



# **Norma Técnica de SSCC**

## **Control Rápido de Frecuencia**

## **Battery Energy Storage System**



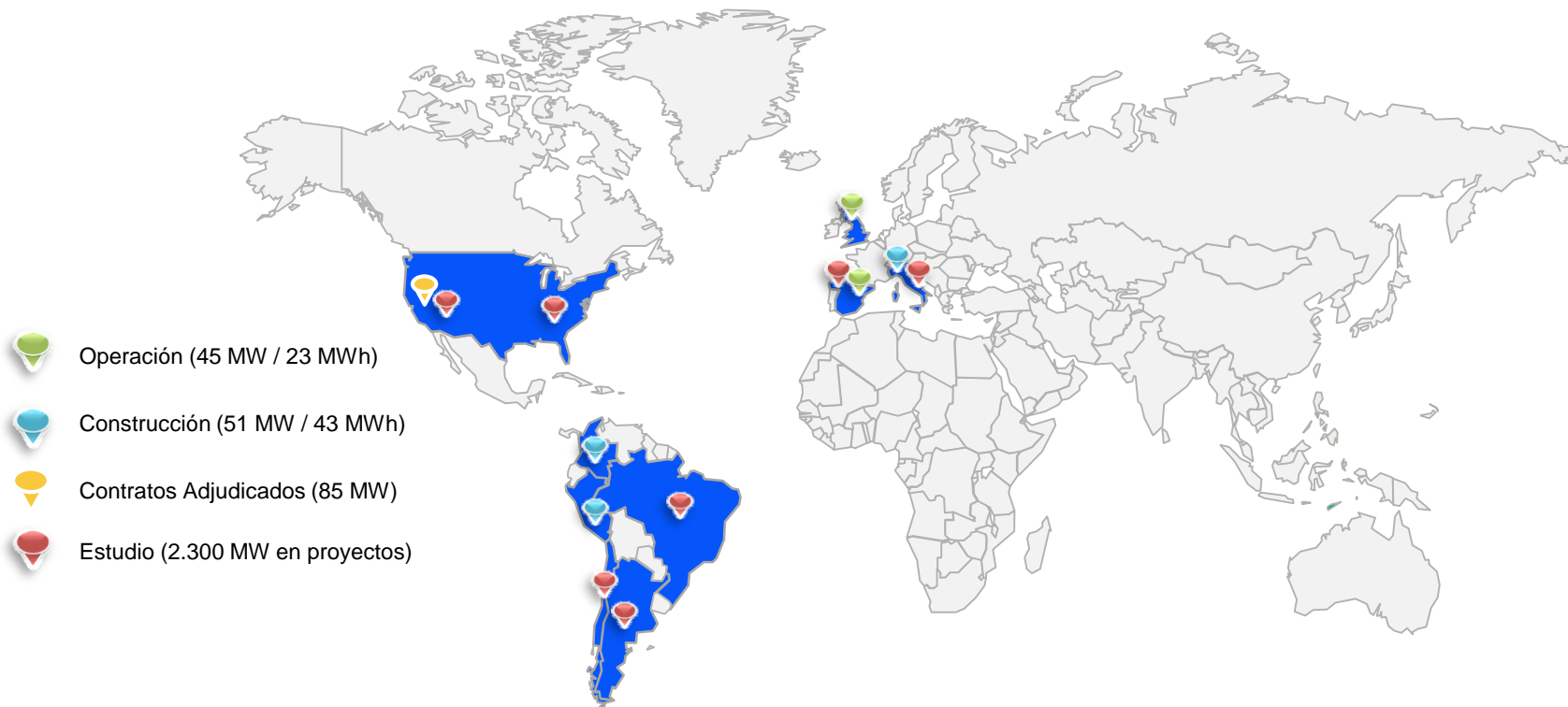
Santiago, 08 de mayo de 2019

# Battery Energy Storage System

Experiencia de Enel



**Desarrollo de proyectos BESS para servicios complementarios y stand alone para la generación térmica.**



# Servicio de Control Rápido de Frecuencia en Chile

Informe de Definición de SSCC. RE N° 801 / 2018 CNE



## Definición del CRF

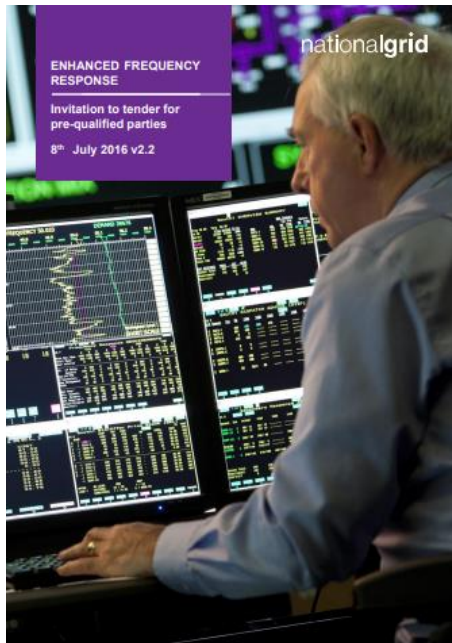
- Corresponde a acciones de control automáticas que permiten responder rápidamente frente a las desviaciones de frecuencia del sistema eléctrico
- Las instalaciones que participen del **CRF deberán entregar el 100% de la reserva comprometida dentro de un tiempo de 1[s]**, y deberán ser capaces de **mantener su aporte por al menos 5 [min]**
- La prestación de esta categoría de servicio se realizará a través de **bandas de regulación simétricas**, es decir, la reserva para subfrecuencia será igual que la reserva por sobrefrecuencia

## Consideraciones específicas para el CRF

- Al diseñar el requerimiento del servicio, el Coordinador podrá exigir, entre otros aspectos, **el mínimo de reserva requerido por oferente, banda muerta y estatismo**
- **La lógica de control** de las instalaciones que participen en el **CRF deberá definirse de manera de contribuir con la recuperación de frecuencia y no provocar perturbaciones adicionales**

# Control Rápido de Frecuencia

Ejemplo experiencia de UK



## Licitación

- Durante el año 2016, *National Grid* (Coordinador Eléctrico de UK) lanzó una licitación para el Servicio de Control Rápido de Frecuencia (*Enhanced Frequency Response o EFR*) para un requerimiento de 200 MW en el sistema

## Necesidad

- Mejorar la frecuencia del sistema, (manteniéndola lo más cercana a una banda de  $\pm 1\%$  (500 mHz)) controlando las desviaciones en menor tiempo ante una falla y/o desviación de la demanda v/s generación
- Ante la reducción de inercia del sistema, producto de la salida de generación convencional y el aumento de energía renovable, al reducir los tiempos de respuesta se mejora la respuesta del sistema

## Resultados

- 8 BESS adjudicados (entre 10 y 49 MW)
- Proceso altamente competitivo.

# UK – Control Rápido de Frecuencia

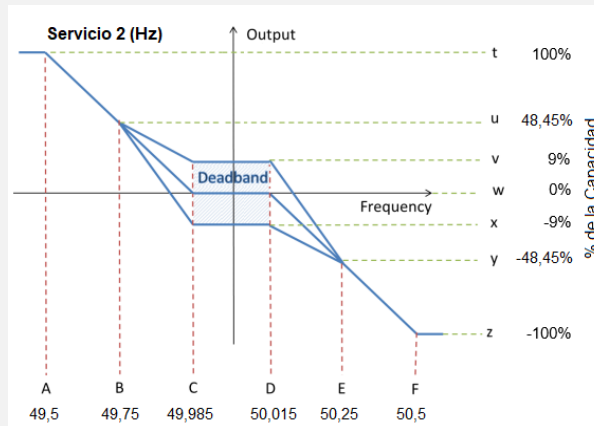
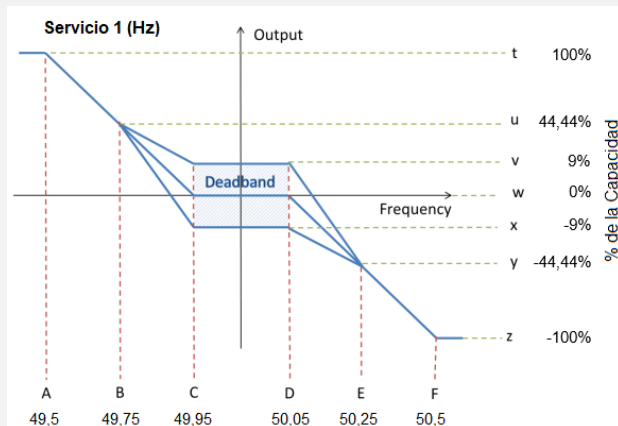
Requerimientos técnicos / Criterios de diseño para BESS (1 de 3)



National Grid definió **criterios de diseño para garantizar** la consistencia del **servicio y facilitar la competencia** entre los proveedores potenciales

1

Activación



- Los activos deben **entregar/absorber energía activa** a la red como una respuesta **proporcional a un cambio en la frecuencia del sistema** fuera de la banda muerta ( $\pm 15$  &  $\pm 50$  mHz)
- La capacidad de respuesta debe ser **simétrica**
- Los activos deben entregar el **100% de la capacidad** (puntos A y F) **durante 15 minutos** desde el estado óptimo de carga. Relación potencia / energía de máximo 2C (mínimo 30 minutos)
- Se define una zona asociada a la banda muerta, donde es posible hacer la gestión de carga de batería
- **Tiempo de respuesta < 1s**

# UK – Control Rápido de Frecuencia

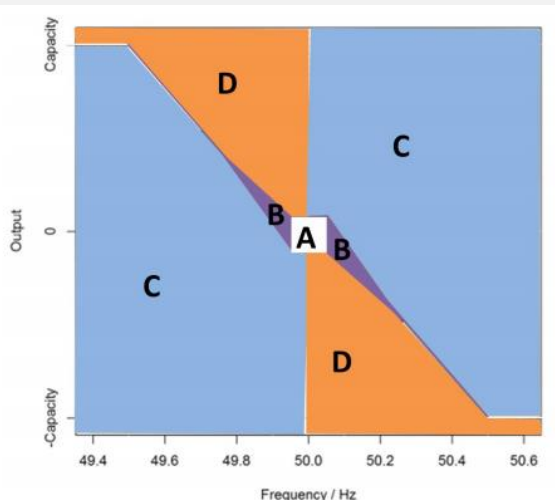
## Requerimientos técnicos / Criterios de diseño para BESS (2 de 3)



2

### Ramp Rate

- Se define una rampa para la entrega del servicio que depende de una zonificación del plano potencia/frecuencia P-f (zonas A-B-C-D)
- Para cada zona se define una banda (máximo-mínimo) de rampa de entrega
- Para las zonas A, C y D se definen bandas fijas
- Para el caso de la zona B se define una banda que depende de la tasa de cambio de la frecuencia ( $df/dt$  o ROCOF)



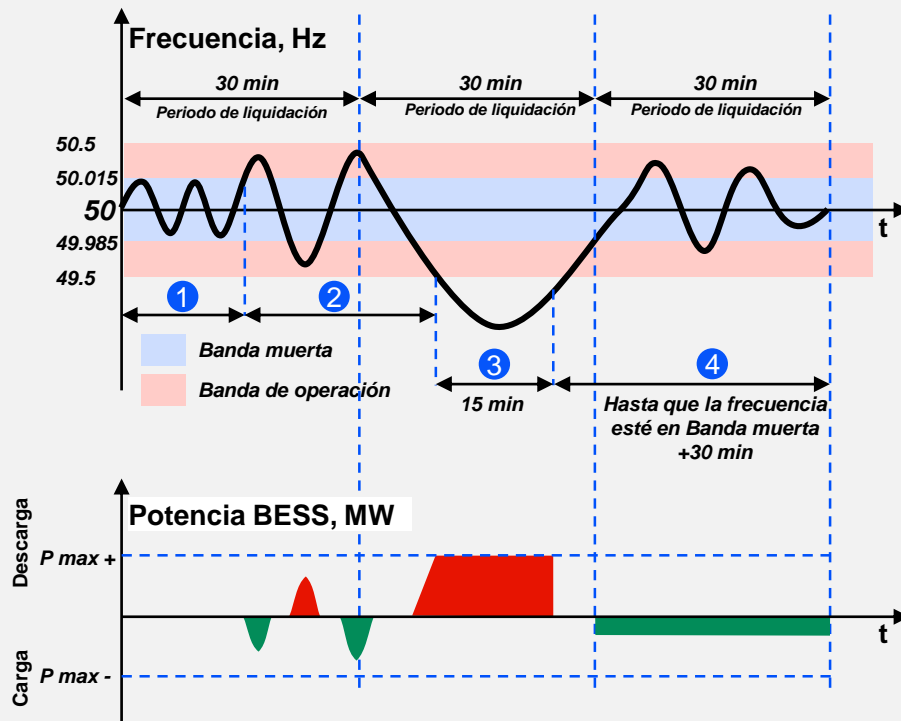
Area	Maximum Ramp Rate as a percentage of Operational Capacity (MW/s)	Minimum Ramp Rate as a percentage of Operational Capacity (MW/s)
A	1%	0%
B	$\begin{aligned} & \text{[Service 1} \\ & \left(-\frac{1}{0.45} \frac{df}{dt} + 0.01\right) * 100 \\ & \text{[Service 2} \\ & \left(-\frac{1}{0.485} \frac{df}{dt} + 0.01\right) * 100 \end{aligned}$	$\begin{aligned} & \text{[Service 1} \\ & \left(-\frac{1}{0.45} \frac{df}{dt} - 0.01\right) * 100 \\ & \text{[Service 2} \\ & \left(-\frac{1}{0.485} \frac{df}{dt} - 0.01\right) * 100 \end{aligned}$
C	200%	0%
D	10%	0%

# UK – Control Rápido de Frecuencia

## Requerimientos técnicos / Criterios de diseño para BESS (3 de 3)

3

### Eventos y tiempos de carga



#### 1 Frecuencia permanece en Banda muerta

- El servicio de CRF no es requerido
- BESS puede optimizar su estado de carga

#### 2 Operación normal del servicio de CRF

- La frecuencia está entre 50.5 Hz – 49.5 Hz
- BESS provee CRF de acuerdo a las especificaciones del National Grid

#### 3 Evento de transiente

- Cuando la frecuencia está con desviación superior a 0.5 Hz durante 15 minutos consecutivos
- No se exige la prestación del servicio por más de 15 minutos

#### 4 Posterior al evento de transiente (optimización del estado de carga)

- No se requiere prestación del CRF hasta transcurridos 30 min desde el retorno de la frecuencia a la Banda Muerta.
- El BESS utiliza este período para optimizar el estado de carga (igual que en la banda muerta)

# Modelación BESS para servicio de CRF

## Criterios de diseño asumidos para dimensionar BESS

### BESS de 10 MW en el punto de entrega del servicio

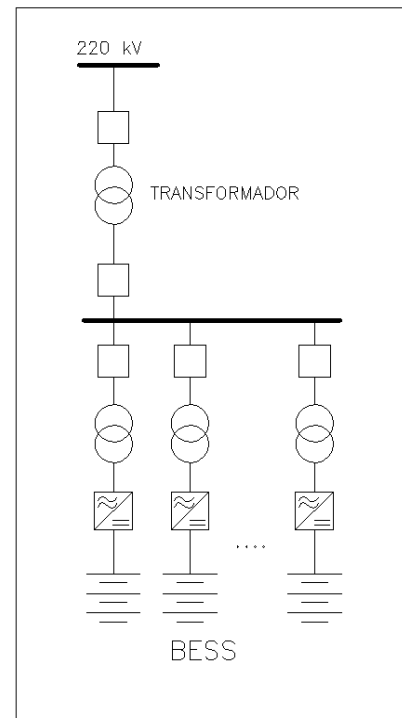
(10,5 MW en bornes de BESS)

#### Función objetivo

- **Determinar la capacidad (MWh)** de la batería necesaria para prestar el servicio

#### Criterios de Diseño Asumidos

- Banda muerta de  **$\pm 25$  mHz**
- Se requiere respuesta del **100% de lo ofertado en 1s**
- Estrategia de gestión de manejo de carga de la batería (SoC)
  - UK:  **$\pm 9\%$  Pn** dentro de BM
  - Chile:  **$\pm 100\%$  Pn** dentro de BM
- Operación de **hasta 1 ciclo de carga diario**
- Modelo de pérdidas de potencia
- Modelación segundo a segundo por un periodo de un año
- Se utilizan medidas de frecuencia del Sistema Interconectado Nacional chileno

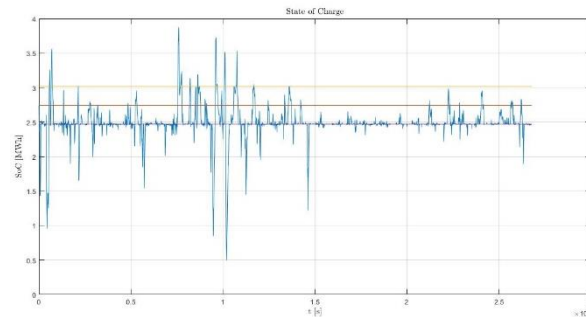
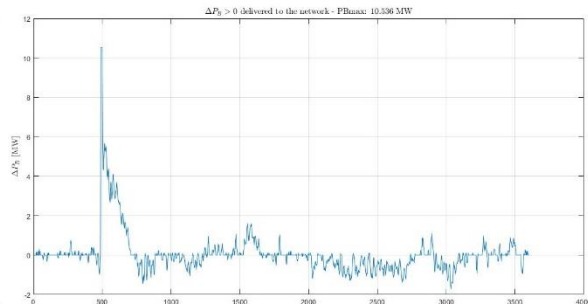
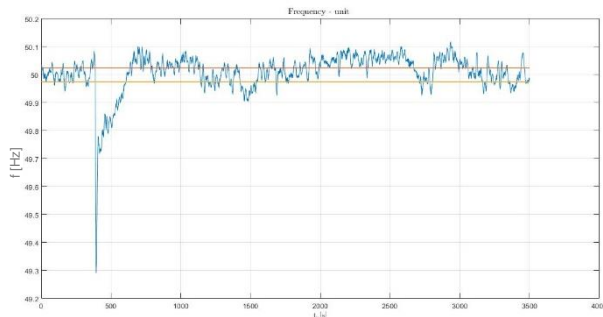




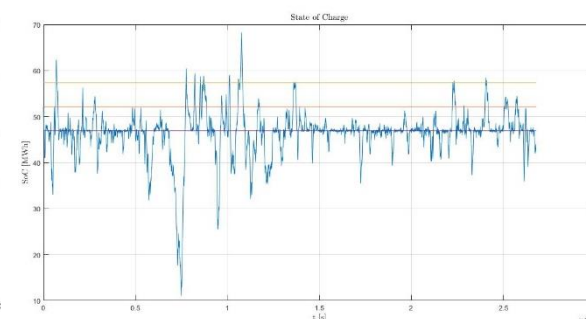
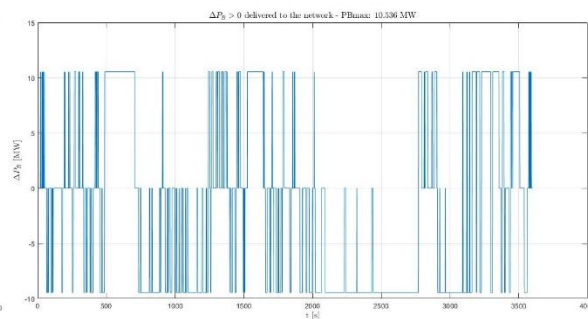
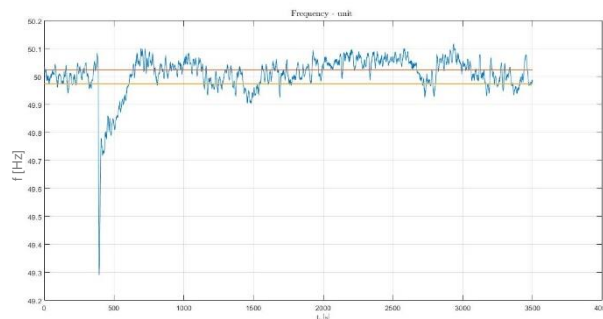
# Modelación BESS para servicio de CRF

Resultados para BESS diseñadas con criterios UK vs criterios Chile (1 de 2)

## UK – BESS 10 MW / 5,5 MWh



## Chile – BESS 10 MW / 104,3 MWh



*Frecuencia del sistema*  
(26 de diciembre 2017 19:46 -20:46)

*Perfil de Potencia de la Batería*  
(26 de diciembre 2017 19:46 -20:46)

*Estado de Carga (SoC)*  
(diciembre de 2017)

# Modelación BESS para servicio de CRF

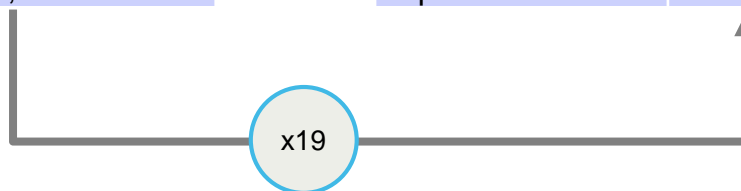
Resultados para BESS diseñadas con criterios UK vs criterios Chile (2 de 2)

Resultados Reglas UK

Parámetro	Unidad
Potencia SDP	10 MW
C-rate	2 1/h (30 min)
Capacidad	5,5 MWh

Resultados Reglas Chile

Parámetro	Unidad
Potencia SDP	10 MW
C-rate	0,1 1/h (600 min)
Capacidad	104,3 MWh



- La **interpretación** de las reglas conocidas hasta ahora para el caso Chileno obliga a sobredimensionar fuertemente la batería, en relación con la batería resultante aplicado las reglas definidas en UK. Lo anterior podría significar que la tecnología BESS no resulte competitiva para dar el servicio de CRF y/o CPF.
- La definición de los parámetros debiera estar sustentada en estudios específicos.

# Conclusiones y propuesta

## Criterios de diseño necesarios para la prestación del CRF

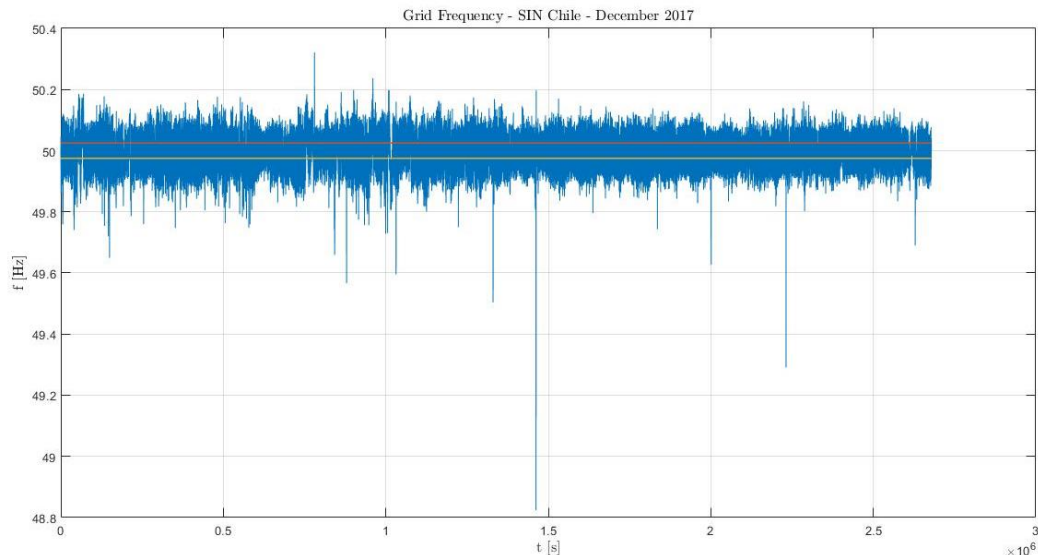
- Se requiere la definición de reglas que, por una parte **especifiquen las características que el sistema control del BESS deberá tener para entregar o absorber potencia activa de una manera adecuada para distintos niveles de desviación de frecuencia, como también precisar bajo qué condiciones y con qué nivel de potencia se producirá la operación (carga o descarga) del BESS.** Estas características deberán considerar tanto mantener los niveles de seguridad y calidad del servicio dentro de los rangos exigidos por NT, como **minimizar el costo total del sistema.**
- Así mismo, se sugiere una **definición anticipada de dichas exigencias (en la Norma Técnica)** y la realización de **estudios específicos** que permitan determinar las **características del servicio que será requerido así como los volúmenes necesarios de contratar.**

Parámetro	Actual	Estado / Propuesta
Tiempo de respuesta	< 1s	OK
Respuesta de potencia	100% reserva comprometida	Respuesta proporcional a la desviación de frecuencia (estatismo)
Banda muerta	Sin definir	De acuerdo a estudio específico (CHI: $\pm 25$ mHz / UK: $\pm 15$ y $\pm 50$ mHz )
Tasa de rampa	Sin definir	Respuesta de potencia en base a rampa
Servicio simétrico	Sí	OK
Duración del servicio	Al menos 5 min	OK
Zona para gestión SoC	Sin definir	Definir zona (en plano P-f) para gestión de carga de batería

# Anexo

# Anexo: Frecuencia del sistema en Chile

## Estadísticas de frecuencia SEN



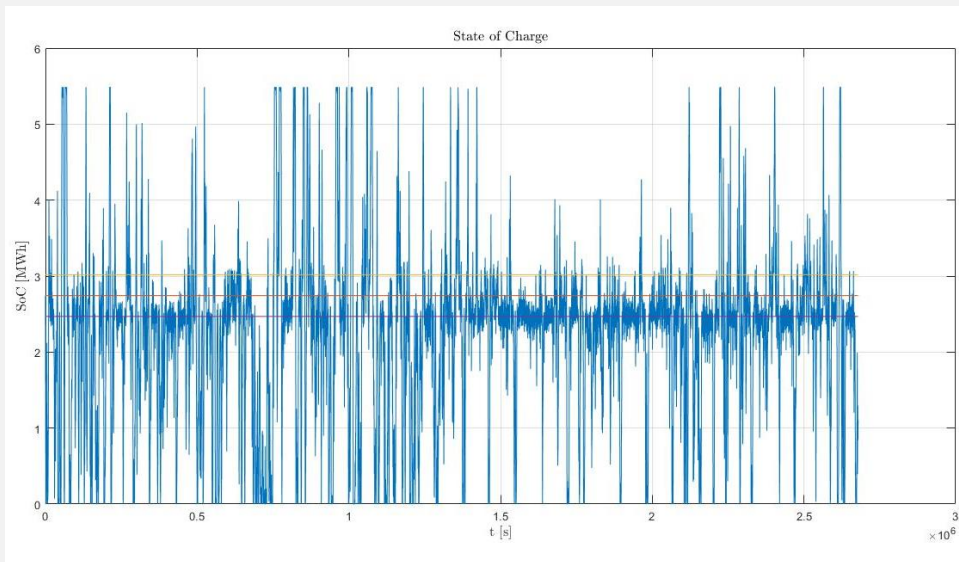
- Durante un año, hay en promedio un evento de baja/sobre frecuencia cada 27 segundos (49/59 segundos)
- La duración promedio de cada evento de baja/sobre frecuencia es 16,5 segundos (17/16 segundos)
- El porcentaje de tiempo que la frecuencia está fuera de la banda muerta es 62 %

# Anexo: Modelación BESS para servicio de CRF



Resultado para BESS con criterios de diseño de Chile - RE N° 801 / 2018

**Resultados de la modelación  
BESS 10 MW / 5,5 MWh**  
*Dificultad para gestionar el SoC y alta indisponibilidad*



# Anexo: Modelación BESS para servicio de CRF



Resultados para BESS diseñadas con criterios UK vs criterios Chile

	Resultado Reglas UK			
	Cycles per day	Average daily throughput MWh	Maximum daily throughput MWh	Total throughput MWh
Mes 1	0,69	8	16	236
Mes 2	0,69	8	14	235
Mes 3	0,68	7	12	208
Mes 4	0,88	10	17	300
Mes 5	0,95	10	27	313
Mes 6	1,09	12	19	372
Mes 7	1,01	11	22	334
Mes 8	1,09	12	27	369
Mes 9	0,97	11	30	331
Mes 10	0,93	10	20	307
Mes 11	0,95	10	19	323
Mes 12	0,98	11	16	323
Average	0,91	Year throughput		3.652

	Resultado Reglas CL			
	Cycles per day	Average daily throughput MWh	Maximum daily throughput MWh	Total throughput MWh
Mes 1	0,85	177	239	5.502
Mes 2	0,89	185	238	5.732
Mes 3	0,90	188	241	5.275
Mes 4	1,02	212	241	6.586
Mes 5	0,99	207	242	6.221
Mes 6	0,99	207	240	6.409
Mes 7	0,92	191	237	5.740
Mes 8	0,97	203	241	6.302
Mes 9	0,93	194	239	6.019
Mes 10	0,95	197	241	5.917
Mes 11	0,88	183	237	5.663
Mes 12	0,93	193	241	5.795
Average	0,93	Year throughput		71.159

Potencia SDP 10 MW  
C-rate 2 1/h (30 min)  
Capacidad 5,5 MWh

Potencia SDP 10 MW  
C-rate 0,1 1/h (600 min)  
Capacidad 104,3 MWh

x19