2	Revisión para incluir comentarios del COES	02/10/2023	ESC/PSS	Kallpa	
1	Emitido para el EO	13/06/2023	ESC/PSS	Kallpa	
Rev.	**Descripción**	**Fecha**	**Ejec**	**Rev**	**Apr**

kallpa

ELECTRICAL STUDIES CONSULTANT s.l.

PSS Power Systems Solutions S.A.C.

PROYECTO:

SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE BANCO DE BATERÍAS (BESS) DE LA C.T. KALLPA PARA LA REGULACIÓN PRIMARIA DE FRECUENCIA (RPF)

ESTUDIO DE OPERATIVIDAD

Título:

VOLUMEN I – RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO

Código: EO_BESS_CT_Kallpa Vol. 1_REjecutivo_rev2

Responsables Técnico:

Ing. Roberto Gomez Martinelli e Ing. Luis Valdivia Cardenas

Revisión:

2

Estudio de Operatividad

BESS de la CT Kallpa para la RPF

INDICE GENERAL

VOLUMEN. REVISION	TÍTULO	AUTOR
1.2	RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO	PSS ESC
2.2 ANEXO 1 ANEXO 2	ESTUDIOS ELÉCTRICOS DEL PROYECTO ESTUDIOS DE ESTADO ESTACIONARIO RESULTADOS FLUJO DE CARGA RESULTADOS CORTOCIRCUITO	ESC
3.2	ESTUDIOS ELÉCTRICOS DEL PROYECTO ESTUDIOS DE ESTABILIDAD	ESC
4.2	ESTUDIOS ELÉCTRICOS DEL PROYECTO ESTUDIOS DE COORDINAMIENTO PROTECCIONES	PSS
5.2	ESTUDIOS ELÉCTRICOS DEL PROYECTO ESTUDIOS DE ARMÓNICOS Y FLICKER	ESC
6.2	INGENIERÍA DEL PROYECTO PROTOCOLOS DE PRUEBAS EN FÁBRICA DE EQUIPOS	PSS
7.2	INGENIERÍA DEL PROYECTO PROCEDIMIENTOS DE MANIOBRAS	PSS
8.2	INGENIERÍA DEL PROYECTO PLANOS Y DIAGRAMAS	PSS
9.2	INGENIERÍA DEL PROYECTO ACTA DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL	PSS
10.2	INGENIERÍA DEL PROYECTO INFORME DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN	PSS
11.2	INGENIERÍA DEL PROYECTO INFORMACIÓN CONFIDENCIAL	PSS

Volumen I: Resumen Ejecutivo

ÍNDICE VOLUMEN I

1. INTRODUCCIÓN 6

1.1. ANTECEDENTES 6
1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ELÉCTRICA DEL PROYECTO 6
1.3. CRONOGRAMA DEL PROYECTO 9

2. SISTEMA DE BATERÍAS & INVERSORES 9

2.1. ESQUEMA GENERAL 9
2.2. BATERÍAS 10
2.3. INVERSORES BIDIRECCIONALES 11
2.4. TRANSFORMADORES ELEVADORES 12
2.5. SISTEMA DE CONTROL 12

3. CELDAS GIS 22.2 kV 13

4. TRANSFORMADOR DE POTENCIA 14

4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS 14
4.2. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BUSHING 14
4.3. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN 14
4.4. RESISTOR DE PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO 15
4.5. TABLERO DE CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDICIÓN 15

5. CONEXIÓN AL TURBOGENERADOR DE VAPOR 17

6. SISTEMA SCADA Y TELECOMUNICACIONES 18

6.1. SISTEMA DE CONTROL 18
6.2. TELECOMUNICACIONES 19

7. SERVICIOS AUXILIARES 19

8. PUESTA A TIERRA 20

9. OBRAS CIVILES 20

9.1. OBRAS PREVIAS 20
9.2. CIMENTACIÓN DE BANCOS DE BATERÍAS E INVERSORES 20
9.3. CIMENTACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 20

10. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA 21

11. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITO 21

12. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS DE ESTABILIDAD 22

13. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE ARMÓNICOS 27

14. CONCLUSIONES SOBRE LOS ESTUDIOS DE FLICKER.....29

15. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE ARMÓNICOS Y FLICKER.....29

16. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES 30

16.1. GENERAL.....30

16.2. TRANSFORMADOR 35 MVA 18/22.2 KV 30

16.3. CELDAS GIS 22.2 KV.....31

16.4. INVERSORES 32

16.5. VERIFICACIÓN DE LAS PROTECCIONES ACTUALES 33

17. PLANOS Y DIAGRAMAS 35

18. PROTOCOLO DE PRUEBAS 35

19. ANEXO A – PROPHET EMS - Plan Automation and Control System.....36

Contenido de Tablas

Tabla 1. Cronograma del Proyecto..... 9

Tabla 2. Características técnicas de baterías..... 11

Tabla 3. Características técnicas de los inversores..... 12

Tabla 4. Resultados de los espectros de tensión en las diferentes barras y en los diferentes escenarios..... 28

Tabla 5. Resultados de los espectros de corriente en las diferentes barras y en los diferentes escenarios 28

Contenido de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del Proyecto BESS de la CT Kallpa (Google Earth) 7

Figura 2. Conexión del BESS al SEIN en la CT Kallpa 7

Figura 3. Disposición general de equipos 8

Figura 4. Esquema general del BESS 10

Figura 5. Diagrama Eléctrico típico de un rack de baterías 11

Figura 6. Arquitectura del PROPHET EMS 13

Figura 7. Derivación de los Ductos de Barras existentes para el Transformador del BESS 17

Figura 8. Comparación de las magnitudes tensión y corriente con los requisitos del procedimiento PR-20 para CGNC - falla 3ph alejada del BESS, despeje en 2.25 s. El equipo se mantiene en servicio si bien el hueco está por debajo de 0.7pu y permanece por más de 3.s 24

Figura 9. Comparación de las magnitudes tensión y corriente con los requisitos del procedimiento PR-20 para CGNC - falla 3ph cercana al BESS, despeje 250 ms, con LVRT=0 25

Figura 10. Comparación de la respuesta en Potencia inyectada por el BESS con el requerimiento del PR-21 en cuanto al servicio mínimo de regulación primaria de frecuencia RPF. El SoC inicial del 32% resulta ser el mínimo admisible para satisfacer el evento referencial, en el caso de SoC target del 50% y banda muerta de ± 20% para el estado de carga 25

Figura 11. Zoom en la ventana 11000-13000 s (03:00 p.m.-03:34 p.m.) – Primer gráfico: Transitorio de frecuencia fijado por la red externa, Segundo gráfico: potencia activa inyectada por el BESS en la barra 18 kV del trasformador principal, en base a la función de RPF (curva roja: P de referencia al POC definida por el control de planta, curva verde: P medida en el POC) 26

Figura 12. Comparación de los casos **SIN** y **CON** proyecto, condición de EsMax2023 – en alto: Transitorio de frecuencia y delta de Pgen [MW] de las unidades de Kallpa y aporte del BESS. En bajo comparación de las potencias eléctricas y mecánicas en las TGs de CT Kallpa 26

Estudio de Operatividad

BESS de la CT Kallpa para la RPF

Volumen I: Resumen Ejecutivo

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Kallpa Generación S.A. (en adelante, “Kallpa”) viene desarrollando el diseño, ingeniería para la instalación, operación y mantenimiento del Proyecto de Sistema de Almacenamiento de Banco de Baterías (BESS) para la Regulación Primaria de Frecuencia (RPF), que se instalará en la central CT Kallpa, el sistema BESS se ha diseñado con Potencia Máxima de 31.32 MW, con una energía almacenada de 35.78 MWh (Installed Energy) y una energía disponible de 30.02 MWh (Usable Energy) en el año 0 (Beginning of Life - BoL). Dicha energía en el año 0 corresponde a tener la energía suficiente en el año 15 (End of Life - EoL) para seguir haciendo frente al evento referencial establecido por el COES en el PR - 21, considerando el degrado de la capacidad de almacenamiento prevista para la tecnología de baterías seleccionada, el uso al que estarán sometidas y el rango operativo de la carga.

1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ELÉCTRICA DEL PROYECTO

El proyecto está ubicado dentro de la central térmica CT Kallpa, situada en el distrito de Chilca, provincia de Cañete, departamento de Lima. El acceso es por la Carretera Panamericana Sur hasta el Puente de acceso a Chilca zona 18L, sobre la calle 721, con coordenadas:

Latitud -12.498848°; Longitud -76.728735°.

Figura 1. Ubicación geográfica del Proyecto BESS de la CT Kallpa (Google Earth)

El punto de conexión al SEIN es la barra 18 kV de Kallpa TV para lo cual se utilizará un Transformador de Potencia 18/22.2 kV, 35 MVA. La conexión física será en los Ductos de Barras 18 kV que unen al Turbogenerador con el Transformador 18/220 kV de esta unidad de generación (TV).

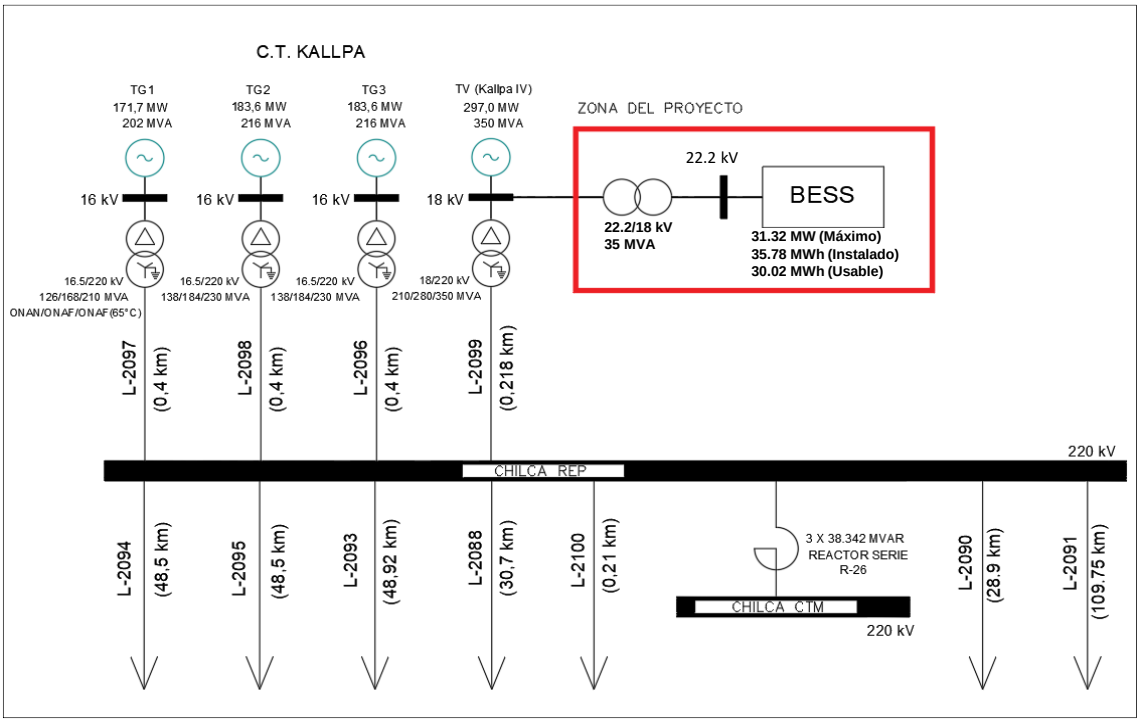
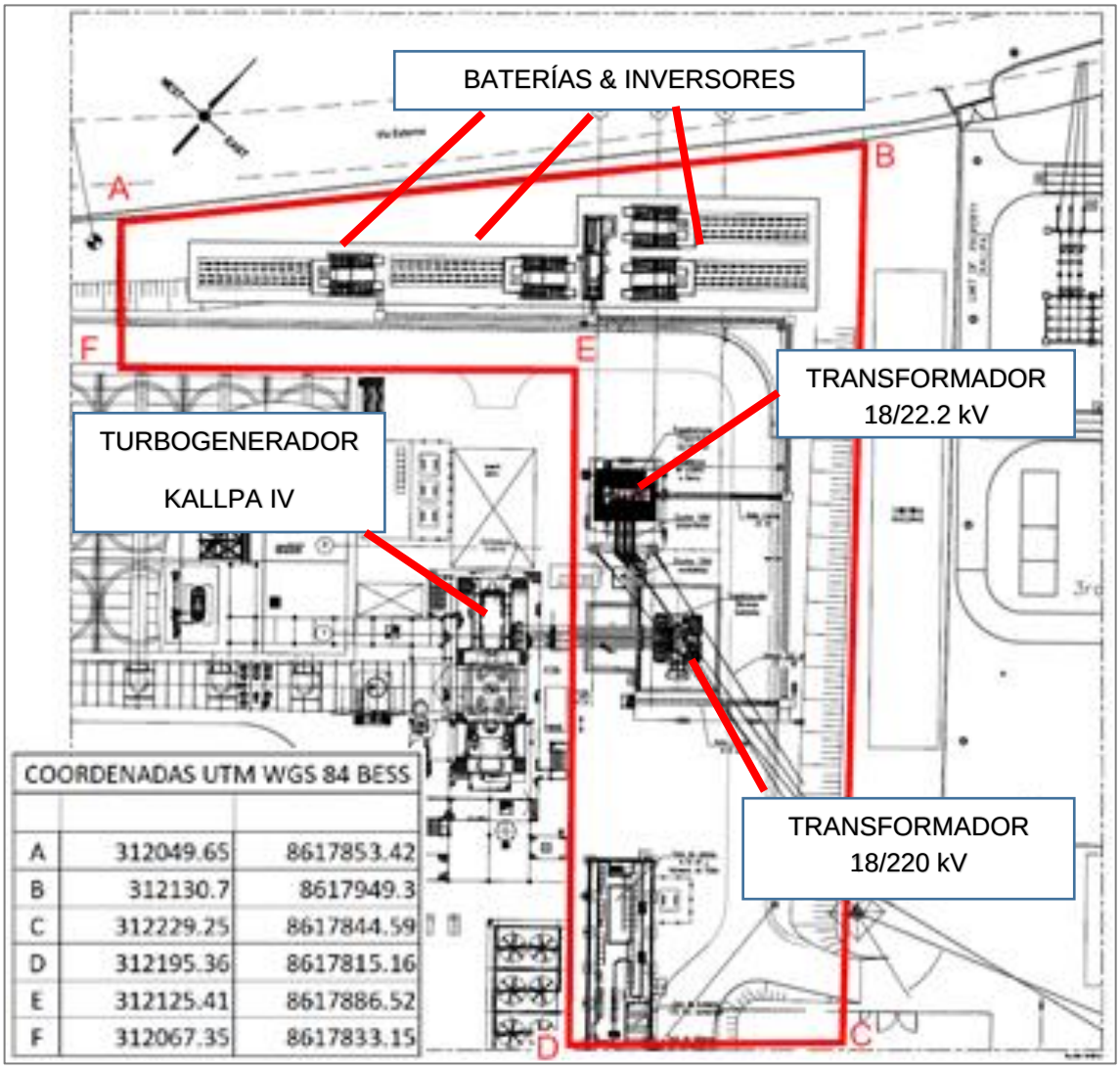


Figura 2. Conexión del BESS al SEIN en la CT Kallpa

El Proyecto comprende un Sistema de Baterías con Inversores Bidireccionales y Transformadores 18/22.2 kV. Todos los conjuntos de Baterías & Inversores se conectarán a las Celdas 22.2 kV a cuya barra se conectará también el Transformador de Potencia 18/22.2 kV, 35 MVA para la conexión a Kallpa TV. Las coordenadas del Proyecto BESS se muestran en la Figura 3.

Las Celdas 22.2 kV que conectan al Transformador de Potencia del BESS con las Baterías e Inversores serán instaladas en una Sala Eléctrica al norte del Transformador. Las Baterías y los Inversores estarán instalados en cuatro bloques cerca del cerco perimétrico del lado norte.



COORDENADAS UTM WGS 84 BESS		
A	312049.65	8617853.42
B	312130.7	8617949.3
C	312229.25	8617844.59
D	312195.36	8617815.16
E	312125.41	8617886.52
F	312067.35	8617833.15

Figura 3. Disposición general de equipos

1.3. CRONOGRAMA DEL PROYECTO

El proyecto del BESS de la CT Kallpa tiene previsto ingresar el cuarto trimestre del año 2023. En la siguiente tabla se muestra el cronograma del proyecto.

Tabla 1. Cronograma del Proyecto

Requisito	2022				2023			
	TRIMESTRE				TRIMESTRE			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Ingeniería de detalle			X	X	X	X		
Adquisición de equipamiento				X	X	X		
Transporte y trámite en Aduanas				X	X	X	X	
Inicio de Construcción						X		
Nivel de construcción desde 50%							X	
Nivel de construcción 100%								X
Etapa de pruebas								X
Integración al SEIN								X

Fecha de Integración al SEIN	4to Trimestre 2023

2. SISTEMA DE BATERÍAS & INVERSORES

2.1. ESQUEMA GENERAL

El Sistema de Almacenamiento de Energía en Batería (BESS) tiene una Potencia Máxima de 31.32 MW con una capacidad instalada 35.78 MWh (installed energy) en el año 0 (Beginning of Life - BoL).

El BESS está constituido por ocho Bancos de Baterías que se conectan al sistema eléctrico con Inversores Bidireccionales (CC/CA) y Transformadores elevadores.

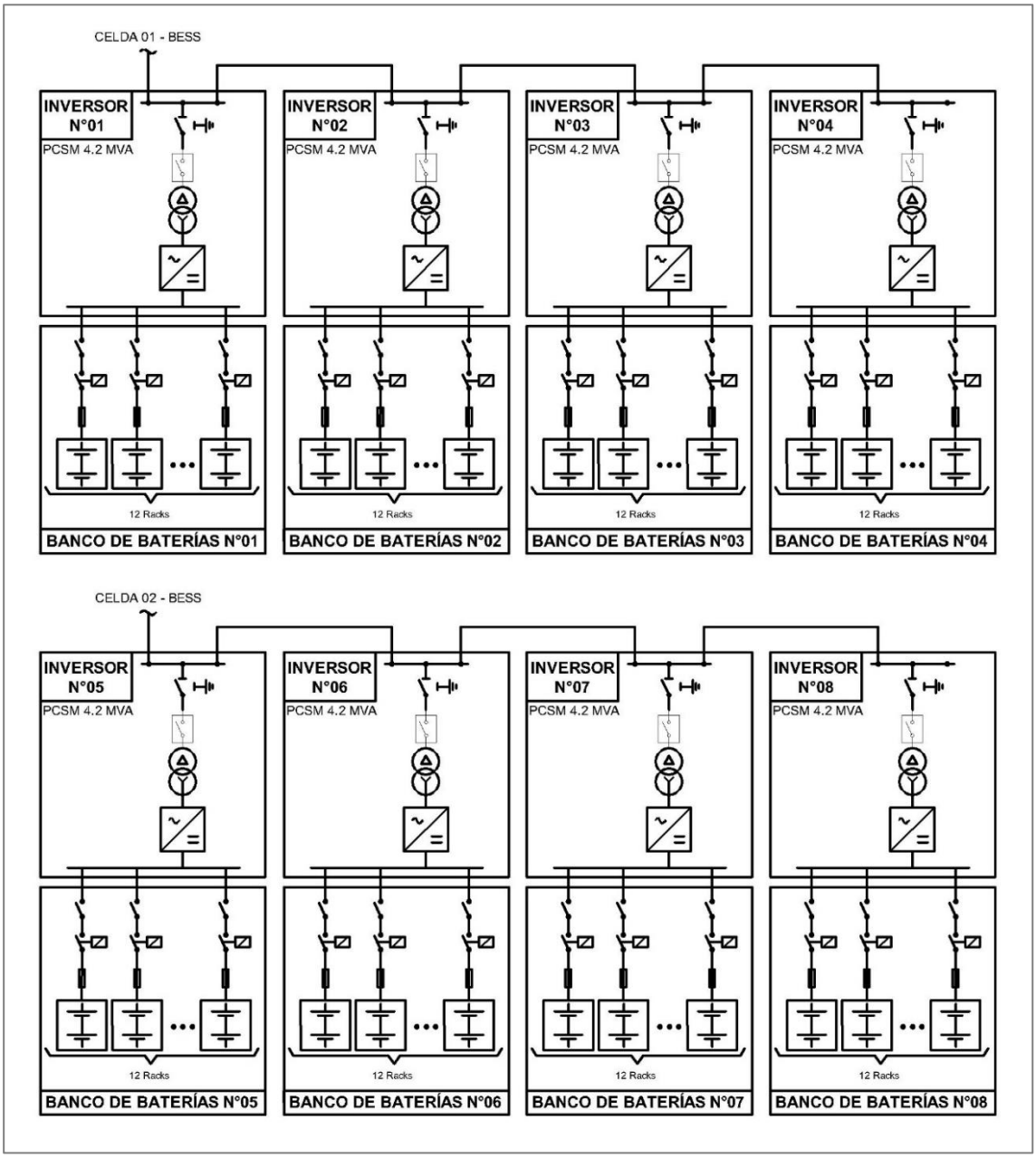


Figura 4. Esquema general del BESS

2.2. BATERÍAS

Las Baterías están conectadas formando Racks, las baterías son de Litio con sistema de enfriamiento por líquido, cada uno de ellos está conformado por 8 módulos como se muestra en la figura siguiente:

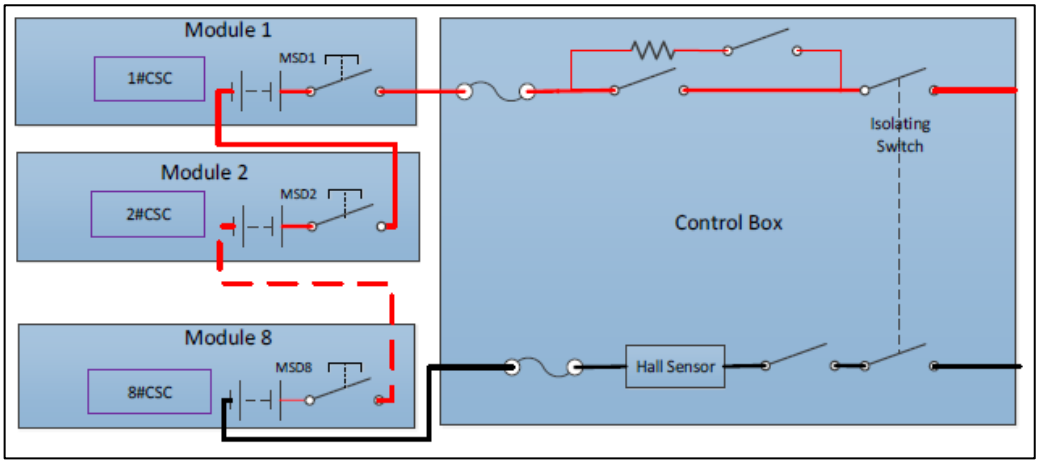


Figura 5. Diagrama Eléctrico típico de un rack de baterías

Se tendrá 8 bancos cada uno con 12 Racks de Baterías preparados para instalación al exterior.

Las Baterías tendrán las siguientes características técnicas:

Tabla 2. Características técnicas de baterías

BESS EQUIPMENT		
ID	**ITEM**	**SPECIFICATION**
1	TOTAL INSTALLED POWER (1)	33.60 MVA
2	INSTALLED BATTERY CAPACITY @ BoL	35.78 MWh
3	USEFUL BATTERY CAPACITY BoL @ POI	30.02 MWh
4	OUTDOOR RACKS	96
BATTERY RACK CHARACTERISTICS		
ID	**ITEM**	**SPECIFICATION**
1	RATED ENERGY	372.7 kWh
2	RATED VOLTAGE	1331.2 Vdc
3	VOLTAGE RANGE	1164.8 – 1497.6 Vdc

(1) La potencia máxima del BESS será de 31.32 MW

2.3. INVERSORES BIDIRECCIONALES

Los Inversores CC/CA serán Bidireccionales para permitir el flujo de salida de la energía almacenada, así como la carga de las Baterías. Se tendrá 8 Inversores, cada una de las siguientes características:

Tabla 3. Características técnicas de los inversores

LADO CORRIENTE ALTERNA	
Potencia de salda	4200 kVA
Frecuencia	60 Hz
Distorsión Total de Armónicas (THD)	< 3% según IEEE Std 519
Factor de potencia	0.5 en adelanto hasta 0.5 en atraso
Compensación de Potencia Reactiva	En los cuatro cuadrantes
LADO CORRIENTE CONTINUA	
Rango de tension CC	934 V hasta 1500 V
Tensión máxima	1500 V
Rizado de la tensión continua (Ripple)	< 3%
Corriente máxima en CC	4590 A

2.4. TRANSFORMADORES ELEVADORES

Los Transformadores elevadores serán para conectar los Inversores Bidireccionales a la barra de 22.2 kV. Los Transformadores serán trifásicos, tipo seco (dry type) y se instalarán dentro de en una envolvente metálica (Enclosure) que comparten con los Inversores. Las conexiones a la barra 22.2 kV será mediante cables de energía 18/30 kV (XLPE-TR). Los transformadores tendrán las siguientes características técnicas:

- Tensión nominal primara: 22.9 ± 2x2.5% kV
- Tensión nominal secundaria: 660 V
- Potencia Nominal: 4.2 MVA
- Grupo de conexión: Dy1

2.5. SISTEMA DE CONTROL

El Sistema de Control será el PROPHET EMS de NHOA, el cual tiene las siguientes funcionalidades:

1) Sistema de Manejo de Energía (EMS)
2) Sistema de predicción (Forecasting)
3) Sistema de Control en Tiempo Real (PPC)
4) Sistema de Seguridad y Automatización
5) Sistema de Monitoreo Local (LMS)

Además, se tiene prevista una conexión de control remoto (K-WIZE) con una conexión end-to end para el monitoreo remoto. El sistema adquiere, recopila, transfiere y publica datos del BESS a través de canales de comunicación ciberseguros, en un panel de control propietario que está alojado en la web.

Es preciso indicar que el Proyecto BESS en la CT Kallpa no contempla las funcionalidades 1) EMS y 2) Forecasting; y para mayor detalle de las otras funcionalidades, se puede revisar el Anexo A, que contiene la descripción del sistema de control y automatización de la planta llamado PROPHET EMS del fabricante NHOA.

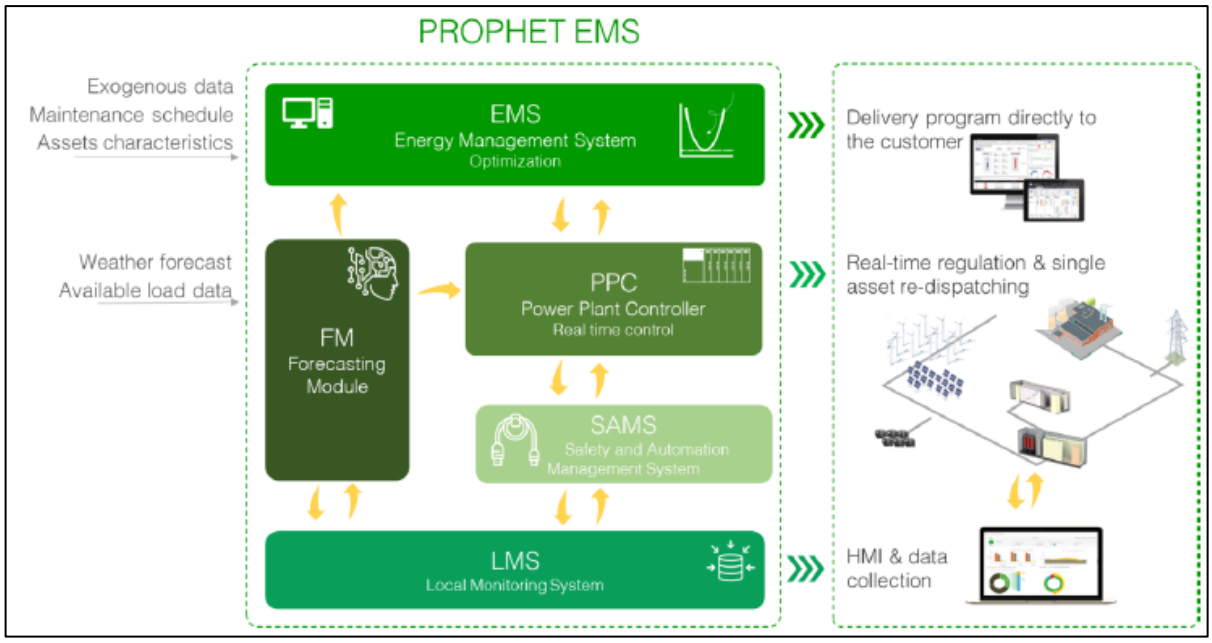


Figura 6. Arquitectura del PROPHET EMS

3. CELDAS GIS 22.2 kV

Las Celdas serán metálicas (metal-clad switchgear) con compartimentos en gas SF6 (gas-insulated) para la parte de alta tensión:

I. Barras colectoras trifásicas (3ph, 3w) 24 kV, 60 Hz, 1200 A, 25 kA

II. (Interruptores con cámara de interrupción en vacío (vacuum circuit-breaker) 24 kV, BIL 125 kVp, 25 kA. 1200 A para la llegada y 630 A para los circuitos de salida.

III. (Transformadores de Tensión 22 kV, BIL 125 kVp, conexión fase - tierra, de relación 22000: √3 / 110: √3 / 110: √3 V con un secundario de protección y otro de medición.

IV. (Transformadores de Corriente 24 kV, BIL 125 kVp, 25 kA con secundarios de protección y medición.

V. Transformadores de Corriente Toroidales para la medición de las corrientes homopolares en los cables de salida.

Todos los compartimentos estarán separados entre sí mediante tabiques metálicos y serán accesibles desde el frente para se pueden realizar correctamente la operación y el

mantenimiento de los equipos. Las Celdas serán a prueba de arco y estarán dotadas de un conducto para la evacuación de los gases producidos por un arco.

Además, cada Celda estará equipada con un compartimento de baja tensión, donde se instalarán los relés y los medidores, así como los dispositivos auxiliares.

Se tendrá un total de 5 celdas, una celda de llegada del transformador de potencia, dos celdas para el BESS, una celda para el transformador de SSAA y una de reserva.

4. TRANSFORMADOR DE POTENCIA

4.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El Transformador de Potencia será para conectar la barra 22.2 kV a la cual se conectan las Baterías (BESS) con las barras 18 kV de la salida de la unidad TV de la CT Kallpa.

El Transformador será trifásico en baño de aceite (oil-immersed transformer) y será instalado al exterior, cerca de los ductos de barras que conectan el Turbogenerador de Vapor con el Transformador elevador 18/220 kV de esta unidad de generación.

El Transformador será de relación 18 kV/22.2 kV, con una potencia de 35 MVA, con ventilación natural ONAN y con capacidad para llegar a 40 MVA (ONAF) agregando enfriamiento forzado por aire. Los bobinados de 18 kV estarán conectados en delta y los de 22.2 kV estarán conectados en estrella con el neutro accesible. El neutro de la estrella será conectado a tierra mediante un Resistor para limitar la corriente de falla a tierra a 400 A.

Las conexiones de 18 kV serán con Ductos de Barras de 18 kV desde la derivación hasta los Bushings 18 kV. Las conexiones en 22.2 kV será con dos Cables Unipolares por fase N2XSOH 18/30 kV (XLPE-TR), de 300mm2.

4.2. TRANSFORMADORES DE CORRIENTE TIPO BUSHING

El Transformador estará provisto de Transformadores de Corriente Tipo Bushing en 18kV, en 22.2 kV y en el Neutro de 22.2 kV.

4.3. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

El Transformador vendrá provisto con las siguientes protecciones internas:

26 : Protección de temperatura del aceite con termómetro

49 : Protección de temperatura de bobinados con imagen térmica

63 : Protección de sobrepresión en el tanque

71 : Protección de bajo nivel de aceite con dos niveles: alarma y disparo

63G : Protección Buchholz por presión súbita de gases en el aceite

80 : Protección Buchholz por acumulación de gases en el aceite

4.4. RESISTOR DE PUESTA A TIERRA DEL NEUTRO

Se instalará un Resistor en el Neutro del lado 22.2 kV del Transformador para limitar las corrientes de falla a tierra a 400 A. El Resistor tendrá una tensión nominal de 23.83 kV (L/N), BIL 150 kVp y tendrá una capacidad de 400 A durante 10 segundos.

El Resistor será instalado al exterior, al lado del Transformador, en un cubículo metálico NEMA 3R.

4.5. TABLERO DE CONTROL, PROTECCIÓN Y MEDICIÓN

Se instalará un Tablero de Control y Protección para el Transformador equipado con los siguientes dispositivos y funciones de protección disponibles, para los cuales, se definirán las funciones a habilitarse y sus ajustes correspondientes según corresponda en el Estudio de Coordinamiento de Protecciones (Volumen III):

<u>Relé de Protección Primaria (PPR) – RET620</u>

87 : Protección Diferencial del Transformador

87N : Protección Diferencial restringida a tierra en 22.2 kV

24 : Protección de sobre flujo magnético (V/Hz)

27/59 : Protección de mínima y máxima tensión

81 : Protección de frecuencia

49 : Protección de imagen térmica

67/67N : Protección de sobrecorriente direccional de fases y de tierra

<u>Relé de Protección Secundaria (SPR) – REF615</u>

67/67N : Protección de sobrecorriente direccional de fases y de tierra

46 : Protección de Sobrecorriente de Secuencia Negativa

81 : Protección de frecuencia

50/51 : Protección de sobrecorriente en 18 kV

50N/51N : Protección de sobrecorriente a tierra 18 kV

Relé de Protección lado 22.2 kV (YPR) – REF615

67/67N : Protección de sobrecorriente direccional de fases y de tierra

46 : Protección de Sobrecorriente de Secuencia Negativa

51 : Protección de sobrecorriente en 22.2 kV

51N : Protección de sobrecorriente en neutro 22.2 kV

27/59 : Protección de mínima y máxima tensión

Medidor Multifunción – ION8650

Potencia Activa, Reactiva y Aparente

Energía Activa y Reactiva

Armónicas y Calidad de Energía

Registrador de Fallas – RPV311

Tensión y Corriente del Transformador en 22.2 kV

5. CONEXIÓN AL TURBOGENERADOR DE VAPOR

El Punto de Conexión del BESS será en los Ductos de Barras existentes que unen al Turbogenerador con el Transformador 18/220 kV.

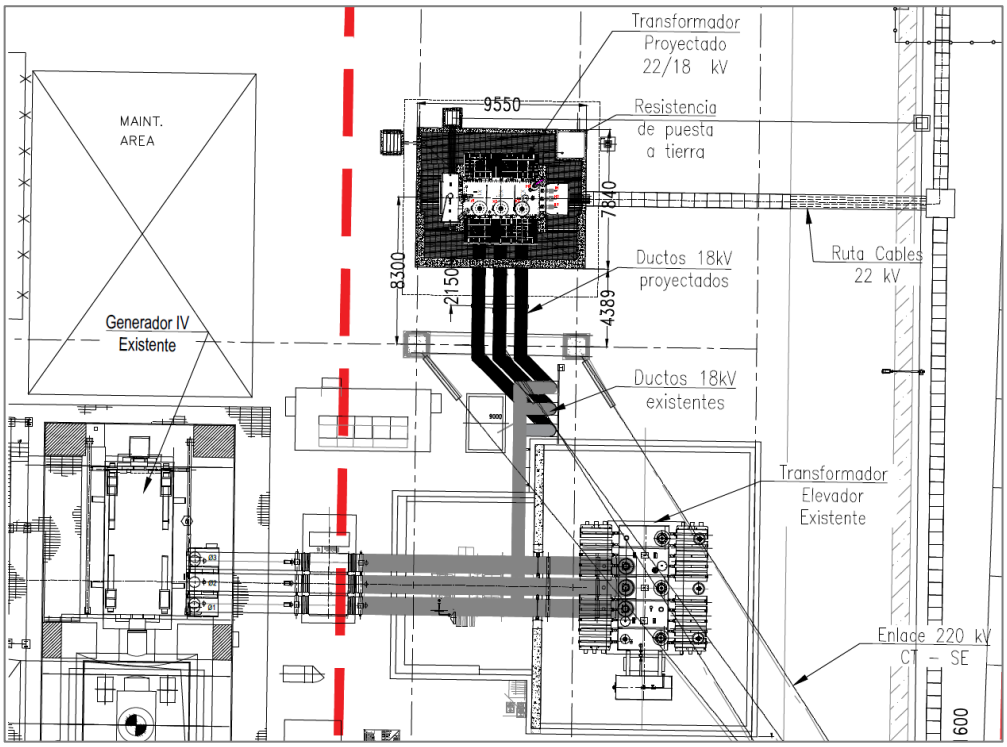


Figura 7. Derivación de los Ductos de Barras existentes para el Transformador del BESS

Los Ductos de Barras existentes que unen el Generador con el Transformador elevador a 220 kV son de las siguientes características

- Tensión Nominal: 18 kV
- Corriente Nominal: 12,000 A
- Capacidad de cortocircuito: 150 kA

En los Ductos de Barras existentes, en el punto de conexión se instalará una derivación (T) con nuevos Ductos de Barras, los cuales serán llevados hasta su conexión a los Bushings de 18 kV del nuevo Transformador de Potencia del BESS. Los nuevos Ductos de Barras para la conexión al Transformador del BESS serán de las siguientes características

- Tensión Nominal: 18 kV
- Corriente Nominal: 2,300 A
- Capacidad de cortocircuito: 150 kA

En los nuevos Ductos se ha previsto un Link flexible desmontable (sin tensión) para poder separar la instalación para fines de mantenimiento.

6. SISTEMA SCADA Y TELECOMUNICACIONES

6.1. SISTEMA DE CONTROL

Se implementará un Sistema de Control (SCADA) y Telecomunicaciones para las necesidades operativas de Kallpa, así como para atender los requerimientos de operación en tiempo real exigidos por el COES.

El Sistema de Control del BESS tendrá cuatro niveles de control que son:

Nivel 0 – Nivel de Campo

En este nivel se encuentran los equipos de maniobra para operar los Inversores Bidireccionales, los Racks de Baterías y los interruptores 22.2 kV, los cuales serán operados al pie del equipo desde su propia caja de mando.

Nivel 1 – Nivel de Bahía

En este nivel de control se tendrá el equipamiento para el monitoreo y control de la instalación del Sistema de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS). En cada conjunto de dos módulos de Batería + Inversor se tendrá un PLC.

Para los equipos de maniobra en media tensión y el transformador 22.2/18 kV, se tendrá los Relés de protección, con módulos entrada/salida digitales y analógicas, en forma cableada o a través de sus puertos de comunicación, se efectuará el monitoreo y control de estos equipos. Los relés tendrán una interfase con pantalla gráfica (HMI) para las funciones de mando de los equipos de maniobra.

Nivel 2 – Nivel de Planta

Para el BESS se tendrá una red en anillo con dos unidades P.EMS Core Controller (redundantes) con funcionalidades de Regulación Primaria de Frecuencia y de Manejo de Energía. Para ello se tendrá una consola de operación e interface gráfica (HMI) para disponer de la información para operación del sistema BESS en su totalidad.

Para los equipos de maniobra en media tensión y el transformador 22.2/18 kV se tendrá una red en anillo con dos RTU (redundantes). Además, se tendrá una consola de operación e interface gráfica (HMI).

Además, se tendrá soporte para reportes de eventos y alarmas.

6.2. TELECOMUNICACIONES

La Red de Datos de datos tendrá una configuración redundante en sus elementos principales, conforme a los requisitos mínimos para los sistemas de control y automatización del Procedimiento PR-20 del COES.

La comunicación del SCADA del BESS con el sistema de control existente en la CT de Kallpa será en protocolo IEC 60870-5-104 o DNP 3.0 o IEC 61850.

La comunicación de las RTU1 y RTU2 con el sistema de control de la CT de Kallpa será en protocolo IEC 61850.

Para el envío de señales al COES se emplearán los sistemas actualmente existentes y en operación con que cuenta el sistema de control de la CT de Kallpa.

Para el cumplimiento de (i) la Norma Técnica para la Coordinación de la Operación en Tiempo Real de los Sistemas Interconectados (RD No.014-2005-DGE), y (ii) la Norma Técnica para el Intercambio de Información en Tiempo Real para la Operación del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (RD No.243-2005-DGE), se empleará el actual enlace de comunicación redundante existente y en operación del "Sistema de Control, Medición, ICCP Kallpa I, II, III y Ciclo Combinado" de la Central Chilca de Kallpa con los Centros de Control Principal y Respaldo del COES.

7. SERVICIOS AUXILIARES

Para los Servicios Auxiliares de CA se ha previsto una alimentación desde las Celdas 22.2 kV hacia un Transformador 22.2 kV/400-230 V – 630 kVA que alimentará a un Tablero trifásico, 4 hilos, de 400 – 230 V. Como alimentación de respaldo, se ha previsto un segundo Transformador 4.16 kV/400-230 V – 630 kVA que alimentará al mismo Tablero. Estas alimentaciones tendrán un interbloqueo eléctrico y mecánico, a fin de evitar el paralelo de las fuentes.

Desde el Tablero de Servicios Auxiliares se alimentará a las siguientes cargas:

- A los Centros de Cargas de los Inversores y Baterías
- A la Sala Eléctrica donde se tiene las Celdas 22.2 kV, las Celdas 4.16 kV y los Tableros de Control del BESS
- Al Transformador de Potencia

Para los Servicios Auxiliares de CC se ha previsto dos alimentaciones desde los servicios existentes en 125 Vcc.

8. PUESTA A TIERRA

Se ha previsto una Ampliación de la Malla de Tierra existente para las conexiones de puesta a tierra del Transformador y de los equipos del Sistema BESS, que será efectuada con el mismo conductor que tiene la malla existente que es de cobre 4/0 AWG y electrodos de 3 metros. Todas las uniones serán termo-soldadas.

En la zona del Transformador la malla será ampliada con una distancia entre conductores igual a la de la malla existente que es de 16 metros. Para los equipos del BESS se hará una extensión adicional, considerando una mayor seguridad para lo cual se ha definido una menor distancia entre conductores (8 metros).

La ampliación de la malla será diseñada para la seguridad de las tensiones de paso y de toque considerando una corriente de falla a tierra en 22.2 kV que es de 400 A, debido a que está limitada por el Resistor del Neutro del Transformador de Potencia. Como se está utilizando los mismos conductores y las mismas distancias (16 metros), la nueva malla se integrará a la malla existente.

9. OBRAS CIVILES

9.1. OBRAS PREVIAS

En forma previa a las obras civiles se requiere trabajos de movimiento de tierras para conformar una plataforma donde se instalarán los bancos de las Baterías y los Inversores, así como la Sala de Celdas que será también tipo contenedor metálico.

9.2. CIMENTACIÓN DE BANCOS DE BATERÍAS E INVERSORES

Las cimentaciones de los bancos de las Batería y los Inversores serán conforme a la norma técnica E.030 “Diseño Sismorresistente” del Reglamento Nacional de Edificaciones, considerando la categoría de Edificaciones Esenciales.

9.3. CIMENTACIÓN DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA

La cimentación del Transformador 18/22.2 kV será diseñada considerando la captación de posibles derrames de aceite, a fin de evitar daños al medio ambiente. Además, se construirá un muro “cortafuegos” considerando una capacidad de resistencia al fuego de 1 hora.

10. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS DE FLUJO DE CARGA

Con el análisis de la operación del Proyecto y del área de influencia en operación normal y en contingencia para los diferentes escenarios de los periodos de Estiaje del año 2023, y Avenida del año 2024, se concluye que el ingreso del Proyecto no afecta de forma negativa la operación del Sistema Interconectado Nacional por los siguientes motivos:

- Los perfiles de tensión en las condiciones SIN y CON el proyecto en operación, se encuentran dentro de los límites establecidos para las barras en las cuales el COES y OSINERGMIN han definido las Tensiones de Operación, por ello no resulta necesario alguna redefinición de los valores indicados;
- Se concluye que el Proyecto no afecta la operación de las líneas de transmisión, y el nivel de cargabilidad no se ve empeorado por la entrada en servicio del proyecto. En el caso que el proyecto sea la causa de una sobrecarga en algún enlace del SEIN (en general por situación de contingencia), se debe tener en cuenta que es una condición transitoria que se limita al tiempo necesario para realizar el control primario de frecuencia RPF (teniendo en cuenta que el equipo BESS tiene como límite 10' de funcionamiento al 85 % de la potencia máxima, luego la potencia se anula);
- En particular se ha verificado el estado de carga del transformador elevador de la unidad TV de la C.T. Kallpa ("*tr2 Kallpa_TV*"). En todos los escenarios bajo estudio la C.T. Kallpa ha sido despachada a su potencia efectiva de 896.27 MW, con la unidad TV que inyecta 294.25 MW; el caso más desfavorable para el *tr2 Kallpa_TV* es la condición de inyección del BESS a su potencia máxima de 31.32 MW; en ningún caso analizado el nivel de cargabilidad del transformador supera el 100% (en Red-N y N-1);
- En el área de influencia el nivel de cargabilidad de los transformadores no se ve empeorado por la entrada en servicio del proyecto;
- Ante las diversas contingencias analizadas se concluye que las tensiones en las barras de la zona de influencia se mantienen dentro de los valores admisibles de operación (0.90 a 1.075 pu).

11. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS DE CORTOCIRCUITO

El análisis de cortocircuito realizado en el presente Estudio tiene por finalidad evaluar el impacto que generará el "Proyecto BESS de la CT Kallpa para la RPF", así como validar las características de los nuevos equipos que se instalarán con el Proyecto. De los escenarios analizados se obtiene los siguientes resultados:

- La máxima corriente de cortocircuito para la barra de 220 kV de la S.E. Chilca REP es de 28.80 kA **SIN** proyecto, y 28.81 kA **CON** proyecto al año 2023 de la puesta en servicio del equipo BESS, y al año 2024 se tiene 27.93 y 27.94 kA;
- La máxima corriente de cortocircuito monofásico para la barra de 220 kV de la S.E. Chica REP es de 31.16 kA con Proyecto. Cabe mencionar que el nivel de cortocircuito es de 31.15 kA sin proyecto;
- La máxima corriente de cortocircuito de la barra de 18 kV de la unidad TV de la C.T. Kallpa es de ≈ 132.7 kA por fase y ≈ 0.0103 kA hacia tierra. Cabe mencionar que este nivel de corriente aplica para la capacidad de la barra.
- La capacidad para el cortocircuito de la barra de 18 kV es de 150 kA, cuyo valor es superior a la máxima corriente de cortocircuito obtenida en todos los casos analizados, el cual se considera adecuado.
- La máxima corriente de cortocircuito para la barra de 22.2 kV del proyecto (lado módulos BESS) es de ≈ 10 kA por fase y ≈ 0.40 kA hacia tierra.

Los equipos existentes en la S.E. Chilca REP tienen una capacidad de cortocircuito de 40 kA, superior a la máxima corriente que se ha determinado (≈ 29 kA), previendo el crecimiento del sistema, lo mismo se puede confirmar para la S.E. Chilca CTM cuya capacidad de ruptura de los interruptores es de 63 kA, siendo la máxima corriente de cortocircuito determinada de ≈ 29 kA.

Por otro lado, los niveles de las corrientes de cortocircuito en los bornes a 18 kV de la unidad TV de Kallpa (donde se conecta el proyecto), no se ven alterados con el ingreso del proyecto y por lo tanto se asume que el diseño original sea adecuado.

Mientras los valores máximos de corriente de cortocircuito en el nivel de 22.2 kV del proyecto (lado módulos BESS) es de ≈ 10 kA por fase, siendo este inferior al valor de 25 kA utilizado en el diseño de esta porción del proyecto.

12. CONCLUSIONES DE LOS ESTUDIOS DE ESTABILIDAD

Se resume a continuación los principales resultados obtenidos y conclusiones de las actividades relativa a los estudios de transitorios de tipo RMS.

Se ha comprobado que el equipo cumple con los requisitos de continuidad de suministro ante eventos severos (LVRT), y soporte de tensión mediante inyección de corriente reactiva Iq, según el PR-20 (ANEXO 1 Capitulo 4, sub-puntos 6.1 y 6.2), el fabricante NHOA sugiere de mantener en el modelo del equipo BESS el parámetro LVRT deshabilitado (= 0), dado que se trata de un equipo incorporado dentro de la central

convencional CT Kallpa, y la función de soporte mediante inyección de Iq no es su objetivo primordial (ejemplos en las Figura 8 y Figura 9 más adelante).

Así mismo las pruebas para verificar la respuesta de las protecciones tanto en frecuencia como en tensión han demostrado que el accionamiento de estas ante eventos se encuentra dentro de los rangos especificados en el procedimiento PR-20.

Por otro lado, se ha demostrado que los valores adoptados para los principales parámetros del control de RPF y de gestión de las Baterías, satisfacen el evento referencial asociado al servicio de Regulación Primaria de Frecuencia RPF especificado en el PR-21 (ejemplo en la Figura 10 más adelante).

Además de las simulaciones evaluadas con eventos programados, también la prueba del modelo alimentado con mediciones en campo de la frecuencia (Análisis de un día típico), confirman el desempeño de modelo dentro de los requisitos del PR-21 (ejemplo en la Figura 11 más adelante).

De la comparación de los resultados de los transitorios en frecuencia estudiados se concluye lo siguiente:

- Con el ingreso del BESS se reduce el tiempo de respuesta en comparación a los tiempos de respuesta por parte de los Governadores de las unidades de generación convencionales para la Regulación Primaria de Frecuencia (RPF). Ver por ejemplo en Figura 12 más adelante, las diferencias en el comportamiento de la frecuencia en el SEIN, se observa que **SIN** proyecto la amplitud de la desviación es siempre mayor;
- Con el ingreso del BESS se controla mejor el aporte de potencia asignada para la regulación RPF, en comparación con la contribución que se obtiene por parte de los generadores síncronos. Por ejemplo, en el caso **CON** proyecto se observa una rampa en la potencia inyectada por el BESS con gradiente de 2 MW/s, mientras en el caso **SIN** proyecto debido al aporte por parte de las unidades TG y TV de Kallpa, se tiene un gradiente de 0.91 MW/s. Así es que en el caso **CON** proyecto en menos de 20 s se tiene una inyección de potencia al máximo de la reserva ≈ 31.3 MW, mientras que **SIN** proyecto después de 24 s se alcanza el máximo de 12.MW (ejemplo en la Figura 12 más adelante);
- El lazo de control para la RPF del modelo del BESS para el software DIgSILENT suministrado por el fabricante NHOA presenta una respuesta aceptable ante la variación de frecuencia;
- Con el ingreso del BESS no se desplazan unidades de generación de tipo convencional, dado que en operación normal el “Equipo” no inyecta o absorbe potencia activa, solo en el caso de tener que alcanzar el SoC target encontrándose en banda muerta BM de frecuencia, la condición de carga/descarga requiere de un

valor de potencia intercambiada para el “SoC Recovery”, que en este caso se ha propuesto el ± 15 % (≈ ± 4.7 MW). El impacto es mínimo y por lo tanto, la inercia del sistema no se ve alterada.

El ingreso del Proyecto no afecta de forma negativa la operación del SEIN. Por lo contrario, mejora la operación del sistema eléctrico ante un desbalance de Carga - Generación.

Con el ingreso del BESS se tiene un mejor control de la inyección de potencia activa asignada para la Regulación Primaria de Frecuencia (RPF); si en el SEIN se tuvieran más unidades de generación convencional dotadas de este tipo de equipamiento, se espera que en futuro la potencia necesaria para la regulación de frecuencia pueda resultar menor a lo establecido en el Procedimiento Técnico del COES Nro. 21 (PR-21).

En cuanto a los Tiempos Críticos de Despeje de Fallas se ha verificado que la presencia del proyecto, no tiene impacto respecto a los tiempos críticos **SIN** el proyecto. En la siguiente Tabla se comparan los valores de los tiempos en el que se verifica la primera perdida de paso, obtenidos en las diferentes condiciones y en los diferentes puntos de aplicación del evento. Se observa que la diferencia es despreciable en los valores **SIN** y **CON** proyecto (Absorbiendo o Inyectando). En todos los casos ocurre siempre que la unidad G1 de la CH Platanal resulta ser la primera que pierde el paso.

Casos de falla	Tiempos de Perdida Paso Unidad de Generación		
	SIN Proyecto	CON Proy. Iny	CON Proy. Abs
al 1% de la SE Chilca	0.579 s	0.578 s	0.579 s
al 99% de la SE Chilca	0.779 s	0.764 s	0.778 s

En cuanto a los análisis simulando fallas trifásicas y monofásicas en las líneas adyacentes al proyecto, se ha verificado que el único impacto del proyecto en la respuesta del sistema es en la frecuencia, donde se obtiene una mejor regulación en el caso **CON**, mientras el impacto resulta despreciable en el comportamiento de la tensión.

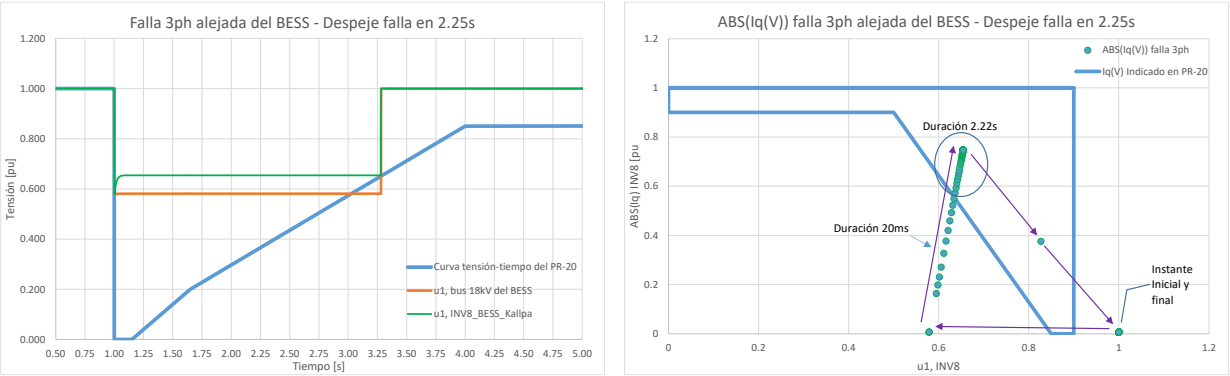


Figura 8. Comparación de las magnitudes tensión y corriente con los requisitos del PR-20 para CGNC - falla 3ph alejada del BESS, despeje en 2.25 s. Los Inversores del equipo se mantienen en servicio si bien el hueco está por debajo de 0.7pu y permanece por más de 2.s, con LVRT=1

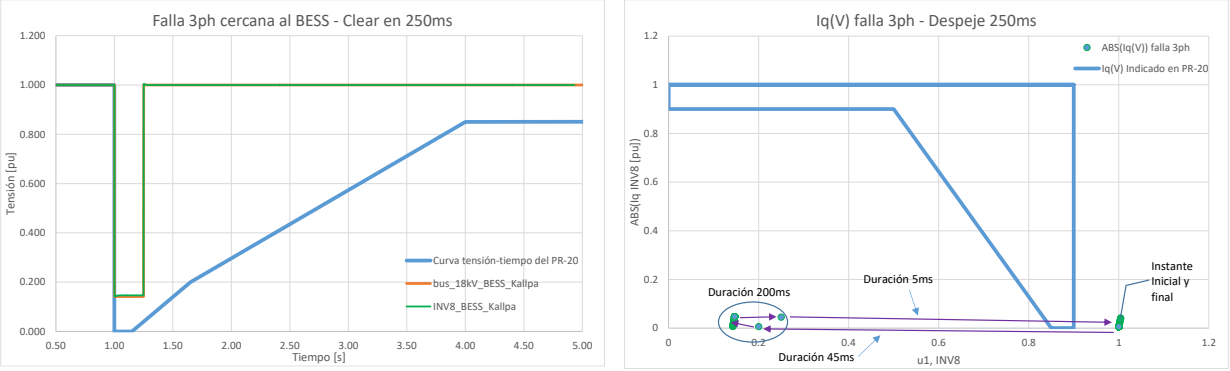


Figura 9. Comparación de las magnitudes tensión y corriente con los requisitos del procedimiento PR-20 para CGNC - falla 3ph cercana al BESS, despeje 250 ms, con LVRT=0

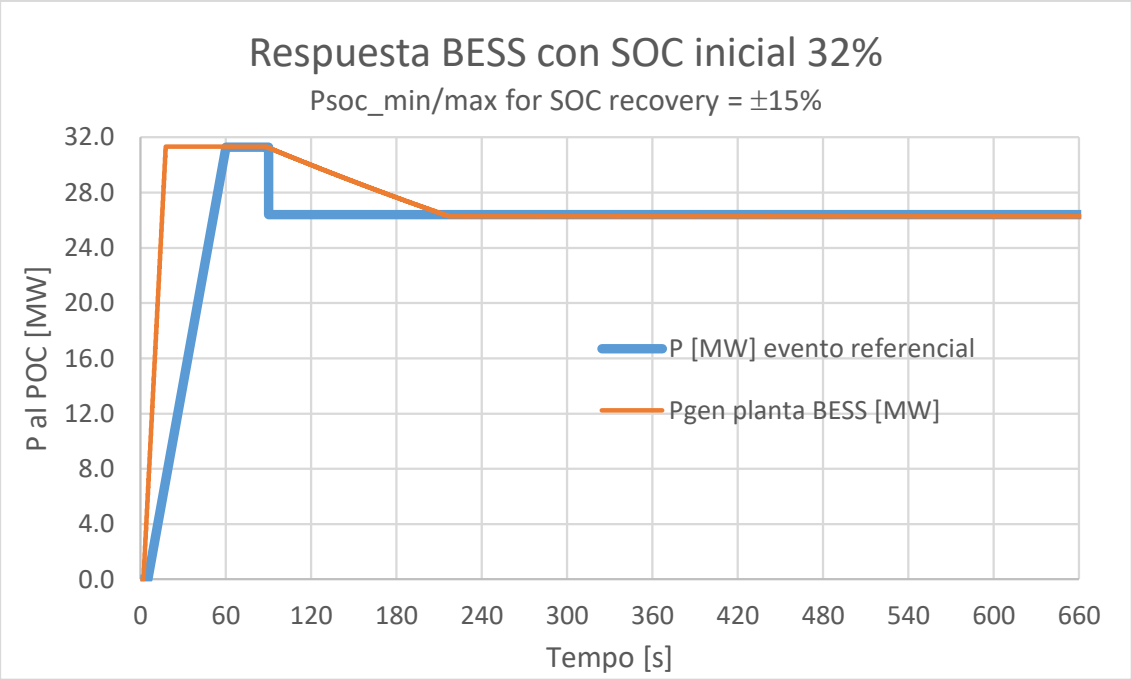


Figura 10. Comparación de la respuesta en Potencia inyectada por el BESS con el requerimiento del PR-21 en cuanto al servicio mínimo de regulación primaria de frecuencia RPF. El SoC inicial del 32% resulta ser el mínimo admisible para satisfacer el evento referencial, en el caso de SoC target del 50% y banda muerta de ± 20% para el estado de carga

Figura 11. Zoom en la ventana 11000-13000 s (03:00 p.m.-03:34 p.m.) – Primer gráfico: Transitorio de frecuencia fijado por la red externa, Segundo gráfico: potencia activa inyectada por el BESS en la barra 18 kV del trasformador principal, en base a la función de RPF (curva roja: P de referencia al POC definida por el control de planta, curva verde: P medida en el POC)

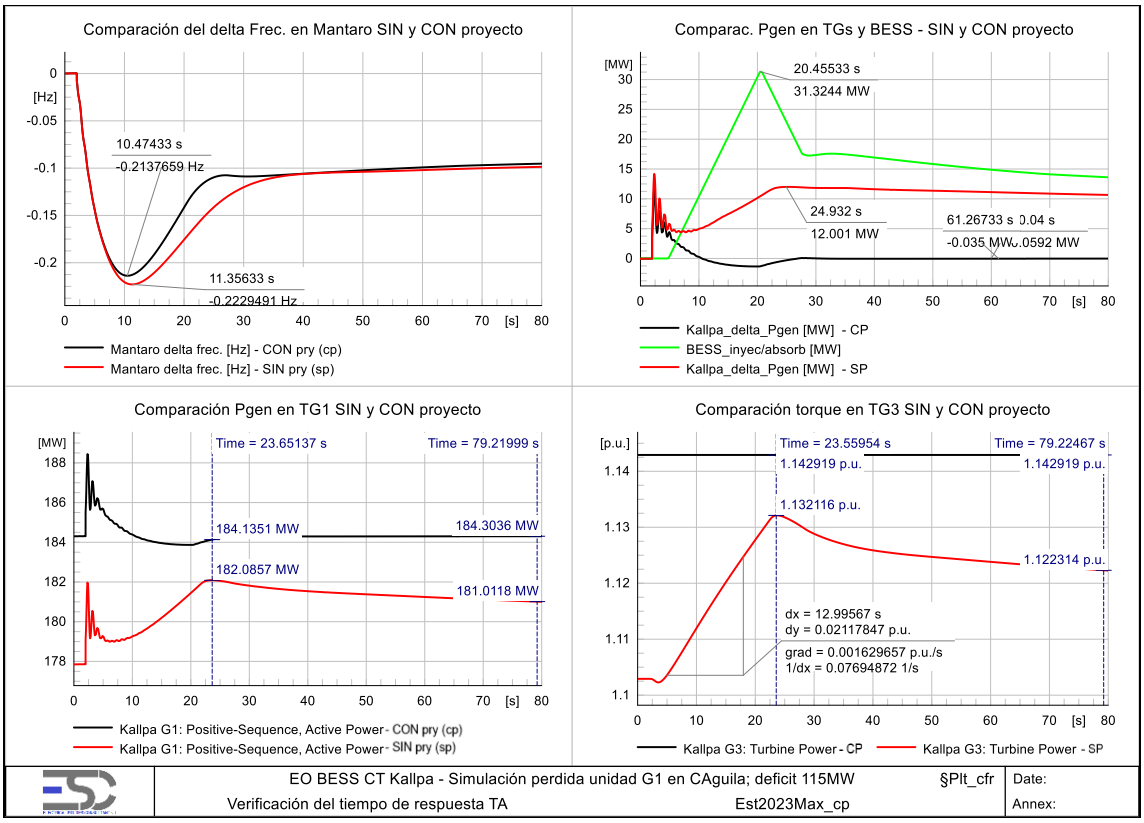


Figura 12. Comparación de los casos **SIN** y **CON** proyecto, condición de EsMax2023 – en alto: Transitorio de frecuencia y delta de Pgen [MW] de las unidades de Kallpa y aporte del BESS. En bajo comparación de las potencias eléctricas y mecánicas en las TGs de CT Kallpa

13. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE ARMÓNICOS

El estudio de armónico tiene una premisa de fondo, que es que el total de la potencia distorsionante (el BESS) es una fracción mínima de la potencia de cortocircuito del sistema en la barra de acoplamiento con el SEIN; la relación entre potencia de cortocircuito en 220 kV y la potencia del BESS es mayor de 200 y por lo tanto es de esperar un impacto armónico del BESS sobre el sistema bastante bajo. Adicionalmente, hay que considerar que los inversores modernos están diseñados para generar distorsiones armónicas muy bajas y por lo tanto un eventual resultado de impacto despreciable no debe de sorprender.

El enfoque utilizado es el de estimar el impacto en el sistema considerando que el BESS represente la única fuente de distorsión; una vez determinado el impacto del BESS (es decir, las tensiones armónicas en las barras que llamaremos de control por efecto de la inyección de corrientes armónicas por los inversores), de no ser despreciable se sumará al disturbio pre-existente, evaluado a través de mediciones, para ver el resultado final. Obviamente, en caso de un impacto despreciable, los resultados de distorsión armónica con y sin BESS serían prácticamente coincidentes.

Para el control de la distorsión se han identificado 4 barras y 2 corrientes: para la tensión se trata de las barras:

- en 220 kV (primario del transformador elevador),
- en 18 kV (barra de la TV, primario del transformador del BESS,
- en 22.2 kV (el secundario del transformador del BESS)
- en 16.5 kV (barra de la TG2[1]);

mientras que para la corriente se han elegido las corrientes del primario del transformador de elevador y del primario del transformador de BESS.

Los resultados se muestran en las tablas a continuación y para cada uno de los 6 escenarios de generación se trata de los máximos valores registrados considerando las diferentes 110 impedancias complejas que definen para cada armónico el sector armónico a considerar.

[1] Considerando que la TG2 tiene una potencia de cortocircuito ligeramente menor que las otras dos TGs, la distorsión en su barra representa, conservativamente la distorsión en las otras dos TGs, cuando están presentes (por razones de uniformidad de los resultados, la TG2 es la unidad que se consideró siempre presente en todas configuraciones posibles de la CT KALLPA).

Tabla 4. Resultados de los espectros de tensión en las diferentes barras y en los diferentes escenarios

Amplitud máxima componente del espectro de tensión en las diferentes barras						
ESCENARIOS	#1	#2	#3	#4	#5	#6
KALLPA 220 kV	0.007%	0.008%	0.010%	0.016%	0.020%	0.025%
BESS 22.2 kV	0.180%	0.180%	0.180%	0.190%	0.190%	0.190%
TV 18 kV	0.018%	0.018%	0.018%	0.040%	0.040%	0.040%
TG2 16.5 kV	0.004%	0.005%	0.010%	0.010%	0.012%	0.024%
THD del espectro de tensión en las diferentes barras						
ESCENARIOS	#1	#2	#3	#4	#5	#6
KALLPA 220 kV	0.012%	0.013%	0.016%	0.027%	0.032%	0.037%
BESS 22.2 kV	0.280%	0.280%	0.280%	0.299%	0.298%	0.296%
TV 18 kV	0.028%	0.029%	0.029%	0.069%	0.070%	0.070%
TG2 16.5 kV	0.007%	0.008%	0.016%	0.016%	0.019%	0.037%

Tabla 5. Resultados de los espectros de corriente en las diferentes barras y en los diferentes escenarios

Amplitud máxima componente del espectro de corrientes en las diferentes barras						
ESCENARIOS	#1	#2	#3	#4	#5	#6
INY I a 220 kV	0.190%	0.300%	0.600%	0.660%	0.850%	1.730%
INY I a 18 kV	0.350%	0.560%	1.170%	0.660%	0.850%	1.730%
TDD del espectro de corrientes en las diferentes barras						
ESCENARIOS	#1	#2	#3	#4	#5	#6
INY I a 220 kV	0.209%	0.334%	0.680%	0.673%	0.963%	1.963%
INY I a 18 kV	0.404%	0.639%	1.299%	0.673%	0.963%	1.963%

Como se nota de las 2 tablas de arriba, los niveles de distorsión en tensión son extremadamente bajos, tanto que resultan prácticamente imposibles de medir: en este sentido, la presencia del BESS es totalmente irrelevante según cualquiera de las normativas de calidad del servicio que se elija para evaluar el impacto. En cuanto a la corriente, según la Norma IEEE 519 se ha considerado el TDD, resultando siempre mucho por debajo de los límites recomendados.

A la luz de estos resultados se confirma -y hasta se exalta- la apreciación inicial en base a la cual se estimaba un impacto probablemente modesto en el sistema.

14. CONCLUSIONES SOBRE LOS ESTUDIOS DE FLICKER

Considerando que el BESS puede representarse como carga fluctuante inyectando o absorbiendo la máxima potencia activa en relación con los eventos en frecuencia que pueden ocurrir, es razonable considerar que la frecuencia de esta onda cuadra de potencia esté en el orden de 0.01 Hz (eso en relación a la variación de la frecuencia en el SEIN, que depende entre otras cosas también del desempeño de la RPF en el sistema). Antes que nada, cabe mencionar que por el 90-95% del tiempo las variaciones de frecuencia en el SEIN en el año están dentro de la banda muerta, lo que origina una intervención del BESS por un porcentaje de tiempo limitado y por ende el eventual problema de flicker. Considerando que en la IEC 61000-2-4 la curva de compatibilidad de la modulación de la tensión en el sistema está definida para frecuencias arriba de 0.2 Hz y que por debajo de este valor de frecuencia las profundidades de modulación compatibles son más altas, considerando también que la profundidad de la modulación de la tensión causada por el BESS en condiciones de potencia de cortocircuito mínima son de 0.58% y el umbral para 0.2 Hz es de 4% podemos concluir que el impacto en términos de flicker es muy bajo, hasta irrelevante.

15. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE ARMÓNICOS Y FLICKER

En la semana del 27 de mayo al 3 de junio de 2023 se realizaron mediciones de armónicos y flicker con el fin de caracterizar el sistema en su condición anterior a la entrada del BESS. En realidad, considerando el impacto prácticamente nulo que va a tener el BESS en la porción de sistema al que se conecta, las mediciones terminan teniendo el alcance principal de definir los niveles de disturbio de fondo. Se han resumido exclusivamente aquellas componentes armónicas cuyas amplitudes estuviesen por arriba del umbral de 0.05% al percentil 95%, limitando por lo tanto el interés a las componentes 2, 3, 5, 7, 11, 13 y THD. El armónico dominante de tensión ha sido el de 5º orden, pero con una amplitud de 0.4%, es decir entre 4 y 5 veces menor del límite de la NTCSE. El THD coincide prácticamente con la componente de 5º armónico y también está por debajo de sus límites, en medida mayor de lo que está el 5º armónico.

En cuanto al flicker, los valores de Pst y Plt no superan los valores 0.38 pu y 0.27 pu respectivamente, o sea lo suficientemente por debajo del límite de la Normativa.

16. CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES

16.1. GENERAL

- Solo se han realizado los ajustes en las funciones de protección habilitadas en los relés RET620 (PPR), REF615 (SPR), REF615 (YPR), REF620 (Incoming GIS 22.2 kV), REF620 (Feeder 1, 2 y 3 GIS 22.2 kV) y EKOR RPA020 (inversores).
- Los ajustes propuestos para las funciones de protección de los relés que conforman el sistema de protección del proyecto BESS presentan, un correcto desempeño en función a la selectividad y velocidad de operación para los diversos tipos de fallas simuladas en la red eléctrica.
- Para el ingreso y puesta en servicio de las instalaciones asociadas al proyecto BESS, se debe implementar los ajustes propuestos para las funciones de protección detallados en el presente estudio.
- En el anexo 1, se adjuntan los archivos fuentes de los relés implementados en el proyecto BESS.

16.2. TRANSFORMADOR 35 MVA 18/22.2 KV

- El transformador 35 MVA 18/22.2 kV tienen como protección principal al relé RET620 (PPR), en este relé se han habilitado las siguientes funciones: Como función principal la función diferencial de transformador 87T y funciones de protección de respaldo tales como Falla a tierra restringida 87N, sobrecorriente direccional de fases 67 en el lado de 18 kV y sobrecorriente de tierra 50N/51N en el neutro del transformador de 35 MVA del lado de 22.2 kV, sobrecarga térmica 49, sobreexcitación de frecuencia 24, subtension y sobretensión 27/59, sobrefrecuencia 81 y Detección de sobrecorriente Inrush Trifasica 68; la función de sobrecorriente de secuencia negativa 46 no se ha habilitado.
- El transformador 35 MVA 18/22.2 kV tienen como protección secundaria al relé REF615 (SPR), en este relé se han habilitado las siguientes funciones: Como función principal la función sobrecorriente de fases 50/51 en el lado de 18 kV y sobrecorriente de tierra 50N/51N en el lado de 18 kV, subtension y sobretensión 27/59, sobrefrecuencia 81; la función de sobrecorriente de secuencia negativa 46 no se ha habilitado.

- El transformador 35 MVA 18/22.2 kV tienen como protección secundaria al relé REF615 (YPR), en este relé se han habilitado las siguientes funciones: Como función principal la función sobrecorriente de fases 50/51 en el lado de 22.2 kV y sobrecorriente de tierra 50N/51N en el neutro del transformador de 35 MVA del lado de 22.2 kV, subtension y sobretensión 27/59; la función de sobrecorriente de secuencia negativa 46 no se ha habilitado.
- Ninguna de las funciones de sobrecorriente de tierra de los relés proyectados es necesario que sea direccional (67/67N), no obstante en el relé RET620 (PPR) se ha implementado una etapa de la función de sobrecorriente direccional de fases 67 con dirección reversa, con la finalidad de despejar el aporte de corriente de cortocircuito por parte de los inversores, habiendo selectividad con las protecciones propias de los inversores, los cuales tienen implementados la protección ante huecos de tensión con un ajuste mínimo de temporización de 150 mseg cuando la tensión cae a un 8% de la tensión de operación.
- Las curvas de las funciones 50/51 del relé REF615 (SPR) están por debajo de la curva de daño térmico del Transformador de 35 MVA 18/22.2 kV, y están por encima de la corriente inrush del mismo transformador de 35 MVA.
- Se han habilitado dos etapas de tiempo definido en todas las funciones de sobrecorriente de fases y tierra en todos los relés que protegen al transformador de 35 MVA, debido a que en todos los escenarios posibles los relés del proyecto BESS ven las corrientes de fallas en similar magnitud, es decir, no hay grandes cambios en las corrientes de un escenario a otro, en el nivel de 18 kV las diferencias no son mayores a 1 kA. No obstante, en las funciones de sobrecorriente direccional de fases 67 solo se ha habilitado una etapa.
- Los ajustes de subtension y sobretensión de los relés RET620 (PPR) y REF615 (YPR) son, para subtension al 83%Vn con temporización de 4 seg, y para sobretensión en el primer umbral al 118%Vn con temporización de 4 seg y un segundo umbral al 125%Vn con temporización de 0.1 seg; son ajustados ambas funciones 27/59 con la finalidad que los inversores operen de manera satisfactoria ante los huecos de tensión soportando subtensiones hasta 85%Vn con una temporización de 3 seg.

16.3. CELDAS GIS 22.2 KV

- En el Incoming de la celda GIS de 22.2 kV se tiene como protección principal al relé REF620, en este relé se han habilitado las siguientes funciones: Como función principal la función de sobrecorriente de fases 50/51 y sobrecorriente de tierra 50N/51N, función de sobrecorriente direccional de fases 67, falla de interruptor 50BF,

subtension y sobretensión 27/59, sobrefrecuencia 81; la función de verificación de sincronismo 25 no se ha habilitado.

- Ninguna de las funciones de sobrecorriente de tierra de los relés proyectados es necesario que sea direccional (67/67N), no obstante en el relé REF620 (Incoming GIS 22.2 kV) se ha implementado una etapa de la función de sobrecorriente direccional de fases 67 con dirección reversa, con la finalidad de despejar el aporte de corriente de cortocircuito por parte de los inversores, habiendo selectividad con las protecciones propias de los inversores, los cuales tienen implementados la protección ante huecos de tensión con un ajuste mínimo de temporización de 150 mseg cuando la tensión cae a un 8% de la tensión de operación.
- En el Feeder 1 y 2 hacia los inversores de la celda GIS de 22.2 kV se tiene como protección principal al relé REF620, en este relé se han habilitado las siguientes funciones: Como función principal la función de sobrecorriente de fases 50/51 y sobrecorriente de tierra 50N/51N, falla de interruptor 50BF, subtension y sobretensión 27/59.
- En el Feeder 3 hacia los SSAA de la celda GIS de 22.2 kV se tiene como protección principal al relé REF620, en este relé se han habilitado las siguientes funciones: Como función principal la función de sobrecorriente de fases 50/51 y sobrecorriente de tierra 50N/51N, falla de interruptor 50BF, subtension y sobretensión 27/59.
- Se han habilitado dos etapas de tiempo definido en todas las funciones de sobrecorriente de fases y tierra en todos los relés de la celda GIS en 22.2 kV, debido a que en todos los escenarios posibles los relés del proyecto BESS ven las corrientes de fallas en similar magnitud, es decir, no hay grandes cambios en las corrientes de un escenario a otro, las diferencias no son mayores a 1 kA. No obstante, en las funciones de sobrecorriente direccional de fases 67 solo se ha habilitado una etapa.
- Los ajustes de subtension y sobretensión de los relés REF620 para el incoming y los 3 feeders son, para subtension al 83%Vn con temporización de 4 seg, y para sobretensión en el primer umbral al 118%Vn con temporización de 4 seg y un segundo umbral al 125%Vn con temporización de 0.1 seg; son ajustados ambas funciones 27/59 con la finalidad que los inversores operen de manera satisfactoria ante los huecos de tensión soportando subtensiones hasta 85%Vn con una temporización de 3 seg.

16.4. INVERSORES

- En el lado de 22.2 kV de os transformadores de 4.2 MVA de los inversores se tiene como protección principal al relé EKOR RPA020, en este relé se han habilitado las

siguientes funciones: Como función principal la función de sobrecorriente de fases 50/51 y sobrecorriente de tierra 50N/51N.

- Las funciones 50/51 están por debajo de la curva de daño térmico del Transformador de los inversores 22.2/0.66 kV, así mismo, están por encima de la corriente inrush.
- Se han habilitado dos etapas de tiempo definido en todas las funciones de sobrecorriente de fases y tierra en todos los relés que protegen al transformador de 4.2 MVA del inversor, debido a que en todos los escenarios posibles los relés del proyecto BESS ven las corrientes de fallas en similar magnitud, es decir, no hay grandes cambios en las corrientes de un escenario a otro, las diferencias no son mayores a 1 kA.

16.5. VERIFICACIÓN DE LAS PROTECCIONES ACTUALES

- Mediante las simulaciones de sobrecorriente de fases y tierra, se verifica que hay una correcta coordinación y selectividad de las protecciones de sobrecorriente 50/51, 50N/51N del proyecto (RET620 PPR y REF615 SPR) con las protecciones actuales en la unidad TV de la CT Kallpa (GE G60, GE C60 y Beckwith M3425A) y en el transformador elevador 18/220 kV de la unida TV (GE T60), manteniendo un margen de tiempo de coordinación mayor a 200 mseg.
- Mediante las simulaciones de fallas bifásicas y fallas trifásicas en el lado de 18 kV, las protecciones de distancia de fases 21P de todos los relés de las líneas adyacentes a la SE Chilca REP 220 kV, los resultados indican que ninguna zona de protección de distancia de los relés en ambos extremos de las líneas, ven las fallas trifásicas, es decir, estas fallas se observan muy alejadas de las zonas de protección; así mismo, como el devanado en el lado de 18 kV en el transformador elevador de la TV de la CT Kallpa es DELTA, las fallas monofásicas en la barra de 18 kV no son analizadas mediante la protección de distancia a tierra (21N) ni por la protección de sobrecorriente de tierra direccional (67N), debido a que las corrientes de cortocircuito monofásicas vistas por los relés de las líneas de transmisión en 220 kV son mínimas (despreciables).
- La función de distancia de fases habilitado en los relés GE G60 y Beckwith M3425A en la unidad TV de la CT Kallpa ve fallas trifásicas en el bushing del lado de 18 kV del transformador de 35 MVA en su zona de protección en 800 mseg, y en el lado de 22.2 kV no ve las fallas, en ese sentido, se tiene un tiempo de coordinación con la función 50/51 de los relés (PPR y SPR) que protegen el trasformador de 35 MVA, quienes ven la falla en 50 mseg.
- Ante una falla monofásica en el bushing del lado de 18 kV y 22.2 kV del Trafo BESS de 35 MVA la función 46 del relé Beckwith M3425A de la unidad TV no logra ver las

fallas, ante una falla bifásica en el bushing del lado de 18 kV y 22.2 kV del Trafo BESS de 35 MVA la función 46 del relé Beckwith M3425A ve las fallas en 18 kV y en 22.2 kV con tiempos de 10 mseg y 90 mseg respectivamente, y ante una falla bifásica en el bushing del lado de 220 kV del Trafo elevador de la unidad TV 350 MVA la función 46 del relé Beckwith M3425A ve la falla en un tiempo de 10 mseg, en ese sentido, se recomienda mantener los ajustes actuales de la función 46 del relé existente Beckwith M3425A de la unidad TV.

- Cuando la unidad TV despacha a plena carga, y el BESS inyecta su potencia activa a plena carga, se observa que la corriente de carga (832 A) que pasa por el lado de 220 kV del transformador elevador 18/220 kV de la unidad TV de la CT Kallpa es inferior al pickup (1149.6A) de función de sobrecorriente de fases del lado de 220 kV del transformador elevador.
- Además, para la condición más crítica al energizar en el lado de 220 kV el transformador elevador, el transformador de SS.AA. de la TV y el transformador de 35MVA del BESS, la corriente inrush en el lado de 220 kV está por debajo de la curva de las funciones 50/51 del relé T60 en el lado de 220 kV del transformador elevador, es decir, el ajuste actual de las funciones 50/51 del relé T60 en el lado de 220 kV del transformador elevador se mantiene.

17. PLANOS Y DIAGRAMAS

Se adjuntan en medio digital en el Volumen 07, la siguiente información:

Ítem	Número	Titulo	Emitido por
8.1.1	MPCSM GEN3 DIMENSIONS	PTS 02_MPCSM GEN3 DETAILED DIMENSIONS (4 inputs)	Power Electronics
8.1.2	1YSG2231224M101	SUBESTACIÓN MV TIPO CONTENEDOR 22.2 / 4.16 kV, DISPOSICIÓN MECÁNICA GENERAL, VISTA EN PLANTA	NHOA
8.1.3.a	1YSG2331011M101_B	TABLERO DE PROTECCION Y COMUNICACIONES, DISPOSICIÓN MECÁNICA GENERAL, VISTAS EXTERIORES Y FRONTAL SIN PUERTA	ABB
8.1.3.b	E212013_461_TD_CVL	BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM, General Layout	NHOA
8.1.3.c	623836	PLANOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA REV.01	Mega Resistor
8.1.4.d	E212013_799_ED_SYS_22.2kV _18kVMV_MVXFMR	TRANSFORMADOR DE POTENCIA, DIMENSIONES GENERALES (35/40)MVA - (22.2/18)kV - YNd11	Delcrosa
8.2.1	ESQ_FP4202M10U000002_000	HEM INVERTER	Power Electronics
8.2.2	1YSG2231224E101	Diagrama Unifilar de Protección y Medición - Lado 22.2kV (CELDAS GIS ZX0), - Lado 4.16kV (CELDAS UNIGEAR ZS1)	ABB
8.2.3	1YSG2331011E101	Diagrama Unifilar de Protección y Medición y Arquitectura de Comunicaciones del Transformador 22.2/18 kV -35 MVA	ABB
8.3.1	1YSG2231224E102	Planos Funcionales Celdas GIS ZX0 y UNIGEAR ZS1	ABB
8.3.2	E212013_803_ED_SYS_ 22.2KV_18KVMV_MVXFMR	ESQUEMAS FUNCIONALES DEL TABLERO DE MONITOREO DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 35/40 MVA(ONAN/ONAF-FUTURO) 22.2± 2x2.5%/18 kV, YNd11	NHOA/ Delcrosa
8.3.3	1YSG2331011E102	ESQUEMAS FUNCIONALES DEL TABLERO DE PROTECCION Y COMUNICACIONES	ABB
8.4	E212013_606_IC_SYS	PROPHET EMS hardware architecture	NHOA

18. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Se adjuntan en medio digital en el Volumen 05, la siguiente información:

Ítem	Equipo	Titulo	Emitido por
1	Baterías	01_19-6280 UN38.3-M52280-P-testing report 280Ah Energy Outdoor Liquid Cooling_O852280-E_Battery data sheet E212013_830_ED_SYS _r02_CATL FAT REPORT EN 62477_64.290.20.30382.04 CERT_N8A IEC61000_64.772.20.30239.01 CERT_E6A_EMC IEC62619_Cert 085-282160375-000 UL1973_Cert 64.280.22.60094.01 UL9540A outdoor liquid Rack-Final report	-
2	Inversores	Datasheet MV Transformer PCSM TDS HEM GENIII 22.9kV-660V-REV2 Datasheet_storage_PCSM 4202M FSIC151221AI_Harmonics_Report_PCSK_GEN3U	POWER ELECTRONICS
3	Celdas GIS 22.2 kV	Celdas GIS ZX0 Celdas UNIGEAR ZS1 MV substation datasheet	ABB
4	Transformador 22.2 - 18 kV	Análisis de Aceite - Fin Análisis de Aceite - Inicio 149499 T – PROTOCOLO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADOR	DELCROSA
5	Transformadores SSAA	TSSAA 1YSG2231224D104_B TSSAA 1YSG2231224D111_B	ABB

6	Transformador de Tensión de 18 kV	5223008580_582EN – Routine Tests Report INFORMACION TECNICA TJC 6_1VLC000521 Rev.5, en 2017.04.12 VT Guard Pro, VT Guard Pro-D_1VLC000651 Rev	ABB
7	Transformador de Corriente en el lado de 18 kV	149499 T – PROTOCOLO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADOR (Ver las páginas del 59 al 71)	DELCROSA
8	Transformador de Corriente en el lado de 22.2 kV	149499 T – PROTOCOLO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADOR (Ver las páginas del 50 al 56 y del 57 al 58)	DELCROSA

19. ANEXO A – PROPHET EMS - Plan Automation and Control System