

INFORME DIA DE LA INGENIERIA ELECTRICA. X VERSION

Autor: Raúl Álvarez, presidente Consejo de Especialidad de Ingeniería Eléctrica

Webinar “Día de la Ingeniería Eléctrica en su décima versión”. Sus objetivos fueron mostrar a diferentes organizaciones, a profesionales y a la opinión pública temas de aspectos contingentes y de alta connotación en ámbitos de la energía eléctrica y energéticos en general, desde perspectivas de corto, mediano y largo plazo.

La Especialidad Eléctrica ha asumido el desafío que le impone la sociedad, y ante requerimientos de la autoridad en el ámbito de las políticas públicas, realizando actividades de difusión técnico-económica tales como charlas, seminarios, participación en COSOC, en ministerios y en procesos normativos, etc. Los desafíos de la electricidad están íntimamente relacionados con las necesidades país, de tener un sistema altamente eficiente, de calidad, seguro, flexible, resiliente, sustentable y con cuidado del medio ambiente.

En esta oportunidad se presentaron los siguientes temas:

1.- Proyecto Horizonte. Un Desafío Logístico de 816MW y 140 Aerogeneradores (Colbún)

Expositor: Victor Santiago, Gerente del Proyecto PE Horizonte y Gerente de Parques Eólicos de Colbún.

2.- Tecnologías necesarias para la estabilidad de la red (CEN)

Expositor: Victor Velar, Subgerente de Estudios y Simulación en Tiempo Real, Gerencia de Operación del Coordinador Eléctrico Nacional

3.- Acelerando el desarrollo sustentable de la industria del hidrógeno verde (CORFO)

Expositora: Ana María Ruz Frias, Directora Ejecutiva - Comité Hidrógeno Verde, CORFO

Tema 1 Proyecto Horizonte. Un Desafío Logístico de 816MW y 140 Aerogeneradores (Colbún)

El proyecto Horizonte de 816 MW es el proyecto eólico más grande de Chile con complejidades logísticas especiales.

Por la envergadura del proyecto, su cuantía y las dimensiones de sus componentes ha requerido transporte desde los puertos para los componentes sobredimensionados (torres, aspas y mecanismos) y eso requiere que el transporte sea con escolta policial produciéndose un problema debido a que no se ha tenido la disponibilidad policial oportuna para el transporte requerido para cumplir el cronograma del proyecto. Se espera, que se resuelva el problema, con el nuevo protocolo de escolta vehicular para el transporte de carga sobredimensionada, promulgado recientemente por el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, en que las empresas privadas deberán hacerse cargo de la contratación de los vehículos de escolta vial o de acompañamiento que se requieren cuando se desplazan camiones con cargas sobredimensionadas. El procedimiento era realizado de manera exclusiva por Carabineros.

Algunos aspectos técnicos, a destacar, que el proyecto debió abordar, fueron el problema de la aislación para las líneas de 220 kV, por ser una zona desértica con altos niveles de contaminación, se usaron aisladores recubiertos con silicona cuyo comportamiento es mejor para zonas contaminadas. Otro tema fue la problemática del terreno desértico con alta resistividad térmica que afectaría a la refrigeración de la red de cables de 33 kV soterrados. Para resolver el tema rellenaron las zanjas de los cables con empréstitos de baja resistividad térmica.

Area del Proyecto

El proyecto se encuentra al interior de la zona de reserva eólica definida por el Ministerio de Bienes Nacionales.

La zona tiene alto potencial eólico dada la intensidad, frecuencia y regularidad de los vientos locales. Asignación a Colbún del predio, para fines de generación eléctrica, por parte del Ministerio de Bienes Nacionales, como resultado de un proceso de licitación pública.

El proyecto está ubicado a 80 km de Paposo y a 130 km de TalTal.

Visión General Obras del Parque Eólico y sus obras permanentes

140 Aerogeneradores (Enercon E160 5,83MW @ 95m hh), Torres de 95 m. de altura y aspas de 78 m (3).

Red de Media Tensión de 33 kV (48 Circuitos - 24 en cada S/E)

2 Subestaciones Elevadoras (Norte en esquema de interruptor y medio y Sur en esquema de anillo) (2 transformadores de 220MVA – 220/33kV en SE Sur) (En tecnología GIS para 220 y 33 kV)

2 Líneas de Transmisión (2x220kV – 9,9 km entre SE Norte y Sur y 18,8 km desde SE Norte a SE Parinas en interruptor y medio)

1 Edificio de Operaciones (Service Enercon)

100 km de caminos internos

Obras temporales

1 campamento para 1.200 personas; 3 áreas de acopio de equipos y materiales; 3 polvorines; 1 área para extracción de áridos; 1 planta de hormigón; 2 instalaciones de faenas; 8 áreas de botaderos.

Status de Fabricación y Entrega de Componentes

Componentes principales de aerogeneradores sobredimensionados (torres, aspas y mecanismo) **Total = 1.260**

Fabricados : 1.239; Acopiados en Puerto: 688; Entregados en Sitio: 453

Montaje aerogeneradores a la fecha:

Total : 140; Montados: 37

Ruta de Transporte para equipamiento sobredimensionado

Desde Puerto de Mejillones a La Negra : 110 km y desde Puerto de Antofagasta a La Negra y a Proyecto Horizonte : 160 km.

Cronograma del proyecto: Desde 2018 hasta 2024

Fase de Construcción:

Puesta en marcha: 2° semestre 2024

Plazo de construcción: 36 meses

Dotación máxima : 1.200 trabajadores

Fase de Operación

Dotación máxima : 40 trabajadores

Tema 2 Tecnologías necesarias para la estabilidad de la red (CEN)

La alta penetración de las Energías Renovables en el sistema eléctrico nacional (SEN) han generado una serie de desafíos actuales y futuros para la estabilidad de la red.

La red debe tener resiliencia en una mirada de corto, mediano y largo plazo, como una capacidad de enfrentar amenazas para resistir, absorber, anticiparse, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz.

¿Qué podemos aportar desde el sector eléctrico?.

Con la experiencia, favoreciendo cambios en la práctica habitual; fomento de una colaboración pública-privada-academia más fluida y constante; mantener una consciencia activa del riesgo ante eventos naturales y el rol de la ingeniería y el sector de construcción en desarrollo de la infraestructura del país; importancia de integrar la experiencia de la práctica en revisión de normas.

Situación Actual y Futura del SEN

Profunda transformación del SEN a una escala y a un ritmo sin precedentes. Alta penetración de la generación renovable variable basada en inversores (ERV-IBR).

Cada vez hay menos máquinas síncronas y las que permanecen están alejadas de los grupos ERV-IBR de la zona norte.

Se generan nuevas y más rápidas dinámicas y fenómenos de estabilidad.

Redes débiles desde el punto de vista de la estabilidad de la tensión y el funcionamiento estable de las ERV-IBR

Necesidad de desplegar tecnologías y requerimientos para la estabilidad de la red.

La alta participación de recursos basados en inversores (IBR) ha creado nuevas categorías de estabilidad y ha afectado la definición o el comportamiento de las antiguas. La escala temporal de interés para la estabilidad del sistema eléctrico se amplió hasta los transitorios electromagnéticos dando importancia a modelos y análisis EMT.

Tecnologías para la estabilidad de la red.

En Generación y Almacenamiento

Máquinas Síncronas

Condensadores síncronos; Generadores síncronos (CSP, Reconversión)

En Grid Forming

BESS; Parques solares; Parques eólicos

En Transmisión

HVAC; HVDC; FACTS

Lo indicado para generación, almacenamiento y transmisión tienen el mayor potencial de impacto efectivo en el contexto actual y futuro cercano, especialmente los condensadores síncronos y los BESS Grid-Forming.

Demanda

Demanda responsiva

EMS

Smart Meters

Micro Grids.

Condensadores Síncronos

Ventajas: Inherentemente “Grid Forming”; aporta inercia; aporta potencia de cortocircuito (hasta 5 o 6 veces su I_{nom}); provee soporte rápido de tensión (exitatriz); bajo Nivel de armónicos; uso mínimo de red y tecnología madura y conocida. **Desventajas:** Altos costos de instalación/operación; tiempos largos de construcción y entrega; restringido abanico de servicios adicionales.

Tecnología Grid Forming para recursos basados en inversores (IBR)

Es aquella cuyos controles permiten mantener su fasor interno de voltaje constante o casi constante dentro del periodo subtransitorio al transitorio. Permite una respuesta inmediata ante cambios en el sistema externo y mantener el control estable durante condiciones críticas de la red. El fasor de voltaje debe ser controlado para mantener sincronismo con otras instalaciones y debe permitir regular la potencia activa y reactiva para dar soporte a la red.

Beneficios de la tecnología Grid Forming: Proporciona características que hacen más estable la red; aumenta la confiabilidad en escenarios de alta participación de IRB; incremento de los márgenes de estabilidad de la red; mayores transferencias; menores vertimientos, etc.

Ventajosa en costo respecto a otras alternativas como: despachos térmicos forzados con aumento del precio de la energía, vertimientos, nuevos activos de transmisión, líneas, FACTS, etc.)

Mayor variedad y flexibilidad en la prestación de servicios a la red: Soporte de estabilidad de voltaje (operación en red débil); afrontar salto de fase y magnitud de la tensión; respuesta muy rápida de frecuencia (limitar la tasa de caída de la frecuencia (ROCOF) en el instante inicial); amortiguamiento de oscilaciones de voltaje y frecuencia; mitigación de SSCI, etc.); operación en isla; partida en negro, etc.

Aplicaciones de la tecnología Grid Forming: Controles de GFM pueden ser aplicados en cualquier tipo de IBR. El mejor desempeño se da con BESS pues ya cuentan con la reserva de energía en el lado DC. Soluciones

híbridas son una buena alternativa para aumentar la confiabilidad y flexibilidad de las plantas PV y eólicas. Puede participar en diversos servicios: Arbitraje, CRF, CPF, CT (fortaleza)

Actualidad y futuro de la tecnología Grid Forming: Hasta hace poco los códigos de red no consideraban exigencias para Grid Forming. Europa y Australia están empezando a actualizar sus códigos de red, pero en general son recomendaciones. La NTSyCS de Chile está en proceso de adaptación/adopción de nuevas exigencias, no solo para GFM, sino para IBR en general. No ha habido un despliegue masivo de GFM en redes importantes, pero los procesos se están acelerando en US, Europa y Australia. Existe una serie de organizaciones trabajando en el aceleramiento del despliegue de GFM (G-PST, UNIFI, NREL, ETC).

Iniciativas y Acciones del Coordinador

- Estudio de Grid Forming con modelación del SEN a gran escala.
- Estudio en colaboración con PGSTech-EMTP de Canadá.
- Resultados estarán contenidos en un paper a presentarse en la Conferencia IEEE T&D 4, Anaheim, CA, US.
- Modelar el comportamiento dinámico de GFM-IBR en el SEN
- Escenario con 70 % de participación solar y eólica en el SEN y prácticamente 100 % en el Norte Grande
- Especificaciones técnicas, requerimientos mínimos y modelos para GFM. El coordinador es parte del G-PST (Global Power Transformation Consortium).
- Conclusiones: GFM puede impactar de forma positiva el comportamiento dinámico del SEN en escenario de alta participación de IBR; se identificó un porcentaje mínimo de participación GFM para mantener estable el sistema (depende de varios factores); faltan análisis para probar capacidades o atributos adicionales como contribución de corriente de corta duración, coordinación de protecciones y partida en negro.

Conclusiones finales de la charla

- Los Condensadores Sincrónicos y la tecnología Grid Forming son críticas para la Estabilidad del SEN.
- Se deben definir especificaciones y requerimientos para GFM e incorporarlos a la normativa con urgencia.
- Hacer pilotos en laboratorio y terreno + Estudios EMT con una representación fidedigna de modelos y a gran escala del SEN son fundamentales para definir los requerimientos de GFM y el grado de participación mínimo para una operación estable del SEN.

Tema 3 Acelerando el desarrollo sustentable de la industria del hidrógeno verde (CORFO)

En la exposición se presentaron los siguientes aspectos: Reducción de emisiones para alcanzar la carbono neutralidad; Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y Plan de Acción 2023 -2030; Corfo - Nueva política industrial; Desarrollo de la Industria de Hidrógeno Verde, proyectos, programa de financiamiento para proyectos de hidrógeno verde, avances y desafíos.

Se destacó la **Estrategia Nacional de Hidrógeno Verde y Plan de Acción 2023 – 2030**, los aspectos más importantes fueron:

Al 2025 son: 5000 MUS\$ (Top 1 en inversiones en H2v en Latinoamérica); 5GW (Capacidad de electrólisis construidas y en desarrollo); 200 kton/año (producción de al menos 2 polos de H2v en Chile).

Al 2030 son: 25.000 MUS\$ (Líder exportador global de H2v y derivados); 25 GW (Líder productor global de H2v por electrólisis); < 1,5 US\$/kg (El Hidrógeno verde más barato del planeta)

Se estima que el Hidrógeno verde al 2050 contribuirá con un 24 % en la reducción de emisiones para alcanzar la carbono neutralidad.

La visión de Corfo - Nueva política industrial

Alcanzar un modelo de desarrollo sustentable, territorialmente balanceado e igualitario; financiamiento para el desarrollo; emprendimiento, innovación y promoción; nuevas políticas Industriales.

Ejes transversales para los aspectos anteriores: **SUSTENTABILIDAD, EQUIDAD DE GENERO Y DESARROLLO TERRITORIAL**

Desafíos

- Triple crisis con cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la contaminación
- Innovación e I&D con bajos niveles de inversión
- Matriz productiva no diversificada y con bajos niveles de sofisticación
- Desigualdad social

Como avanzamos

- Orientados hacia una economía ambientalmente sustentable, con empleos de calidad a través del conocimiento.

Comité de Desarrollo de la Industria de Hidrógeno Verde

Creado en mayo 2022, para acelerar el desarrollo de la industria de hidrógeno verde, presidido por el ministro de energía, Sr. Diego Pardow, con la participación además de 11 ministros y el Vicepresidente de Corfo.

- Desarrollo de la oferta local de hidrógeno verde para la descarbonización.
- Reconversión de grandes segmentos productivos y de Transporte.
- Exportación de hidrógeno verde y sus derivados a los mercados internacionales.

Programa financiero Corfo para hidrógeno verde

El Programa Financiero (o Facility) es administrado por la Gerencia de Inversión y Financiamiento de Corfo.

- Aportan 4 Bancos multilaterales, Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, Banco Europeo de Inversiones y Banco de Desarrollo Alemán (KfW)
- Fondo de 1.000 MMUSD para disminuir costos de financiamiento y mitigar riesgos financieros para acelerar el desarrollo de la industria de H2V en Chile
- Apalancar inversiones por 5.000 MMUSD
- Proyectos podrán obtener apoyo financiero sólo si cumplen con los estándares ambientales y sociales de los bancos multilaterales.

Comité de Desarrollo de la Industria de Hidrógeno Verde – Avances y desafíos

Transformación energética

- **Transformación de sistemas sociales y técnicos** desafía el conocimiento científico.

Posición de ONGs frente a Desarrollo y en especial frente a Estrategias de la UE, se agudiza.

Empresas de energía: nuevas capacidades, tecnologías, servicios, productos y materiales

- **Transformación de mercados/empresas**

Límites entre las empresas de energía desaparece.

Límites entre infraestructura eléctrica, combustibles y químicos desaparece.

Aparece un nuevo mercado de un “ecombustible” el hidrógeno, ¿ llegará a ser un commodity?

- **Transformación de geopolítica internacional**

Incentivos para renovables e hidrógeno de los países desarrollados IRA, Delegate acts de la UE, ¿China?.

Desafíos de infraestructura de base y desigualdad territorial

- **¿Transformación de la gestión pública?**

Permisos, leyes y regulaciones a tiempo con los cambios tecnológicos acelerados.

Modelos de concesiones de terrenos fiscales y costos.

Desarrollo de infraestructura pública compartida “concesiones”.

Las misiones no solo necesitan acelerar el cambio tecnológico sino también transformar los sistemas sociales y técnicos.

¿Cuánto de este proceso de transformación del ecosistema se produce por su propia dinámica de mercado?

El conocimiento científico de ecosistemas naturales es absolutamente necesario para acercar las posiciones sociales, crear confianza y conciencia de los impactos positivos y negativos. Se debe avanzar más rápido.

Estudio línea base hídrica en Magallanes

Objetivo: Generar un análisis hídrico base contribuyendo así a garantizar la seguridad hídrica futura de la Región de Magallanes

- Identificación de zonas de conservación hídrica para la implementación de Soluciones Basadas en la Naturaleza (SBN) en la Región de Magallanes
- Desarrollo de un índice de Seguridad Hídrica en cuencas de la Región de Magallanes

Infraestructura eléctrica

- Recortes de energía por restricciones de la transmisión eléctrica: insolvencia de empresas eléctricas renovables e incremento de los costos de electricidad.
- Costos sistémicos en torno a los 20 USD/MWh no permiten alcanzar la meta de 1,5 USD/kg H₂.
- 25 GW de electrolizadores (30 GW Energías Renovables) en sistemas offgrid de energía variable no parece razonable.
- Plan de descarbonización requiere instalar adicionalmente >20 GW de ER.

Infraestructura logística

- Planes macrozonales logísticos ¿estarán a tiempo?
- 12 proyectos están evaluando/negociando el uso de Complejo Portuario de Mejillones
- **100.000 MUSD de inversiones**, 80% de esta inversión en 2 proyectos.
- Tocopilla y Taltal son polos de desarrollo que requieren una política pública específica.
- Regiones de Atacama y Tarapacá también cuentan con excelente recurso renovable pero no cuentan con la infraestructura logística de Antofagasta

Al menos 10 proyectos de producción de hidrógeno verde anunciados, con una capacidad total de 25GW de energía eólica.

- Producción proyectada de 11 millones de toneladas de amoníaco al 2028.
- Inversión estimada de 47.600 MUSD.
- Sobre terrenos privados.

Los proyectos de hidrógeno en operación en Chile (escala < 1MW) han sido financiado 100% por empresas privadas

Los 5 proyectos que cuentan con el subsidio de Corfo, enfrentan tres principales desafíos: costos de electricidad/offtakers - demanda, construcción de línea base ambiental e infraestructura logística.

La nueva industria de hidrógeno desafía:

- El conocimiento científico a través de múltiples disciplinas desde lo social, el desarrollo técnico a la gestión/interpretación de grandes volúmenes de datos
- Llama a la transformación global acelerada de los mercados de energía y su infraestructura
- Inversiones en países en vías de desarrollo con ya altos niveles de deuda
- Modelamiento/planificación de sistemas de energía (electricidad, gases industriales, combustibles) no solo sistemas de transmisión de electricidad