



UNIVERSIDAD DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
ESCUELA DE INGENIERÍA COMERCIAL

REDUCCIÓN DE COSTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
METRO REGIONAL DE VALPARAÍSO S.A.

MÓDULO DE EMPRENDIMIENTO GERENCIAL III Y TITULACIÓN
TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

ALUMNOS:
MIREYA SÁNCHEZ INOSTROZA
BALTAZAR SOLIS MOLINA

Profesor:
De asignatura MEG III: GALO HERRERA BAQUEDANO

AGRADECIMIENTOS

“Fíate de Jehová de todo tu corazón, Y no te apoyes en tu propia prudencia” Proverbios 3:5

Agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar, por guiarme durante todo este proceso y ser mi fortaleza en los momentos de debilidad.

Gracias a mi familia; esposo Santiago, hijo Felipe e hija Francisca por creer en mí y ser mi fuente de inspiración y a mis padres por su preocupación y apoyo incondicional.

Mireya

Agradecer principalmente a mi familia por la motivación y respaldo para emprender este nuevo desafío educacional, siempre conté con su apoyo para todo lo que he decidido hacer, y esta ocasión no fue la excepción. A mi pareja por soportarme en todo momento difícil, su gran apoyo, respaldo y cariño que fue motivación para lograr este objetivo. A mis grandes amigos de toda la vida que ayudaron a distraerme en aquellos momentos de tensión y me empujaron a seguir adelante. Y a mi gran grupo de estudio, Cristopher, Daniel y Mireya, por compartir sus conocimientos conmigo, aprendí mucho de ustedes y agradezco la oportunidad que tuve de conocerlos... siempre actuamos como equipo, y ya en el ocaso de la carrera, vemos los grandes resultados que obtuvimos de ello.

Baltazar

Nuestros agradecimientos al señor Néstor Marín, Gerente de Operaciones de Metro Valparaíso por su tiempo, dedicación, apoyo, conocimiento y motivación en la realización de este trabajo.

Baltazar & Mireya

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	4
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO I	6
ANALISIS COMPETITIVO	6
CAPÍTULO II	10
ANALISIS CORPORATIVO	10
CAPÍTULO III	27
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	27
OBJETIVOS	28
JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	28
CAPÍTULO IV	30
ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES	30
ENERGÍA EOLICA	30
ENERGÍA DEL MAR	31
ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	33
CAPÍTULO V	36
PLAN DE MEJORA OPERACIONAL DE LA ERNC APLICADA A METRO	36
OBJETIVO FUNCIÓN OPERACIONES	36
DISEÑO Y PRUEBA DEL SERVICIO	37
ASPECTOS TÉCNICOS DEL PRODUCTO	40
ESTRATEGIA DE CADENA DE SUMINISTROS	42
LOCALIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE LA EMPRESA	42
DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS INSTALACIONES	44
ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS	45
CONTROL DE CALIDAD Y SERVICIO AL CLIENTE	46
COSTO ESTRATEGÍA DE OPERACIONES	46
CONCLUSIÓN	60
BIBLIOGRAFÍA	62

RESUMEN EJECUTIVO

La finalidad del presente trabajo es presentar un plan de mejora para Metro Regional de Valparaíso S.A. ante la problemática de los resultados financieros negativos recurrentes en el tiempo.

El objetivo principal es reducir el mayor costo que genera la industria ferroviaria producto principalmente de su operación, siendo la energía eléctrica la que genera el 14% de los costos operacionales de la empresa.

Para lograr establecer el plan de mejora, se procedió a realizar un análisis competitivo del sector de transporte de pasajeros y un análisis corporativo de la empresa, prosiguiendo con la evaluación del costo de la energía eléctrica actual, para luego plantear la forma como se procederá a disminuir el costo sin incidir en la cantidad y calidad del servicio prestado.

En base a información sobre el consumo actual de energía eléctrica por parte de Metro Valparaíso S.A., se determinarán alternativas que reduzcan el costo unitario de la energía, sin ver perjudicada su cantidad. Esto es necesario para la buena prestación de servicios de la empresa, permitiendo tener la cantidad de energía necesaria para operar con las actuales frecuencias de 3, 6 y 12 minutos entre trenes.

Considerando lo anterior, el plan de mejora elaborado, permitirá disminuir los costos de energía eléctrica de la empresa y con ello disminuir las pérdidas en los ejercicios anuales siguiente; y también cumplir el rol social que tiene en su ADN Metro Valparaíso S.A., respetando el medio ambiente con acciones que permitan disminuir su huella de carbono.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo presentar un plan de mejora ante un problema detectado en la empresa de transporte ferroviario de pasajeros Metro Valparaíso S.A.

Financieramente la empresa desde sus inicios, ha presentado pérdidas en sus estados financieros producto de su estructura de costos principalmente fija, absorbe casi en su totalidad los ingresos de operación, donde sus mayores costos están dados por el consumo de energía eléctrica para la tracción (movimiento de los automotores) y fuerza (energía para estaciones, oficinas, etc.).

De acuerdo a lo anterior, el capítulo primero aborda el análisis competitivo de la industria del transporte dentro de las comunas donde circula el servicio ferroviario de Metro Valparaíso, como la locomoción colectiva, transporte vehicular, beneficios medioambientales, tiempo de transporte y accidentabilidad del sistema.

En el capítulo segundo se realiza el análisis corporativo de la empresa, identificando su infraestructura donde interviene el consumo de energía eléctrica de Metro Valparaíso.

El tercer capítulo plantea el problema en estudio, estableciendo un objetivo general en el que se plantea la situación económica actual con que cuenta la empresa producto de los altos costos operacionales incurridos mensualmente, analizando sus estados financieros, normativas del gobierno para solucionar problemas medioambientales de las empresas públicas.

En el capítulo cuarto se presentan los distintos sistemas de obtención de energías renovables no convencionales, explicando de manera simple a que se refiere cada una de ellas.

En el capítulo quinto se procede a presentar el plan de mejora operacional de la ERNC aplicada a Metro Valparaíso, presentando cada una de las pautas de operaciones; objetivos de la función de operaciones, diseño, aspectos técnicos, cadena de suministro, localización, diseño y distribución, inventario, control de calidad y costo de la estrategia de operaciones. Producto del análisis realizado y de los resultados obtenidos, un proyecto de disminución

en el costo energético mediante el uso de Energía Renovable No Convencional (ERNC), permitiendo disminuir el daño medioambiental, como también disminuir la huella de carbono en los tramos de recorrido de Metro Valparaíso, presentando una propuesta de inversión de nuevo sistema de Energía por medio de la incorporación de producir su propia energía, buscando formas de financiamiento que entregue el sector público como privado y a la vez hacer un seguimiento del control de los resultados obtenidos producto de la incorporación de la ERNC.

Con esta propuesta se trata de cumplir con el rol social de la empresa con la ciudadanía cuidando el medio ambiente, por ende dando un mejor nivel de vida a éstos.

CAPÍTULO I

ANÁLISIS COMPETITIVO

Metro Regional de Valparaíso S.A. es una empresa de transporte ferroviario de pasajeros, siendo la única de este tipo en la región, sin embargo, no es la única alternativa de transporte existente.

A pesar que la empresa de Metro Valparaíso es la única de transporte público ferroviario en la quinta región, tiene como grandes competidores, empresas de microbuses en las comunas que opera, también taxis-colectivos y vehículos de transporte personal o vehículos particulares.

La región de Valparaíso tiene una red vial de 3.109 km², con una densidad vial de 0,190 km/km², muy superior a la media nacional de 0,106 km/km². En términos de calidad de la red, la región cuenta con un 42,6% de caminos pavimentados, casi el doble de la media nacional, de 21,8%, 29,5% de caminos con soluciones básicas, casi triplicando la media nacional, de 10,6%, y solo 27,9% de caminos de ripio y tierra, muy inferior al promedio nacional, de 67,6%. En general se puede sostener que la red vial de la región es una de las mejores del país, tanto en densidad como en calidad. Esto hace que los los microbuses, taxis-colectivos y vehículos privados provean de mayor competencia al Metro.

Se ha mejorado la infraestructura de apoyo al sistema de transporte, incorporando y mejorando paraderos, seguridad vial, semáforos, como también el gobierno a realizado los esfuerzos para apoyar a los empresarios a renovar el parque de buses de las principales ciudades, mediante un programa llamado “Renueva tu Micro”, siendo estas más modernas, seguras y eficientes.

Debido a todas estas mejoras y a las inversiones realizadas por el Gobierno, se ha producido una creciente congestión en zonas centrales y las principales vías de las ciudades. La congestión se ha visto acrecentada por el explosivo aumento del parque automotriz privado y el aumento de taxis colectivos, siendo éstos dos medios los menos eficientes en el sistema de transporte que los buses en el uso del espacio vial y por la cantidad de pasajeros transportados.

La tendencia señala un aumento sostenido de la población urbana al igual que del parque automotriz.

La creciente congestión de las vías públicas constituye un aumento en los tiempos de traslado de un lugar a otro, principalmente a sus lugares de trabajo, de estudios, turismo, lugar de compras y realización de trámites.

La congestión también ayuda a aumentar la contaminación atmosférica y acústica produciendo un alto costo social y económico que afecta principalmente a los habitantes de estas zonas.

Tal como se ha mencionado anteriormente esta situación se seguirá agravando, porque las ciudades seguirán expandiéndose territorialmente en consecuencia del aumento en la población.

En general los problemas antes descritos conllevan a los siguientes costos:

- Disminución en la calidad de vida producto del mayor tiempo de viaje, quitando tiempos de descanso y esparcimiento con la familia, amigos o de forma personal, produciendo mayor tensión al llegar a su hogar o lugar de trabajo.
- De producción debido al aumento de estrés y tensión en las relaciones laborales, disminuyendo la productividad y el compromiso con la institución de trabajo.
- Medioambientales y de salud, aumentando la emisión de gases contaminantes, ruidos molestos, aumento de estrés y un mayor aumento de accidentes vehiculares y peatonales.
- Mala percepción de la ciudadanía por falta de compromiso de las autoridades regionales en la solución de todas estas problemáticas. Falta de compromiso social.

Así mismo el aumento en automóviles circulando en la región trae consigo un aumento en la cantidad de siniestros de tránsito. Datos recopilados por la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito indican un aumento sostenido desde el año 2007, pasando de un total de 6.406 accidentes a 10.753 accidentes para el año 2016. En tanto la cantidad de accidentes en el metro es nula, por lo que se torna mucho más atractivo en temas de seguridad. Muchas personas prefieren este tipo de transporte por la confiabilidad de sus sistemas, y confían en que éstos puedan evitar cualquier tipo de accidente, o en su defecto,

poder actuar de manera oportuna para evitarlo. (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2016)

Este aumento en el parque automotriz regional trae graves consecuencias para las personas y la sociedad.

Por otra parte este aumento también provoca problemas a nivel democrático, donde la población denota acciones inexistentes para el mejoramiento del transporte, y específicamente en las calles y carreteras, por lo que baja la credibilidad en las decisiones de la política.

La industria de transporte es una de las más consumidoras de energía, representando el 19% del consumo de energía a nivel mundial, según estudios realizados al año 2013. Este mismo sector representa el 97% de aumento en el consumo de petróleo entre 2013 y 2030. Un sector que funciona principalmente con petróleo, apunta a la reducción de este combustible, siendo una de las más altas prioridades para todos los países.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS CORPORATIVO

Metro Valparaíso S.A es una filial de la Empresa de los Ferrocarriles del Estado (EFE) dedicada al transporte ferroviario de pasajeros, la cual fue constituida como sociedad el 29 de septiembre del año 1995 por escritura pública. Es una sociedad anónima abierta, por lo cual sus estados financieros son auditados por empresas auditoras externas. Es fiscalizada por la Superintendencia de Valores y Seguros, administrada como S.A. cerrada y la Contraloría General de la República en cuanto a los aportes y subvenciones del fisco. En el año 1999 se inicia el proyecto de la IV etapa que significó una completa modernización de la infraestructura, compra de nuevo material rodante y el soterramiento de la red en el centro de la ciudad de Viña del Mar. En esta etapa se resuelven problemas generados por el paso del tren por el centro de Viña del Mar, entre Caleta Abarca y Chorrillos, dando vida al nuevo sistema de Metro Valparaíso.

Cuando se mencionan las vías férreas de Metro Valparaíso, se refiere a las vías férreas de EFE bajo la administración de Metro Valparaíso entre la ruta Puerto-Limache, aplicada a todos los móviles ferroviarios, sean éstos de transporte de pasajeros, de transporte de carga, servicio interno de propiedad o bajo la administración de Metro Valparaíso o de porteadores ferroviarios o usuarios utilizados, que se movilicen entre el PK 0,083 ubicado en la Estación Puerto y el PK 43.625 ubicado en el extremo oriente de la Estación Limache, por cualquiera de sus vías de circulación.

Teniendo como objetivo transformarse en el eje estructural del transporte público de la V región y en su rol social, busca mejorar la calidad de vida de los usuarios y de la población en general, contribuyendo en el desarrollo de la conectividad desde Valparaíso a Limache, con la integración de un sistema intermodal, Bus+Metro uniendo las comunas de Quillota, La Calera, Limache Viejo y Olmué.



En Valparaíso se produce la integración con el servicio de Trolebuses y Ascensores. El último servicio integrado de transporte bus + metro se inicia en junio del año 2016 en Quilpué y Villa Alemana por medio del recorrido de los buses de la línea 122.

En cumplimiento del plan estratégico el año 2015 se incorpora a la flota 8 trenes adicionales, contando con un total de 35 trenes a la fecha.

La misión de Metro Valparaíso es “Entregar a los usuarios un servicio público de transporte integrado de pasajeros, mediante un sistema eficiente y confiable, que contribuya a mejorar la movilidad en la conurbación del Gran Valparaíso y la calidad de vida de sus habitantes”.

Su visión “Ser el articulador del sistema integrado de transporte público de la conurbación del Gran Valparaíso”

Los automotores de Metro Valparaíso, son accionados mediante tracción eléctrica, lo que permite una operación limpia y no contaminante.

La infraestructura con que cuenta Metro Valparaíso es:

- **Trazado:**

El sistema de Metro Valparaíso abarca una red de 43 kilómetros de doble vía ferroviaria electrificada, conectando con 20 estaciones que unen las comunas de Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué, Villa alemana y Limache. El tramo ubicado entre Caleta Abarca y Chorrillos se encuentra soterrado.



El tramo comprendido entre la estación Puerto y la boca poniente del túnel bajo el centro de Viña del Mar, recorre un costado del borde costero, zonas de cruces peatonales, (Paseo peatonal Wheelwright, costado Avenida Errázuriz, Caleta Portales y sector Barón).



- **Vía:**

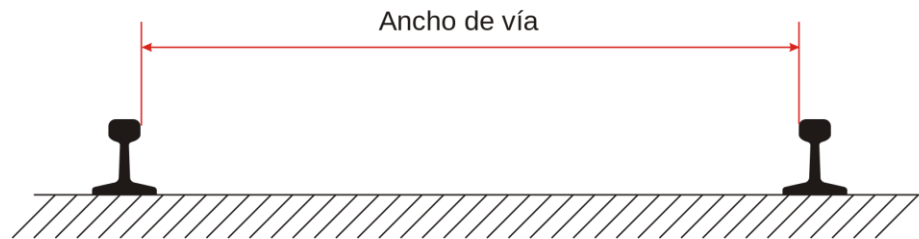
La vía ferroviaria es la parte principal de la infraestructura donde se desplazan los trenes.

El sistema de vías de Metro Valparaíso está compuesto por doble vía y vías secundarias.

Se denomina vía 1 a aquella situada al lado derecho, que permite la circulación normal de trenes desde estación Puerto a estación Limache.

Se denomina vía 2 a aquella situada al lado izquierdo, que permite la circulación normal de trenes desde estación Limache a estación Puerto.

Se incluye en el sistema las vías secundarias de las zonas de maniobras, considerando entre éstos el Patio de Carga de Barón y las vías secundarias para servicio de carga.



La vía en Metro Valparaíso es de trocha de 1676 mm, de tipo doble, la velocidad máxima es de 120 km/h (en zonas permitidas). El durmiente es de hormigón y de madera impregnada en creosota, existiendo de estos últimos en zonas de curvas y otras (sectores Recreo, Paso Hondo y Queronque). La vía es usada exclusivamente por el servicio de pasajeros Metro de Valparaíso durante su horario de funcionamiento (06:00 a 23:30) existiendo tránsito de trenes de carga, operados por la empresa Ferrocarriles del Pacífico S.A. (Fepasa), durante la noche desde Limache hasta Puerto. El mantenimiento de la vía es realizado por EFE.



En el sector comprendido entre estación Bellavista y los antiguos patios de maestranza Barón existe una tercera vía auxiliar de carga denominada “la vieja” que tiene por finalidad el acceso al patio de distribución de Barón y a los sectores del Puerto de Valparaíso (Portón Edwards). Además, existe contiguo a los andenes de

estación terminal Puerto un desvío desde la vía 2 para acceder a los sectores del muelle.

- **Catenaria:**

El sistema de catenaria de Metro Valparaíso es del tipo compensada. Posee mensajero simple y doble, dependiendo de la zona, fabricados de cobre de 150mm^2 , doble hilo de contacto de cobre de 107mm^2 y en gran parte del trazado suspensores equipotenciales ubicadas a 3 metros de separación con sujeción para ambos hilos de contacto (Tipo Siemens). Posee un módulo de 5 metros y un vano máximo de 60 metros.

La compensación de la catenaria se realiza con sistema de poleas y contrapeso y con cantones independientes de 1000 metros máximos de extensión. Dentro del túnel la catenaria posee muelles de atirantado, fijados al túnel, con triángulos de abertura mínima.



La catenaria es la línea aérea de alimentación que transmite energía eléctrica al sistema ferroviario.

Los elementos de una catenaria son:

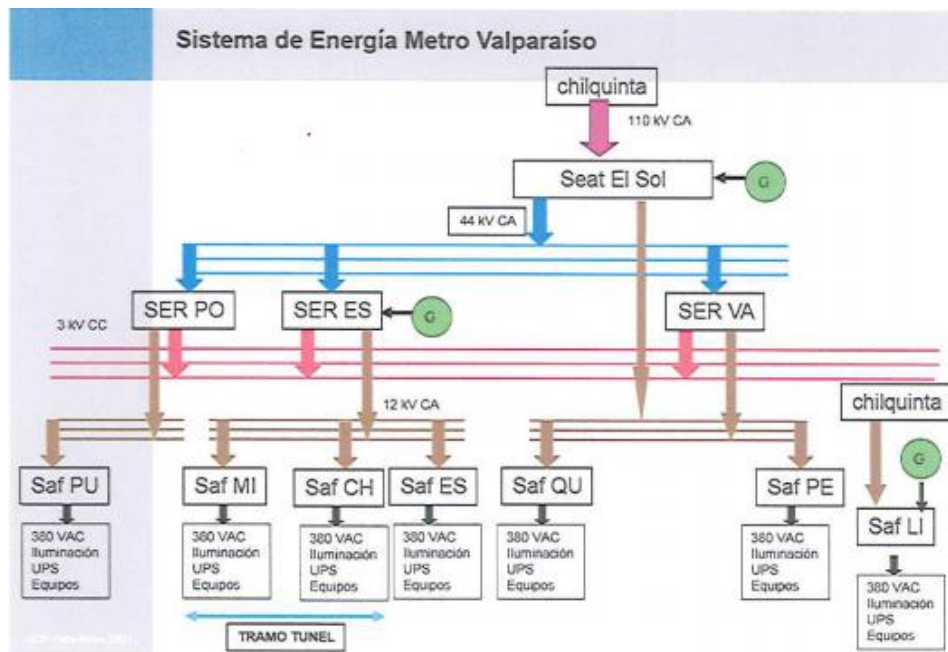
- Estructura de soporte
- Conductores
- Regulación de la tensión mecánica
- Protecciones

- Sistemas asociados

- **Energía:**

El sistema de energía de Metro Valparaíso está conformado por una subestación de alta tensión y tres subestaciones rectificadoras que alimentan la catenaria. En detalle los elementos de la red son:

- **Subestación de alta tensión El Sol:** Recibe alimentación en 110 KV desde subestación de Chilquinta, doblemente alimentada desde subestaciones San Pedro y Miraflores (Fuente: Diagrama unilineal SIC del 31/05/2014). Esta subestación posee dos transformadores de 20 MVA cada uno. De esta subestación se energizan los dos alimentadores que suministran energía a las tres subestaciones rectificadoras en 44 kV.



Las subestaciones rectificadoras que conforman el sistema son:

- **Subestación rectificadora Portales:** Ubicada en el PK 5+500 entre estaciones Portales y Recreo. Posee dos transformadores de 44 KV a 3 KV y

dos grupos rectificadores de 3 MW cada uno. Esta subestación es de tipo encapsulado por lo que el estándar de sus equipos es mayor en cuanto a aislamiento lo que permite un uso de terreno menor.

- **Subestación rectificadora El Salto:** Ubicada en el PK 12+600 entre estaciones El Salto y Quilpué. Posee dos transformadores de 44 KV a 3 KV y dos grupos rectificadores de 3 MW cada uno. Esta subestación posee equipos de patio.
- **Subestación rectificadora Villa Alemana:** Ubicada en el PK 29+000 entre estaciones Villa Alemana y Sargento Aldea. Posee las mismas características que la SER El Salto.

- **Señalización:**

Metro de Valparaíso cuenta con un sistema de señalización. Este sistema funciona sobre la base de ocupación de circuitos de vías, ubicados a lo largo del trazado. El sistema actualmente posee un “headway” de 3 minutos. A su vez cada tren cuenta con un sistema de protección automático **ATP**.

Para la circulación de los trenes sobre las vías, el personal de operaciones dispone del sistema de señalización y control de tráfico centralizado el cual se controla en condiciones normales, desde la consola del controlador de tráfico ubicado en la Central de Control Tráfico. Los maquinistas y encargados de faenas deben respetar el aspecto de las señales luminosas ubicadas en terreno.

En el sistema de señalización se distinguen dos grupos de señales:

- Señales principales (Maniobras intermedias)
- Señales auxiliares (Indicadores de destino e indicadores de paso a nivel protegido)

Los colores reglamentarios para las señales son. Rojo, verde, amarillo y blanco.

El significado de las señales fijas luminosas en la señalización ferroviaria son los siguientes:

Rojo : Peligro, detención inmediata.

Rojo intermitente : Peligro, detención inmediata.

Amarillo : Avance con precaución.

Verde : Vía libre. Avance a velocidad autorizada.

Blanco lunar intermitente : Indica a los móviles ferroviarios que el cruce a nivel está protegido (barrera abajo, portón cerrado).

Blanco lunar fijo : Indica a los móviles ferroviarios que el cruce no está protegido (barrera arriba, portón abierto).

Toda señal a peligro o apagada requiere de autorización.

- **Comunicaciones:**

Metro de Valparaíso cuenta con un sistema de comunicaciones soportado sobre una red de multiservicio que sirve a cada una de las estaciones y subestaciones, existiendo nodos de comunicación en cada una de ellas. Esta red transporta, entre otras, las comunicaciones para el sistema SCADA de Energía, el Sistema de Peajes, el Sistema de Información a Pasajeros, etc. Además incluye el Sistema tren-tierra, consistente en equipos transmisores y emisores de radio montados en cada tren, capaces de comunicarse con el Centro de Control de Tráfico. A su vez, cada maquinista posee un equipo portátil de comunicación que le permite extender el alcance de la radio local, una vez que este se desplaza en las cercanías del tren.

- **Equipos ELECTROMECÁNICOS**

Los equipos Electromecánicos de Metro de Valparaíso, corresponden a:

- Doce (12) ascensores que van ubicados en la cantidad de tres (3) en cada una de las cuatro (4) estaciones del tramo soterrado.
- Dos (2) ascensores en la estación Peñablanca.



- Dos (2) sistemas de ventilación.
 - El primero corresponde a un sistema natural de ventilación y el segundo a un sistema forzado de ventilación. Ambos operan de forma intercalada en toda la extensión del túnel y que empieza por la rampa poniente (RP), luego pasa por las estaciones Miramar (MI), Viña del Mar (VM), Hospital (HO) y Chorrillos (CH), y finalmente termina en la rampa oriente (RO).
 - El subsistema de ventilación natural está compuesto por un conjunto de 32 Compuertas destinadas a la extracción de aire utilizando el efecto pistón producido por la circulación de los automotores al interior del túnel.
 - El subsistema de ventilación forzada está compuesto por 8 ventiladores centrífugos y 2 ventiladores axiales.
 - En las estaciones soterradas cuenta con bombas para aguas lluvia y bombas para aguas servidas.
 - En cada estación se cuenta con tres bombas aguas lluvia (excepto estación Miramar que cuenta con cuatro bombas) y dos de aguas servidas.

- **Material rodante:**

Uno de los principales activos con que cuenta la empresa son los materiales rodantes.

Actualmente la flota de Metro Valparaíso se compone de 35 trenes, cada uno conformado por dos coches, ambos con cabina. Del total 27 corresponden a trenes modelo Xtrapolis 100 y 8 corresponden al modelo Xtrapolis Modular.

El modelo Xtrapolis 100 funciona en una formación de dos coches, de los cuales uno posee tracción en sus cuatro ejes y el otro es remolque. Los salones de los coches se encuentran unidos por medio de un fuelle para permitir el libre tránsito de pasajeros entre coches por medio de una mampara con puerta. Estos trenes poseen sistema ATP embarcado y equipos de comunicación.

Imagen 2. Equipo Xtrapolis modular tipo Civia



PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL RODANTE X'TRAPOLIS MODULAR	
Longitud	tren de 2 coches: 46,0 m
Ancho	sin pisaderas : 2,94 m con pisaderas: 3,2 m
Masa	tren de 2 coches: 80.000 kg
Altura	techo por sobre la parte superior del riel: 3,75 m.
	total, incluyendo unidad de aire acondicionado: 4,26 m.
Velocidad	velocidad máxima: 120 km/h
Aceleración	desde 0 km/h: 0,9 m/s ²
Frenado	normal: >=1 m/s ² emergencia: >=1,3 m/s ²
	límite de la velocidad del diferencial de la aceleración: <=-1,3 m/s ³
Otras características	aire acondicionado, megafonía y letreros de información variable
Capacidad de Pasajeros por Unidad Simple	
Sentados	92 + 12 abatibles
En silla de ruedas	4
Pasajeros de pie (4 pax/m ²)	284
Capacidad Efectiva de Pasajeros	376

El modelo Xtrapolis Modular fabricado por Alstom es de dos coches, teniendo como característica principal el uso de un bogie común. Estos trenes poseerán sistema de ATP embarcado y equipos de comunicación tren-tierra.

- **Talleres de mantenimiento:**

Los talleres de mantenimiento de material rodante de Metro Valparaíso se encuentran contiguos a la estación terminal de Limache. Dentro de este taller se

realizan todas las mantenencias preventivas y correctivas para los trenes que operan el servicio de Metro Valparaíso.



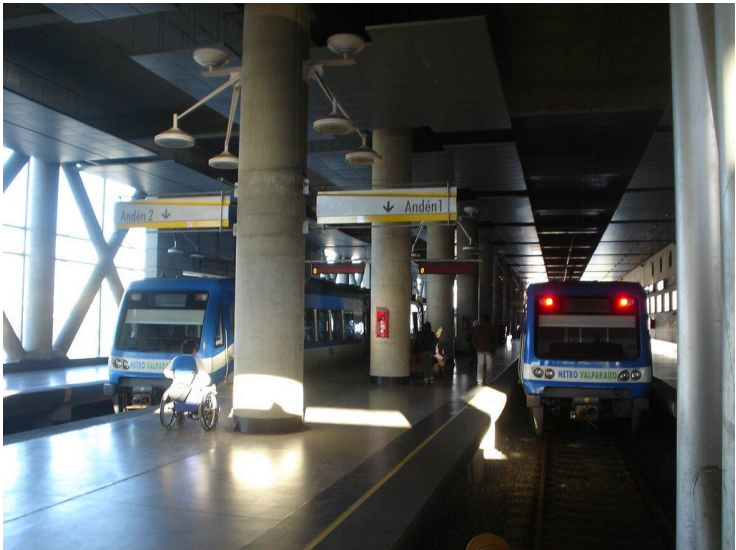
Las rutinas de mantenimiento se estructuran en base a un esquema conformado por dos secciones principales: pequeña y gran revisión. Cada una de estas secciones posee un edificio o galpón dedicado a esas labores.

En cuanto a equipos, posee un torno sumergido, marca SCULFORT, para el perfilado de ruedas y discos de freno de móviles ferroviarios sin necesidad de desmontarlas.

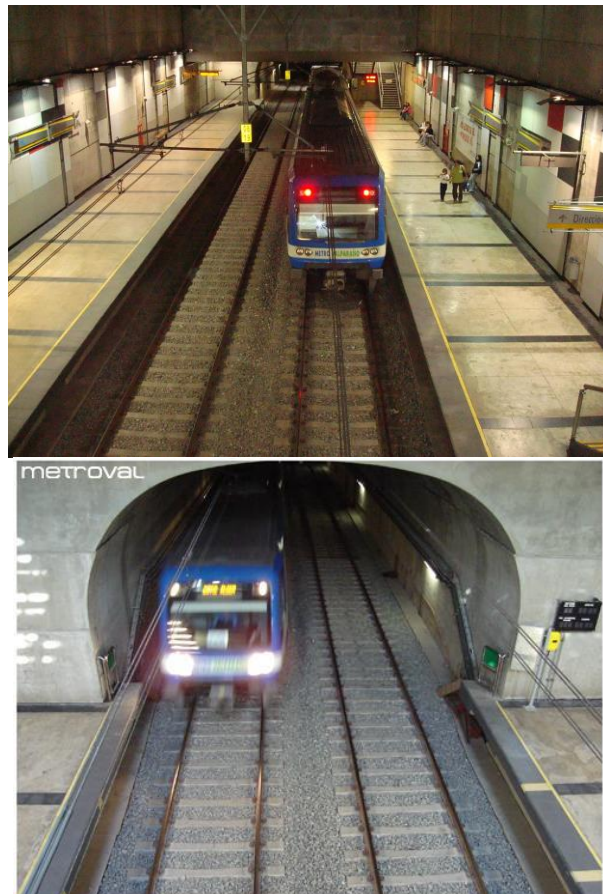
En relación a su Operación se realiza de la siguiente forma:

- **Estaciones**

El trazado de Metro Valparaíso cuenta con 20 estaciones; 4 de ellas son subterráneas, y el resto son de superficie. Todas las estaciones son de configuración de andén lateral con un ancho que fluctúa entre los 2,55 y los 3 metros, exceptuando las estaciones Puerto y Limache que cuentan con andén central. El largo de los andenes es de aproximadamente 105 metros, siendo capaces de atender a un tren de formación doble (100 metros aprox.).



Las estaciones subterráneas cuentan con nivel de mesanina y otro de andenes. La mayoría de las estaciones en superficie cuenta con mesanina soterrada. Las estaciones Bellavista, Francia y Barón no cuentan con mesanina y el tránsito entre andenes se realiza a nivel por la vía.



- **Cochera**

Se dispone de un espacio entre las estaciones de El Belloto y Las Américas, donde se ubica esta Unidad de Limpieza y Aseo. En ella se realizan labores que van desde el repintado de los automotores, hasta el aseo general. Dispone de máquinas de hidrolavado para la remoción de rayados en los vagones.



- **Operación (trenes, control de la operación, etc.)**

Metro Valparaíso ofrece diariamente una oferta en diferentes frecuencias de trenes, la que depende del día y de la hora. Existen dos bucles: Puerto-Limache y Puerto-Sargento Aldea. Este último a modo de aumentar la oferta y reducir el intervalo de explotación.

Días	Horario	Horas	Intervalo	Destinos
Lunes a Viernes	Horario punta Via 2	6:42 a 9:06	6 minutos	Limache- Puerto
	Horario punta Via 2	7:00 a 8:00	3 minutos	Sgto Aldea - Miramar
	Horario medio día	13:00 a 14:00	6 minutos	Puerto – Sargento Aldea y viceversa
	Horario punta Via 1	17:00 a 20:00	6 minutos	Puerto- Sgto Aldea
	Horario punta Via 1	18:12 a 19:24	6 minutos	Puerto- Limache
Sábado y Domingo	Todo el día	Todo el día	12 minutos	-

Tabla. Frecuencias de circulación según horario

- **Contrato De Energía**

Metro de Valparaíso tiene contratado el suministro de energía con la empresa TECNORED S.A. (Empresa perteneciente al Grupo Chilquinta), donde se establecieron los siguientes acuerdos en el contrato:

- Bloque Base

- Demanda de Horas Punta
- Peaje de Energía
- Peaje de Potencia
- Cargos administrativos

El nivel de consumo de Energía: 1.400.000 kWh/ mes

Demanda de Potencia: 4,5 kW

Reducción Del Consumo/Gasto (Costos) Para Reducir La Demanda en Energía

Se dispone de Sistema Control Centralizado de Tráfico CCT, el cual aporta, a partir de planilla de circulación de trenes, automatismo en el despacho de trenes desde terminales, control del seguimiento del avance de los trenes y data que permite a operadores control de la regularidad del intervalo entre los trenes.

Eficiencia de la Operación

Existe registro que permite evaluar la eficiencia de la operación, en materias de cumplimiento de la regularidad del intervalo planificado (cumplimiento de la frecuencia que se ofrece).

Cumplimiento de las partidas de trenes desde estaciones terminales. (Cumplir el Itinerario).

- Cumplimiento del tiempo de viaje por cada vía.
- Existe medición de la usabilidad de los trenes para servicio v/s el movimiento de trenes vacíos, índice de medición denominado UMR (Uso Material Rodante).
- Los trenes disponen de control para restringir la aplicación del esfuerzo de tracción, que implica evitar impactos de superar demanda máxima de potencia.

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Descripción del Problema

Metro Valparaíso S.A. es una empresa de transporte público ferroviario de la V región, con un servicio rápido, seguro, y beneficios tarifarios para usuarios con discapacidad, adultos mayores, estudiantes, convenios, etc.

Al ser el principal medio de transporte de la región y cumplir con un rol social, ésta es subvencionada por el estado, al no ser una empresa rentable por sí misma. Ante los continuos resultados negativos de sus estados financieros, los que se pueden corroborar en sus memorias anuales desde el año 2009 al 2016 (Metro Regional de Valparaíso S.A., 2017), se ve reflejado un aumento sostenido en las pérdidas acumuladas, siendo uno de los mayores costos desembolsables el consumo de energía eléctrica, la cual puede ser estudiada y analizada, para ver una posible disminución en el costo sin disminuir la calidad y cantidad del servicio, considerando que los otros costos de envergadura como remuneraciones, mantenimiento de automotores, traslado de pasajeros no se pueden dejar de realizar, producto de la operación.

Sin embargo los precios por pasaje manejados en el servicio no pueden sufrir alzas masivas para obtener resultados positivos o mayores ingresos operacionales, producto del inconveniente que genera en la sociedad y en el transporte de la región, además, de las regulaciones establecidas por el Ministerio del Transporte, el cual no permite aumentar las tarifas a la sola voluntad de Metro Valparaíso.

Metro Valparaíso debe reajustar sus tarifas de acuerdo al cálculo del polinomio acordado por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones y ser enviado a lo menos con 10 días de anticipación para revisión del valor de los servicios.

Lo mencionado anteriormente conlleva a buscar una alternativa en la reducción del costo de energía eléctrica sin disminuir la cantidad y calidad del servicio prestado a los usuarios, por medio de la Energía Renovable No Convencional (ERNC), cumpliendo con lo establecido

por el Gobierno, en la que indica y sugiere que las instituciones públicas sean solventadas por este tipo de energía, la que ayudará a obtener un mayor margen de contribución que permita soportar de mejor manera los gastos de la sociedad, y con ello mejorar la posición financiera de la empresa en el mercado por medio de la gestión operativa del ahorro en el costo de energía eléctrica, como también apoyando al costo social en la que Metro Valparaíso está trabajando con el tema de la sustentabilidad.

En este contexto se establecen los siguientes objetivos:

Objetivo General

- Establecer un conjunto de lineamientos orientados a la disminución de costos en Metro Valparaíso SA. por concepto de energía eléctrica.

Objetivos Específicos:

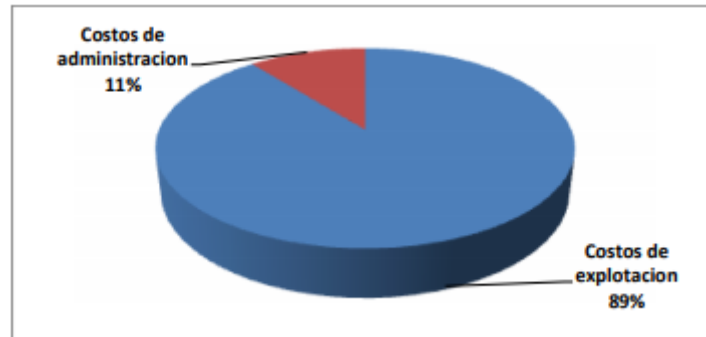
- Efectuar un levantamiento de estudios en materia de sistemas de energía eléctrica basados en Energías Renovables No Convencionales (ERNC).
- Evaluar técnica y financieramente alternativas de implementación de ERNC para Metro Valparaíso.
- Proponer lineamientos orientados a reducir costos de energía eléctrica en el transporte de pasajeros.

Justificación del Problema

Metro de Valparaíso actualmente cuenta con una flota de 35 trenes y en su recorrido diario corresponde a 43 kilómetros de vía, además, de las instalaciones como estaciones, talleres, oficina central, y oficinas de control, sin considerar el servicio de combinaciones. Tanto la tracción de trenes como las oficinas establecidas a la fecha generan el consumo total de energía a la empresa, energía equivalente a 46.670 kW diarios, de los cuales cerca de 37.333 kW son consumidos en energía de tracción, y el resto aproximadamente 9.336 kW

diarios, son consumidos para energía de fuerza, la cual es utilizada en las estaciones y oficinas de metro, junto con la luminaria del total de la red.

El costo operacional de la compañía corresponde al 89% del total de costos de la empresa sin considerar las depreciaciones (Gessa, 2012).



El 80% del consumo de energía es atribuible a la movilización ferroviaria y el 20%, a consumo en estaciones, edificios varios, oficinas y alumbrado en toda la red. Para el año 2016, el gasto de consumo de energía eléctrica desde el 01.01.2016 al 31.12.2016 corresponde a M\$1.937.314.- por el uso aproximado de 16.800 mWh durante el mismo periodo.

Debido a la gran cantidad de recursos que se utilizan para cubrir el consumo eléctrico, es de importancia analizar los lineamientos del sistema eléctrico que nos permitan disminuir los costos de energía eléctrica, financiera y socialmente, siendo agentes de cambio e innovación, y una empresa generadora de soluciones de problemas que involucran a la comunidad, mejorando los estándares de calidad, agregando valor al servicio y mostrando un compromiso con la ciudadanía, mejorando la calidad de vida, producto de la reducción de emisiones contaminantes que afectan al medio ambiente, permitiendo fortalecer el servicio de manera continua.

CAPITULO IV

ENERGÍAS RENOVABLE NO CONVENCIONAL

Las fuentes de energía son elementos de la naturaleza de los cuales se puede extraer energía, dentro de este concepto se agrupan las energías no renovables, y las renovables; éstas se caracterizan porque en su proceso de transformación no se consumen y no se agotan estos recursos. Dentro de este tipo de fuente de energía se encuentran la solar, la eólica, la hidráulica y la de los océanos. También son clasificadas como no renovables las provenientes de la biomasa, energía geotérmica y biocombustibles.

Según el grado desarrolló de estas energías renovables, y la penetración en los mercados energéticos, se pueden subclasificar en convencionales y no convencionales. Dentro de las convencionales, la más destacada es la hidráulica a gran escala; mientras que dentro de las no convencionales destacan la solar, la eólica, geotérmica y la energía de los mares. Cabe mencionar que la mayor parte de las energías provienen directa o indirectamente del sol, ya que como aporta luz y fotones, también ha configurado la vida en la tierra, permitiendo la existencia de ríos, mares, viento, etc.

Energía Eólica

Como fue mencionado anteriormente, el sol es fuente directa o indirecta de casi todas las fuentes de energía, en este caso cuando el sol calienta unas zonas de la tierra más que otras, en estas últimas se produce el movimiento de grandes masas de gas, que dan origen al viento. Para transformar el viento en energía, se utilizan molinos de viento también llamados aerogeneradores. El viento en su trayectoria mueve las palas (aspas) de los aerogeneradores que, gracias a un rotor de un generador, convierte la fuerza del viento en energía eléctrica. Los aerogeneradores (o molinos) llegan a medir 50 metros, con hélices de hasta 23 metros de longitud. Para su correcto uso se necesitan condiciones meteorológicas concretas, donde las corrientes de aire sean fuertes y relativamente continuas; las zonas elevadas suelen ser las más habituales para estas condiciones. (MARIMAR, 2017)



Sin embargo este tipo de equipos causan un importante impacto paisajístico en las zonas que se instalan, como también pueden afectar a la vida y costumbres de las aves.

La energía producida puede ser almacenada en baterías para su posterior uso.

Energía del Mar

Como consecuencia de los vientos y las tormentas se produce el movimiento del oleaje de los océanos. Esto sumado a la atracción gravitacional de la Luna y el Sol, se originan las mareas.

Esta energía producida por el mar se puede distribuir de tres maneras:

- **Energía Mareomotriz:** Es la energía asociada a las mareas provocadas por la atracción gravitatoria del sol y principalmente de la luna sobre las masas de agua de los mares. Las mareas pueden suponer una diferencia del nivel del mar de entre 2 y 15 metros dependiendo de las costas.



- **Energía Undimotriz:** Este tipo de instalaciones tratan de obtener energía eléctrica a partir de la energía de las olas.
Su funcionamiento se basa en la presión que la ola ejerce sobre una columna de aire sobre la que hay una turbina. El aire presionando por la cresta de la ola hace girar la hélice de la turbina.



- **Energía Maremotérmica:** Este tipo de energía sostenible que transforma la diferencia de temperatura entre el fondo de la superficie de un océano en electricidad. Se realiza mediante la ubicación de una máquina térmica compuesta de uno o varios intercambiadores de calor y una turbina que aprovecha el gradiente de temperaturas para producir trabajo y posteriormente convertirlo en electricidad.



Energía Solar Fotovoltaica

Este tipo de Energía Renovable No Convencional consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Para obtener la electricidad, la luz solar es capturada a través de paneles solares o fotovoltaicos, los que conforman grupos llamados células o celdas solares, responsables de la transformación de la luz solar (fotones) en energía eléctrica (electrones). Con ello es posible abastecer sistemas de corriente continua a 12v, 24v y 48v, o de corriente alterna a 220v y 380v, éste último funcionando gracias a la transformación de energía que produce un “inversor”, que convierte la corriente continua en corriente alterna, permitiendo conectar cualquier artefacto eléctrico sin necesidad de equipos intermedios. La energía recolectada y transformada en electricidad, es almacenada en un banco de baterías para poder estar disponible para el momento de consumo deseado, esto ayuda en los días nublados, donde los paneles fotovoltaicos no reciben toda la luz necesaria para producir energía; así mismo es posible adquirir al sistema reguladores de carga a la batería, con ella es posible controlar electrónicamente las tensiones, y la corriente de carga y descarga, con esto se protege de sobrecargas y sobre descargas, prolongando la vida útil de la batería. (Sustentator, 2016)

Chile es una de las zonas de mayor radiación solar en el mundo, en la región de Valparaíso equivale a aproximadamente 900 watt por metro cuadrado, esto da un ambiente propicio para el desarrollo de este tipo de electricidad. Dentro de la Universidad Santa María en Valparaíso se están desarrollando estudios de Investigación y Desarrollo para hacer de la

energía de la región más limpia. Es así como plantean la posibilidad de instalar paneles solares en ciertos cultivos agrícolas a modo de sombreadero. Otra de las investigaciones que está desarrollando la Universidad tiene relación con la predicción en corto plazo del desplazamiento de las nubes, esto para efficientizar la captura de energía.



A pesar que la inversión inicial para instalar un sistema eléctrico fotovoltaico es alta, los equipos tienen una larga vida útil. Un estudio realizado por “National Renewable Energy Laboratory” (o Laboratorio Nacional de Energía Renovable) perteneciente al Departamento de Energía de Estados Unidos, en el que se realizó seguimiento a 2000 plantas alrededor del mundo para determinar su tasa de degradación de rendimiento. Tras este estudio se determinó que el promedio de degradación es de 0,8% por año, pudiendo durar mucho más que los 30 o 35 años en los que habitualmente se deprecian este tipo de Activos. (Greendipity, 2016)

Con el impulso dado por el Gobierno de Chile, se han logrado instalar en Chile varias empresas generadoras de energías renovables, dentro de ellas se pueden nombrar a Enel Generación Chile S.A., Energía Renovable Verano Tres Spa, Atacama Solar S.A., Cox Energía Spa y Atacama Energy Holding S.A.

La comisión Nacional de Energía (CNE), organismo público relacionado con el Ministerio de Energía de Chile, resaltó el hito alcanzado el año 2017 con el menor precio promedio entre las licitaciones adjudicadas por las grandes empresas generadoras de energía renovable, alcanzando los 32,5 USD/MWh, y se alcanzó una oferta de 2.200 GWh/año de

energía para clientes regulados (hogares y pymes) del Sistema Eléctrico nacional por 20 años a partir del 2024. El precio con el que partieron las empresas fue de 21,48 USD/MWh, por lo que depende de la empresa, es posible adquirir la energía más económica, y siempre renovable. (Comisión Nacional de Energía, 2017)

Adjudicatario	Energía adjudicada (GWh)	Precio Medio (USD/MWh)	Participación
Enel Generación Chile S.A.	1.180	34,7	54%
Energía Renovable Verano Tres SpA	540	25,4	25%
Atacama Solar S.A.	220	36,5	10%
Cox Energía SpA	140	34,4	6%
Atacama Energy Holdings S.A.	120	34,1	5%
Total	2.200	32,5	100%

CAPITULO V

PLAN DE MEJORA OPERACIONAL DE LA ERNC APLICADA A METRO VALPARAISO

El plan de mejora aplicada a Metro Valparaíso está enfocada a la disminución del costo de energía tanto financiera como socialmente considerando los siguientes aspectos operacionales:

1. Objetivos de la función de operaciones:

Metro Valparaíso en su plan de compromiso con la sostenibilidad y aportando a la lucha contra el cambio climático, se ha comprometido con mejorar la calidad de vida de las personas que viven o se trasladan de una comuna a otra, además, de contribuir a la meta nacional al año 2025, que el país produzca el 20% de la energía eléctrica por medios de recursos sustentables.

Para cumplir este objetivo se ha establecido que la mejor opción es la energía fotovoltaica obtenida por medio de paneles solares que capturan la radiación solar convirtiéndola en energía eléctrica.

Nuevas investigaciones señalan la viabilidad y rentabilidad de la energía solar en el transporte ferroviario potenciando el sistema fotovoltaico en países europeos. (Futuverde, 2017)

Producto de estas investigaciones, y el potencial que tiene la región de Valparaíso con altos índices de radiación solar y la implementación de estos sistemas en instituciones públicas y empresas privadas, en edificios, y gran cantidad de hogares, muestra la factibilidad de estos productos y la confianza que ellos demuestran en organizaciones nacionales y extranjeras.

La meta de producción equivale a un total de 325 kwh, lo que se logrará mediante la instalación de 1 kit de paneles en cada una de las estaciones ubicadas desde Quilpué a Limache.

Debido a que la producción de energía renovable corresponde a 25 kwh por estación y cada una de estas utiliza aproximadamente 35 kwh, por lo no se mantiene nivel de seguridad para este tipo de energía, sin embargo, la cantidad faltante es proporcionada por medio de contrato con tecnored con energía tradicional. Cabe destacar que la producción de energía calculada con la instalación de paneles fotovoltaicos, se realiza bajo un escenario pesimista, considerando la menor producción de energía que generaría este sistema.

El sistema a utilizar en Metro Valparaíso es un kit de paneles, señalado en la siguiente imagen:



Con la instalación de estos paneles se pretende proteger el medio ambiente y reducir la contaminación, al estar consumiendo energías limpias, en desmedro de las energías fósiles.

Para Metro Valparaíso corresponde una disminución en el costo de energía y para los pasajeros una visión del compromiso de la empresa para mejorar la calidad de vida de la comunidad y del medio ambiente.

2. Diseño y prueba del servicio:

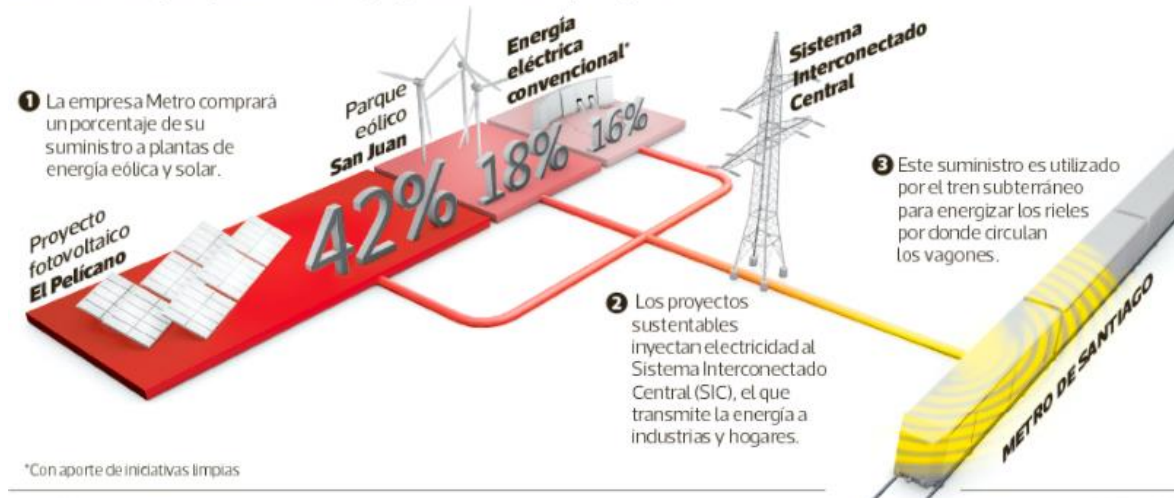
Existen casos en el mundo donde países han logrado el desarrollo de proyectos de esta materia, como lo son por ejemplo Holanda y España. El primero es destacado por sus fuertes corrientes de viento, y sus característicos molinos de viento, es por esto que en el año 2015 la principal empresa ferroviaria de Holanda “NS” (Nederlandse Spoorwegen) en conjunto con otras grandes empresas del país y la asociación de transportistas ferroviarios VIVENS, desarrollan un plan para sustituir el 100% de las fuentes contaminantes de los trenes eléctricos por energía eólica para el año 2018, sin embargo el 1 de enero de 2017 se anunció que el objetivo se había cumplido un año antes de lo previsto. Este plan otorga 1,4 tWh de electricidad anualmente, el necesario para cubrir todo el kilometraje de recorrido de los trenes nacionales. Para lograrlo, Holanda desarrolló alianzas con países como Bélgica y Finlandia, que disponen de vastos parques eólicos para cubrir la totalidad de energía eléctrica necesaria para el sistema ferroviario, debido a que el país no era capaz de cubrir la totalidad de la demanda. (Twenergy, 2017)

En el caso de España el Administrador de Infraestructura Ferroviaria (ADIF) desarrolló un plan denominado “Plan Director de Ahorro y Eficiencia Energética 2009-2014”, que promueve el uso de fuentes de energías más limpias para sus trenes e instalaciones. Con ello, para el año 2012 en torno al 70% de la energía suministrada para el consumo de las líneas procedía de energías renovables; tras alcanzar este objetivo, se planeó que toda la red funcionara con este tipo de energías para el 2013. Adicionalmente a esto, se potenció el uso de Frenos Regenerativos, los cuales generan electricidad al momento en que el tren frena, generando fricción que posteriormente es utilizada como energía eléctrica para que partan los automotores. (Trenvista, 2015)

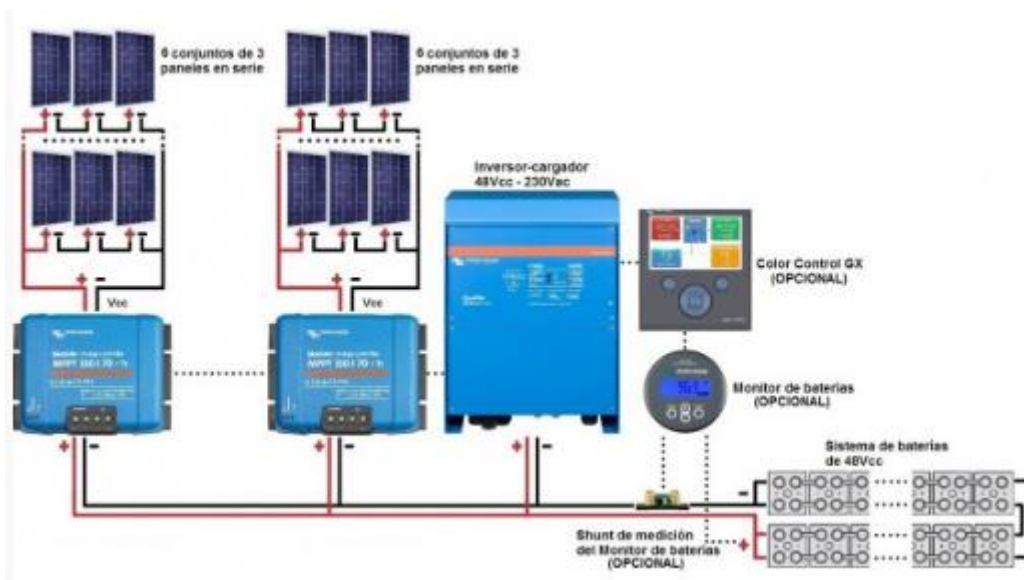
En Chile la Empresa de Transporte de Pasajeros Metro S.A., que opera en el gran Santiago, concretó dos proyectos con las generadoras de energías limpias Latin American Power (LAP) y Sunpower, para adquirir el 76% del total de energía necesaria para sus operaciones; esto a ejecutarse el primer trimestre del 2018. El parque fotovoltaico El Pelicano, propiedad de Sunpower y ubicado en la Región de Coquimbo, aportará el 42% de la energía necesaria; por su parte LAP, con su parque Eólico San Juan, ubicado en la

Región de Atacama aportará el 18% de la energía necesario. El otro 16% será aporte de energía eléctrica convencional con aporte de iniciativas limpias. (G.Orellana, 2017)

Metro tendrá energía limpia desde 2018, la que generará electricidad para operar.



El proceso del desarrollo de la energía renovable es básicamente para cubrir la energía de las estaciones del interior, desde Quilpué a Limache. La producción de energía depende del periodo estacional, de la temperatura y de la radiación solar de cada uno de los días, si el día se encuentra nublado, la producción de energía será menor que en la de un día soleado.



El proceso de fabricación de energía renovable alcanza para abastecer parte de la infraestructura de la zona interior.

3. Aspectos técnicos del producto:

Como parte de la propuesta a realizar en Metro Valparaíso S.A., se busca detallar el tipo de panel fotovoltaico a utilizar, como sus características técnicas y los demás equipos necesarios para captar y almacenar la energía solar.

Se realizaron cotizaciones en la página web Ecofener.com, propiedad de la empresa española WEB Renovables, S.L.U., inscrita en el Registro Mercantil de Tarragona, la cual dispone de gran variedad de equipos de calidad, y un servicio de asesoramiento técnico para la instalación de paneles solares. Es en esa página donde se cotizo un Kit de energía solar aislada con capacidad de generar 40.000 W/día, junto al inversor de corriente y las baterías de almacenamiento. (Ecofener, s.f.)

Los **paneles fotovoltaicos** son de material policristalino con una potencia de generación de energía de 265 watt en su momento peak con una radiación promedio de 1.000 watt por metro cuadrado. El cristal policristalino se diferencia del monocristalino por el cristal de silicio utilizado en su fabricación. Para la creación de silicio mono cristalizado se emplean técnicas para controlar el crecimiento del propio cristal, formando una única pieza con un crecimiento controlado; en cambio los paneles poli cristalizados no se controla el crecimiento del cristal de silicio, con lo que crece en distintas direcciones, produciendo un conjunto de cristales diferentes unidos entre sí. En cuanto a la absorción de energía, los paneles mono cristalizados permiten un mejor rendimiento de las células del panel. (Energías Renovables y Limpias, 2013). Estos paneles tienen la capacidad de generar cerca de 1.100 watt/hora cada uno durante los meses de Enero y Febrero, viendo su capacidad disminuida el resto del año, pudiendo llegar hasta los 550 watt/hora en los meses de invierno. Posee características anti-reflectantes y el vidrio es de alta tasa de transmisión, su marco es de aluminio con ocho orificios para su montaje. Sus dimensiones son de 1640 mm de alto, por 992 mm de ancho, y 40 mm de espesor. Tienen una vida útil de aproximadamente 30 años con una alta resistencia a ambientes salinos, como los ubicados en las ciudades costeras, sin embargo ya llegando al fin de su vida útil, el panel podría generar un 80% de electricidad, perdiendo capacidad.

La **batería** que incluye el kit fotovoltaico, corresponde a una Batería estacionaria 2.232 Ah (amperios hora) marca HOPPECKE OPzS. Estas tienen una alta vida útil, llegando a los 20 años de uso, la cual puede llegar a bajar su rendimiento al 80% llegando al fin de su vida útil. Es una de las baterías solares de mayor seguridad contra cortocircuitos y de los mejores acumuladores solares de energía que existen actualmente en el mercado. Sus dimensiones son de 855 mm de alto, por 277 mm de ancho y 215 mm de espesor.

Para cargar las baterías son necesarios **reguladores de carga**, estos se encargan de controlar la entrada de energía generada de los paneles solares a las baterías, por lo que alargan su vida útil y permiten obtener información y parámetros de funcionamiento de los equipos fotovoltaicos. Cuando la batería no está completamente cargada, el regulador permite el paso de energía a ella, sin embargo al estar completamente cargada se corta el flujo de energía para que la batería no se sobrecargue ni sobrecaliente. En este caso se utilizará un Regulador solar MPPT de 85A (amperio) de marca Victron SmartSolar. La tecnología MPPT (seguidor del punto de máxima potencia en inglés) es de las más avanzadas en el mercado actualmente comparada con la tecnología PWM (modulación por anchura de puntos en inglés), se diferencian ya que la tensión y la corriente en la MPPT son diferentes en la entrada y salida, esto permite un aumento de la tensión del panel solar y aumenta la producción solar hasta un 30% respecto a los controladores PWM (Tritec Intervento, 2016). El regulador propuesto posee un algoritmo de carga flexible, permitiendo programar la carga de las baterías, protege de sobre temperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura, como también protección ante cortocircuitos.

Por último, para poder convertir la energía de corriente continua a corriente alterna, es necesario un **Inversor de corriente**. El ofrecido corresponde al Inversor-cargador Victron Quattro de 48V y 8.000W continuos. Este inversor puede conectarse a dos fuentes de alimentación de corriente alterna independientes, con lo que automáticamente se conecta a la fuente de alimentación activa. Este inversor puede evitar la sobrecarga en una fuente de corriente alterna limitada; reducirá automáticamente la carga de la batería cuando se produzca sobrecarga, a su vez tomará corriente de la batería para compensar la alimentación del generador o de la red eléctrica.

4. Estrategia de cadena de suministros:

La energía eléctrica es generada a partir de la energía solar. Los fotones emitidos por el sol son absorbidos y procesados mediante los paneles solares fotovoltaicos, que se ubicaran en las estaciones comprendidas en la zona interior de la región en la que opera el servicio de Metro Valparaíso; y la planta de generación de energía que se ubicara en la comuna de Quilpué. La energía obtenida será almacenada en baterías con ayuda de los reguladores de energía, los cuales se encargaron de cargar la batería sin generar sobrecargas y evitando cortes de circuito. Una vez almacenada, esta puede ser consumida de manera inmediata, pasando la energía por el inversor de corriente a cada tablero general de fuerza y tracción disponible en cada estación de metro, alimentando de corriente a estos espacios. De existir sobrantes de energía, estos serán transportados mediante un sistema de cables subterráneo a la subestación eléctrica de alta tensión ubicada en las inmediaciones de la estación El Sol, para ser distribuida y utilizada por el resto de las estaciones de Metro Valparaíso.

5. Localización de las operaciones de la empresa

Algunas de las propuestas que se plantean involucran el desarrollo de una planta de generación de energía eléctrica fotovoltaica, es por esto que para decidir sobre la ubicación en donde se realizará la instalación, se confeccionó una matriz de localización considerando las comunas en la que opera Metro Valparaíso.

Factor de Localización (Puerto)	Ponderación	Puntuación
Afluencia de público	25%	3
Cercanía subestación eléctrica	30%	4
Clima favorable	20%	2
Resistencia al deterioro	15%	1
Seguridad	10%	2
Factor de Localización		2,7

Factor de Localización (Viña del Mar)	Ponderación	Puntuación
Afluencia de público	25%	5
Cercanía subestación eléctrica	30%	2
Clima favorable	20%	3
Resistencia al deterioro	15%	2
Seguridad	10%	3
Factor de Localización		3,05

Factor de Localización (Quipué)	Ponderación	Puntuación
Afluencia de público	25%	4
Cercanía subestación eléctrica	30%	4
Clima favorable	20%	4
Resistencia al deterioro	15%	5
Seguridad	10%	2
Factor de Localización		3,95

Factor de Localización (Villa Alemana)	Ponderación	Puntuación
Afluencia de público	25%	3
Cercanía subestación eléctrica	30%	4
Clima favorable	20%	4
Resistencia al deterioro	15%	5
Seguridad	10%	2
Factor de Localización		3,7

Factor de Localización (Limache)	Ponderación	Puntuación
Afluencia de público	25%	4
Cercanía subestación eléctrica	30%	1
Clima favorable	20%	4
Resistencia al deterioro	15%	5
Seguridad	10%	3
Factor de Localización		3,15

Dentro de la matriz, se evaluaron, con puntuaciones de 1 (Deficiente) a 5 (Excelente), 5 criterios para determinar en qué lugar es más conveniente realizar la instalación. Así fue como se puntuaron las distintas comunas, según su afluencia de público de sus estaciones principales (cantidad de pasajeros que circula por dicha estación), la distancia que existiría desde la planta de generación de energía hasta la subestación eléctrica más cercana, el clima de la zona, la resistencia que puedan tener los paneles respecto del polvo o la sal en el entorno, y la seguridad que pueda otorgar la comuna.

La zona que presentó mejores condiciones para la instalación de la planta fotovoltaica, es la comuna de Quilpué. La estación principal de esta ciudad, es la segunda con mayor flujo de pasajeros de toda la red metro, la cual podría aumentar la cantidad de pasajeros por el sentido de identificación que éstos generarían con metro, por el hecho de estar apoyando el medio ambiente, cuidando de la generación de energía para el desarrollo de sus actividades. En Quilpué, más específicamente en El Sol, se dispone de la única subestación eléctrica de alta tensión que opera Metro, por lo que resulta de mayor conveniencia transporta la

energía a ese punto para ser distribuida al resto de las subestación de energía rectificatoria a lo largo del trazado de Metro Valparaíso.

Quilpué es catalogada como la Ciudad del Sol, y se caracteriza por su buen clima y sus cielos despejados en épocas de primavera y verano, esto es un gran atractivo para la generación de energía en este lugar, donde se puede aprovechar de muy buena manera el sol. Junto a ello, y a diferencia de las ciudades costeras en las que opera Metro, en Quilpué hay un bajo índice de salinidad en el ambiente, lo que favorece en el lento deterioro de los paneles. A su vez, y con el futuro desarrolló de una sala de video control en la estación de Quilpué, la seguridad que presentarán las instalaciones serían las mejores, pudiendo actuar de manera oportuna ante cualquier siniestro.

6. Diseño y distribución de las instalaciones

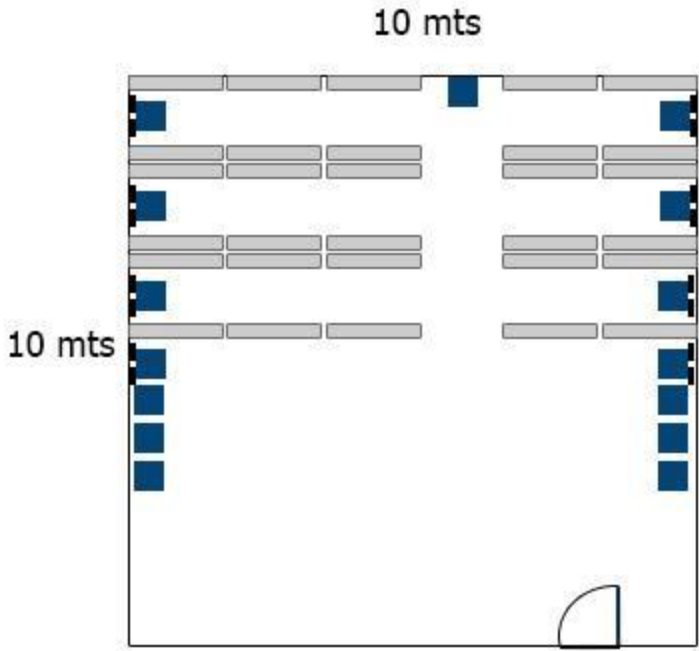
Los equipos necesarios para la regulación y almacenamiento de energía generada mediante los paneles solares fotovoltaicos serán resguardados en las salas técnicas construidas en cada estación de Metro. Estas salas tienen un espacio de 9 metros cuadrados, y cuentan con aire acondicionado, lo cual ayuda y prolonga la vida de los equipos eléctricos, al evitar su sobrecalentamiento.

En cada estación se encuentran dos salas técnicas una en cada andén, una llamada SATF (sala tracción y fuerza) donde se incorporarán los equipos de baterías y tableros de alimentación y en la salas técnicas se establecerán los sistemas de control, donde hay aire acondicionado y así evitar la instalación en nuevas salas técnicas de aire acondicionado y evitar nuevos costos, siendo sostenidas en un rack para evitar ocupar espacio innecesariamente.

En cada una de las 9 estaciones comprendidas en el tramo Quilpué - Limache se instalarán 36 paneles solares fotovoltaicos en las alturas del andén vía 2 (dirección a Puerto), formando un techo que permita el sombreado para los pasajeros que esperan el metro, y pudiendo captar una buena cantidad de luz durante la mayor parte del día. Cada andén tiene una dimensión de 100 metros de largo, por 3 metros de ancho, quedando los paneles dispuestos de la siguiente manera:



Para el caso de la planta de generación de energía solar, la cual estará ubicada en un terreno adquirido por Metro Valparaíso S.A. para estos fines, se construirán 100 metros cuadrados para albergar las baterías, reguladores e inversores necesarios para soportar la energía producida por los 540 paneles solares fotovoltaicos. Esta instalación contará con las condiciones óptimas para que estos equipos funcionen a la perfección, permitiendo el más amplio tiempo de vida útil. El siguiente plano muestra la disposición de estos equipos en la instalación:



7. Administración de inventarios.

Metro Valparaíso al ser una empresa de servicios, no cuenta con demasiado inventario de existencias, salvo los repuestos para sus automotores o piezas para la transmisión de energía. Es por esto que se mantendrá en bodega un stock del 5% del total de paneles fotovoltaicos en uso, ya que estos son los principales activos que puedan sufrir algún tipo de siniestro, al estar expuestos al aire libre. El resto de los equipos, como reguladores,

baterías e inversores estarán resguardados en las mejores condiciones posibles, permitiendo la extensión de su vida útil.

De igual forma cada activo es inventariado y codificado con un número único determinado por el área contable, con el fin de tener un control sobre su existencia y valuación. Con este control es posible determinar la depreciación de cada pieza del Activo Fijo, como también conocer su ubicación dentro de las dependencias de Metro Valparaíso.

8. Control de calidad y servicio al cliente

El proyecto en la etapa de diseño, instalación y montaje de los equipo se construirá en base a los criterios RAMS ferroviario, la cual permite medir el nivel de confianza de un sistema, y por consiguiente las autoridades ferroviarias pueden mejorar la calidad del servicio que prestan. Esta exige el cumplimiento estricto de parámetros en cuanto a fiabilidad (que este en las condiciones que se diseñaron y definieron), disponibilidad (el sistema esté siempre que se le requiera), mantenibilidad (acceso fácil a las tecnologías y equipos para su mantenimiento) y seguridad (que sea seguro y no ponga en riesgo a las personas) a los sistemas de señalización, comunicaciones y electrificación durante todo el ciclo de vida. (Pmcingenieros, 2015)

Adicionalmente, los paneles fotovoltaicos se encuentran certificados bajo la ISO 9001, relacionados a los procesos y satisfacción del cliente, en este caso, a Metro Valparaíso.

9. Costo de la estrategia de operaciones

Para el logro de los objetivos planteados, se han desarrollado tres propuestas con la que Metro Valparaíso S.A. puede disminuir el Costo Anual de Energía Eléctrica. Estas propuestas son detalladas a continuación:

Propuesta 1

Paneles Solares. Estaciones tramo Quilpue - Limache

Energía diaria promedio utilizada en cada Estaciones (kWh)	35
Estaciones a Implementar	9
Valor Kit Fotovoltaico	\$ 20.000.000
Energía generada por Kit kWh/día	325
Energía Total Generada (kWh/día)	2.925
Porcentaje de Ahorro	6,27%

Costo Inversión Paneles	\$ 180.000.000
--------------------------------	-----------------------

Costo Implementación Paneles FV	\$ 180.000.000
--	-----------------------

Financiamiento

Tasa	1%
Nro Periodos (años)	10
Cuota Anual	\$19.004.774

Costo Anual Implementación Paneles Fotovoltaicos	\$ 19.004.774
---	----------------------

Activos			
		Propuesta	
	31.12.2016	31.12.2016	Variación
	M\$	M\$	%
Activos Corrientes			
Efectivo y equivalente al efectivo	1.707.993	1.707.993	
Otros activos financieros, corrientes	6.206.710	6.206.710	
Otros activos no financieros, corrientes	104.357	104.357	
Deudores comerciales y otras cuentas por cobrar, corrientes	424.673	424.673	
Cuenta por cobrar a entidades relacionadas, corrientes	1.228.740	1.228.740	
Inventarios, corriente	118.313	118.313	
Activos por impuestos, corrientes	34.500	34.500	
Total de Activos Corrientes	9.825.286	9.825.286	
Activos No Corrientes			
Otros activos financieros, no corrientes	20.924.105	20.924.105	
Cuentas por cobrar a entidades relacionadas, no corrientes	72.432	72.432	
Activos intangibles distintos de la plusvalía, neto	65.890	65.890	
Propiedades, plantas y equipos, neto	90.756.201	90.936.201	0,20%
Propiedades de inversión, neto	1.252.445	1.252.445	
Total de Activos No Corrientes	113.071.073	113.251.073	
Total de Activos	122.896.359	123.076.359	0,15%

Pasivos y Patrimonio			
		Propuesta	
	31.12.2016	31.12.2016	Variación
	M\$	M\$	%
Pasivos Corrientes			
Obligaciones bancarias, corrientes	-	17.205	
Cuentas por pagar comerciales y otras cuentas por pagar, corrientes	6.968.526	6.968.526	
Cuentas por pagar a entidades relacionadas, corrientes	1.866.654	1.866.654	
Provisiones corrientes por beneficios empleados, corrientes	417.769	417.769	
Otros pasivos no financieros, corrientes	1.664.168	1.664.168	
Total de Pasivos Corrientes	10.917.117	10.934.322	
Pasivos No Corrientes			
Obligaciones bancarias, no corrientes	-	162.795	
Cuentas por pagar a entidades relacionadas, no corrientes	27.087.720	27.087.720	
Otros pasivos no financieros, no corrientes	23.959.775	23.959.775	
Total Pasivos No Corrientes	51.047.495	51.210.290	
Patrimonio			
Capital pagado	106.125.877	106.125.877	
Primas de emisión	25.436	25.436	
Otras reservas	807.009	807.009	
Resultados acumulados	-46.026.575	-46.026.575	
Total Patrimonio	60.931.747	60.931.747	
Total Pasivos y Patrimonio	122.896.359	123.076.359	0,15%

Estados de Resultados Integrales por Función			
	Acumulado	Acumulado	Variación
	01.01.2016	Propuesta	%
	31.12.2016	31.12.2016	
	M\$	M\$	
Ingresos de actividades ordinarias	14.028.801	14.028.801	
Costo de ventas	-14.012.660	-13.891.232	-0,87%
Ganancia (Pérdida) Bruta	16.141	137.569	
Gastos de administración	-3.226.575	-3.226.575	
Otras ganancias (pérdidas)	121.866	121.866	
Ingresos financieros	4.159	4.159	
Costos financieros	-232.854	-234.654	0,77%
Diferencias de cambio	79	79	
Resultados por unidades de reajuste	438.212	438.212	
Ganancia (Pérdida) antes de Impuesto	-2.878.972	-2.759.344	-4,16%
(Gasto) Ingreso por impuesto a las ganancias, operaciones contables	-	-	
Ganancia (Pérdida) del Periodo	-2.878.972	-2.759.344	-4,16%

Costo de Ventas	Acumulado	Acumulado	Variación
	01.01.2016	Propuesta	%
	31.12.2016	31.12.2016	
	M\$	M\$	
Remuneraciones	1.866.849	1.866.849	
Cajeros	578.855	578.855	
Guardias	828.157	828.157	
Traslado de pasajeros (Servicio bus metro)	1.780.973	1.780.973	
Mantenimiento automotores y otros de operación	1.890.736	1.890.736	
Energía Eléctrica	1.937.314	1.815.886	-6,27%
Costo de tarjetas	118.829	118.829	
Peaje y canon de acceso	1.591.232	1.591.232	
Seguros	249.797	249.797	
Depreciación propiedades, plantas y equipos	3.866.283	3.866.283	
Subvención MTT compra automotores	-826.097	-826.097	
Depreciación propiedades de inversión	22.028	22.028	
Otros	107.704	107.704	
Totales	14.012.660	13.891.232	-0,87%

Como primera opción, se plantea la compra y posterior instalación de 36 paneles solares en cada una de las estaciones comprendidas en el tramo Quilpué - Limache. Un total de 9 estaciones de Metro tendrían la capacidad de autoabastecerse con energía solar. Cada una de las estaciones consume aproximadamente 35 mWh, en tanto los paneles solares, considerando una baja producción producto de nubes o condiciones climáticas adversas, podría generar aproximadamente 25 mWh. Para la generación de esa energía, en cada estación se dispondrá de 36 paneles fotovoltaicos, 4 juegos de baterías de 6 vasos, 2 reguladores de carga solar MPPT, y 1 inversor de corriente, con un costo total de aproximadamente 20 millones de pesos. Estos productos fueron cotizados en una empresa de España, por lo que consideramos dentro del costo, el valor por importación de los productos. Adicionalmente, para poder albergar tanto las baterías, como los reguladores e inversor, en cada una de las estaciones se confeccionará una “sala técnica”, en la que se pueda controlar la energía producida y almacenada en las baterías. Esta construcción tiene un valor estimado a 5 millones de pesos por cada sala creada, de aproximadamente 6 metros cuadrados, en cada una de las 9 estaciones en las que se instalaran estos Kit Fotovoltaicos.

A modo de establecer el costo financiero aproximado que implicaría una inversión de este tipo, se simuló una cuota en base a una tasa de interés promedio de mercado, y a un plazo

de 10 años, razonable para el tipo de inversión que se realizará, considerando que los equipos tienen una vida útil promedio de 25 años en general.

Bajo esta propuesta es posible disminuir en cerca de un 6% el costo por concepto de energía eléctrica, manteniendo o extendiendo la vigencia del contrato de energía eléctrica que vincula a Metro Valparaíso con Tecnoled S.A. (empresa de distribución de energía perteneciente el grupo Chilquinta S.A.). Esta disminución reduce en aproximadamente un 1% el costo de venta de la sociedad, permitiendo soportar de mejor manera los gastos de la empresa. De igual manera, el interés producto del préstamo obtenido para financiar la inversión, haría aumentar en 1% el Costo Financiero. Suponiendo que el resto de los gastos se mantienen constantes, el resultado del ejercicio mejoraría en 4%, disminuyendo la pérdida del ejercicio antes determinado.

Propuesta 2

Planta Generación de Energía

Valor Kit Fotovoltaico	\$ 20.000.000
Energía generada por Kit kWh/día	325
Cantidad Kit Utilizados	15
Energía generada por Kit kWh/día	4.875
Porcentaje de Ahorro	10,45%

Costo Inversión Paneles	\$ 300.000.000
Terreno para Planta Generadora (0,25 Has)	\$ 290.000.000
Instalaciones Planta Generadora	\$ 50.000.000

Costo Total Planta Generación Energía **\$ 640.000.000**

Financiamiento

Tasa	1%
Nro Periodos (años)	10
Cuota Anual	\$67.572.529

Costo Anual Implementación Planta Generadora **\$ 67.572.529**

Activos			
		Propuesta	
	31.12.2016	31.12.2016	Variación
	M\$	M\$	%
Activos Corrientes			
Efectivo y equivalente al efectivo	1.707.993	1.707.993	
Otros activos financieros, corrientes	6.206.710	6.206.710	
Otros activos no financieros, corrientes	104.357	104.357	
Deudores comerciales y otras cuentas por cobrar, corrientes	424.673	424.673	
Cuenta por cobrar a entidades relacionadas, corrientes	1.228.740	1.228.740	
Inventarios, corriente	118.313	118.313	
Activos por impuestos, corrientes	34.500	34.500	
Total de Activos Corrientes	9.825.286	9.825.286	
Activos No Corrientes			
Otros activos financieros, no corrientes	20.924.105	20.924.105	
Cuentas por cobrar a entidades relacionadas, no corrientes	72.432	72.432	
Activos intangibles distintos de la plusvalía, neto	65.890	65.890	
Propiedades, plantas y equipos, neto	90.756.201	91.396.201	0,71%
Propiedades de inversión, neto	1.252.445	1.252.445	
Total de Activos No Corrientes	113.071.073	113.711.073	
Total de Activos	122.896.359	123.536.359	0,52%

Pasivos y Patrimonio			
		Propuesta	
	31.12.2016	31.12.2016	Variación
	M\$	M\$	%
Pasivos Corrientes			
Obligaciones bancarias, corrientes	-	61.173	
Cuentas por pagar comerciales y otras cuentas por pagar, corrientes	6.968.526	6.968.526	
Cuentas por pagar a entidades relacionadas, corrientes	1.866.654	1.866.654	
Provisiones corrientes por beneficios empleados, corrientes	417.769	417.769	
Otros pasivos no financieros, corrientes	1.664.168	1.664.168	
Total de Pasivos Corrientes	10.917.117	10.978.290	
Pasivos No Corrientes			
Obligaciones bancarias, no corrientes	-	578.827	
Cuentas por pagar a entidades relacionadas, no corrientes	27.087.720	27.087.720	
Otros pasivos no financieros, no corrientes	23.959.775	23.959.775	
Total Pasivos No Corrientes	51.047.495	51.626.322	
Patrimonio			
Capital pagado	106.125.877	106.125.877	
Primas de emisión	25.436	25.436	
Otras reservas	807.009	807.009	
Resultados acumulados	-46.026.575	-46.026.575	
Total Patrimonio	60.931.747	60.931.747	
Total Pasivos y Patrimonio	122.896.359	123.536.359	0,52%

Estados de Resultados Integrales por Función			
	Acumulado	Acumulado	Variación
	01.01.2016	01.01.2016	%
	31.12.2016	31.12.2016	
	M\$	M\$	
Ingresos de actividades ordinarias	14.028.801	14.028.801	
Costo de ventas	-14.012.660	-13.810.280	-1,44%
Ganancia (Pérdida) Bruta	16.141	218.521	
Gastos de administración	-3.226.575	-3.226.575	
Otras ganancias (pérdidas)	121.866	121.866	
Ingresos financieros	4.159	4.159	
Costos financieros	-232.854	-239.254	2,75%
Diferencias de cambio	79	79	
Resultados por unidades de reajuste	438.212	438.212	
Ganancia (Pérdida) antes de Impuesto	-2.878.972	-2.682.992	-6,81%
(Gasto) Ingreso por impuesto a las ganancias, operaciones conti	-	-	
Ganancia (Pérdida) del Periodo	-2.878.972	-2.682.992	-6,81%

Costo de Ventas	Acumulado	Acumulado	Variación
	01.01.2016	Propuesta	%
	31.12.2016	31.12.2016	
	M\$	M\$	
Remuneraciones	1.866.849	1.866.849	
Cajeros	578.855	578.855	
Guardias	828.157	828.157	
Traslado de pasajeros (Servicio bus metro)	1.780.973	1.780.973	
Mantenimiento automotores y otros de operación	1.890.736	1.890.736	
Energía Eléctrica	1.937.314	1.734.934	-10,45%
Costo de tarjetas	118.829	118.829	
Peaje y canon de acceso	1.591.232	1.591.232	
Seguros	249.797	249.797	
Depreciación propiedades, plantas y equipos	3.866.283	3.866.283	
Subvención MTT compra automotores	-826.097	-826.097	
Depreciación propiedades de inversión	22.028	22.028	
Otros	107.704	107.704	
Totales	14.012.660	13.810.280	-1,44%

Para ayudar en la obtención de los objetivos planteados, se propone el desarrollo de una planta de generación de energía solar ubicada en la comuna de Quilpué, ya que según los factores evaluados, tiene las mejores condiciones para realizar esta inversión. La propuesta plantea la compra de 2.500 metros cuadrados de terreno en Quilpué para albergar los 540 paneles solares fotovoltaicos, capaces de generar, en condiciones climatológicas desfavorables, aproximadamente el 10% de la energía utilizada por Metro Valparaíso. El valor de este terreno fue proyectado según el valor de un terreno de 2.200 metros cuadrados puesto en venta en la comuna de Quilpué. Dentro del terreno se construirán las instalaciones que permitan albergar las baterías, reguladores e inversores de corriente. Esta edificación será de aproximadamente 100 metros cuadrados y tendrá las condiciones necesarias para albergar estos activos.

Esta propuesta tiene un costo total de aproximadamente 640 millones de pesos, que traerá consigo una disminución de aproximadamente el 10% del Costo de Energía Eléctrica, y por consiguiente una reducción de cerca del 1.5% del Costo de Venta. Al igual que la propuesta anterior, se simuló un crédito bancario a una tasa del 1%, pagaderos en 10 años, dándonos cuotas anuales que rondan los 67 millones de pesos. Dado el pago de estas cuotas, el Costo Financiero aumenta en casi un 3% por concepto de intereses de la deuda. Bajo el supuesto

que el resto de los gastos se mantiene constante en el tiempo, la sociedad podría percibir una menor pérdida por aproximadamente un 7% en el resultado del ejercicio.

Propuesta 3

Paneles Solares. Estaciones tramo Quilpue - Limache + Planta Generadora de Energía

Energía diaria promedio utilizada en cada Estaciones (kWh)		35
Estaciones a Implementar		9
Valor Kit Fotovoltaico	\$	20.000.000
Energía generada por Kit kWh/día		325
Energía Total Generada (kWh/día)		2.925
Porcentaje de Ahorro		6,27%

Costo Inversión Paneles	\$	180.000.000
-------------------------	----	-------------

Costo Implementación Paneles FV	\$	180.000.000
--	-----------	--------------------

Cantidad Kit Utilizados		15
Energía generada por Kit kWh/día		4.875
Porcentaje de Ahorro		10,45%

Costo Inversión Paneles	\$	300.000.000
Terreno para Planta Generadora (0,25 Has)	\$	290.000.000
Instalaciones Planta Generadora	\$	50.000.000

Costo Total Planta Generación Energía	\$	640.000.000
--	-----------	--------------------

Costo Total Propuesta	\$	820.000.000
------------------------------	-----------	--------------------

Financiamiento

Tasa		1%
Nro Periodos (años)		10
Cuota Anual		\$86.577.303

Costo Anual Implementación Planta Generadora	\$	86.577.303
---	-----------	-------------------

Activos			
		Propuesta	
	31.12.2016	31.12.2016	Variación
	M\$	M\$	%
Activos Corrientes			
Efectivo y equivalente al efectivo	1.707.993	1.707.993	
Otros activos financieros, corrientes	6.206.710	6.206.710	
Otros activos no financieros, corrientes	104.357	104.357	
Deudores comerciales y otras cuentas por cobrar, corrientes	424.673	424.673	
Cuenta por cobrar a entidades relacionadas, corrientes	1.228.740	1.228.740	
Inventarios, corriente	118.313	118.313	
Activos por impuestos, corrientes	34.500	34.500	
Total de Activos Corrientes	9.825.286	9.825.286	
Activos No Corrientes			
Otros activos financieros, no corrientes	20.924.105	20.924.105	
Cuentas por cobrar a entidades relacionadas, no corrientes	72.432	72.432	
Activos intangibles distintos de la plusvalía, neto	65.890	65.890	
Propiedades, plantas y equipos, neto	90.756.201	91.576.201	0,90%
Propiedades de inversión, neto	1.252.445	1.252.445	
Total de Activos No Corrientes	113.071.073	113.891.073	
Total de Activos	122.896.359	123.716.359	0,67%

Pasivos y Patrimonio			
		Propuesta	
	31.12.2016	31.12.2016	Variación
	M\$	M\$	%
Pasivos Corrientes			
Obligaciones bancarias, corrientes	-	78.377	
Cuentas por pagar comerciales y otras cuentas por pagar, corrientes	6.968.526	6.968.526	
Cuentas por pagar a entidades relacionadas, corrientes	1.866.654	1.866.654	
Provisiones corrientes por beneficios empleados, corrientes	417.769	417.769	
Otros pasivos no financieros, corrientes	1.664.168	1.664.168	
Total de Pasivos Corrientes	10.917.117	10.995.494	
Pasivos No Corrientes			
Obligaciones bancarias, no corrientes	-	741.623	
Cuentas por pagar a entidades relacionadas, no corrientes	27.087.720	27.087.720	
Otros pasivos no financieros, no corrientes	23.959.775	23.959.775	
Total Pasivos No Corrientes	51.047.495	51.789.118	
Patrimonio			
Capital pagado	106.125.877	106.125.877	
Primas de emisión	25.436	25.436	
Otras reservas	807.009	807.009	
Resultados acumulados	-46.026.575	-46.026.575	
Total Patrimonio	60.931.747	60.931.747	
Total Pasivos y Patrimonio	122.896.359	123.716.359	0,67%

Estados de Resultados Integrales por Función			
	Acumulado	Acumulado	Variación
	01.01.2016	01.01.2016	%
	31.12.2016	31.12.2016	
	M\$	M\$	
Ingresos de actividades ordinarias	14.028.801	14.028.801	
Costo de ventas	-14.012.660	-13.688.852	-2,31%
Ganancia (Pérdida) Bruta	16.141	339.949	
Gastos de administración	-3.226.575	-3.226.575	
Otras ganancias (pérdidas)	121.866	121.866	
Ingresos financieros	4.159	4.159	
Costos financieros	-232.854	-241.054	3,52%
Diferencias de cambio	79	79	
Resultados por unidades de reajuste	438.212	438.212	
Ganancia (Pérdida) antes de Impuesto	-2.878.972	-2.563.364	-10,96%
(Gasto) Ingreso por impuesto a las ganancias, operaciones conti	-	-	
Ganancia (Pérdida) del Periodo	-2.878.972	-2.563.364	-10,96%

Costo de Ventas	Acumulado	Acumulado	Variación
	01.01.2016	Propuesta	%
	31.12.2016	31.12.2016	
	M\$	M\$	
Remuneraciones	1.866.849	1.866.849	
Cajeros	578.855	578.855	
Guardias	828.157	828.157	
Traslado de pasajeros (Servicio bus metro)	1.780.973	1.780.973	
Mantenimiento automotores y otros de operación	1.890.736	1.890.736	
Energía Eléctrica	1.937.314	1.613.506	-16,71%
Costo de tarjetas	118.829	118.829	
Peaje y canon de acceso	1.591.232	1.591.232	
Seguros	249.797	249.797	
Depreciación propiedades, plantas y equipos	3.866.283	3.866.283	
Subvención MTT compra automotores	-826.097	-826.097	
Depreciación propiedades de inversión	22.028	22.028	
Otros	107.704	107.704	
Totales	14.012.660	13.688.852	-2,31%

Habiendo evaluado el costo de la inversión en paneles fotovoltaicos, y posteriormente el costo para el desarrollo de una planta de generación de energía fotovoltaica, se realiza una combinación de ambas propuestas, a modo de cuantificar la disminución de los costos en energía eléctrica.

Esta propuesta tiene un valor total aproximado de 865 millones de peso, en el que se incluye la inversión en paneles fotovoltaicos para las estaciones de metro comprendidas en el tramo estaciones Quilpué a Limache, junto a sus respectivas salas técnicas para el control y almacenamiento de energía generada; y el desarrollo de una planta generadora de energía fotovoltaica, ubicada en la comuna de Quilpué. Con ellas, en condiciones desfavorables, se podrá generar cerca del 16% de la energía eléctrica total que utiliza Metro Valparaíso.

La energía generada en la planta fotovoltaica, como los excedentes que pudiesen generar los paneles en cada estación, serían capaz de alimentar a las estaciones de las comunas de Viña del Mar y Valparaíso, comprendidas en el tramo El Salto - Puerto.

Esta inversión traerá consigo una disminución que ronda el 2% del Costo de Venta de la sociedad, permitiendo el ahorro de cerca de 300 millones de pesos en sus ejercicios anuales. Al igual que las propuestas anteriores, se simuló un crédito con tasa del 1% y por un periodo de 10 años, con ello se determinó una cuota anual de aproximadamente 91 millones

de pesos. La primera cuota traerá consigo un aumento de 3.7% en el Costo Financiero, producto de los intereses pagados por el préstamo obtenido. Aun así, y bajo el supuesto que el resto de los gastos se mantienen constantes en los distintos ejercicios, la pérdida del ejercicio se reduciría en casi un 11%.

CONCLUSIÓN

Actualmente se ha desarrollado e intensificado el uso de energías limpias a lo largo del mundo, en conciencia con dañar lo menos posible el medio ambiente, y Chile no se ha quedado atrás en este objetivo establecido mundialmente. Chile goza de una gran variedad de climas y recursos naturales que se pueden explotar para la generación de energías renovables, y dejar de lado, poco a poco, el uso de energías fósiles para su población.

Durante los últimos años se han realizado fuertes inversiones a lo largo del país, con el objetivo de generar energías sin causar un gran impacto al medio ambiente. Es así como se han aprovechado de los cielos despejados en el norte para la obtención de energía solar fotovoltaica, o las amplias planicies que dispone el país para la obtención de energía eólica. A su vez dispone de una extensa costa que permitiría la generación de energía mediante el mar.

Dentro de este lineamiento como país, nos encontramos con empresas como Metro Valparaíso S.A., que para el desarrollo de sus actividades es intensiva en el uso de energía eléctrica, generando una amplia huella de carbono por el uso de energías fósiles, y a su vez genera un alto costo por el uso de este tipo de energías. Estos resultados se buscan revertir mediante el uso de energía renovables no convencionales, y más específicamente el uso de energía solar fotovoltaica.

Para el cumplimiento de los objetivos planteados se desarrollaron tres propuestas que involucran el uso de energía solar fotovoltaica para abastecer en parte el consumo de energía que necesita Metro para su funcionamiento. Es por esto que se propone a Metro Valparaíso la implementación de la Propuesta número 1, que dice relación con la implementación de 36 paneles fotovoltaicos en cada una de las 9 estaciones de metro comprendidas entre el tramo Quilpué - Limache.

La implementación de esta propuesta permitiría que las estaciones funcionen únicamente con energía producida por sí misma, generando un ahorro del 6% del costo total por concepto de consumo de energía eléctrica. A su vez, resulta ser la propuesta más económica entre las otras con un valor aproximado de 180 millones de pesos, permitiendo a la

sociedad ahorrar cerca de 100 millones de pesos al año, por lo que la inversión sería recuperada en aproximadamente 2 años. Estas propuestas no son excluyentes una de otras, ya que en un futuro, si se dan los buenos resultados esperados con la implementación de paneles en estaciones, se podría invertir en el desarrollo de una planta de generación de energía fotovoltaica que alimente en mayor porcentaje a Metro Valparaíso.

Dado que Metro es una empresa perteneciente al grupo EFE (Empresa de Ferrocarriles del Estado), es administrada como una empresa del estado, por lo que se financiará mediante los aportes realizados por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, acorde a lo planteado en los planes trienales que levante Metro Valparaíso. Al ser una propuesta de bajo costo, en comparación con las otras, las probabilidades que el ministerio acepte esa inversión son altas, e irían de acuerdo a los planes del Gobierno en aumentar el uso de energías limpias en empresas del estado, y privadas.

De igual forma, y con la disminución que ha tenido el precio mWh ofrecido por empresas de generación de energía renovable, resulta atractivo que Metro pueda realizar una nueva licitación que permita alimentar su subestación de energía de alta tensión, mediante energías limpias y más económicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Comisión Nacional de Energía. (03 de Noviembre de 2017). *CNE*. Obtenido de CNE: <https://www.cne.cl/prensa/prensa-2017/11-noviembre-2017/valor-de-la-energia-mas-bajo-en-la-historia-de-las-licitaciones-en-chile/>
- Ecofener. (s.f.). *Ecofener*. Obtenido de Ecofener: <http://ecofener.com/content/4-sobre-la-empresa>
- Energías Renovables y Limpias. (30 de Abril de 2013). *Energías Renovables y Limpias*. Obtenido de Energías Renovables y Limpias: <http://energias-renovables-y-limpias.blogspot.cl/2013/04/que-panel-comprar-monocristalino-o-policristalino.html>
- Futuverde. (19 de Diciembre de 2017). *Futuverde*. Obtenido de Futuverde: <http://futuroverde.org/2017/12/19/el-ferrocarril-se-transforma-con-la-energia-solar/>
- G.Orellana, O. F. (15 de Agosto de 2017). *La Tercera*. Obtenido de La Tercera: <http://www.latercera.com/noticia/76-la-energia-usara-metro-sera-renovable-partir-2018/#>
- Gessa. (2012). *Informe N° 1 Valorización de la Empresa. Plan de Desarrollo para Metro Valparaíso*. Viña del Mar.
- Greendipity. (25 de Noviembre de 2016). *Greendipity*. Obtenido de Greendipity: <https://www.greendipity.co/cuanto-dura-un-sistema-fotovoltaico/>
- MARIMAR. (04 de Marzo de 2017). *ERenovable*. Obtenido de ERenovable: <https://erenovable.com/aerogeneradores-eolicos/energia-eolica/>
- Metro Regional de Valparaíso S.A. (2017). *Memoria Anual 2016*. Viña del Mar.
- Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. (2016). *DIAGNÓSTICO DE SINIESTROS DE TRANSITO EN LA REGIÓN DE VALPARAÍSO*. Valparaíso.
- Sustentator. (12 de Agosto de 2016). *Sustentator*. Obtenido de Sustentator: <http://www.sustentator.com/blog-es/2016/08/como-funciona-la-energia-solar-fotovoltaica/>
- Trenvista. (18 de Noviembre de 2015). *Trenvista*. Obtenido de Trenvista: <https://www.trenvista.net/descubre/el-tren-verde/ferrocarril-espanol-trenes-electricos-energias-renovables/>
- Tritec Intervento. (2016). *Tritec Intervento*. Obtenido de Tritec Intervento: <http://www.tritec-intervento.cl/productos/diferencia-entre-controlador-de-carga-pwm-y-mppt/>
- Twenergy. (01 de Junio de 2017). *Twenergy*. Obtenido de Twenergy: <https://twenergy.com/a/holanda-impulsa-la-revolucion-electrica-2667>