COMITE DE OPERACION ECONOMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

Lima, 28 de marzo del 2017

COES/D/DO-158-2017

Ingeniero
Julio Salvador Jácome
Gerente General
OSINERGMIN
Presente. -

Asunto : **ADJUNTA INFORME TÉCNICO**

De mi consideración:

De conformidad con lo establecido en el numeral 3.5 de la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), aprobada por Decreto Supremo N° 020-97-EM, cumplimos con remitir a usted el siguiente informe técnico relacionado a transgresiones a la calidad del producto y suministro:

Informe N° COES/D/DO/SEV/IT-012-2017 del 24.03.2017, respecto al evento EV-012-2017, por la Desconexión del Autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo, ocurrido 19.02.2017 a las 04:22:33 h.

La asignación de las correspondientes responsabilidades, de conformidad con la función asignada al COES en el literal (i) del artículo 14º de la Ley 28832, ha sido efectuada mediante la comunicación COES/D/DO-157-2017, cuya copia le ha sido remitida.

Sin otro particular, hago propicia la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

Ing. FRANCISCO TORRES GARCÍA
DIRECTOR DE OPERACIONES
COES

Adj. : Lo indicado.
C.c. : ABY TRANSMISIÓN SUR
MINEM-DGE, D, DP, SEV, SCO, SPR, DJR, SNP, STR.

COMITE DE OPERACION ECONOMICA DEL SISTEMA INTERCONECTADO NACIONAL

INFORME TÉCNICO
COES/D/DO/SEV/IT-012-2017

EVENTO	:	Desconexión del Autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo.
FECHA	:	19.02.2017
HORA	:	04:22:33 h

1. DESCRIPCIÓN DEL EVENTO

Desconectó el autotransformador AUT-5671 de 500/220 kV y 3x250 MVA de la S.E. Montalvo, por actuación de su protección mecánica de bajo nivel de aceite, de acuerdo a lo informado por ABY TRANSMISIÓN SUR, titular del equipo.

Como consecuencia, se produjo el colapso del sistema aislado conformado por la C.T. Puerto Bravo y la carga del usuario libre MINERA CERRO VERDE en la S.E. San José, lo que provocó la interrupción de MINERA CERRO VERDE con un total de 256,40 MW. Dicho sistema se había formado porque la línea de 500 kV L-5032 (Chilca CTM – Poroma) se encontraba fuera de servicio por mantenimiento correctivo.

A las 05:17 h y 07:25 h, el CCO-COES[1] coordinó con el CC-MCV[2] recuperar su carga hasta 20,00 MW y 140,00 MW, respectivamente, a través de la línea L-2074 (Cerro Verde CV1 - San Luis) de 220 kV.

A las 09:42 h, se conectó el autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo. A las 09:48 h, 09:49 h y 10:02 h, se conectó la línea L-5037 (Montalvo – San José) de 500 kV, se energizó la barra B de 500 kV y se conectó el autotransformador ATXF-002 de 500/220 kV de la S.E. San José, con lo cual el CCO-COES coordinó con el CC-MCV recuperar el total de su carga interrumpida.

A las 09:59 h, el CC-SOU[3] informó al CCO-COES que presentó la reducción de su carga en 4,80 MW, durante la energización del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo. A la misma hora, el CCO-COES coordinó con el CC-SOU la recuperación total de su suministro reducido.

2. CONDICIONES DEL SISTEMA PREVIO AL EVENTO

SUB DIRECTOR DE EVALUACION V°B° ING. ALEX LEON COES

2.1 Centros de generación involucrados:

N°	Central	Unidad	Generación	
			MW	MVAr
1	C.T. Puerto Bravo	TG1	F/S	F/S
		TG2	148,97	-7,40
		TG3	F/S	F/S
		TG4	148,12	-4,61

F/S: Fuera de servicio por operación.

[1] CCO-COES : Centro de Coordinación de la Operación del COES-SINAC
[2] CC-MCV : Centro de control de MINERA CERRO VERDE
[3] CC-SOU : Centro de control de SOUTHERN PERÚ COPPER

2.2 Flujo de potencia por las líneas de transmisión:

N°	CÓDIGO	SUBESTACIONES		Potencia Activa (MW)	Potencia Reactiva (MVAr)
		DE	A		
1	L-5038	San José	Puerto Bravo	-285,31	-5,28
2	L-5037	San José	Montalvo	28,98	-69,60
3	L-5036	San José	Ocoña	2,34	50,64
4	L-5034	Poroma	Ocoña	F/S	F/S
5	L-5032	Chilca CTM	Poroma	F/S	F/S
6	L-2071	San José	San Luis	128,97	29,38
7	L-2072	San José	San Luis	127,51	28,70

F/S: Fuera de servicio por Mantenimiento Correctivo de la línea L-5032.

SUB DIRECTOR DE EVALUACION V°B° ING. ALEX LEON COES

2.3 Flujo de potencia por los principales transformadores:

N°	Código	S.E.	Nivel de Tensión (kV)	Potencia Activa (MW)	Potencia Reactiva (MVAr)
1	AUT-5671	Montalvo	500	30,72	-25,39
2	ATXF-001	San José	500	127,78	13,67
3	ATXF-002	San José	500	129,36	13,95
4	AUT-5371	Poroma	500	F/S	F/S

F/S: Fuera de servicio por operación.

3. SECUENCIA CRONOLÓGICA DE EVENTOS

Hora	S.E. / C.C.	Descripción
04:22:33.266	**Montalvo**	**Desconectó el autotransformador AUT-5671 de 500/220 kV y 3X250 MVA.**
		Se formó el sistema aislado conformado por la C.T. Puerto Bravo y la carga del usuario libre MINERA CERRO VERDE en la S.E. San José.
04:22:35.500	San José	Desconectó los filtros de armónicos de la carga del usuario libre MINERA CERRO VERDE.
04:22:54.483	San José	Desconectó carga del usuario libre MINERA CERRO VERDE por activación del ERACMF y protecciones propias.
04:22:57.733	San José	Desconectó el SVC-5931.
04:23:52.040	**C.T. Puerto Bravo**	**Desconectó las unidades TG2 y TG4.**

Hora	S.E. / C.C.	Descripción
04:25	CC-MCV	Informó al CCO-COES que perdió toda su carga en la S.E. San Luis. El CCO-COES coordinó con el CC-MCV, abrir todos sus interruptores para recuperar su carga interrumpida.
04:26	CC-ABY[4]	Informó al CCO-COES que desconectó el autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo y que está verificando la actuación de sus protecciones.
04:32	CC-SAI[5]	Informó al CCO-COES que desconectó las unidades TG2 y TG4 de la C.T. Puerto Bravo.
04:50	CC-MCV	Declaró al CCO-COES disponible la línea L-2074 (Cerro Verde CV1 - San Luis) de 220 kV, para poder alimentarse por el lado de la S.E. Socabaya y poder recuperar cargas esenciales.
04:56	CC-MCV	Solicitó al CCO-COES arrancar la C.T. de Puerto Bravo para poder recuperar cargas esenciales. El CCO-COES informó al CC-MCV que las unidades de la C.T. Puerto Bravo tienen una carga mínima de 92,00 MW y está verificando la posibilidad de conectar la línea L-2074 (Cerro Verde CV1 - San Luis) de 220 kV, para poder alimentarse por el lado de la S.E. Socabaya.
04:58	CC-ABY	Informó al CCO-COES que personal de protecciones, está dirigiéndose a la S.E. Montalvo para verificar las actuaciones de las protecciones, en 15 minutos informara la disponibilidad del transformador.
05:13	CCO-COES	Coordinó con el CC-SAI abrir los interruptores de la línea L-5038 (Puerto Bravo – San José) de 500 kV, en la S.E. San José.
05:15	CC-MCV	Informó al CCO-COES que las líneas L-2071 y L-2072 (Cerro Verde - San José) de 220 kV y los transformadores ATXF-001 y ATXF-002 de la S.E. San José se encuentran con interruptores abiertos.
05:17	**CCO-COES**	**Coordinó con CC-MCV conectar la línea L-2074 (Cerro Verde CV1 - San Luis) de 220 kV y recuperar su carga esencial hasta 20,00 MW desde la S.E. Socabaya.**
05:22	CC-ABY	Informó al CCO-COES que actuó la protección mecánica del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo.
05:36	CC-MCV	Informó al CCO-COES que procederá a energizar la línea L-2074 (Cerro Verde CV1 - San Luis) de 220 kV.
05:37	**CC-ABY**	**Declaró al CCO-COES indisponible el autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo por inspección.**
06:13	CC-MCV	Informó al CCO-COES que energizaron las SS.EE. San Luis y San Carlos, y que están recuperando cargas esenciales.
06:34	CCO-COES	Solicitó al CC-SAI y CC-MCV la factibilidad de operar en sistema aislado la C.T. Puerto Bravo con la carga de la S.E. San José.

SUB DIRECTOR DE EVALUACIÓN V°B° ING. ALEX LEÓN COES

[4] CC-ABY : Centro de control de ABY TRANSMISIÓN SUR
[5] CC-SAI : Centro de control de SAMAY I

Hora	S.E. / C.C.	Descripción
07:23	CC-MCV	Informó al CCO-COES que está recuperando auxiliares y se demorara una (01) hora para poder cortar carga y operar en sistema aislado.
07:25	**CCO-COES**	**Coordinó con CC-MCV recuperar su carga hasta 140,00 MW a través de la línea L-2074 (Cerro Verde CV1 - San Luis) de 220 kV.**
08:49	CCO-COES	Coordinó con CC-SAI arrancar las unidades TG1 y TG3 de la C.T. Puerto Bravo para operar en sistema aislado.
08:54	**CCO-COES**	**Coordinó con CC-MCV operar en sistema aislado con la C.T. Puerto Bravo, para lo cual, deben tomar como mínimo una carga de 92,00 MW.** **El CC-MCV Informó al CCO-COES que aún está en proceso de toma de carga y que esta con 47,00 MW é informa que demorara dos (02) horas adicionales para tomar más carga.**
08:57	CCO-COES	Coordinó con CC-SAI cancelar el arranque de las unidades TG1 y TG3 de la C.T. Puerto Bravo.
09:07	**CC-ABY**	**Declaró al CCO-COES disponible el autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo.**
09:09	CCO-COES	Coordinó con el CC-SOU que se energizará el autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo desde el lado de 220 kV. El CC-SOU informó que coordinara subir un TAP en la S.E. Moquegua.
09:16	CC-ABY	Confirmó al CCO-COES que tiene mando sincronizado en el lado de 220 kV de autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo.
09:23	CC-SAI	Informó al CCO-COES que en la S.E. Puerto Bravo están abiertos todos los interruptores.
09:28	CC-ABY	Informó al CCO-COES que están abiertos los interruptores en la S.E. Montalvo para poder energizar el autotransformador AUT-5671.
09:42	CCO-COES	Coordinó con el CC-ABY energizar el autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo con mando sincronizado desde el lado de 220 kV.
09:42	**Montalvo**	**Se energizó el autotransformador AUT-5671 desde el lado de 220 kV.**
09:42	Montalvo	Se energizó la barra “B” de 500 kV.
09:48	San José	Se conectó la línea L-5037 (Montalvo – San José) de 500 kV.
09:49	San José	Se energizó la barra “B” de 500 kV.
09:58	San José	Se energizó la barra “A” de 500 kV.
09:58	Puerto Bravo	Se conectó la línea L-5038 (San José – Puerto Bravo) de 500 kV.
09:59	Puerto Bravo	Se conectó el transformador TR-4 de la C.T. Puerto Bravo.

SUB DIRECTOR DE EVALUACION V°B° ING. ALEX LEÓN COES

Hora	S.E. / C.C.	Descripción
09:59	CCO-COES	Coordinó con el CC-SAI el arranque de la unidad TG4 de la C.T. Puerto Bravo.
09:59	**CC-SOU**	**Informó al CCO-COES que a las 09:42 h, tuvo reducción de su carga en 5,00 MW.** **El CCO-COES coordinó con CC-SOU recuperar el total de su carga reducida.**
10:02	San José	Se conectó el autotransformador ATXF-002 de 500/220 kV con mando sincronizado desde el lado de 500 kV.
10:02	**CCO-COES**	**Coordinó con CC-MCV recuperar el total de su carga.** CC-MCV informó al CCO-COES que en media hora recién prevén recuperar carga debido a que aún estaban en proceso de limpieza.
10:52	Montalvo	Se energizó la barra "A" de 500 kV.
10:54	Puerto Bravo	Sincronizó la unidad TG4.
11:26	CC-MCV	Informó al CCO-COES que está tomando 55,00 MW de carga en la S.E. San Luis y está en proceso de recuperación.
11:39	San José	Se conectó barra de 220 kV.
11:45	San José	Se conectó la línea L-2071 (San Luis – San José) de 220 kV, cerrando el anillo de las subestaciones Socabaya y San José.
11:47	San Luis	Se desconectó la línea L-2074 (San Luis – Cerro Verde) de 220 kV, transfiriendo toda la carga (59,00 MW) de la S.E. San Luis hacia la S.E. San José.
12:24	CCO-COES	Coordinó con CC-MCV conectar el SVC-5931 de la S.E. San José.
12:25	Montalvo	Se conectó la línea L-5039 (Ilo 4 – Montalvo) de 500 kV.
12:45	San José	Se conectó el SVC-5931.

SUB DIRECTOR DE EVALUACIÓN V°B° ING. ALEX LEÓN COES

4. SEÑALIZACIÓN DE LAS PROTECCIONES

Subestación	Equipo	Código	Señalizaciones	Interruptor	A/C
Montalvo	AUT-5671	Relé Qualitrol	Bajo Nivel de Aceite	INT-5671 INT-5652 INT-5621	A A A
Puerto Bravo	TG2		Turbine Underspeed	INT-TG2	A
Puerto Bravo	TG4		Turbine Underspeed	INT-TG4	A
San José	SVC-5931		Overvoltage	IN-2016	A

A/C: Abierto o Cerrado

5. CONTADOR DE INTERRUPTORES

Subestación	Celda	Código	Antes			Después		
			R	S	T	R	S	T
Montalvo	AUT-5671	INT-5671	217	235	245	218	236	246
		INT-5652	252	262	239	253	263	240
		INT-5621	191	191	191	192	192	192
Montalvo	AUT-5671	PRT-5671	11	11	11	11	11	11
		PRT-5621	11	11	11	11	11	11

6. ANÁLISIS DEL EVENTO

6.1 A las 04:22:33.266 h, se produjo la desconexión del autotransformador AUT-5671 de 500/220 kV y 3X250 MVA de la S.E. Montalvo, por la actuación de su protección mecánica de *Bajo Nivel de Aceite* (ver Figura 1). De acuerdo a lo informado por la empresa ABY TRANSMISIÓN SUR, titular del equipo, la desconexión se produjo por falsa actuación del relé Qualitrol.

Al respecto, la empresa ABY TRANSMISIÓN SUR informó que reviso los niveles de aceite en los tanques y en el cambiador de tomas, verificándose que los niveles se encontraban normales y dentro de su operación normal. Asimismo, han retirado temporalmente los disparos de la protección mecánica del Autotransformador AUT-5671 a fin de evitar falsas actuaciones del relé Qualitrol. Asimismo, informó mediante correo electrónico del 13.03.2017 que el relé Qualitrol se encuentra en observación y los disparos mecánicos siguen deshabilitados y que están programando pruebas de la protección mecánica para el 26.03.2017.

Cabe resaltar que el enlace Centro-Sur de 500 kV, se encontraba fuera de servicio, por mantenimiento correctivo de la línea L-5032 (Chilca – Poroma) de 500 kV. Asimismo, la línea L-5036 (Ocoña – San José) de 500 kV, se encontraba energizada en vacío, para alimentar los servicios auxiliares de la S.E. Ocoña.

SUB DIRECTOR DE EVALUACIÓN V°B° ING. ALEX LEÓN COES

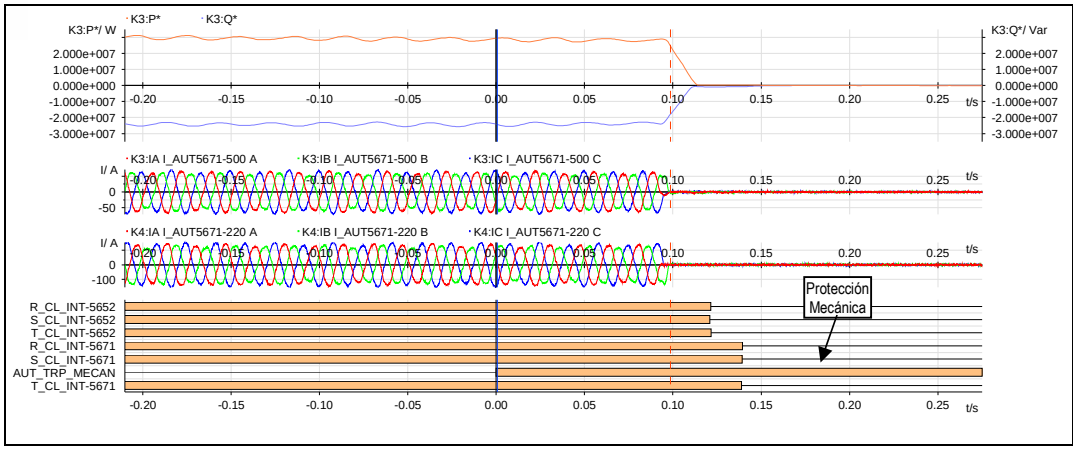


Figura 1. Registro oscilográfico del registrador de fallas de la S.E. Montalvo (Fuente: ABY)

6.2 Con la desconexión del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo, momentáneamente se formó el sistema aislado conformado por la C.T. Puerto Bravo y la carga del usuario libre MINERA CERRO VERDE de la S.E. San José (ver Figura 2). El autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo, desconectó con una potencia de 30,72 MW y -25.39 MVAr (Flujo entrante a Montalvo 220 kV).

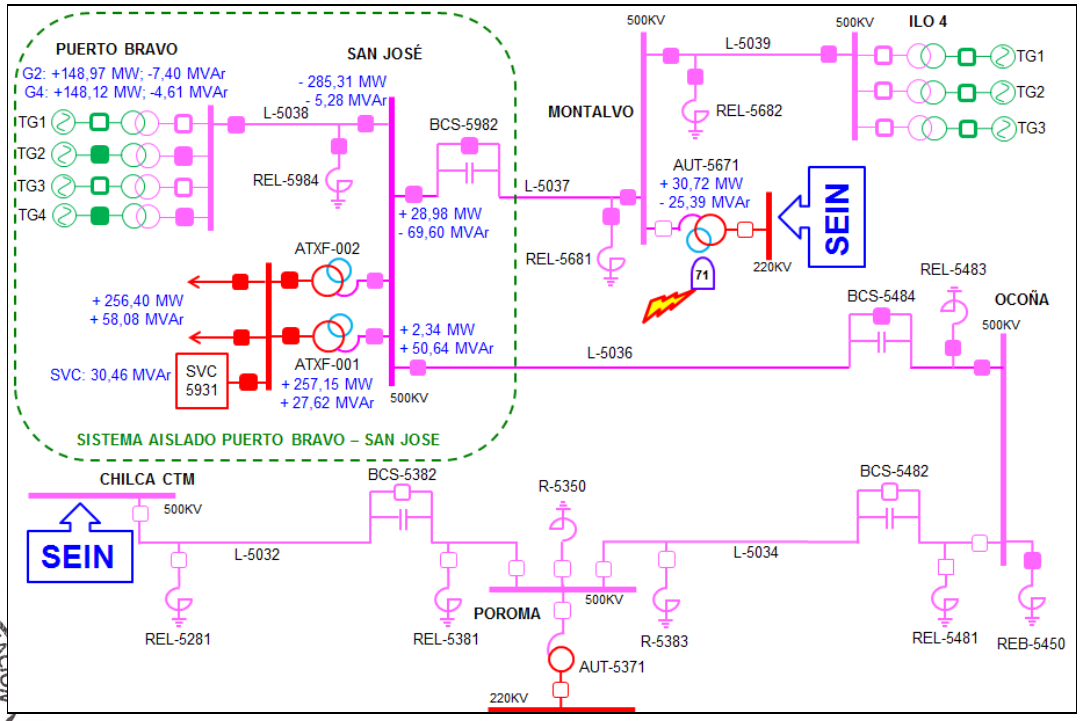


Figura 2. Diagrama Unifilar sistema aislado Puerto Bravo – San José (Fuente: COES)

6.3 En el sistema aislado que se formó, inicialmente se incrementó la frecuencia alcanzando un valor máximo de 61,683 Hz debido al exceso de potencia activa en el sistema aislado (30,72 MW lo que equivale al 10% de la demanda del sistema aislado) (ver Figura 3).

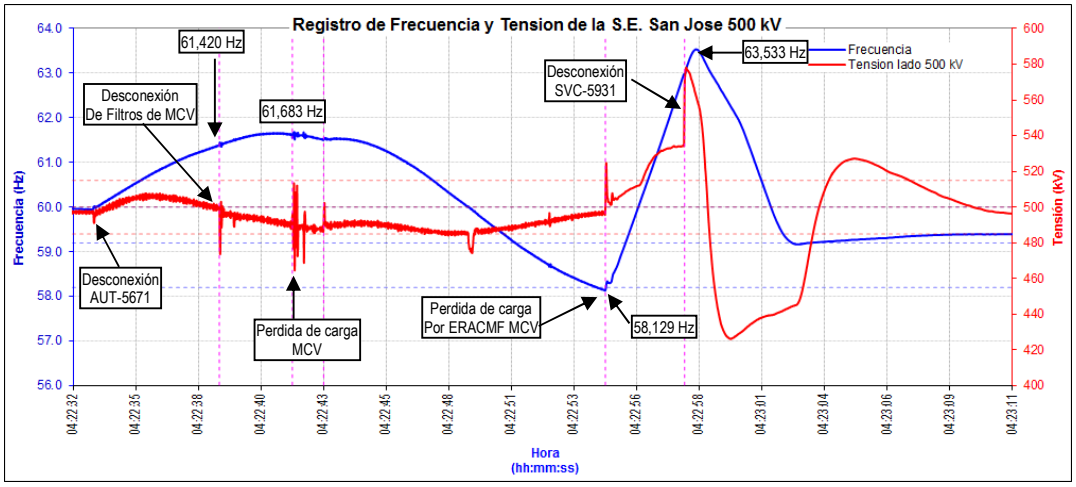


Figura 3. Registro de frecuencia y tensión de la S.E. San José 500 kV (Fuente: Cerro Verde)

6.4 A las 04:22:38.500 h (+ 5,234 seg), se produjo la desconexión de los filtros de armónicos de la carga de MINERA CERRO VERDE en la S.E. San José, con una potencia de 150,63 MVAr, aproximadamente, el cual, se ve reflejado como una inyección de potencia reactiva inductiva a la carga de la S.E. San José de 57,01 MVAr a 207,64 MVAr[6] (ver Figura 4). Al respecto, la empresa MINERA CERRO VERDE informó al COES mediante correo electrónico del 16.03.2017, que la desconexión de sus filtros de armónicos, se debió a la actuación de su protección de sobretensión[7] (ver Figura 56), el cual se encuentra ajustado a 1,12 veces la tensión nominal, con una temporización de 250 mseg.

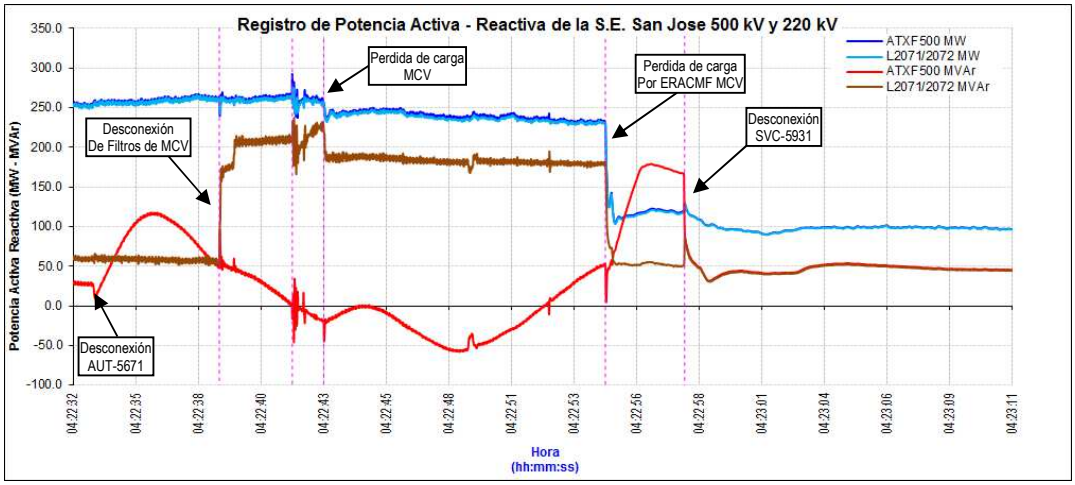


Figura 4. Registro de Potencia activa y reactiva de la S.E. San José (Fuente: Cerro Verde)

SUB DIRECTOR DE EVALUACION V°B° ING. ALEX LEON COES

Figura 5. Registro de eventos del relé de protección de los Filtros de Armónicos (Fuente: Cerro Verde)

6.5 A las 04:22:41.500 h y 04:22:42.850 h (+ 8,234 seg y + 9,584 seg), se produjo la disminución de carga de MINERA CERRO VERDE en 23,83 MW (de 262,81 MW a 238,95 MW) y 28,50 MVAr (de 210,11 MVAr a 181,61 MVAr), aproximadamente (ver Figura 7), por actuación de sus protecciones propias. (ver Figura 4).

A las 04:22:54.483 h (+21,217 seg), Minera Cerro Verde disminuyó su carga en 118,08 MW (de 230,58 MW a 112,50 MW) y 127,50 MVAr (179,80 MVAr a 52,30 MVAr), por actuación de su ERACMF y actuación de sus protecciones propias (ver Figura 6). Cabe

[6] Al desconectar los filtros, la carga de Cerro Verde incrementa su consumo de potencia reactiva del sistema.
[7] La sobretensión se presentó en el lado de 33 kV.

resaltar que la frecuencia había llegado a un valor mínimo de 58,129 Hz; con la actuación del ERACMF la frecuencia se incrementó hasta alcanzar un valor de 63,533 Hz en 3,750 seg (ver Figura 4).

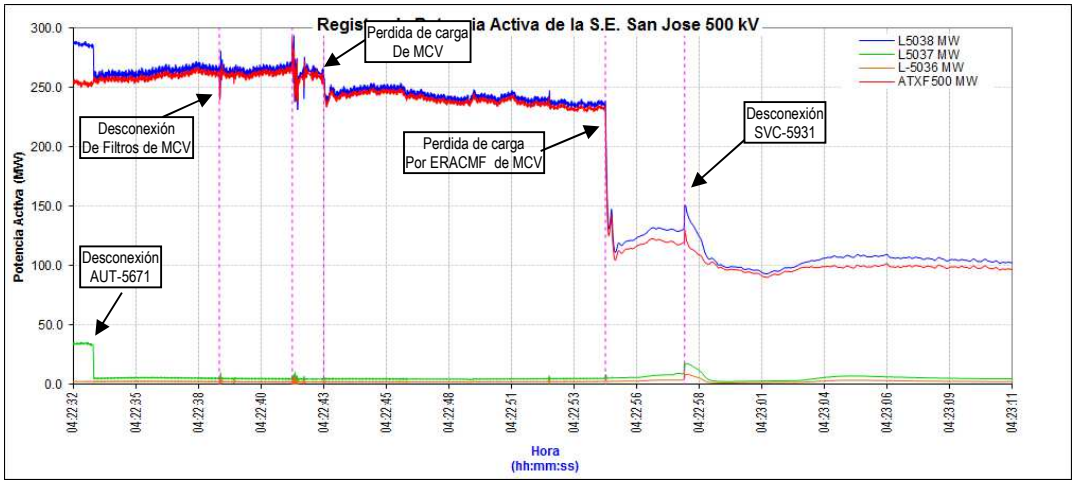


Figura 6. Registro de Potencia Activa de la S.E. San José 500 kV (Fuente: Cerro Verde, Samay I)

6.6 A las 04:22:57.733 (+ 24,467 seg), desconectó el SVC-5931 de la S.E. San José (-105/+350 MVAr) con una potencia reactiva de -116,26 MVAr (estuvo absorbiendo reactivos), aproximadamente (ver Figura 7), por acción de su protección de sobretensión[8], de acuerdo a lo informado por CERRO VERDE, titular del equipo (ver Figuras 8 y 9). Cabe resaltar que la tensión en la S.E. San José en el lado de 500 kV era de 534,18 kV (1,07 p.u.), en el lado de 220 kV era de 231,80 kV (1,05 p.u.).

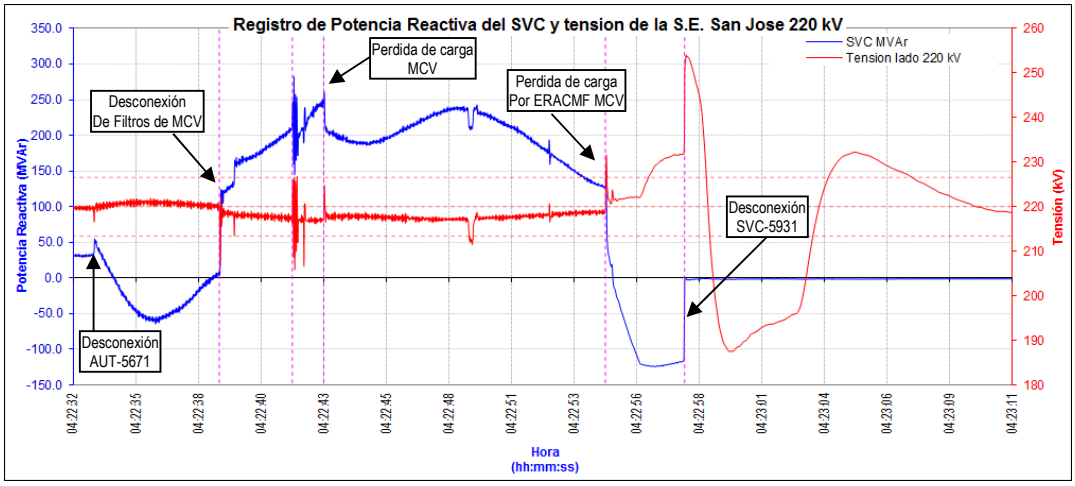


Figura 7. Registro de Potencia Reactiva Calculada del SVC-5931 de la S.E. San José (Fuente: Cerro Verde)

SUB DIRECTOR DE EVALUACIÓN V°B° ING. ALEX LEÓN COES

[8] La sobretensión se presentó en el lado de 23 kV del SVC.

19-02-2017;04:22:45.445;6678;=U2+J1;SYSTEM 1 TSC2 CURRENT MODE PHASE TR (TSCOPER_TR);0;Status_I;in
19-02-2017;04:22:51.142;7028;=U1+J1;TSC2 IN OPERATION;0;Status;out
19-02-2017;04:22:51.223;7616;=U1+J1;TSC2 CURRENT EQUAL TO ZERO;0;Status_I;in
19-02-2017;04:22:53.542;7027;=U1+J1;TSC1 IN OPERATION;0;Status;out
19-02-2017;04:22:53.591;7615;=U1+J1;TSC1 CURRENT EQUAL TO ZERO;0;Status_I;in
19-02-2017;04:22:56.722;1888;=U1+J1;A- CONTROLLER CLC GENERAL TRIP;43;Trip;in
19-02-2017;04:22:56.722;1889;=U1+J1;A- CONTROLLER HV OVERVOLTAGE TRIP;43;Trip;in
19-02-2017;04:22:56.738;1045;=R01+R1;=D0-K863 A-PROTECTION LOCKOUT RELAY TRIP;47;Trip;in
19-02-2017;04:22:56.739;1124;=R01+R2;=D0 -K862 B-PROTECTION LOCKOUT RELAY TRIP;49;Trip;in
19-02-2017;04:22:56.740;1044;=R01+R1;=D0-K861 A-PROTECTION LOCKOUT RELAY TRIP;47;Trip;in
19-02-2017;04:22:56.742;1125;=R01+R2;=D0 -K864 B-PROTECTION LOCKOUT RELAY TRIP;49;Trip;in
19-02-2017;04:22:56.742;7017;=U1+J1;CLC COMMON TRIP;43;Trip;in
19-02-2017;04:22:56.742;7659;=U1+J1;SVC ON COMMAND FEEDBACK;0;Status;out
19-02-2017;04:22:56.742;7681;=U1+J1;SVC ON - CLOSED LOOP CONTROL POSSIBLE;61;Status;out
19-02-2017;04:22:56.742;7481;=U1+J1;SYSTEM 1 - TRIP DUE TO OVER/UNDER FREQUENCY;43;Trip;in
19-02-2017;04:22:56.808;1002;=D0-Q0;=D0-Q0 CIRCUIT BREAKER - CLOSED;0;Status;out
19-02-2017;04:22:56.820;1001;=D0-Q0;=D0-Q0 CIRCUIT BREAKER - OPEN;0;Status;in
19-02-2017;04:22:56.823;5315;=U1+J1;SVC STATUS TRIP;0;Status_I;in
19-02-2017;04:22:56.854;1931;=X3+P1;DFR - TRIGGERED;13;Status;in

Figura 8. Registro de Eventos Scada de Minera Cerro Verde (Fuente: Cerro Verde)

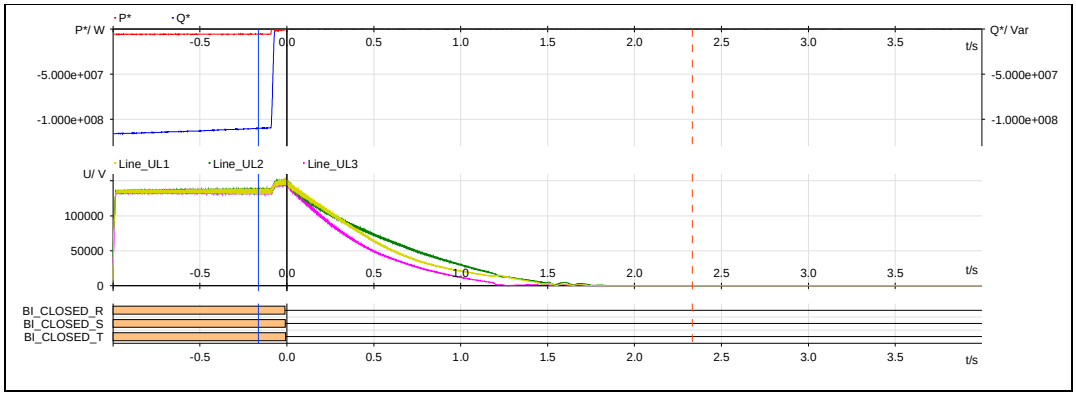


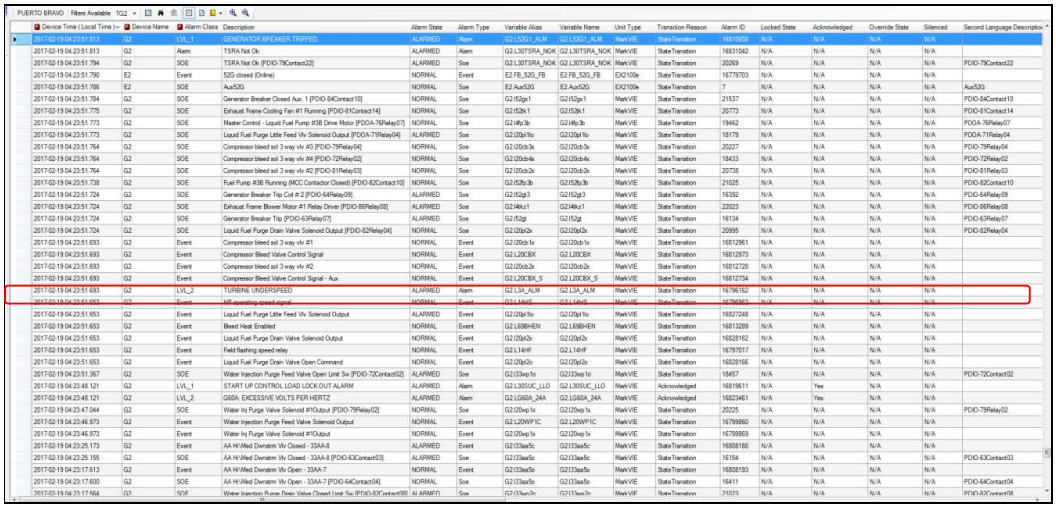
Figura 9. Registro oscilográfico del SVC-5931 de la S.E. San José (Fuente: Cerro Verde)

6.7 Con la desconexión del SVC-5931 de la S.E. San José, la tensión en el lado de 220 kV se incrementó a 254,03 kV (1,15 p.u.) y disminuyó hasta 187,53 kV (0,85 p.u.); en el lado de 500 kV se incrementó a 578,24 kV (1,16 p.u.) y disminuyó hasta 426,30 (0,85 p.u.) en 1,817 seg, para luego estabilizarse en 218,25 kV (0,99 p.u.) y 495,28 kV (0,99 p.u.), respectivamente (ver Figura 8).

6.8 A las 04:23:52.040 h (+ 78,774 seg), desconectaron las unidades TG2 y TG4 de la C.T. Puerto Bravo (ver Figuras 10 y 11), por actuación de su protección mecánica por baja velocidad, con lo cual se produjo el colapso del sistema aislado (ver Figura 12). La carga de Minera Cerro Verde se encontraba en 86,53 MW, la frecuencia en 56,368 Hz y la tensión en el lado de 500 kV era de 488,21 kV (0,98 p.u.).

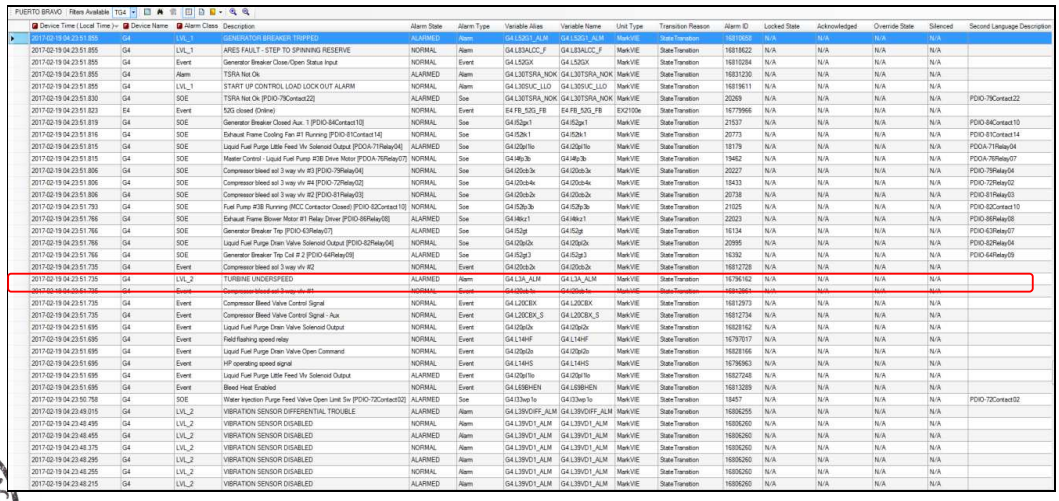
Cabe mencionar que la potencia mínima de las unidades TG2 y TG4 de la C.T. Puerto Bravo es de 92 MW, cada una. Es decir, en el momento de su desconexión las unidades estuvieron operando a una potencia menor a su mínimo técnico.

SUB DIRECTOR DE EVALUACION
V°B°
ING. ALEX LEON
COES



Device Time (Local Time)<-	Device Name	Alarm Class	Description	Alarm State	Alarm Type	Variable Alias	Variable Name	Unit Type	Transition Reason	Alarm ID	Locked State	Acknowledged	Override State	Silenced	Second Language Description
2017-02-19 04:23:51.813	G2	LVL_1	GENERATOR BREAKER TRIPPED	ALARMED	Alarm	G2.LS2G1_ALM	G2.LS2G1_ALM	MarkVIE	StateTransition	16810658	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.813	G2	Alarm	TSRA Not Ok	ALARMED	Alarm	G2.L30TSRA_NOK	G2.L30TSRA_NOK	MarkVIE	StateTransition	16831042	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.794	G2	SOE	TSRA Not Ok [PDIO-79Contact22]	ALARMED	Soe	G2.L30TSRA_NOK	G2.L30TSRA_NOK	MarkVIE	StateTransition	20269	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-79Contact22
2017-02-19 04:23:51.790	E2	Event	52G closed (Online)	NORMAL	Event	E2.FB_52G_FB	E2.FB_52G_FB	EX2100e	StateTransition	16779703	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.786	E2	SOE	Aux52G	NORMAL	Soe	E2.Aux52G	E2.Aux52G	EX2100e	StateTransition	7	N/A	N/A	N/A	N/A	Aux52G
2017-02-19 04:23:51.784	G2	SOE	Generator Breaker Closed Aux. 1 [PDIO-84Contact10]	NORMAL	Soe	G2.I52gx1	G2.I52gx1	MarkVIE	StateTransition	21537	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-84Contact10
2017-02-19 04:23:51.775	G2	SOE	Exhaust Frame Cooling Fan #1 Running [PDIO-81Contact14]	NORMAL	Soe	G2.I52k1	G2.I52k1	MarkVIE	StateTransition	20773	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-81Contact14
2017-02-19 04:23:51.773	G2	SOE	Master Control - Liquid Fuel Pump #3B Drive Motor [PDOA-76Relay07]	NORMAL	Soe	G2.I4fp3b	G2.I4fp3b	MarkVIE	StateTransition	19462	N/A	N/A	N/A	N/A	PDOA-76Relay07
2017-02-19 04:23:51.773	G2	SOE	Liquid Fuel Purge Little Feed Vlv Solenoid Output [PDOA-71Relay04]	ALARMED	Soe	G2.I20pl1lo	G2.I20pl1lo	MarkVIE	StateTransition	18179	N/A	N/A	N/A	N/A	PDOA-71Relay04
2017-02-19 04:23:51.764	G2	SOE	Compressor bleed sol 3 way vlv #3 [PDIO-79Relay04]	NORMAL	Soe	G2.I20cb3x	G2.I20cb3x	MarkVIE	StateTransition	20227	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-79Relay04
2017-02-19 04:23:51.764	G2	SOE	Compressor bleed sol 3 way vlv #4 [PDIO-72Relay02]	NORMAL	Soe	G2.I20cb4x	G2.I20cb4x	MarkVIE	StateTransition	18433	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-72Relay02
2017-02-19 04:23:51.764	G2	SOE	Compressor bleed sol 3 way vlv #2 [PDIO-81Relay03]	NORMAL	Soe	G2.I20cb2x	G2.I20cb2x	MarkVIE	StateTransition	20738	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-81Relay03
2017-02-19 04:23:51.738	G2	SOE	Fuel Pump #3B Running (MCC Contactor Closed) [PDIO-82Contact10]	NORMAL	Soe	G2.I52fp3b	G2.I52fp3b	MarkVIE	StateTransition	21025	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-82Contact10
2017-02-19 04:23:51.724	G2	SOE	Generator Breaker Trip Coil # 2 [PDIO-64Relay09]	ALARMED	Soe	G2.I52gt3	G2.I52gt3	MarkVIE	StateTransition	16392	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-64Relay09
2017-02-19 04:23:51.724	G2	SOE	Exhaust Frame Blower Motor #1 Relay Driver [PDIO-86Relay08]	ALARMED	Soe	G2.I4fkx1	G2.I4fkx1	MarkVIE	StateTransition	22023	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-86Relay08
2017-02-19 04:23:51.724	G2	SOE	Generator Breaker Trip [PDIO-63Relay07]	ALARMED	Soe	G2.I52gt	G2.I52gt	MarkVIE	StateTransition	16134	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-63Relay07
2017-02-19 04:23:51.724	G2	SOE	Liquid Fuel Purge Drain Valve Solenoid Output [PDIO-82Relay04]	NORMAL	Soe	G2.I20pl2x	G2.I20pl2x	MarkVIE	StateTransition	20995	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-82Relay04
2017-02-19 04:23:51.693	G2	Event	Compressor bleed sol 3 way vlv #1	NORMAL	Event	G2.I20cb1x	G2.I20cb1x	MarkVIE	StateTransition	16812961	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.693	G2	Event	Compressor Bleed Valve Control Signal	NORMAL	Event	G2.L20CBX	G2.L20CBX	MarkVIE	StateTransition	16812973	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.693	G2	Event	Compressor bleed sol 3 way vlv #2	NORMAL	Event	G2.I20cb2x	G2.I20cb2x	MarkVIE	StateTransition	16812728	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.693	G2	Event	Compressor Bleed Valve Control Signal - Aux	NORMAL	Event	G2.L20CBX_S	G2.L20CBX_S	MarkVIE	StateTransition	16812734	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.693	G2	LVL_2	TURBINE UNDERSPEED	ALARMED	Alarm	G2.L3A_ALM	G2.L3A_ALM	MarkVIE	StateTransition	16796162	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.693	G2	Event	HP operating speed signal	NORMAL	Event	G2.L14HS	G2.L14HS	MarkVIE	StateTransition	16796963	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.653	G2	Event	Liquid Fuel Purge Little Feed Vlv Solenoid Output	ALARMED	Event	G2.I20pl1lo	G2.I20pl1lo	MarkVIE	StateTransition	16827248	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.653	G2	Event	Bleed Heat Enabled	NORMAL	Event	G2.L69BHEN	G2.L69BHEN	MarkVIE	StateTransition	16813289	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.653	G2	Event	Liquid Fuel Purge Drain Valve Solenoid Output	NORMAL	Event	G2.I20pl2x	G2.I20pl2x	MarkVIE	StateTransition	16828162	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.653	G2	Event	Field flashing speed relay	NORMAL	Event	G2.L14HF	G2.L14HF	MarkVIE	StateTransition	16797017	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.653	G2	Event	Liquid Fuel Purge Drain Valve Open Command	NORMAL	Event	G2.I20pl2o	G2.I20pl2o	MarkVIE	StateTransition	16828166	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.367	G2	SOE	Water Injection Purge Feed Valve Open Limit Sw [PDIO-72Contact02]	ALARMED	Soe	G2.I33wp1o	G2.I33wp1o	MarkVIE	StateTransition	18457	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-72Contact02
2017-02-19 04:23:48.121	G2	LVL_1	START UP CONTROL LOAD LOCK OUT ALARM	ALARMED	Alarm	G2.L30SUC_LLO	G2.L30SUC_LLO	MarkVIE	Acknowledged	16819611	N/A	Yes	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:48.121	G2	LVL_2	G6DA: EXCESSIVE VOLTS PER HERTZ	ALARMED	Alarm	G2.LG6DA_24A	G2.LG6DA_24A	MarkVIE	Acknowledged	16823461	N/A	Yes	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:47.044	G2	SOE	Water Inj Purge Valve Solenoid #1Output [PDIO-79Relay02]	NORMAL	Soe	G2.I20wp1x	G2.I20wp1x	MarkVIE	StateTransition	20225	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-79Relay02
2017-02-19 04:23:46.973	G2	Event	Water Injection Purge Feed Valve Solenoid Output	NORMAL	Event	G2.L20WP1C	G2.L20WP1C	MarkVIE	StateTransition	16799860	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:46.973	G2	Event	Water Inj Purge Valve Solenoid #1Output	NORMAL	Event	G2.I20wp1x	G2.I20wp1x	MarkVIE	StateTransition	16799869	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:25.173	G2	Event	AA Hi Med Dwnstrm Vlv Closed - 33AA-8	ALARMED	Event	G2.I33aa5c	G2.I33aa5c	MarkVIE	StateTransition	16808188	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:25.155	G2	SOE	AA Hi Med Dwnstrm Vlv Closed - 33AA-8 [PDIO-63Contact03]	ALARMED	Soe	G2.I33aa5c	G2.I33aa5c	MarkVIE	StateTransition	16154	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-63Contact03
2017-02-19 04:23:17.613	G2	Event	AA Hi Med Dwnstrm Vlv Open - 33AA-7	NORMAL	Event	G2.I33aa5o	G2.I33aa5o	MarkVIE	StateTransition	16808193	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:17.600	G2	SOE	AA Hi Med Dwnstrm Vlv Open - 33AA-7 [PDIO-64Contact04]	NORMAL	Soe	G2.I33aa5o	G2.I33aa5o	MarkVIE	StateTransition	16411	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-64Contact04
2017-02-19 04:23:17.564	G2	SOE	Water Injection Purge Drain Valve Closed Limit Sw [PDIO-83Contact08]	ALARMED	Soe	G2.I33wn3n	G2.I33wn3n	MarkVIE	StateTransition	21023	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-83Contact08

Figura 10. Registro de Alarmas de la unidad TG2 de la C.T. Puerto Bravo (Fuente: Samay I)



Device Time (Local Time)<-	Device Name	Alarm Class	Description	Alarm State	Alarm Type	Variable Alias	Variable Name	Unit Type	Transition Reason	Alarm ID	Locked State	Acknowledged	Override State	Silenced	Second Language Description
2017-02-19 04:23:51.855	G4	LVL_1	GENERATOR BREAKER TRIPPED	ALARMED	Alarm	G4.LS2G1_ALM	G4.LS2G1_ALM	MarkVIE	StateTransition	16810658	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.855	G4	LVL_1	ARES FAULT - STEP TO SPINNING RESERVE	NORMAL	Alarm	G4.L83ALCC_F	G4.L83ALCC_F	MarkVIE	StateTransition	16818622	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.855	G4	Event	Generator Breaker Close/Open Status Input	NORMAL	Event	G4.LS2GX	G4.LS2GX	MarkVIE	StateTransition	16810284	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.855	G4	Alarm	TSRA Not Ok	ALARMED	Alarm	G4.L30TSRA_NOK	G4.L30TSRA_NOK	MarkVIE	StateTransition	16831230	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.855	G4	LVL_1	START UP CONTROL LOAD LOCK OUT ALARM	NORMAL	Alarm	G4.L30SUC_LLO	G4.L30SUC_LLO	MarkVIE	StateTransition	16819611	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.830	G4	SOE	TSRA Not Ok [PDIO-79Contact22]	ALARMED	Soe	G4.L30TSRA_NOK	G4.L30TSRA_NOK	MarkVIE	StateTransition	20269	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-79Contact22
2017-02-19 04:23:51.823	E4	Event	52G closed (Online)	NORMAL	Event	E4.FB_52G_FB	E4.FB_52G_FB	EX2100e	StateTransition	16779966	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.819	G4	SOE	Generator Breaker Closed Aux. 1 [PDIO-84Contact10]	NORMAL	Soe	G4.I52gx1	G4.I52gx1	MarkVIE	StateTransition	21537	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-84Contact10
2017-02-19 04:23:51.816	G4	SOE	Exhaust Frame Cooling Fan #1 Running [PDIO-81Contact14]	NORMAL	Soe	G4.I52k1	G4.I52k1	MarkVIE	StateTransition	20773	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-81Contact14
2017-02-19 04:23:51.815	G4	SOE	Liquid Fuel Purge Little Feed Vlv Solenoid Output [PDOA-71Relay04]	ALARMED	Soe	G4.I20pl1lo	G4.I20pl1lo	MarkVIE	StateTransition	18179	N/A	N/A	N/A	N/A	PDOA-71Relay04
2017-02-19 04:23:51.815	G4	SOE	Master Control - Liquid Fuel Pump #3B Drive Motor [PDOA-76Relay07]	NORMAL	Soe	G4.I4fp3b	G4.I4fp3b	MarkVIE	StateTransition	19462	N/A	N/A	N/A	N/A	PDOA-76Relay07
2017-02-19 04:23:51.806	G4	SOE	Compressor bleed sol 3 way vlv #3 [PDIO-79Relay04]	NORMAL	Soe	G4.I20cb3x	G4.I20cb3x	MarkVIE	StateTransition	20227	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-79Relay04
2017-02-19 04:23:51.806	G4	SOE	Compressor bleed sol 3 way vlv #4 [PDIO-72Relay02]	NORMAL	Soe	G4.I20cb4x	G4.I20cb4x	MarkVIE	StateTransition	18433	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-72Relay02
2017-02-19 04:23:51.806	G4	SOE	Compressor bleed sol 3 way vlv #2 [PDIO-81Relay03]	NORMAL	Soe	G4.I20cb2x	G4.I20cb2x	MarkVIE	StateTransition	20738	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-81Relay03
2017-02-19 04:23:51.793	G4	SOE	Fuel Pump #3B Running (MCC Contactor Closed) [PDIO-82Contact10]	NORMAL	Soe	G4.I52fp3b	G4.I52fp3b	MarkVIE	StateTransition	21025	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-82Contact10
2017-02-19 04:23:51.766	G4	SOE	Exhaust Frame Blower Motor #1 Relay Driver [PDIO-86Relay08]	ALARMED	Soe	G4.I4fkx1	G4.I4fkx1	MarkVIE	StateTransition	22023	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-86Relay08
2017-02-19 04:23:51.766	G4	SOE	Generator Breaker Trip [PDIO-63Relay07]	ALARMED	Soe	G4.I52gt	G4.I52gt	MarkVIE	StateTransition	16134	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-63Relay07
2017-02-19 04:23:51.766	G4	SOE	Liquid Fuel Purge Drain Valve Solenoid Output [PDIO-82Relay04]	NORMAL	Soe	G4.I20pl2x	G4.I20pl2x	MarkVIE	StateTransition	20995	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-82Relay04
2017-02-19 04:23:51.766	G4	SOE	Generator Breaker Trip Coil # 2 [PDIO-64Relay09]	ALARMED	Soe	G4.I52gt3	G4.I52gt3	MarkVIE	StateTransition	16392	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-64Relay09
2017-02-19 04:23:51.735	G4	Event	Compressor bleed sol 3 way vlv #2	NORMAL	Event	G4.I20cb2x	G4.I20cb2x	MarkVIE	StateTransition	16812728	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.735	G4	LVL_2	TURBINE UNDERSPEED	ALARMED	Alarm	G4.L3A_ALM	G4.L3A_ALM	MarkVIE	StateTransition	16796162	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.735	G4	Event	Compressor bleed sol 3 way vlv #1	NORMAL	Event	G4.I20cb1x	G4.I20cb1x	MarkVIE	StateTransition	16812961	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.735	G4	Event	Compressor Bleed Valve Control Signal	NORMAL	Event	G4.L20CBX	G4.L20CBX	MarkVIE	StateTransition	16812973	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.735	G4	Event	Compressor Bleed Valve Control Signal - Aux	NORMAL	Event	G4.L20CBX_S	G4.L20CBX_S	MarkVIE	StateTransition	16812734	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.695	G4	Event	Liquid Fuel Purge Drain Valve Solenoid Output	NORMAL	Event	G4.I20pl2x	G4.I20pl2x	MarkVIE	StateTransition	16828162	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.695	G4	Event	Field flashing speed relay	NORMAL	Event	G4.L14HF	G4.L14HF	MarkVIE	StateTransition	16797017	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.695	G4	Event	Liquid Fuel Purge Drain Valve Open Command	NORMAL	Event	G4.I20pl2o	G4.I20pl2o	MarkVIE	StateTransition	16828166	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.695	G4	Event	HP operating speed signal	NORMAL	Event	G4.L14HS	G4.L14HS	MarkVIE	StateTransition	16796963	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.695	G4	Event	Liquid Fuel Purge Little Feed Vlv Solenoid Output	ALARMED	Event	G4.I20pl1lo	G4.I20pl1lo	MarkVIE	StateTransition	16827248	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:51.695	G4	Event	Bleed Heat Enabled	NORMAL	Event	G4.L69BHEN	G4.L69BHEN	MarkVIE	StateTransition	16813289	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:50.758	G4	SOE	Water Injection Purge Feed Valve Open Limit Sw [PDIO-72Contact02]	ALARMED	Soe	G4.I33wp1o	G4.I33wp1o	MarkVIE	StateTransition	18457	N/A	N/A	N/A	N/A	PDIO-72Contact02
2017-02-19 04:23:49.015	G4	LVL_2	VIBRATION SENSOR DIFFERENTIAL TROUBLE	ALARMED	Alarm	G4.L39VDIFF_ALM	G4.L39VDIFF_ALM	MarkVIE	StateTransition	16806255	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:48.495	G4	LVL_2	VIBRATION SENSOR DISABLED	NORMAL	Alarm	G4.L39VD1_ALM	G4.L39VD1_ALM	MarkVIE	StateTransition	16806260	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:48.455	G4	LVL_2	VIBRATION SENSOR DISABLED	ALARMED	Alarm	G4.L39VD1_ALM	G4.L39VD1_ALM	MarkVIE	StateTransition	16806260	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:48.375	G4	LVL_2	VIBRATION SENSOR DISABLED	NORMAL	Alarm	G4.L39VD1_ALM	G4.L39VD1_ALM	MarkVIE	StateTransition	16806260	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:48.295	G4	LVL_2	VIBRATION SENSOR DISABLED	ALARMED	Alarm	G4.L39VD1_ALM	G4.L39VD1_ALM	MarkVIE	StateTransition	16806260	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:48.255	G4	LVL_2	VIBRATION SENSOR DISABLED	NORMAL	Alarm	G4.L39VD1_ALM	G4.L39VD1_ALM	MarkVIE	StateTransition	16806260	N/A	N/A	N/A	N/A	
2017-02-19 04:23:48.215	G4	LVL_2	VIBRATION SENSOR DISABLED	ALARMED	Alarm	G4.L39VD1_ALM	G4.L39VD1_ALM	MarkVIE	StateTransition	16806260	N/A	N/A	N/A	N/A	

Figura 11. Registro de Alarmas de la unidad TG4 de la C.T. Puerto Bravo (Fuente: Samay I)

SUB DIRECTOR DE EVALUACION
V°B°
ING. ALEX LEON
COES

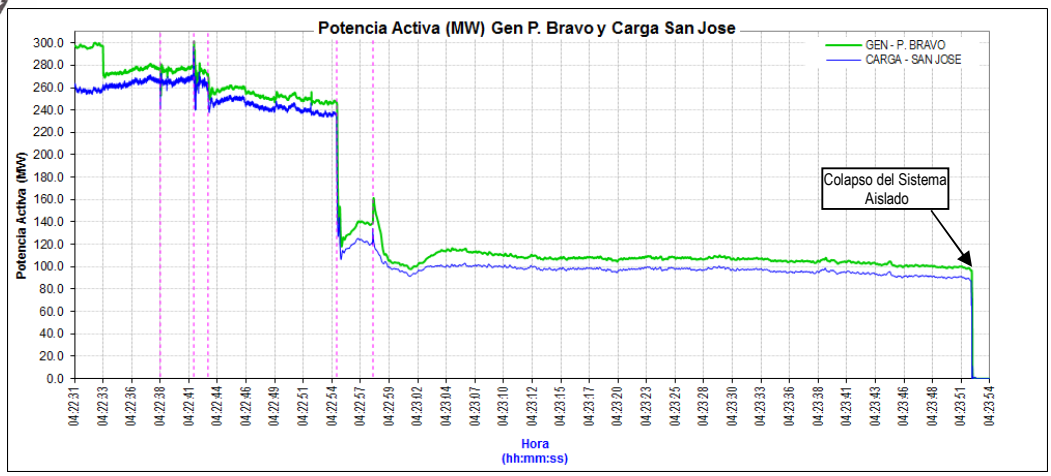


Figura 12. Registro de Potencia de la C.T. Puerto Bravo y S.E. San José (Fuente: Cerro Verde, Samay I)

Evaluación de la operación del Sistema Aislado Puerto Bravo – San José

6.9 En el sistema aislado Puerto Bravo – San José, la C.T. Puerto Bravo quedó como única central para atender la demanda de la S.E. San José (incluyendo pérdidas), es decir que las unidades TG2 y TG4 de la C.T. Puerto Bravo eran los únicos generadores capaces de realizar alguna acción de regulación de frecuencia.

6.10 Por otro lado, la acción de la Regulación Primaria de Frecuencia tiene una respuesta automática a variaciones súbitas de frecuencia. En el presente evento, la C.T. Puerto Bravo estuvo realizando esta función. Sin embargo, se debe resaltar que esta acción se realiza a partir de los 5 segundos de que se produce el desvío de la frecuencia, pudiendo la unidad culminar la regulación a los 30 segundos de producido el desvío de frecuencia. También, debe mencionarse que no había una central que estuviera realizando la Regulación Secundaria de Frecuencia (RSF) en el sistema aislado, porque este sistema se originó por una contingencia y estuvo operando por un corto periodo de tiempo (78 segundos).

6.11 Los hechos ocurridos en el sistema aislado, que se muestran en las Figuras 13 y 14, fueron los siguientes:

- Al desconectar el autotransformador AUT-5671 con una potencia exportando hacia el área Sur de 30,72 MW (que equivale al 10% de la demanda del sistema aislado formado), dicho sistema aislado quedo con sobre generación, lo cual, se reflejó en el incrementó de la frecuencia hasta 61,683 Hz.

- Luego de 8,234 seg de producido la desconexión del autotransformador AUT-5671, se presentó disminución de la carga de 23,83 MW de MINERA CERRO VERDE por actuación de sus protecciones propias debido a las condiciones de inestabilidad de la frecuencia y tensión originadas por la desconexión del autotransformador. Esta pérdida de carga equivale a más del 9% de la demanda restante del sistema aislado.

  Es decir, mientras la C.T. Puerto Bravo estuvo tratando de regular la frecuencia por el desbalance originado por la desconexión del AUT-5671 de la S.E. Montalvo, se produjo un nuevo evento de pérdida de carga del orden del 9% de la demanda del sistema aislado formado. A pesar de ello, de la Figura 14, se observa que la C.T. Puerto Bravo trató de regular la frecuencia; sin embargo, debido a la gran variación de demanda que se produjo en el sistema aislado y en un periodo muy corto de tiempo, originó que se presente un fuerte desbalance entre la potencia eléctrica y mecánica de los generadores lo que implicó que la frecuencia del sistema aislado disminuya hasta 58,129 Hz, activándose el ERACMF a los 21,217 seg. de haberse producido la desconexión del AUT-5671 de la S.E. Montalvo.

- La actuación del ERACMF originó la interrupción de suministros de Cerro Verde en 118,08 MW (equivalente al 50% de la demanda restante del sistema aislado). Producto de ello, nuevamente se produjo el incremento de la frecuencia y tensión. Finalmente, la carga de MINERA CERRO VERDE continúo con su tendencia a disminuir, originando que la generación de la C.T. Puerto Bravo y la frecuencia también disminuyan hasta llegar a 56,368 Hz, provocando el colapso del sistema aislado a los 78,774 seg. Es necesario señalar que el ERACMF establecido en Cerro Verde fue conceptualizado bajo un enfoque sistémico y no para un caso muy particular como es la formación del sistema aislado que se originó en el presente Evento.

SUB DIRECTOR DE EVALUACIÓN
V°B°
ING. ALEX LEÓN
COES

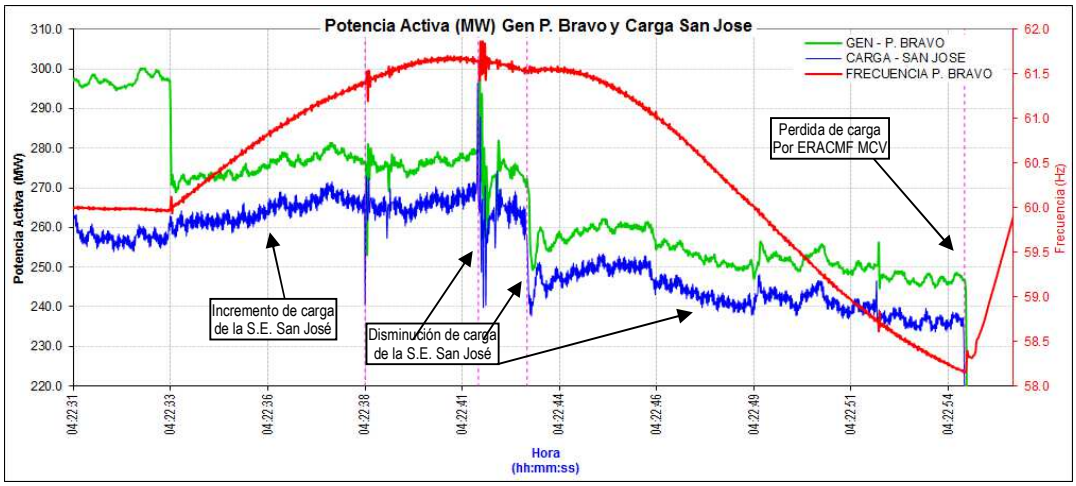


Figura 13. Registro de Potencia y Frecuencia de la C.T. Puerto Bravo y S.E. San José (Fuente: Cerro Verde, Samay I) (1/2)

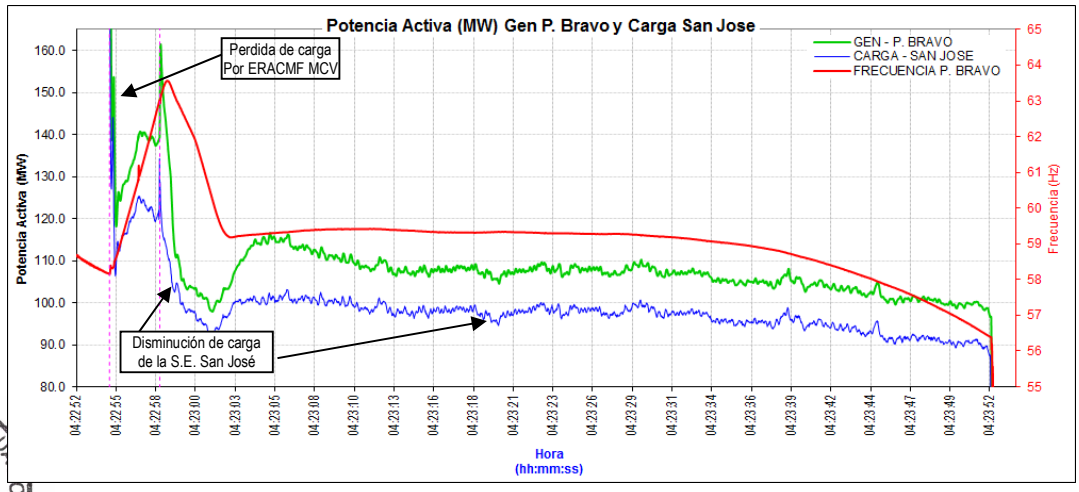


Figura 14. Registro de Potencia y Frecuencia de la C.T. Puerto Bravo y S.E. San José (Fuente: Cerro Verde, Samay I) (2/2)

SUB DIRECTOR DE EVALUACIÓN
V°B°
ING. ALEX LEÓN
COES

6.12 Cabe mencionar que durante el Evento las señales de posición de los interruptores del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo quedaron congelados y en posición cerrado. Asimismo, el CC-ABY recién a las 04:26 h, comunicó al CCO-COES del Evento, es decir luego de 4 minutos de ocurrido. Por lo cual, el CCO-COES no tuvo las condiciones post falla inmediatamente, sino minutos después de ocurrido el Evento.

6.13 Por lo mencionado líneas arriba, se concluye que no era posible la operación en sistema aislado de la C.T. Puerto Bravo y la carga de MINERA CERRO VERDE de la S.E. San José, luego de la desconexión intempestiva del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo. **Por lo tanto, el colapso del sistema aislado era inminente, en consecuencia, toda la interrupción de suministro del usuario libre MINERA CERRO VERDE debe ser considerada por colapso.**

Evaluación de la actuación del ERACMF en el sistema aislado

6.14 Para verificar la operación de los relés de mínima frecuencia, se tiene en cuenta lo siguiente:

- La tolerancia de las unidades de medida de frecuencia de los relés, cuyos valores típicos oscilan entre ± 10 mHz. Esto implica que la activación de los relés no se da para la frecuencia exacta de ajuste, sino que ocurre dentro de un intervalo de frecuencia dado por la tolerancia del relé.

Por estos motivos, se considera válido que en los límites de los umbrales de frecuencia, algunos relés se activen y otros no lo hagan.

6.15 La evaluación del *Esquema de Rechazo Automático de Carga por Mínima Frecuencia* (ERACMF) se realizó con la frecuencia del Registrador de Fallas de la S.E. San José (ver Figura 15). En la Tabla 1, se muestran las etapas que superan los ajustes del ERACMF para cada umbral de frecuencia, de acuerdo con los ajustes del Estudio de Rechazo de Carga y Generación del año 2017 (ver Tabla 2).

Tabla 1. Registro de evaluación del comportamiento de la frecuencia y su derivada (formato F9 del procedimiento del ERACMF de Osinergmin)

Zona	Niveles de frecuencia		Duración del nivel f			Actuación de la etapa
	Etapa	Nivel de f (Hz)	t inicio (hh:mm:ss)	t fin (hh:mm:ss)	Duración (hh:mm:ss)	
Aislado San José	1ra	f ≤ 59,20	04:22:50.133 04:23:01.683 04:23:29.466	04:22:54.716 04:23:02.566 04:23:53.083	00:00:04.583 00:00:00.883 00:00:23.617	f
	2da	f ≤ 59,00	04:22:50.650 04:23:34.500	04:22:54.583 04:23:53.083	00:00:03.933 00:00:18.583	f
	3ra	f ≤ 58,80	04:22:51.216 04:23:37.683	04:22:54.450 04:23:53.083	00:00:03.234 00:00:15.400	f
	4ta	f ≤ 58,60	04:22:51.883 04:23:39.533	04:22:54.300 04:23:53.083	00:00:02.417 00:00:13.550	f
	5ta	f ≤ 58,50	04:22:52.233 04:23:40.450	04:22:54.216 04:23:53.083	00:00:01.983 00:00:12.633	f
	6ta	f ≤ 58,20	04:22:53.483 04:23:42.716	04:22:53.916 04:23:53.083	00:00:00.433 00:00:10.367	f
	7ma	f ≤ 59,50	04:22:49.383 04:23:01.216	04:22:54.933 04:23:53.083	00:00:05.550 00:00:51.867	-

Zona	Niveles de gradiente			Duración gradiente			Actuación de la etapa
	Etapa	Arranque (Hz)	Nivel de gradiente de f	t inicio (hh:mm:ss)	t fin (hh:mm:ss)	Duración (hh:mm:ss)	
Aislado San José	1ra	≤ 59,80	f' ≤ -1,10 Hz/s	04:23:00.950	04:23:01.216	00:00:00.266	Df
	2da	≤ 59,80	f' ≤ -1,10 Hz/s	04:23:00.950	04:23:01.216	00:00:00.266	Df
	3ra	≤ 59,80	f' ≤ -1,10 Hz/s	04:23:00.950	04:23:01.216	00:00:00.266	Df

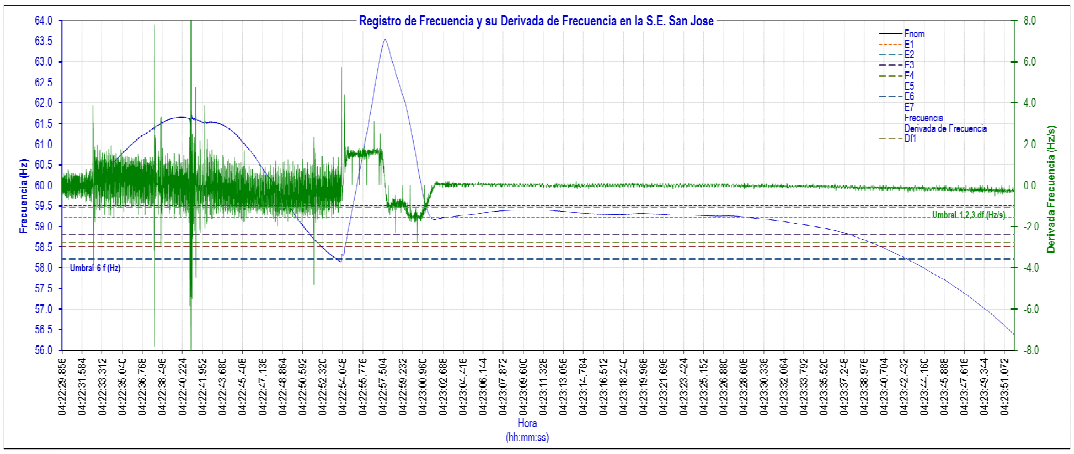


Figura 15. Registro de frecuencia y su derivada de frecuencia calculada en la S.E. San José (Fuente: Cerro Verde)

SUB DIRECTOR DE EVALUACION
V°B°
ING. ALEX LEÓN
COES

Tabla 2. Ajustes del ERACMF 2017 de la Zona B (Área Sur del SEIN)

Número de Etapas	Porcentaje de rechazo en c/etapa	RELES DE UMBRAL		RELES DE DERIVADA		
		FRECUENCIA (Hz)	TEMPORIZACION (s)	ARRANQUE Hz	PENDIENTE (Hz / s)	TEMPORIZACION (s)
1	4.0%	59.20	0.15	59.8	-1.1	0.2
2	6.0%	59.00	0.15	59.8	-1.1	0.2
3	10.0%	58.80	0.15	59.8	-1.1	0.2
4	8.0%	58.60	0.15			
5	8.0%	58.50	0.15			
6	12.0%	58.20	0.15			
7	1.5%	59.50	60.0			

(1) La temporización de los relés de derivada de frecuencia no incluye el tiempo requerido por el relé para medir la pendiente. Se recomienda ajustar la ventana de medición de la pendiente de 4 a 6 ciclos.

(2) La etapa 7 es un respaldo para reponer la frecuencia, si luego de los rechazos queda por debajo de 59,5 Hz

(3) La temporización de los relés de derivada de frecuencia será 350 ms en las cargas que se localizan aguas debajo de las subestaciones Quencoro, Cachimayo, DoloresPata, Machupicchu y Abancay.

SUB DIRECTOR DE EVALUACIÓN V°B° ING. ALEX LEÓN COES

6.16 De acuerdo a la Figura 15 y a la Tabla 1, se concluye que en el sistema aislado de la S.E. San José se presentaron condiciones para activar todas las etapas del ERACMF por umbral y derivada de frecuencia, a excepción de la Séptima (7°) etapa.

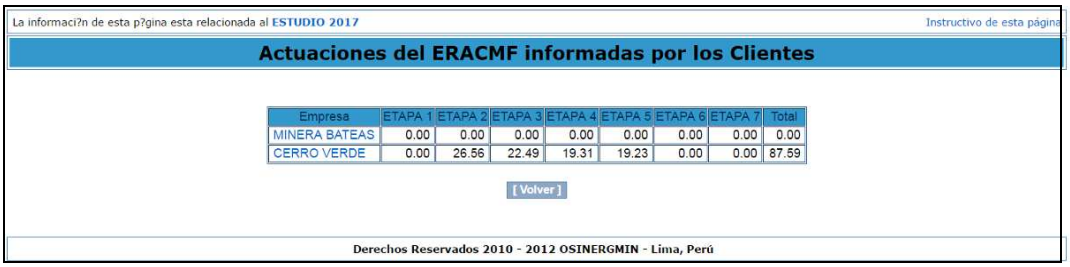
6.17 Las interrupciones producidas por actuación del ERACMF se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Suministros interrumpidos por Etapa del ERACMF

ZONA	EMPRESA	ETAPA								TOTAL ZONA (MW)
		1°	2°	3°	4°	5°	6°	7° (Reposición)	DF	
Sistema Aislado	MCV	0.00	26.56	22.49	19.31	19.23	0.00	0.00	0.00	**87.59**
TOTAL ETAPA		**0.00**	**26.56**	**22.49**	**19.31**	**19.23**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**87.59**

MCV: Minera Cerro Verde

6.18 En la Figura 16 se muestran las empresas que reportaron sus suministros interrumpidos en el Portal web de OSINERGMIN.


La informaci?n de esta p?gina esta relacionada al ESTUDIO 2017 Instructivo de esta página

Actuaciones del ERACMF informadas por los Clientes

Empresa	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	ETAPA 5	ETAPA 6	ETAPA 7	Total
MINERA BATEAS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CERRO VERDE	0.00	26.56	22.49	19.31	19.23	0.00	0.00	87.59

[Volver]

Derechos Reservados 2010 - 2012 OSINERGMIN - Lima, Perú

Figura 16. Empresas que reportaron interrupción de suministro en la extranet de OSINERGMIN, actualizado al 09.03.2017

6.19 De acuerdo, a lo mencionado en el numeral 6.13, estas interrupciones por ERACMF se consideran por colapso.

Evaluación del análisis de la seguridad operativa y de contingencia N-1

6.20 La evaluación del efecto de contingencias simples (N-1) de un equipo, se determina tomando en cuenta su Tasa de Ocurrencia de Falla, la cual para el autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo, es 0,0000 para Avenida y 0,0037 para Estiaje (basado en sus 3 años de operación).

6.21 Dado que la aplicación del PR-08 se hace tomando en cuenta el periodo hidrológico, en este caso Avenida, para la falla ocurrida en el Autotransformador AUT-5671 su tasa de falla vigente es cero (0). Por lo cual, el Análisis de Seguridad tiene un efecto nulo ya que el costo del escenario alternativo que detalla el PR-08 será igual o mayor al escenario base, con lo cual, de acuerdo al PR-08 no amerita el despacho de unidades por seguridad[9].

Normalización de suministros

6.22 A las 05:17 h, el CCO-COES coordinó con el CC-MCV conectar la línea L-2074 (Cerro Verde CV1 - San Luis) de 220 kV y recuperar su carga esencial hasta 20,00 MW.

6.23 A las 07:25 h, el CCO-COES coordinó con el CC-MCV recuperar su carga hasta 140,00 MW a través de la línea L-2074 (Cerro Verde CV1 - San Luis) de 220 kV.

6.24 A las 08:49 h, el CCO-COES coordinó con el CC-SAI arrancar las unidades TG1 y TG3 de la C.T. Puerto Bravo y operar en sistema aislado con la carga de la MINERA CERRO VERDE. A las 08:54 h, el CCO-COES coordinó con el CC-MCV operar en sistema aislado con la C.T. Puerto Bravo y tomar como mínimo una carga de 92,00 MW (potencia mínima de operación de las unidades de la C.T. Puerto Bravo), pero debido a que el CC-MCV informó al CCO-COES que demoraría dos (02) horas adicionales en tomar carga, el CCO-COES cancelo el arranque de las unidades de la C.T. Puerto Bravo.

6.25 A las 09:07 h, el CC-ABY declaró al CCO-COES disponible el autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo.

6.26 A las 09:42 h, se conectó el autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo con mando sincronizado desde la barra de 220 kV.

6.27 A las 09:48 h, 09:49 h y 10:02 h se conectó la línea L-5037 (Montalvo – San José) de 500 kV, se energizó la barra B de 500 kV de la S.E. San José y se conectó el autotransformador ATXF-002 de la S.E. San José, con lo cual el CCO-COES coordinó con CC-MCV recuperar el total de su carga interrumpida.

6.28 A las 11:47 h, se transfirió la carga de la S.E. San Luis de la S.E. Socabaya a la S.E. San José.

Energización del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo

6.29 A las 09:59 h, el CC-SOU informó al CCO-COES que presentó la reducción de su carga en 4,80 MW (ver Figura 17), durante la energización del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo desde el lado de 220 kV. A la misma hora el CCO-COES coordinó con el CC-SOU la recuperación total de su suministro reducido.

SUB DIRECTOR DE EVALUACION
V°B°
ING. ALEX LEON
COES

[9] Numeral 8.1 del PR-08: d) Se programa la operación de una o más Unidades de Generación calificadas como Operación por Seguridad ante Contingencias de transmisión, siempre que el costo previsto del escenario de la alternativa seleccionada sea menor al 90 % del costo esperado del escenario inicial.

Figura 17. Perfil de Carga de Toquepala y Fundición (Fuente: Southern)

6.30 La conexión del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo desde el lado de 220 kV, generó una corriente Inrush en la fase "T" de $IT_{(pico)}$= *-3,60 kAmp* (ver Figura 18), debido a que la fase "R" cierra 1,59 mseg después que la tensión está en su valor pico (ver Figura 19).

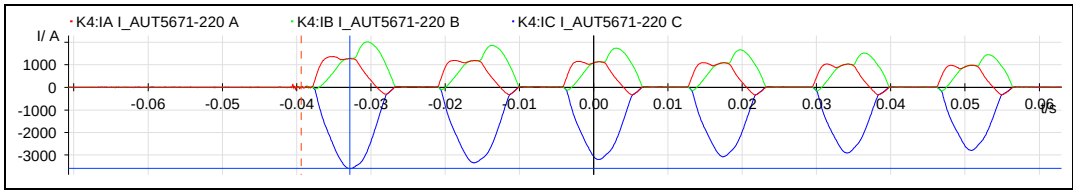


Figura 18. Corriente Inrush lado 220 kV del AUT-5671 de la S.E. Montalvo (Fuente: ABY)

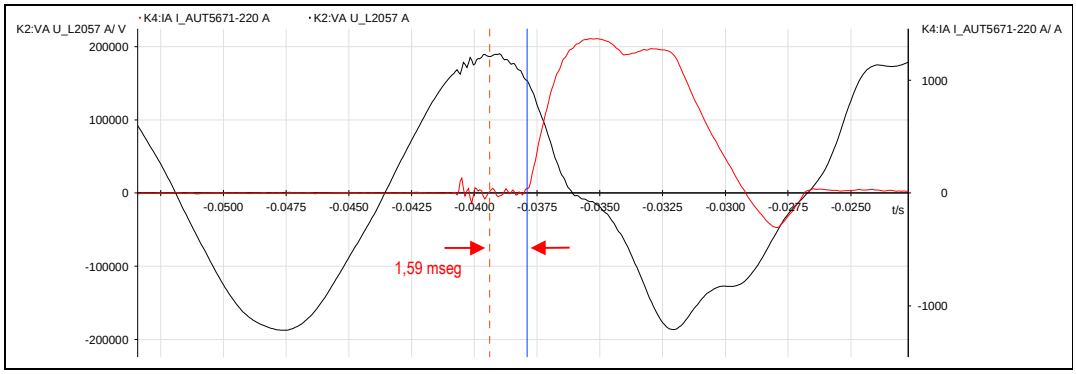


Figura 19. Cierre de la fase "R" del lado de 220 kV del AUT-5671 de la S.E. Montalvo (Fuente: ABY)

6.31 En la barra de 220 kV de la S.E. Montalvo se registró una caída de tensión hasta VR_{fase} = *121,13 kV* (0,95 p.u.), VS_{fase} = *117,44 kV* (0,92 p.u.) y VT_{fase} = *102,56 kV* (0,81 p.u.) (ver Figura 20). Al respecto, la empresa ABY informó al COES mediante comunicación telefónica del 14.03.2016, que no tiene mando sincronizado del lado de 220 kV del AUT-5671 de la S.E. Montalvo, debido a que el interruptor es tripolar; asimismo, el mando sincronizado ha sido trasladado al interruptor de acoplamiento. También, informó que cuenta con mando sincronizado en la línea L-2057 (Montalvo – Moquegua) de 220 kV, pero que no ha sido probado aún. Por lo cual, ha programado para el 26.03.2017 las pruebas funcionales del mando sincronizado.

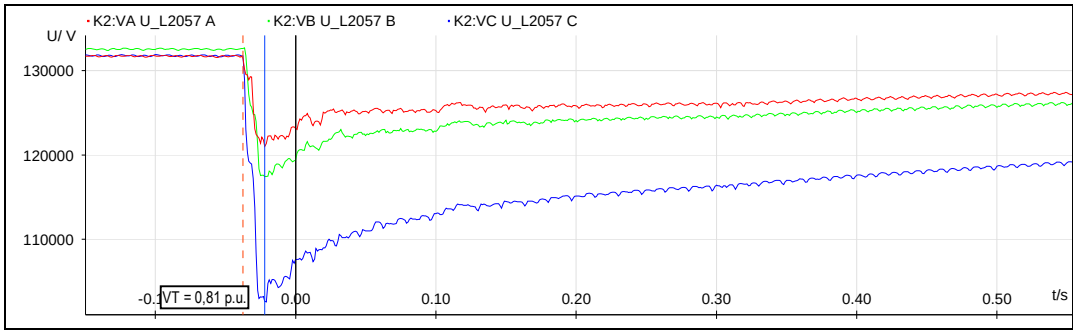


Figura 20. Registro oscilográfico de la tensión en 220 kV del registrador de fallas de la S.E. Montalvo (Fuente: ABY)

Demora en la normalización de suministro

6.32 De acuerdo con el numeral 4.20 del Procedimiento Técnico del COES (PR-40) "Procedimiento para la aplicación del numeral 3.5 de la NTCSE", el tiempo de reposición no debe ser mayor a 15 minutos luego de la orden del COES y en caso este tiempo sea mayor, el agente titular de la instalación asumirá la responsabilidad por ello y remitirá al COES, para su evaluación, un informe que sustente el motivo de la demora.

6.33 A las 05:17 h, el CCO-COES coordinó con el CC-MCV recuperar su carga esencial hasta 20,00 MW. De acuerdo a lo mencionado en el numeral anterior y tomando en consideración lo expuesto en este párrafo, se considera demora en la recuperación de la carga MOLINO DE BOLAS 5 de la S.E. SAN LUIS, a partir de las 05:32 h.

Al respecto, MINERA CERRO VERDE informó que la toma de carga fue en forma parcial por la parada imprevista de la planta.

SUB DIRECTOR DE EVALUACIÓN V°B° ING. ALEX LEÓN COES

7. CONSECUENCIAS

7.1 **En la Calidad del Producto:** No se presentaron.

7.2 **En la Calidad del suministro:**

7.2.1 Las interrupciones de suministro que se produjeron son las siguientes:

Suministro	S.E.	Potencia (MW)	Inicio (hh:mm:ss)	Final (hh:mm:ss)	Duración (min)
MCV - San Luis - Molino de bolas 5	San Luis	18,66	04:22:00	05:58:00	96,00
MCV - San Luis - Cargas asociadas	San Luis	66,80	04:22:00	05:58:00	96,00
MCV - San Carlos - Cargas asociadas	San Carlos	26,70	04:22:00	05:58:00	96,00
MCV - San Luis - Relaves 2	San Luis	18,00	04:22:00	06:06:00	104,00
MCV - San Luis - Molino de bolas 4	San Luis	19,23	04:22:00	06:09:00	107,00
MCV - San Luis - Molino de bolas 6	San Luis	18,05	04:22:00	06:10:00	108,00
MCV - San Luis - Molino de bolas 3	San Luis	19,31	04:22:00	06:21:00	119,00
MCV - San Carlos - HPGR 26	San Carlos	4,44	04:22:00	06:25:00	123,00
MCV - San Carlos - HPGR 17	San Carlos	4,02	04:22:00	06:28:00	126,00

Suministro	S.E.	Potencia (MW)	Inicio (hh:mm:ss)	Final (hh:mm:ss)	Duración (min)
MCV - San Carlos - HPGR 18	San Carlos	4,44	04:22:00	06:30:00	128,00
MCV - San Carlos - HPGR 15	San Carlos	4,12	04:22:00	06:35:00	133,00
MCV - San Carlos - HPGR 16	San Carlos	4,22	04:22:00	06:37:00	135,00
MCV - San Carlos - HPGR 25	San Carlos	4,12	04:22:00	06:45:00	143,00
MCV - San Luis - Molino de bolas 2	San Luis	18,37	04:22:00	06:50:00	148,00
MCV - San Luis - Molino de bolas 1	San Luis	18,22	04:22:00	06:55:00	153,00
MCV - San Carlos - HPGR 28	San Carlos	3,94	04:22:00	06:59:00	157,00
MCV - San Carlos - HPGR 27	San Carlos	3,76	04:22:00	07:08:00	166,00
Total		**256,40**			

SUB DIRECTOR DE EVALUACIÓN V°B° ING. ALEX LEÓN COES

7.2.2 Las reducciones de carga que se produjeron son las siguientes:

Suministro	S.E.	De (Mw)	A (MW)	Reducción (MW)	Inicio (hh:mm)	Final (hh:mm)	Duración (min)
SOU - Toquepala - Concentradora	Toquepala	1,60	0,00	1,60	09:42	09:59	17,00
SOU - Toquepala - Lixiviación + Dep Lix.	Toquepala	1,30	0,00	1,30	09:42	09:59	17,00
SOU - Ilo - Fundición	Ilo	1,90	0,00	1,90	09:42	09:59	17,00
Total				**4,80**			

8. CONCLUSIONES

8.1 La desconexión del Autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo, fue causado por actuación inadecuada de su protección mecánica de *Bajo Nivel de Aceite* del relé Qualitrol, de acuerdo a lo informado por la empresa ABY TRANSMISIÓN SUR, titular del equipo.

8.2 Se formó el sistema aislado Puerto Bravo - San José, debido a la desconexión del Autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo. Este sistema aislado duró 78 segundos, aproximadamente.

8.3 Las interrupciones de carga por ERACMF y protecciones propias de la S.E. San José del usuario libre MINERA CERRO VERDE, producidas durante la operación del sistema aislado Puerto Bravo – San José, se consideran por colapso, debido a que la misma era inminente.

8.4 La interrupción de MINERA CERRO VERDE con 256,40 MW en la S.E. San José, fue una consecuencia de la desconexión intempestiva del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo, de titularidad de la empresa ABY TRANSMISIÓN SUR.

8.5 La demora en la normalización de los suministros Molino de Bolas 5 de la S.E. San Luis, de la empresa MINERA CERRO VERDE, desde las 05:32 h, es responsabilidad de la misma empresa, por lo indicado en el numeral 6.33.

8.6 La reducción de carga del usuario libre SOUTHERN PERÚ, ocurrida a las 09:42 h, fue por actuación de sus protecciones propias, durante la energización del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo desde el lado 220 kV.

9. OBSERVACIONES:

Ninguna.

10. RECOMENDACIONES:

10.1. **A ABY TRANSMISIÓN SUR**

- Corregir las protecciones mecánicas del autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo.
- Implementar el mando sincronizado del Autotransformador AUT-5671 de la S.E. Montalvo desde el lado de 220 kV.

10.2. **A SAMAY I.** Evaluar porque no actúo la protección de mínima frecuencia de las unidades TG-2 y TG-4 de la C.T. Puerto Bravo, debido a que en este evento dichas unidades desconectaron por la actuación de la protección de baja velocidad de las turbinas.

11. DOCUMENTOS CONSIDERADOS EN EL INFORME

N°	EMPRESA	INFORMACIÓN FINAL	FECHA DOCUMENTO
1	COES SINAC	SCO – N1 – 012 IF – 2017	21.02.2017
		SEV/CTAF-EV-012-2017	14.03.2017
2	ABY TRANSMISIÓN SUR	IFP-OPRT-AUT5671-003-2017-ABY	21.02.2017
3	MINERA CERRO VERDE	CV-PT-13-2017	21.02.2017
4	MINERA SOUTHERN PERÚ COPPER	IF-SPCC-005-2017	21.02.2017
5	SAMAY I	SAI – 008 – 2017	22.02.2017

San Isidro, 24 de marzo de 2017

ING. ALEX LEÓN JUSCAMAITA
SUB DIRECTOR DE EVALUACION
COES
CIP. 92106

Ing. FRANCISCO TORRES GARCIA
DIRECTOR DE OPERACIONES
COES