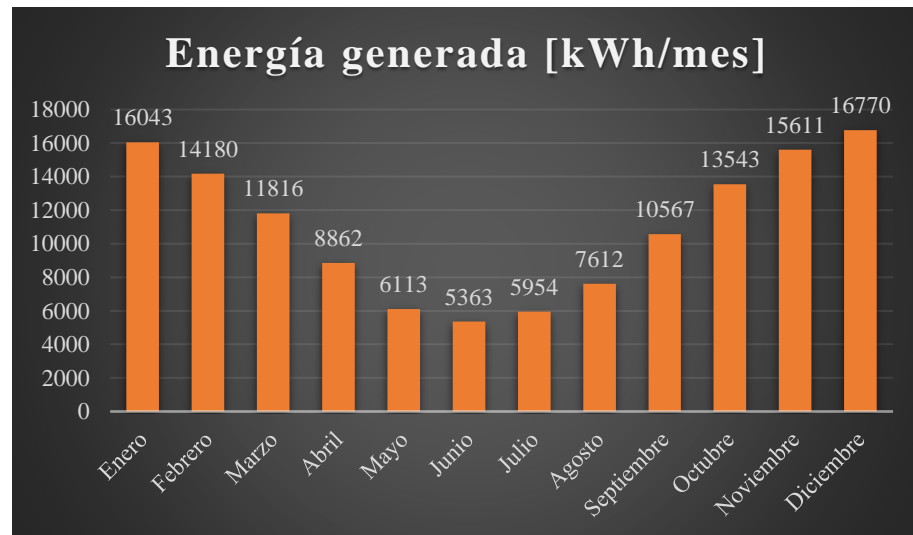


Gráfico 3.8.1: Energía eléctrica mensual generada por el sistema solar FV propuesto al Parque Cultural de Valparaíso.

En este caso, la generación de electricidad por el sistema FV es capaz de cubrir en totalidad el consumo eléctrico del edificio de difusión durante cinco meses del año (enero a febrero y desde octubre a

diciembre), por otro lado desde marzo a junio se tiene que el aporte eléctrico desciende desde un 90% y alcanza un 40% como mínimo del consumo del edificio.

En cuanto al consumo eléctrico mensual promedio del Parque Cultural de Valparaíso, la energía generada representa un aporte que varía desde un 27% como mínimo a un 84% del total por mes.

### 3.8.6. BALANCE ENERGÉTICO ANUAL

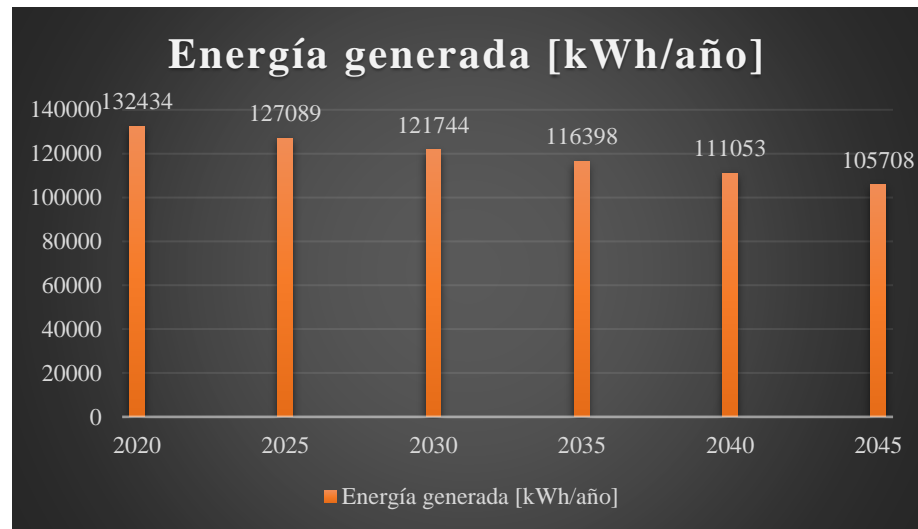


Gráfico 3.8.2: Energía eléctrica anual generada por el sistema solar FV propuesto al Parque Cultural de Valparaíso.

Como se muestra en el gráfico 3.8.2, el sistema FV en su primer año de operación es capaz de generar 132.434 [kWh], lo que equivale aproximadamente a un aporte promedio de 55% del total de energía anual consumida por el Parque Cultural de Valparaíso, esto basándose en las cuentas de luz emitidas el año 2018.

Para el final de la vida útil de los paneles (25 años), aproximadamente el año 2045 el sistema es capaz de generar un 44% del total anual estimado.

### **3.8.7. AHORROS MENSUALES Y ANUALES EN LA CUENTA DE ELECTRICIDAD**

Tabla 3.8.1: Ahorro mensual en la cuenta eléctrica para el año 2020.

<b>Mes</b>	<b>Ahorro mensual [\$]</b>
<b>Enero</b>	1.338.945
<b>Febrero</b>	1.183.431
<b>Marzo</b>	986.192
<b>Abril</b>	739.644
<b>Mayo</b>	510.165
<b>Junio</b>	447.580
<b>Julio</b>	496.889
<b>Agosto</b>	635.335
<b>Septiembre</b>	881.883
<b>Octubre</b>	1.130.328
<b>Noviembre</b>	1.302.912
<b>Diciembre</b>	1.399.634

Tabla 3.8.2: Ahorro Anual estimado en la cuenta eléctrica.

<b>Año</b>	<b>Ahorro Anual [\$]</b>
<b>2020</b>	11.052.938
<b>2021</b>	10.963.716
<b>2022</b>	10.874.493
<b>2023</b>	10.785.270
<b>2024</b>	10.696.048
<b>2025</b>	10.606.825
<b>2026</b>	10.517.603
<b>2027</b>	10.428.380
<b>2028</b>	10.339.158
<b>2029</b>	10.249.935
<b>2030</b>	10.160.713
<b>2031</b>	10.071.490
<b>2032</b>	9.982.268
<b>2033</b>	9.893.045
<b>2034</b>	9.803.823
<b>2035</b>	9.714.600
<b>2036</b>	9.625.378
<b>2037</b>	9.536.155
<b>2038</b>	9.446.933
<b>2039</b>	9.357.710

<b>2040</b>	9.268.488
<b>2041</b>	9.179.265
<b>2042</b>	9.090.043
<b>2043</b>	9.000.820
<b>2044</b>	8.911.598
<b>2045</b>	8.822.375

### 3.8.8. COSTO ESTIMADO DE LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Tabla 3.8.3: Costos estimados sistema solar FV 91,26 [kW].

<b>Ítem</b>	<b>Equipamiento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo unitario [\$]</b>	<b>Costo Total [\$]</b>
<b>1</b>	Paneles	338	45.000	15.210.000
<b>2</b>	Inversores	4	2.505.777	10.023.108
<b>3</b>	Estructura montaje	169	50.000	8.450.000
<b>4</b>	Otros (instalación, fletes, etc.)		30.080.000	30.080.000
			<b>Costo total</b>	<b>63.763.108</b>

### 3.9. CAPÍTULO 9: COMPARATIVA ENTRE PROPUESTAS FOTOVOLTAICAS

Tabla 3.9.1: Comparación de aspectos entre propuestas de sistemas solar FV.

	<b>Propuesta 44,82 [kWh]</b>	<b>Propuesta 91,26 [kWh]</b>
<b>Área utilizada [m<sup>2</sup>]</b>	270	550
<b>Cantidad paneles</b>	166	338
<b>Cantidad inversores</b>	2	4
<b>Energía mensual promedio generada [kWh]</b>	5.420	11.036
<b>Relación al consumo Anual promedio</b>	27%	55%
<b>Energía anual generada [kWh]</b>	65.042	132.434
<b>Ahorro anual [\$]</b>	5.428.366	11.052.938
<b>Costo aproximado [\$]</b>	<b>32.528.354</b>	<b>63.763.108</b>

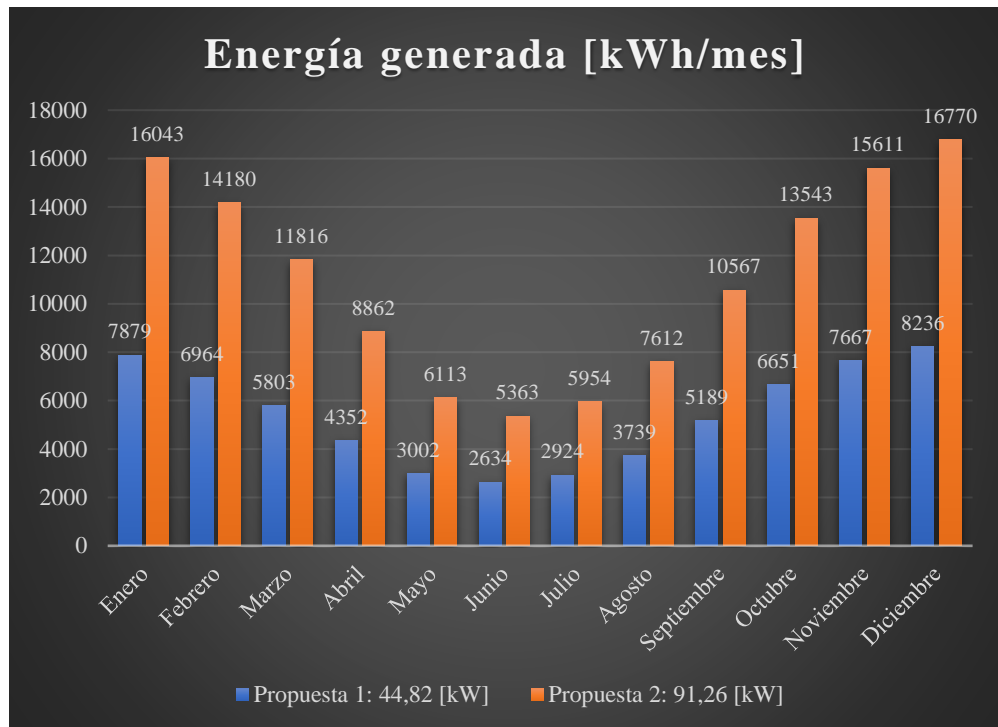


Gráfico 3.9.1: Comparación energía eléctrica mensual generada por sistemas FV propuestos al Parque Cultural de Valparaíso.

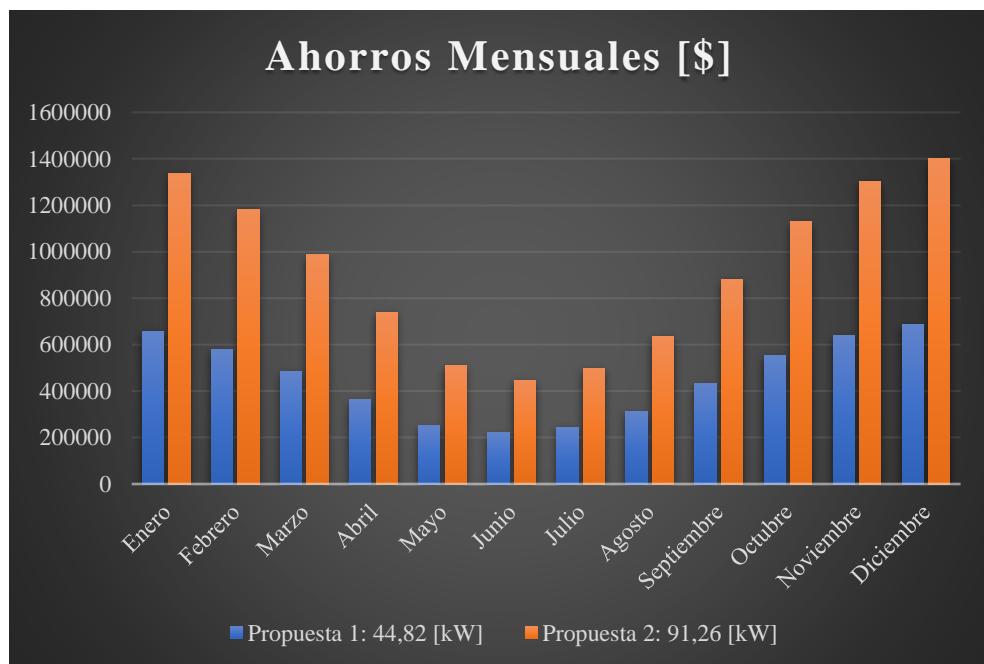


Gráfico 3.9.2: Comparación ahorro mensual por sistemas FV propuestos al Parque Cultural de Valparaíso.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con la auditoría realizada, es posible valorar la situación actual y proyectar medidas económicamente viables que permitan mejorar la eficiencia energética del Parque Cultural de Valparaíso. En primer lugar se determinó que el consumo promedio del parque es de aproximadamente 17.000 [kWh/mes], siendo los sectores con mayor consumo el teatro, seguido al edificio de difusión y transmisión. En términos de habitabilidad, la iluminación y el confort térmico se encuentran debidamente condicionados en los sectores de trabajo.

En cuanto a ahorro en costes energéticos, en el caso de acometer todas las propuestas de cambios, el ahorro energético podría suponer un total de 10.400 [kWh/año] lo que es igual a un 5.11% del consumo anual y en términos económicos equivale a 735.115 [\$/año], correspondientes a las recomendaciones de ahorro (sensores de presencia, cambio de tubos fluorescentes por tecnología LED y focos de iluminación exterior LED para postes perimetrales), estas propuestas en conjunto poseen un periodo de recuperación de la inversión de 8 años. Si se incluye el uso de energías renovables como las propuestas fotovoltaicas presentadas, el ahorro total alcanzaría cifras entre 75.500 – 143.000 [kWh/año] equivalente a 6.163.481 y 11.788.053 [\$/año] para las propuestas de 44,82 [kW] y de 91,26 [kW] de potencia instalada respectivamente, con un periodo de recuperación de la inversión de 14 años para cada caso.

En términos de porcentajes sobre los consumos anuales totales, en la parte eléctrica se produciría una reducción o ahorro del 37% y 70% sobre el gasto eléctrico medio anual, esto incluyendo las recomendaciones de ahorro y cada propuesta fotovoltaica respectiva.

Como recomendación en base a las propuestas fotovoltaicas estudiadas, se sugiere implementar la segunda propuesta de 91,26 [kW], ya que podría abastecer en gran parte la demanda energética del edificio de difusión los meses de mayor generación, y aquellos meses donde la generación es menor, como mínimo se cubriría el 30% del consumo energético del edificio.

Se recomienda para la realización y financiamiento de este proyecto fotovoltaico, la postulación a licitación al Programa Techos Solares Públicos (PTSP), el cual es una iniciativa del Ministerio de Energía que busca instalar sistemas fotovoltaicos y contribuir a la maduración del mercado para autoconsumo en instituciones públicas, fundaciones y corporaciones sin fines de lucro y de carácter nacional, que cumplan un rol social y público.

Finalmente, a futuro se propone analizar como proyecto la instalación de un sistema fotovoltaico en el techo del edificio de transmisión, este junto a la propuesta fotovoltaica recomendada, permitirían que el Parque Cultural de Valparaíso funcionara casi en su totalidad o que se cubra en gran parte su demanda energética con energía solar.

## REFERENCIAS

- [1] Chilquinta Energía. Tarifas de suministro eléctrico. Valores Tarifas de Suministro Eléctrico y Tarifas de las Generadoras Residenciales (Net Billings) [en línea] <<https://www.chilquinta.cl/valor-tarifas>> [consulta: 19 abril 2019]
- [2] Mutua de seguridad CChC. Recomendaciones ambientales para puestos administrativos [en línea] <[https://www.mutual.cl/Portals/0/mspyme/doc/Recomendaciones\\_ambientales.pdf](https://www.mutual.cl/Portals/0/mspyme/doc/Recomendaciones_ambientales.pdf)> [consulta: 30 mayo 2019]
- [3] Biblioteca del Congreso Nacional De Chile. Aprueba reglamento de alumbrado público de bienes nacionales de uso público destinados al tránsito peatonal [en línea] Art. 21. <<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1085891&idVersion=2016-06-27>> [consulta: 30 mayo 2019]
- [4] Ministerio de Energía. Gobierno de Chile. Energías Renovables [en línea] <<http://www.energia.gob.cl/energias-renovables>> [consulta: 15 junio 2019]
- [5] Parque Cultural de Valparaíso. Declaratoria de monumento histórico [en línea] <<https://parquecultural.cl/2017/12/27/parque-cultural-de-Valparaíso-es-declarado-monumento-historico-y-sitio-de-memoria/>> [consulta: 9 septiembre]
- [6] Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Normativa de Urbanismo y Construcciones [en línea] <<https://www.wbdg.org/resources/photovoltaics>> [consulta: 10 septiembre 2019]

- [7] Polymerland. Ficha técnica policarbonato alveolar [en línea]  
<[http://www.polymerland.cl/pdf/alveolar/Polymerland\\_Ficha\\_Tecnica\\_Polica\\_rbonat\\_Alveolar\\_20171207.pdf](http://www.polymerland.cl/pdf/alveolar/Polymerland_Ficha_Tecnica_Polica_rbonat_Alveolar_20171207.pdf)> [consulta: 10 septiembre 2019]
- [8] Cintac. Catalogo técnico cubiertas y revestimientos [en línea]  
<<https://www.cintac.cl/pdf/ol%20cat%20instapanel>> [consulta: 10 septiembre 2019]
- [9] Ministerio de energía. Guía de evaluación inicial de edificios para la instalación de sistemas fotovoltaicos [en línea]  
<<http://www.minenergia.cl/techossolares/>> [consulta: 12 septiembre 2019]
- [10] Superintendencia de electricidad y combustibles. Paneles autorizados [en línea]  
<[https://www.sec.cl/wpfd\\_file/page/?\\_pageid=33%2C5847695%2C33\\_5905761&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](https://www.sec.cl/wpfd_file/page/?_pageid=33%2C5847695%2C33_5905761&_dad=portal&_schema=PORTAL)> [consulta: 5 octubre 2019]
- [11] Superintendencia de electricidad y combustibles. Inversores autorizados [en línea]  
<[http://www.sec.cl/portal/page?\\_pageid=33,5847695,33\\_5905757&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://www.sec.cl/portal/page?_pageid=33,5847695,33_5905757&_dad=portal&_schema=PORTAL)> [consulta: 5 octubre 2019]
- [12] Modelo de generación fotovoltaica. Universidad de Chile [en línea]  
<<http://ernc.dgf.uchile.cl:48080/downloads/fotovoltaico.pdf>>  
[consulta: 20 octubre 2019]
- [13] Ministerio de energía. Explorador Solar [en línea]  
<<http://www.minenergia.cl/exploradorsolar/>> [consulta: 20 octubre 2019]
- [14] Heliplast. Ofertas Sistemas “ON GRID” [en línea]  
<<https://www.heliplast.cl/energiasolar/wp-content/uploads/2019/06/Sistemas-ON-GRID-en-220-380-Volt-50Hz-Heliplast-Mayo-2019.pdf>> [consulta: 28 octubre 2019]

## ANEXOS

### ANEXO A

#### Illuminancias Mínimas para Locales Comerciales e Industriales

Tipo de Local	Illuminancia [Lux]
Auditorios	300
Bancos	500
Bodegas	150
Bibliotecas públicas	400
Casinos, Restoranes, Cocina	300
Comedores	150
Fábricas en general	300
Imprentas	500
Laboratorios	500
Laboratorios de instrumentación	700
Naves de máquinas herramientas	300
Oficinas en general	400
Pasillos	50
Salas de trabajo con iluminación suplementaria en cada punto	150
Salas de dibujo profesional	500
Salas de tableros eléctricos	300
Subestaciones	300
Salas de venta	300
Talleres de servicio, reparaciones	200
Vestuarios industriales	100

#### Illuminancias Mínimas para Locales Educativos y Asistenciales

Tipo de Recinto	Illuminancia [Lux]
Atención administrativa	300
Bibliotecas	400
Cocinas	300
Gimnasios	200
Oficinas	400
Pasillos	100
Policlínicos	300
Salas de cirugía menor	500
Salas de cirugía mayor, quirófanos (*)	500
Salas de clases, párvulos	150
Salas de clases, educación básica	200
Salas de clases, educación media	250
Salas de clases, educación superior	300
Salas de Dibujo	600
Salas de Espera	150
Salas de Pacientes	100
Salas de Profesores	400

## ANEXO B



### LISTADO DE PRECIOS SENSORES 2019

Comercial EVOLUX Ltda I R.U.T 76.228.478-2 I Av. Padre Hurtado Central 1298, Las Condes I info@evolux.cl I (56) 02 2298 6930


Foto	Producto	ID SAP	Descripción	Precio Tarifa unitario	Stock
	SENSOR SOBREPUESTO MICROONDA 6M	302017	Sensor de Movimiento por Microondas, para uso interior (IP20). Ángulo de Detección: 360°, de 1 a 6 Metros de Radio, ajustable. Instalación de 2 a 6 Metros. Consumo 0,9W aprox.	\$ 11.500	446
	SENSOR SOBREPUESTO INFRA ROJO 6M	302016	Sensor de Movimiento por Infra Rojos, para uso interior (IP20). Ángulo de Detección: 360°, detección máxima 6 Metros. Instalación de 2,2 a 4 Metros. Consumo 0,5W aprox.	\$ 11.500	417
	MERRYTEK SENSOR ON-OFF NEGRO IP65 PROYECTOR MC042S	302004	Sensor de movimiento para exterior IP65, con función día/noche. Ángulo de Detección: 150° (en muros) / 360° (en cielo). Zona de Detección: Max.(D x H): 10m x 4m.	\$ 16.500	87
	MERRYTEK SENSOR DIM NEGRO IP65 PROYECTOR MC042P	302005	Sensor de movimiento con función día/noche y atenuación al no detectar movimiento. Para Exteriores IP65. Ángulo de Detección: 150° (en muros) / 360° (en cielo). Zona de Detección: Max.(D x H): 10m x 3m	\$ 16.500	194
	MERRYTEK SENSOR INDUSTRIAL 15M IP65 MC054V	302013	Sensor de movimiento para Industrias con IP65. Zona de Detección: Max.(D x H): 16m x15m. Temperatura funcionamiento -25° a 55°. Voltaje de funcionamiento: 120-277Vac, 50/60Hz.	\$ 35.000	0
	MERRYTEK CONTROL REMOTO SENSOR INDUSTRIAL	302014	Sirve para programar y controlar uno o mas sensores MC054V a distancia.	\$ 25.000	0
	MERRYTEK SENSOR LUZ 1-10V MS01	302011	Sensor Luz Día IP20. Sirve para conectar a drivers que tengan control 0-10V. Conectas este sensor y la luminaria se auto regula a la cantidad de luz que le dejes de seteo. Es una por luminaria.	\$ 13.500	47
	MERRYTEK SENSOR 12V 6M MC002D6	302012	Sensor de movimiento Microonda IP20, se alimenta de 12VDC y entrega una señal de 5VDC cuando ve movimiento.	\$ 6.900	466

EVOLUX Lighting Co. | Advanced Technology To Make Our World Brighter! | www.evolux.cl

Foto	Producto	iD SAP	Descripción	Precio LIQUIDACION	Stock
	MERRYTEK SENSOR EMPOTRADO 6M MC040S	302001	Sensor de movimiento para empotrar. Ángulo de Detección: 150° (en muros) / 360° (en cielo). IP44. Zona de Detección: Max.(D x H): 12m x 6m. Medidas: Ø95mm X 54mm profundidad, Perforación: 80mm.	\$ 9.900	9
	MERRYTEK SENSOR EMPOTRADO DOBLE MC034S	302002	Sensor de movimiento con dos salidas (extractor + luz). Ángulo de Detección: 150° (en muros) / 360° (en cielo). IP44. Zona de Detección: Max.(D x H): 10m x 4m. Medidas: Ø95mm X 54mm profundidad, Perforación: 80mm.	\$ 9.900	16
	MERRYTEK SENSOR DIA ON-OFF MS02	302010	Sensor Luz Día On-Off, encendido automático al esconderse el Sol (No es de movimiento). IP20. Abierto/Cerrado: 5/25lux, 10/50lux, 25/75lux, 50/100lux, 100/200lux, 150/300lux, 200/400lux	\$ 6.000	54
	MERRYTEK SENSOR BÁSICO 6M MC030S	302015	Sensor de movimiento y luz Día por microonda con IP20. Compacto: 69mm*35.5mm*25.5mm Altura máxima de montaje 6m. Temperatura funcionamiento -20°C-60°C.	\$ 6.000	14

# ANEXO C

## Mono

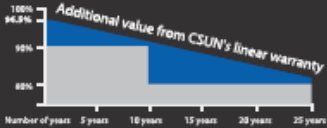


**PowerGuard insurance  
global coverage**


Within the first year, the output power shall not be less than 96.5% of the minimum output power in CSUN's product datasheet, thereafter the loss of output power shall not exceed 0.68% per year, ending with 80.18% in the 25th year.

■ CSUN    ■ Standard warranty


**CSUN's NEW linear performance warranty**




Number of years: 5 years, 10 years, 15 years, 20 years, 25 years




All rights reserved by CSUN





## CSUN270-60M

Highest efficiency offer: QSAR™










CSUN255-60M    CSUN260-60M  
CSUN265-60M    CSUN270-60M

**19%**  
Cell efficiency

**270 W**  
Highest power output

**10 Jahre**  
Material & workmanship warranty


**25 Jahre**  
Linear power output warranty

-  Higher efficiency – perfect for rooftop projects
-  Positive tolerance offer
-  Excellent current distribution performance reduces power loss
-  Passed salt mist & ammonia corrosion, blowing sand and hail testing
-  Certified to withstand wind (2400 Pa) and snow load (5400 Pa)
-  Excellent performance under weak light conditions
-  Good temperature coefficient performance enables better output in tropical zones

- CSUN, established in 2004, is a hi-tech corporation with its core business in R&D, manufacturing, and sale of high efficiency silicon based solar cells and modules.
- As one of the leading PV enterprises in the world, CSUN has delivered more than 1GW solar products, to residential, commercial, utility and off-grid projects all around the world.
- Through strict selection of raw materials, stringent quality control and rigorous test in state of the art facilities in Istanbul, Nanjing and Shanghai, CSUN has always committed to higher efficiency, more stable and better cost performance products.

**QSAR™** is the trade mark owned by CSUN, also the brand name of high efficiency solar module produced by CSUN. From March 2012, CSUN will change "QUASAR" originally used into "QSAR".

All information and data are subject to change without notice.



[www.csun-solar.com](http://www.csun-solar.com)

## Electrical characteristics at Standard Test Conditions (STC)

Module	QSAR 270-60M	QSAR 265-60M	QSAR 260-60M	QSAR 255-60M
Maximum Power - P <sub>mpp</sub> (W)	270	265	260	255
Positive power tolerance	0~3%	0~3%	0~3%	0~3%
Open Circuit Voltage - Voc (V)	38.3	38.2	38.1	38.0
Short Circuit Current - Isc (A)	9.07	8.98	8.90	8.82
Maximum Power Voltage - V <sub>mpp</sub> (V)	31.2	31,0	30,8	30,7
Maximum Power Current - I <sub>mpp</sub> (A)	8.65	8.55	8.44	8.30
Module efficiency	16.63%	16.32%	16.01%	15.70%

Electrical data relates to standard test conditions (STC): Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>; AM 1.5; cell temperature 25°C measuring uncertainty of power is within ±3%. Certified in accordance with IEC61215, IEC61730-1/2 and UL 1703.

## Electrical Characteristics at Normal Operating Cell Temperature (NOCT)

Module	QSAR 270-60M	QSAR 265-60M	QSAR 260-60M	QSAR 255-60M
Maximum Power - P <sub>mpp</sub> (W)	198	195	192	188
Maximum Power Voltage - V <sub>mpp</sub> (V)	28.8	28.6	28.4	28.1
Maximum Power Current - I <sub>mpp</sub> (A)	6.88	6.82	6.76	6.68
Open Circuit Voltage - Voc (V)	35.3	35.2	35.1	35
Short Circuit Current - Isc (A)	7.36	7.28	7.19	7.12

Electrical data relates to normal operating cell temperature (NOCT): Irradiance 800 W/m<sup>2</sup>; wind speed 1 m/s; cell temperature 45°C; ambient temperature 20°C measuring uncertainty of power is within ±3%

## Temperature Characteristics

Voltage Temperature Coefficient	-0.307%/K
Current Temperature Coefficient	+0.039%/K
Power Temperature Coefficient	-0.423%/K

## Maximum Ratings

Maximum system voltage (V)	1000
Series fuse rating (A)	20
Reverse current overload (A)	27

## Mechanical Characteristics

Dimensions	1640 × 990 × 35 mm
Weight	18.3 kg
Frame	Anodized aluminum profile
Front glass	White toughened safety glass, 3.2 mm
Cell Encapsulation	EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)
Back Sheet	Composite film
Cells	6 × 10 pieces monocrystalline solar cells series strings (156 mm × 156 mm)
Junction Box	Rated current ≥ 12A, IP ≥ 65, TUV & UL
Cable	Length 900 mm, 1 × 4 mm <sup>2</sup>
Connector	MC 4/ compatible with MC 4

## Packaging

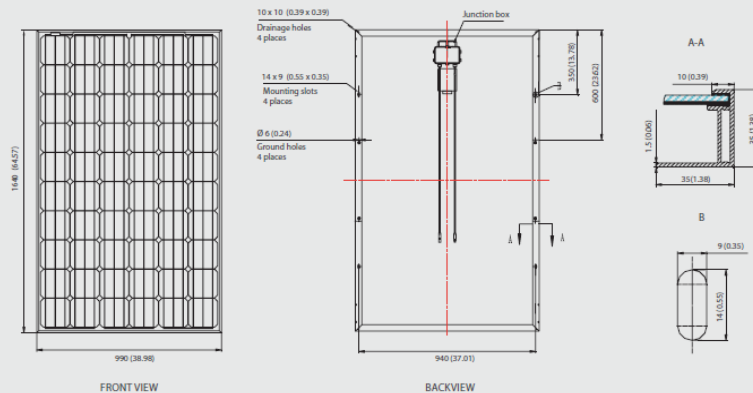
Container 20'	360 pcs.
Container 40'	840 pcs.
Container 40'HC	896 pcs.

## System Design

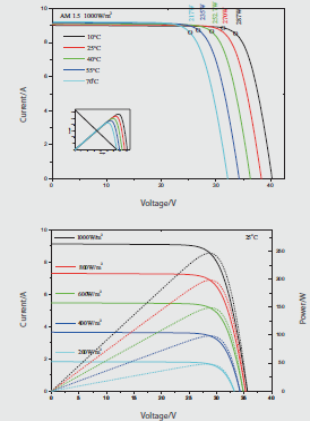
Temp. range	-40°C to + 85°C
Hail	max. diameter of 25mm with impact speed of 23m/s
Max. capacity	Snow 5400 Pa, wind 2400 Pa
Application class	A
Safety class	II

## Dimensions

Note: Module layout below only valid for modules with 35mm thickness. All dimensions in mm (inch).



## IV-Curves



## ANEXO D



### TECHNICAL DATA FRONIUS ECO

INPUT DATA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Max. input current ( $I_{dc\ max}$ )	44.2 A	47.7 A
Max. array short circuit current		71.6 A
Min. input voltage ( $U_{dc\ min}$ )		580 V
Feed-in start voltage ( $U_{dc\ start}$ )		650 V
Nominal input voltage ( $U_{dc,r}$ )		580 V
Max. input voltage ( $U_{dc\ max}$ )		1,000 V
MPP voltage range ( $U_{mpp\ min} - U_{mpp\ max}$ )		580 - 850 V
Number of MPP trackers		1
Number of DC connections		6
Max. PV generator output ( $P_{dc\ max}$ )		37.8 kW <sub>peak</sub>
OUTPUT DATA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
AC nominal output ( $P_{AC,r}$ )	25,000 W	27,000 W
Max. output power	25,000 VA	27,000 VA
AC output current ( $I_{ac\ nom}$ )	37.9 A / 36.2 A	40.9 A / 39.1 A
Grid connection (voltage range)		3-NPE 380 V / 220 V or 3-NPE 400 V / 230 V (+20 % / -30 %)
Frequency (frequency range)		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)
Total harmonic distortion		< 2.0 %
Power factor ( $\cos \phi_{AC,r}$ )		0 - 1 ind. / cap.
GENERAL DATA	FRONIUS ECO 25.0-3-S	FRONIUS ECO 27.0-3-S
Dimensions (height x width x depth)		725 x 510 x 225 mm
Weight		35.7 kg
Degree of protection		IP 66
Protection class		1
Overvoltage category (DC / AC) <sup>2)</sup>		1 + 2 / 3
Night-time consumption		< 1 W
Inverter concept		Transformerless
Cooling		Regulated air cooling
Installation		Indoor and outdoor installation
Ambient temperature range		-25 - +60 °C
Permitted humidity		0 to 100 %
Max. altitude		2,000 m
DC connection technology		6x DC+ and 6x DC- screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>
AC connection technology		5-pole AC screw terminals 2.5 - 16 mm <sup>2</sup>
Certificates and compliance with standards		ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G59/3, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21

<sup>2)</sup>According to IEC 62109-1. DIN rail for optional type 1 + 2 and type 2 overvoltage protection available. Further information regarding the availability of the inverters in your country can be found at [www.fronius.com](http://www.fronius.com).