

Present and Future of the Chilean Electrical Grid

Fabián Díaz, Marco Rivera, Héctor Chávez, and Patrick Wheeler

Abstract—This paper presents a description of the current reality of the Chilean electricity sector and its future. The vision and its advancements in Chile are matter of observation to develop a clearer picture for maintaining and increasing the penetration of renewables towards global decarbonification and climate change mitigation.

Keywords—Electrical grid, Renewable Energy, Current, Future, Government, Transmission, Voltage, Electricity, Flow of energy, Generation, Distribution, Electrical Systems, Security, Objectives, Projects, Distributed Generation, Smart Grid, Optimization.

I. INTRODUCCIÓN

EL sector eléctrico de Chile es completamente desarrollado por empresas del sector privado, realizando las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica desde las plantas generadoras hacia los consumidores finales, donde el estado actúa como ente regulador, fiscalizador y subsidiario para las empresas energéticas [1].

Desde la creación del Ministerio de Energía y la posterior incorporación de la Agenda de Energía, Chile se ha enfocado en mejorar su matriz energética en vía de crear una red más flexible, que permita el libre mercado del sector energético y que sea amigable con el medio ambiente, estableciendo como objetivos el impulsar la implementación de las ERNC (energías renovables no convencionales), desarrollo de eficiencia energética, mejoras en la interconexión y confiabilidad de los sistemas eléctricos [2].

Actualmente las políticas de implementación e inversión en el desarrollo de una matriz eléctrica más limpia ha posicionado a Chile como uno de los países líderes en el mundo en el uso de ERNC trepando desde el séptimo lugar en el 2017 al primero en el ranking Climatescope 2018 [3].

La actual red eléctrica chilena es unidireccional, y la electricidad es generada desde las distintas centrales generadoras. En Chile, la matriz eléctrica está principalmente compuesta por fuentes de energía primaria térmicas e hidráulicas y en menor capacidad productiva se encuentran las fuentes generadoras eólicas, solar, fotovoltaica y biomasa.

F. Díaz, Alumno Memorista de Pregrado de Ingeniería civil Mecatrónica, miembro de Laboratorio de Conversión de Energías y Electrónica de Potencia (LCEEP), Facultad de Ingeniería de la Universidad de Talca, campus Curicó, Chile, email: fadiaz11@alumnos.otalca.cl.

M. Rivera, Director de Laboratorio de Conversión de Energías y Electrónica de Potencia (LCEEP), Facultad de Ingeniería de la Universidad de Talca, campus Curicó, Chile, email: marcoriv@otalca.cl.

H. Chávez, Director de Laboratorio de Integración de Energías Sustentables del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Chile, Santiago, Chile, email: hector.chavez@usach.cl.

P. Wheeler, Jefe de departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad de Nottingham, Inglaterra, email: patrick.wheeler@nottingham.ac.uk.

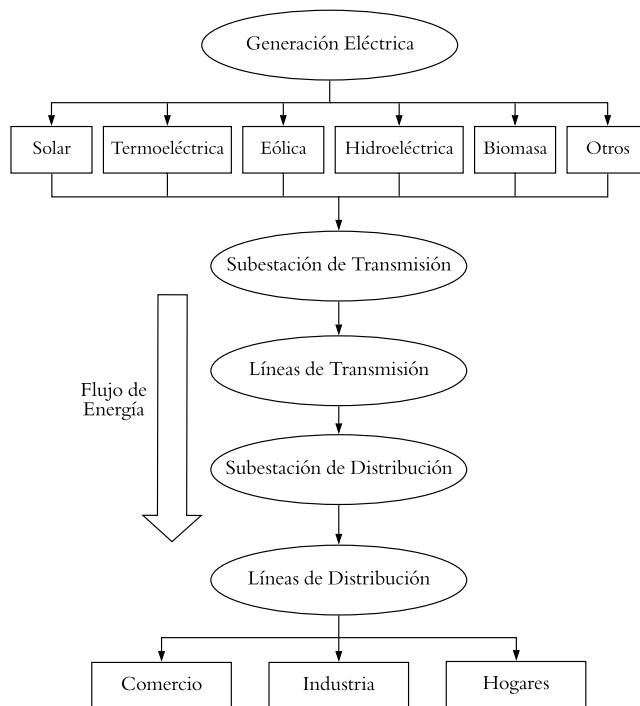


Fig. 1. Arquitectura general de la actual red eléctrica chilena.

La legislación chilena, mediante el decreto supremo N°237 establece como transmisión a toda línea con subestación con un voltaje superior a los 23 [kV] y con a lo menos un tramo de línea de longitud superior a 100 [km], todas las líneas de menor tensión se consideran de distribución. Este flujo de energía eléctrica se representa en el esquema presentado en la Fig. 1.

II. CARACTERÍSTICAS DE LA ACTUAL RED ELÉCTRICA CHILENA

En la actualidad, la red eléctrica chilena se compone de tres sistemas de interconexión, los cuales conectan a las centrales y empresas encargadas de la generación, transmisión y distribución eléctrica. Estos sistemas son el SEN (Sistema Eléctrico Nacional), SEA (Sistema Eléctrico de Aysén) y SEM (Sistema Eléctrico de Magallanes). En la Tabla I se detalla la capacidad instalada de generación para cada sistema eléctrico y su capacidad instalada basada en energías renovables y no renovables. Actualmente el SEN, SEA y SEM están compuestos por un conjunto de subsistemas eléctricos, los cuales conforme con la actual legislación son considerados como sistemas medianos. Estos están definidos por la Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE), donde se estipula que los sistemas medianos son todos aquellos con una capacidad instalada de 1.5[MW] a 200[MW] y que además, estos

Tabla I
CAPACIDAD INSTALADA NETA DE GENERACIÓN EN CHILE.

Tipos de Energía	SING [MW]	SEA [MW]	SEM [MW]	Total [MW]
Renovable	11424,34	26,42	2,55	11453,31
No Renovable	12594,26	37,27	104,86	12736,39
Total	24018,6	63,69	107,41	24189,7

operan en zonas alejadas al SEN. Así mismo, esta misma ley considera como sistemas aislados a todos aquellos con una capacidad instalada inferior a $1.5[MW]$, los que suelen operar en zonas aisladas o lejanas a los centros urbanos. Actualmente se contabilizan 109 de estos sistemas a lo largo del territorio nacional [4].

Existen dos sistemas eléctricos medianos para Isla de Pascua y Los Lagos, sin embargo, estos son considerados sistemas aislados debido a su situación geográfica y su difícil acceso a la interconexión, los sistemas eléctricos aislados no se consideran dentro de la potencia instalada neta de la red eléctrica chilena, tampoco es considerada la central de gas natural localizada en Salta (Argentina) interconectada al SEN.

La red eléctrica actual de Chile cuenta en su matriz energética con un 47% de la producción de electricidad basada en energías renovables y un 53% basadas en energías no renovables. Dentro de las energías renovables se encuentran las energías renovables no convencionales o ERNC, las cuales logran que en el proceso de transformación de su recurso primario en energía eléctrica, esta no se consuma ni se agote, como por ejemplo, las plantas hidroeléctricas, aunque estas al desviar los caudales de los ríos afectan el medio ambiente en donde se ubican. Dentro de las nuevas tecnologías de generación basadas en energía hidráulica se encuentra la mini hidráulica de pasada, la cual consiste en una pequeña hidroeléctrica con una capacidad instalada inferior a $20[MW]$ (establecido en la ley 20.257). La producción eléctrica en Chile debe contar con que las empresas generadoras, transmisoras y distribuidoras estén coordinadas para el despacho de energía eléctrica al menor costo posible, tarea que realiza a través del Coordinador Eléctrico Nacional. [5].

A. Sistema Eléctrico Nacional (SEN)

El Sistema Eléctrico Nacional (SEN) nace el 21 de Noviembre del año 2017 interconectando los antiguos sistemas eléctricos más importantes del país, SING (Sistema Interconectado Norte Grande) y SIC (Sistema Interconectado Central), abarcando casi la totalidad del territorio nacional, desde la ciudad de Arica hasta Chiloé.

La interconexión del SING con el SIC se produce mediante la energización y sincronización de las líneas eléctricas comprendidas en dos zonas específicas del país. Por la zona de Mejillones se interconectan las líneas comprendidas por Kapatur-Los Changos. Mientras que por la zona de Copiapó se interconectan las líneas comprendidas entre Los Changos-Cumbres, Cumbres-Nueva Cardones y Nueva Cardones y Cardones [6]. Esta interconexión se logra con la construcción y puesta en marcha de una línea de transmisión de doble circuito de $500[kV]$ la cual se caracteriza por tener una extensión aproximada de $600[km]$, un total aproximado de 1.355

Tabla II
CAPACIDAD INSTALADA NETA DE GENERACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS QUE COMPONEN EL SEN.

Tipos de Energía	SING [MW]	SIC [MW]	SEN [MW]
Renovables	910,88	10513,46	11424,34
Hidráulica de Embalse	0,00	3354,64	3353,64
Hidráulica de Pasada	0,00	2811,88	2811,88
Mini Hidráulica de Pasada	17,08	497,49	514,57
Biomasa	0,00	507,08	507,08
Eólica	199,52	1543,57	1743,09
Solar	654,58	1798,80	2453,38
Geotérmica	39,70	0,00	39,70
No Renovables	5008,68	7585,58	12594,26
Carbón	2796,45	2356,21	5152,66
Petróleo Diésel	268,33	2694,17	2962,5
Gas Natural	1943,90	2535,2	4479,1
Total	5919,56	18099,04	24018,6

torres junto a 4 subestaciones eléctricas, con dos subestaciones terminales ubicadas en los sectores de Mejillones y Copiapó. La primera está ubicada en Mejillones, siendo esta una subestación de transformación (regulando los niveles de tensión para la distribución eléctrica), mientras que la otra corresponde a una subestación de compensación (la cual ayuda a cubrir la demanda energética) ubicada en Diego de Almagro [7]. Con la interconexión, actualmente los sistemas SING y SIC han pasado a ser subsistemas del SEN, permitiendo el aprovechamiento del potencial generacional de las regiones que abarcan ambos subsistemas. En la Tabla II se detalla la capacidad instalada de generación eléctrica, con los tipos de energías que caracterizan a los subsistemas que componen al SEN, en el que se destacan el uso de la energía hidráulica y la energía a base de carbón.

La interconexión permite un mercado eléctrico más competitivo, logrando una mejor calidad de servicio, reducción de los precios a los clientes finales, una matriz más segura y flexible con facilidad de incorporación de ERNC.

El SEN abastece al conjunto de locaciones comprendidas entre la Región de Arica y Parinacota y la Región de Los Lagos. Es un sistema único en el mundo, con un total de $3.100[km]$ de longitud, $34.522,3[km]$ de líneas de transmisión desde Arica a Chiloé con más de 99% de cobertura, coordinación de 432 empresas, con una potencia instalada de $24.018,6[MW]$ y una producción anual de $25.341,1[GWh]$ de las cuales $4.444,9[GWh]$ tienen su origen en ERNC [8].

Un hito importante dentro del SEN ocurre el 31 de Marzo de 2017 donde inició sus operaciones la primera planta geotérmica de América del Sur, Cerro Pabellón, y que es además la primera planta geotérmica de gran escala de entalpía construida en el mundo a una altitud de $4.500[m.s.n.m.]$, está ubicada en el Norte de Chile en la comuna de Ollagüe en el Desierto de Atacama, la planta Cerro Pabellón posee una potencia instalada de $48[MW]$ conectada al SEN suministrando a la red $340[GWh]$ al año [9].

Tabla III
CAPACIDAD INSTALADA NETA DE GENERACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS
QUE COMPONEN EL SEA.

Tipo de Energía	Aysén [MW]	Gral. Carrera [MW]	Palena [MW]	SEA [MW]
Renovables	24,38	0,64	1,40	26,42
Mini Hidráulica de Pasada	20,60	0,64	1,40	22,64
Eólica	3,78	0,00	0,00	3,78
No Renovables	29,27	3,00	5,00	37,27
Petróleo Diésel	29,27	3,00	5,00	37,27
Total	53,65	3,64	6,4	63,69

B. Sistema Eléctrico de Aysén (SEA)

El SEA es el sistema que abastece a la Región de Aysén, en este sistema opera solo la empresa EDELAYSÉN (Empresa de Sociedad Austral de Electricidad S.A.), ocupando las labores de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.

Como se observa en la Tabla III, SEA tiene una capacidad instalada de generación de 63,69[MW] lo que representa el 0,26% de la capacidad instalada a nivel nacional.

El SEA hoy cuenta con el 41,48% de energías renovables en su matriz generadora de las cuales 5,93% son ERNC. La empresa EDELAYSÉN produce actualmente 6,4 [GWh] con unidades eólicas y 103,3 [GWh] con unidades hidráulicas para más de 35.500 usuarios de las localidades de Aysén y Coyhaique logrando producir más del 40% de su electricidad con fuentes de energías renovables [10].

C. Sistema Eléctrico de Magallanes (SEM)

La ubicación geográfica de la Región de Magallanes ha condicionado la configuración de su actual sistema eléctrico, dando la condición de ser un sistema de difícil acceso a la interconexión con los demás sistemas eléctricos del país. Además su extensión territorial y su irregularidad geográfica, hacen que implementar un único sistema eléctrico sea algo muy difícil de lograr debido a la imposibilidad de interconexión entre sus principales poblados, a lo que se ha optado por disponer de sistemas eléctricos aislados entre sí. [11].

El SEM es el sistema encargado de abastecer a la Región de Magallanes. Este lo componen cuatro subsistemas independientes, Sistema Punta Arenas, Sistema Puerto Natales, Sistema Porvenir y Sistema Puerto Williams.

En el sistema eléctrico de Magallanes solo opera la empresa EDELMAG (Empresa Eléctrica de Magallanes S.A.), la capacidad total instalada de este sistema es de 107,41[MW], representando el 0,44% de la capacidad de generación del país, siendo un sistema en el cual el 97,63% de su abastecimiento eléctrico es de origen térmico y sólo el 2,37% de origen eólico (Parque Eólico Cabo Negro en Punta Arenas). En la Tabla IV se puede ver en detalle la potencia instalada de cada uno de los subsistemas que conforman el sistema eléctrico de Magallanes.

D. Sistema Eléctrico Isla de Pascua

El presente sistema tiene sus orígenes entre los años 1968 y 1969, donde se desarrolló un proyecto de la NASA con el

Tabla IV
CAPACIDAD INSTALADA NETA DE GENERACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS
QUE COMPONEN EL SEM.

Tipo de Energía	Porvenir [MW]	P. Natales [MW]	P. Williams [MW]	Pta. Arena [MW]	SEM [MW]
Renovables	0,00	0,00	0,00	2,55	2,55
Eólica	0,00	0,00	0,00	2,55	2,55
No Renovables	8,06	13,51	2,38	80,91	104,86
Petróleo Diésel	3,06	4,24	2,38	6,41	16,09
Gas Natural	5,00	9,27	0,00	74,50	88,77
Total	8,06	13,51	2,38	83,46	107,41

Tabla V
CAPACIDAD INSTALADA NETA DE GENERACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO
ISLA DE PASCUA.

Tipo de Energía	Sistema Eléctrico Isla de Pascua [MW]
Renovables	0,1
Solar	0,1
No Renovables	4,3
Petróleo Diésel	4,3
Total	4,4

objetivo de habilitar un campo de aterrizaje alternativo para los transbordadores espaciales. El sistema eléctrico de Isla de Pascua es un sistema eléctrico menor y solo abastece los requerimientos eléctricos de la isla. Pertenece a la empresa SASIPA (Sociedad Agrícola y Servicios Isla de Pascua SpA.), depende económicamente del Ministerio de Economía [12]. El sistema eléctrico de Isla de Pascua está conformado solo por la central eléctrica Mataveri. Este sistema hasta el año 2018 solo contaba con un nodo de generación, el cual consistía de cinco unidades generadoras a diésel.

En Noviembre de 2018 gracias a la empresa Acciona se inaugura la primera planta de generación fotovoltaica en Isla de Pascua, la planta Tama te Ra'a, compuesta por 400 paneles solares que conforman un total de 100[kW] [13], logrando con esto llevar las energías renovables a un lugar tan alejado a las costas chilenas como es Isla de Pascua. En la Tabla V se observa la potencia instalada y el tipo de energía que hoy están implementados en el sistema eléctrico de la isla.

E. Sistema Eléctrico Los Lagos

El sistema eléctrico Los Lagos es un sistema eléctrico menor y abastece a las localidades de Hornopirén y Cochamó. Este sistema lo componen las empresas SAGESA (Sociedad Austral de Generación y Energía S.A.) y Empresa Eléctrica Cuchileo (de Energía de la Patagonia y Aysén, EPA S.A.).

La capacidad instalada de este sistema eléctrico está compuesto en un 10,24% por electricidad obtenida a partir de energías provenientes de plantas mini hidráulicas de pasada, y en un 89,76% de energías provenientes de sistemas generadores basados en petróleo diésel. En la Tabla VI se muestra la capacidad instalada neta de generación para el sistema eléctrico de Los Lagos.

Tabla VI
CAPACIDAD INSTALADA NETA DE GENERACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS
QUE COMPONEN EL SISTEMA ELÉCTRICO LOS LAGOS.

Tipo de Energía	Cochamó [MW]	Hornopirén [MW]	Sistema Eléctrico Los Lagos [MW]
Renovables	0,00	0,77	0,77
Mini Hidráulica de Pasada	0,00	0,77	0,77
No Renovables	3,00	3,75	6,75
Petróleo Diésel	3,00	3,75	6,75
Total	3,00	4,52	7,52

F. Central Gas Natural Salta, Argentina

La central termoeléctrica Salta, ubicada en Campo Santo provincia de Salta, en el noroeste de Argentina, es una planta de ciclo combinado de gas natural (con un sistema de dos ciclos termodinámicos, uno con una turbina de vapor de agua y otra de gas) tiene una capacidad de 643 [MW] y abastece al mercado eléctrico del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) de Chile y al Sistema Argentino de Interconexión (SADI).

La central provee a dos países que no están interconectados, por lo que cuenta con una línea de transmisión de 345 [kV], con la que conecta al SEN [14].

G. Generación Distribuida en Chile

Chile es un país con gran potencial para la implementación de ERNC y en pro de fomentar el uso eficiente de la energía, en Octubre del año 2014 entra en vigencia la ley 20.571, la cual otorga el derecho a los clientes de las empresas distribuidoras a generar su propia energía, consumirla y vender sus excedentes. Este derecho incluye a las instalaciones de generación basadas en energías renovables o de cogeneración eficiente, por ejemplo, sistemas fotovoltaicos, eólicos e hidráulicos, con un máximo de generación de hasta 100 [kW]. Esto ha permitido la instalación de más de 4.000 sistemas generadores, lo que en su conjunto tienen una capacidad de generación instalada de más de 20 [MW]. Esta normativa se ha visto modificada recientemente por la publicación de la ley 21.118 en Noviembre del 2018 con la finalidad de seguir fomentando la implementación de sistemas de generación propias, se ha modificado el valor máximo permitido de generación de 100 [kW] a 300 [kW]. Ampliar la capacidad máxima permite que usuarios comerciales y pequeñas industrias puedan participar del derecho que otorga la legislación para la autogeneración, además esta modificación abre la posibilidad a la creación de sistemas comunitarios o de propiedad conjunta, en donde los usuarios pueden coordinarse para instalar un único sistema de generación eléctrica y aprovechar los beneficios del derecho otorgado por esta ley [15]. La implementación de la legislación de la generación distribuida abre el camino al cambio de la estructura unidireccional de la actual red eléctrica chilena.

III. FUTURO DE LA RED ELÉCTRICA CHILENA

Chile, con la creación del Ministerio de Energía en el año 2010 y posteriormente el año 2014 con la Agenda de Energía, adoptó el compromiso de crear una matriz energética eficiente

y más limpia, por lo que el futuro de la red eléctrica chilena está orientada al uso de las ERNC, y con la mirada proyectada hacia el futuro, nace la política energética Energía 2050.

A. Energía 2050: Política Energética de Chile

La Política Energética propone una visión del sector energético al año 2050 con la idea de generar un sector confiable, sostenible, inclusivo y competitivo, comprometiéndose a avanzar hacia una matriz energética más sustentable.

Para lograr desarrollar la visión energética 2050, se han establecido 4 pilares fundamentales, los cuales son:

- Seguridad y Calidad de Suministro.
- Energía como Motor de Desarrollo.
- Compatibilidad con el Medio Ambiente.
- Eficiencia y Educación Energética.

Estos 4 pilares son la base para sustentar las medidas y los planes de acción planteados. [16].

La política energética propone 10 metas a largo plazo para el año 2055 y metas a mediano plazo para el año 2035 con sustento en los 4 pilares establecidos.

B. Principales Metas para el Año 2035

Las principales metas para el año 2035 se detallan a continuación.

- Interconexión de Chile con los demás países miembros del SINEA (Sistema de Interconexión Eléctrica Andina), así como con otros países de Sudamérica, en especial con los países del MERCOSUR (Mercado Común del Sur).
- La interrupción del suministro eléctrico no supere las 4 horas/año en todo el país, exceptuando cuando se deban a motivos de fuerza mayor.
- La totalidad de las viviendas de familias vulnerables tenga acceso a un suministro eléctrico continuo y de calidad.
- Posicionar a Chile dentro de los 5 países OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) con menores precios promedio de suministro eléctrico, a nivel residencial e industrial.
- Lograr una matriz generadora con al menos el 60% de la electricidad proveniente de energías renovables.
- Lograr reducir un 30% su emisión de gases de efecto invernadero al año 2030 respecto al año 2007.
- La totalidad de los grandes consumidores de energía industriales, mineros y del sector transporte deberán hacer uso eficiente de la energía, implementando sistemas de gestión de energía e implementación activa de mejoras de eficiencia energética.
- Todas las comunas deben contar con regulación que declare la biomasa forestal como combustible sólido.
- Todos los vehículos destinados al transporte público licitados incluyen criterios de eficiencia energética dentro de las variables a evaluar.

C. Principales Metas para el Año 2050

Las principales metas para el año 2050 se detallan a continuación.

- Se espera que los cortes de suministro energético no superen una hora/año en cualquier parte de Chile.
- Las emisiones de GEI (Gases de Efecto Invernadero) del sector energético no superan los límites establecidos por la ciencia a nivel global, reduciendo las emisiones de carbono en la generación de energía.
- Asegurar el suministro energético a toda la población chilena.
- Incorporación de instrumentos de planificación y ordenamiento territorial regional, incorporando los lineamientos de la Política Energética Chilena.
- Posicionar a Chile dentro de los 3 países OCDE con menores precios promedio de suministro eléctrico, a nivel residencial e industrial.
- Lograr una matriz generadora con al menos el 70% de la electricidad proveniente de energías renovables.
- Desacoplo del crecimiento del consumo energético y el crecimiento del producto interno bruto.
- Implementar el 100% de las edificaciones nuevas con estándares OCDE de construcción eficiente, y sistemas de control y gestión inteligente de energía.
- Regular el mercado para que el 100% de los artefactos y equipos que se venden correspondan a equipos altamente eficientes energéticamente.
- Masificar la cultura energética a todos los niveles de la sociedad, incluyendo productores, comercializadores, consumidores y usuarios.

D. Características de la Red Eléctrica hacia el Año 2050

La futura red eléctrica chilena será bidireccional con una participación activa por parte de los consumidores en el sector de generación y distribución. Además será una red inteligente agrupando dentro de un solo sistema de gestión las áreas de coordinación de protecciones, control, instrumentación, medición, calidad y administración de energía, con el objetivo de lograr un uso medido y eficiente energéticamente.

La red eléctrica inteligente es una forma de gestión eficiente de la electricidad que utiliza el desarrollo de la ingeniería informática con el fin de optimizar la producción y la distribución de la energía eléctrica. Para el futuro de Chile, de acuerdo con las políticas energéticas nacionales y la incorporación de una matriz de generación energética basada en energías renovables, junto a la masificación de la autogeneración, se espera concretar una red eléctrica con flujo de energía bidireccional y con alta participación ciudadana en el sector de generación eléctrica.

La implementación de una red eléctrica inteligente permitirá ahorrar energía y reducir sus costos para satisfacer las necesidades de los consumidores mediante la tecnología digital bidireccional, haciendo que se envíe la electricidad de los proveedores a los consumidores de manera controlada y eficiente.

La implementación de la ley 21.118 permite a Chile avanzar por el campo de la generación distribuida, situando las plantas generadoras muy cerca de las cargas, mejorando la eficiencia energética y disminuyendo significativamente las pérdidas producto de las distancias de transmisión, mejorando considerablemente la confiabilidad del sistema.

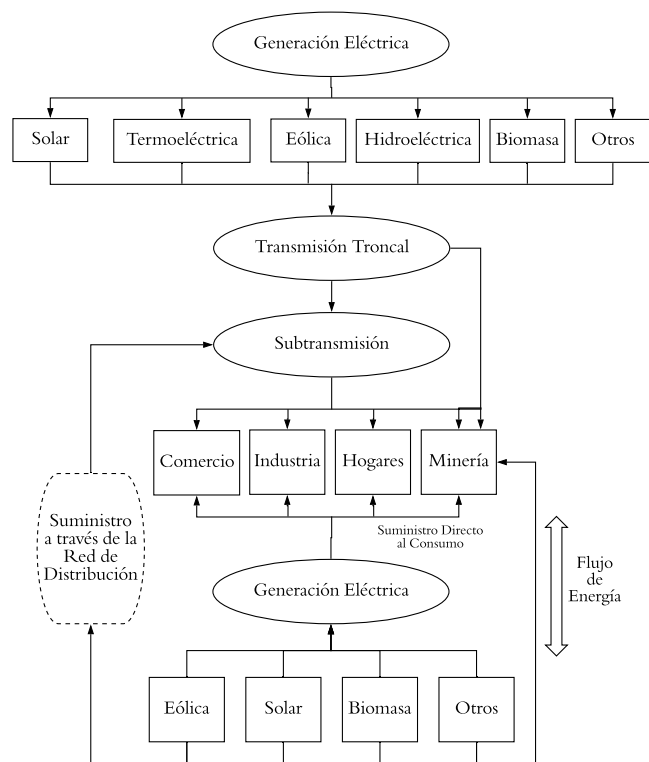


Fig. 2. Arquitectura general de la futura red eléctrica chilena.

En la Fig. 2, se presenta la arquitectura de la futura red eléctrica chilena, basada en el modelo de generación distribuida con un flujo de energía bidireccional, en donde se observa que la energía generada pasa por un sistema de transmisión troncal hacia la subtransmisión eléctrica a los clientes, en donde estos mismos pueden realizar su autogeneración eléctrica a partir de diversos tipos de fuentes de energías, principalmente renovables, las cuales vuelven a las líneas de subtransmisión a través de las redes de distribución locales, formando de esta manera un flujo de energía bidireccional.

E. Proyectos en Vías del Futuro

Actualmente existen más de 500 proyectos en procesos de calificación, por un total de 35.809 [MW] de los cuales el 80% corresponden a energías renovables [17]. Para el año 2019 se espera la puesta en operación de 65 de estos proyectos de los cuales el 90% de estos son de energías renovables y más de 30 iniciativas de transmisión.

Dentro de los proyectos para el 2019 destacan Aurora, Cerro Dominador, Huatacondo, San Gabriel y Sarco por ser proyectos a gran escala basados en ERNC, en conjunto tendrán una potencia de 690[MW], siendo Cerro Dominador el más caro, con una inversión total aproximada de 1147 millones de dólares.

Algunos de los proyectos más importantes de generación para Chile se presentan a continuación.

F. Proyecto Cerro Dominador

El complejo solar Cerro Dominador ubicado en la localidad de Santa Elena a 59,4 [km] de la ciudad de Calama, es

el primer proyecto de concentración solar de Latinoamérica, una vez el proyecto se concrete, éste tendrá una potencia instalada de 210 [MW] provenientes de generación totalmente limpia, incorporándose al mercado eléctrico chileno con una combinación de 100 [MW] de origen fotovoltaica y 110 [MW] de energía de concentración solar.

La planta de concentración solar, contará con una capacidad de almacenamiento de 17,5 horas, lo que garantizará una producción de energía continua las 24 horas del día, los 365 días del año. Además esta planta se encuentra ubicada en una zona que posee uno de los mayores índices de radiación solar del mundo, siendo la primera planta de energía renovable que producirá energía de base en Chile y se espera que se encuentre operativa para el año 2020 [18].

G. Proyecto Espejo de Tarapacá - Valhalla

Espejo de Tarapacá (EdT) es uno de los proyectos de generación más ambiciosos e innovadores, situado aproximadamente a 100 [km] al sur de Iquique, consiste en una central hidráulica de bombeo de 300 [MW], bombeando agua de mar hacia los embalses situados en un farellón costero con 700 [m] de altura, muy cercano al océano. En su parte superior cuenta con concavidades naturales, las cuales serán aprovechadas para el almacenamiento de agua. El aprovechamiento de estas condiciones geográficas minimiza el impacto medioambiental y el costo monetario del proyecto, lo cual sumando la implementación de paneles fotovoltaicos situados en una de las zonas de mayor radiación solar del mundo, hacen de EdT una opción de generación de energía limpia y abundante.

EdT es un proyecto revolucionario en sistemas de generación, sin embargo, ha pasado por diversas complicaciones financieras, lo que ha provocado que se piense en abandonar la idea de implementar este proyecto. A principios del año 2018 la ONU (Organización de las Naciones Unidas) seleccionó a Espejo de Tarapacá para recibir financiamiento por parte del Fondo Verde de la organización de 500 millones de dólares. Esto convirtió a EdT en el único proyecto de energía a gran escala seleccionado a nivel mundial [19].

IV. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado una revisión de la implementación de la actual legislación energética chilena, la cual permite el cambio de flujo de energía dentro de su sistema eléctrico. Se contextualiza la situación actual de la red eléctrica en Chile, junto a sus más recientes avances en infraestructura y proyectos más destacables para el futuro.

El cambio en la matriz generadora eléctrica de Chile a una matriz más limpia mejorará la calidad de vida de los chilenos, así también, la imagen de lo que el país representa al mundo. Actualmente, Chile tiene todas las oportunidades

Debido al cambio en la legislación, Chile actualmente se encuentra en un proceso de cambio en su orientación de la matriz generadora, lo que abre las puertas a nuevos sistemas de generación distribuida y redes inteligentes.

La interconexión de los sistemas SING y SIC ha logrado interconectar a Chile en un 99%, sin embargo, aún existe el 1% que no recibe los beneficios de la interconexión, de convertirse en una potencia energética tanto para América Latina y el mundo.

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación fue realizada en el marco de la Mesa de Energía del Consorcio de las Universidades Estatales de Chile, Convenio Marco Objetivo en Red 1756. Los autores agradecen el apoyo financiero del Proyecto FONDECYT Regular 1160690.

REFERENCIAS

- [1] G. de Chile. Generación Eléctrica en Chile. (2019). [Online]. Available: <http://www.generadoras.cl>
- [2] M. de Energía. Agenda de Energía Un Desafío País, Progreso para Todos. (2014). [Online]. Available: <http://www.sec.cl>
- [3] B. Finance. Emerging Markets Outlook 2018. (27 Noviembre, 2018). [Online]. Available: <http://global-climatescope.org>
- [4] Electricidad. El Futuro de los Sistemas Eléctricos Medianos. (19 Diciembre, 2017). [Online]. Available: <http://www.revistaei.cl>
- [5] CEEDES. Aprende cómo funciona el sistema eléctrico en Chile. (17 Febrero, 2015). [Online]. Available: <http://ceedes.cl>
- [6] CNE. Se Concreta la Interconexión de los Sistemas Eléctricos SIC y SING con la Presencia de la Presidenta de la República. (21 Noviembre, 2017). [Online]. Available: <https://www.cne.cl>
- [7] TEN. Proyecto Línea de Transmisión Mejillones-Cardones. (2017, Nov.). [Online]. Available: <http://www.tenchile.cl>
- [8] CEN. Sistema Eléctrico Nacional. (2017). [Online]. Available: <https://www2.coordinador.cl>
- [9] C. Jorquera. Primera Planta Geotérmica de América del Sur- Cerro Pabellón de 48 MW Inicia Operación. (3 Abril, 2017). [Online]. Available: <http://www.piensageotermia.com>
- [10] Electricidad. Eléctrica de Aysén Logra que 81% de su Electricidad sea Renovable. (25 Junio, 2018). [Online]. Available: <http://www.revistaei.cl>
- [11] Edelmag. Sistema de Magallanes. (Mayo, 2019). [Online]. Available: <http://www.edelmag.cl>
- [12] U. de Chile. Sector Eléctrico Chileno. (20 Mayo, 2015). [Online]. Available: www.cec.uchile.cl
- [13] M. de Energía. Ministra Jiménez Inaugura la Primera Planta de Generación Fotovoltaica en Isla de Pascua. (9 Noviembre, 2018). [Online]. Available: <http://energia.gob.cl>
- [14] A. Gener. TERMOANDES S.A. (10 Octubre, 2018). [Online]. Available: <http://www.guiachileenergia.cl>
- [15] C. Nacional. Ley 21.118. (9 Noviembre, 2018). [Online]. Available: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1125560>
- [16] M. de Energía. Energía 2050 Política Energética de Chile. (2015, Sept.). [Online]. Available: <http://www.energia2050.cl>
- [17] Electricidad. 61% de los Futuros Proyectos de Energías Renovables se Concentran en Ocho Comunas. (21 Noviembre, 2018). [Online]. Available: <http://www.revistaei.cl>
- [18] E. G. E. Partners. Proyecto Cerro Dominador. (Mayo, 2019). [Online]. Available: <https://cerrodominador.com>
- [19] Valhalla. Proyecto Espejo de Tarapacá. (Mayo, 2019). [Online]. Available: <http://www.valhalla.cl>