



**UNIVERSIDAD
DE ATACAMA**

**FACULTAD TECNOLÓGICA DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA DE LAS
ENERGÍAS**

**REVISIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA AL SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF
GRID ANTAY COPIAPÓ**

**Propuesta de titulación presentado en idoneidad a los requerimientos para adquirir
el título de ingeniero en ejecución de mantenimiento industrial**

Profesor Guía: Jorge Reyes

Sebastián Johan Cortés Gálvez

Ricardo Luis A. Vera Illanes

Copiapó, Chile 2023

DEDICATORIA

A mi madre, fuente inagotable de amor incondicional. Gracias por tus enseñanzas y los valores que me has transmitido a lo largo de los años. Eres la inspiración detrás de cada logro, y gracias a ti, soy la persona que soy hoy.

A mi padre, maestro desde temprana edad en las lecciones difíciles de la vida. Aprecio profundamente los conocimientos que compartiste conmigo en áreas que trascienden los límites de la educación formal. Tus enseñanzas han sido invaluablemente formativas.

A mi amada esposa, compañera incansable en las buenas y malas. Gracias por tu amor constante, paciencia durante los años de estudio y por contribuir a la construcción de un hogar con pilares fuertes. Tu apoyo ha sido mi ancla en este viaje.

A mis queridos hijos, quienes son la luz que ilumina mi camino. Vuestras sonrisas son mi motor para seguir adelante, y vuestro amor incondicional es mi mayor motivación. Cada paso que doy, lo hago pensando en el futuro que construimos juntos.

Esta tesis es un tributo a la familia que ha sido mi roca y mi inspiración. Cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi corazón y ha contribuido significativamente a mi viaje académico. A todos, les dedico este logro con profundo agradecimiento y amor.

Ricardo Vera Illanes.

A Dios. Por mantenerme firme en la roca manteniendo.

A mi Esposa por estar a mi lado amándome y disfrutando estos procesos de vida en el bienestar y en la enfermedad. Donde hemos salido victoriosos.

A mis hijas hermosas, por ser las voces motivacionales que están cada día para ponerme en pies y seguir avanzando en el diario vivir.

A mis padres y hermanos. Porque lo imposible se hace posible.

Sebastián Cortes Gálvez.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecer a Dios por darme la guía y la fuerza para continuar día a día, a mi hermosa familia mi esposa Cristina y mis hermosas hijas Belén, Isabella y Trinidad. Quienes han estado conmigo en todo momento para seguir creciendo en lo personal y lo profesional. A mis padres por ser las voces de la sabiduría. de igual forma a mis compañeros y más aquellos que se volvieron verdaderos amigos Alfonso y Felipe los referentes para seguir en la disciplina del ciclismo a mis amigos pastores José y Mabel quienes me guiaron en los momentos más críticos. Por último, a la compañía y sus jefaturas quienes me facilitaron la información para la redacción.

Gracias.

Sebastián Cortés Gálvez.

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a mis estimados profesores, Alejandro Rodríguez y Jorge Reyes. Su constante aliento y apoyo no solo han sido fundamentales para mi desarrollo académico, sino que también me han motivado a superar desafíos y alcanzar metas que en algún momento parecían inalcanzables. Su dedicación y guía han dejado una marca indeleble en mi trayectoria educativa.

Agradezco también a mis valiosos amigos y compañeros de trabajo, quienes han sido una fuente inagotable de ánimo durante los momentos más difíciles de mi camino académico. Sus palabras alentadoras, la solidaridad demostrada y el respaldo constante han convertido este viaje en una experiencia enriquecedora. Compartir este camino con ustedes ha hecho que los desafíos fueran más llevaderos y las victorias más significativas.

Este logro no solo es mío, sino de todos aquellos que generosamente han compartido su conocimiento, apoyo emocional y amistad a lo largo de esta travesía. A cada uno de ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte integral de mi éxito académico.

Ricardo Vera Illanes.

RESUMEN

El Hotel y Casino ANTAY, una destacada entidad de entretenimiento en la región de Atacama desde 2008, ha mantenido su presencia durante 15 años gracias a licitaciones que garantizan su funcionamiento. En el año 2020, un equipo de especialistas de la compañía inició una evaluación económica exhaustiva para determinar la viabilidad de continuar operando en la ciudad de Copiapó. A pesar de la falta de acceso al resultado económico, el equipo evaluador optó por mantener las operaciones.

En septiembre de 2022, ANTAY, junto con la compañía Marina del Sol, presentó una oferta a la Superintendencia de Casino de Juegos, buscando la adjudicación en la región de Atacama. Ante esta entidad, ANTAY recibió la notificación de que sería la empresa responsable de brindar servicios durante los próximos 15 años. Esta adjudicación no solo implicó un pago monetario, sino también la obligación de implementar medidas sostenibles, entre las cuales destaca la instalación de una fuente generadora de energías limpias y sustentables.

En respuesta, ANTAY decidió iniciar en 2023 la ejecución de un proyecto ambicioso: la instalación de una planta solar fotovoltaica en el estacionamiento y la parte posterior de sus instalaciones. Este documento presenta los conocimientos esenciales para comprender el funcionamiento de dicha planta solar, destacando los beneficios de acogerse a la Ley 21.118 (NET Billings) como generadores propios de energía eléctrica.

El análisis abarca también el mantenimiento del sistema, con un enfoque técnico y económico en la posible adquisición de un banco de baterías de respaldo. Este banco no solo garantizará la autonomía de las máquinas de azar, sino que también aspira a respaldar el funcionamiento integral del casino y hotel. Se evalúan los costos asociados y se brinda una visión integral de las implicaciones económicas y operativas de esta decisión.

Finalmente, el documento ofrece recomendaciones fundamentadas para cada uno de los puntos analizados, proporcionando una guía práctica para la toma de decisiones en el ámbito energético y económico. Este enfoque integral busca no solo mejorar la eficiencia energética de ANTAY sino también contribuir a su sostenibilidad a largo plazo en un contexto económico dinámico y en constante evolución.

ABSTRACT

The ANTAY Hotel and Casino, a prominent entertainment entity in the Atacama region since 2008, has maintained its presence for 15 years thanks to tenders that guarantee its operation. In 2020, a team of company specialists began a comprehensive economic evaluation to determine the viability of continuing to operate in the city of Copiapó. Despite the lack of access to the economic result, the evaluation team chose to maintain operations.

In September 2022, ANTAY, together with the Marina del Sol company, presented an offer to the Superintendency of Casino Games, seeking the award in the Atacama region. Before this entity, ANTAY received notification that it would be the company responsible for providing services for the next 15 years. This award not only implied a monetary payment, but also the obligation to implement sustainable measures, among which the installation of a clean and sustainable energy generating source stands out.

In response, ANTAY decided to begin the execution of an ambitious project in 2023: the installation of a photovoltaic solar plant in the parking lot and the back of its facilities. This document presents the essential knowledge to understand the operation of said solar plant, highlighting the benefits of adhering to Law 21,118 (NET Billings) as its own generators of electrical energy.

The analysis also covers system maintenance, with a technical and economic focus on the possible acquisition of a backup battery bank. This bank will not only guarantee the autonomy of the gambling machines, but also aims to support the integral operation of the casino and hotel. The associated costs are evaluated and a comprehensive view of the economic and operational implications of this decision is provided.

Finally, the document offers substantiated recommendations for each of the points analyzed, providing a practical guide for decision-making in the energy and economic field. This comprehensive approach seeks not only to improve ANTAY's energy efficiency but also to contribute to its long-term sustainability in a dynamic and constantly evolving economic context.

INDICE

CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 SÍNTESIS	1
1.2 OBJETIVO GENERAL:.....	2
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	2
1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.5 METODOLOGÍA.....	4
CAPÍTULO II.....	5
2. MARCO TEORICO.....	5
2.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL	5
2.2 ENERGÍA.....	6
2.3 ELECTRICIDAD	8
2.4 RADIACIÓN SOLAR.....	9
2.5 ENERGÍA SOLAR.....	10
2.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	11
2.7 PANELES SOLARES	12
2.7.1. Paneles Solares de Silicio Monocristalino:	12
2.7.2. Paneles Solares de Silicio Policristalino:	12
2.8 UNIDAD DE MEDIDA KWH (KILO WATT HORA).....	14
CAPITULO III.....	15
3. PROYECTO FOTOVOLTAICO OFF-GRID EN CASINO ANTAY	15
3.1 NORMATIVA VIGENTE.....	17
3.2 LEY 21.118 NET BILLING CHILE.....	17
3.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID.....	18
3.3.1. Paneles fotovoltaicos.....	19
3.3.2. Inversores	20
3.4 MONTAJE DE PANELES FOTOVOLTAICOS.....	21
3.5 MONTAJE DE INVERSORES.....	23
3.6 ENERGÍA GENERADA.....	24
CAPÍTULO IV.....	25
4. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	25

4.1	FACTORES DE CONTAMINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES.	25
4.2	COSTO Y DETALLE DEL MANTENIMIENTO.....	28
4.3	CAPACITACIÓN DEL PERSONAL MANTENEDOR	28
4.3.1.	Conocimientos básicos de electricidad:	28
4.3.2.	Riesgos eléctricos:.....	29
4.3.3.	Mantenimiento preventivo:	29
4.3.4.	Diagnóstico de problemas:	29
4.3.5.	Uso de herramientas:	29
4.3.6.	Medición de rendimiento:	29
4.3.7.	Seguridad en el trabajo:.....	29
4.3.8.	Documentación y registros:.....	30
4.3.9.	Normativas y regulaciones:	30
4.3.10.	Actualización continua:.....	30
4.4	ANÁLISIS DE CUANDO REALIZAR EL MANTENIMIENTO. ...	30
4.4.1.	Documentación inicial:	30
4.4.2.	Programación del mantenimiento:	30
4.4.3.	Inspección visual periódica:	31
4.4.4.	Monitorización del rendimiento:.....	31
4.4.5.	Inspección eléctrica:.....	31
4.4.6.	Análisis termográfico:	31
4.4.7.	Inspección de cableado:	31
4.4.8.	Registro de hallazgos:	32
4.5	HERRAMIENTAS E INSUMOS PARA EL MANTENIMIENTO ..	32
4.5.1.	Herramientas para limpiezas manuales:.....	32
4.6	HERRAMIENTAS PARA LIMPIEZA CON AGUA A PRESIÓN: .	33
4.7	HERRAMIENTAS PARA SISTEMAS AUTOMATIZADOS	34
4.8	COMPARATIVA DE COSTOS DE MANTENIMIENTO	35
4.8.1.	Costo asociado a empresa externa.....	35
4.8.2.	Costo asociado a la capacitación y adquisición de equipos	35
4.9	MANTENIMIENTO AUTOMATIZADO	36
4.10	RECOMENDACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	37
	CAPÍTULO V.....	38
5.	ANÁLISIS ADQUISICIÓN BANCO DE BATERÍAS.	38

5.1	PROBLEMÁTICA	38
5.2	CONDICIÓN CLIMÁTICA PARA USO DE BATERIAS	38
5.3	BENEFICIOS DE UN BANCO DE BATERÍAS	39
5.4	DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS	40
5.5	CÁlculo de carga de batería litio 100AH 200AH 24V	43
5.6	Calculo de carga de batería powerwall 200AH 24V	44
5.7	CÁlculo de carga de batería litio 100AH 500 AH 24V	45
5.8	DISTRIBUCION DEL CONSUMO ELÉCTRICO	46
5.9	RECOMENDACIONES RESPECTO A UN BANCO DE BATERIAS 48	
CAPÍTULO VI.....		49
6.	Análisis de costos.....	49
6.1	COSTOS DE ADQUISICIÓN DE PANELES.....	49
6.2	COSTO DE ADQUISICIÓN DE INVERSORES.....	49
6.3	COSTOS POR CONDUCTORES E INSUMOS ELÉCTRICOS	49
6.4	COSTO DE ESTRUCTOS SOPORTANTES Y OBRA CIVIL	49
6.5	DETALLE DE LOS COSTOS CONSIDERADOS	50
6.6	INVERSIÓN TOTAL.....	51
6.7	DESGLOSE DE VALORES DE INVERSIÓN	52
6.8	COSTO FIJO CONSUMO ELÉCTRICO	53
6.9	PROYECCIONES ECONÓMICAS Y ENERGÉTICAS	54
6.10	EVALUACIÓN DE COSTOS POR MANTENIMIENTO INTERNO 58	
6.11	EVALUACIÓN DE COSTOS POR MANTENIMIENTO EXTERNO 59	
6.12	EVALUACIÓN DE COSTOS POR MANTENIMIENTO AUTOMATIZADO	61
6.13	RECOMENDACIONES RESPECTO A LOS COSTOS EVALUADOS	62
CONCLUSION.....		64
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		66

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Sistema Fotovoltaico.....	13
Ilustración 2 Casino ANTAY	15
Ilustración 3 Proyección solar Casino y Hotel ANTAY.....	16
Ilustración 4 Aplicación de la ley	18
Ilustración 5 Panel Fotovoltaico	19
Ilustración 6 Inversor trifásico Tauro ECO 100-3-D.....	20
Ilustración 7 Distribución Paneles Solares	21
Ilustración 8 Distribución Sala Eléctrica	22
Ilustración 9 Montaje de Paneles	22
Ilustración 10 Sala Eléctrica	23
Ilustración 11 Calidad del aire	26
Ilustración 12 Contaminación del aire	27
Ilustración 13 Histórico de contaminantes.....	27
Ilustración 14 Hidro Lavadora	33
Ilustración 15 Equipo de Limpieza Automático	34
Ilustración 16 Plataforma ES2632	36
Ilustración 19 Tipo de Gabinete.....	42
Ilustración 20 Conexionado	42
Ilustración 21 PowerWall	44

Ilustración 17 Consumo Eléctrico Hotel.....	47
Ilustración 18 Consumo Eléctrico Casino.....	47

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cálculo carga baterías de litio.....	43
Tabla 2 Cálculo carga "PowerWall"	44
Tabla 3 Distribución de consumo	46
Tabla 4 valores económicos.....	50
Tabla 5 desglose de valorización	52
Tabla 6 costos fijos	52
Tabla 7 consumo y proyección de ahorro	54
Tabla 8 proyección en tiempo del consumo	55
Tabla 9 proyección de ahorro en CLP	56
Tabla 10 proyección de ahorro en el tiempo.....	57
Tabla 11 costo por mantenimiento.....	58
Tabla 12 costo por mantenimiento subcontrato	59
Tabla 13 comparación de valores por mantenimiento	60
Tabla 14 proyección de mantenimientos	60
Tabla 15 comparación de mantenimientos	61
Tabla 16 proyección en tiempo por mantenimientos	62

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 SÍNTESIS

Este proyecto se centrará en dar a conocer un nuevo proyecto del sistema fotovoltaico Off Grid, que actualmente se encuentra en proceso de construcción. Las coordenadas de la ubicación son (27°22'50.2" S; 70°18'50.1" W). Esto corresponde a calle Los Carreras # 2440, ciudad Copiapó, en la cual se encuentra instalado la compañía de entretenimiento ANTAY hotel y casino, el único hotel de la región a nivel de cinco estrellas con certificación Sello "S" (sustentabilidad). Localidad donde se puede disfrutar de una alta gama de máquinas de azar, a su vez disfrutar de los servicios que brinda este local como restaurantes, cines y spa.

El enfoque de este trabajo es detallar, la mejora significativa que contempla la construcción del sistema fotovoltaico a nivel económico, de igual forma evaluar la ineficiencia que presentara el proyecto actual debido a que siendo un sistema fotovoltaico de características industrial, no se acoge a la ley 21.118 (NET Billings), Donde puede ser su propio generador de energía eléctrica y a su vez vender la energía excedente a la red general de la localidad.

1.2 OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el proyecto fotovoltaico off-Grid que se encuentra en construcción en las dependencias de ANTAY, con el propósito de determinar su viabilidad técnica, económica y medioambiental.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Presentar de manera detallada el proyecto fotovoltaico off-Grid, incluyendo sus componentes, diseño y características técnicas.

Identificar los tipos de mantenimiento aplicables al sistema fotovoltaico, determinando las mejores prácticas para garantizar su óptimo funcionamiento y durabilidad.

Investigar la viabilidad de la adquisición de un equipo electro móvil de limpieza en seco, evaluando su impacto en la eficiencia y sostenibilidad del proyecto.

Evaluar la instalación de baterías como parte del sistema fotovoltaico off-Grid y analizar el potencial ahorro económico que representaría para el proyecto.

Realizar un análisis exhaustivo del impacto económico del sistema fotovoltaico off-Grid, considerando los costos de instalación, mantenimiento y proyecciones de ahorro a lo largo de su vida útil.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente la compañía ANTAY posee un activo valorado en 536.000 USD, esto corresponde a una planta solar fotovoltaica de 346 kW.

Para la compañía ANTAY, el propósito de la planta solar fotovoltaica es alimentar a las máquinas de azar durante las horas en que la planta solar tenga la capacidad de entregar la energía, lo que variará día tras día, dependiendo de la condición climática, y su deterioro gradual, luego cuando la planta solar no tenga la capacidad de generar la electricidad para alimentar a las máquinas, se utilizará electricidad de la red eléctrica entregada por C.G.E.

Si bien todo activo debe ser utilizado para lo que fue diseñado, también es necesario extender la vida útil y obtener el mayor rendimiento durante su ciclo de vida. Es aquí donde ANTAY no realizó un estudio mayor, respecto a:

- Mantenimiento de la planta solar fotovoltaica.
- No acogerse a la ley 21.118 (Net Billings).
- Estudiar la viabilidad de realizar el mantenimiento con personal propio.
- Estudio económico para instalar un banco de baterías

Al ser sistema “OFF-Grid” no consideró instalar un banco de baterías para obtener autonomía las 24 horas del día.

1.5 METODOLOGÍA

Para la realización del proyecto fue necesario obtener una variedad de información correspondiente a ubicación geográfica, radiación solar, composición de elementos que conforman la planta solar fotovoltaica, contaminación presente que afectan los paneles solares, ley de eficiencia energética, materiales y herramientas requeridas. Costos asociados que se presentan como consumos mensuales de energía eléctrica, Planos de instalación planos eléctricos, descripciones de los componentes, entre otros.

Con esto fue posible evaluar y determinar de cuánto es ideal realizar el mantenimiento a la planta solar, para mantener la mayor eficiencia energética de la planta solar fotovoltaica y poder gestionar de la mejor manera los recursos humanos y materiales en la ejecución del mantenimiento. Además de evaluar de manera económica comparando si el mantenimiento preventivo a aplicar es viable con personal interno o subcontratar el servicio de mantención. Verificando la proyección del presupuesto por a lo menos 15 años. Que la compañía mantendrá la licitación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEORICO

Para comprender este trabajo es necesario conocer los siguientes conceptos básicos referentes a mantenimiento industrial, materiales y electricidad.

2.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Se refiere a un conjunto integral de actividades, procesos y estrategias destinadas a garantizar la disponibilidad, confiabilidad, eficiencia y seguridad de los activos industriales, incluyendo maquinaria, equipos, instalaciones y sistemas a lo largo de su ciclo de vida. El mantenimiento industrial abarca todo el espectro de gestión y cuidado de activos utilizados en entornos industriales y comerciales.

Este concepto amplio incluye aspectos como la planificación y programación de tareas de mantenimiento, la gestión de repuestos y materiales, la capacitación del personal, la adopción de tecnologías de monitoreo y análisis de datos, la mejora continua de procesos y la implementación de estrategias de mantenimiento proactivo y predictivo.

El mantenimiento industrial no solo se limita a la reparación de equipos averiados, sino que se enfoca en maximizar la eficiencia, la vida útil y la rentabilidad de los activos industriales a lo largo del tiempo, contribuyendo a la competitividad y el éxito de las organizaciones en la industria. El mantenimiento industrial es un conjunto de actividades y procesos destinados a garantizar que los equipos, maquinarias y sistemas utilizados en la industria funcionen de manera eficiente y confiable durante su vida útil.

Existen diferentes enfoques y estrategias de mantenimiento industrial, que incluyen:

Mantenimiento Preventivo: Consiste en realizar inspecciones y tareas de mantenimiento planificadas de manera regular para prevenir averías y mantener los equipos en óptimas condiciones.

Mantenimiento Correctivo: Se lleva a cabo para reparar equipos y sistemas después de una avería inesperada. El objetivo es restaurar la funcionalidad lo más rápido posible.

Mantenimiento Predictivo: Utiliza técnicas de monitoreo y análisis para predecir el momento en que un equipo requerirá mantenimiento antes de que ocurra una avería. Esto se basa en la recopilación de datos y el análisis de tendencias.

Mantenimiento Proactivo: Se enfoca en la identificación y eliminación de las causas subyacentes de problemas recurrentes, mejorando así la confiabilidad de los equipos.

Mantenimiento Total Productivo (TPM): Se centra en la participación de los empleados y busca maximizar la eficiencia y la productividad de los activos mediante la reducción de pérdidas y el aumento de la eficiencia global del equipo.

Mantenimiento Basado en la Condición (CBM): Similar al mantenimiento predictivo, se basa en la evaluación continua de las condiciones de los equipos para determinar cuándo se debe realizar el mantenimiento.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM): Se basa en el análisis detallado de los componentes críticos de los activos para determinar las estrategias de mantenimiento más adecuadas.

2.2 ENERGÍA

La energía es una propiedad fundamental y omnipresente en el universo que se manifiesta de diversas formas y es esencial para todas las actividades y procesos en la naturaleza y la tecnología. Es la capacidad de realizar trabajo o causar cambios en el estado de la materia y se presenta en múltiples formas, como energía mecánica, eléctrica, térmica, química, nuclear, cinética, potencial y más.

La energía es una entidad cuantificable y se mide en unidades como julios o vatios-hora. Se puede convertir de una forma a otra mediante procesos físicos y químicos, y es un recurso vital en la sociedad moderna para la generación de electricidad, el transporte, la calefacción, la refrigeración, la producción industrial y prácticamente todos los aspectos de la vida cotidiana.

El estudio y la gestión de la energía son fundamentales para la ingeniería y la sostenibilidad, ya que implican la optimización de la producción, distribución y uso de la energía para satisfacer las necesidades humanas y minimizar el impacto ambiental.

Comprender la energía es esencial para abordar los desafíos actuales, como el cambio climático y la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles.

La energía es definida como: la capacidad de los cuerpos para realizar algún tipo de trabajo y producir cambios en ellos mismos o en otros cuerpos. Este término posee gran relevancia, permitiendo el desarrollo de la vida. A su vez lo que respecta con la economía.

En Chile, la generación de energía eléctrica se obtiene a partir de dos grandes sistemas eléctricos los cuales concentran el 99,2 % de la capacidad instalada, estos son el

Sistema Interconectado Norte Grande (SING) con un 23,1 % y el Sistema Interconectado Central (SIC) con el 76,1 %, luego el restante 0,8 % se reparte entre los Sistemas Medianos compuestos por de mayor a menor generación, los sistemas de Magallanes, de Aysén, de Los Lagos e Isla de Pascua. Considerando los seis sistemas de generación, se tiene una capacidad total instalada de generación eléctrica neta de 22.779,8 [MW] (CNE, 2017) siendo predominada por los combustibles fósiles con un 56,7 %, no obstante, cabe destacar que la tecnología que lidera la matriz eléctrica nacional corresponde a la Hidroelectricidad convencional con el 27,1 %.

Ciertamente, existen varios tipos de energía, cada uno de los cuales se produce de manera diferente y tiene usos específicos. A continuación, se describe algunos de los tipos y usos de energía más importantes:

- **Energía Mecánica:** Se relaciona con el movimiento y la posición de objetos. Se puede generar mediante motores, máquinas y movimiento cinético, Se utiliza en la industria para realizar trabajo mecánico, como levantar objetos con grúas, mover vehículos y operar maquinaria pesada.
- **Energía Eléctrica:** Se genera mediante la conversión de otras formas de energía, como la química en baterías, la cinética en generadores eléctricos o la luz solar en paneles solares, se utiliza para iluminación, calefacción, electrodomésticos, electrónica, transporte eléctrico, y es la forma de energía más versátil y ampliamente utilizada en la sociedad moderna.
- **Energía Térmica:** Se genera mediante el calor. Puede provenir de la combustión de combustibles fósiles, la energía solar térmica, la energía geotérmica, entre otros, se utiliza para calefacción residencial e industrial, generación de vapor para producir electricidad, y procesos industriales que requieren altas temperaturas.
- **Energía Química:** Se almacena en enlaces químicos de sustancias y se libera durante reacciones químicas, como la combustión de combustibles o la reacción en baterías, se utiliza en baterías, motores de combustión interna, y es fundamental en la industria química y farmacéutica.
- **Energía Nuclear:** Se libera durante la fisión nuclear, donde los núcleos atómicos se dividen, o en la fusión nuclear, donde los núcleos se combinan, principalmente se utiliza en la generación de electricidad en centrales nucleares. También se utiliza en aplicaciones militares y de investigación.
- **Energía Solar:** Se obtiene a partir de la radiación solar capturada por paneles solares fotovoltaicos o térmicos, se utiliza para generar electricidad, calentar agua y proporcionar energía en aplicaciones remotas o espaciales.
- **Energía Eólica:** Se obtiene del movimiento del viento, que hace girar aerogeneradores, se utiliza para generar electricidad en parques eólicos y aplicaciones de bombeo de agua.

- **Energía Hidroeléctrica:** Se obtiene de la caída de agua desde una altura, que hace girar turbinas conectadas a generadores eléctricos, se utiliza para la generación de electricidad en centrales hidroeléctricas, y es una fuente importante de energía renovable.
- **Energía de Biomasa:** Se deriva de materia orgánica, como madera, cultivos y residuos orgánicos, que se queman o procesan para generar calor o electricidad, se utiliza en calefacción, generación de electricidad y biocombustibles.

2.3 ELECTRICIDAD

Es una forma de energía que resulta de la presencia y movimiento de partículas cargadas eléctricamente, como electrones. Se manifiesta en diversas formas, incluyendo corriente eléctrica, campos eléctricos y campos magnéticos. La electricidad es fundamental en la sociedad moderna y se utiliza para alimentar dispositivos electrónicos, sistemas de iluminación, electrodomésticos, maquinaria industrial y una amplia gama de aplicaciones.

La electricidad se genera cuando los electrones se mueven a través de un conductor. Este movimiento se puede lograr mediante diversas fuentes de energía, como la química en una batería, la radiación solar en paneles solares o la rotación de turbinas en centrales eléctricas. Cuando los electrones fluyen en una dirección constante a través de un circuito eléctrico, se crea una corriente eléctrica. Esta corriente puede ser alterna (CA), que cambia de dirección periódicamente, o continua (CC), que fluye en una sola dirección. Los dispositivos y componentes eléctricos, como interruptores, resistencias, condensadores y bobinas, se utilizan para controlar y modificar el flujo de corriente eléctrica.

2.4 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es la energía emitida por el Sol en forma de ondas electromagnéticas, que se propaga a través del espacio y llega a la Tierra. Esta radiación solar es la fuente primaria de energía que sustenta la vida en nuestro planeta y juega un papel fundamental en una variedad de procesos naturales y actividades humanas.

La radiación solar está compuesta por diferentes tipos de radiación electromagnética, que varían en longitud de onda y energía, distribuyéndose desde el infrarrojo, radiación visible y a la ultravioleta, a continuación, se entrega una pequeña descripción de cada una:

Radiación infrarroja: Esta es la radiación con longitudes de onda más largas y es responsable del calor que sentimos cuando estamos expuestos al sol. Es esencial para mantener una temperatura adecuada en la Tierra para la vida.

Radiación visible: Esta es la parte de la radiación solar que podemos ver y que se compone de diferentes colores del espectro visible, como el rojo, el naranja, el amarillo, el verde, el azul y el violeta. La radiación visible es crucial para la fotosíntesis en las plantas y para nuestra visión.

Radiación ultravioleta (UV): La radiación UV tiene una energía mayor que la radiación visible y puede ser dañina para la piel y los ojos si se está expuesto en exceso. Sin embargo, la radiación UV también es esencial para la producción de vitamina D en la piel y tiene aplicaciones en la esterilización y desinfección.

La radiación solar es vital para el clima, la meteorología y los ecosistemas de la Tierra, ya que influye en los patrones climáticos, la evaporación del agua, la circulación atmosférica y el ciclo del agua. También es una fuente de energía renovable que se utiliza para la generación de electricidad a través de paneles solares y para calentar agua en sistemas solares térmicos.

La radiación solar se mide en términos de la cantidad de energía solar que llega por unidad de área, generalmente expresada en vatios por metro cuadrado (W/m^2). En lugares como Copiapó, donde la radiación solar es alta, la generación de energía solar puede ser económicamente viable y sostenible.

La radiación solar en una ubicación específica puede variar según la hora del día, la estación del año y las condiciones climáticas locales. Por lo tanto, para aprovechar al máximo la energía solar en Copiapó, es importante realizar estudios y mediciones precisas de la radiación solar y diseñar sistemas de energía solar eficientes, para esto nos ayudamos de la herramienta **Explorador Solar** disponible en la página web del Ministerio de energía, con lo que es posible calcular la cantidad de radiación que recibe Antay durante el año.

2.5 ENERGÍA SOLAR

La energía solar es una forma de energía renovable que se obtiene del sol. Es una fuente de energía sostenible y limpia que se genera aprovechando la radiación solar que emite el sol en forma de luz y calor.

La energía solar tiene muchas ventajas, incluyendo su sostenibilidad, abundancia y su capacidad para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con fuentes de energía más tradicionales, como los combustibles fósiles. Además, a medida que la tecnología solar ha avanzado, los costos de la instalación de paneles solares han disminuido, lo que hace que la energía solar sea cada vez más accesible para hogares, empresas y proyectos a gran escala.

El proceso de generación de energía solar implica la conversión de la radiación solar en energía utilizable, generalmente en forma de electricidad o calor. Aquí hay dos tecnologías principales para lograrlo: Energía solar térmica y Energía solar fotovoltaica, en ésta última nos enfocaremos.

2.6 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Es una tecnología que convierte la energía solar en electricidad directamente mediante el uso de dispositivos llamados células o paneles solares fotovoltaicos. Esta tecnología aprovecha la radiación solar y la convierte en electricidad de corriente continua (CC) que luego puede ser utilizada para alimentar dispositivos eléctricos, cargar baterías o ser convertida en corriente alterna (CA) para su uso en la red eléctrica convencional.

Aquí hay una explicación más detallada de cómo funciona la energía solar fotovoltaica:

Células solares: Los paneles solares fotovoltaicos están compuestos por múltiples células solares. Estas células solares están hechas de materiales semiconductores, comúnmente silicio. Cuando la luz solar incide sobre estas células, los fotones de la luz golpean los átomos en el material semiconductor, lo que provoca la liberación de electrones. Esto crea una corriente eléctrica.

Generación de electricidad: La corriente eléctrica generada por las células solares es de corriente continua (CC). Esta electricidad puede ser utilizada directamente para alimentar dispositivos de corriente continua o cargadores de baterías. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se utiliza un inversor para convertir la corriente continua en corriente alterna (CA), que es la forma de electricidad utilizada en la mayoría de los sistemas eléctricos convencionales.

Almacenamiento y uso: La electricidad generada por los paneles solares puede utilizarse de inmediato para satisfacer las necesidades energéticas de una casa, empresa o instalación. Si se genera más electricidad de la necesaria en un momento dado, el exceso puede ser almacenado en baterías para su uso posterior o vendido a la red eléctrica si se tiene un sistema conectado a la red.

La energía solar fotovoltaica es una forma de energía renovable y limpia, ya que no produce emisiones de gases de efecto invernadero durante su operación y utiliza una fuente de energía abundante y sostenible: la radiación solar. Los sistemas solares fotovoltaicos pueden variar en tamaño, desde pequeños paneles solares en tejados residenciales hasta grandes plantas solares que generan electricidad a gran escala. Esta tecnología desempeña un papel importante en la transición hacia una matriz energética más sostenible y en la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles.

2.7 PANELES SOLARES

Los paneles solares, también conocidos como módulos solares o módulos fotovoltaicos, son dispositivos que convierten la energía solar en electricidad mediante un proceso llamado efecto fotovoltaico.

Los paneles solares son dispositivos diseñados para capturar la energía de la radiación solar y convertirla en electricidad utilizable. Son un componente esencial en la tecnología de generación de energía solar fotovoltaica.

Los paneles solares generalmente están compuestos de múltiples celdas solares interconectadas. Estas celdas solares están hechas de materiales semiconductores, comúnmente silicio cristalino. Los dos tipos principales de paneles solares basados en silicio son:

2.7.1. PANELES SOLARES DE SILICIO MONOCRISTALINO:

Fabricados a partir de un solo cristal de silicio, son conocidos por su eficiencia y rendimiento.

2.7.2. PANELES SOLARES DE SILICIO POLICRISTALINO:

Fabricados a partir de múltiples cristales de silicio, son una opción más económica pero ligeramente menos eficiente.

El principio de funcionamiento de los paneles solares se basa en el efecto fotovoltaico, que es la capacidad de ciertos materiales semiconductores, como el silicio, para generar una corriente eléctrica cuando se exponen a la radiación solar. Una descripción general del proceso: Los fotones de la luz solar golpean la superficie de las celdas solares, transfiriendo su energía a los electrones en el material semiconductor. Esta energía extra hace que los electrones se muevan, creando una corriente eléctrica. Un campo eléctrico en la celda solar, creado por las capas dopadas con diferentes tipos de silicio, dirige los electrones hacia una dirección específica, generando así una corriente eléctrica continua. Esta corriente eléctrica se captura y se utiliza como electricidad.

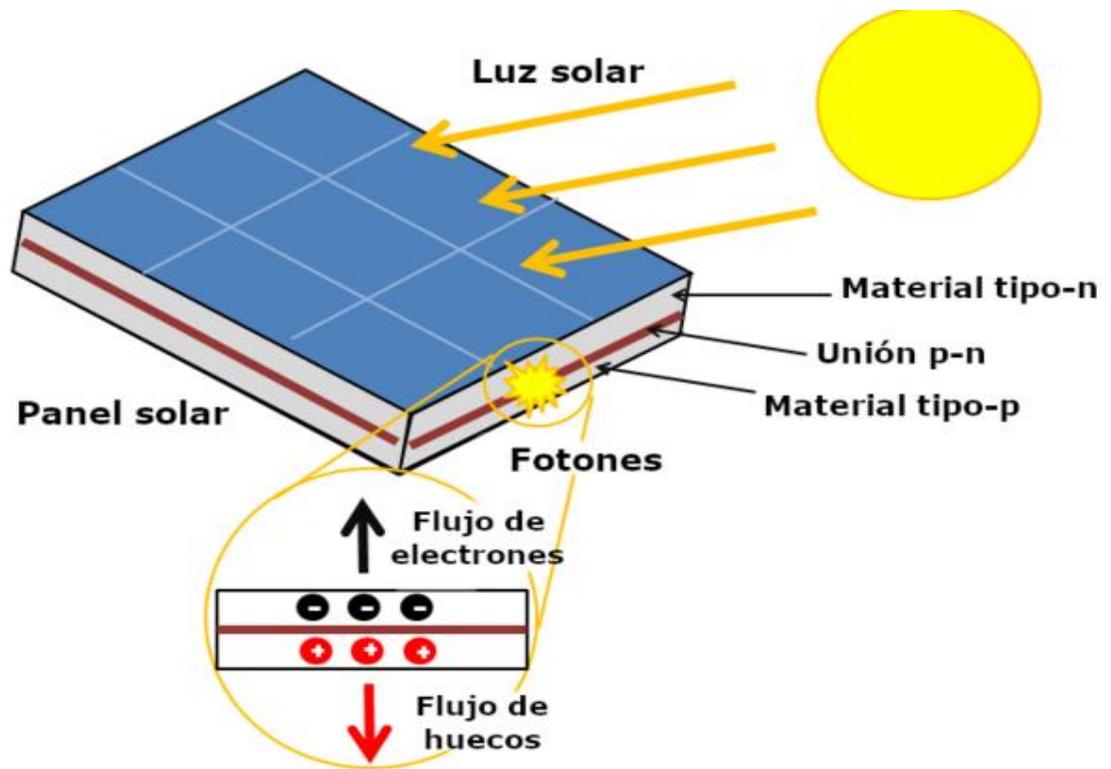


Ilustración 1 Sistema Fotovoltaico

2.8 UNIDAD DE MEDIDA KWH (KILO WATT HORA)

El kilovatio-hora (kWh) es una unidad de medida de energía en el sistema internacional. Se compone de dos partes:

2.8.1 Kilovatio (kW): Unidad de potencia que equivale a 1,000 vatios. La potencia se refiere a la tasa de transferencia de energía, es decir, la rapidez con la que se realiza el trabajo o se consume la energía.

2.8.2 Hora (h): Unidad de tiempo. En el contexto del kWh, se refiere al periodo durante el cual se ha estado utilizando una cierta cantidad de potencia.

La combinación de estas dos unidades proporciona una medida de la energía total consumida o producida durante un período específico. Matemáticamente, un kilovatio-hora se define como la energía consumida o producida por un dispositivo con una potencia constante de un kilovatio durante una hora.

Esta unidad es comúnmente utilizada en la facturación de electricidad, ya que representa la cantidad total de energía utilizada. Por ejemplo, si un dispositivo tiene una potencia de 1 kilovatio y se utiliza durante 3 horas, habría consumido 3 kilovatios-hora de energía. El kWh es esencial para medir y cuantificar el consumo eléctrico en hogares, empresas y en la generación de energía a gran escala.

CAPITULO III

3. PROYECTO FOTOVOLTAICO OFF-GRID EN CASINO ANTAY

En la actualidad la verdadera revolución industrial se ha focalizado en cómo generar energías limpias, esto con la premura de salvar el planeta. Por lo cual compañías a nivel mundial se han puesto en campaña para la fomentación e investigación del desarrollo de energías limpias.

Algunas de las principales compañías generadoras de energías limpias en el país de Chile son:

- MAINSTREAM RP
- ENEL GREEN POWER
- ENGIE ENERGÍA CHILE
- ENTRE OTRAS

Estas compañías en conjunto entregarán al país de Chile aproximadamente 6000 mega Watts de energía eléctrica producida por energía limpia.

Actualmente la compañía española EGASA, ha logrado adquirir licitación, por un periodo de 15 años con el complejo ANTAY. Donde aportará 76 mil Unidades de fomento al municipio de Copiapó en la región de Atacama. Por lo cual se mantiene entregando entretenimiento a personas locales y extranjeras.



Ilustración 2 Casino ANTAY

Actualmente esta compañía se encuentra en proceso de expansión y mejoramiento estructural. Incorporando en sí un sistema Fotovoltaico “OFF-Grid”.

ANTAY en la búsqueda de utilizar energías limpias, decidió realizar la instalación de una planta solar fotovoltaica, de una capacidad de 375KW, compuesta por una totalidad de 585 paneles fotovoltaicos, montados en estructuras metálica dando sombra a los vehículos de los clientes.

El sistema fue diseñado en modalidad off-Grid, para ser utilizado únicamente para energizar a las máquinas de azar de Casino, esto solo ocurrirá mientras la planta solar fotovoltaica tenga la capacidad de generación de energía para lograrlo, en las horas en que la planta solar no sea capaz de energizar las máquinas de azar, éstas serán alimentadas por la red eléctrica convencional.

Además, se diseñó con la utilización de un pequeño banco de baterías, pero solo para mantener energizadas las máquinas de azar al momento de pasar desde la energía generada por la planta solar hacia la energía entregada por C.G.E.

El banco de baterías diseñado con la misma funcionalidad de las UPS, pero ANTAY ya cuenta con una UPS Online de 200 KVA.

A continuación, en la ilustración 3, se grafica la cantidad de radiación que recibe anualmente ANTAY, esta información es obtenida a través del explorador solar, que en su página web dispone de la herramienta para seleccionar el punto de interés y revisar la cantidad de radiación solar que recibe.

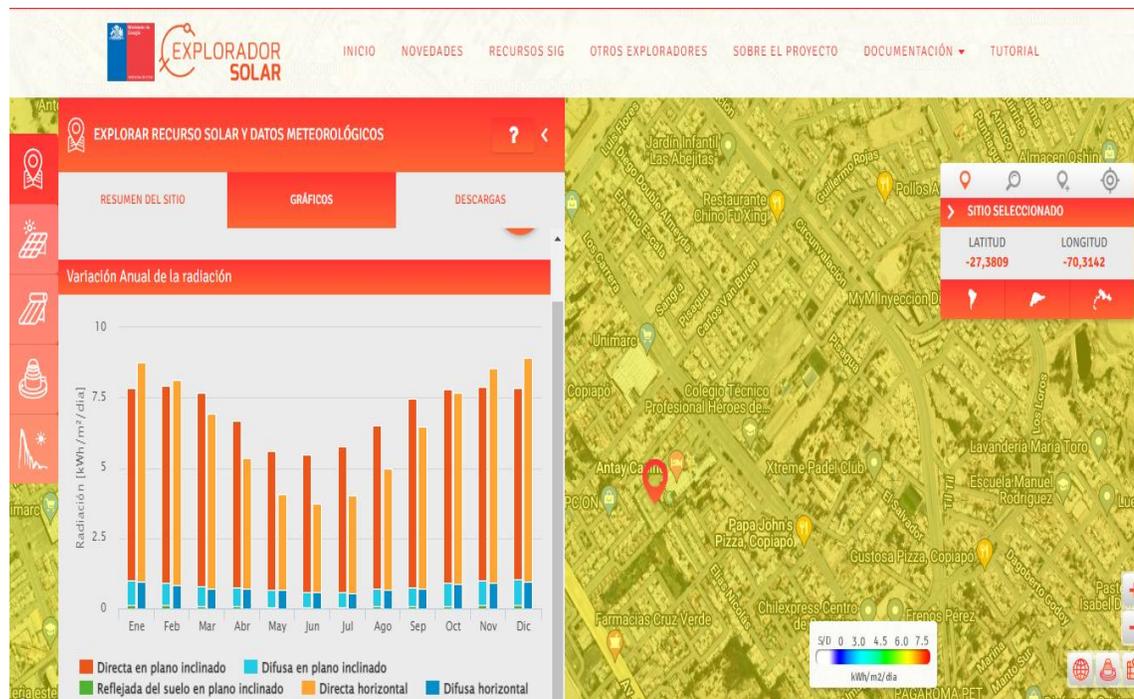


Ilustración 3 Proyección solar Casino y Hotel ANTAY

3.1 NORMATIVA VIGENTE

La normativa nacional vigente en Chile aplicable del presente proyecto, como así procedimientos e instructivos relacionados, los cuales se listan a continuación:

- Ley General de Servicios Eléctricos, DFL 4.
- Ley n° 20.571, Ley antigua de regulación tarifaria para generadores residenciales.
- Ley n° 21.118, Regulación actual del pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales.
- Pliegos técnicos RIC desde el N°1 al N°19.
- Norma Técnica de Conexión y Operación de Equipamiento de Generación en Baja Tensión.
- Procedimiento de Puesta en Servicio RGR n° 01/2020.
- Instrucción Técnica RGR n° 02/2017.
- Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio, “NTS y CS”.
- NCh 2/84: Electricidad, Elaboración y Presentación de proyectos.
- NCh 2369/2003: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- NCh 3171/2010: Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de cargas.
- NCh 432/2010: Diseño estructural – Cargas de viento.

3.2 LEY 21.118 NET BILLING CHILE

Otorga el derecho a clientes de una empresa de distribución eléctrica, residenciales o empresas, a generar su propia energía a partir de sistemas de energías renovables no convencionales o cogeneración eficiente.

En los casos donde el autoconsumo genera excedentes, estos se inyectan a la red eléctrica. Esta situación permite al cliente vender esos kilowatts a la empresa distribuidora.

También conocida como la Ley de Generación Distribuida para el Autoconsumo, es necesario diferenciarla de la Ley PMGD (Pequeños Medios de Generación Distribuida), enfocada a empresas con grandes consumos energéticos.

Las características más importantes de la Ley 21.118 son:

El límite de los generadores pasó de 100 kilowatts a 300 kilowatts, enfocado para sectores de producción.

Permite a usuarios (denominados BT1), que comparten un espacio en común (condominios, por ejemplo), instalar un sistema comunitario de generación de energía renovable.

La energía excedente se traspasa a otros inmuebles del mismo dueño. La condición es que deben estar conectados a la misma empresa de distribución.

El descuento por inyección no solo se aplica al cargo por suministro de energía, sino a todos los ítems por los que cobra la empresa distribuidora.

Un detalle importante es que para recibir pagos por excedentes no descontados de clientes con generación de hasta 300 kilowatts, deben ser proyectos creados para autoconsumo y no solo para generar inyección a la red.

Lo anterior no aplica para clientes residenciales con potencia conectada de hasta 20 kilowatts y personas jurídicas sin fines de lucro con potencia conectada de hasta 50 kilowatts.



Ilustración 4 Aplicación de la ley

3.3 SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID

Este sistema hace referencia directa en ser un proceso de generación de energía eléctrica autónoma, donde se compone de paneles, cableado, inversores, baterías. Entre otros, sin embargo, no se encuentra conectada a la Red de suministro público.

A continuación, se describe las especificaciones técnicas de los componentes utilizados en la planta solar fotovoltaica de ANTAY:

3.3.1. PANELES FOTOVOLTAICOS

Se proyecta la adquisición de 585 paneles, mismo que se refiere a la ilustración número 5. Este mantiene las siguientes características.

Especificaciones módulos fotovoltaicos:

- Voltaje máxima potencia, de cada módulo: 42,05 V
- Corriente máxima potencia, de cada módulo: 13,08 A
- Potencia nominal: 550 Watts
- Coeficiente de temperatura voltaje: $-0,36\%/^{\circ}\text{C}$
- Coeficiente de temperatura corriente: $0,050\%/^{\circ}\text{C}$
- Rendimiento: 21,3 %
- Dimensiones: 2279/1134/35 (en mm)
- Peso: 29,1 kg
- Células solares: monocristalinas
- Cantidad de células: 110
- Protección IP: 68 AWG

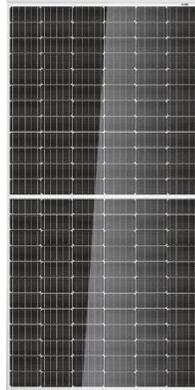


Ilustración 5 Panel Fotovoltaico

3.3.2. INVERSORES

Se proyectó la adquisición de 3 inversores Fronius modelo tauro eco 100 3-D. con la finalidad de realizar la conversión de CC \sim CA se detalla las características de entrada y salida

3.3.2.1. Datos de entrada:

- Corriente máxima de entrada 175 Amperios
- Rango de tensión entrada CC 580 ~ 1000 V
- Tensión CC mínima de puesta en marcha 650 V
- Máxima potencia de instalación fotovoltaica 57 Kw peak

3.3.2.2. Datos de salida:

- Potencia nominal CA 100 KW
- Máxima potencia de salida 100 KVA
- Corriente de salida 151 A at 220V ca
- Rango de tensión 180 ~ 270 V



Ilustración 6 Inversor trifásico Tauro ECO 100-3-D

3.4 MONTAJE DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Para la instalación de los paneles fotovoltaicos, se realiza la fabricación de 5 estructuras soportantes metálicas, para tales estructuras se realizaron trabajos de obras civiles.

En la figura 7 se muestra la distribución de los paneles, los cuales se encuentran distribuidos en 4 estructuras con 125 paneles y 1 una estructura con 85 paneles.

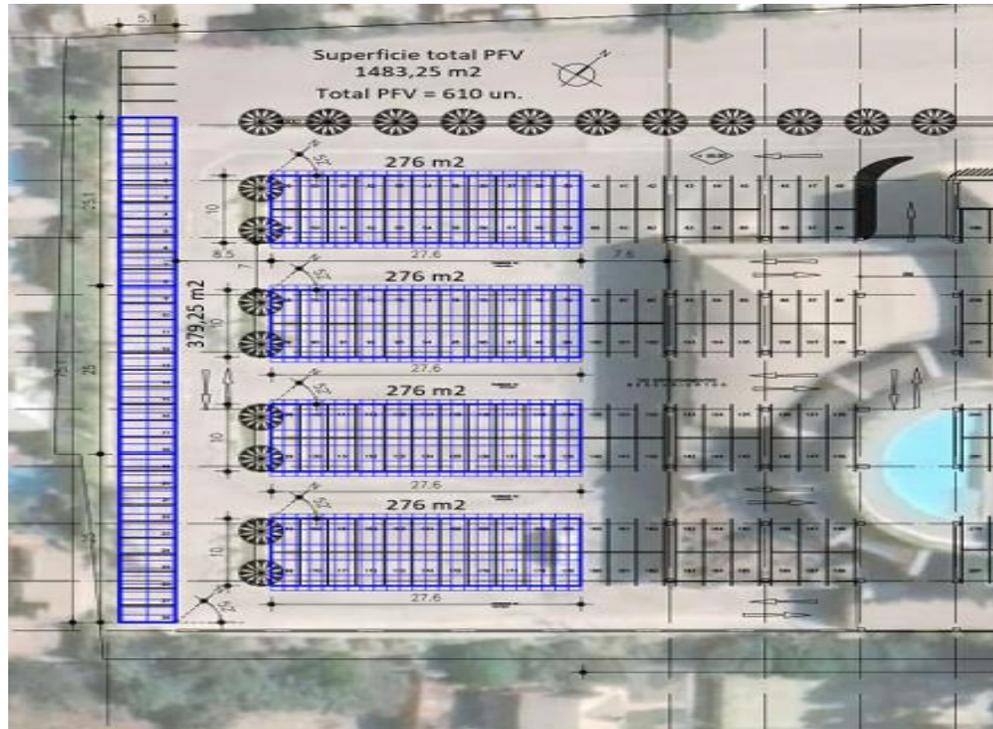


Ilustración 7 Distribución Paneles Solares

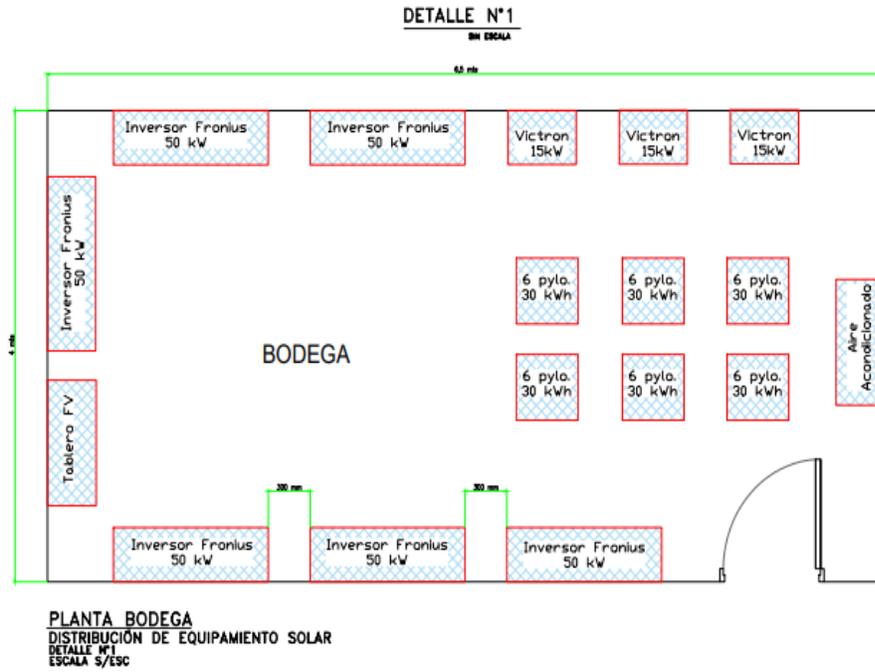


Ilustración 8 Distribución Sala Eléctrica



Ilustración 9 Montaje de Paneles

3.5 MONTAJE DE INVERSORES

Se habilita sala eléctrica en sector subterráneo. Para realizar el montaje de T.D.F. e inversores Fronius, para el proyecto inicial se habría considerado instalar 6 inversores Fronius de 50kw potencia máxima, sin embargo, se determinó instalar 3 equipos Fronius de 100Kw



Ilustración 10 Sala Eléctrica

3.6 ENERGÍA GENERADA

Con los datos técnicos de los componentes que conforman la planta solar, es posible ayudarnos de la herramienta en línea del explorador solar e ingresar la información conocida, con esto es posible obtener una proyección de la generación de energía, tanto diario como mensual y anual.

A continuación, se muestran los datos ingresados en la herramienta explorador solar del ministerio de energía, los cuales son redondeados a números enteros:

Configuración	Fijo Inclinado
Montaje	open rack cell glassback
Inclinación	45°
Azimut	0°
N° celdas por panel	110
N° paneles	585
Voltaje máxima potencia	42 V
Corriente máxima potencia	13 A
Voltaje circuito abierto	38 V
Coef. temperatura voltaje	0 %/°C
Corriente cortocircuito	18 A
Coef. temperatura corriente	0 %/°C
Ef. Inversor	98.0 %
Pérdidas	5 %

Dando como resultado los siguientes valores

Capacidad Instalada	319.41 kW
Total Diario	1.78 MWh
Total Anual	650.48 MWh
Factor de Planta	23.0 %

Los valores mensuales y por hora son los siguientes:

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
MWh	52.33	51.56	60.66	55.41	51.01	49.21	53.31	57.04	58.98	58.07	52.04	50.78

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
kWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	3.12	31.02	102.94	172.95	231.22
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
kWh	262.94	269.4	251.83	211.25	152.03	81.29	11.47	0.64	0.0	0.0	0.0	0.0

CAPÍTULO IV

4. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Es importante proponer y desarrollar un plan de mantenimiento para el sistema solar fotovoltaico, se analizará los siguientes puntos:

- Factores de contaminación de los módulos o paneles solares.
- Gestionar la capacitación de personal para realizar el mantenimiento
- Analizar cuándo es el mejor momento para realizar el mantenimiento.
- Analizar las herramientas e insumos para realizar el mantenimiento.
- Comparar costos por realizar el mantenimiento con personal de mantenimiento propio de ANTAY v/s el mantenimiento realizado por una empresa externa.
- Recomendar la mejor opción de mantenimiento.

Es importante tener en consideración la vida útil de los componentes del sistema solar fotovoltaicos, el correcto mantenimiento permitirá obtener el mayor rendimiento de los equipos.

4.1 FACTORES DE CONTAMINACIÓN DE LOS PANELES SOLARES.

La ciudad de Copiapó se conoce por su alta polución, existen factores como los relaves mineros alrededor de la ciudad, por fuera del casino se encuentra la calle Los Carreras, la cual es uno de los ejes que une la ciudad con la zona industrial de Paipote, colindante en su perímetro con viviendas y terrenos baldíos, de igual forma la avenida principal de COPAYAPU es un alto contaminante del sector por lo que diariamente circula una gran cantidad de vehículos particulares, locomoción colectiva y vehículos de empresas, levantando una gran cantidad de material particulado al ambiente desde el piso y también producto de los gases de la combustión de los vehículos.

Se debe considerar el tránsito diario de los vehículos que ingresan diariamente al estacionamiento de Casino ANTAY, estos influirán en gran medida a la contaminación de los paneles y por último se debe considerar la alta posibilidad que sean contaminados con materia fecal de las aves que rodean el lugar, como también hojas, flores y polen de la vegetación que rodea el lugar.

IQAir proporciona información sobre la calidad del aire a través de su plataforma AirVisual, que ofrece datos en tiempo real sobre la calidad del aire en diversas ubicaciones en todo el mundo. Esta información se recopila a partir de estaciones de monitoreo y sensores distribuidos globalmente, lo que permite a las personas conocer la calidad del aire en su área y tomar medidas para proteger su salud.

Según la plataforma de IQAir indica un índice de 80 ICA EE.UU. el cual varía en tiempo real de acuerdo a las condiciones climáticas y los distintos factores que influyen en la calidad del aire.

La ciudad de Copiapó posee una calidad moderada en que las partículas PM2.5, también conocidas como partículas finas, se refieren a partículas suspendidas en el aire que tienen un diámetro aerodinámico de 2.5 micrómetros o menos. Estas partículas son extremadamente pequeñas y pueden ser inhaladas profundamente en los pulmones, lo que las hace preocupantes desde el punto de vista de la salud humana.

Las fuentes comunes de partículas PM2.5 incluyen la quema de combustibles fósiles (como en vehículos y plantas de energía), incendios forestales, la quema de residuos agrícolas, la fabricación industrial y otras actividades humanas. Debido a su tamaño diminuto, las partículas PM2.5 pueden contener compuestos dañinos y toxinas, y la exposición prolongada a niveles altos de PM2.5 se ha asociado con problemas respiratorios y cardiovasculares, así como con otros efectos adversos para la salud.

Los índices de calidad del aire, IQAir, a menudo incluyen mediciones de partículas PM2.5 para evaluar la calidad general del aire. Los niveles más altos de PM2.5 suelen indicar una calidad del aire más baja y pueden tener implicaciones para la salud, especialmente para personas sensibles, como aquellas con problemas respiratorios preexistentes, niños y personas mayores.



Ilustración 11 Calidad del aire



Ilustración 12 Contaminación del aire

Sin embargo, se mantiene con un alto índice según la OMS esta se encuentra 5.2 veces más contaminada del margen de seguridad de la misma institución de la salud.

Aproximadamente $25.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM2.5

Proyección histórica de la contaminación en Copiapó manteniendo una barrera superior a los $20.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

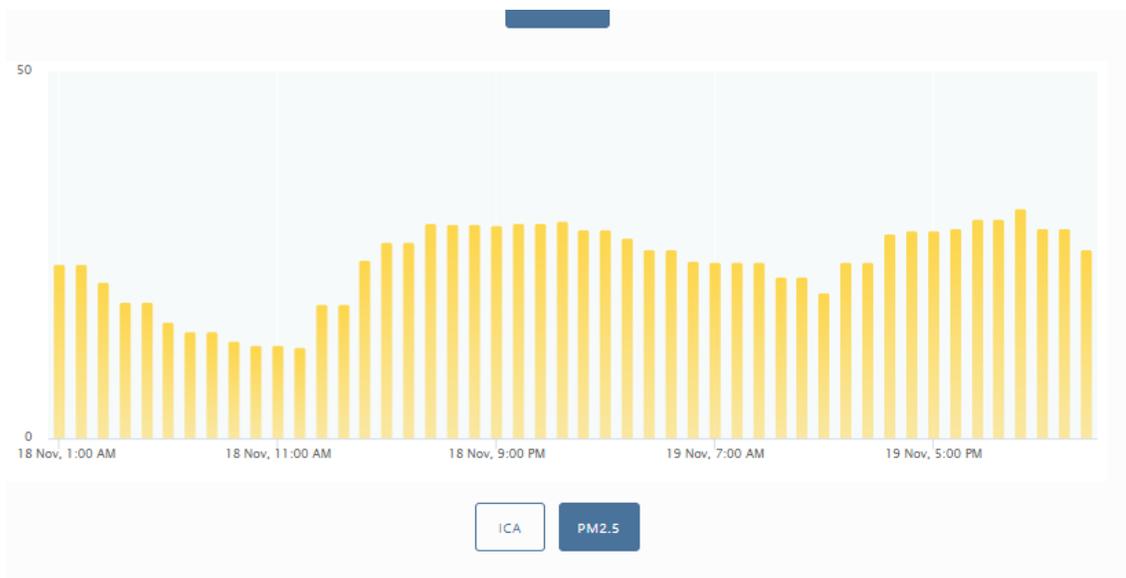


Ilustración 13 Histórico de contaminantes

4.2 COSTO Y DETALLE DEL MANTENIMIENTO

Si bien los sistemas fotovoltaicos son de mantenimiento práctico, estos deben mantener ciertos criterios y frecuencia establecida por sector geográfico, se debe mantener el sistema solar fotovoltaico en óptimas condiciones, esto a su vez posee costos asociados, por lo que se procede además a evaluar la recuperación de la inversión, en las distintas opciones de mantenimiento que se están analizando.

Primero se procede a realizar la proyección del mantenimiento con personal propio, por lo que se debe considerar lo siguiente:

El mantenimiento manual con personal propio tiene una duración de 3 días continuos en la actividad, por lo que este personal si es requerido para realizar otras actividades de mantenimiento de casino, deberán dejar de lado el mantenimiento si es que deben realizar otra actividad de mayor prioridad, esto puede provocar que el mantenimiento tenga una duración mayor a programada.

También se considera un aumento del 1% en el costo anual del mantenimiento

4.3 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL MANTENEDOR

Si ANTAY decide utilizar a su personal, será necesario capacitar al personal para realizar el mantenimiento.

La capacitación del personal para el mantenimiento de una planta solar fotovoltaica es fundamental para garantizar el funcionamiento óptimo y la seguridad de la instalación

La capacitación del personal se realizará con la empresa “RED CAPACITACIÓN” a la cual se puede acceder con la franquicia tributaria mediante código SENCE, en este curso de capacitación se impartirán los conocimientos necesarios para el correcto mantenimiento del sistema solar fotovoltaico.

El personal será entrenado y aprenderán lo siguiente:

4.3.1. CONOCIMIENTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD:

Entender los conceptos básicos de electricidad, incluyendo voltaje, corriente, resistencia y potencia.

Comprender los circuitos eléctricos y cómo funcionan.

4.3.2. RIESGOS ELÉCTRICOS:

- Conciencia de los riesgos eléctricos y cómo evitarlos.
- Conocimiento de las normas de seguridad eléctrica, como el uso de equipo de protección personal (EPP) y medidas de seguridad en caso de cortocircuitos.

4.3.3. MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

- Aprender a realizar inspecciones regulares de los paneles solares para detectar suciedad, daños o conexiones sueltas.
- Conocer los procedimientos para limpiar los paneles solares de manera segura.

4.3.4. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMAS:

- Desarrollar habilidades para identificar y solucionar problemas comunes, como paneles dañados, conexiones sueltas o cableado defectuoso.

4.3.5. USO DE HERRAMIENTAS:

- Aprender a utilizar herramientas básicas, como destornilladores, llaves, multímetros y equipos de limpieza.

4.3.6. MEDICIÓN DE RENDIMIENTO:

- Saber cómo medir la producción de energía de los paneles solares y cómo interpretar los datos en sistema HMI.

4.3.7. SEGURIDAD EN EL TRABAJO:

- Conocimiento de las normas de seguridad en el lugar de trabajo y procedimientos de evacuación.
- Entender cómo minimizar los riesgos asociados con la altura y los riesgos químicos en la limpieza de paneles.

4.3.8. DOCUMENTACIÓN Y REGISTROS:

- Aprender a mantener registros precisos de mantenimiento, inspecciones y reparaciones.
- Comprender la importancia de documentar incidentes y realizar un seguimiento de las actividades de mantenimiento.

4.3.9. NORMATIVAS Y REGULACIONES:

- Familiarizarse con las regulaciones locales y nacionales relacionadas con la seguridad y el mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.

4.3.10. ACTUALIZACIÓN CONTINUA:

- Reconocer la importancia de mantenerse al tanto de las últimas tendencias y avances en la industria solar a través de la educación continua.

4.4 ANALISIS DE CUANDO REALIZAR EL MANTENIMIENTO.

Determinar el mejor momento para realizar el mantenimiento del sistema solar fotovoltaico en ANTAY, Copiapó, Chile, implica un enfoque estructurado que abarca desde la documentación inicial hasta la finalización de las inspecciones y el mantenimiento, a continuación, se detallan las actividades necesarias por el personal de mantenimiento que debe realizar:

4.4.1. DOCUMENTACIÓN INICIAL:

- El personal debe reunir toda la documentación técnica de la planta, incluyendo planos, esquemas eléctricos y manuales de los componentes. Deben asegurarse de tener acceso a los registros de mantenimiento y datos de rendimiento anteriores de la planta.

4.4.2. PROGRAMACIÓN DEL MANTENIMIENTO:

- Cumplir con las recomendaciones del fabricante de los paneles y los componentes, y acoplar según el software de mantenimiento MP

4.4.3. INSPECCIÓN VISUAL PERIÓDICA:

- Realizar inspecciones visuales regulares para buscar daños, suciedad, desgaste y otros problemas evidentes en los paneles solares y sus soportes. Anotar cualquier cambio en la apariencia de los paneles o estructuras.

4.4.4. MONITORIZACIÓN DEL RENDIMIENTO:

- Utilizar sistemas de monitorización para rastrear la producción de energía. Analiza los datos de rendimiento para identificar caídas significativas en la producción. Comparar los datos de producción actuales con los registros históricos y las expectativas.

4.4.5. INSPECCIÓN ELÉCTRICA:

- Realizar pruebas eléctricas para asegurarte de que no haya conexiones sueltas o componentes defectuosos en el sistema. Verificar que los disyuntores y protecciones estén en buen estado de funcionamiento.

4.4.6. ANÁLISIS TERMOGRÁFICO:

- Realizar inspecciones termográficas para detectar puntos calientes en los paneles o conexiones defectuosas. Los puntos calientes pueden indicar un mal funcionamiento que requiere atención.

4.4.7. INSPECCIÓN DE CABLEADO:

- Examinar el cableado y las conexiones para asegurarte de que estén en buen estado y sin daños.
- Comprobar la integridad de las cajas de conexiones.

4.4.8. REGISTRO DE HALLAZGOS:

- Documentar cuidadosamente todas las inspecciones, hallazgos, reparaciones y mantenimientos realizados. Mantener registros detallados para un seguimiento continuo.
- El mejor momento para realizar el mantenimiento se basará en la programación planificada y en la detección de problemas a través de inspecciones y análisis de rendimiento. La monitorización continua y el mantenimiento preventivo son esenciales para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema solar fotovoltaico.

4.5 HERRAMIENTAS E INSUMOS PARA EL MANTENIMIENTO

El mantenimiento de una planta solar fotovoltaica requiere una variedad de herramientas e insumos para llevar a cabo diferentes tareas, que van desde limpiezas manuales hasta sistemas automatizados. A continuación, se listan herramientas e insumos comunes para el mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos:

4.5.1. HERRAMIENTAS PARA LIMPIEZAS MANUALES:

- Cepillos suaves o escobas telescópicas: se utilizan para eliminar el polvo y la suciedad de la superficie de los paneles solares.
- Paños suaves o esponjas: pueden ser utilizados con agua o limpiadores suaves para eliminar manchas o contaminantes en los paneles.
- Cubos y mangueras de agua: para aplicar agua durante la limpieza manual. El agua puede ser desionizada para evitar dejar manchas en los paneles.
- Detergentes suaves: para limpiar los paneles solares en caso de contaminación más persistente.
- Equipos de protección personal (EPP): esto incluye guantes, gafas de seguridad y calzado adecuado para garantizar la seguridad del personal.

4.6 HERRAMIENTAS PARA LIMPIEZA CON AGUA A PRESIÓN:

- **HIDROLAVADORA:**

Estos equipos utilizan agua a alta presión para limpiar los paneles solares de manera eficiente, además la presión ejercida, permite al mantenedor una distancia segura y además el agua no es abrasiva.



Ilustración 14 Hidro Lavadora

1 equipo para lavado

- **Varillas de extensión:**

Se utilizan para alcanzar paneles en lugares altos o de difícil acceso.

4.7 HERRAMIENTAS PARA SISTEMAS AUTOMATIZADOS

- **Vehículos o robots de limpieza solar:**

Algunas plantas solares emplean vehículos o robots diseñados específicamente para limpiar paneles solares de manera automática. Estos pueden estar equipados con cepillos, boquillas de agua y sistemas de navegación.



Ilustración 15 Equipo de Limpieza Automático

- **Insumos:**

- Agua desionizada: se utiliza para evitar manchas en los paneles durante la limpieza con agua.
- Líquidos de limpieza especializados: algunos productos de limpieza solares están diseñados para eliminar depósitos y contaminantes específicos.
- Recubrimientos antiadherentes: algunas plantas aplican recubrimientos especiales en los paneles para reducir la acumulación de suciedad y polvo.
- Repuestos y componentes eléctricos: en caso de inspección y mantenimiento eléctrico, es importante tener a mano repuestos y componentes como cables, conectores y disyuntores.
- Herramientas eléctricas: para apretar o ajustar conexiones eléctricas, como destornilladores, alicates y llaves de conexión.
- Documentación técnica: incluye manuales de los componentes y diagramas eléctricos para referencia durante el mantenimiento.
- Equipos de seguridad y primeros auxilios: esto incluye extintores, kits de primeros auxilios y señales de seguridad.
- Sistema de monitoreo y análisis de datos: herramientas y software para evaluar el rendimiento y detectar problemas en tiempo real.
- Medidores y multímetros: para realizar pruebas eléctricas y verificar la integridad del sistema.

4.8 COMPARATIVA DE COSTOS DE MANTENIMIENTO

4.8.1. COSTO ASOCIADO A EMPRESA EXTERNA

Actualmente existe una empresa externa oferente con los servicios de mantenimiento del sistema solar fotovoltaico, el servicio ofrecido consiste en:

- Servicio cada 3 meses.
- Limpieza con agua potable proporcionada por ANTAY.
- El servicio tiene una duración de 2 días hábiles.
- No se consideran inspecciones preventivas.

Valor por servicio de 1.500.000 pesos chilenos más I.V.A. equivalente a 6.000.000 más I.V.A. totalizando 7.140.000 pesos chilenos brutos.

Mandante debe asumir coste de arriendo de alza hombre

4.8.2. COSTO ASOCIADO A LA CAPACITACIÓN Y ADQUISICIÓN DE EQUIPOS

Si ANTAY desea utilizar a sus trabajadores para realizar el mantenimiento, primero deberá capacitar al equipo ejecutor

Existe un curso de capacitación de operación y mantenimiento de sistemas solares fotovoltaicos, cuenta con 40 horas y es presencial, este curso tiene un valor de \$200.000 pesos chilenos ofrecido por RED CAPACITACIÓN. Este costo es por persona, es recomendable tener 4 técnicos capacitados más la jefatura.

Si el mantenimiento se realiza con agua a presión, se debe obtener una hidro lavadora y una manguera de 100 metros para conectarse a la red de agua potable, ya que no es posible contar con agua desmineralizada, además se requiere el arriendo un equipo alza hombre el cual tiene un valor de arriendo promedio de \$ 375.000 por los tres días mínimo de empresa ALO RENTAL o GS RENTAL, según corresponda equipo cotizado elevador tipo tijera 8 metros modelo ES2632



Ilustración 16 Plataforma ES2632

Dentro de la investigación se procura realizar la adquisición de equipo móvil electro sustentable por lo cual queda como inviable debido a la superficie aplicable u optima que se mantiene actualmente en ANTAY. Los paneles y estructuras mantienen una medida restringida para la maniobrabilidad de un equipo tipo plataforma como se describe anterior modelo ES2632

4.9 MANTENIMIENTO AUTOMATIZADO

Si el mantenimiento se realiza de forma automatizada, es necesario adquirir 6 robot fijos movibles por módulos, el cual tiene un valor de \$18.000.000 pesos chilenos más I.V.A costo de envío \$5.500.000 más impuesto de importación \$1.100.000 pesos chilenos. cotizado a la compañía asiática BLUESUN SOLAR. manteniendo un total neto de \$24.600.000 pesos chilenos más I.V.A.

Los insumos de limpieza necesarios para realizar el mantenimiento tienen un valor total de \$230.000 pesos chilenos, los cuales deben ser adquiridos según demanda.

Con la información conocida, se realizará un estudio y se entregará una propuesta del mantenimiento del sistema solar fotovoltaico para que sea realizado por personal propio de ANTAY.

4.10 RECOMENDACIÓN DEL MANTENIMIENTO

De acuerdo a lo analizado en este capítulo es posible determinar lo siguiente:

- Según IQAir Copiapó es una ciudad con contaminación moderada.
- La ventaja de obtener un servicio externo, es que no se utiliza personal propio para realizar las actividades de mantenimiento preventivo, pero el activo se encuentra descuidado hasta el siguiente servicio.
- La ventaja del mantenimiento con personal propio, permite tener mantenedores con conocimientos específicos al activo, permitiendo un monitoreo programado para detectar posibles fallas con antelación.
- La desventaja de realizar el mantenimiento con personal propio, sobrecarga el recurso humano, con la alta posibilidad de dejar trabajos programados en Casino u Hotel, o la imposibilidad de realizar mantenimiento a la planta solar por posibles actividades que puedan dejar en riesgo la continuidad operacional.
- La ventaja del mantenimiento automatizado es la autonomía e eficiencia de los recursos humanos y activos fijos, pero se debe asumir su alto costo de puesta en marcha.

Por lo tanto, después de evaluar los pro y contras, se recomienda lo siguiente:

- Los mantenedores de ANTAY deben realizar inspecciones cada 30 días, para verificar la operatividad de la planta solar completa y verificar la contaminación que posean los paneles, según la baja en el rendimiento de la planta solar, esta actividad requiere de 2 mantenedores por 4 horas.
- Se recomienda la utilización del equipo automatizado, ya que se evita la utilización de los mantenedores para esta actividad y mantengan la continuidad operacional de ANTAY.
- El departamento de mantención al ser capacitado y con sus inspecciones periódicas, tendrán las aptitudes para evaluar condiciones en los paneles, conductores, inversores y tableros eléctricos para determinar acciones de mantenimiento al sistema solar fotovoltaico.

CAPÍTULO V

5. ANALISIS ADQUISICIÓN BANCO DE BATERÍAS.

5.1 PROBLEMÁTICA

Inicialmente el sistema fue diseñado “ON-Grid”, pero por decisión de la gerencia de ANTAY, optaron por dejar el sistema “OFF-Grid” dando su uso, solo en los momentos en que sea capaz de alimentar las máquinas de juego de casino.

ANTAY presenta actualmente una deficiencia al no utilizar este activo con un mayor retorno energético y monetario, ya que no se acoge a la ley 21.118 (Net Billings) y por ende actualmente no inyecta el excedente de energía a la red eléctrica del distribuidor autorizado de la región de Atacama.

A continuación, se realizará el estudio energético y económico de adquirir un banco de baterías para dar la posibilidad de utilizar el sistema “OFF-Grid” con autonomía las 24 horas del día.

5.2 CONDICIÓN CLIMÁTICA PARA USO DE BATERIAS

Desde la estación meteorológica de Agro clima ubicada en Copiapó, se obtienen datos de las temperaturas mínimas y máximas mensuales correspondientes a la macrozona Valle Central Interior, donde se emplaza el presente proyecto. Detallando los parámetros:

Temperatura mínima absoluta 0°C

Temperatura máxima absoluta 32,2°C

El proyecto fotovoltaico de ANTAY. Se considera OFF-Grid. Todo lo generado se consumirá durante el período de funcionamiento. Aproximadamente en un intervalo de tiempo correspondiente de 11 horas aproximadamente debido a la proyección solar, para desarrollar la estimación de radiación solar para el presente se ha utilizado como herramienta de estimación el Explorador Solar de Universidad de Chile.

5.3 BENEFICIOS DE UN BANCO DE BATERÍAS

Poseer un banco de baterías en un sistema solar fotovoltaico ofrece varios beneficios, ya que permite almacenar la energía generada por los paneles solares, en la noche cuando los paneles solares ya no reciben la radiación, se encuentran imposibilitados de generar energía, entonces es ahí cuando entra en funcionamiento el banco de baterías, el cual tiene la capacidad de entregar la energía acumulada durante el día y proporciona un suministro de energía constante, además puede reducir la dependencia de la red eléctrica convencional.

Con un banco de baterías, es posible consumir la energía solar generada en lugar de exportarla a la red eléctrica. Esto puede ayudar a reducir las facturas de electricidad y aumentar la autosuficiencia energética.

Cuando los paneles solares generan más energía de la consumida en tiempo real, el exceso se almacena en las baterías. Es posible utilizar esta energía almacenada en momentos de alta demanda cuando el consumo sea mayor al generado por los paneles solares.

Aunque la instalación de un banco de baterías puede ser una inversión inicial significativa, se debe evaluar la cantidad necesaria de almacenamiento para que sea capaz de proporcionar energía durante toda la noche hasta que nuevamente los paneles vuelvan a cargar las baterías.

Al aprovechar la energía solar y reducir la dependencia de fuentes de energía más contaminantes, como los combustibles fósiles, es posible contribuir a la sostenibilidad y ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Al disponer de un sistema de almacenamiento de energía, se disminuye la dependencia de los suministros externos de energía y se está mejor preparado para situaciones de emergencia.

5.4 DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS

El diseño inicial del proyecto considera 6 bancos de baterías con un dimensionado capaz de contener 6 unidades de baterías de litio de la marca PYLONTECH modelo US-5000 capacidad nominal de 4,80 KWh voltaje de 48V ciclo de vida mayor a 6000 Ciclos~95%DoD temperatura óptima de trabajo 21°C. dimensión de 442 mm x 420 mm x 161 mm.

La gerencia decidió no adquirir dichas baterías, por lo que se evaluará la capacidad en baterías necesario para mantener la autonomía en ANTAY.

Según los datos de generación de energía obtenidos en el Capítulo III y los datos de consumo obtenidos del Capítulo I, se realizará el cálculo del requerimiento en baterías.

Sabemos que el mes de junio es cuando se obtendrá el menor rendimiento de la planta solar fotovoltaica, la cantidad promedio de junio será de 49.210 KWH, promediando una generación diaria de 1.640 KWH.

ANTAY Casino y Hotel juntos consumen mensualmente en promedio 391.000 KWH, lo que nos lleva a un promedio diario de consumo de 13.034 KWH, esto supera la capacidad máxima de generación de energía de la planta, por lo que es inviable realizar un estudio para Hotel y Casino juntos, por lo tanto, se procede solo a realizar el estudio para el consumo de las máquinas de azar, ya que poseen un consumo mensual de 29.604 KWH y diario de 986,8 KWH.

Para calcular el requerimiento de las baterías es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad de Batería (KWH)} \\ &= \text{Consumo Diario (KWH)} \times \text{Días de Autonomía} \\ &\times (1 + \text{Factor de Seguridad}) \end{aligned}$$

Como se requiere que el sistema pueda funcionar con batería durante las horas en que la planta solar ya no genere energía, se considera 8 horas de funcionamiento por sobre el consumo de ANTAY, por lo que la variable días de autonomía se le resta las 8 horas dando un valor de 0,66 día, valor que aplicará a la fórmula y por último se aplica un factor de seguridad de un 25%.

$$\text{Capacidad de Batería(KWH)} = 986,8 \text{ KWH} \times 986,8 \times 1.25$$

$$\text{Capacidad de batería (KWH)} = 814,11 \text{ KWH}$$

Si consideramos cubrir este requerimiento energético, es necesario verificar el excedente que nos brinda la planta solar con la siguiente fórmula:

$$\textit{Capacidad Excedente (KWH)} = \textit{Capacidad Carga Diaria} - \textit{Consumo Diario}$$

$$\textit{Capacidad Excedente (KWH)} = 1.640 \textit{ KWH} - 986,8 \textit{ KWH}$$

$$\textit{Capacidad Excedente (KWH)} = 653,2 \textit{ KWH}$$

Como se puede apreciar, en junio el excedente no permite realizar la carga completa de un banco de baterías 814,11 KWH como mínimo.

Pero si comprobamos lo mismo en el mes de marzo, ya que es el mes con mayor generación de energía estimada, dando 60.660 KWH como promedio mensual y generación diaria de 2.022 KWH, vemos el siguiente resultado con la misma fórmula aplicada anteriormente:

$$\textit{Capacidad Excedente (KWH)} = \textit{Capacidad Carga Diaria} - \textit{Consumo Diario}$$

$$\textit{Capacidad Excedente (KWH)} = 2.022 \textit{ KWH} - 986,8 \textit{ KWH}$$

$$\textit{Capacidad Excedente (KWH)} = 1.035,2 \textit{ KWH}$$

Como es posible apreciar, en el mes de mayor generación de energía si es posible realizar la carga completa a un banco de baterías de hasta 1.035,2 KWH.

Ahora para considerar las unidades de baterías a adquirir, se debe realizar la siguiente fórmula:

$$\textit{Cantidad de baterías} = \frac{\textit{Capacidad de Baterías}}{\textit{Capacidad Nominal}}$$

$$\textit{Cantidad de baterías} = \frac{898,8 \textit{ KWH}}{4,8 \textit{ KWH}}$$

$$\textit{Cantidad de baterías} = 187,25 \sim 188$$

Considerando un total de 188 baterías. El valor neto por unidad de éstas mantiene un rango de \$1.412.687 pesos chilenos, totalizando un valor de \$265.585.156 pesos chilenos neto por las 188 unidades de baterías.

Estas baterías mantienen un periodo de vida óptimo de 15 años



Ilustración 17 Tipo de Gabinete

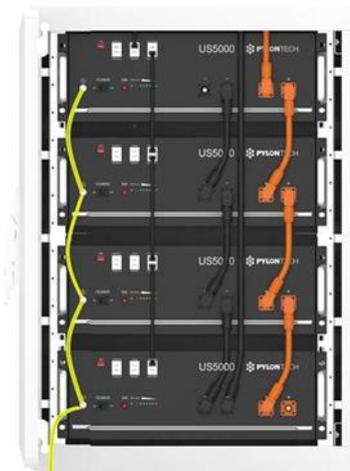


Ilustración 18 Conexionado

5.5 CÁLCULO DE CARGA DE BATERÍA LITIO 100AH 200AH 24V

Utilizando una fórmula de aplicación para la obtención de duración de baterías determinamos por su Voltaje e intensidad

$$\begin{aligned} V_b \times I_b &= W_b \\ V_b \times I_c &= W_c \end{aligned} \quad \frac{W_b}{W_c} = H$$

Ilustración 1 fórmula de aplicación

AREA	porcentaje unitario mensual	cantidad de batería	voltaje batería	amperaje batería AH	potencia batería (WH)	consumo mensual (KW/H)	Amperaje/H	potencia a consumir	duracion baterias	tiempo minimo	tiempo maximo
HOTEL	100%	200			0%	240.030	5.000.625	-		0:23:02	3:11:59
chiller	25%	200	48	100	960.000	60.008	1.250.156	60.007.500	0:23:02		
ascensores	12%	200	48	100	960.000	28.804	600.075	28.803.600	0:48:00		
iluminación	10%	200	48	100	960.000	24.003	500.063	24.003.000	0:57:36		
cámara frigorífica	5%	200	48	100	960.000	12.002	250.031	12.001.500	1:55:11		
bombas impulsoras de H2O	3%	200	48	100	960.000	7.201	150.019	7.200.900	3:11:59		
spa	6%	200	48	100	960.000	14.402	300.038	14.401.800	1:35:59		
equipos resistivos lavandería	10%	200	48	100	960.000	24.003	500.063	24.003.000	0:57:36		
cine	9%	200	48	100	960.000	21.603	450.056	21.602.700	1:04:00		
ascensores electromecánicos	11%	200	48	100	960.000	26.403	550.069	26.403.300	0:52:21		
otros	9%	200	48	100	960.000	21.603	450.056	21.602.700	1:04:00		
CASINO	100%					80.010	1.666.875			0:45:28	4:47:58
máquinas de azar	38%	200	48	100	960.000	30.404	633.413	30.403.800	0:45:28		
cocinas	23%	200	48	100	960.000	18.402	383.381	18.402.300	1:15:07		
iluminación	10%	200	48	100	960.000	8.001	166.688	8.001.000	2:52:47		
ascensor electrohidráulico	9%	200	48	100	960.000	7.201	150.019	7.200.900	3:11:59		
bomba impulsora	6%	200	48	100	960.000	4.801	100.013	4.800.600	4:47:58		
frigoríficos	14%	200	48	100	960.000	11.201	233.363	11.201.400	2:03:25		

Tabla 1 Cálculo carga baterías de litio

Según la tabla se identifican las cargas de consumo sectorizado. Por lo cual si aplicamos la carga que se mantenga en las 200 baterías. No se logra compensar en tiempo la reducción de consumo en lo que respecta para el sector de hotel y casino.

5.6 CALCULO DE CARGA DE BATERÍA POWERWALL 200AH 24V

AREA	porcentaje unitario mensual	cantidad de batería	voltaje batería	amperaje batería AH	potencia batería [WH]	consumo mensual (KW/H)	Amperaje/H	potencia a consumir	duracion baterias	tiempo minimo	tiempo maximo
HOTEL	100%	100			0%	240.030	5.000.625	-		0:11:31	1:35:59
chiller	25%	100	48	100	480.000	60.008	1.250.156	60.007.500	0:11:31		
ascensores	12%	100	48	100	480.000	28.804	600.075	28.803.600	0:24:00		
iluminación	10%	100	48	100	480.000	24.003	500.063	24.003.000	0:28:48		
cámara frigorífica	5%	100	48	100	480.000	12.002	250.031	12.001.500	0:57:36		
bombas impulsoras de H2O	3%	100	48	100	480.000	7.201	150.019	7.200.900	1:35:59		
spa	6%	100	48	100	480.000	14.402	300.038	14.401.800	0:48:00		
equipos resistivos											
lavandería	10%	100	48	100	480.000	24.003	500.063	24.003.000	0:28:48		
cine	9%	100	48	100	480.000	21.603	450.056	21.602.700	0:32:00		
ascensores electromecánicos	11%	100	48	100	480.000	26.403	550.069	26.403.300	0:26:11		
otros	9%	100	48	100	480.000	21.603	450.056	21.602.700	0:32:00		
CASINO	100%					80.010	1.666.875			0:22:44	2:23:59
máquinas de azar	38%	100	48	100	480.000	30.404	633.413	30.403.800	0:22:44		
cocinas	23%	100	48	100	480.000	18.402	383.381	18.402.300	0:37:34		
iluminación	10%	100	48	100	480.000	8.001	166.688	8.001.000	1:26:23		
ascensor electrohidráulico	9%	100	48	100	480.000	7.201	150.019	7.200.900	1:35:59		
bomba impulsora	6%	100	48	100	480.000	4.801	100.013	4.800.600	2:23:59		
frigoríficos	14%	100	48	100	480.000	11.201	233.363	11.201.400	1:01:42		

Tabla 2 Cálculo carga "PowerWall"

Considerando las baterías de Tesla conocida como “PowerWall” logramos aumentar el tiempo en consideración a las baterías de litio de PYLTONTECH. No obstante, si se requiere entregar la energía almacenada en los equipos de juego estos tendrían un tiempo aproximado de 22 minutos en funcionamiento. Por la alta demanda de energía.



Ilustración 19 PowerWall

5.7 CÁLCULO DE CARGA DE BATERÍA LITIO 100AH 500 AH 24V

Como opción como equipo tentativo de mayor AH para la acumulación de energía eléctrica. Dentro del mercado está la LIFEPO batería de iones de litio 48V, 500AH. Esta mantiene un costo de \$9.941.793. sin embargo, mantendría un costo fijo de obtención equivalente de \$497.089.650 elevando el costo de inversión de manera sustancial aproximadamente en un 100% del real invertido



CLP9.941.793

Al por mayor +5 unidades, -5% dto. extra

Lifepo4-baterías de iones de litio de pared, 48 V, 500 Ah, Compra baterías solares

Se consideran 50 unidades de 500 AH para respaldar el sistema de hotel como sin embargo el costo final supera los 500.000.000 millones de pesos chilenos

AREA	porcentaje unitario mensual	cantidad de batería	voltaje batería	amperaje batería AH	potencia batería (WH)	consumo mensual (KW/H)	Amperaje/H	potencia a consumir	duracion baterías	tiempo mínimo	tiempo máximo
HOTEL	100%				0%	240.030	5.000.625	-		0:28:48	3:59:51
chiller	25%	50	48	500	1.200.000	60.008	1.250.156	60.007.500		0:28:48	
ascensores	12%	50	48	500	1.200.000	28.804	600.075	28.803.600		1:00:00	
iluminación	10%	50	48	500	1.200.000	24.003	500.063	24.003.000		1:11:59	
cámara frigorífica	5%	50	48	500	1.200.000	12.002	250.031	12.001.500		2:23:59	
bombas impulsoras de H2O	3%	50	48	500	1.200.000	7.201	150.019	7.200.900		3:59:58	
spa	6%	50	48	500	1.200.000	14.402	300.038	14.401.800		1:59:59	
equipos resistivos lavandería	15%	50	48	500	1.200.000	36.005	750.094	36.004.500		0:48:00	
cine	9%	50	48	500	1.200.000	21.603	450.056	21.602.700		1:19:59	
ascensores electromecánicos	6%	50	48	500	1.200.000	14.402	300.038	14.401.800		1:59:59	
otros	9%	50	48	500	1.200.000	21.603	450.056	21.602.700		1:19:59	

Dando como resultado un respaldo de casi 4 horas al sistema de impulsión bombas trifásicas

CASINO	100%					80.010	1.666.875		0:56:50	5:59:57
máquinas de azar	38%	50	48	500	1.200.000	30.404	633.413	30.403.800	0:56:50	
cocinas	23%	50	48	500	1.200.000	18.402	383.381	18.402.300	1:33:54	
iluminación	10%	50	48	500	1.200.000	8.001	166.688	8.001.000	3:35:58	
ascensor electrohidráulico	9%	50	48	500	1.200.000	7.201	150.019	7.200.900	3:59:58	
bomba impulsora	6%	50	48	500	1.200.000	4.801	100.013	4.800.600	5:59:57	
frigoríficos	14%	50	48	500	1.200.000	11.201	233.363	11.201.400	2:34:16	

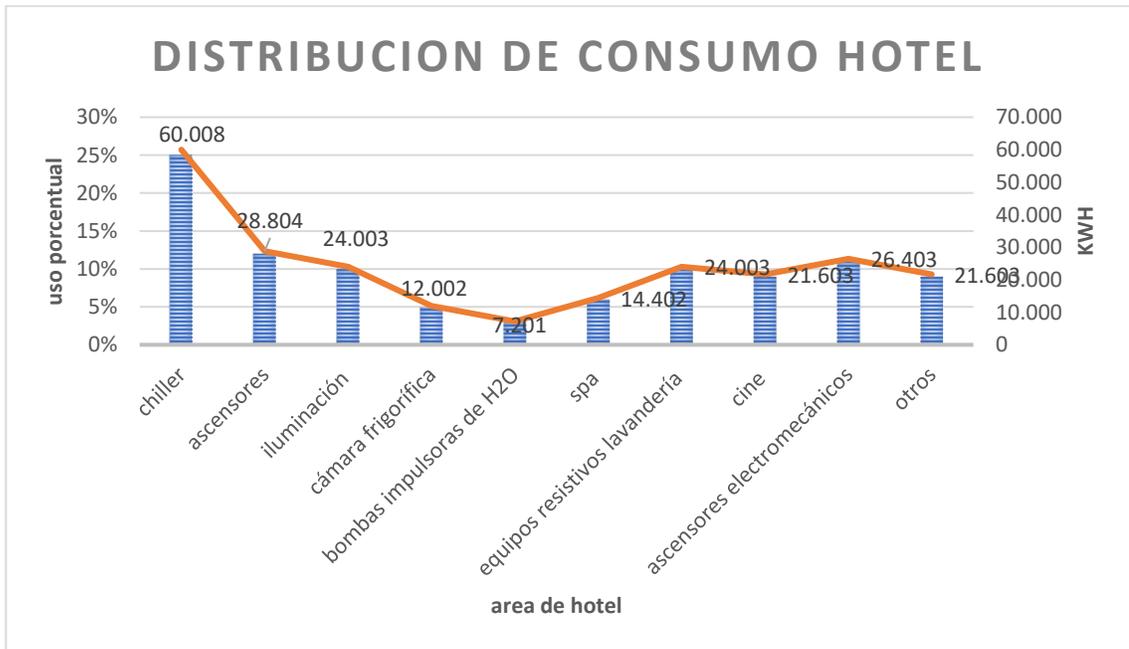
De igual forma, el sistema podría ser útil para el consumo eléctrico para el sistema de impulsión de casino manteniendo un margen de 6 horas aproximada.

5.8 DISTRIBUCION DEL CONSUMO ELÉCTRICO

Se aprecia en el cuadro la distribución porcentual y total de acuerdo con los equipos y sectores de Antay. Evaluado por costo mensual.

Tabla 3 Distribución de consumo

El siguiente grafico detalla el consumo promedio mensual correspondiente al año 2022, el sistema de climatización correspondiente a CHILLER mantiene un consumo eléctrico de un 25% equivalente a 60.008KW/H, siendo los equipos de mayor consumo en Antay.



ÁREA	consumo unitario mensual	consumo mensual (KW/H)
HOTEL	100%	240.030
Chiller climatización	25%	60.008
ascensores	12%	28.804
iluminación	10%	24.003
cámara frigorífica	5%	12.002
bombas impulsoras de H2O	3%	7.201
spa	6%	14.402
equipos resistivos lavandería	10%	24.003
cine	9%	21.603
ascensores electromecánicos	11%	26.403
otros	9%	21.603
CASINO	100%	80.010
máquinas de azar	37%	29.604
equipos frigoríficos	17%	13.602
iluminación	10%	8.001
ascensor electrohidráulico	12%	9.601
bomba impulsora	15%	12.002
bomba sistema red de incendio	5%	4.001
otros	4%	3.200

Ilustración 20 Consumo Eléctrico Hotel

Sin embargo, el circuito eléctrico de casino presenta un 38% aproximado de consumo eléctrico correspondiente a 29.604 KW/H solamente las máquinas de juegos. Este valor corresponde al promedio mensual del año 2022.

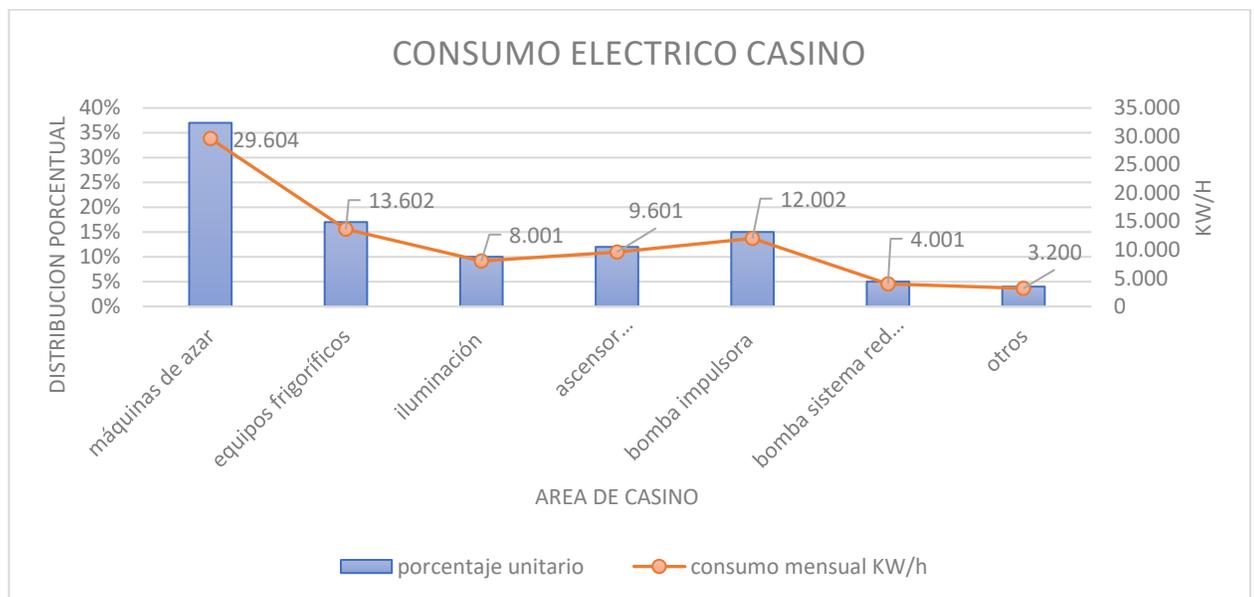


Ilustración 21 Consumo Eléctrico Casino

5.9 RECOMENDACIONES RESPECTO A UN BANCO DE BATERIAS

No obstante, de acuerdo con los análisis y tablas realizadas se logra identificar que, aunque se aumenten las cantidades de baterías, también aumenta el costo de inversión y la entrega o soporte del consumo eléctrico se vuelve minúsculo en comparación al consumo.

Se pudo comprobar la capacidad de generación de energía de la planta solar fotovoltaica, también obtuvimos los valores de consumo de Hotel, Casino y las máquinas de azar, solo es viable utilizar la energía de la planta solar a las máquinas de azar, dando como resultado que el excedente solo permitiría cargar en ciertas ocasiones un banco de baterías.

Además instalar un banco de baterías bajo las condiciones nombradas anteriormente, deja en riesgo tener una falta de energía comprometiendo la continuidad operacional de las máquinas de azar, por lo cual la instalación de un banco de baterías no sería viable dentro del ámbito energético y físico, ya que se requiere un espacio cercano a los 6 m³ sin considerar separaciones entre los bancos ni ventilación forzada, y no se considera los espacios, para realizar instalaciones, mantenciones y/o reparaciones a los bancos de baterías.

CAPÍTULO VI

6. ANÁLISIS DE COSTOS

6.1 COSTOS DE ADQUISICIÓN DE PANELES

Se considera la adquisición de 585 unidades de paneles fotovoltaicos con un costo unitario correspondiente de \$137.000 pesos chilenos con un total neto de \$80.145.000 millones de pesos chilenos con un impuesto a la renta \$15.227.550 millones de pesos chilenos. Por lo cual el total alcanza una suma de \$95.372.550 millones de pesos chilenos.

6.2 COSTO DE ADQUISICIÓN DE INVERSORES

Se adquieren 6 inversores Fronius con un costo unitario de \$5.371.138 millones de pesos chilenos, siendo un total neto de \$32.226.828 millones de pesos chilenos con un impuesto a renta de \$6.123.098 millones de pesos. Por lo cual el coste total asciende \$38.349.925 millones de pesos chileno

6.3 COSTOS POR CONDUCTORES E INSUMOS ELÉCTRICOS

Los conductores para utilizar en este proyecto corresponden a cable solar 10mm²/1000V (7000 metros). Modelo H1Z2Z2-K Resistente al impacto y temperatura de 90°C. con un costo neto de \$50.400.0000 millones de pesos chilenos.

6.4 COSTO DE ESTRUCTOS SOPORTANTES Y OBRA CIVIL

Para realizar la instalación de la planta solar fotovoltaica se debe realizar la fabricación de las estructuras soportantes de los módulos solares, zanjas para el canalizado de los cableados y la fabricación de la estructura de almacenamiento de las baterías.

Se consideró un total de 80 toneladas de estructura metálica soportante, el costo de la fabricación e instalación alcanza un valor de \$185.000.000 pesos chilenos valor neto.

La obra civil corresponde al movimiento de tierra y canalización, la cual alcanza un valor neto de \$85.000.000 pesos chilenos.

Los costos por las estructuras y las obras civiles alcanzan un valor total de \$321.300.000 pesos chilenos.

6.5 DETALLE DE LOS COSTOS CONSIDERADOS

Tabla 4 valores económicos

COSTO ASUMIDO MTTTO EXTERNO	
Costo mensual	\$7.140.000,0
Arriendo alza hombres	\$375.000,0
Año 0	\$30.060.000,0
SISTEMA DE ACUMULACIÓN ENERGÍA	
188 baterías litio	\$265.585.156
3 gabinetes	\$4.046.000
Conductores	\$680.500
Año 0	\$270.311.656
MTTTO PERSONAL INTERNO	
Capacitación 4 técnicos	\$400.000
Hidro lavadora	\$1.600.000
Arriendo maquinaria	\$375.000
Insumos de limpieza	\$230.000
Año 0	\$10.420.000
ADQUISICIÓN DE ROBOT	
Robot puesto en Chile	\$29.274.000
insumos de limpieza	\$350.000

Instalación de equipamiento	\$6.000.000
año 0	\$35.624.000
INVERSIÓN AÑO 0	
Paneles FV	\$ 95.372.550
Inversores	\$ 38.349.925
conductores eléctricos	\$ 50.400.000
Estructura	\$220.150.000
movimiento de tierra	\$101.150.000
inversión total preliminar	\$505.422.475

6.6 INVERSIÓN TOTAL

Considerando la adquisición de los productos F.V se mantiene un costo bruto de \$ **505.422.475** millones de pesos, cabe recordar que no se considera el costo de baterías.

6.7 DESGLOSE DE VALORES DE INVERSIÓN

Tabla 5 desglose de valorización

Inversión total preliminar	\$505.422.475
Paneles FV	\$ 95.372.550
Inversores	\$ 38.349.925
Conductores eléctricos	\$ 50.400.000
Estructura	\$220.150.000
Movimiento de tierra	\$101.150.000

Tabla 6 costos fijos

Costo fijo anual facturación eléctrica	587.312.963
Consumo eléctrico mensual 391.000KWH	\$89.402.405
Costo anual mantención preventiva interno	\$10.420.000

6.8 COSTO FIJO CONSUMO ELÉCTRICO

Se considerará el consumo promedio de los últimos ocho meses equivalentes a 391.000 KWH manteniendo un costo fijo de \$89.402.405 millones de pesos chilenos. Sin embargo, este valor presenta un alza del 40% en comparación al consumo real, relación directa a la construcción y montaje del nuevo sistema fotovoltaico, por lo que una vez se haya finalizado la construcción el valor de consumo y facturación debiese disminuir. A continuación, cuadro con los costos asociados en total de la compañía ANTAY.

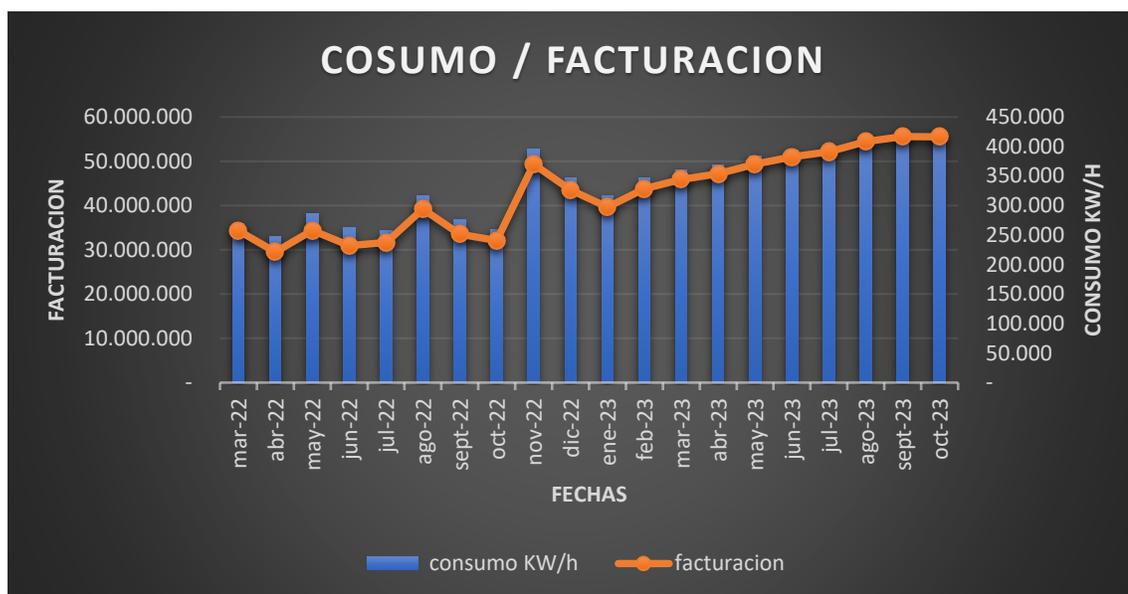


Ilustración 13 consumo eléctrico en los ocho meses del año 2023

Este costo se asume como la totalidad del consumo del complejo ANTAY, tales como equipos de refrigeración, equipos, cámaras frigoríficas sistema de bombas impulsoras, entre otras

A continuación, se detalla la distribución porcentual de consumo realizado como estudio. considerando una media en el consumo de 391.000 KWH

6.9 PROYECCIONES ECONÓMICAS Y ENERGÉTICAS

A continuación, se realiza una proyección a 25 años en unidad de medida KWH, respecto al consumo energético y la capacidad de generación de energía del sistema solar fotovoltaico, además se considera un incremento anual estimado de un 1% de consumo extra de energía por parte de las máquinas de azar, también se considera un decremento en generación de energía por parte del sistema solar fotovoltaico, lo cual se encuentra proyectado en la ficha técnica de los paneles, a una tasa de 0,608 % anual.

La tabla 7 muestra en la primera columna los años proyectados, la segunda columna muestra la cantidad de energía consumida en un año en promedio por las máquinas de azar, la tercera columna muestra la cantidad de energía en promedio que deberá generar el sistema solar fotovoltaico anualmente y la cuarta columna muestra el excedente de energía disponible por la planta solar fotovoltaica.

CONSUMOS EN KWH			
AÑO	CONSUMO SIN SISTEMA OFF GRID	GENERACIÓN DE ENERGÍA SEY	CONSUMO CON SISTEMA OFF GRID
0	960.120	572.050	388.070
1	969.721	568.572	401.149
2	979.322	565.094	414.229
3	988.924	561.616	427.308
4	998.525	558.138	440.387
5	1.008.126	554.660	453.466
6	1.017.727	551.182	466.546
7	1.027.328	547.704	479.625
8	1.036.930	544.225	492.704
9	1.046.531	540.747	505.783
10	1.056.132	537.269	518.863
11	1.065.733	533.791	531.942
12	1.075.334	530.313	545.021
13	1.084.936	526.835	558.100
14	1.094.537	523.357	571.180
15	1.104.138	519.879	584.259
16	1.113.739	516.401	597.338
17	1.123.340	512.923	610.417
18	1.132.942	509.445	623.497
19	1.142.543	505.967	636.576
20	1.152.144	502.489	649.655
21	1.161.745	499.011	662.735
22	1.171.346	495.533	675.814
23	1.180.948	492.055	688.893
24	1.190.549	488.576	701.972
25	1.200.150	485.098	715.052

Tabla 7 consumo y proyección de ahorro

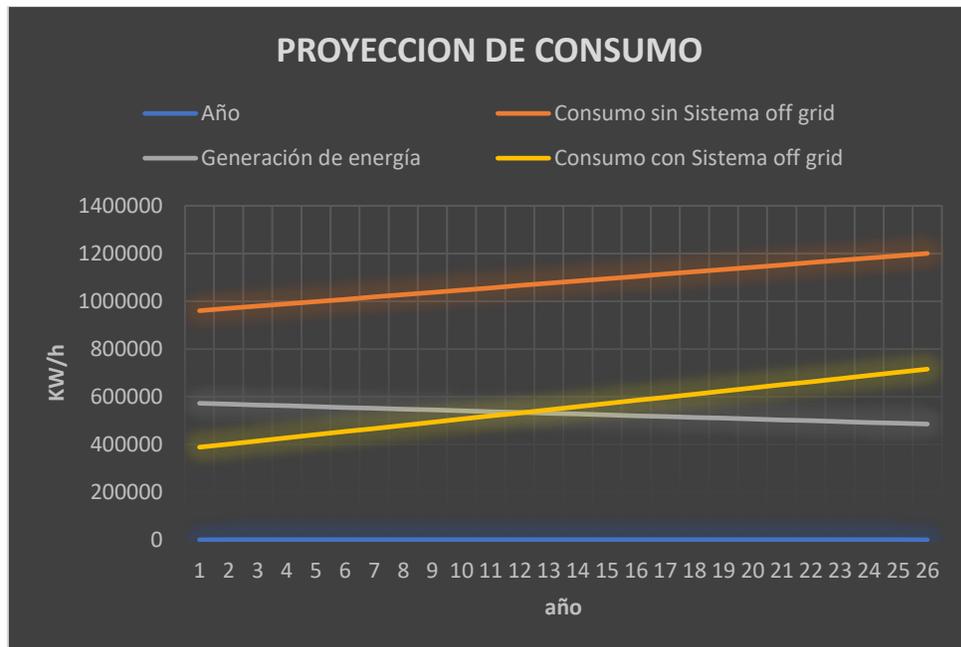


Tabla 8 proyección en tiempo del consumo

Como se logra observar en el grafico el consumo eléctrico mantiene un alza lineal de acuerdo con los requerimientos que está presentando la compañía. Sin embargo, El sistema Fotovoltaico contrae casi el 50% del consumo considerando además la baja del rendimiento de los mismos equipos.

Luego de obtener las proyecciones de consumo eléctrico, se debe realizar las proyecciones valorizando a pesos chilenos el costo de la energía consumida y generada, se considera el valor actual de 114 pesos chilenos por cada KWH consumido, por lo que se procede a multiplicar los KWH por los 114 pesos, dando los valores mostrados en las columnas de la tabla

PROYECCIONES CONSUMO VALORIZADO EN PESOS CHILENOS			
AÑO	SIN SISTEMA OFF GRID	AHORRO	FACTURACIÓN ANUAL CON SISTEMA
0	109.453.680	65.213.700	44.239.980
1	110.548.217	64.817.201	45.731.016
2	111.642.754	64.420.701	47.222.052
3	112.737.290	64.024.202	48.713.088
4	113.831.827	63.627.703	50.204.124
5	114.926.364	63.231.204	51.695.160
6	116.020.901	62.834.704	53.186.197
7	117.115.438	62.438.205	54.677.233
8	118.209.974	62.041.706	56.168.269
9	119.304.511	61.645.206	57.659.305
10	120.399.048	61.248.707	59.150.341
11	121.493.585	60.852.208	60.641.377
12	122.588.122	60.455.708	62.132.413
13	123.682.658	60.059.209	63.623.449
14	124.777.195	59.662.710	65.114.485
15	125.871.732	59.266.211	66.605.521
16	126.966.269	58.869.711	68.096.558
17	128.060.806	58.473.212	69.587.594
18	129.155.342	58.076.713	71.078.630
19	130.249.879	57.680.213	72.569.666
20	131.344.416	57.283.714	74.060.702
21	132.438.953	56.887.215	75.551.738
22	133.533.490	56.490.715	77.042.774
23	134.628.026	56.094.216	78.533.810
24	135.722.563	55.697.717	80.024.846
25	136.817.100	55.301.218	81.515.882

Tabla 9 proyección de ahorro en CLP

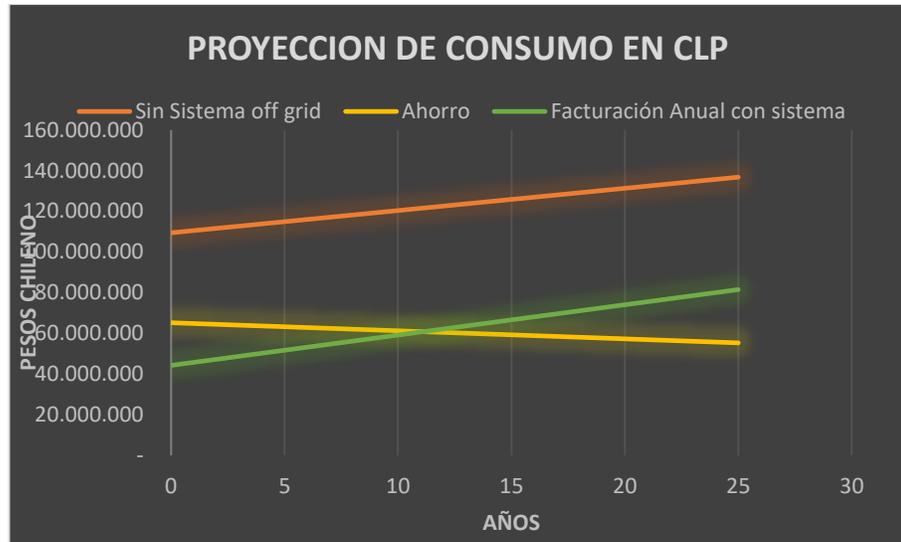


Tabla 10 proyección de ahorro en el tiempo

6.10 EVALUACIÓN DE COSTOS POR MANTENIMIENTO INTERNO

La proyección de los costos del mantenimiento tanto si se utiliza personal propio con y sin sistema automatizado para la limpieza.

MTTO PERSONAL INTERNO	
capacitación 4 técnicos	\$400.000
HIDROLAVADORA	\$1.600.000
arriendo maquinaria	\$375.000
insumos de limpieza	\$230.000
año 0	\$10.420.000

Tabla 11 costo por mantenimiento

La compañía mantiene 4 técnicos y 3 asistentes para la realización de mantenimientos correctivos y preventivos. Donde recurren por una periodicidad de mensual. Sin embargo, se proyecta el mantenimiento a los paneles fotovoltaicos, pero con la capacitación de 1 técnico y los 3 asistentes del departamento, el equipo de HIDROLAVADORA se levantará como inversión en activo fijo requerido para el departamento de la compañía. El equipo de alza hombre se considera como arriendo. Se considera una bonificación de \$ 100.000 bruto a cada técnico

6.11 EVALUACIÓN DE COSTOS POR MANTENIMIENTO EXTERNO

Una de las opciones viables es contratar una empresa externa que actualmente se está negociando para realizar el mantenimiento donde se detallan los valores preliminares. En la tabla.

COSTO ASUMIDO MTTO EXTERNO	
costo mensual	\$7.140.000,0
arriendo alza hombres	\$375.000,0
año 0	\$30.060.000

Tabla 12 costo por mantenimiento subcontrato

Realizando una comparativa y evaluando el presupuesto en los 15 años como tiempo límite que mantiene la adjudicación o licitación la compañía como casino de juegos. Se detalla en la siguiente tabla.

tasa	15%	
plazo anual	ptto mantenimiento interno	ptto mantenimiento externo
0	\$10.420.000	\$30.060.000
1	\$705.000	\$34.569.000
2	\$932.363	\$39.754.350
3	\$1.072.217	\$45.717.503
4	\$1.233.049	\$52.575.128
5	\$1.418.007	\$60.461.397
6	\$1.630.708	\$69.530.607
7	\$1.875.314	\$79.960.198
8	\$2.156.611	\$91.954.227
9	\$2.480.103	\$105.747.361
10	\$2.852.118	\$121.609.466
11	\$3.279.936	\$139.850.885
12	\$3.771.926	\$160.828.518
13	\$4.337.715	\$184.952.796
14	\$4.988.373	\$212.695.715
15	\$5.736.628	\$244.600.073

Tabla 13 comparación de valores por mantenimiento

Año cero se considera la inversión inicial, sin embargo, en el año 1 evaluamos los gastos asociados que la empresa comienza a realizar

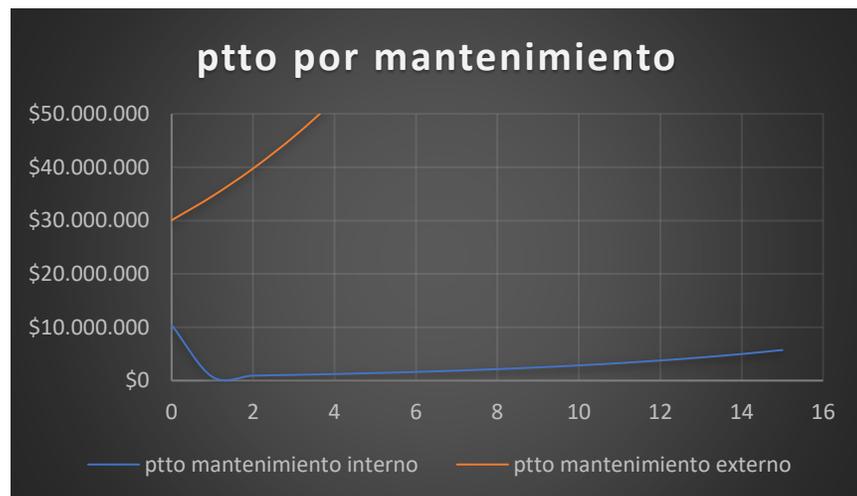


Tabla 14 proyección de mantenimientos

Considerando factible la capacitación del personal por el menor costo asociado. Generando ahorro directo al presupuesto de la compañía.

6.12 EVALUACIÓN DE COSTOS POR MANTENIMIENTO AUTOMATIZADO

tasa	15%		
plazo anual	ptto mantenimiento interno	ptto mantenimiento externo	ptto por automatización
0	\$10.420.000	\$30.060.000	\$35.624.000
1	\$705.000	\$34.569.000	\$1.350.000
2	\$932.363	\$39.754.350	\$1.785.375
3	\$1.072.217	\$45.717.503	\$2.053.181
4	\$1.233.049	\$52.575.128	\$2.361.158
5	\$1.418.007	\$60.461.397	\$2.715.332
6	\$1.630.708	\$69.530.607	\$3.122.632
7	\$1.875.314	\$79.960.198	\$3.591.027
8	\$2.156.611	\$91.954.227	\$4.129.681
9	\$2.480.103	\$105.747.361	\$4.749.133
10	\$2.852.118	\$121.609.466	\$5.461.503
11	\$3.279.936	\$139.850.885	\$6.280.728
12	\$3.771.926	\$160.828.518	\$7.222.838
13	\$4.337.715	\$184.952.796	\$8.306.263
14	\$4.988.373	\$212.695.715	\$9.552.203
15	\$5.736.628	\$244.600.073	\$10.985.033

Tabla 15 comparación de mantenimientos

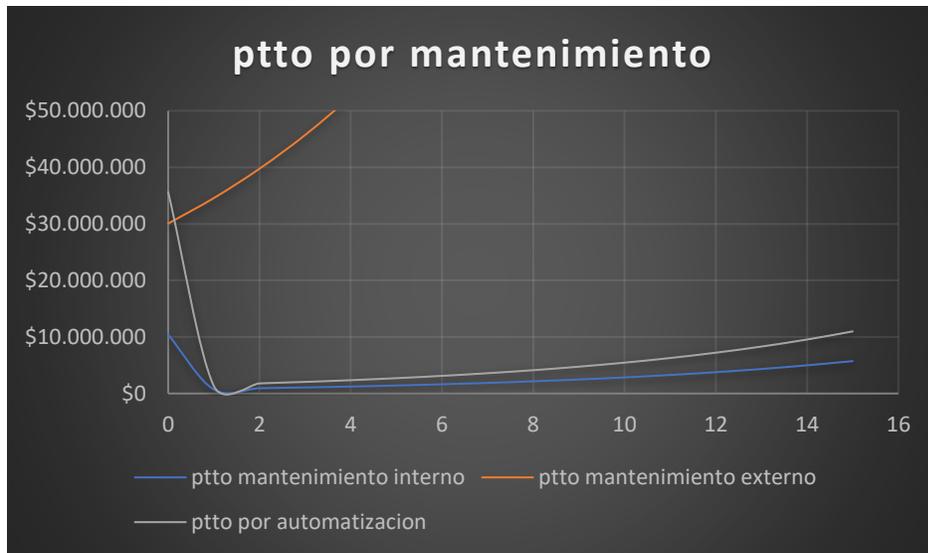


Tabla 16 proyección en tiempo por mantenimientos

La inversión inicial del mantenimiento automatizado supera el propuesto, sin embargo, mantiene una baja en los costos del mantenimiento durante el primer año, no obstante, el impacto negativo al presupuesto podría elevarse por alguna posible falla en los equipos automatizados del mantenimiento, por esto es necesario seguir las recomendaciones de cambio de piezas de desgaste realizadas por el fabricante y cabe destacar la no existencia en la región de un servicio técnico autorizado de la marca.

6.13 RECOMENDACIONES RESPECTO A LOS COSTOS EVALUADOS

En esta sección se realiza el análisis final de costos y viabilidad técnica para implementación de las mejoras al sistema solar fotovoltaico.

Se evaluaron todos los factores tanto de generación de energía, mantenimiento, vida útil de los activos, cuidados con el medioambiente y costos asociados. Esto con el fin de obtener el mayor beneficio económico y dar las mejores recomendaciones para implementar.

Primero se evalúa la capacidad de generación de energía visto en el Capítulo III, se compara el consumo de energía promedio anual en KWh, esto se obtiene de las facturas mensuales de ANTAY y por último se evalúa la viabilidad del sistema de respaldo de energía con baterías, visto en el Capítulo V.

Finalmente se considera todos estos factores conocidos y costos por lo que se concluye lo siguiente:

En primer lugar, no es factible instalar un banco de baterías, ya que se requiere un espacio físico no disponible para instalar 188 baterías, lo que nos da un total de 32 bancos de baterías, además la cantidad de energía disponible como excedente de la planta solar, nos deja la incertidumbre de la posible carga parcial del banco de baterías, dejando en riesgo la continuidad operacional o quizás la dependencia del uso de un generador si el sistema queda off-Grid, siendo contraproducente el hecho de utilizar combustibles fósiles para energizar las máquinas, ya que pasar a la red eléctrica significa que el sistema estará On-Grid y sin baterías.

El restante de la energía no consumida por las máquinas de azar, llamado excedente energético, debe ser inyectado a la red eléctrica y aprovechar la ley 21.118 para vender el excedente al 50% del valor de compra.

El rendimiento de los paneles y baterías va decreciendo en el tiempo. El consumo de ANTAY a su vez aumenta paulatinamente, es necesario sugerir que el sistema fotovoltaico pase de ser “OFF GRID” a “ON GRID” (net Billings ley 21.118) y se pueda suministrar los excedentes de energía a la red eléctrica.

CONCLUSION

En última instancia, el minucioso análisis del sistema fotovoltaico en el Casino ANTAY de Copiapó arroja una visión integral que, aunque compleja, destaca oportunidades para la optimización y la transición hacia una gestión energética más eficiente. La estrategia inicial de implementar un sistema off-Grid con 585 paneles solares, no solo como fuente de energía sino también como estructuras de sombra para los vehículos, refleja una aproximación innovadora destinada a aprovechar plenamente los recursos disponibles.

No obstante, la evaluación detallada de los datos de generación y consumo plantea desafíos significativos. Aunque la planta solar de 321 KW tiene una capacidad anual de generar 650.480 KWH de energía, la tasa de decremento del 0,608% y la vida útil de 25 años subrayan la importancia de considerar la evolución y durabilidad a lo largo del tiempo. El consumo anual de las máquinas de azar, actualmente en 355.248 KWH con un aumento anual del 1,5%, añade un desafío adicional para la gestión eficiente de la energía.

La propuesta inicial de incorporar un banco de baterías se ve enfrentada a limitaciones prácticas. El 75% de la energía generada es consumido por las máquinas de azar, y el 25% restante no es suficiente para cargar completamente un banco de baterías capaz de respaldar todo el sistema, especialmente considerando la inevitable pérdida de eficiencia con el tiempo.

Ante estos desafíos, se sugiere una transición del sistema fotovoltaico de "OFF GRID" a "ON GRID", aprovechando los beneficios de la ley NET Billings (ley 21.118). Esta medida permitiría suministrar excedentes de energía a la red eléctrica, optimizando el uso interno y potencialmente reduciendo la facturación mensual.

En el contexto de los costos y la eficiencia laboral, la adquisición de robots de limpieza se presenta como una inversión que, aunque inicialmente más costosa, generaría ahorros a largo plazo al liberar al personal de mantenimiento para tareas especializadas y evitar el uso de horas humanas para la limpieza rutinaria.

No obstante, es crucial tener en cuenta que la adquisición de un sistema de baterías de 814.11 KWH representa una inversión considerable, superando los 265 millones de pesos chilenos. Este aumento de inversión, superior al 50% de lo inicialmente planificado, se ve complicado aún más por la ausencia de un espacio físico adecuado para albergar un banco de baterías de las dimensiones necesarias. Considerando, por ejemplo, 188 baterías de 4.5 KW con dimensiones de 442 mm x 420 mm x 161 mm.

En conclusión, la transición a un enfoque "ON GRID" junto con la integración de tecnologías de automatización representa una estrategia holística para asegurar la

sostenibilidad a largo plazo y maximizar la eficiencia en el uso de la energía solar. Este enfoque contribuye significativamente a la descarbonización y a la gestión responsable de los recursos energéticos, sin embargo, la inversión adicional requerida para un banco de baterías plantea desafíos financieros y logísticos que deben ser cuidadosamente considerados en la toma de decisiones.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL DE CHILE. Historia de la Ley N°20.571. Regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales. [en línea] <http://www.bcn.cl/historiadelailey/nc/historia-de-la-ley/4547/> [consulta: 26 de abril de 2017].
- CARDOZO, Y. 2015. Todo lo que debes saber sobre la COP21 [en línea]. 27 de noviembre de 2015. <<https://www.veoverde.com/2015/11/todo-lo-que-debes-saber-sobre-la-cop21/>> [consulta: 20 marzo 2017].
- CAREY. Ley de Net Billing [en línea]. <<http://www.carey.cl/ley-de-netbilling/2/#.WOuxHBJ96Rt>> [consulta: 19 marzo 2017].
- CELEDÓN, C. y CORTEZ, I. Proyecto de Investigación ¿Es suficiente la actual legislación sobre Net Metering para incentivar la generación distribuida en Chile? [en línea]. Pontificia Universidad Católica de Chile. <<http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno13/netmet/NET%20METERING.htm>> [consulta: 21 marzo 2017].
- CHILE. Ministerio de Energía. 2006. DFL N°4/ 20.018: Fija texto refundido, coordinado y sistematizado del Decreto con Fuerza de Ley N° 1, de minería, de 1982, Ley General de Servicios Electricos, en materia de energía eléctrica.
- CHILE. Ministerio de Economía. 2008. Ley 20.257: Introduce modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales.
- CHILE. Ministerio de Energía. 2012. Ley 20.571: Regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales.
- CHILE. Ministerio de Energía. 2013. Ley 20.698: Propicia la ampliación de la matriz energética, mediante fuentes renovables no convencionales.
- CHILE. Ministerio de Energía. 2014. Decreto 71: Aprueba Reglamento de la Ley N° 20.571, que regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales.
- CHILE DESARROLLO SUSTENTABLE. 2011. Acuerdos Internacionales [en línea]. 17 de febrero de 2011. <<http://www.chiledesarrollosustentable.cl/desarrollo-sustentable/ministeriode-medio-ambiente/informacion-asociada/acuerdos-internacionales/>> [consulta: 21 marzo 2017].
- CIFUENTES, M. 2015. Los compromisos ambientales de Chile adquiridos en la COP21 [en línea]. 14 de diciembre de 2015. < <https://www.veoverde.com/2015/12/los-compromisosambientales-de-chile-adquiridos-en-la-cop21/>> [consulta: 20 marzo 2017].
- CPE INGENIEROS CONSULTORES. Calidad de Potencia Eléctrica. Tarifas de Electricidad para Clientes Regulados [en línea]. <http://chilenos.info/wp/> [consulta: 24 marzo 2017].
- ENEL. Tarifas. [en línea]. <https://www.eneldistribucion.cl/tarifas> [consulta: 28 abril 2017].
- GOMEZ S., D.I. 2007. Análisis de estacionalidad de la curva de demanda para clientes BT-1. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Electricista. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. [en línea]. <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/paperspdf/DanielGomez.pdf> [consulta: 29 abril 2017].
- GONZÁLEZ, A. 2014. Los pro y contra de ley que permite a las personas con paneles solares vender energía [en línea]. El Mercurio en Internet. 25 de octubre de 2014.

<<http://www.emol.com/noticias/economia/2014/10/23/686500/ley-net-billing-que-permite-apersonas-inyectar-energia-autogenerada-a-la-red-y-recibir-pago.html>> [consulta: 24 marzo 2017].

- IREC ANNUAL TRENDS REPORT 2015. Communities of tomorrow need innovative thought leaders today. [en línea]. <http://www.irecusa.org/wp-content/uploads/2015/09/IRECReport-2015-W-1.pdf> [consulta: 14 marzo 2017].
- MENA M. 2013. Energía: La generación perdida [en línea] Revista Que Pasa en Internet. 7 de Marzo de 2013. <<http://www.quepasa.cl/articulo/opinion-posteos/2013/03/20-11292-9energia-la-generacion-perdida.shtml>> [consulta: 15 marzo 2017].
- MINISTERIO DE ENERGÍA. Ley 20.571 para la Generación Distribuida. Preguntas Frecuentes. Pago de las inyecciones realizadas por el equipamiento de generación. [en línea]. http://www.minenergia.cl/ley20571/?page_id=368 [consulta: 28 abril 2017].