

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN LAS
DEPENDENCIAS DE LA UTFSM, SEDE VIÑA DEL MAR**

Trabajo de Titulación para optar
al Título de Ingeniero en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

Alumno:

Sr. Mauricio Camilo Vera Minay.

Profesor Guía:

Mg. Ing. Vanessa Mella Lorca.

RESUMEN

Keywords: DIMENSIONAMIENTO DE LOS PROYECTOS-PLANES DE MANTENIMIENTO-SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO-SISTEMA.

En esta propuesta se desea implementar un sistema fotovoltaico, específicamente en el edificio de Mantenimiento del departamento de Mecánica, elaborando los planes de mantenimiento necesarios para el correcto desempeño de los equipos dentro de los sistemas.

Este estudio se realizará mediante evaluaciones técnicas a través de algoritmos, para determinar de manera óptima el tamaño del sistema que estará involucrado en el proyecto, de igual manera, al determinar el sistema con sus equipos, se realizará pautas de mantención para cada uno de éstos, junto con análisis de costos realizado mediante Software, con la finalidad de asegurar y planificar el correcto dimensionamiento, costo y mantenimiento requerido que permita el óptimo funcionamiento del proyecto.

Primeramente, se dimensionó el proyecto fotovoltaico mediante el uso de un algoritmo de cálculo, en donde, se recabaron diferentes datos necesarios para obtener una serie de resultados que permitieron obtener la potencia que se necesita cubrir mediante el sistema fotovoltaico en el edificio y posteriormente obtener la cantidad de paneles necesarios para el proyecto.

Luego de obtener la potencia a cubrir y la cantidad de paneles fotovoltaicos necesarios, se realizó el dimensionamiento del proyecto mediante SunnyDesign, un software que permite seleccionar el área en donde se emplazará un proyecto, mediante la herramienta de vista satelital que posee. De este modo se pudo seleccionar el área de la universidad en donde se busca implementar el sistema, y realizar un dimensionamiento del edificio en 3D, obteniendo la superficie disponible para el emplazamiento del proyecto. Además, con la ayuda del software RETScreen se pudo obtener la inclinación en donde el proyecto recogería más energía, de esta forma, se seleccionó una inclinación de 25° para cada panel y con una orientación de estos hacia el norte.

Con respecto a los planes de mantenimiento para el proyecto, se jerarquizó los componentes del sistema a través de una matriz de riesgo, estableciendo los elementos críticos, semi críticos y no críticos, elaborando así una serie de medidas que ayuden a mitigar los posibles modos de falla de estos componentes, de esta manera, se realizó un

plan de mantenimiento para paneles fotovoltaicos, estructura de soporte de paneles, conexiones eléctricas, central de monitoreo e inversor.

Además, se propone un mantenimiento interno del sistema, es decir, que los estudiantes de las carreras de Energías Renovables y Mantenimiento Industrial o alguna otra carrera afín realicen el mantenimiento con personal de la universidad. Para esto, se realizó una cotización de los elementos necesarios para poder llevar a cabo esta actividad.

Se consultó con el departamento de prevención de riesgos de la universidad los requisitos de trabajo en altura, e indicaron que se necesitan los exámenes de altura física, procedimiento de trabajo en altura y el uso de los elementos de protección personal, de esta manera, se cotizaron los exámenes y todos los elementos de protección necesarios para el proyecto, junto también con la elaboración de check list para los elementos de seguridad y un procedimiento de altura física.

Se realizaron dos cotizaciones en el análisis económico, si bien ambas recogen todos los costos de materiales e instalación, una se realiza considerando un mantenimiento externo del sistema, y la otra un mantenimiento interno del mismo, de esta manera, se logra obtener que al tener un mantenimiento externalizado, el costo del proyecto asciende a 358,36 [UF] (tomando en consideración el valor de la [UF] en Noviembre del 2022), en cambio, considerando los valores del proyecto con un mantenimiento internalizado, el valor del mismo da un total de 309,67 [UF], lo cual también se traduce en una reducción de la amortización de casi 4 años.

ÍNDICE

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍAS

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| OBJETIVO GENERAL | 2 |
| OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 2 |
| CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES | 3 |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES Y CONTEXTO DE LA IMPORTANCIA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES..... | 4 |
| 1.1. GENERALIDADES..... | 4 |
| 1.1.1. Historia..... | 4 |
| 1.1.2. Misión..... | 5 |
| 1.1.3. Visión..... | 5 |
| 1.1.4. Ubicación..... | 5 |
| 1.1.5. Edificio..... | 6 |
| 1.2. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DENTRO DE LA UNIVERSIDAD..... | 7 |
| 1.3. CONTEXTO GLOBAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES..... | 8 |
| 1.3.1. Energías renovables no convencionales..... | 8 |
| 1.3.2. Sistema fotovoltaico..... | 8 |
| 1.4. LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA HACIA LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y LA IMPORTANCIA DE UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA HACIA EL USO DE ENERGÍAS LIMPIAS Y LA NECESIDAD DE INSTALAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL EDIFICIO DE MANTENIMIENTO..... | 13 |
| CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO NECESARIO PARA EL PROYECTO..... | 15 |
| 2. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLES NECESARIO EN EL PROYECTO..... | 16 |
| 2.1. SISTEMA FV: CONSUMO ENERGÉTICO DEL EDIFICIO..... | 16 |
| 2.1.1. Cuantificación costo eléctrico..... | 21 |
| 2.2. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID..... | 22 |
| 2.3. SIMULACIÓN DIMENSIONAMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO..... | 28 |
| 2.4. TIPOS DE ESTRUCTURA E INCLINACIÓN DE LOS PANELES | 33 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO 3: PLANES DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO..... | 34 |
| 3. PLANES DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO | 35 |
| 3.1. MANTENIMIENTO CENTRAL FOTOVOLTAICA. | 35 |
| 3.2. MEDIDAS DE SEGURIDAD. | 35 |
| 3.2.1. Principales riesgos y medidas en torno a la seguridad eléctrica: | 35 |
| 3.3. OTROS ALCANCES QUE DEBE TENER EL EQUIPO DE MANTENIMIENTO. | 36 |
| 3.4. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE PLANTAS FOTOVOLTAICAS. . | 36 |
| 3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO SFV Y GESTIÓN DE ACTIVOS. | 37 |
| 3.5.1. Contexto operacional..... | 37 |
| 3.5.2. Limpieza módulos. | 43 |
| 3.5.3. Mantenimiento inversor central de monitoreo. | 44 |
| 3.5.4. Estructura paneles solares. | 45 |
| 3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO SISTEMA FOTOVOLTAICO CON MANTENIMIENTO EXTERNO. | 46 |
| 3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO SISTEMA FOTOVOLTAICO CON PLAN DE MANTENIMIENTO INTERNO | 57 |
| 3.7.1. Programación mantenimiento realizado por equipo de la universidad. | 57 |
| 3.7.2. Requisitos para mantenimiento dentro de la universidad..... | 61 |
| 3.7.3. Planes de mantenimiento para sistema fotovoltaico..... | 63 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 71 |
| BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN | 73 |
| ANEXOS | 75 |
| ANEXO A: INFORMACIONES Y TABLAS | 76 |
| ANEXO B: CHECK LIST..... | 79 |
| ANEXO C: COTIZACIONES | 81 |
| ANEXO D: PROCEDIMIENTO DE TRABAJO EN ALTURA | 88 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-1 Comparación de eficiencia de los paneles monocristalinos, policristalinos y de capa fina | 10 |
| Tabla 2-1 Consumo Taller ERNC..... | 17 |
| Tabla 2-2 Consumo Oficinas | 17 |
| Tabla 2-3 Consumo Pasillo | 18 |
| Tabla 2-4 Consumo cocina, sala de reuniones y sala de corte | 18 |
| Tabla 2-5 Consumo baños..... | 19 |
| Tabla 2-6 Consumo Taller de Eficiencia Energética | 19 |
| Tabla 2-7 Consumo Taller de Termofluidos..... | 20 |
| Tabla 2-8 Consumo Taller de Mantenimiento | 20 |
| Tabla 2-9 Consumo Taller de Soldadura | 21 |
| Tabla 2-10 Consumo anual de las salas y talleres..... | 21 |
| Tabla 2-11 Comparación de precios para paneles solares de 450 [W] al momento de la investigación | 23 |
| Tabla 2-12 Consumo anual y diario estimado de las luminarias | 23 |
| Tabla 2-13 Temperatura máxima, promedio y mínima de la zona | 24 |
| Tabla 2-14 Valores de irradiancia y temperaturas de operación de celdas fotovoltaicas | 24 |
| Tabla 2-15 Valores de radiación, horas solares, producción [Wh/día] y coeficientes de temperatura..... | 25 |
| Tabla 2-16 Valores de radiación de potencia panel, rendimientos de operación dentro del sistema y rendimiento global del SFV | 27 |
| Tabla 2-17 Valores de potencia y números de paneles necesarios para el proyecto..... | 28 |
| Tabla 3-1 Criterios para valores de severidad..... | 38 |
| Tabla 3-2 Criterios para valores de ocurrencia | 38 |
| Tabla 3-3 Criterios de ocurrencia..... | 39 |
| Tabla 3-4 Formato RCM para sistema fotovoltaico..... | 39 |
| Tabla 3-5 Jerarquización de criticidad para componentes SFV | 43 |
| Tabla 3-6 Metros totales cables a utilizar | 48 |
| Tabla 3-7 Costo total materiales | 53 |
| Tabla 3-8 Planificación mantenimiento anual..... | 59 |
| Tabla 3-9 Planificación mantenimiento anual (Continuación) | 60 |
| Tabla 3-10 Hoja de mantenimiento para paneles solares y estructuras [1/2]..... | 64 |
| Tabla 3-11 Hoja de mantenimiento para paneles solares y estructuras [2/2]..... | 65 |
| Tabla 3-12 Hoja de mantenimiento para inversor y sistema eléctrico [1/2] | 66 |

| | |
|--|----|
| Tabla 3-13 Hoja de mantenimiento para inversor y sistema eléctrico [2/2] | 67 |
| Tabla 3-14 Costo EPP y herramientas | 68 |

ÍNDICE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-1 Toma satelital de la UTFSM, Sede Viña del Mar | 6 |
| Figura 1-2 Colocación de la primera piedra del edificio..... | 7 |
| Figura 1-3 Sistema fotovoltaico | 9 |
| Figura 1-4 Inversor 33 kW | 12 |
| Figura 2-1 Layout edificio de mantenimiento..... | 17 |
| Figura 2-2 Ubicación del proyecto..... | 29 |
| Figura 2-3 Perfil de carga..... | 29 |
| Figura 2-4 Simulación dimensiones del edificio..... | 30 |
| Figura 2-5 Ubicación árbol costado del edificio | 31 |
| Figura 2-6 Simulación porcentaje de sombra sobre el proyecto | 31 |
| Figura 2-7 Simulación ubicación módulos fotovoltaicos..... | 32 |
| Figura 2-8 Conexiones inversor | 32 |
| Figura 3-1 Condicionantes análisis de criticidad | 41 |
| Figura 3-2 Matriz de riesgo..... | 42 |
| Figura 3-3 Clasificación criticidad..... | 42 |
| Figura 3-4 Panel fotovoltaico a utilizar..... | 46 |
| Figura 3-5 Estructura de montaje paneles solares..... | 47 |
| Figura 3-6 Inversor SMA Sunny Tripower | 47 |
| Figura 3-7 Central de monitoreo | 48 |
| Figura 3-8 Costo total cableado | 49 |
| Figura 3-9 Interruptor diferencial..... | 50 |
| Figura 3-10 Interruptor automático 16 [A] | 51 |
| Figura 3-11 Interruptor automático 32 [A] | 51 |
| Figura 3-12 Regleta universal 8 posiciones | 52 |
| Figura 3-13 Tablero eléctrico 13 posiciones..... | 52 |
| Figura 3-14 Línea de vida | 53 |
| Figura 3-15 Costo unitario elementos para el proyecto FV y costo total del mismo..... | 55 |
| Figura 3-16 Resultados análisis factibilidad del sistema | 56 |
| Figura 3-17 Precios examen unitario de altura física..... | 61 |

| | |
|---|----|
| Figura 3-18 Acceso techo edificio mantenimiento | 62 |
| Figura 3-19 Escalera tipo avión cotizada para el proyecto | 63 |
| Figura 3-20 Costo total proyecto fotovoltaico a sin mantenimiento externo..... | 69 |
| Figura 3-21 Resultados análisis factibilidad del sistema sin mantenimiento externo..... | 69 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1-2 Pérdida de producción panel solar..... | 11 |
| Gráfico 3-1 Porcentaje de valores en un sistema fotovoltaico..... | 54 |
| Gráfico 3-2 Amortización y retorno de la inversión del proyecto FV con servicio de mantenimiento externalizado | 57 |
| Gráfico 3-3 Amortización y retorno de la inversión del proyecto FV | 70 |

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

| | | |
|----------------|---|--------------------------------|
| ACS | : | Agua caliente Sanitaria |
| FV | : | Fotovoltaico |
| M ² | : | Metros cuadrados. |
| PPM | : | Partes por millón |
| UF | : | Unidad de fomento. |
| [A] | : | Amperes. |
| [kWh] | : | Kilowatts consumidos por hora. |
| [kWp] | : | KiloWatts de potencia. |
| [V] | : | Voltios. |
| [W] | : | Watts. |

INTRODUCCIÓN

La Universidad Técnica Federico Santa María ha sido referente en la implementación de proyectos de energías renovables tanto dentro, como fuera de la institución, cuenta con sistemas de paneles dentro de algunas de sus instalaciones como por ejemplo en el laboratorio de Energías Renovables, así mismo la universidad ha elaborado proyectos tales como energizar mediante energía solar un Centro Comunitario en Playa Ancha y proyectos para energizar de esta manera instalaciones del Sector Agroindustrial, entre otros.

Este proyecto, buscará implementar en el nuevo edificio de mantenimiento un sistema fotovoltaico, generando un espacio el cual reciba parte de su energía a través de energías limpias generadas en la misma universidad, específicamente la energía solar fotovoltaica.

En la actualidad, existen diversos problemas generados por el consumo humano, uno de ellos es el uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, contribuyendo con emisiones de gases de efecto invernadero, sindicados como los principales responsables del cambio climático.

Es por esto, que se hace necesario una transición energética hacia el uso de energías limpias, reduciendo el uso y la dependencia de la red eléctrica convencional, que es a lo cual, está enfocado el objetivo del proyecto.

Además de la problemática anteriormente mencionada, existe una necesidad por parte de la docencia de un proyecto fotovoltaico en el edificio, esto debido a que dentro del mismo, existen dos laboratorios relacionados a las energías renovables, el taller de Eficiencia Energética y el laboratorio de Energías Renovables, en los cuales, los laboratorios prácticos requieren que los estudiantes monten durante la clase una serie de paneles fotovoltaicos, que en algunos casos, puede llevar un buen porcentaje de la clase, utilizando tiempo que debiese ser destinado en el análisis de laboratorio.

OBJETIVO GENERAL

Realizar estudio de manera técnica y económica de la implementación de un sistema fotovoltaico en el edificio de Mantenimiento del departamento de Mecánica, para la reducción de la dependencia del suministro energético de la universidad mediante el uso de herramientas de gestión de proyectos y de mantenimiento.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información sobre la Sede Viña del Mar y de la energía renovable a implementar, mediante el uso de bibliografía e información histórica para la contextualización de la problemática.
- Realizar la evaluación técnica del sistema mediante el uso de fichas técnicas y software para su respectivo dimensionamiento.
- Planificar la operación del sistema energético, mediante la elaboración de planes de mantenimiento para la determinación de su evaluación económica.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

1. ANTECEDENTES GENERALES Y CONTEXTO DE LA IMPORTANCIA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

1.1. GENERALIDADES.

En este capítulo, se recopila información histórica de la Universidad Técnica Federico Santa María y el nuevo edificio de Mantenimiento del Departamento De Mecánica. Además, se explican términos asociados a las energías renovables para contextualizar la problemática: efecto invernadero, las energías renovables no convencionales y los sistemas fotovoltaicos.

1.1.1. Historia.

La Universidad Técnica Federico Santa María fue fundada un 20 de diciembre de 1931, la construcción de esta universidad se debe a Don Federico Santa María, quien fue un empresario y filántropo de la época el cual quiso dejar como legado la construcción de una universidad que cumpliera un rol social y también fuese de excelencia.

En su testamento, deja estipulado que es el deber de las clases pudientes contribuir con el desarrollo intelectual de las clases más desvalidas, y que el mayor mérito para entrar en la universidad debe ser el mérito académico dando igualdad de oportunidades a todos sin importar su condición económica. Por otra parte, en su testamento indica que durante los primeros 10 años de funcionamiento, la universidad solo debía operar con profesores extranjeros, es por esto, que el Albacea Agustín Edwards, viaja a Alemania a contratar los servicios de Karl Laudien, quien había trabajado en la reorganización de las escuelas técnicas alemanas luego de la primera guerra mundial, transformándose en el primer rector de la institución.

1.1.2. Misión.

Formar personas, integral y profesionalmente, en un ecosistema de creación y difusión de conocimiento, innovación, emprendimiento, transferencia e impacto, contribuyendo a la solución de problemas relevantes y complejos, en un ámbito científico – tecnológico, aportando al desarrollo sostenible del país y la sociedad.

“Realizamos esta labor siendo una institución de educación superior de vocación pública, de excelencia e inclusiva, que fortalece su quehacer, su comunidad y su integración al medio, a través del diálogo, la tolerancia, el respeto a la diversidad y al debate de alto nivel, preservando la voluntad testamentaria de don Federico Santa María Carrera.”

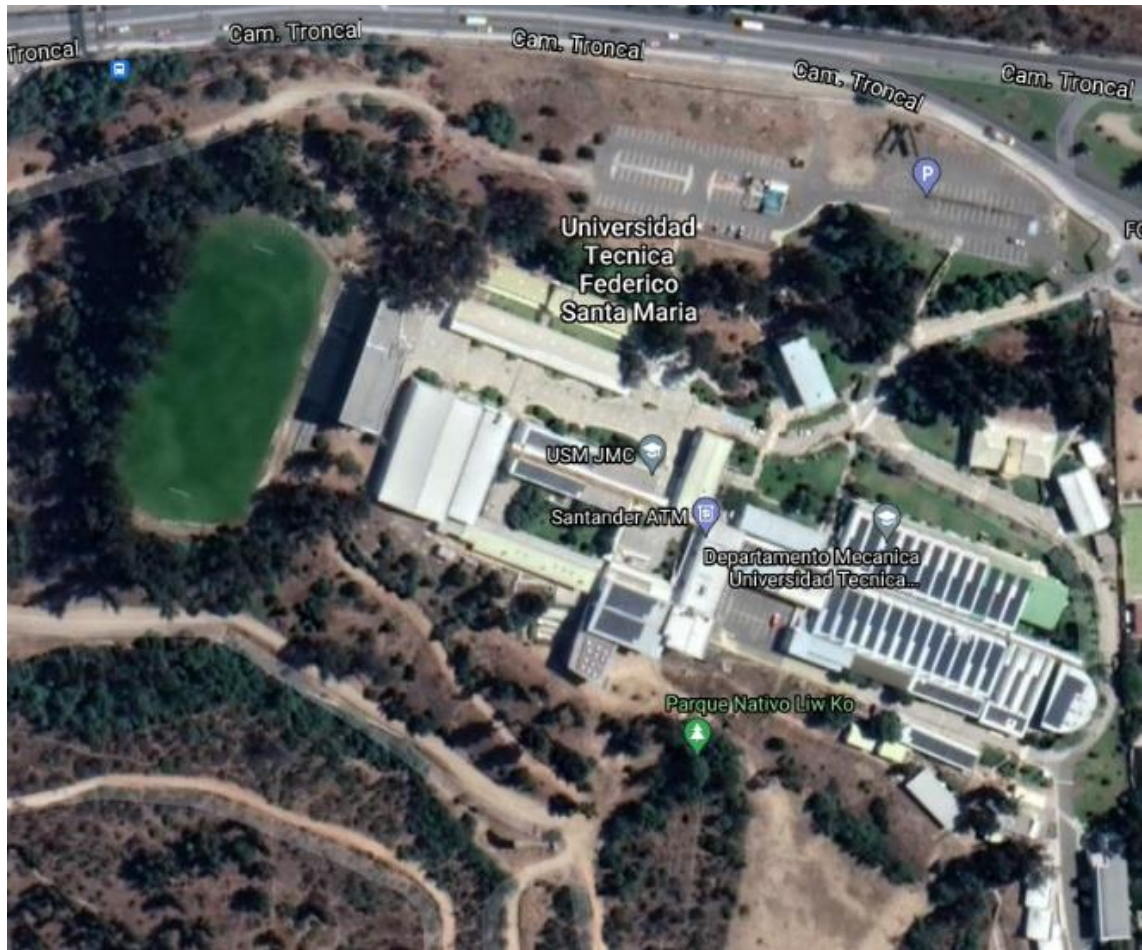
1.1.3. Visión.

“Ser un referente científico-tecnológico nacional e internacional que, integrando una comunidad universitaria de excelencia, estimule la generación y difusión de conocimiento, junto a la creación de valor, orientada a impactar significativamente el desarrollo de la sociedad, constituyéndose en una universidad de clase mundial líder en ingeniería, ciencia y tecnología.”

1.1.4. Ubicación.

La universidad se encuentra en varias localidades en Chile, siendo la de interés para este proyecto la sede Viña del Mar. (Figura 1-1).

La Universidad Técnica Federico Santa María Sede José Miguel Carrera está ubicada en la avenida Federico Sta. María 6090, Viña del Mar, Valparaíso.



Fuente: www.google.cl/maps/

Figura 1-1 Toma satelital de la UTFSM, Sede Viña del Mar.

1.1.5. Edificio.

En enero del año 2019, se dio inicio a la construcción del Edificio de Mantenimiento perteneciente al departamento de Mecánica de la Sede Viña del Mar. Este, proyecto fue realizado por la Dirección de Infraestructura de la USM, y posee una superficie de 768 [m²], el cual incluye distintos tipos de talleres tales como el, Taller de Mantenimiento, de Fluidos, de Soldadura y de Energías Renovables, además de oficinas de profesores y baños, entre otros.

Estas instalaciones, tanto camarines como el edificio, se encuentran operativas desde el año 2021.

En la figura 1-2 se puede observar la colocación de la primera piedra del edificio de Mantenimiento en una ceremonia realizada con distintas autoridades de la universidad y profesores del departamento de Mecánica.



Fuente: www.noticias.usm.cl/

Figura 1-2 Colocación de la primera piedra del edificio.

1.2. **SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DENTRO DE LA UNIVERSIDAD.**

Actualmente la universidad cuenta con instalaciones de sistemas fotovoltaicos gracias a un proyecto realizado el año 2020, el cual consistió en instalar 5 plantas fotovoltaicas en cada una en las distintas sedes y campus de la universidad: Casa central, Sede Viña del Mar, San Joaquín, Vitacura y Concepción. En total se instaló una potencia de 992 [kWp].

Además de lo anterior, en la Sede Viña del Mar encuentra el Laboratorio de Energías Renovables que posee una planta FV con 3 tipos de paneles FV, que permiten comparar su rendimiento con fines académicos.

La implementación de estos sistemas ha permitido a la universidad avanzar a grandes pasos en la transición hacia al uso de Energías Renovables y también ha significado un ahorro en el costo energético.

En el año 2021, la Universidad recibió un documento por parte de la empresa Engie el cual certifica que la energía de la Sede Viña del Mar y Concepción proviene exclusivamente de plantas de generación de energías limpias, demostrando el compromiso de la institución hacia un impacto ambiental neutro y sostenible.

1.3. CONTEXTO GLOBAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES.

Con el fin de contextualizar la investigación, se presentan antecedentes globales de las energías renovables, definiendo algunos conceptos relevantes: efecto invernadero, energías renovables no convencionales y los sistemas a implementar.

A. Energías renovables.

B. Sistema solar FV.

1.3.1. Energías renovables no convencionales.

Son los tipos de energías que provienen de fuentes naturales, las cuales teóricamente son inagotables, como la energía solar, la eólica, hidroeléctrica, geotérmica, biogás etc. Estas energías tienen la particularidad de que tienen un impacto ambiental muy escaso a comparación del uso de energías convencionales.

Estas energías renovables, pueden encontrarse en cualquier lugar del mundo, no es necesario tener cerca una fuente que procese los combustibles fósiles para obtener energía, de esta forma, en cualquier sitio, se puede establecer un proyecto para generar energía propia y lograr un porcentaje de autosuficiencia incluso en un lugar aislado.

El proyecto se desarrollará mediante la captura de energía solar, a través de sistemas de energía fotovoltaica.

1.3.2. Sistema fotovoltaico.

Este sistema se encarga de convertir la energía solar que llega a los paneles, en energía eléctrica, energía la cual se usa para autoconsumo, y en el caso de tener excedentes, es decir, acumular más energía de la que utiliza el inmueble, puede volver a ser inyectada a la red eléctrica. Cabe destacar, que Chile posee una ubicación privilegiada en esta materia, específicamente el norte del país, el cual recibe gran cantidad de radiación solar.

Un sistema fotovoltaico posee los siguientes componentes principales: Módulos fotovoltaicos, inversor, la estructura en donde van montados los módulos y los tableros CA/CC (Fuente: GIZ Chile).

En la figura 1-3 se observa la representación de un sistema fotovoltaico, en donde la energía solar llega a los paneles ubicados en el techo de un edificio, y esta es usada por distintos edificios de la comunidad.



Fuente: Programa techos solares, Ministerio de Energía.

Figura 1-3 Sistema fotovoltaico.

1.3.2.1. Módulo fotovoltaico.

El módulo fotovoltaico es el componente encargado de transformar la energía proveniente del sol en energía eléctrica. La generación de esta energía se debe a que las células están hechas de materiales que tienen la propiedad de generar corriente eléctrica cuando entran en contacto con la radiación solar (como por ejemplo el silicio).

El silicio anteriormente mencionado, se encuentra dentro de estos paneles en diferentes tipos de construcción, dando lugar a 3 tipos de paneles, monocristalinos, policristalinos y de capa fina, los cuales serán descritos a continuación.

I. Paneles monocristalinos:

El silicio dentro del panel solar se compone por un solo cristal dentro del mismo, la realización de este proceso de cristalización para tener un único cristal uniforme y con pocas imperfecciones es la más costosa de los 3 tipos de paneles, pero a su vez, la que entrega una mayor eficiencia en la conversión de radiación solar a energía eléctrica.

II. Paneles policristalinos:

Tal como dice su nombre, un panel policristalino está formado por varios cristales de silicio, su producción es más barata que la de un panel monocristalino, sin embargo, la eficiencia de la conversión de radiación solar a energía eléctrica es un poco más baja que la de un panel monocristalino.

III. Paneles de capa fina:

En este tipo de paneles, la red cristalina de silicio dentro de los módulos es bastante irregular, no posee los procesos de cristalización que los dos paneles anteriores, sin embargo, su costo es bajo, y además basta una capa fina en el módulo para captar la luz solar.

En la tabla 1-1 se observa una comparación entre los rendimientos de los paneles anteriormente mencionados, específicamente entre el máximo rendimiento teórico, máximo rendimiento de laboratorio y el rendimiento en operación normal.

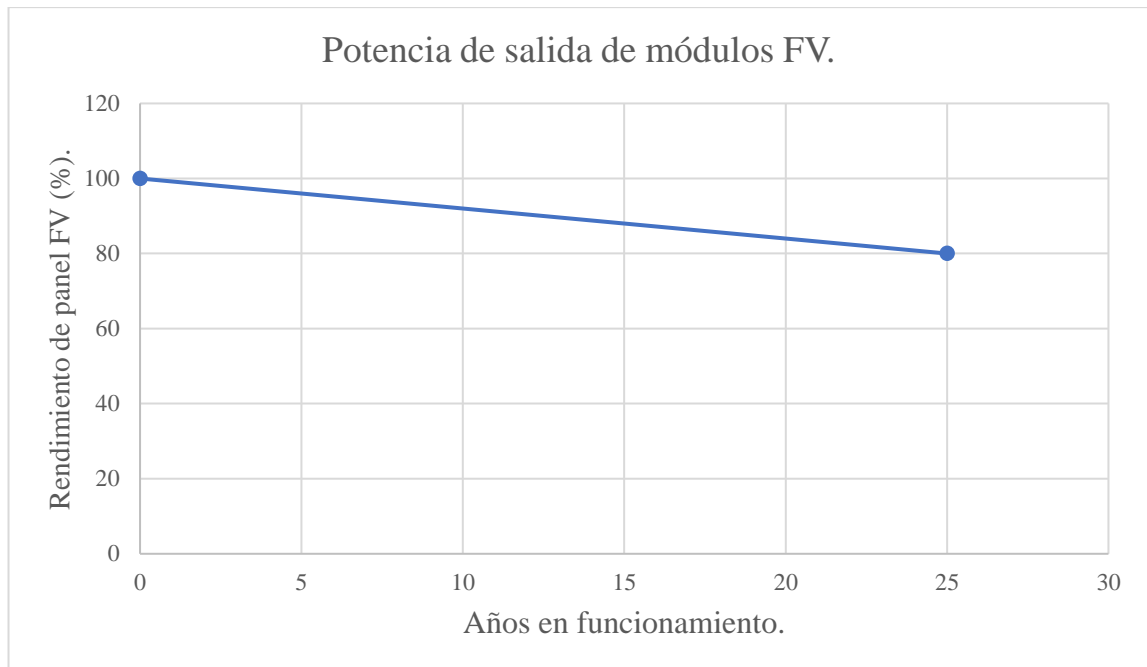
Tabla 1-1 Comparación de eficiencia de los paneles monocristalinos, policristalinos y de capa fina.

| Panel | Máximo rendimiento teórico. | Rendimiento en pruebas de laboratorio. | Rendimiento en operación normal. |
|-----------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|
| Monocristalino | 27% | 24% | 17-20% |
| Policristalino | 27% | 19% | 13-15% |
| Capa fina | 25% | 13% | 7-9% |

Fuente: www.tritec-intervento.cl.

Los paneles fotovoltaicos, tanto los monocristalinos, policristalinos y de capa fina están compuestos de varias de estas células solares FV con silicio en su interior, cubiertas también con una capa de fósforo y boro. Los 3 tipos de paneles han tenido un gran avance tecnológico con el paso del tiempo, aumentando su eficiencia, calidad y seguridad, aunque con el paso de los años, estos módulos van sufriendo degradaciones cercanas al 1% anual, por lo que, a medida que pasa el tiempo, estos módulos van perdiendo su capacidad de producción.

Como se observa en el gráfico 1-2, la potencia de salida de estos módulos es de un 100% en el primer año de operación, sin embargo, va sufriendo degradación que afecta su producción a lo largo del tiempo, la cual, en promedio, llega a un total de 20% a los 20-25 años de puesta en marcha.



Fuente: Programa techos solares, Ministerio de Energía.

Gráfico 1-1 Pérdida de producción panel solar.

1.3.2.2. Inversor.

Los sistemas de energía solar fotovoltaica proporcionan la energía en corriente continua, por lo cual el inversor, como dice su nombre, transforma la corriente continua a corriente alterna, ya que es esta última la que circula por las redes eléctricas. Sin este elemento, la energía recaudada en las baterías por los paneles solares no podría ser usada. Este equipo transforma la energía de las baterías como se mencionó anteriormente, para esto, el inversor consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual se utiliza para interrumpir la corriente continua entrante, y generar una onda rectangular, posteriormente, la energía pasa por un transformador, el cual tiene la función de suavizar la onda, con lo que se obtiene el voltaje de salida necesario.

El inversor, también optimiza la producción de la energía generada por los paneles solares, permitiendo obtener el mayor rendimiento posible, son capaces de transformar la energía con un 98% de eficiencia. Cabe destacar, que se debe tener en cuenta el lugar a instalar el inversor, ya que en promedio genera 20-25 decibeles de ruido, lo que es comparable a una pequeña brisa de viento, pero a diferencia de que esta sonará las 24 horas. Otro factor para considerar la ubicación es que, en caso de estar expuesto al sol por mucho tiempo, el inversor puede aumentar su temperatura interna, produciendo bajas en el rendimiento del mismo.

En la imagen 1-4 se puede observar un inversor usado en un sistema fotovoltaico.



Fuente: Programa techos solares, Ministerio de Energía.

Figura 1-4 Inversor 33[kW].

1.3.2.3. Estructura soporte módulos FV.

La estructura se encarga de fijar los módulos FV al techo del lugar donde se desea realizar la instalación.

Los módulos generalmente se instalan de manera inclinada respecto a la superficie de la estructura cuando la cubierta tiene una inclinación igual o menor a 10°. La forma en la cual se fijan estas estructuras en las techumbres tiene directa relación con el material de estas, de esto depende de si la estructura se fija con lastre, o, si se fija directamente a la estructura del techo, en caso de estar construido con un sistema reticular con costaneras o vigas.

1.4. LA DEPENDENCIA ENERGÉTICA HACIA LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y LA IMPORTANCIA DE UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA HACIA EL USO DE ENERGÍAS LIMPIAS Y LA NECESIDAD DE INSTALAR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN EL EDIFICIO DE MANTENIMIENTO.

Actualmente, el cambio climático es uno de los mayores desafíos de la era actual, en donde la importancia de asegurar un suministro continuo de energía ya sea para mantener un estándar de calidad de vida y desarrollo económico sigue siendo de vital importancia.

Durante años los combustibles fósiles han sido el pilar energético de la sociedad actual, en donde según reportes de las naciones unidas, un porcentaje cercano al 53% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero corresponde a la generación de energía para el sistema de suministro eléctrico.

Si la proporción de emisiones de estos gases de efecto invernadero provenientes de los combustibles fósiles no se reduce, tomando en consideración que también existe un crecimiento demográfico global, en donde año a año se aumenta la demanda de consumo, y la cual se estima que se duplicará de aquí al año 2050, las emisiones de estos gases tendrán efectos nocivos como lo es el aumento de temperatura, y junto con este aumento, otros fenómenos tales como desplazamientos de población por las temperaturas, sequías, entre otros.

Ante tal panorama, se ven los siguientes escenarios posibles: primeramente, la reducción del consumo energético, que en la práctica derechamente es imposible, o reducir gradualmente el uso de combustibles fósiles. Ante tal panorama, es preciso un cambio de dirección en la generación de energía eléctrica hacia energías limpias, en donde se asegure una transición energética que contemple cambios en el modelo de producción y

distribución de la energía, es por esto, que la generación de proyectos que contribuyan a la reducción de emisión de estos gases se hace cada día más importante.

Sumado a lo anteriormente mencionado, el edificio de Mantenimiento de la universidad posee un taller de energías renovables en el cual se hacen diferentes laboratorios, algunos de los cuales requieren de la instalación de un sistema de paneles para realizar experiencias prácticas. Debido a la falta de un sistema instalado en el edificio, se debe realizar la instalación de la línea de paneles solares dentro del horario de taller por parte de los estudiantes, lo cual toma tiempo, y consume una parte del horario destinado a las prácticas dentro del laboratorio. Es por esto, que el proyecto nace también de la necesidad de poseer un sistema fotovoltaico instalado en el edificio, que permita realizar las experiencias prácticas de/los ramos afines sin tener que perder tiempo destinado del horario de clases en la instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos.

CAPÍTULO 2: EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO
NECESARIO PARA EL PROYECTO.

2. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL SISTEMA DE ENERGÍA RENOVABLES NECESARIO EN EL PROYECTO.

2.1. SISTEMA FV: CONSUMO ENERGÉTICO DEL EDIFICIO.

Para realizar la evaluación del consumo energético, se procedió a realizar un levantamiento de información en las dependencias del edificio, de esta manera, se determinó, que se considerarían solo las luminarias de las salas, dejando fuera las máquinas dentro de los talleres. Esto se debe a que muchas de las máquinas utilizadas consumen una gran cantidad de potencia eléctrica, y que, además, se cuenta con espacio limitado para la instalación paneles FV en la techumbre del edificio.

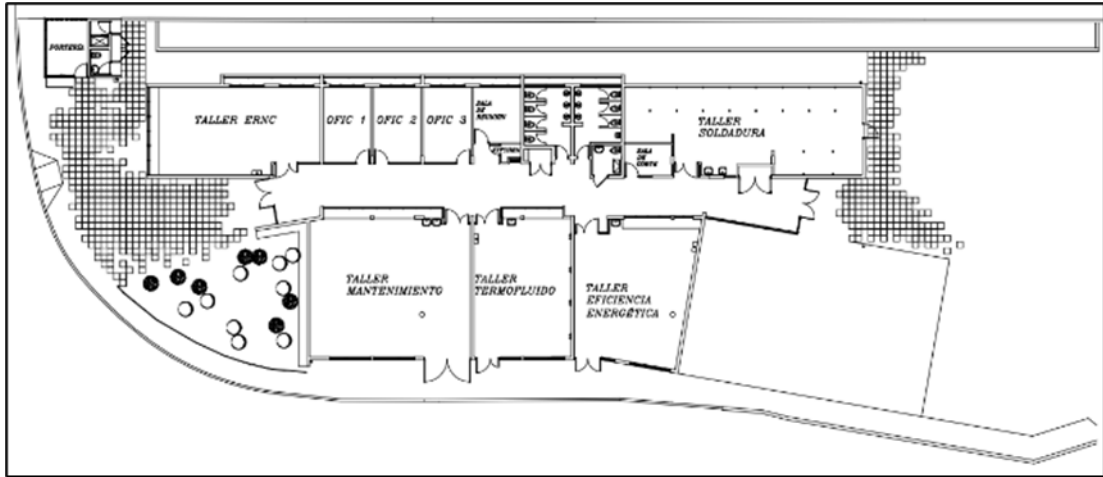
Para realizar las estimaciones de consumo, a través de la información de los tableros de cada sala, taller y oficina, se determinó el consumo que posee la luminaria.

Al determinar ese consumo, este fue multiplicado por una cantidad de horas promedio dada para cada área, con la finalidad de obtener el consumo estimado diario, este consumo fue multiplicado por los 21 días que se encuentran en funcionamiento las instalaciones, para así obtener un estimado del consumo mensual, este consumo mensual fue multiplicado por 11, que corresponde a la cantidad de meses de funcionamiento de la universidad.

El primer taller es el de Energías Renovables, el cual cuenta con 24 focos de 12 Watts cada uno. Se estima que cada luminaria está encendida en promedio 8 horas al día, por lo que el consumo de potencia total será de 288 [W] y el de energía, de 2304 [Wh] por día. Este consumo diario es multiplicado por 21, que es el promedio de días hábiles que posee un mes, dando como resultado $48384 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{mes}} \right]$.

Este consumo mensual es multiplicado por 11, que son la cantidad de meses que posee el año académico dentro de la universidad, dando como resultado el valor anual que se puede visualizar en la tabla 2-1.

En la figura 2-1 se puede observar las distintas áreas que posee el edificio de mantenimiento y su respectiva disposición dentro del mismo mediante un layout.



Fuente: Plano otorgado por apoyo académico de la universidad.

Figura 2-1 Layout edificio de mantenimiento.

Tabla 2-1 Consumo Taller ERNC.

| Cantidad de focos | Consumo unidad [Watts] | Consumo total [Watts] |
|-----------------------------------|------------------------|---|
| 24 | 12 | 288 |
| Consumo total por 8 horas diarias | | 2304 [Watts] |
| Consumo diario por 21 días al mes | | 48384 $\left[\frac{\text{Wh}}{\text{mes}}\right]$ |
| Consumo anual | | 533 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}}\right]$ |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Siguiendo con el análisis, se tienen 3 oficinas, las cuales poseen 6 focos led de 18 Watts cada una, estas luminarias se estiman en 6 horas encendidas por día, este consumo diario se multiplica por 21 para obtener el consumo mensual, y el consumo mensual es multiplicado por 11 para obtener el anual, tal como se ejemplifica en la tabla 2-2.

Tabla 2-2 Consumo Oficinas.

| Cantidad de focos | Consumo unidad [Watts] | Consumo total [Watts] |
|-----------------------------------|------------------------|---|
| 18 | 18 | 324 |
| Consumo total por 6 horas diarias | | 1944 [Watts] |
| Consumo diario por 21 días al mes | | 40824 $\left[\frac{\text{Wh}}{\text{mes}}\right]$ |
| Consumo anual | | 450 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}}\right]$ |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Con respecto al pasillo, este posee 1 foco led de 200 Watts, 14 tubos led de 18 watts, 8 focos de 18 Watts y 3 focos led de señalización para “Salidas”, las cuales poseen una potencia de 8 watts cada una, de esta manera, realizando las operaciones anteriormente explicadas, se determina el consumo diario, que da $4960 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right]$ el cual se multiplica por 21, obteniendo el resultado mensual, que finalmente es multiplicado por 11 para obtener el anual. (Ver tabla 2-3).

Se tiene una sala de corte, sala de reuniones y una cocina, las cuales son bastante pequeñas, así que, para efectos del cálculo energético, se tomarán las 3 en un conjunto, primeramente, en la sala de corte se 2 tubos Led de 18 Watts, en la cocina, se tiene un foco led de 18 Watts, por último, en la sala de reuniones se tienen 4 focos leds de 18 Watts, con esto se realiza el consumo indicado en la tabla 2-4.

Tabla 2-3 Consumo Pasillo.

| Cantidad de focos | Consumo unidad [Watts] | Consumo total [Watts] |
|-----------------------------------|------------------------|--|
| 1 | 200 | 200 |
| 14 | 18 | 252 |
| 3 | 8 | 24 |
| 8 | 18 | 144 |
| Consumo total por 8 horas diarias | | 4960 [Watts] |
| Consumo diario por 21 días al mes | | $104160 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{mes}} \right]$ |
| Consumo anual | | $1146 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right]$ |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Tabla 2-4 Consumo cocina, sala de reuniones y sala de corte.

| Cantidad de focos | Consumo unidad [Watts] | Consumo total [Watts] |
|-----------------------------------|------------------------|--|
| 7 | 18 | 126 |
| Consumo total por 2 horas diarias | | 252 [Watts] |
| Consumo diario por 21 días al mes | | $5292 \left[\frac{\text{Wh}}{\text{mes}} \right]$ |
| Consumo anual | | $59 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right]$ |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Luego se tienen 3 baños, incluyendo 1 de minusválidos, cada uno de estos baños posee 3 tubos led, excepto el baño de minusválidos, que solo posee 1 tubo led, se realizan las operaciones anteriormente descritas para obtener consumo diario, mensual y anual, esto se ejemplifica en la tabla 2-5.

Tabla 2-5 Consumo baños.

| Cantidad de focos | Consumo unidad [Watts] | Consumo total [Watts] |
|-----------------------------------|------------------------|----------------------------|
| 3 | 18 | 162 |
| Consumo total por 8 horas diarias | | 1296 [Watts] |
| Consumo diario por 21 días al mes | | 27216 [$\frac{Wh}{mes}$] |
| Consumo anual | | 300 [$\frac{kWh}{año}$] |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

El taller de eficiencia energética posee 7 focos led de 120 Watts, 1 letrero led de “Salida” de 8 Watts, de esta forma, realizando las operaciones los consumos quedan según los resultados de la tabla 2-6.

Se tiene el taller de Termofluido, el que posee 7 focos, 6 de 120 Watts y 1 de 8 Watts, se realiza de la misma manera los cálculos para obtener consumo diario, mensual y anual. (Ver tabla 2-7).

Tabla 2-6 Consumo Taller de Eficiencia Energética.

| Cantidad de focos | Consumo unidad [Watts] | Consumo total [Watts] |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| 7 | 120 | 740 |
| 1 | 8 | 8 |
| Consumo total por 8 horas diarias | | 6784 [Watts] |
| Consumo diario por 21 días al mes | | 142464 [$\frac{Wh}{mes}$] |
| Consumo anual | | 1568 [$\frac{kWh}{año}$] |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Tabla 2-7 Consumo Taller de Termofluidos.

| Cantidad de focos | Consumo unidad [Watts] | Consumo total [Watts] |
|-----------------------------------|------------------------|--|
| 6 | 120 | 720 |
| 1 | 8 | 8 |
| Consumo total por 8 horas diarias | | 5824 [Watts] |
| Consumo diario por 21 días al mes | | 122304 $\left[\frac{\text{Wh}}{\text{mes}}\right]$ |
| Consumo anual | | 1345 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}}\right]$ |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Tabla 2-8 Consumo Taller de Mantenimiento.

| Cantidad de focos | Consumo unidad [Watts] | Consumo total [Watts] |
|-----------------------------------|------------------------|--|
| 7 | 18 | 126 |
| 1 | 8 | 8 |
| Consumo total por 8 horas diarias | | 8704 [Watts] |
| Consumo diario por 21 días al mes | | 182784 $\left[\frac{\text{Wh}}{\text{mes}}\right]$ |
| Consumo anual | | 2011,84 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}}\right]$ |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Luego viene la luminaria del taller de mantenimiento, la cual posee 9 focos de 120 Watts cada uno y un foco led de salida de 8 Watts, de esta forma, tomando el supuesto de que esta luminaria está siendo usada 8 horas por día, se obtiene el consumo diario, el cual es multiplicado por la cantidad de días hábiles de un mes, en este caso 21, y luego, este consumo mensual, se multiplica por 11, la cantidad de meses que posee el año escolar, obteniendo un estimado del consumo anual. (Ver tabla 2-8).

Finalmente, se posee el consumo del taller de soldadura, el cual posee 15 focos de 40 Watts, 3 focos de 20 watts y 12 Watts, realizando las operaciones anteriormente descritas, y tomando en consideración una cantidad de 11 meses de uso al año, se obtiene el consumo anual, lo que se visualiza en la tabla 2-9.

Tabla 2-9 Consumo Taller de Soldadura.

| Cantidad de focos | Consumo unidad [Watts] | Consumo total [Watts] |
|-----------------------------------|------------------------|---------------------------|
| 15 | 40 | 600 |
| 3 | 20 | 60 |
| 12 | 50 | 600 |
| Consumo total por 8 horas diarias | | 10080[Watts] |
| Consumo diario por 21 días al mes | | 211680 $[\frac{Wh}{mes}]$ |
| Consumo anual | | 2329 $[\frac{kWh}{año}]$ |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

De esta manera, sumando los consumos anuales de cada sala,taller y oficina, se obtienen los siguientes resultados.

Tabla 2-10 Consumo anual de las salas y talleres.

| Instalación | $\frac{kWh}{año}$ |
|------------------------|-------------------|
| ERNC | 533 |
| Baños | 300 |
| Pasillos | 1146 |
| Cocina, reunión, corte | 59 |
| Termofluidos | 1345 |
| Oficinas | 450 |
| Taller Ef. Energética | 1568 |
| Taller Mantenimiento | 2011,84 |
| Soldadura | 2329 |
| Total | 9741,84 |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

2.1.1. Cuantificación costo eléctrico.

Para poder realizar la cuantificación del consumo, se necesita un precio por ocupar la red eléctrica, según la página web www.es.globalpetrolprices.com, que compara el precio de distintas fuentes de energía a nivel mundial, entrega un valor promedio de consumo por cada [kWh] usado en nuestro país de 120 pesos chilenos.

El consumo anual de 9741,84 $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}}\right]$ se multiplica por el valor del [kWh] anteriormente recopilado, esto da como resultado lo siguiente:

$$9741,84 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}}\right] \times 120 \left[\frac{\$}{\text{kWh}}\right] = 1.168.920 \left[\frac{\$}{\text{año}}\right]$$

Esto da un resultado de 33,77 [UF] de costo eléctrico anual, solo tomando en consideración el consumo de la luminaria.

El valor de la UF para cálculos realizados fue de 34.610,35 pesos chilenos, correspondiente al mes de noviembre del año 2022, el valor utilizado se encuentra en www.sii.cl/valores_y_fechas/uf/uf2022.htm.

2.2. DIMENSIONAMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO ON GRID

Un sistema fotovoltaico on grid, es aquel el cual se encuentra conectado a la red eléctrica tradicional, de esta manera, el sistema puede generar y permitir el consumo de la energía eléctrica generado por el sistema, pero con el respaldo de la red eléctrica en caso de que el lugar donde esté instalado consuma más energía de la generada.

Para realizar el dimensionamiento del proyecto, se deben hacer algunos cálculos tomando en cuenta la potencia que se necesita cubrir, esto se hace usando la ficha técnica de los paneles solares a usar.

Para la elección del panel solar, se realizó una búsqueda por las distintas tiendas del rubro, dejando finalmente, los 3 paneles más económicos.

Al tener los 3 paneles más económicos para una potencia de 450 [W], se elige finalmente el panel CS3W-450 W de la marca Canadian Solar, debido a que, en la comparativa, puede llegar a costar casi 1,5 [UF] menos que otros paneles por unidad.

Primeramente, se debe obtener el consumo energético a cubrir, esto ya fue estimado anteriormente usando el consumo de luminarias y enchufes de las salas y talleres del edificio, en donde se determinó el consumo mensual.

Estos consumos mensuales, son sumados para obtener el consumo anual, y el resultado de este, es dividido por la cantidad de días del año para obtener una estimación del consumo diario.

En la tabla 2-11 se puede observar una comparación de precios en donde se recaba la información respecto al precio por unidad para 3 paneles de 450 [W] de distintos modelos.

Tabla 2-11 Comparación de precios para paneles solares de 450 [W] al momento de la investigación.

| Modelo | Potencia[W] | Precio por unidad [UF] |
|--------------------|-------------|------------------------|
| CS3W-450 | 450 | 5,57 |
| CSUN 450W | 450 | 6,71 |
| AS-6M144-HC | 450 | 6,18 |

Fuente: Tiendas Todosolar, NaturaEnergy y Tecnoled.

En la tabla 2-12 se presenta el valor del consumo anual anteriormente calculado junto con el consumo diario calculado para el edificio.

Tabla 2-12 Consumo anual y diario estimado de las luminarias.

| | |
|---|---------|
| Consumo anual $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right]$ | 9741,84 |
| Consumo diario $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{día}} \right]$ | 26,66 |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Para seguir con el dimensionamiento, es necesario tener la información de la temperatura promedio de la zona, junto con su temperatura máxima histórica y mínima. La temperatura promedio se obtiene desde la norma técnica entregada para el cálculo de

este tipo de proyectos acorde a la Ley N° 20.365, mientras que la temperatura máxima y mínima se obtuvo desde datos de Meteored, esto se visualiza en la tabla 2-13.

Tabla 2-13 Temperatura máxima, promedio y mínima de la zona.

| | |
|---------------------------------|----|
| Temperatura máxima [°C] | 25 |
| Temperatura promedio anual [°C] | 16 |
| Temperatura mínima [°C] | 8 |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Al tener los datos de consumo, junto con los datos de temperatura de la localidad de Viña del Mar, se deben obtener los datos de la temperatura de funcionamiento de los paneles para proseguir con el dimensionamiento, para este caso, son necesarios los datos de irradiancia máxima e irradiancia promedio, los cuales, tienen valores de $1000 \left[\frac{\text{Watts}}{\text{m}^2} \right]$ y $800 \left[\frac{\text{Watts}}{\text{m}^2} \right]$ respectivamente, de esta forma, usando estos valores en una fórmula que usa las temperaturas anteriormente recogidas, se obtienen los valores de temperatura de funcionamiento de la celda, los cuales son, temperatura máxima, mínima y promedio, los resultados se visualizan en la tabla 2-14.

Tabla 2-14 Valores de irradiancia y temperaturas de operación de celdas fotovoltaicas.

| | |
|---|-------|
| Irradiancia máxima $\left[\frac{\text{Watts}}{\text{m}^2} \right]$ | 1000 |
| Irradiancia promedio $\left[\frac{\text{Watts}}{\text{m}^2} \right]$ | 800 |
| Temp. máxima de la celda [°C] | 56,25 |
| Temp. mínima de la celda [°C] | 8 |
| Temp. promedio de la celda [°C] | 41 |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

El siguiente dato necesario para seguir con el dimensionamiento, corresponde a la radiación solar global anual de la zona, lo que corresponde a la cantidad de energía medida en $\left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right]$ que recibe la zona, la cual para el caso de Viña del Mar es de 1429,02

$\left[\frac{kWh}{m^2}\right]$, información que se obtuvo mediante la norma técnica entregada para estos proyectos acorde a la Ley N° 20.365. Esta radiación es dividida en 365 para obtener la radiación solar diaria que se recibirá en un metro cuadrado.

$$\frac{1429,02 \left[\frac{kWh}{m^2}\right]}{365 [Días]} = 3,92 \left[\frac{kW}{m^2-día}\right].$$

Usando la radiación solar diaria previamente calculada, se obtiene un total de 3,9 horas solares, al multiplicar estas horas por los 450 [W], se obtiene que, en un día, un panel producirá 1755 $\left[\frac{Wh}{día}\right]$ en promedio.

$$3.9 [h] \times 450 \left[\frac{W}{día}\right] = 1755 \left[\frac{Wh}{día}\right].$$

El siguiente dato corresponde a cuánta energía generaría un panel de 450 [W] en un día, para ello se multiplican las horas solares por la potencia del panel.

$$3.9 [h] \times 450[W] = 1755 [Wh]$$

Luego se obtiene la producción de un hipotético panel solar de 1 [kW] tendría en las horas solares, esto se hace dividiendo los factores anteriormente mencionados, dando como resultado 3,92 $\left[\frac{kWh}{día}\right]$.

Los demás valores a obtener son, Coeficiente de temperatura promedio, Coeficiente de temperatura en circuitos de voltaje abierto (VOC por sus siglas en inglés), Coeficiente de temperatura en corto circuito (ISC por sus siglas en inglés) y la temperatura del panel en condiciones de pruebas estándar, es decir, la temperatura a la que de fábrica vienen probados estos paneles (T° STC por sus siglas en inglés), estos valores, no es necesario calcularlos, ya que se obtienen directamente de la ficha técnica del panel solar elegido.

Tabla 2-15 Valores de radiación, horas solares, producción $\left[\frac{Wh}{día}\right]$ y coeficientes de temperatura.

| | |
|---|---------|
| Radiación solar global anual $\left[\frac{kWh}{m^2}\right]$ | 1429,02 |
| Radiación solar global diaria $\left[\frac{kW}{m^2-día}\right]$. | 3,92 |
| Horas solares | 3,9 |
| Producción panel 450 W $\left[\frac{Wh}{día}\right]$. | 1755 |
| Producción FV/1KW $\left[\frac{kWh}{día}\right]$. | 3,92 |

| | |
|-----------------------|--------|
| Coef. Temp P [%/°C] | -0.35% |
| Coef. Temp Voc [%/°C] | -0.27% |
| Coef. Temp Isc [%/°C] | 0.05% |
| Temp STC [°C] | 25 |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Ya después de haber obtenido mediante fichas técnicas las respectivas radiaciones, coeficientes, entre otros, para seguir con el dimensionamiento, se deben obtener datos tales como; Potencia del panel, Potencia del panel a una temperatura promedio de operación de 41°C, rendimiento del panel, eficiencia del inversor, conductor CC, conductor CA, las pérdidas por suciedad, pérdidas por mantenimiento, y finalmente el rendimiento global que tendría este sistema fotovoltaico.

La potencia nominal del panel a una temperatura de prueba de 25° [C], corresponde a la potencia nominal del mismo, que, en este caso, es de 450 [W], por otra parte, para la zona en donde se busca ubicar el proyecto, el panel alcanza una temperatura promedio de 41°[C], por ende, para obtener la potencia que entregaría el panel a esta temperatura, se usa la siguiente fórmula:

Potencia panel

+ (T° promedio celda - T° STC) x coeficiente de temperatura promedio x potencia nominal panel

Quedando de la siguiente manera:

$$(450[W] + (41^\circ [C] - 25^\circ [C])) \times (-0,35\% \times 450[W])$$

Esta operación da como resultado 424,8 [W], equivalente a la potencia que entregaría el panel a una temperatura de operación promedio de 41°[C].

Luego, se debe obtener el rendimiento del panel fotovoltaico, esto se realiza dividiendo la potencia del panel a temperatura de operación promedio de 41°[C] y la potencia a temperatura de operación de prueba, en este caso de 25°[C], quedando de la siguiente manera.

$$\frac{424,8 [W]}{450[W]} = 94\% \text{ de rendimiento.}$$

Posteriormente, el dato de la eficiencia del inversor se obtiene directamente desde ficha técnica (la selección del inversor se explicará más adelante), las pérdidas del conductor CC y AC oscilan entre 1% y 2%, por ende los valores de la tabla para su rendimiento, se realizan restando estos valores un hipotético rendimiento del 100%, quedando en 98,50% para el conductor CC, y en 99% para el conductor AC, y se estima

que las pérdidas por suciedad y mantenimiento sean del 3% y del 2%, quedando el rendimiento de estos en un 97% y 98% respectivamente.

Finalmente, se debe obtener el rendimiento global del sistema fotovoltaico, esto se realiza mediante la multiplicación de los porcentajes de rendimiento inversor, rendimiento para conductor CA y CC, y rendimiento del sistema tomando en cuenta pérdidas de mantenimiento y suciedad, quedando la tabla de la siguiente manera:

Tabla 2-16 Valores de radiación de potencia panel, rendimientos de operación dentro del sistema y rendimiento global del SFV.

| | |
|--------------------------------------|---------|
| Potencia panel FV (T=25°C) | 450 [W] |
| Potencia Panel FV (T. Promedio=41°C) | 424 [W] |
| Rendimiento panel FV | 94% |
| Eficiencia inversor | 96% |
| Conductor CC | 98,50% |
| Conductor CA | 99% |
| Suciedad | 97% |
| Mantenimiento | 98% |
| Rendimiento global del SFV | 89,36% |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Luego de esto, se deben obtener valores de potencia neta, potencia bruta, N° paneles fotovoltaicos y calcular la potencia instalada.

Primeramente, la potencia neta se calcula dividiendo el consumo diario en la producción equivalente de [kW], quedando la operación de la siguiente forma y obteniendo como resultado lo siguiente:

$$\frac{25,07 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{día}} \right]}{3,92 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{kW}} \right]} = 6,404 [\text{kW}].$$

Al obtener este resultado, se debe obtener también la potencia bruta, la cual es la división entre la potencia neta anteriormente calculada y el rendimiento global del sistema, quedando de la siguiente manera:

$$\frac{6,404 [\text{kW}]}{89,36 \%} = 7167 [W].$$

Posteriormente, se calcula el número de paneles fotovoltaicos dividiendo la potencia bruta y la potencia nominal del panel.

$$\frac{7167[W]}{450[W]} = 15,99.$$

El número de paneles solares luego del cálculo da un resultado de 16 paneles.

Ya al tener la potencia bruta, se puede realizar el cálculo para obtener los paneles necesarios para cubrir la demanda, esto se hace dividiendo la potencia bruta por la potencia unitaria del panel, que en este caso sería 7166,90 [W] dividido por la potencia nominal de 450 [W], lo cual, da como resultado 15,9 paneles, por lo tanto, los paneles a instalar serían de 16, dando una potencia instalada de 7200 [W], tal como se visualiza en la tabla 2-17.

Tabla 2-17 Valores de potencia y números de paneles necesarios para el proyecto.

| | |
|--|-------|
| Potencia neta [kW] | 6,40 |
| Potencia bruta [W] | 7167 |
| N° paneles FV | 15.92 |
| N° paneles FV | 16 |
| Potencia instalada $\left[\frac{Wp}{día}\right]$ | 7200 |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

2.3. SIMULACIÓN DIMENSIONAMIENTO SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Se usará el software de diseño para plantas de energías renovables SMA Sunny Design, este software permite planificar los sistemas solares acorde a los dimensionamientos anteriormente generados y permitirá posicionar la planta solar a instalar sobre la superficie del edificio, verificando la factibilidad de instalación de este.

Primeramente, se procede a realizar la selección de ubicación del mismo, este software usa Google Maps para así hacer la ubicación lo más precisa posible, se procede a realizar la selección de dónde se requiere instalar este sistema, en este caso, el edificio de Mantenimiento de la universidad, tal como se observa en la figura 2-2.



Fuente: www.google.cl/maps/.

Figura 2-2 Ubicación del proyecto.

Se realiza la selección del perfil de carga que existe en la instalación, este consumo anual fue determinado anteriormente en 9152 [kWh], se toma también el recinto como un negocio comercial con horario de uso de 8 a 18 horas y no como vivienda, además de esto, en el software se deben editar los datos de temperatura de funcionamiento de las celdas junto con la temperatura media del lugar, colocando las temperaturas de celdas calculadas y las temperaturas ambientes recogidas a través de la norma técnica para la zona de Viña Del Mar (Ver figura 2-2).

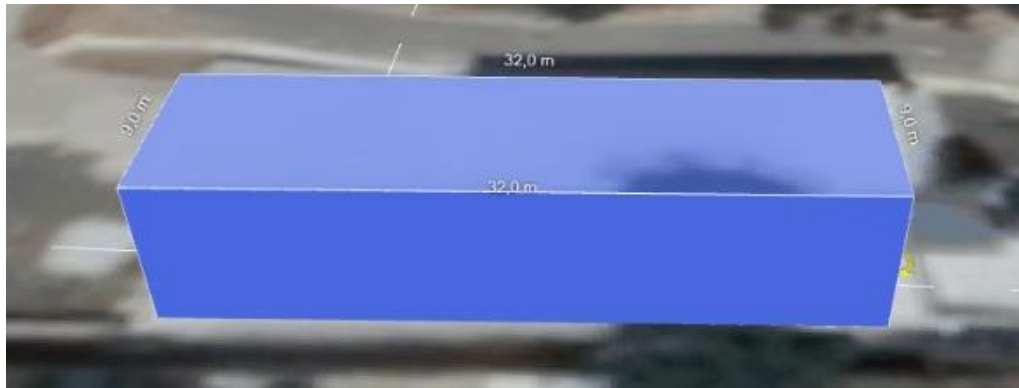
El software nos permitirá realizar un dimensionamiento del edificio para luego simular el sistema fotovoltaico sobre la superficie (Ver figura 2-3).

| | | |
|---|--------------------------|-------------------------|
| Tipo de perfil de carga * | | + Nuevo perfil de carga |
| Negocio comercial | | |
| Perfil de carga | Consumo de energía anual | |
| Negocio comercial (laborables de 8 a 18 h) | < 9152 > kWh | |
| Descripción | | |
| Negocios comerciales con elevado consumo de energía en días laborables de 8 a 18 h. Ejemplos: oficinas, comedores, bancos, proveedores de servicios, talleres o empresas constructoras. | | |

Fuente: www.sunnydesignweb.com.

Figura 2-3 Perfil de carga.

Luego de esto, a través del software se realiza una simulación de las dimensiones del edificio, para así, obtener la superficie en donde se ubicará el proyecto, tal como se ve en la figura 2-4.



Fuente: www.sunnydesignweb.com.

Figura 2-4 Simulación dimensiones del edificio.

A partir del dimensionamiento, el programa pide definir las “restricciones” que puedan estar presentes en el proyecto, esto equivale a los factores que pueden generar sombra en la superficie a utilizar, como chimeneas, muros, árboles, etc.

Para este caso, como se observa en la imagen satelital, existe un árbol generando un porcentaje de sombra, por lo cual se realiza la estimación del tamaño del árbol usando el software, tal como se observa en la figura 2-5 y 2-6.



Fuente: www.sunnydesignweb.com.

Figura 2-5 Ubicación árbol costado del edificio.



Fuente: www.sunnydesignweb.com.

Figura 2-6 Simulación porcentaje de sombra sobre el proyecto.

Al ya tener simulada la restricción, se pasará a “Esquema de Módulos Fotovoltaicos”, en donde se selecciona el panel a usar y la cantidad correspondiente de estos, que, en este caso, es el panel Canadian solar CS3W-450MS y la cantidad total son 16, con una separación entre strings de 4 metros, para evitar que la sombra del string delantero, afecte la generación de energía del string trasero (ver figura 2-7).

El programa automáticamente, entrega una lista de inversores compatibles con las necesidades del proyecto, de esta manera, según las necesidades del proyecto se elige el inversor más cercano a la potencia que se necesita a cubrir, en este caso, el inversor que más se adaptaba al proyecto, es el inversor SMA SUNNY TRIPOWER 8.0 STP8.0-3AV-40, los dos strings se pueden conectar al mismo inversor, ya que permita dos entradas separadas (ver figura 2-8).



Fuente: www.sunnydesignweb.com.

Figura 2-7 Simulación ubicación módulos fotovoltaicos.

Este inversor admite la conexión en paralelo de varias entradas, lo que incrementa la corriente de entrada máxima admisible del inversor y hace más flexible el diseño de la planta. Estándar A || B

| Entrada | Generador FV | Strings | Módulos fotovoltaicos | Total |
|---------|--|------------------|-----------------------|-------|
| A | Edificio 1: Superficie 1 (Sur) | < 1 > (1...2) | x < 8 > (4...19) | 8 |
| + | Conectar otro generador fotovoltaico a la entrada (varios strings) ⓘ | | | |
| B | Edificio 1: Superficie 1 (Sur) | < 1 > (1...1) | x < 8 > (4...19) | 8 |
| + | Conectar otro generador fotovoltaico a la entrada (varios strings) ⓘ | | | |

Fuente: www.sunnydesignweb.com.

Figura 2-8 Conexiones inversor.

2.4. TIPOS DE ESTRUCTURA E INCLINACIÓN DE LOS PANELES.

Con respecto a la información del modelo de energía, la estructura de los paneles será fija.

Con respecto a la inclinación de los paneles, se puede ver este valor en el Software RETScreen, el cual entrega en qué inclinación los paneles lograrán la mayor recaudación de energía solar, para este caso, el software entrega que la inclinación ideal para los paneles es de 25.

Al tener la inclinación, se debe tomar en cuenta la latitud de la ubicación en donde se instalará el proyecto, ya que esto, entrega una tolerancia en grados de -10° y $+10^{\circ}$ respecto a la inclinación, para la zona de Viña del Mar, la latitud es 33, lo cual implica que una inclinación de 25° , está dentro de los rangos de la latitud.

Con respecto a los paneles, se usarán paneles monocristalinos, los cuales son ideales para proyectos de poca superficie, ya que tienen mejores valores de producción y a nivel operativo su vida útil también es mayor respecto a un panel de características policristalinas.

Los paneles a usar serán de la marca Canadian Solar, que se pueden adquirir de varios proveedores en la zona, como por ejemplo a través de Tecno Red, Punto Solar, Tritec, entre otros.

CAPÍTULO 3: PLANES DE MANTENIMIENTO
Y ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO

3. PLANES DE MANTENIMIENTO Y ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO

A continuación, se realizará el procedimiento de mantenimiento para el sistema solar fotovoltaico, luego de esto se hará un análisis de costo para cada uno de ellos, comparando también costos de amortización entre una hipotética externalización del mantenimiento y un costo de mantenimiento realizado por personal dentro de la universidad.

3.1. MANTENIMIENTO CENTRAL FOTOVOLTAICA.

El mantenimiento puede ser realizado por personas de la universidad o en su defecto con empresas externas homologadas con los equipos usados en la planta.

3.2. MEDIDAS DE SEGURIDAD.

En caso de realizar mantenimiento, se deben tener en cuenta distintas medidas de seguridad, en el caso de la central fotovoltaica, se debe hacer especial énfasis en la seguridad eléctrica, y la seguridad del trabajo en altura.

3.2.1. Principales riesgos y medidas en torno a la seguridad eléctrica:

- Choques eléctricos/electrocución.
- Quemaduras eléctricas.
- Caídas.
- Usar todos los EPP necesarios para la operación.
- Usar dispositivos con protección de contacto o aislamiento, si no, se debe trabajar con protocolos de instalación energizada.
- Conexión de todas las partes metálicas a tierra.

- Abrir y bloquear los circuitos de la parte de trabajo, mediante cerrojos o candados, junto con colocar tarjetas de bloqueo.
- Medir con los instrumentos adecuados si existe energía en los componentes a intervenir.
- En caso de existir un componente que no pueda ser desenergizado, debe ser tapado, en caso también de que exista cableado de alta tensión cercano, se debe cumplir con la distancia mínima de protección.
- Protecciones anticaídas, en caso de ser necesario, usar andamios, plataformas elevadoras, escaleras.

3.3. OTROS ALCANCES QUE DEBE TENER EL EQUIPO DE MANTENIMIENTO.

El equipo debe poseer una previa capacitación y las condiciones físicas aptas para el trabajo, se debe realizar la capacitación para el uso de medios anticaídas como arneses, cinturones entre otros, medios de sujeción y puntos de anclaje, con la finalidad de realizar la actividad correctamente, tomando en consideración los factores anteriormente mencionados.

El equipo debe identificar peligros y evaluar riesgos del lugar en donde se realiza el mantenimiento de los sistemas FV, considerando medios de levante de módulos, equipos y herramientas.

3.4. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL Y HERRAMIENTAS NECESARIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE PLANTAS FOTOVOLTAICAS.

Verificar funcionamiento de las herramientas a ser usadas, regularlas en caso de que sea necesario, tampoco quitar los seguros o protecciones que las herramientas pueden traer.

Cada herramienta debe ser usada para la actividad específica para la que fue diseñada, las instrucciones del fabricante deben ser seguidas al pie de la letra.

Utilizar sistemas de alimentación eléctrica en buen estado y montados de acuerdo a la norma específica (grupo electrógeno, protecciones con diferenciales, entre otros).

Usar los elementos de protección personal recomendados para este tipo de trabajos por el Programa del Ministerio de energía “Techos Solares”, los cuales son:

- Casco clase A.
- Guantes de seguridad.
- Lentes de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada, se recomienda ropa ignífuga, evitando fibras sintéticas.
- Zapatos de seguridad tipo dieléctrico o aislante apropiado acorde a los voltajes de la planta.
- Guantes aislantes para el nivel de tensión requerido según norma Nch 1668/2005.

3.5. PLAN DE MANTENIMIENTO SFV Y GESTIÓN DE ACTIVOS.

A continuación, se detallan las acciones a realizar para la mantención del sistema solar fotovoltaico.

3.5.1. Contexto operacional.

El sistema trabaja desde Viña del Mar, contando con horas de funcionamiento que se detallan en el capítulo anterior, de esta forma, se busca mediante un sistema fotovoltaico suplir un porcentaje de la energía necesaria para el edificio de Mantenimiento, generando un espacio autosustentable, no contaminante, que logren reducir las facturas de energía eléctrica, y agilizar algunos procesos dentro de los laboratorios de energías renovables.

3.5.1.1. Gestión de activos del sistema.

Se debe generar un plan de mantenimiento que permita mantener la disponibilidad del sistema para la generación de electricidad, de esta manera, se hará un RCM con las principales fallas que pueden poseer estos sistemas. Para esto, se recopiló un común de fallas desde distintos sitios especializados en energía solar, como también se usó de apoyo para las tareas de mantenimiento guías gubernamentales como “Guía de operación y mantenimiento de sistemas fotovoltaicos” del Ministerio de Energía.

Primeramente, se enumeran algunas de las principales fallas que servirán de guía para las acciones preventivas a tomar, en donde se describen los modos de falla que generan pérdida en la capacidad de generación de energía del sistema, ya sea parcial o total. De esta manera se enumeran los modos y efectos de falla, dándole a cada uno un grado de severidad, ocurrencia y detectabilidad, estableciendo así un nivel de criticidad, para orientar acciones de mantenimiento con la finalidad de mitigar al máximo posibles fallas funcionales. Los criterios para los valores de severidad, ocurrencia y detectabilidad se visualizan en la tabla 3-1,3-2 y 3-3.

Tabla 3-1 Criterios para valores de severidad

| Ranking | Efecto | Severidad de efecto definido |
|----------------|----------------------|--|
| 10 | Peligroso sin aviso | Puede poner en peligro al operador, modo de falla afecta la operación segura, la falla ocurre sin aviso. |
| 9 | Peligroso: Con aviso | Puede poner en peligro al operador, modo de falla afecta la operación segura, la falla ocurre con aviso. |
| 8 | Muy alto | Interrupción mayor a la línea de producción, nivel reducido de rendimiento, cliente insatisfecho. |
| 7 | Alto | Interrupción menor a la línea de producción, sistema operable, cliente insatisfecho. |
| 6 | Moderado | Interrupción menor a la línea de producción, sistema operable, cliente incómodo con el servicio. |
| 5 | Bajo | Interrupción menor a la línea de producción, un pequeño porcentaje del sistema debe ser retrabajado, el cliente ve el inconveniente como un defecto. |
| 4 | Muy bajo | Interrupción mínima a la línea de producción, porcentaje menor al 30%. |
| 3 | Pequeño | Interrupción mínima a la línea de producción, porcentaje menor al 15%. |
| 2 | Muy pequeño | Interrupción mínima a la línea de producción, porcentaje menor al 10%. |
| 1 | Ninguno | Ningún efecto. |

Fuente: www.leansolutions.com

Tabla 3-2 Criterios para valores de ocurrencia

| Ranking | Ratio de fallas. | Ocurrencia |
|----------------|-------------------------|-----------------------|
| 10 | 1 en 2 | Muy alta |
| 9 | 1 en 3 | Falla casi inevitable |
| 8 | 1 en 8 | Alta |
| 7 | 1 en 20 | Falla Frecuentemente |
| 6 | 1 en 80 | Moderada |
| 5 | 1 en 400 | Fallas aisladas |
| 4 | 1 en 2 000 | Fallas ocasionales |
| 3 | 1 en 15 000 | Baja probabilidad |
| 2 | 1 en 150 000 | Muy baja probabilidad |
| 1 | 1 en 1 000 000 | Probabilidad remota |

Fuente: www.leansolutions.com

Tabla 3-3 Criterios de ocurrencia

| Ranking | Detección | Ocurrencia |
|----------------|--------------------|---|
| 10 | Casi imposible | Detección bajo el 80%. |
| 9 | Muy remota | Detección alrededor del 80%. |
| 8 | Remota | Detección cercana al 82,5% de las fallas. |
| 7 | Muy baja | Detección cercana al 85% de las fallas. |
| 6 | Baja | Detección cercana al 87,5% de las fallas. |
| 5 | Media | Detección cercana al 90% de las fallas. |
| 4 | Altamente moderada | Detección cercana al 92,5% de las fallas. |
| 3 | Moderada | Detección cercana al 95% de las fallas. |
| 2 | Muy alta | Detección cercana al 97,5% de las fallas. |
| 1 | Casi seguro | Detección cercana al 99,5% de las fallas. |

Fuente: www.leansolutions.com

3.5.1.2. RCM para sistema fotovoltaico

Se realiza mediante un formato Excel el análisis de riesgo para la instalación fotovoltaica, considerando fallas comunes, lo que se puede visualizar en la tabla 3-4.

Tabla 3-4 Formato RCM para sistema fotovoltaico.

| Sistema | Descripción de la Función | # | Falla | Modo de Falla | Efecto Falla | Severidad | Ocurrencia | Detectabilidad | Riesgo | |
|--------------------------|--|-----|--------------------------------------|---------------|---|--|------------|----------------|--------|-----|
| INSTALACION FOTOVOLTAICA | Convierte la radiación solar en corriente continua, mediante los elementos de los paneles que son capaces de convertir la radiación solar en electricidad, mediante un inversor, se transforma esta corriente continua en corriente alterna. | 1.1 | Sistema posee rendimiento inadecuado | 1.1.1 | Suciedad en paneles fotovoltaicos. | <u>Visible</u> <u>Afecta SHA:</u> No <u>Efecto operacional:</u> Disminución de la generación eléctrica. <u>Acciones correctivas:</u> Limpiar cada uno de los paneles. | 7 | 7 | 2 | 98 |
| | | | | 1.1.2 | Estructura de paneles mal fijadas. | <u>Visible</u> <u>Afecta SHA:</u> No <u>Efecto operacional:</u> Disminución de la generación eléctrica <u>Acción correctiva:</u> Verificar que la superficie del techo sea compatible con el material de la estructura y fijar correctamente. | 6 | 5 | 3 | 90 |
| | | | | 1.1.3 | Paneles presentan daños en su superficie, lo que no permite que generen la energía adecuada | <u>Visible</u> <u>Afecta SHA:</u> No <u>Efecto operacional:</u> Disminución de la generación de energía. <u>Acción correctiva:</u> Cambiar módulo fotovoltaico | 6 | 4 | 2 | 48 |
| | | 1.2 | Sistema no genera energía | 1.2.1 | Paneles mal conectados. | <u>No visible</u> <u>Afecta SHA:</u> No <u>Efecto operacional:</u> Planta fotovoltaica no genera energía. <u>Acción correctiva:</u> Se debe verificar el conexionado de toda la planta. | 8 | 4 | 5 | 160 |
| | | | | 1.2.2 | Conectores y enchufes no están aislados | <u>Visible</u> <u>Afecta SHA:</u> No <u>Efecto operacional:</u> Puede generar cortocircuitos. <u>Acción correctiva:</u> Verificar correcto estado de conectores y enchufes, verificar aislación. | 9 | 3 | 5 | 135 |
| | | | | 1.2.3 | Cables no poseen protección. | <u>Visible</u> <u>Afecta SHA:</u> No <u>Efecto operacional:</u> Planta no genera energía. <u>Acción correctiva:</u> Los cables deben estar dentro de sus respectivas bandejas para evitar daños por la luz solar | 9 | 5 | 4 | 180 |

Fuente: Elaboración propia basada en investigación. .

3.5.1.3. Jerarquización de componentes.

Para la jerarquización de componentes se usará un análisis de criticidad que relaciona frecuencia de fallos, impacto operacional, Flexibilidad operacional e Impacto SHA.

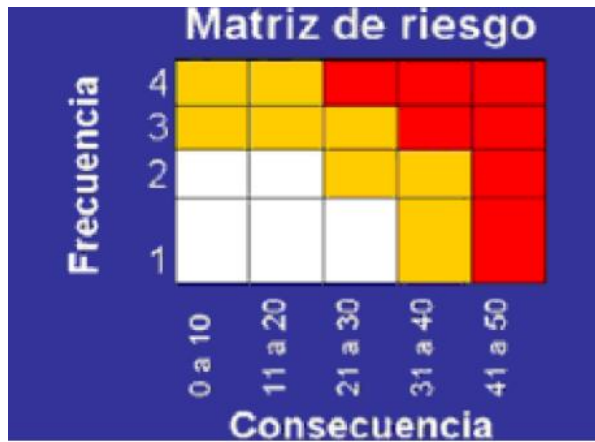
En la figura 3-1, se visualizan los distintos valores que poseen las diferentes variables necesarias para obtener un valor de jerarquización el cual posteriormente permitirá clasificar componentes en no críticos, semi críticos y críticos.

| Riesgo: $FF \times ((IO \times FO) + CM + SHA)$ | | | |
|---|----|--|---|
| Frecuencia de fallos (FF) | | Costo de mantenimiento (CM) | |
| Mayor a 4 fallos/año. | 4 | Mayor o igual a 18,15 UF para sistema fotovoltaico, 3,15 UF para SST | 2 |
| Promedio de 2-4 fallos/año. | 3 | Inferior a 18,15 UF para sistema fotovoltaico, 3,15 UF para SST. | 1 |
| 1-2 fallas/año. | 2 | | |
| menos de un fallo al año. | 1 | | |
| Impacto operacional(IO) | | Impacto SHA | |
| Parada inmediata del servicio. | 10 | Afecta la seguridad humana. | 8 |
| Parada de una parte del servicio. | 6 | Afecta el ambiente con daños irreversibles. | 6 |
| Impacta de mayor manera a niveles de producción. | 4 | Afecta las instalaciones con daño severo. | 4 |
| Repercute en costes debido a la indisponibilidad. | 2 | Provoca daños menores(accidentes e incidentes) | 2 |
| No genera efectos adversos. | 1 | Provoca bajo impacto ambiental sin violar las normas. | 1 |
| Flexibilidad operacional(FO) | | No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente. | 0 |
| No existe opción de servicio y no hay repuestos. | 4 | | |
| Hay opción de repuesto compartido. | 2 | | |
| Función de repuesto disponible. | 1 | | |

Fuente: www.reliabilityweb.com.

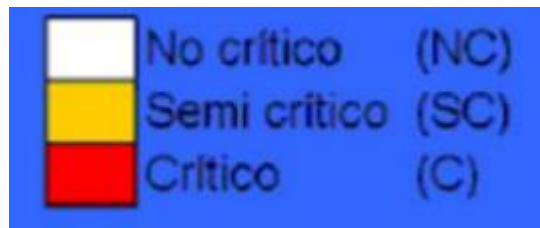
Figura 3-1 Condicionantes análisis de criticidad.

En la figura 3-2 se observa la matriz de riesgo que relaciona la consecuencia (valores calculados en tabla 3-7) y la frecuencia de fallos, de esta manera, si la relación entre estas variables se encuentra en la zona blanca, el elemento no es crítico, si se encuentra en la zona amarilla es semi crítico y si se encuentra en la zona roja corresponde a un elemento crítico, tal como se visualiza en la figura 3-3.



Fuente: www.reliabilityweb.com.

Figura 3-2 Matriz de riesgo.



Fuente: www.reliabilityweb.com.

Figura 3-3 Clasificación criticidad.

En la tabla 3-7 se puede observar los distintos valores de frecuencia, impacto operacional, flexibilidad, costo de mantenimiento, impacto SHA y consecuencia, obteniendo un valor total de riesgo, permitiendo así clasificar los distintos componentes y establecer criticidad.

Tabla 3-5 Jerarquización de criticidad para componentes SFV.

| Elemento | Frecuencia | Impacto operacional | Flexibilidad | Costo mtto. | Impacto Sha | Consecuencia | Total | Jerarquización |
|---|------------|---------------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------|----------------|
| Módulo fotovoltaico | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 10 | 40 | Semi críticos. |
| Inversor | 3 | 10 | 4 | 2 | 4 | 46 | 138 | Crítico. |
| Cables | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 13 | 39 | Semi críticos. |
| Estructuras | 3 | 6 | 2 | 1 | 4 | 17 | 51 | Semi críticos. |
| Interruptores (Diferencial, automático) | 3 | 4 | 2 | 1 | 4 | 13 | 39 | Semi críticos. |
| Central de monitoreo | 3 | 2 | 4 | 2 | 1 | 11 | 33 | Semi crítico. |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación.

De esta manera, considerando los elementos que resultan más críticos dentro del proceso, como lo es el inversor, módulos fotovoltaicos, entre otros, se realizará una lista de tareas enfocada a mitigar todas las posibles fallas anteriormente descritas y otros tipos de fallas funcionales dentro del sistema, respondiendo al mantenimiento de todos elementos, tanto críticos, como semi críticos, quedando las tareas de mantenimiento de la siguiente manera:

3.5.2. Limpieza módulos.

- Tomar todas las medidas de seguridad necesarias, EPP, plataformas anticaídas, arneses.
- Asegurar que el circuito esté desconectado del inversor.
- No caminar sobre los módulos FV, evitando riesgo de resbalar o dañar algún panel.
- Verificar visualmente que no haya módulos rotos, para así no rociarles agua y dañar el circuito.
- Verificar zonas que puedan tener cerámica u otro elemento que, al mojarse con el líquido para limpiar, se conviertan en zonas resbaladizas.

- Verificar la temperatura del módulo antes de limpiar, si se limpia con agua muy fría respecto a la temperatura del panel, se podría ocasionar la fractura del vidrio.
- No limpiar con agua a alta presión.
- No usar agua destilada.
- Usar cepillos con cerdas suaves, como una esponja o tela, se recomienda usar agua des ionizada, con la finalidad de evitar manchas que puedan afectar el rendimiento del panel.
- La limpieza puede ser bimensual o mensual, se recomienda hacerlo bimensual entre los meses de abril y septiembre, y hacerlo de manera mensual en los meses de mayor generación que vendrían a ser desde octubre a marzo.
- Revisar los módulos en busca de delaminación, roturas o degradación.
- Verificar puntos calientes mediante uso de Termografía, si existe temperatura superior a 60°, medir la tensión e intensidad del panel.
- Revisar que no haya elementos generando sombras en los paneles.
- Verificar tensión Diodo Bypass.
- Verificar que no haya sulfatación en contactos eléctricos.
- Comprobar las tomas a tierra del circuito.
- Inspección visual de fusibles.
- Revisión de los dispositivos de protección tales como: Interruptores automáticos, de protección, potencia.
- Comprobar funcionamiento de elementos de emergencia.
- Considerar que cada panel necesita aproximadamente 1,5 litros de agua por cada m².

3.5.3. Mantenimiento inversor central de monitoreo.

Para el mantenimiento del inversor, una vez al mes se deben revisar los datos archivados y de memoria de fallos, con la finalidad de corroborar que los parámetros estén dentro de los rangos de operación normal.

La operación de mantenimiento del inversor debe ser realizada de manera anual, o dependiendo de las condiciones de operación, dos veces al año:

- Limpieza de las rejillas de entrada y salida de aire junto con limpieza de los filtros.

- Comprobar buen estado de la carcasa del inversor.
- Revisar las conexiones del cableado eléctrico.
- Inspeccionar en busca de factores como suciedad, filtración de agua, polvo, etc.
- En caso de presentar suciedad, filtraciones, etc. Limpiar y tomar las medidas para corregir el problema.
- Comprobar si bornes u otros componentes aislantes presentan desgaste o alteraciones, corroborar que no se necesite cambio de las conexiones deterioradas.
- Comprobar la temperatura de las conexiones, en caso de sobrepasar los 55°C, revisar la instalación de dicha conexión.
- Revisar y limpiar ventiladores del inversor.
- Realizar sustitución preventiva de componentes en caso de que se presente degradación u algún otro tipo de alteración.
- Mediante análisis funcional, revisar la eficiencia del inversor
- Revisar todas las conexiones de la red CA.
- Revisar conexiones de la central de monitoreo, comprobando que los cables no presenten ningún tipo de daño, ajustar conexiones en caso de ser necesario.
- Revisar visualmente la carcasa de la central de monitoreo.
- Comprobar óptimo funcionamiento de la pantalla táctil GX 50 en caso de ser instalada.
- Limpiar pantalla táctil y carcasa en caso de ser necesario.

3.5.4. Estructura paneles solares.

- Verificar la correcta fijación de la estructura, de manera preventiva, todos los tornillos y elementos de fijación deben ser revisados y en caso de ser necesario, intervenidos.
- Revisar en caso de que la estructura sea de material metálico y no de aluminio posible corrosión, si se encuentra este elemento, iniciar contramedidas para eliminarla.
- Revisar posibles fracturas en la estructura.

3.6. ANÁLISIS ECONÓMICO SISTEMA FOTOVOLTAICO CON MANTENIMIENTO EXTERNO.

Primeramente, se realizará un levantamiento de los costos de los equipos a instalar, junto con posibles costos de instalación por parte de empresas externas, de esta manera, se busca obtener los costos totales del proyecto.

Se tienen los siguientes elementos (con IVA incluido), los cuales son vendidos por empresas del rubro en territorio nacional, para efectos prácticos y de análisis, se hará la respectiva conversión de los valores en pesos chilenos al valor de la [UF] correspondiente al mes de noviembre del año 2022.

Se tiene el panel solar Canadian Solar CS3W-450MS, el cual, al momento del levantamiento de información, posee un valor unitario de 7,46 [UF].

Sin embargo, existen descuentos para este panel por la compra de 12 paneles, quedando a un precio de 4,95 [UF], por ende, 12 paneles tendrían un valor total de 59,44 [UF], al ser este descuento válido solo por grupos determinados de paneles, los 4 restantes serían comprados al precio normal, quedando así a un valor de [29,83 UF].

De esta manera, el precio total de los 16 paneles sería de [89,27 UF].

En la figura 3-4 se observa el panel fotovoltaico seleccionado para el proyecto y su respectivo precio en el mercado chileno.



Fuente: www.tiendatecnored.cl.

Figura 3-4 Panel fotovoltaico a utilizar.

En la figura 3-5 se observa la estructura de montaje a utilizar.



KUN

**ESTRUCTURA AL PARA 4 PANELES FOTOVOLTAICOS
BASE-TRIANGULAR AJUSTABLE 15°/30° KIT-2000-TRI**

Disponibilidad: En stock

Precio Lista \$ 249.553

Oferta Efectivo **\$ 237.073** (\$ 199.221+iva)

Ahorro: \$ 12.480 (5%)

Cant.: 4 **AGREGAR AL CARRO**

→ Agregar para comparar

Fuente: www.khun.cl

Figura 3-5 Estructura de montaje paneles solares,

En la figura 3-6 se observa el costo del inversor SMA Sunny Tripower en pesos chilenos, el cual transformado a [UF] da un total de 77,40 [UF].



**INVERSOR SMA SUNNY TRIPOWER
8.0 STP8.0-3AV-40**

\$2.455.696

MARCAS: SMA

DESCRIPCIÓN:
Inversor para sistema on-grid trifásico, marca SMA modelo SUNNY TRIPOWER 8.0 3AV-40 8 kW.

Precio Incluye IVA

Fuente: www.rbrenergy.cl.

Figura 3-6 Inversor SMA Sunny Tripower.

Se tiene también una central de monitoreo que corresponde a un valor de 9,52 [UF]. (Ver figura 3-7).

Con respecto al cableado del edificio, Sunny Design calcula de manera automática la cantidad de cable necesaria para las conexiones considerando las dimensiones del edificio, en este caso 80 metros corresponden al cable necesario para las conexiones string-inversor y 20 metros para la conexión a la red.

CENTRAL DE MONITOREO REMOTO VICTRON CERBO GX



Victron Cerbo GX es una central de comunicaciones de Victron Energy que le permitirá tener el control online de su sistema fotovoltaico en todo momento y de cualquier lugar.

[Más detalles](#)

\$ 301.998 IVA incluido
 Ref.: CERBOGX
 Cant.:

Stock: Producto a pedido.
 Contáctenos para conocer plazos de entrega.

[Comprar](#)
[Seleccionar](#)

11
 Imprimir datos
 Ampliar imagen
 Enviar a un amigo

Fuente: www.aquitosolar.cl

Figura 3-7 Central de monitoreo.

En la tabla 3-8 se visualizan los metros totales de cable a comprar para el proyecto.

Tabla 3-6 Metros totales cables a utilizar.

| | | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Longitud del cable | 80,00 [m] | 20,00[m] | 100[m] |
| Secciones del cable | 4 [mm ²] | 4 [mm ²] | 4 [mm ²] |

Fuente: www.sunnydesignweb.com.

De esta manera, se procede a buscar el valor de este cable, el cual los 100 metros tienen un valor de 4,13 [UF] IVA incluido, como se visualiza en la figura 3-8.

The screenshot shows the 'enertik' website interface. At the top, there are navigation links: Inicio, Tienda, Web, Contáctenos, and a shopping cart icon with '100' items. On the right, there are buttons for 'Registrar entrada' and 'Contáctenos'. The main content area is divided into three sections: 'Revisar orden', 'Dirección', and 'Confirmar pedido'. The 'Revisar orden' section displays a table with the following data:

| Producto | Cantidad | Precio |
|---|----------|----------|
| Cable fotovoltaico 1 x 4mm EN50618 (Negro, x metros) - Modelo: C40S1556BK-M | 100 | \$ 1.100 |

Below the table are two buttons: 'Seguir comprando' (left) and 'Pagar ahora' (right). The 'Confirmar pedido' section shows a 'Total del pedido' summary:

| | |
|---------------|-------------------|
| Subtotal: | \$ 110.000 |
| Impuestos: | \$ 20.900 |
| Total: | \$ 130.900 |

At the bottom of the summary is a 'Pagar ahora' button.

Fuente: www.enertik.cl

Figura 3-8 Costo total cableado.

Con respecto a las protecciones eléctricas acorde al amperaje de los strings, se debe armar un tablero según la normativa actual RIC para instalaciones eléctrica, de esta manera, se establece que lo necesario para armar el tablero, es considerar un Interruptor automático de 32 amperes para protección general de los 2 strings, junto con 2 interruptores automáticos de 16 amperes cada uno, 2 diferenciales y 3 regletas, una regleta para fase, otra para tierra y otra para neutro.

Cabe destacar, que la norma exige un 25% más de posiciones de las que se usarán en el tablero, por ende, el tablero a usar, debe ser mayor mínimo a 10 posiciones, tomando en consideración que, entre interruptores automáticos, diferenciales y regletas, se tienen 8 posiciones.

Los precios para los componentes necesarios para el tablero son los siguientes, los cuales estarán en su valor original en pesos, sin embargo, se transformarán a [UF] en una tabla posterior.

En la figura 3-9 se observa la cotización para los interruptores diferenciales, obtenidos desde la tienda Vitel.



IMAGEN REFERENCIAL

-45%

COD: 0303512002

INTERRUPTOR DIFERENCIAL
2X25A.30MA. KRC3
HAMPER

\$11.348 - IVA incluido
~~\$20.632~~

1

Precios con IVA incluido y exclusivos para compras por internet.

SEC

000000236125

Fuente: www.vitel.cl.

Figura 3-9 Interruptor diferencial.

En la figura 3-10 se observa el valor para el interruptor automático de 16 [A] obtenido a través de la tienda Sodimac.



ENVÍO RÁPIDO

Schneider Electric
Interrupción automática 16 A Easy9
★★★★★ (5)
\$2.690 c/u

Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono

1 + **Agregar al carro**

Satisfacción Garantizada [ver más](#)
Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2

Opciones de entrega para Cerrillos


Disponibles
Despacho a domicilio [ver fechas](#)

Fuente: www.sodimac.cl.

Figura 3-10 Interruptor automático 16 [A].

En la figura 3-11 se observa el valor para el interruptor de 32 [A] obtenido a través de la tienda Easy.

Interruptor automático 32A DE/C Legrand



| | |
|----------------------|---|
| Marca | Legrand |
| Modelo | DE/C |
| Tipo | Interruptor automático |
| Corriente nominal | 32 A |
| Voltaje | 230-400 V |
| Curvas de Disparo | C |
| Capacidad de Ruptura | 6 KA (6.000 A) |
| Color | Blanco |
| Uso | Protección para instalaciones domiciliarias y artefactos eléctricos. Dispositivo diseñado contra cortocircuitos y sobrecargas |

Pasa el cursor sobre la imagen para ampliarla

SKU:174355P

Internet: \$6.990

Fuente: www.easy.cl.

Figura 3-11 Interruptor automático 32 [A].

En la figura 3-12 se observa el precio para la regleta universal de 8 posiciones obtenido a través de la tienda Eecol.



Fuente: www.eecol.cl.

Figura 3-12 Regleta universal 8 posiciones.

Se estima un necesario de 50 metros de cable de 2.5 mm² tomando en consideración una extensión a una hipotética toma tierra, el costo total de esta cantidad de cable libre de halógenos es de 0,72 [UF].



Fuente: www.ferreteriaprat.cl.

Figura 3-13 Tablero eléctrico 13 posiciones.

Además de lo anteriormente mencionado, es necesaria la instalación de líneas de vida para ser instaladas sobre el techo, y de esta manera, realizar mantenimiento de manera segura sobre el sistema solar fotovoltaico, se consideró la compra de dos líneas de vida horizontales temporales para acceder a los dos strings de paneles solares instalados, el valor se visualiza en la figura 3-14.



Fuente: www.upteck.cl

Figura 3-14 Línea de vida.

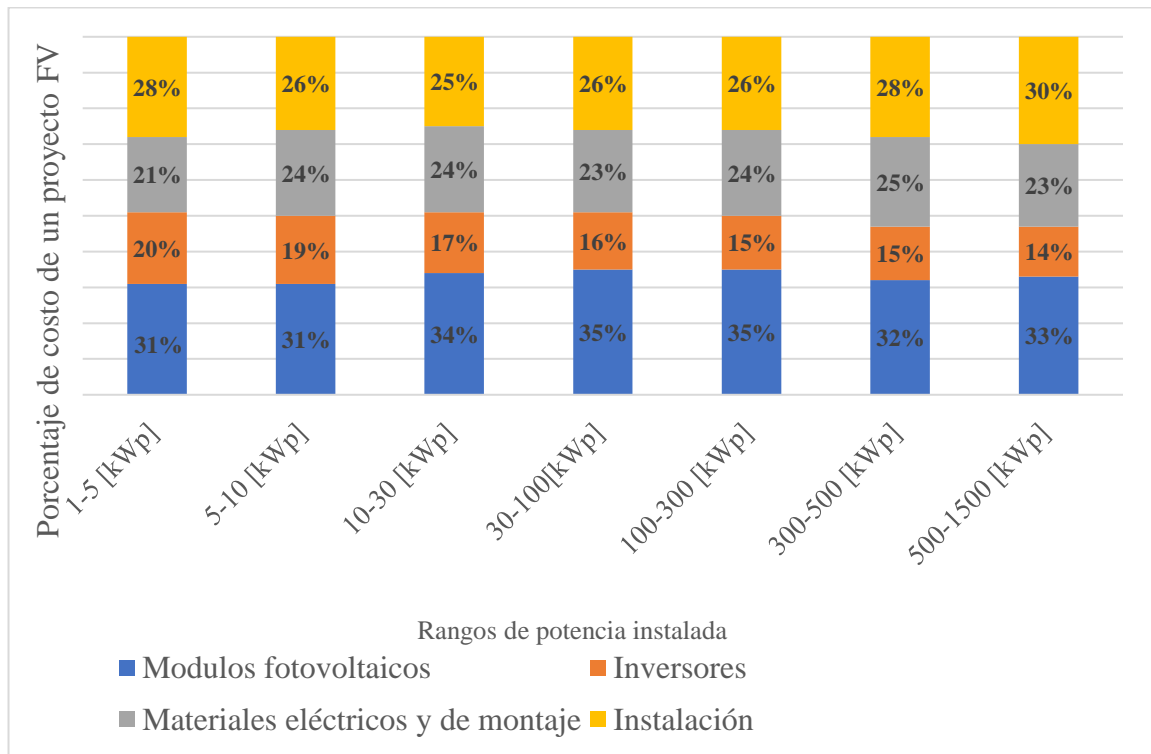
De esta manera, los costos de los materiales con IVA incluido se visualizan en la tabla 3-9.

Tabla 3-7 Costo total materiales.

| - | Costo [UF] |
|---------------------------|---------------|
| 16 paneles Fotovoltaicos. | 89,27 |
| Estructura de montaje. | 26,90 |
| Inversor. | 77,40 |
| Cableado eléctrico | 4,13 |
| Central de monitoreo. | 9,52 |
| Tablero Eléctrico | 2,93 |
| Líneas de vida | 6,47 |
| Total Materiales | 216,62 |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Con respecto a los costes estimados de instalación del proyecto, se puede recurrir al informe de índice de precios de sistemas de energía Fotovoltaica en Chile, este documento es realizado por el ministerio de energía, en donde se encuesta a empresas del rubro de instalación de sistemas FV que aprovechan la energía y tiene como finalidad ir dirigido a proveedores de estos servicios, potenciales clientes y ciudadanía en general, con la intención de darle transparencia al mercado de la energía solar, de esta manera, el documento genera un desglose entre los costos de cada equipo, materiales necesarios y el porcentaje del coste de instalación respecto al costo total de los proyectos, tal como se visualiza en el gráfico 3-1. De esta manera, se puede ver en el documento que el rango de precio de instalación para sistemas entre 5 a 10 [kWp] (en el caso de este proyecto 7,2[kWh-día]) corresponde a un 26% del costo total.



Fuente: Índice de precios de sistemas de energías renovables.

Gráfico 3-1 Porcentaje de valores en un sistema fotovoltaico.

Este 26% del costo total de los materiales para este proyecto corresponde a 54,20 [UF], por lo cual se puede tomar como valor referencial de instalación.

Por otra parte, al consultar vía telefónica a una empresa del rubro, se logró obtener un valor de 56,73 [UF] en el coste de instalación, por ende, el cálculo de costo de instalación a partir del costo total de los materiales a partir del informe de índice de precios de sistemas de energías renovables es una buena forma de estimar los valores de instalación.

Con respecto al precio de mantención, en caso de externalizar el servicio, estas son realizadas de manera semestral, realizándose 2 veces al año por un equipo técnico compuesto de 2 o 3 personas, un técnico realizando el correspondiente informe de campo, y el resto realizando las mantenciones a los equipos, el coste de estas mantenciones tiene un costo equivalente al dimensionado, siendo este valor de 1,13 [UF] aproximadamente por panel instalado, por lo cual, el valor aproximado para la mantención externa que se debe realizar en la planta corresponde a 18,15 [UF], de esta manera, el costo anual de mantención por servicios externos sería de 36,30 [UF], considerando solamente el costo preventivo.

Primeramente, se calculará la factibilidad del proyecto, ingresando los costos considerando la mantención externa durante los 3 primeros años, quedando de la siguiente manera:

| Planta FV | Costes por unidad | Cantidad | Total |
|---|-------------------|----------|----------------------|
| Canadian Solar Inc. CS3W-450MS HiKu (1000V) | 210,65 USD | × 16 | 3.370,40 USD |
| SMA STP8.0-3AV-40 | 2896,52 USD | × 1 | 2.896,52 USD |
| Estructura de montaje | 967,99 USD | × 1 | 967,99 USD |
| Servicio de instalación | 2123,12 USD | × 1 | 2.123,12 USD |
| Cableado | 158,39 USD | × 1 | 158,39 USD |
| Central monitoreo | 365,42 USD | × 1 | 365,42 USD |
| Tablero eléctrico | 112,58 USD | × 1 | 112,58 USD |
| Escalera | 999,63 USD | × 1 | 999,63 USD |
| Líneas de vida | 279,79 USD | × 1 | 279,79 USD |
| Mantención externa 3 primeros años | 4224,00 USD | × 1 | 4.224,00 USD |
| Subtotal (neto) | | | 15.497,84 USD |

Fuente: www.sunnydesignweb.com/

Figura 3-15 Costo unitario elementos para el proyecto FV y costo total del mismo

Como se puede observar la imagen, considerando externalizar el mantenimiento y considerando este costo de mantención durante los primeros años, se posee un costo de proyecto de 15.497,84 USD, equivalente a 358,36 [UF].

De esta manera, el programa entrega el ahorro al cabo de 20 años considerando los factores anteriormente mencionados, junto con el tiempo de amortización total del mismo, siendo este de 15,6 años, esto se visualiza en la figura 3-16.



Fuente: www.sunnydesignweb.com/

Figura 3-16 Resultados análisis factibilidad del sistema.

En el gráfico 3-2 se puede visualizar la amortización y retorno de la inversión considerando un servicio de mantenimiento externalizado.



Fuente: www.sunnydesignweb.com/

Gráfico 3-2 Amortización y retorno de la inversión del proyecto FV
con servicio de mantenimiento externalizado.

3.7. ANÁLISIS ECONÓMICO SISTEMA FOTOVOLTAICO CON PLAN DE MANTENIMIENTO INTERNO

3.7.1. Programación mantenimiento realizado por equipo de la universidad.

El mantenimiento está enfocado en ser realizado por equipo de la universidad, profesor y estudiantes, con la intención de que los estudiantes que cursen ramos de energías renovables pertenecientes a la carrera técnico/ingeniería en mantenimiento industrial y de la carrera de energías renovables tengan la oportunidad de realizar el mantenimiento completo del sistema fotovoltaico, entregando así una oportunidad educativa sobre mantención en un sistema completamente funcional.

La planificación del mantenimiento comprende todos los elementos del sistema y se recomienda que sea de manera bimensual para la totalidad del SFV.

La razón por la cual se eligió un mantenimiento bimensual es netamente para que un hipotético equipo conformado por estudiantes vaya rotando en cada mantención, de

esta manera, se pueda aprovechar de mejor manera este espacio educativo, y lograr que la mayor cantidad de estudiantes pueda aprender del sistema.

Según investigación, hay algunos elementos del sistema, tal como el inversor, que requiere mantenimiento 3 o 4 veces al año, en este caso se realiza con la misma frecuencia en la cual se limpian paneles solares/realizan otras actividades, esto debido, a que si algunos elementos se mantienen solo en momentos determinados del año, existe la opción de que un estudiante pueda subir a realizar la mantención periódica y no mantener la totalidad del sistema fotovoltaico, por lo cual, no tendría el aprendizaje esperado de la actividad, en cualquier otro caso, mantener 8 veces un equipo que según investigación requiere mantenimiento 4 veces al año, es sobre mantenimiento, ya que se mueven recursos humanos, materiales, entre otros, el doble de veces necesarias que realmente requiere el equipo, generando costos innecesarios, sin embargo, acá no se considera lo anteriormente mencionado por dos razones, primeramente como se planteó con anterioridad, se busca que todos los estudiantes tengan la misma experiencia de mantenimiento del SFV, es decir, que todos los estudiantes que estén acreditados para subir al techo del edificio, realicen mantenimiento completo al SFV y no solo una parte del mantenimiento que toca por programa, y segundo, que aquí el costo horas-hombre para estudiantes que realicen actividades de mantenimiento es CLP \$0, aunque sin embargo si hay otros costos asociados como se verá más adelante.

El mantenimiento anual se visualiza en la tabla 3-8 y 3-9.

3.7.2. Requisitos para mantenimiento dentro de la universidad

Si bien se busca que el mantenimiento interno realizado por la universidad sea hecho por Profesor/Personal capacitado y estudiantes de distintas carreras, queda averiguar cuáles son los requisitos que se deben cumplir.

Para resolver esta inquietud y por intermedio del profesor Sr. Carlos Baldi, se pudo obtener el contacto de la Srta. Tamara Anton, prevencionista de riesgos de la Universidad Técnica Federico Santa María sede José Miguel Carrera.

Al plantear la inquietud, la persona consultada indica que la UTFSM como empresa, tiene los siguientes requisitos para mantenciones en alturas realizados por empresas externas:

- Examen de altura física.
- Procedimiento trabajo en altura.
- Uso de EPP.
- Contrato de trabajo.

Al plantearle la idea de un mantenimiento realizado por estudiantes de la universidad, indica que, ante la presentación formal de esta solicitud, los requisitos serían los mismos pero la petición de un mantenimiento hecho por estudiantes entraría en evaluación por parte del departamento de prevención de riesgos, ya que, estos no poseen contrato de trabajo.

Si el departamento de prevención de riesgos de la universidad autoriza el mantenimiento por parte de los/las estudiantes, es necesario que las personas implicadas en el mantenimiento posean los exámenes de trabajo en altura física al día, estos exámenes son la consulta médica, electrocardiograma de reposo, evaluación columna, examen de glicemia, test visual y prueba de equilibrio. Este examen se realiza en varios centros médicos particulares de la localidad de Viña del Mar, tales como CTM, ErgoMédica, Crisal, etc. Sin embargo, solo se pudo acceder a un solo precio referencial para este examen, el cual se muestra en la figura 3-17 y corresponde a un valor entregado por el centro médico INTT.

Valor examen: \$29.990

RESERVA TU HORA AQUÍ

Fuente: www.intt.cl

Figura 3-17 Precio examen unitario de altura física.

Además de los exámenes de altura, se requiere información del acceso al edificio para realizar los mantenimientos anteriormente mencionados.

Para obtener la información del acceso al techo del edificio, se consultó con apoyo académico para verificar información, mediante este medio, se pudo obtener las fotografías del acceso e información de la altura para acceder al techo, la cual indican es de aproximadamente 4 metros, esto se visualiza en la figura 3-18.



Fuente: Apoyo académico UTFSM sede JMC

Figura 3-18 Acceso techo edificio mantenimiento

Tomando en consideración la altura y la cantidad de herramientas que se necesitan subir al edificio, junto también con los 24 litros de agua necesarios por mantención, se hace difícil el poder subir todos los implementos necesarios a través de la escalera que posee el edificio, es por esto, que se cotizó una escalera “tipo avión” que cumpla con la altura necesaria para poder subir de manera segura, los implementos necesarios para la mantención, este valor se visualiza en la figura 3-19.



Fuente: www.technoplus.cl.

Figura 3-19 Escalera tipo avión cotizada para el proyecto.


3.7.3. Planes de mantenimiento para sistema fotovoltaico

Para la realización de los planes de mantenimiento del sistema fotovoltaicos se tomó en consideración la información y orientación que entrega el ministerio de energía a través del programa techos solares, además, el enfoque del mantenimiento si bien abarca todos los elementos del sistema, se enfoca principalmente en los elementos críticos que se determinaron a través de la matriz de riesgo.

Con estos antecedentes, se generó un plan de mantenimiento, cuya finalidad es evitar lo máximo posible el desgaste gradual de los paneles y otros elementos del sistema, que se puede traducir en pérdida de rendimiento y menor generación de energía.


Primeramente, se realizó un plan de mantenimiento para paneles solares y estructuras, lo que se visualiza en la tabla 3-12 y tabla 3-13.

Tabla 3-10 Hoja de mantenimiento para paneles solares y estructuras [1/2].

| Hoja de mantenimiento para paneles solares y estructuras | | |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA | |
|---|---------------------|--------------|---|--|
| Página 1 de 2 | | | | |
| Responsables de la actividad | | | | |
| Personal | Nombres y apellidos | Firma | Fecha | |
| Profesor | | | | |
| Estudiante 1 | | | | |
| Estudiante 2 | | | | |
| Estudiante 3 | | | | |
| | | | | |
| 1.Actividad | Hora inicio | Hora término | Observaciones | |
| Realizar inspección visual en los 16 módulos fotovoltaicos asegurándose de que ninguno de éstos presente algunas grietas, delaminación u otra rotura. | | | | |
| Verificar que temperaturas de paneles esté entre 35°C a 45°C para proceder con la limpieza del panel solar, de igual forma, si existe temperaturas mayores a 55°, revisar tensión del panel | | | | |
| Verificar tensión Diodo Bypass usando Multitester. | | | | |
| Verificar que no exista sulfatación de los contactos eléctricos del sistema | | | | |
| Comenzar limpieza de paneles con cerdas suaves, posterior a verter agua sobre estos, considerar que cada panel necesita 1,5 litros de agua aproximadamente | | | | |
| Verificar apriete en todos los tornillos de los paneles y otros elementos de fijación del sistema | | | | |
| Revisar posible corrosión que puedan presentar las estructuras que están bajo los paneles fotovoltaicos, también revisar en búsqueda de posibles fracturas y revisar las uniones de las mismas. | | | | |
| Comprobar apriete de los presores finales e intermedios que se encuentran en los paneles solares. | | | | |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.


Tabla 3-11 Hoja de mantenimiento para paneles solares y estructuras [2/2].

| Hoja de mantenimiento paneles solares y estructuras Página 2 de 2 | |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA |
|--|-----------------------|--|
| 2. Trabajo no contemplado identificado | | |
| Ítem mantenible | Fallo/daño observado | Acción correctiva |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| 3. Retroalimentación | | |
| ¿Hubo tiempos de espera en la actividad? ¿Por qué? | | |
| ¿La información entregada en el documento es clara? | | |
| ¿Se encontraban todos los materiales disponibles para realizar la actividad? | | |
| Otros comentarios asociados a la actividad | | |
| 4. Actividades de limpieza | | |
| Actividad | Responsable ejecución | |
| Dejar seca área de lavado de paneles | | |
| Retiro y guardado de herramientas | | |
| Desechar elementos contaminantes del área | | |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.


Luego de esta hoja de mantenimiento para paneles solares y estructuras, se realizó el mismo ejercicio para la hoja del inversor y sistema eléctrico, esto se visualiza en la tabla 3-14 y 3-15.

Tabla 3-12 Hoja de mantenimiento para inversor y sistema eléctrico [1/2].

| Hoja de mantenimiento inversor y sistema eléctrico | | |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA | |
|---|---------------------|--------------|--|--|
| Página 1 de 2 | | | | |
| Responsables de la actividad | | | | |
| Personal | Nombres y apellidos | Firma | Fecha | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| 1.Actividad | Hora inicio | Hora término | Observaciones | |
| Limpieza de las rejillas de entrada y salida de aire junto con limpieza de filtros. | | | | |
| Revisar estado de carcasa del inversor, buscando algún signo de deterioro en la misma. | | | | |
| Inspeccionar nivel de suciedad superficie inversor e inspeccionar sellado de la caja del inversor | | | | |
| Revisar el estado de los ventiladores del inversor y posteriormente limpiarlos | | | | |
| Revisar el óptimo estado del cableado del sistema, corroborando que no haya conexiones en mal estado, intervenir conexiones si se requiere | | | | |
| Revisar firmeza de las conexiones del cableado eléctrico, verificando que conectores no se encuentren sueltos o con deterioros | | | | |
| Limpiar y corroborar buen funcionamiento de pantalla táctil GX 50 | | | | |
| Revisar conexiones de la central de monitoreo, comprobando que cables no presenten ningún tipo de daño, ajustar conexiones en caso de ser necesario | | | | |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Tabla 3-13 Hoja de mantenimiento para inversor y sistema eléctrico [2/2].

| Hoja de mantenimiento inversor y sistema eléctrico Página 2 de 2 | |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA |
|--|-----------------------|--|
| 2. Trabajo no contemplado identificado | | |
| Ítem mantenible | Fallo/daño observado | Acción correctiva |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| 3. Retroalimentación | | |
| ¿Hubo tiempos de espera en la actividad? ¿Por qué? | | |
| ¿La información entregada en el documento es clara? | | |
| ¿Se encontraban todos los materiales disponibles para realizar la actividad? | | |
| Otros comentarios asociados a la actividad | | |
| 4. Actividades de limpieza | | |
| Actividad | Responsable ejecución | |
| Dejar seca área de lavado de paneles | | |
| Retiro y guardado de herramientas | | |
| Desechar elementos contaminantes del área | | |

Fuente: Elaboración propia basado en investigación realizada.

Considerando el costo de los EPP para un equipo conformado por personal de la universidad, exámenes de altura física necesarios y herramientas necesarias para la mantención para un equipo de mantenimiento conformado por tres personas, el total de los componentes se visualiza en la tabla 3-16.

Tabla 3-14 Costo EPP y herramientas.

| EPP | PRECIO [UF] | CANTIDAD | Costo total [UF] |
|------------------------------|--------------|----------|------------------|
| Casco | 0,30 | 3 | 0,91 |
| Zapatos | 0,31 | 3 | 0,94 |
| Lentes | 0,25 | 3 | 0,76 |
| Overol | 0,32 | 3 | 0,96 |
| Guante cabritilla | 0,13 | 3 | 0,38 |
| Guante seguridad | 0,020 | 3 | 0,060 |
| Guante multipropósito | 0,053 | 3 | 0,16 |
| Juego alicates | 0,50 | 2 | 0,99 |
| Alicate multiuso | 0,21 | 2 | 0,42 |
| Multitester | 0,79 | 2 | 1,58 |
| Set chicharra | 0,54 | 2 | 1,07 |
| Set llaves punta corona | 1,00 | 2 | 2,00 |
| Tenaza amperimétrica | 0,69 | 2 | 1,39 |
| Termómetro | 1,23 | 2 | 2,45 |
| Set desatornilladores | 0,40 | 2 | 0,80 |
| Set 100 paños | 1,04 | 1 | 1,04 |
| Arnés seguridad | 0,91 | 3 | 2,74 |
| Limpia vidrios | 0,36 | 2 | 0,72 |
| Pulverizador | 0,16 | 2 | 0,31 |
| Escalera tipo avión 4.40 [m] | 23,12 | 1 | 23,12 |
| Exámenes de altura | 0,83 UF | 3 | 2,49 |
| Total | 33,45 | | 45,30 |

Fuente: Elaboración propia basada en investigación realizada.

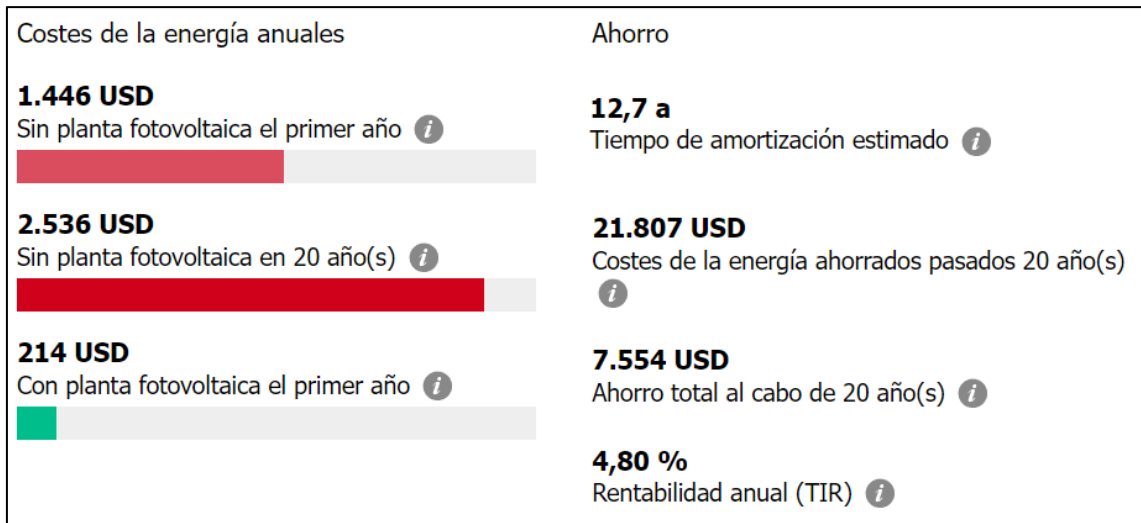
Se realiza a este costo la suma de los insumos de seguridad, las herramientas, escalera y el costo de las líneas de vida para el mantenimiento, tomando en consideración que la compra de estos elementos (a excepción de los paños y limpiavidrios) se realiza solo una vez, estos se consideran como una sola compra para las mantenciones a realizarse, los costos unitarios y totales se observan en la figura 3-20.

De esta manera, al considerar materiales, instalación y el costo de mano de obra, EPP y herramientas necesarias para este mantenimiento, se puede obtener que la rentabilidad es mayor, ya que el costo total de proyecto da un valor de 309,67 [UF], por lo que el tiempo de amortización se reduce casi en 4 años respecto al análisis de costos con mantenimiento externalizado, el costo de proyecto mantenimiento interno se observa en la figura 3-21 y en el gráfico 3-3.

| Planta FV | Costes por unidad | Cantidad | Total |
|---|-------------------|----------|----------------------|
| Canadian Solar Inc. CS3W-450MS HiKu (1000V) | 210,65 USD | × 16 | 3.370,40 USD |
| SMA STP8.0-3AV-40 | 2896,52 USD | × 1 | 2.896,52 USD |
| Estructura de montaje | 967,99 USD | × 1 | 967,99 USD |
| Servicio de instalación | 2123,12 USD | × 1 | 2.123,12 USD |
| Cableado | 158,39 USD | × 1 | 158,39 USD |
| Central monitoreo | 365,42 USD | × 1 | 365,42 USD |
| Tablero eléctrico | 112,58 USD | × 1 | 112,58 USD |
| Escalera | 999,63 USD | × 1 | 999,63 USD |
| Líneas de vida | 279,79 USD | × 1 | 279,79 USD |
| Exámenes altura | 144,00 USD | × 1 | 144,00 USD |
| Herramientas y EPP | 1851,29 USD | × 1 | 1.851,29 USD |
| Subtotal (neto) | | | 13.269,13 USD |

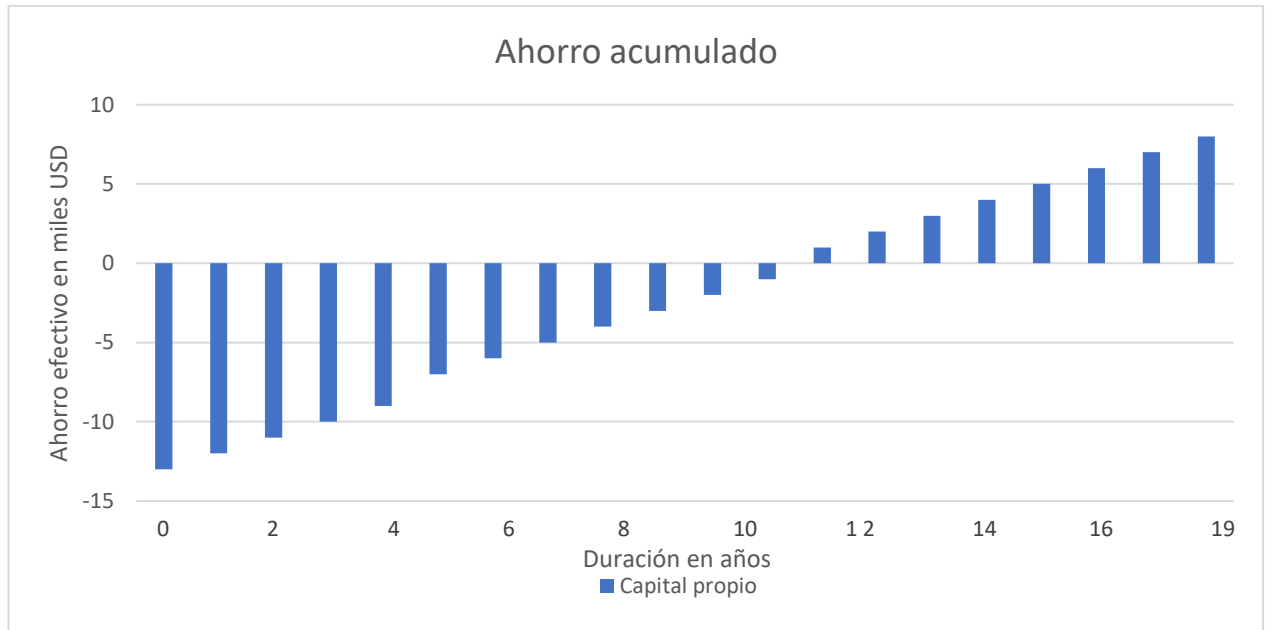
Fuente: www.sunnydesignweb.com/

Figura 3-20 Costo total proyecto fotovoltaico a sin mantenimiento externo.



Fuente: www.sunnydesignweb.com/

Figura 3-21 Resultados análisis factibilidad del sistema sin mantenimiento externo.



Fuente: www.sunnydesignweb.com/

Gráfico 3-3 Amortización y retorno de la inversión del proyecto FV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo de titulación, primeramente, se realizó una recopilación de antecedentes generales del uso de energías renovables en la universidad y en el país, y la importancia actual que poseen la implementación de estos proyectos frente a la problemática creciente del cambio climático y la problemática que posee el área docente respecto de no poseer un sistema fotovoltaico instalado en el edificio que permita realizar algunos laboratorios prácticos sin la necesidad de gastar tiempo en la instalación de paneles fotovoltaicos, frente a esto, se desarrolló una evaluación técnica de un Sistema Fotovoltaico en las dependencias de la Universidad Técnica Federico Santa María.

Con respecto a este sistema, se logró realizar el estudio y el dimensionamiento para suplir la demanda de luminaria del edificio, a través del cálculo de consumo y la ayuda de Software para la realización de este tipo de proyectos, junto también, con considerar todos los gastos asociados a la implementación de este. De esta manera, se realizó un análisis económico, en donde, considerando costo de instalación y costo de materiales, se pudo realizar la estimación del tiempo de amortización, logrando así, determinar un período de amortización de 12,7 años, estando dentro de los rangos normales para este tipo de proyectos, cabe destacar, que este cálculo económico solo se realizó tomando en consideración que la universidad costearía la totalidad del mismo, sin embargo, simulando un porcentaje de financiación mediante créditos o subvenciones para este tipo de proyectos, este período de amortización resultaba menor, es por esto, que se considera viable el proyecto, tanto técnicamente como económicamente.

Se cumplió con todos los objetivos planteados para el proyecto, yendo desde recopilar información sobre el sistema fotovoltaico, hasta realizar un dimensionamiento mediante uso de software e información técnica, se realizó también el estudio económico verificando factibilidad de la implementación del mismo, es en este último punto, en donde se logra determinar que efectivamente resulta rentable a mediano plazo con la propuesta de mantenimiento interno, logrando costos de amortización dentro de los rangos de años promedio de retorno de inversión para este tipo de proyectos y generando un espacio de aprendizaje para los estudiantes, sin embargo, aparte de entregar esta primera opción, también se realiza una estimación de costo del proyecto considerando un mantenimiento externo, el cual, también se podría combinar en parte con la propuesta de mantenimiento interno, generando tres posibles escenarios, mantenimiento interno, externalizado y mixto, es decir, con recursos tanto internos como externos, si bien, en el presente de trabajo de titulación se baraja como opción recomendable la no

externalización, por la razón de los costos ahorrados y reducción del tiempo de amortización, dependiendo de los requerimientos técnicos que se necesiten al momento de llevar a cabo este proyecto y el grado de dificultad que pueda presentar, se deja a elección de la universidad y del equipo docente pertinente, el externalizar por completo el mantenimiento, realizarlo de manera mixta, o mantenerlo totalmente internalizado.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE LA INFORMACIÓN

Comisión nacional de energía, Reporte anual de energía y ERNC,2020 < <https://www.cne.cl/wp-content/uploads/2021/12/AnuarioCNE2020.pdf> > [consulta:05 de octubre 2021]

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, índice de precios de sistemas fotovoltaicos, [En línea]. <https://4echile-datastore.s3.eu-central-1.amazonaws.com/wp-content/uploads/2020/11/24195718/Indice_Precios_NAMA_final_baja.pdf > [consulta:02 de enero 2022]

Jorge González, Webinar aborda importancia de la innovación para la transición energética industrial,2021 < <https://noticias.usm.cl/2021/11/19/webinar-aborda-importancia-de-la-innovacion-para-la-transicion-energetica-industrial/>> [Consulta 25 de noviembre 2021]

Matthias Grandel, Guía de operación y mantenimiento techos solares, Ministerio de Energía,2016 < https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/guia_operacionmantenimiento_final.pdf> [consulta:05 de octubre 2021]

Ministerio de energía, Energías renovables en Chile y sus desafíos, 2015 <https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/cristhian_santana.pdf > [consulta:07 de octubre 2021]

Paulina Arancibia Musumeci, USM obtiene certificado de energías renovables para sus sedes Viña del Mar y Concepción, 2021 [En línea]. <<https://noticias.usm.cl/2021/05/28/usm-obtiene-certificado-de-energias-renovables-para-sus-sedes-vina-de-mar-y-concepcion/> > [Consulta 29 de septiembre 2021]

Santana Oyarzún, Cristián, Guía de evaluación de edificios para instalación de paneles solares, Ministerio de Energía, 2016 [En línea] < <https://techossolares.minenergia.cl/wp-content/uploads/2017/04/Guia-de-evaluacion-inicial-de-edificios.pdf> > [consulta:02 de octubre 2021]

Vivanco Font, Enrique José, Climático: Conceptos e impactos, Biblioteca del congreso nacional de Chile, [En línea].

<https://www.bcn.cl/asesoriasparlamentarias/detalle_documento.html?id=75210>

[consulta:27 de septiembre 2022]

Servicio de impuestos internos, consulta valores [UF] correspondiente al período de noviembre de 2022 [En línea].

<https://www.sii.cl/valores_y_fechas/uf/uf2022.htm>

[consulta:05 de noviembre 2022]

ANEXOS

ANEXO A: INFORMACIONES Y TABLAS

Información comunal: Latitud media y zona climática

| Región | Provincia | Comuna | Id | Latitud media (S) | Zona climática |
|------------------------|-------------------------|---------------|-----|-------------------|----------------|
| V Región de Valparaíso | Valparaíso | Quintero | 258 | 33 | D |
| V Región de Valparaíso | Los andes | Rinconada | 269 | 33 | B |
| V Región de Valparaíso | San Antonio | San Antonio | 280 | 34 | C |
| V Región de Valparaíso | Los andes | San Esteban | 284 | 33 | B |
| V Región de Valparaíso | San Felipe de Aconcagua | San Felipe | 286 | 33 | B |
| V Región de Valparaíso | San Felipe de Aconcagua | Santa María | 307 | 33 | B |
| V Región de Valparaíso | San Antonio | Santo Domingo | 309 | 34 | C |
| V Región de Valparaíso | Valparaíso | Valparaíso | 332 | 33 | D |
| V Región de Valparaíso | Valparaíso | Villa Alemana | 338 | 33 | C |
| V Región de Valparaíso | Valparaíso | Viña del Mar | 340 | 33 | D |
| V Región de Valparaíso | Petorca | Zapallar | 345 | 33 | C |

Fuente: Norma técnica acogida a la ley N°20.365.

Temperatura ambiente media mensual y media anual en grados Celsius.

| Id | Comuna | Media Mensual | | | | | | | | | | | Media Anual | |
|-----|------------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|
| | | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | | Dic |
| 325 | Torres del Paine | 8,5 | 7,1 | 7,1 | 5,1 | 2,9 | 0,4 | 0,3 | 1,2 | 2,7 | 4,6 | 6,3 | 8,6 | 4,6 |
| 326 | Tortel | 12,7 | 10,3 | 10,3 | 7,9 | 4,7 | 2,2 | 2,1 | 3,3 | 4,9 | 7,6 | 9,8 | 11,5 | 7,3 |
| 327 | Traiguén | 16,0 | 14,0 | 14,0 | 11,0 | 9,4 | 8,0 | 7,0 | 8,0 | 9,0 | 11,0 | 12,4 | 14,4 | 11,2 |
| 328 | Treguaco | 16,6 | 15,0 | 15,0 | 12,0 | 11,0 | 10,0 | 9,0 | 10,0 | 10,0 | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 12,5 |
| 329 | Tucapel | 17,4 | 14,7 | 14,7 | 11,0 | 8,3 | 6,7 | 6,0 | 7,3 | 8,7 | 11,4 | 13,7 | 15,3 | 11,3 |
| 330 | Valdivia | 15,9 | 13,9 | 13,9 | 11,1 | 9,9 | 7,9 | 7,8 | 8,1 | 9,1 | 11,0 | 12,9 | 14,9 | 11,4 |
| 331 | Vallenar | 18,1 | 16,1 | 16,1 | 13,0 | 10,0 | 7,5 | 7,3 | 9,4 | 11,1 | 14,1 | 15,8 | 17,1 | 12,9 |
| 332 | Valparaíso | 22,2 | 20,1 | 20,1 | 16,1 | 12,2 | 10,2 | 9,2 | 11,2 | 13,2 | 16,2 | 19,1 | 23,0 | 16,1 |
| 333 | Vichuquén | 20,4 | 18,0 | 18,0 | 14,4 | 12,0 | 10,6 | 10,0 | 11,0 | 12,0 | 14,4 | 17,0 | 21,0 | 14,9 |
| 334 | Victoria | 15,6 | 13,5 | 13,5 | 10,4 | 8,4 | 6,7 | 6,4 | 7,4 | 8,4 | 10,3 | 12,0 | 14,0 | 10,5 |
| 335 | Vicuña | 11,6 | 8,9 | 8,9 | 4,9 | 1,8 | -0,8 | -1,5 | 0,8 | 3,2 | 6,8 | 9,1 | 10,7 | 5,4 |
| 336 | Vilcún | 15,7 | 13,5 | 13,5 | 10,4 | 8,2 | 6,2 | 6,1 | 7,1 | 8,2 | 10,2 | 11,9 | 14,0 | 10,4 |
| 337 | Villa Alegre | 17,7 | 15,6 | 15,6 | 12,6 | 11,0 | 9,1 | 8,6 | 10,0 | 10,6 | 12,6 | 14,7 | 16,7 | 12,9 |
| 338 | Villa Alemana | 21,4 | 18,9 | 18,9 | 14,9 | 10,9 | 8,9 | 8,4 | 9,9 | 11,9 | 14,9 | 17,9 | 21,2 | 14,8 |
| 339 | Villarrica | 15,9 | 13,4 | 13,4 | 10,3 | 8,3 | 6,3 | 6,2 | 7,3 | 8,3 | 10,3 | 12,0 | 13,9 | 10,5 |
| 340 | Viña del Mar | 22,6 | 20,6 | 20,6 | 16,6 | 12,6 | 10,6 | 9,6 | 11,6 | 13,6 | 16,6 | 19,6 | 19,9 | 16,2 |
| 341 | Vitacura | 21,0 | 18,0 | 18,0 | 14,0 | 10,0 | 8,0 | 8,0 | 9,0 | 11,0 | 15,0 | 17,0 | 19,7 | 14,1 |
| 342 | Yerbas Buenas | 18,4 | 16,0 | 16,0 | 13,0 | 11,0 | 9,4 | 9,0 | 10,0 | 11,0 | 13,0 | 15,4 | 16,5 | 13,2 |
| 343 | Yumbel | 16,0 | 14,6 | 14,6 | 12,0 | 10,8 | 9,0 | 8,0 | 9,8 | 10,0 | 11,8 | 13,8 | 16,0 | 12,2 |
| 344 | Yungay | 16,7 | 14,3 | 14,3 | 11,4 | 9,1 | 7,8 | 6,9 | 8,1 | 9,3 | 11,6 | 13,3 | 16,0 | 11,6 |
| 345 | Zapallar | 23,5 | 20,5 | 20,5 | 16,5 | 13,5 | 11,5 | 10,5 | 12,5 | 14,5 | 17,5 | 20,0 | 20,2 | 16,8 |

Fuente: Norma técnica acogida a la ley N°20.365.

Radiación solar global sobre superficie horizontal (kWh/m²)-Media mensual y anual.

| Id | Comuna | Media Mensual (R _{GM}) | | | | | | | | | | | | Media Anual (R _{GA}) |
|-----|------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------------|
| | | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | |
| 322 | Tocopilla | 230,80 | 203,63 | 203,85 | 159,09 | 140,89 | 123,92 | 131,35 | 145,46 | 167,08 | 217,53 | 231,96 | 248,91 | 2204,47 |
| 323 | Toltén | 197,55 | 164,83 | 136,12 | 83,56 | 53,32 | 39,54 | 45,43 | 68,43 | 98,32 | 137,36 | 162,47 | 198,63 | 1385,55 |
| 324 | Tomé | 214,11 | 162,11 | 144,11 | 95,40 | 55,40 | 43,70 | 48,40 | 74,40 | 110,11 | 159,11 | 185,40 | 207,81 | 1500,07 |
| 325 | Torres del Paine | 165,91 | 117,28 | 93,43 | 50,77 | 29,68 | 16,62 | 21,21 | 37,00 | 76,21 | 111,82 | 153,17 | 170,78 | 1043,89 |
| 326 | Tortel | 149,04 | 116,90 | 97,13 | 54,76 | 32,06 | 22,29 | 26,36 | 46,21 | 79,03 | 118,97 | 132,06 | 154,09 | 1028,91 |
| 327 | Traiguén | 203,76 | 165,96 | 140,13 | 88,82 | 54,74 | 41,00 | 46,57 | 70,13 | 102,21 | 147,16 | 172,16 | 195,73 | 1428,37 |
| 328 | Treguaco | 218,45 | 166,45 | 147,30 | 97,15 | 57,15 | 44,58 | 49,59 | 76,15 | 112,15 | 162,30 | 189,45 | 211,87 | 1532,59 |
| 329 | Tucapel | 224,74 | 181,82 | 154,08 | 99,00 | 62,04 | 45,38 | 51,62 | 74,59 | 109,94 | 163,04 | 191,32 | 215,43 | 1573,02 |
| 330 | Valdivia | 195,92 | 165,13 | 126,37 | 80,24 | 50,27 | 37,10 | 43,13 | 65,53 | 94,58 | 131,55 | 157,80 | 190,68 | 1338,31 |
| 331 | Vallenar | 241,60 | 203,89 | 186,79 | 138,89 | 112,24 | 93,87 | 108,91 | 132,87 | 166,12 | 218,00 | 230,13 | 254,62 | 2087,92 |
| 332 | Valparaíso | 193,02 | 151,24 | 133,24 | 88,67 | 60,89 | 48,00 | 56,78 | 79,00 | 106,11 | 145,78 | 174,35 | 194,24 | 1431,34 |
| 333 | Vichuquén | 213,23 | 170,59 | 148,52 | 95,72 | 59,64 | 42,28 | 53,64 | 77,00 | 111,00 | 155,36 | 189,80 | 211,16 | 1527,94 |
| 334 | Victoria | 208,31 | 174,79 | 145,68 | 91,54 | 58,32 | 43,03 | 49,82 | 72,58 | 104,63 | 154,56 | 177,01 | 202,94 | 1483,22 |
| 335 | Vicuña | 255,28 | 220,19 | 194,66 | 147,97 | 119,35 | 95,90 | 107,88 | 127,96 | 162,62 | 216,80 | 239,72 | 280,43 | 2168,75 |
| 336 | Vilcún | 205,87 | 178,30 | 146,48 | 90,22 | 58,81 | 42,24 | 49,20 | 72,18 | 101,52 | 148,84 | 167,53 | 195,80 | 1456,99 |
| 337 | Villa Alegre | 214,80 | 172,64 | 148,91 | 94,65 | 56,01 | 39,65 | 50,53 | 73,77 | 108,65 | 153,30 | 188,05 | 209,32 | 1510,28 |
| 338 | Villa Alemana | 216,01 | 170,62 | 149,80 | 99,16 | 68,34 | 52,51 | 63,77 | 85,77 | 115,59 | 160,67 | 195,31 | 218,13 | 1595,68 |
| 339 | Villarrica | 197,10 | 169,41 | 136,49 | 84,82 | 55,99 | 39,43 | 47,13 | 68,59 | 98,24 | 138,57 | 160,16 | 188,35 | 1384,27 |
| 340 | Viña del Mar | 192,32 | 150,32 | 132,60 | 88,44 | 61,28 | 48,28 | 57,00 | 79,56 | 106,56 | 145,44 | 173,88 | 193,32 | 1429,02 |
| 341 | Vitacura | 253,00 | 203,00 | 176,00 | 116,00 | 79,00 | 60,00 | 73,00 | 98,00 | 132,00 | 188,00 | 230,00 | 258,00 | 1866,00 |
| 342 | Yerbas Buenas | 213,19 | 171,80 | 148,19 | 93,40 | 55,40 | 38,60 | 49,80 | 73,40 | 107,40 | 151,00 | 185,80 | 207,59 | 1495,55 |
| 343 | Yumbel | 215,02 | 163,58 | 143,93 | 94,61 | 55,24 | 43,15 | 47,54 | 73,54 | 108,99 | 158,93 | 186,08 | 208,02 | 1498,64 |
| 344 | Yungay | 221,08 | 175,25 | 150,25 | 97,15 | 59,66 | 44,68 | 50,48 | 73,97 | 110,06 | 161,58 | 189,82 | 212,34 | 1546,31 |
| 345 | Zapallar | 193,19 | 150,62 | 134,59 | 90,06 | 64,05 | 50,53 | 59,03 | 83,06 | 111,07 | 147,61 | 176,15 | 194,17 | 1454,13 |

Fuente: Norma técnica acogida a la ley N°20.365.

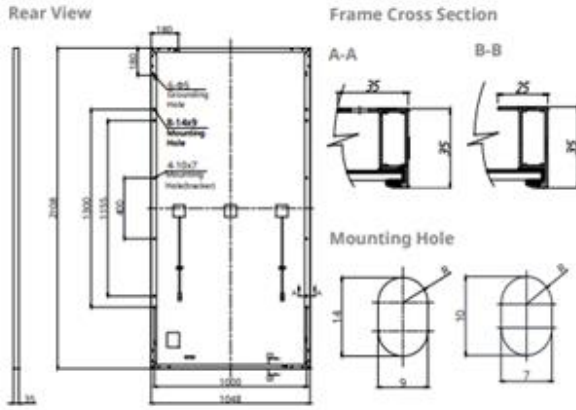
Temperatura de agua de la red, media mensual y anual en grados Celsius.

| Id | Comuna | Media Mensual | | | | | | | | | | | | Media Anual |
|-----|---------------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| | | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | |
| 330 | Valdivia | 13,7 | 12,7 | 12,7 | 11,2 | 10,6 | 9,6 | 9,6 | 9,8 | 10,2 | 11,2 | 12,1 | 13,1 | 11,4 |
| 331 | Vallenar | 15,5 | 14,5 | 14,5 | 12,9 | 11,5 | 10,2 | 10,1 | 11,2 | 12,0 | 13,5 | 14,4 | 15,0 | 12,9 |
| 332 | Valparaíso | 19,1 | 18,1 | 18,1 | 16,1 | 14,1 | 13,1 | 12,6 | 13,6 | 14,6 | 16,1 | 17,6 | 19,5 | 16,1 |
| 333 | Vichuquén | 17,6 | 16,4 | 16,4 | 14,6 | 13,4 | 12,8 | 12,4 | 12,9 | 13,4 | 14,6 | 15,9 | 17,9 | 14,9 |
| 334 | Victoria | 13,1 | 12,0 | 12,0 | 10,5 | 9,5 | 8,6 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 10,4 | 11,3 | 12,3 | 10,5 |
| 335 | Vicuña | 8,5 | 7,2 | 7,2 | 5,2 | 3,6 | 2,3 | 1,9 | 3,1 | 4,3 | 6,1 | 7,2 | 8,1 | 5,4 |
| 336 | Vilcún | 13,1 | 12,0 | 12,0 | 10,4 | 9,3 | 8,3 | 8,2 | 8,7 | 9,3 | 10,3 | 11,2 | 12,2 | 10,4 |
| 337 | Villa Alegre | 15,3 | 14,3 | 14,3 | 12,8 | 12,0 | 11,0 | 10,8 | 11,5 | 11,8 | 12,8 | 13,8 | 14,8 | 12,9 |
| 338 | Villa Alemana | 18,1 | 16,8 | 16,8 | 14,8 | 12,8 | 11,8 | 11,6 | 12,3 | 13,3 | 14,8 | 16,3 | 18,0 | 14,8 |
| 339 | Villarrica | 13,2 | 11,9 | 11,9 | 10,4 | 9,4 | 8,4 | 8,4 | 8,9 | 9,4 | 10,4 | 11,2 | 12,2 | 10,5 |
| 340 | Viña del Mar | 19,4 | 18,4 | 18,4 | 16,4 | 14,4 | 13,4 | 12,9 | 13,9 | 14,9 | 16,4 | 17,9 | 18,0 | 16,2 |
| 341 | Vitacura | 17,5 | 16,0 | 16,0 | 14,0 | 12,0 | 11,0 | 11,0 | 11,5 | 12,5 | 14,5 | 15,5 | 16,9 | 14,1 |
| 342 | Yerbas Buenas | 15,8 | 14,6 | 14,6 | 13,1 | 12,1 | 11,3 | 11,1 | 11,6 | 12,1 | 13,1 | 14,3 | 14,9 | 13,2 |
| 343 | Yumbel | 14,1 | 13,4 | 13,4 | 12,1 | 11,5 | 10,6 | 10,1 | 11,0 | 11,1 | 12,0 | 13,0 | 14,1 | 12,2 |
| 344 | Yungay | 14,1 | 13,0 | 13,0 | 11,5 | 10,3 | 9,7 | 9,2 | 9,8 | 10,4 | 11,6 | 12,5 | 13,8 | 11,6 |
| 345 | Zapallar | 20,1 | 18,6 | 18,6 | 16,6 | 15,1 | 14,1 | 13,6 | 14,6 | 15,6 | 17,1 | 18,4 | 18,5 | 16,8 |

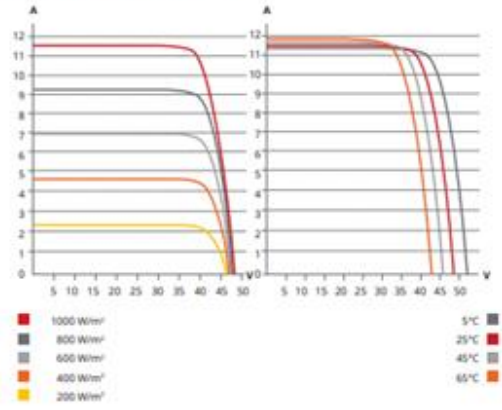
Fuente: Norma técnica acogida a la ley N°20.365.

Información técnica panel solar.

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS3W-435MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

| CS3W | 435MS | 440MS | 445MS | 450MS | 455MS | 460MS |
|------------------------------|---|---------|---------|---------|---------|---------|
| Nominal Max. Power (Pmax) | 435 W | 440 W | 445 W | 450 W | 455 W | 460 W |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 40.5 V | 40.7 V | 40.9 V | 41.1 V | 41.3 V | 41.5 V |
| Opt. Operating Current (Imp) | 10.75 A | 10.82 A | 10.89 A | 10.96 A | 11.02 A | 11.09 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 48.5 V | 48.7 V | 48.9 V | 49.1 V | 49.3 V | 49.5 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 11.42 A | 11.48 A | 11.54 A | 11.60 A | 11.66 A | 11.72 A |
| Module Efficiency | 19.7% | 19.9% | 20.1% | 20.4% | 20.6% | 20.8% |
| Operating Temperature | -40°C ~ +85°C | | | | | |
| Max. System Voltage | 1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL) | | | | | |
| Module Fire Performance | TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730) | | | | | |
| Max. Series Fuse Rating | 20 A | | | | | |
| Application Classification | Class A | | | | | |
| Power Tolerance | 0 ~ + 10 W | | | | | |

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

| CS3W | 435MS | 440MS | 445MS | 450MS | 455MS | 460MS |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nominal Max. Power (Pmax) | 325 W | 328 W | 332 W | 336 W | 339 W | 343 W |
| Opt. Operating Voltage (Vmp) | 37.8 V | 37.9 V | 38.1 V | 38.3 V | 38.5 V | 38.7 V |
| Opt. Operating Current (Imp) | 8.59 A | 8.65 A | 8.71 A | 8.76 A | 8.82 A | 8.87 A |
| Open Circuit Voltage (Voc) | 45.6 V | 45.8 V | 46.0 V | 46.2 V | 46.4 V | 46.6 V |
| Short Circuit Current (Isc) | 9.21 A | 9.26 A | 9.31 A | 9.36 A | 9.41 A | 9.45 A |

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

| Specification | Data |
|------------------------------------|---|
| Cell Type | Mono-crystalline |
| Cell Arrangement | 144 [2 X (12 X 6)] |
| Dimensions | 2108 X 1048 X 35 mm (83.0 X 41.3 X 1.38 in) |
| Weight | 24.3 kg (53.6 lbs) |
| Front Cover | 3.2 mm tempered glass |
| Frame | Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced |
| J-Box | IP68, 3 bypass diodes |
| Cable | 4 mm² (IEC), 12 AWG (UL) |
| Cable Length (Including Connector) | 500 mm (19.7 in) (+) / 350 mm (13.8 in) (-) or customized length* |
| Connector | T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2 |
| Per Pallet | 30 pieces |
| Per Container (40' HQ) | 660 pieces |



* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.



TEMPERATURE CHARACTERISTICS

| Specification | Data |
|--------------------------------------|--------------|
| Temperature Coefficient (Pmax) | -0.35 % / °C |
| Temperature Coefficient (Voc) | -0.27 % / °C |
| Temperature Coefficient (Isc) | 0.05 % / °C |
| Nominal Module Operating Temperature | 42 ± 3°C |

Fuente: Manual panel solar Canadian solar CS3W-450.

ANEXO B: CHECK LIST.

| | | | | | |
|---|----|--------------------------|--|--|--|
| / / 2023 | | DEPARTAMENTO DE MECÁNICA | |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA | |
| CHECK LIST ARNÉS DE SEGURIDAD | | | | | |
| Ejecutor Inspección: | | | | | |
| Fecha de revisión: | | | | | |
| Carrera/Área: | | | | | |
| Código arnés: | | | | | |
| Arnés | SI | NO |  | | |
| Tela de arnés en buena condición | | | | | |
| Hebras en mal estado | | | | | |
| Costuras deshilachadas | | | | | |
| Se visualizan cortes | | | | | |
| Tela de arnés libre de grasa, aceite, etc | | | | | |
| Argollas | SI | NO | | | |
| Presentan deformación | | | | | |
| Presentan Golpes | | | | | |
| Presenta corrosión | | | | | |
| Cola de Vida | SI | NO | | | |
| Se visualizan cortes | | | | | |
| Se presenta contaminación (grasa, etc) | | | | | |
| Mosquetones con golpes | | | | | |
| Mosquetones con corrosión | | | | | |
| Seguro mosquetones en buen estado | | | | | |
| Otros | SI | NO | | | |
| Anillos en D con deformaciones | | | | | |
| Anillos en D con corrosión | | | | | |
| Hebillas en buen estado | | | | | |
| Arnés cuenta con codificación del mes | | | | | |
| Observaciones | | | | | |
| Nombre Ejecutor responsable | | | | | |
| Firma ejecutor responsable | | | | | |
| Nombre Supervisor responsable | | | | | |
| Firma supervisor responsable | | | | | |

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------|----|--|
| / / 2023 | DEPARTAMENTO DE MECÁNICA | |  |
| CHECK LIST ESCALERA | | | |
| Ejecutor inspección: | | | |
| Fecha de revisión: | | | |
| Carrera/área: | | | |
| Código escalera: | | | |
| Peldaños: | SI | NO |  |
| Peldaños torcidos | | | |
| Peldaños con golpes | | | |
| Peldaños con corrosión | | | |
| Peldaños con hendiduras | | | |
| Peldaños en buen estado | | | |
| Barandas | SI | NO | |
| Baranda con golpes | | | |
| Baranda con corrosión | | | |
| Baranda con hendiduras | | | |
| Baranda de seguridad | | | |
| Cinturón seguridad | SI | NO | |
| Cinturón con golpes | | | |
| Cinturón con corrosión | | | |
| Cinturón con hendiduras | | | |
| Cinturón en buen estado | | | |
| Ruedas | SI | NO | |
| Rueda con golpes | | | |
| Ruedas con desgaste | | | |
| Frenos en buen estado | | | |
| Ruedas en buen estado | | | |
| Observaciones | | | |
| | | | |
| Nombre ejecutor responsable | | | |
| Firma ejecutor responsable | | | |
| Nombre supervisor responsable | | | |
| Firma supervisor responsable | | | |

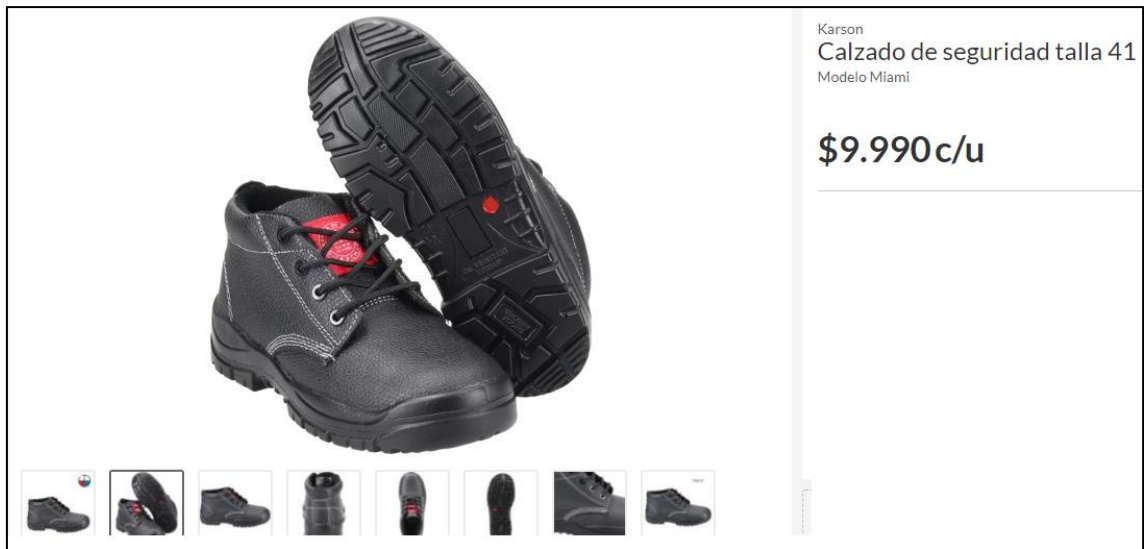
ANEXO C: COTIZACIONES.



Msa Código 1280848
Casco de seguridad blanco
★★★★★ (4)
\$9.590c/u
- 1 + **Agregar al carro**

Satisfacción Garantizada [ver más](#)
Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2

Disponibles:
Despacho a domicilio [ver fechas](#)
Retiro en tienda [ver tiendas](#)



Karson
Calzado de seguridad talla 41
Modelo Miami
\$9.990c/u


Disponibles:
Despacho a domicilio [ver fechas](#)
Retiro en tienda [ver tiendas](#)



Msa Código 1280910
Lentes de seguridad
★★★★★ (0)
\$7.990c/u
Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono
- 1 + **Agregar al carro**

Satisfacción Garantizada [ver más](#)
Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2

ENVÍO RÁPIDO



Alaska
Overol Best X Gris
Código 58696X
★★★★★ (2)
\$10.190c/u


Otras Opciones
XL L M

Gratis Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono

CMR Obtén tu CMR 100% online
En tu primera compra te regalaremos \$10.000 Solicitala aquí >

- 1 + **Agregar al carro**

Satisfacción Garantizada [ver más](#)
Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2




Resistor
Guante Cabritilla Con Refuerzo Pistola y Velcro
Código 6355544
★★★★★ (1)
\$3.990c/u

Gratis Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono

- 1 + **Agregar al carro**

Satisfacción Garantizada [ver más](#)
Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2

ENVÍO RÁPIDO




Karson
Guante profesional polycotton
Código 375160
★★★★★ (6)
\$630 par

Gratis Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono

- 1 + **Agregar al carro**

Satisfacción Garantizada [ver más](#)
Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2



ENVÍO RAPIDO

Rdl Código 2752646

Guante multipropósito poliéster







★★★★★ (41)

\$1.690c/u

- 1 + Agregar al carro

Satisfacción Garantizada [ver más](#)

Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2

Juego alicates 3 piezas 90-162 Stanley



Pasa el cursor sobre la imagen para ampliarla

| | |
|-------------------|------------------|
| Tipo | Alicates |
| Marca | Stanley |
| Color | Gris |
| Tono | Cromado,Negro |
| Modelo | 90-162 |
| Garantía | 3 meses |
| Origen | Importado |
| Material | Acero/Goma |
| Material Manillas | Goma |
| Contenido | 1 Juego Alicates |
| Contenido | 1 Juego Alicates |
| Diseño | Clásico |

SKU:195619P

\$14.768


Internet: **\$15.752**

normal: ~~\$19.690~~

25% de descuento

Cantidad: Agregar

 [Revisa la disponibilidad de despacho y retiro en tienda](#) [Aceptar](#)



Stanley Código 1366041

Alicate multiuso

★★★★★ (0)





\$6.590c/u


Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono

- 1 + Agregar al carro

Satisfacción Garantizada [ver más](#)

Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2



Fujitel
Multi tester digital
★★★★★ (4)
\$24.990display


Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono

CMR **Obtén tu CMR 100% online**
En tu primera compra te regalaremos \$10.000 [Solicítala aquí >](#)

- 1 + [Agregar al carro](#)

Satisfacción Garantizada [ver más](#)
Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2

Código 8524



Redline
Set de dados chicharra 11 unidades
★★★★★ (24)
\$16.990c/u


Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono

CMR **Obtén tu CMR 100% online**
En tu primera compra te regalaremos \$10.000 [Solicítala aquí >](#)

- 1 + [Agregar al carro](#)

Satisfacción Garantizada [ver más](#)
Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2

Código 2743612



Redline
Set de llaves punta corona 9 unidades
★★★★★ (15)
\$31.790c/u

Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono

CMR **Obtén tu CMR 100% online**
En tu primera compra te regalaremos \$10.000 [Solicítala aquí >](#)

- 1 + [Agregar al carro](#)

Satisfacción Garantizada [ver más](#)
Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2

Código 459208



Uni-T Código 4035984
Tenaza amperimétrica digital UT-201
 ★★★★★ (1)
\$21.990c/u

CMR Financiación Obtén tu CMR 100% online
 En tu primera compra te regalaremos \$10.000 [Solicítala aquí >](#)

- 1 + [Agregar al carro](#)

 **Satisfacción Garantizada** [ver más](#)
 Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2



Termómetro Infrarrojo Pistola Digital uso Industrial

SKU: PG700100017

DELIND Electronics

Disponible
 Precio: **\$ 38.934 IVA Incluido.**

- 1 + [Agregar al carro](#)

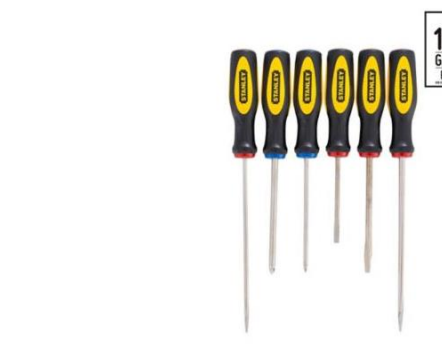
Descripción
Descripción Termómetro Infrarrojo Industrial -50° C + 400° C

Los termómetros infrarrojos portátiles permiten la medición remota de temperatura sin necesidad de contactar el objeto a medir. Por tanto, pueden utilizarse en cualquier lugar.


Mediación desde -50°C - 400°C
Pantalla Iluminada

Indispensable para la medición y comprobación en cualquier lugar donde la temperatura pueda afectar la seguridad del proceso y la calidad del producto, un termómetro infrarrojo debe estar disponible en su proximidad.

Backlight display






Stanley Código 686506
Set de destornilladores acero 6 unidades
 ★★★★★ (19)
\$12.770c/u

 Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono

CMR Financiación Obtén tu CMR 100% online
 En tu primera compra te regalaremos \$10.000 [Solicítala aquí >](#)

- 1 + [Agregar al carro](#)

 **Satisfacción Garantizada** [ver más](#)
 Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2





Paño Amarillo Doble Mayor

331 \$ x 100



Hay 100 artículos en su carrito.

| | |
|-------------------------------|------------------|
| Subtotal | 33.100 \$ |
| Transporte | Por Definir |
| Total (impuestos inc.) | 33.100 \$ |










Msa Código 2054817

Arnés de 3 argollas cuerpo completo

★★★★★ (1)

\$28.990 display

CMR Realiza **Obtén tu CMR 100% online**
En tu primera compra te regalaremos \$10.000 [Solicítala aquí >](#)

-
1
+
Agregar al carro

Satisfacción Garantizada [ver más](#)

Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2












Ergo Código 304758X

Pulverizador manual 1,5 litros blanco

Gratis **Despacho gratis por compras sobre \$16.990 en productos con este icono**

Canjea por 4.000 CMR Puntos [Canjear >](#)

-
1
+
Agregar al carro

Satisfacción Garantizada [ver más](#)

Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2



ENVÍO RÁPIDO

3M Código 1142038

Limpia vidrios extensible 23x110 cm

★★★★★ (32)

\$11.490c/u

CMR **Obtén tu CMR 100% online**
En tu primera compra te regalaremos \$10.000 [Solicítala aquí >](#)

- 1 + [Agregar al carro](#)


Satisfacción Garantizada [ver más](#)

Si este producto no cumple con tus expectativas tienes 30 días desde su recepción para devolverlo en cualquiera de nuestras tiendas o llamando al 6006004020 - opción 2

3M

Fuente: www.sodimac.cl.

ANEXO D: PROCEDIMIENTO DE TRABAJO EN ALTURA

| | | |
|--|------------------------|--|
| Procedimiento de trabajo en altura Física | |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA |
| Elaboración | Revisión procedimiento | |
| 22/12/2022 | A definir | Página 1 de 5 |

1) Objetivos.


El siguiente procedimiento de trabajo en altura física está orientado a definir y establecer los estándares generales que se requieren para el mantenimiento del sistema fotovoltaico ubicado en el techo del taller de mantenimiento.


El procedimiento tiene como objetivo velar por la integridad del personal encargado del mantenimiento, regulando y estableciendo acciones y metodologías que deben efectuar las personas en el mantenimiento, para así reducir el riesgo asociado a la actividad de mantención, junto también, con informar los riesgos asociados a la labor.

El procedimiento se debe dar a conocer a todo el personal involucrado en la mantención, sin excepción.

2) Disposiciones generales.**2.1) Revisión y chequeo de elementos de seguridad:**

Antes de realizar el trabajo en altura, cada uno de los participantes de la mantención, debe hacer chequeo de sus elementos de protección ante caídas, es para esto, que cada persona que realice mantención tiene a su disposición algunos check lists de elementos ante protección ante caída como se visualiza en el siguiente ejemplo:

| | | |
|--|------------------------|--|
| Procedimiento de trabajo en altura Física | |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA |
| Elaboración | Revisión procedimiento | |
| 22/12/2022 | A definir | Página 2 de 5 |

| | | |
|---|--------------------------|--|
| / / 2023 | DEPARTAMENTO DE MECÁNICA |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA |
| CHECK LIST ARNÉS DE SEGURIDAD | | |
| Ejecutor Inspección: | | |
| Fecha de revisión: | | |
| Carrera/Área: | | |
| Código arnés: | | |
| Arnés | SI | NO |
| Tela de arnés en buena condición | | |
| Hebras en mal estado | | |
| Costuras deshilachadas | | |
| Se visualizan cortes | | |
| Tela de arnés libre de grasa, aceite, etc | | |
| Argollas | SI | NO |
| Presentan deformación | | |
| Presentan Golpes | | |
| Presenta corrosión | | |
| Cola de Vida | SI | NO |
| Se visualizan cortes | | |
| Se presenta contaminación (grasa, etc) | | |
| Mosquetones con golpes | | |
| Mosquetones con corrosión | | |
| Seguro mosquetones en buen estado | | |
| Otros | SI | NO |
| Anillos en D con deformaciones | | |
| Anillos en D con corrosión | | |
| Hebillas en buen estado | | |
| Arnés cuenta con codificación del mes | | |
| Observaciones | | |
| | | |
| Nombre Ejecutor responsable | | |
| Firma ejecutor responsable | | |
| Nombre Supervisor responsable | | |
| Firma supervisor responsable | | |




2.2) Consideraciones

El trabajo en altura se considera como tal para alturas de 1,80 metros o más, o cuando existan excavaciones y/o desniveles, realizar check list antes de cada actividad.

Un trabajo en altura puede ser efectuado en:

- Estructuras.
- Techos.
- Andamios.
- Plataformas.
- Postes.
- Trabajos de limpieza de ventanas de edificios.

| | | |
|--|------------------------|--|
| Procedimiento de trabajo en altura Física | |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA |
| Elaboración | Revisión procedimiento | |
| 22/12/2022 | A definir | Página 3 de 5 |

5) Requerimientos.


Los participantes de trabajos en altura física deben cumplir los requerimientos apropiados para el trabajo:



- Contar con la evaluación de exámenes y capacidades técnicas para el mismo.
- Riesgos asociados al trabajo.
- Correcta colocación de los elementos de protección personal para altura,
- Conocer la instalación donde se hará el trabajo.
- Procedimientos en caso de emergencia que entregue la institución/empresa donde se hará el trabajo.
- Procedimiento de correcto anclaje de arnés en línea de vida, y almacenamiento de los elementos de protección anticaídas.

Toda persona que efectúe estos trabajos debe reunir las condiciones psicológicas y físicas para la realización del mismo, es por esto, que debe contar con los exámenes de altura realizados y cumplir con las necesidades requeridas para el trabajo, no tener antecedentes de problemas de presión sanguínea, no ser propenso a desmayos, no sufrir vértigo o cualquier otro antecedente que pueda afectar la salud de la persona involucrada en el trabajo mientras se realiza el mismo.

6) Uso plataforma anticaídas

La escalera será usada como superficie temporal de trabajo para subir de manera segura los elementos requeridos en el mantenimiento que no puedan ser subidos por algún otro medio de acceso que haya en el edificio, los elementos como plataformas anticaídas deberán estar a cargo de la persona que supervisa la actividad, la cual será designada por la autoridad, el personal que use estas plataformas debe poseer instrucción en el uso de este elemento y además completar un check list de seguridad pre-mantenimiento para así asegurar de que la plataforma se encuentra en condiciones totalmente óptimas para ser usada.


| | | |
|--|------------------------|--|
| Procedimiento de trabajo en altura Física | |  UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA |
| Elaboración | Revisión procedimiento | |
| 22/12/2022 | A definir | Página 4 de 5 |

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------|-----------|--|
| / / 2023 | DEPARTAMENTO DE MECÁNICA | |  UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA |
| CHECK LIST ESCALERA | | | |
| Ejecutor inspección: | | | |
| Fecha de revisión: | | | |
| Carrera/área: | | | |
| Código escalera: | | | |
| Peldaños: | SI | NO |  |
| Peldaños torcidos | | | |
| Peldaños con golpes | | | |
| Peldaños con corrosión | | | |
| Peldaños con hendiduras | | | |
| Peldaños en buen estado | | | |
| Barandas | SI | NO | |
| Baranda con golpes | | | |
| Baranda con corrosión | | | |
| Baranda con hendiduras | | | |
| Baranda de seguridad | | | |
| Cinturón seguridad | SI | NO | |
| Cinturón con golpes | | | |
| Cinturón con corrosión | | | |
| Cinturón con hendiduras | | | |
| Cinturón en buen estado | | | |
| Ruedas | SI | NO | |
| Rueda con golpes | | | |
| Ruedas con desgaste | | | |
| Frenos en buen estado | | | |
| Ruedas en buen estado | | | |
| Observaciones | | | |
| | | | |
| Nombre ejecutor responsable | | | |
| Firma ejecutor responsable | | | |
| Nombre supervisor responsable | | | |
| Firma supervisor responsable | | | |

7) Uso escala

- La escala se usa solo para acceder entre niveles.
- Realizar check list antes de empezar la actividad.
- No pintar escala para no tapar algún daño que esta posea.
- En caso de encontrar alguna condición insegura para su uso, escala debe ser retirada.

Cuando se use la escala, al momento de ascender o descender por la misma, se deben considerar el uso con tres puntos de apoyo sobre la misma, con el fin de reducir el riesgo de caídas.

| | | |
|--|------------------------|--|
| Procedimiento de trabajo en altura Física | |  UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA |
| Elaboración | Revisión procedimiento | |
| 22/12/2022 | A definir | Página 5 de 5 |

8) Superficie de trabajo en altura

La superficie de trabajo debe mantenerse limpia y el uso de la misma debe estar autorizada por el jefe de departamento que realizará el trabajo, o por alguna otra autoridad que posea la facultad de permitir la realización del trabajo en la altura.

El trabajador debe permanecer el 100% del tiempo que dure la actividad sujeta al punto de anclaje definido para el trabajo en altura.

9) Accidente en altura

- Las personas que se encuentren ejecutando la actividad deben tener conocimiento que se pueden convertir en rescatistas si la situación lo amerita.
- Tomando en consideración que la instalación se encuentre desenergizada, la persona más cercana al accidentado debe ir a prestar ayuda, en donde apenas llegue al lugar donde se encuentra la persona accidentada, debe sujetarse al elemento de anclaje más cercano, para no generar riesgos adicionales.
- Debe asegurarse que la persona que requiere ayuda esté enganchada al elemento de sujeción, verificar causal de accidente y dar aviso al supervisor de la tarea.
- Al dar aviso al supervisor, este último, debe detener la actividad del mantenimiento y recurrir en ayuda del afectado y orientar al equipo para analizar la gravedad del asunto.
- El equipo de trabajo debe comenzar maniobras para poder bajar desde el techo al accidentado a través de los distintos medios de acceso al techo del edificio.
- Si se detecta que existe falta de respiración por parte de la persona accidentada, se debe verificar que la boca no posea obstrucciones para su respiración, extraer cualquier elemento que pueda dificultar la respiración, el equipo debe poseer conocimiento de “insuflación” boca a boca en caso de que la situación así lo requiera, alertar inmediatamente a los equipos de emergencia que se encuentran en el recinto y trasladar al afectado al sector médico de la instalación para evaluar su estado y posible traslado a un recinto asistencial.
- Controlar el pulso de la persona afectada, y realizar masaje cardíaco externo si la situación lo requiere, para esto, se debe realizar 3 insuflaciones y 40 compresiones de pecho.
- Informar a todas las áreas involucradas los hechos.