INFORME DE AUDITORIA TÉCNICA
S/E MANTOS BLANCOS
CEN-CM-21221
REV B

ELABORADO POR
DIECO SpA
PARA

COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL

28/02/2022

Versión	Item Revisado	Motivo de Revisión	Fecha
B	REVISIÓN		4-03-22
Origen del documento			
	Nombre	Firma	Fecha
Elaborado:	José Salazar Trigo		24-02-22
Planos BIM	Oscar Medina		26-02-22
Revisado:	Aldo Salazar Morató		26-02-22
Aprobado:	José Salazar Trigo		02-03-22

Tabla de Contenido

1. ANTECEDENTES ... 3
2. OBJETIVO DE LA AUDITORIA ... 4
3. ALCANCE ... 4
4. DEFINICIONES ... 5
5. INFORMACIÓN INICIAL DISPONIBLE ... 5
5.1. PLANO DE DISPOSICIÓN DE EQUIPOS (01-SB2-DR-852-EE-108 REV 1) ... 5
5.2. DIAGRAMA UNILINEAL GENERAL (6003-E102) ... 7
6. INFORMACIÓN PRESENTADA POR MANTOS COPPER ... 10
6.1. DIAGRAMA UNILINEAL GENERAL (Layout Planta y Cortes) ... 13
6.2. AUDITORIA EN S/E MANTOS BLANCOS ... 15
6.2.1 PROPIEDAD DE LA EMPRESA MANTOS COPPER ... 16
6.2.2 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN EN TERRENO ... 17
6.2.3 TRANSFORMADORES DE PODER ... 19
6.2.4 PARARRAYOS ... 23
6.2.5 SALA DE CONTROL Y SERVICIOS GENERALES (SSGG) ... 24
6.2.6 SALA DE BATERIAS ... 30
6.2.7 TRANFORMADORES DE MEDIA TENSIÓN Y DE SSAA ... 30
7. ACCESO ABIERTO ... 31
7.1. ESPACIOS DISPONIBLES EN S/E MANTOS BLANCOS ... 32
7.2. SALA DE CONTROL Y SSGG ... 32
7.3. CAPACIDAD DE SSAA ... 33
8. OPERACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE PODER T-1 Y T-2 ... 33
9. CONCLUSIONES ... 34
10. RECOMENDACIONES ... 35

1. ANTECEDENTES

En fecha 17 de diciembre de 2021, el Coordinador Eléctrico Nacional (CEN) invitó a la Dieco SpA (Dieco) a presentar una oferta para la realización de una Auditoria Técnica a las Instalaciones de la S/E Mantos Blancos propiedad de la Empresa mantos Copper.

El 12-01-2022, el CEN emitió la Orden de Compra No 3489, para la realización de la Auditoría Técnica de la S/E mantos Blancos.

En fecha 4-01-2022, se suscribió el Contrato de Prestación de Servicios “Servicio de Auditoria Técnica S/E Mantos Blancos “entre el CEN y DIECO

En fecha 31-01-2002, se realizó la reunión explicativa de la Metodología a ser utilizada en la Auditoría Técnica con la participación de personal del CEN, la empresa Mantos Copper y Dieco

En fecha 10 de febrero de 2002, se realizó la Auditoria Técnica en instalaciones de la S/E Mantos Blancos. Por parte de Dieco participaron José Salazar Trigo como Auditor Senior y jefe de la Auditoria y Aldo Salazar Morató como Auditor. Por parte de la Empresas Mantos Cooper estuvo presente el Sr Iván Inostroza.

La S/E mantos Blancos se encuentra instalada aproximadamente a 40 Km al Noroeste de la ciudad de Antofagasta a la cual se puede acceder a través de la carretera Panamericana Norte.

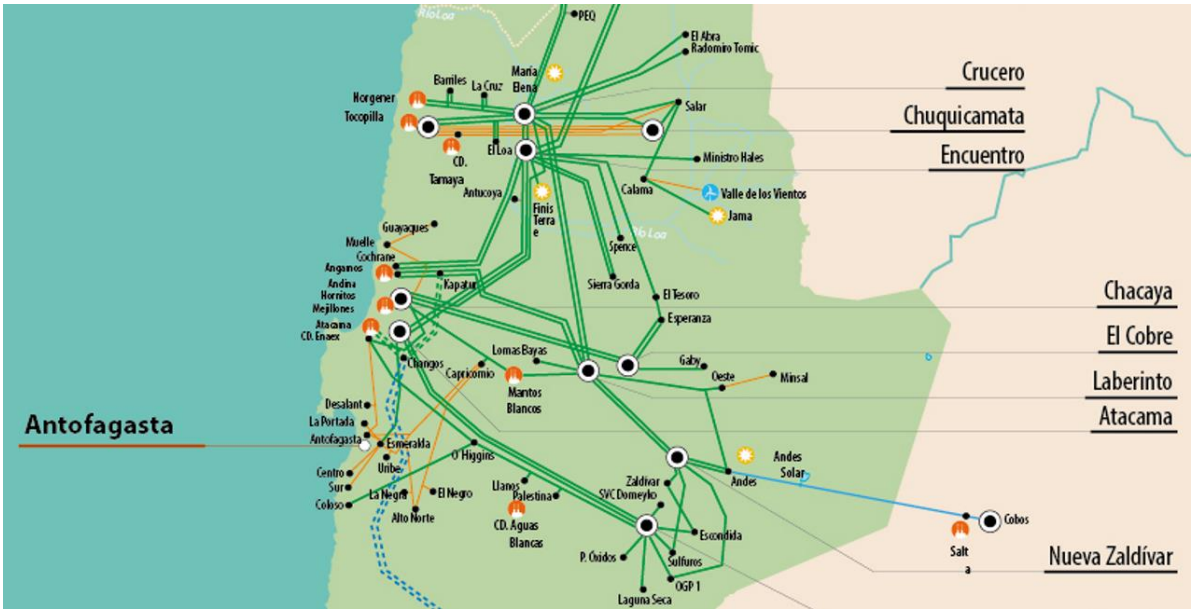


Fig. Nº 1: Mapa del Sistema Interconectado de la Zona de Ubicación de Mantos Blancos

2. OBJETIVO DE LA AUDITORIA

El Objetivo de la Auditoria Técnica fue el de verificar la información técnica presentada por la Empresa Mantos Copper para la S/E Mantos Blancos, con relación a la disposición de los equipos instalados y que se encuentran en operación actual, además se verificó y constató las posiciones y paños utilizados y las posiciones y paños disponibles para ampliaciones futuras tanto en el patio de 220 kV como en la sala de Control y SSGG.

3. ALCANCE

El alcance del servicio consideró la realización de un levantamiento técnico y espacial de las instalaciones y equipamientos existentes en la S/E Mantos Blancos, propiedad de la Empresa Minera Mantos Cooper, con el fin de verificar en sitio las posiciones en uso, las posiciones disponibles y en general, verificar toda la información de respaldo del Coordinado acreditó en la fecha en que las posiciones en uso fueron puestas en servicio y entregadas a explotación.

4. DEFINICIONES

CEN	Coordinador Eléctrico Nacional
SEC	Superintendencia de Electricidad y Combustibles
MC	Mantos Cooper
S/E MB	Subestación Mantos Blancos
ATJ	Auditor Técnico Jefe, Dieco
AT	Auditor Técnico Dieco
HSEC	Prevencioncita de Riesgos Mantos Cooper
SUP-MC	Supervisor Mantos Cooper

5. INFORMACIÓN INICIAL DISPONIBLE

La información disponible y publicada en el pagina web de Infotécnica del CEN hasta el 4 de febrero de 2022 mostraba que la S/E Mantos Blancos estaba conectada a la Línea de Transmisión Mejillones-Mantos Blancos 220 kV, como se muestra en la Fig Nº 2.

5.1. PLANO DE DISPOSICIÓN DE EQUIPOS (01-SB2-DR-852-EE-108 REV 1)

El Layout publicado y disponible en la página de la Infotécnica del CEN hasta el 7-02-2002, y con el que Dieco trabajó inicialmente y presentó su oferta se muestra en la figura Nº 2.

Este plano tiene el timbre de “APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN” en el mes de noviembre de 1994.

Básicamente, este Lay Out muestra un paño de transformador de poder, incluyendo un interruptor, un desconectador lado transformador, un desconectador con puesta tierra lado línea, equipos de medición y pararrayos.

También se observa que se consideraba la instalación futura de un segundo transformador

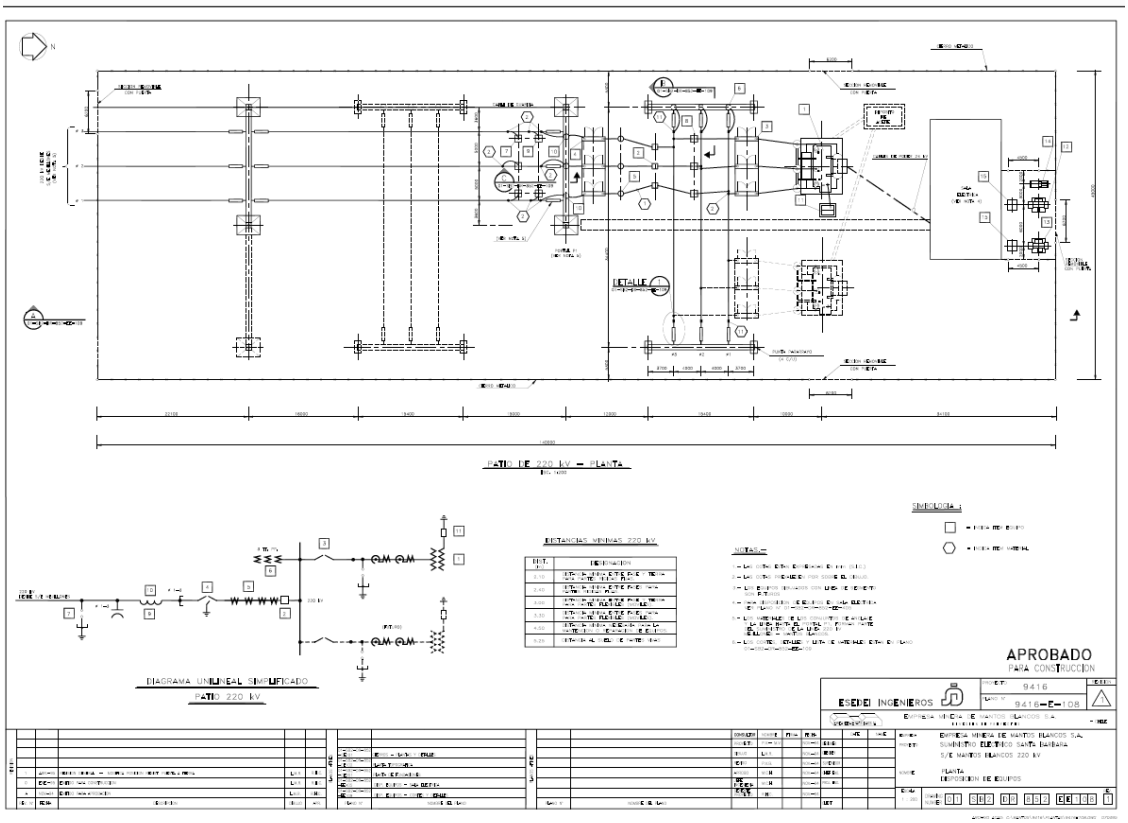


Fig Nº 2: Plano Genera de Disposición S/E Manto Blancos al 4-02-2002

La información disponible de los equipos previa a la realización de la auditoría se muestra en el siguiente cuadro:

EQUIPO	CARACTERISTICAS	CANTIDAD
Transformador de Poder	34/42/50 MVA, 220/23 kV, T1	1
Interruptor	2000 A,	1
Desconectado SPT	230 kV, 2000 A	1
Desconectador CPT	230kV, 2000 A	1
Transformador de Potencial	230/115 kV	3
Transformador de Corriente	150-300/5-5-5-5A, 230 kV	3
Transformador de Acoplamiento	Sin Información	2
Trampa de Onda	Sin Información	2
Pararrayos	Sin Información	3
Transformador de Poder	23/6,3 kV, 1600 kVA T2	1

Transformador de Poder	23/6,3 kV, 1000 kVA T3	1
Transformador de SSAA	23/04 kV, 100 kVA	1
Resistencia Puesta a tierra	200 A, 10 s	1
Resistencia de Puesta a tierra	Para transformadores T2 y T3, Sin Información	2
Tableros de Control y Protección	Sin Información	-
Tableros de Comunicaciones	Sin Información	-
Tableros de SSAA	Sin Información	-
Switchgear de 23 kV	23 kV, 2500 A, 1000 MVAcc	1

Cuadro Nº 1: Listado de Equipos Según Plano 01-SB2-DR-852-EE-108 REV1

En el Anexo A se muestra el plano 01-SB2-DR-852-EE-108 REV 1 con las observaciones realizadas por Dieco

5.2. DIAGRAMA UNILINEAL GENERAL (6003-E102)

El Diagrama Unilineal General publicado en la página de Infotécnica del CEN hasta el 7 de febrero de 2022, se muestra en la figura No 3.

En este diagrama unilineal se observa que las protecciones de distancia Sistema 1 (S1) y Sistema 2 (S2), no incluyen o no muestran las siguientes funciones:

- 21N
- 67
- 59
- 27
- 50N/51N
- 85

Estas funciones de protección deberían estar incluidas en las protecciones de línea, ya que son las funciones de protección que mínimamente, deben ser implementadas en un esquema de protecciones de distancia.

Los TCs de línea no muestran la información requerida para este tipo de equipos como ser:

- Relación de Transformación
- Clase
- Burden

- La información de los TCs es completa e inexistente en el plano, solo se incluye información de los TCs en el paño correspondiente al transformador, el cual es propiedad de Mantos Copper. Sin embargo,

- No existe Información del interruptor del paño del transformador, como ser: In. Icc, Vn, marca, modelo. Es decir, no cumple con lo establecido en el documento de "Información Técnica del Sistema Eléctrico Nacional, Nomenclatura de Instalaciones".

- La información mostrada para la Barra del Transformador es insuficiente, ya que no incluye los parámetros eléctricos mínimos para este tipo de instalaciones requeridos por la Normativa Vigente y las buenas prácticas de Ingeniería, como ser tipo de conductor, cantidad de conductores por fase y capacidad en MVA.

- Los pararrayos del transformador no muestran la información de sus características técnicas, como ser Ur, Uc e Icc e In

- En resumen, la empresa Coordinada debe corregir el plano Unilineal General de tal manera de cumplir con los requerimientos del documento Información Técnica del Sistema Eléctrico Nacional Nomenclatura de Instalaciones", independientemente de la propiedad de los equipos instalados en la subestación. Por ejemplo, la protección de barra, requiere señales de corriente de los TCs de propiedad e Mantos Copper y de los TCs de los paños de línea propiedad de terceros.

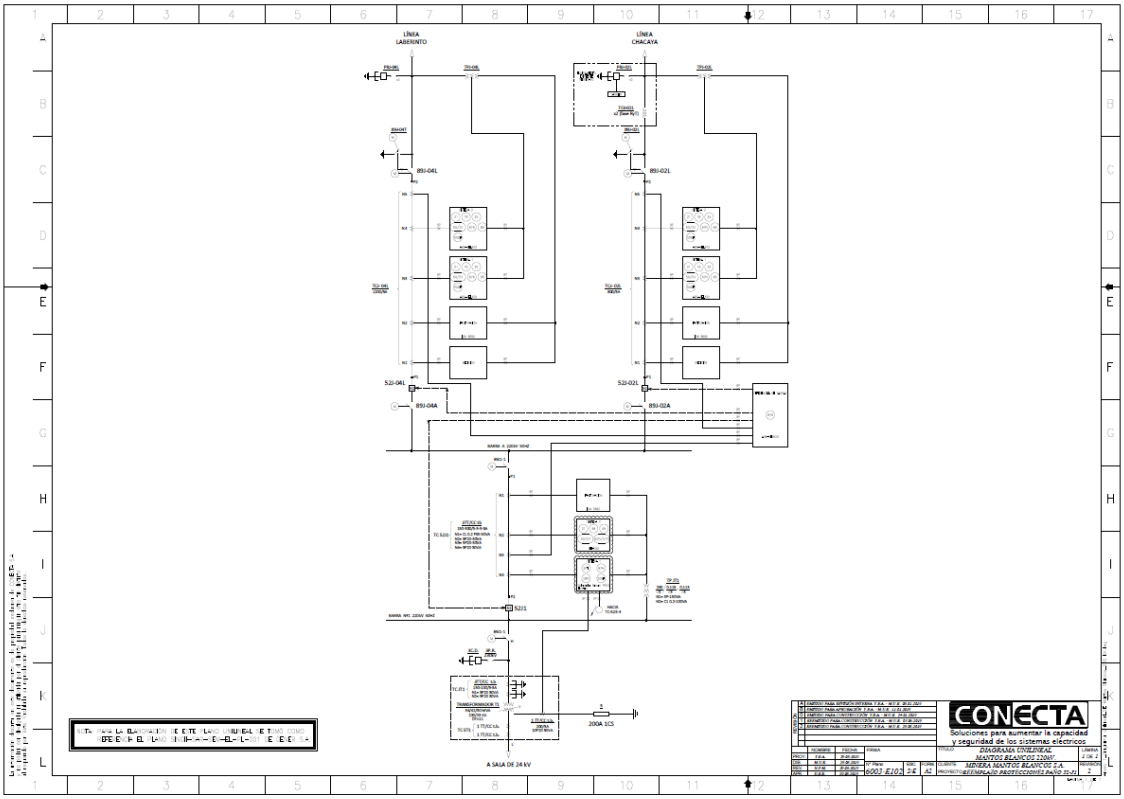


Fig Nº 3: Diagrama Unilineal General S/E Mantos Blancos

En el Anexo B se muestran las observaciones específicas a este plano

En vista de la información insuficiente contenida en los planos mostrados en las figuras 2 y 3, Dieco solicitó al CEN y a la Empresa Mantos Copper presentar la siguiente información en forma previa a la realización de la Auditoría Técnica.

- Diagrama Unilineal General (Lay Out), Planta y Cortes
- Diagrama Unilineal General (DUG)
- Diagrama Unilineal Funcional (DUF)
- Especificaciones Técnicas y HCTG As Built de los Transformadores de poder T1, T2, transformadores de MT y SSAA.
- Especificaciones Técnicas y HCTG As Built de equipos de patio, SSAA, Sistema de Control, Protección y Telecomunicaciones
- Planos Vendor certificados de los fabricantes de equipos de patio, SSAA, Sistemas de Control, Protección y Telecomunicaciones

- Planos Vendor Certificados de los Transformadores T1, T2, transformadores de MT y SSAA.
- Planos certificados emitidos por los fabricantes de las placas de características de los equipos de patio y SSAA
- Planos mecánicos As Built de los tableros de Control y Protección
- Planos As Built de disposición de equipos en sala de control
- Planos As Built y Especificaciones Técnicas del Switchgear de 23 kV
- Planos y Especificaciones Técnicas del Sistema de Medición
- Planos y Especificaciones Técnicas As Built de las resistencias de puesta a tierra
- Requerimientos para la acreditación del ingreso de los Auditores de Dieco a las instalaciones de la S/E Mantos Blancos.

El requerimiento de esta información fue reiterado en fecha 31-01-2002 en ocasión de efectuarse la Reunión Coordinación de la Auditoría para las S/E Mantos Blancos en la que participaron representantes del CEN, Mantos Copper y Dieco.

6. INFORMACIÓN PRESENTADA POR MANTOS COPPER

En fecha 04-02-2022, la empresa Mantos Cooper informó que la información solicitada fue cargada a al portal de Infotécnica del CEN[1]

Los archivos adicionales que fueron cargados al portal del CEN, se muestran en el siguiente cuadro remarcados en celeste

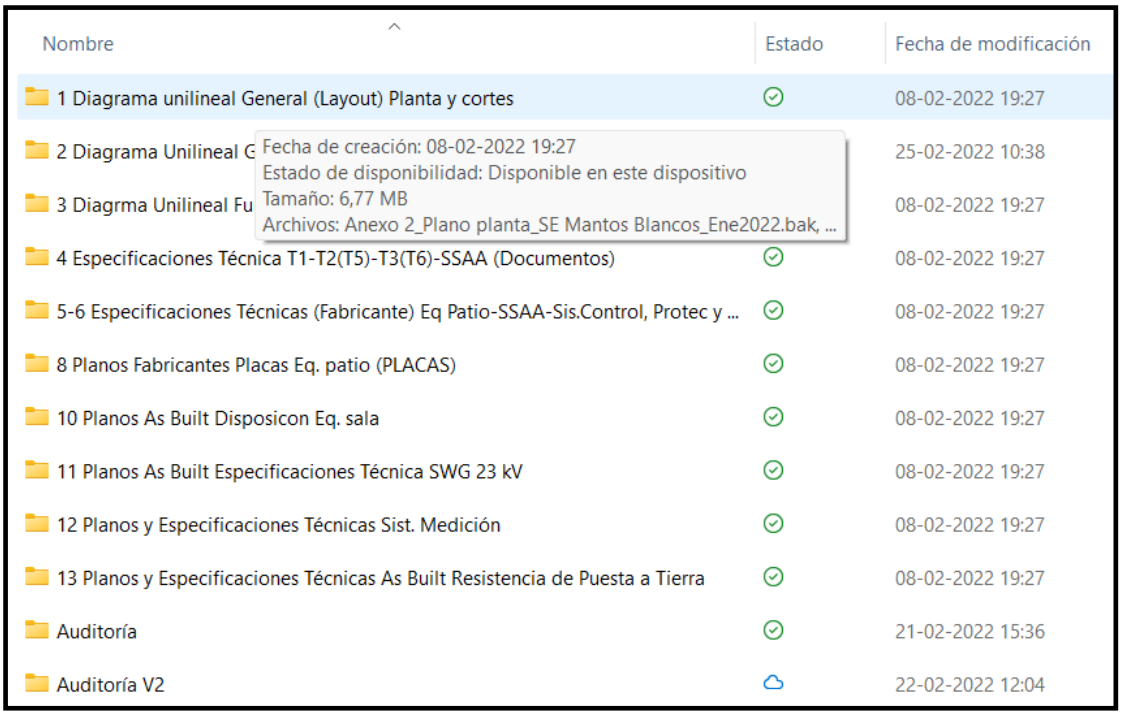
[1] https://infotecnica.coordinador.cl/instalaciones/subestaciones?id_propietario=422

Anexo 1_Diagrama Unilineal_SE Mantos Blancos (Switchgear) 23kV	.dwg	16.337KB	02-09-2021 11:36:33
Anexo 1_Diagrama Unilineal_SE Mantos Blancos (Switchgear) 23kV	.pdf	493KB	02-09-2021 11:36:33
Anexo 5_Disposicion SSG_SE Mantos Blancos	.dwg	570KB	03-09-2021 09:22:34
Anexo 5_Disposicion SSG_SE Mantos Blancos	.pdf	756KB	03-09-2021 09:22:34
Anexo 2_Plano planta_SE Mantos Blancos_Ene2022	.dwg	2.228KB	31-01-2022 09:52:18
Anexo 2_Plano planta_SE Mantos Blancos_Ene2022	.pdf	577KB	31-01-2022 09:52:18
Anexo 5_Disposicion SSG_SE Mantos Blancos_Ene22	.dwg	690KB	31-01-2022 09:54:40
Anexo 5_Disposicion SSG_SE Mantos Blancos_Ene22	.pdf	335KB	31-01-2022 09:54:40
Auditoría	.rar	478.777KB	03-02-2022 09:28:51
Anexo 2_Plano de Elevación_Feb22	.dwg	3.534KB	07-02-2022 06:40:24
Anexo 2_Plano de Elevacion_Feb22	.pdf	948KB	07-02-2022 06:40:24
Auditoría V2	.rar	578.475KB	15-02-2022 12:54:55

Cerrar

Cuadro Nº 2: Información Adicional Cargada al portal de Infotécnica del CEN

La Información Contenida en la carpeta Auditoria es la siguiente:



Cuadro Nº 3: Archivos Adicionale cargados por Mantos Copper

6.1. DIAGRAMA UNILINEAL GENERAL (Layout Planta y Cortes)

El denominado Diagrama Unilineal General cargado por la empresa Mantos Copper en la página de Infotécnica del CEN en fecha 07-02-2022, se muestra en la figura Nº 4. Sin embargo, este plano no corresponde a un plano unilineal general (DUG), sino que representa un plano de Disposición General o Layout, por lo que se sugiere elaborar corregir el nombre a “Plano de Disposición General, Planta y Cortes”,

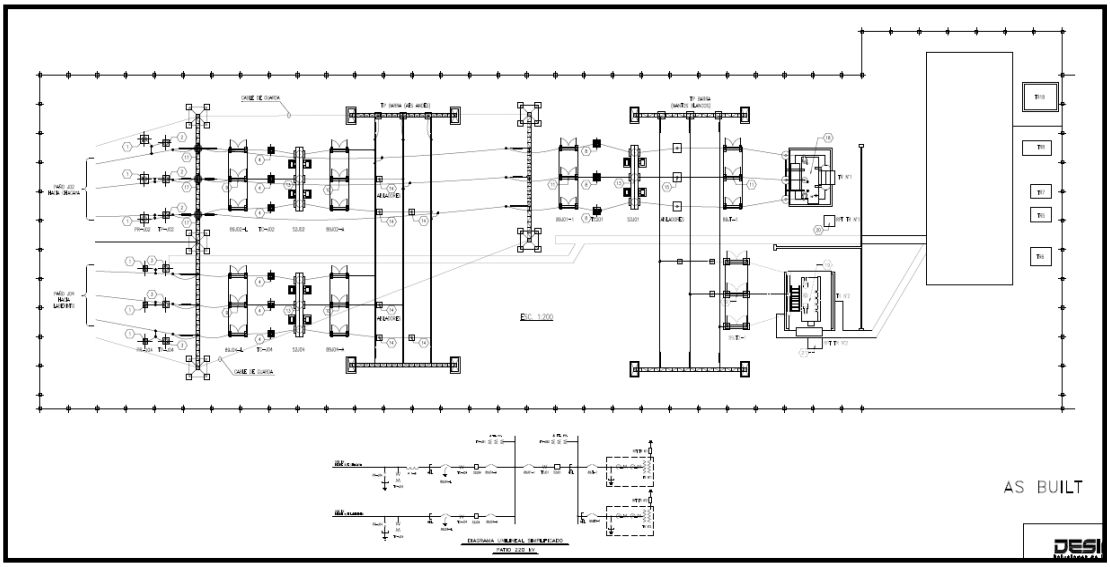


Fig Nº 4:: Plano de Disposición S/E Mantos Blancos

En base a este plano y la inspección realizada por personal de Dieco, se elaboró un modelo BIM de la subestación, el cual permite tener vistas de la S/E desde diferentes ángulos y vistas, ver las posiciones ocupadas, las posiciones disponibles y las áreas de la S/E donde se podrían realizar ampliaciones, además incluye la información de las características técnicas de cada equipo.

Una vista de la S/E en el modelo BIM, se muestra en la siguiente figura

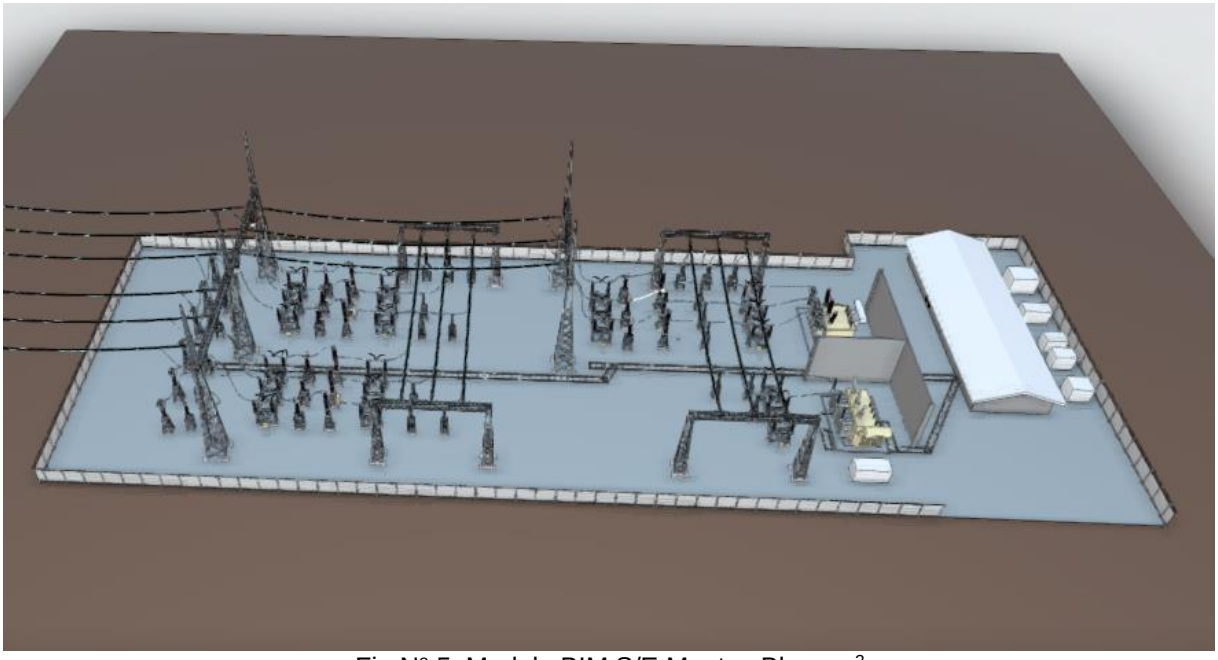


Fig Nº 5: Modelo BIM S/E Mantos Blancos[2]

En el plano EMMB-DWG-850-EE-1002-02 Rev 2, se observa que la S/E Mantos Blancos está constituida por:

- Un Paño de línea hacia Laberinto.
- Un Paño de Línea a Chacaya.
- Un Paño de Transformador
- Una Barra de línea
- Una Barra de Transformador
- Dos Transformadores de Poder
- Equipos de Patio
- Sala de control
- Transformadores Media Tensión y SSAA

En el Anexo C se muestran las observaciones a este plano. De manera general el Coordinado debe actualizar este plano considerando las siguientes observaciones:

- Incluir Dimensiones y Cotas

[2] Se puede descargar el modelo BIM desde el Link:

- Incluir Norte
- Incluir distancias entre equipos
- Corregir la nomenclatura de los equipos
- Incluir la disposición de equipos en la Sala de Control y SSGG
- Incluir marca y modelo a todos los equipo

6.2. AUDITORIA EN S/E MANTOS BLANCOS

En fecha 10-02-2022, los auditores de Dieco, José Salazar Trigo y Aldo Salazar Morató se hicieron presentes en instalaciones de la S/E Mantos Blancos con el la finalidad de realizar el levantamiento técnico y espacial de las instalaciones y equipamientos instalados en esta subestación.

Se realizó una inspección visual de los equipos instalados en la S/E y se obtuvieron registros fotográficos de las placas de características técnicas de cada equipo. No hubo la necesidad de utilizar el dron para equipos cuyas placas se encontraban por sobre los 2 mts de altura, ya se utilizó una cámara fotográfica profesional marca Nikon modelo D3500, con Zoom de 300 X.

El recorrido para la verificación visual y la obtención de fotografías en el patio de 220 kV fue el siguiente:

- Se inició la inspección en el punto A correspondiente al transformador de poder T1, y cada equipo fue revisado en la secuencia de fases 1-2-3 como muestra las flechas en azul.

- En el punto B se verificó la cometida de la línea de transmisión y la ubicación de las trampas de onda, las características técnicas de los pararrayos y transformadores de potencial capacitivos.

- Luego se terminó el recorrido en el punto C correspondiente al transformador T2

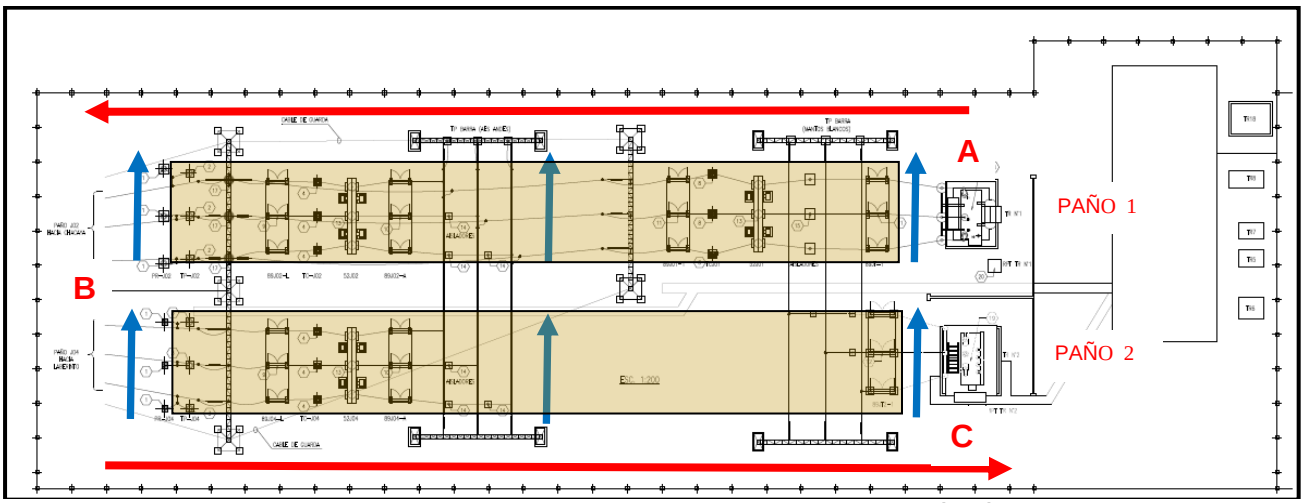


Fig Nº 6: Secuencia del recorrido para obtener la información técnica

6.2.1 PROPIEDAD DE LA EMPRESA MANTOS COPPER

Las instalaciones que son propiedad de la empresa Mantos Copper, al interior de la S/E Mantos Blancos, según lo informado, por el representante de la empresa coordinada durante la visita de inspección de la Auditoría Técnica, se muestran remarcadas en rojo en la siguiente figura:

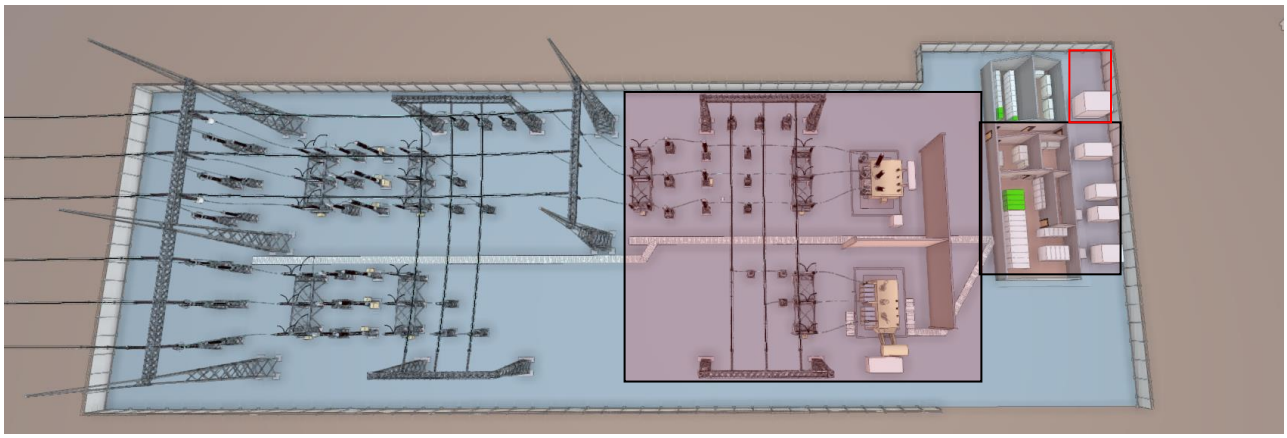


Fig Nº 7: Propiedad de la Empresa Mantos Copper

6.2.2 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN EN TERRENO

La información recopilada en terreno correspondiente a registros fotográficos se halla en las siguientes carpetas:

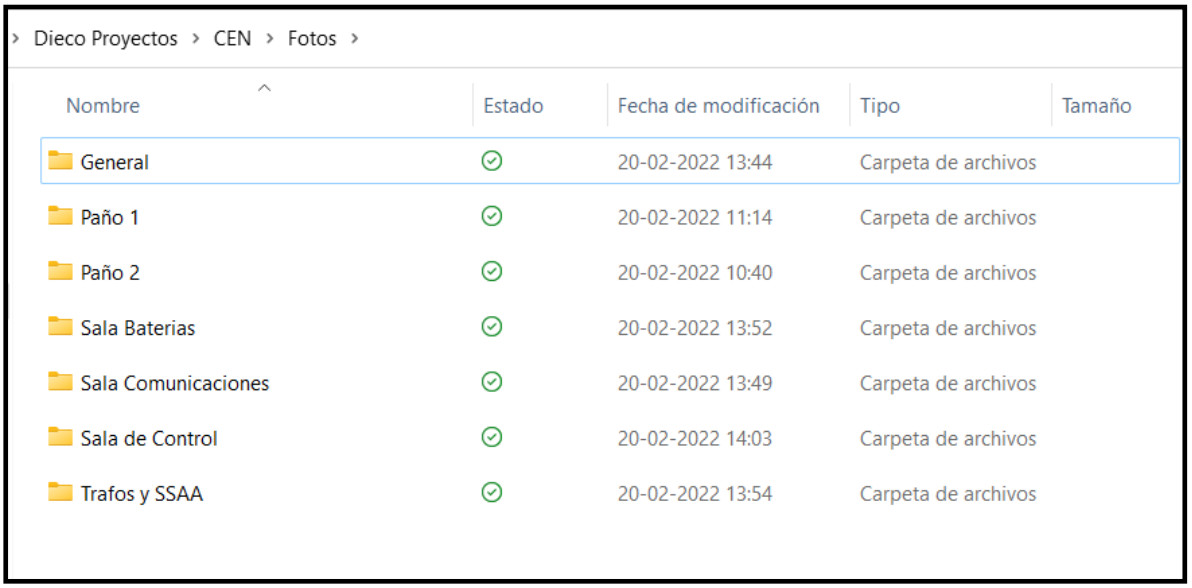
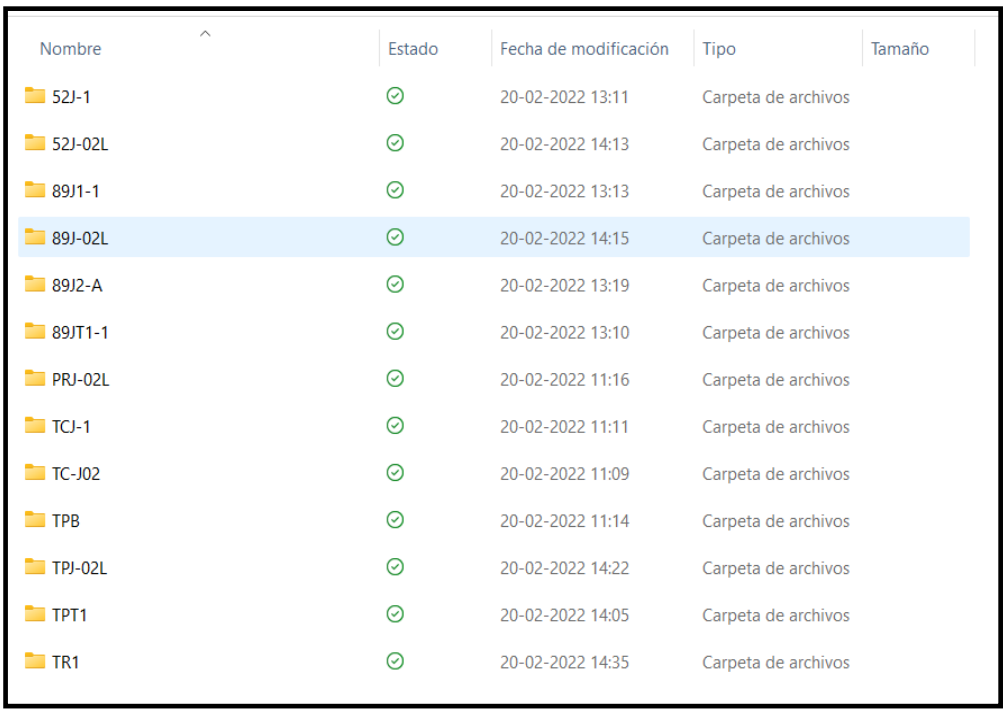


Fig Nº 8: Carpetas de almacenamiento de fotografías

Para simplificar la auditoria y la toma de fotografías se denominaron “Paños 1 y 2” a las instalaciones sombreadas en color naranja.

Estas fotografías, se adjuntan en formato digital en el Anexo D del presente informe. Las carpetas que contienen la información de las placas de características de cada equipo se organizaron de acuerdo a lo mostrado en las figuras 9 y 10.



Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo	Tamaño
52J-1	✓	20-02-2022 13:11	Carpeta de archivos	
52J-02L	✓	20-02-2022 14:13	Carpeta de archivos	
89J1-1	✓	20-02-2022 13:13	Carpeta de archivos	
89J-02L	✓	20-02-2022 14:15	Carpeta de archivos	
89J2-A	✓	20-02-2022 13:19	Carpeta de archivos	
89JT1-1	✓	20-02-2022 13:10	Carpeta de archivos	
PRJ-02L	✓	20-02-2022 11:16	Carpeta de archivos	
TCJ-1	✓	20-02-2022 11:11	Carpeta de archivos	
TC-J02	✓	20-02-2022 11:09	Carpeta de archivos	
TPB	✓	20-02-2022 11:14	Carpeta de archivos	
TPJ-02L	✓	20-02-2022 14:22	Carpeta de archivos	
TPT1	✓	20-02-2022 14:05	Carpeta de archivos	
TR1	✓	20-02-2022 14:35	Carpeta de archivos	

Fig Nº 9: Carpetas de fotografías de equipos de patio del “Paño1”

Nombre	Estado	Fecha de modificación	Tipo
52J-04L	✓	20-02-2022 13:35	Carpeta de archivos
89J04-A	✓	20-02-2022 13:34	Carpeta de archivos
89J-04L	✓	20-02-2022 13:39	Carpeta de archivos
89JT2-1	✓	20-02-2022 13:21	Carpeta de archivos
PRJ-04	✓	20-02-2022 11:28	Carpeta de archivos
TC-J04	✓	20-02-2022 13:37	Carpeta de archivos
TPJ-04L	✓	22-02-2022 10:47	Carpeta de archivos
TR2	✓	20-02-2022 14:23	Carpeta de archivos

Fig Nº 10: Carpetas de fotografías de equipos de patio del “Paño 2”

A continuación se realiza un análisis de los problemas detectados en esta auditoria técnica

6.2.3 TRANSFORMADORES DE PODER

El transformador de poder T1 fue fabricado en el año 1995 por ABB de Brasil. El transformador T2 fue fabricado en el año 2014 por JHSP Transformer PRC de China y fue montado por la empresa Rhona en febrero de 2015. Este segundo transformador, se encuentra montado con todos sus accesorios, equipos de supervisión Qualitrol 509, analizador de gases y tiene instalados tres (3) conductores por fase en 23 kV. Sin embargo, este transformador no está conectado en alta tensión y tampoco está conectado en media tensión.

El 8 de febrero de 2021, la empresa Jorpa realizó un análisis de las características físico – químicas y humedad del aceite del transformador T2. Los resultados muestran que la humedad contenida e el aceite se encuentra por debajo del límite máximo permitido para ser energizado, a pesar de que se encuentra desconectado por 7 años.

Se ha observado de las placas de características técnicas, que la impedancia de los transformadores T1 y T2 para la tensión nominal tiene los siguientes valores

	Z%	MVAb	MVAb 34	V (kV)
T1	13,56	34	13,56	198
	10,66	34	10,66	220
	8,66	34	8,66	246,3
T2	14,68	50	10,0	198
	14,7	50	10,0	220
	15,29	50	10,4	242

Cuadro Nº 4: Impedancias de Secuencia Positiva T-1 y T-2

Del cuadro No 4 se observa que la impedancia de secuencia positiva de T1 para la tensión nominal es de 10,66% en base de 34 MVA. Por otro lado, la impedancia de secuencia positiva de T2 es de 14,7 en base de 50 MVA.

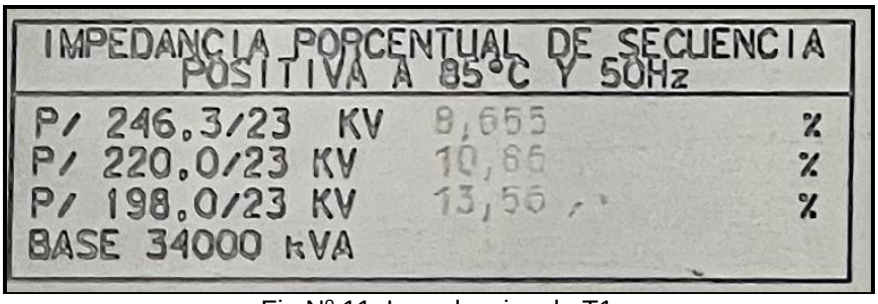
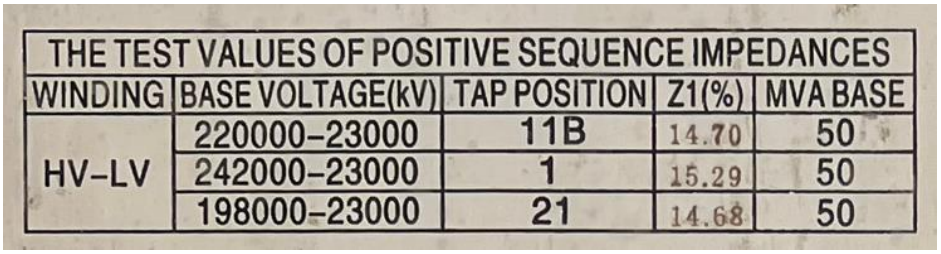


Fig Nº 11: Impedancias de T1



THE TEST VALUES OF POSITIVE SEQUENCE IMPEDANCES				
WINDING	BASE VOLTAGE(kV)	TAP POSITION	Z1(%)	MVA BASE
HV–LV	220000–23000	11B	14.70	50
	242000–23000	1	15.29	50
	198000–23000	21	14.68	50

Fig Nº 12: Impedancias de T2

Considerando 34 MVA, la potencia base para ambos transformadores, la impedancia de secuencia positiva de T2 es de 10,00%, es decir que las impedancias de ambos transformadores tienen una diferencia de 6,2 %.

Esta diferencia de impedancia observada en ambos transformadores producirá que el transformador de menor impedancia se sobrecargue y el de mayor impedancia se infracargue.

La potencia en cada transformador se calcula de la siguiente manera:

$$Pm = \frac{\sum_1^n Pm \ xPnm}{\sum_1^n \frac{Pnm}{uccm} uctm}$$

$$\sum Pm = 50 + 50 = 100 \ MVA$$

$$\sum_1^2 \frac{Pnm}{Uccm} = \frac{50}{10{,}66} + \frac{50}{10} = 9{,}69$$

De donde:

$$P1 = \frac{100}{9{,}69}\frac{50}{10{,}66} = 48{,}4 \ MVA$$

$$P2 = \frac{100}{9{,}69}\frac{50}{10} = 51{,}7 \ MVA$$

Los resultados muestran que el transformador 1 está infra-cargado en 3,2% y el transformador 2 está sobrecargado en 3,4 %, para la posición nominal o central de ambos cambiadores de Taps.

Esta diferencia de impedancia se encuentra dentro de los rangos limites permitido por la Norma IEEE xxxxx

Si realizamos este mismo análisis para para la posición tap más bajo, las impedancias de los transformadores T1 y T2 son de 8,66 y 10,4% respectivamente en base de 34 MVA.

Para este caso, tendremos los siguientes valores de sobrecarga e infracarga:

$$\sum_{1}^{2} \frac{Pnm}{Uccm} = \frac{50}{10{,}4} + \frac{50}{8{,}66} = 10{,}58$$

De donde:

$$P1 = \frac{100}{10{,}58}\frac{50}{8{,}66} = 54{,}6\ MVA$$

$$P2 = \frac{100}{10{,}58}\frac{50}{10{,}4} = 45{,}44 MVA$$

Para este escenario, el transformado T1 se sobrecarga en 9,2% y el transformador T2 reduce su carga en 9,12%

En cuanto a la relación de transformación ambos transformadores presentas las siguientes diferencias en las diferentes posiciones de los Taps

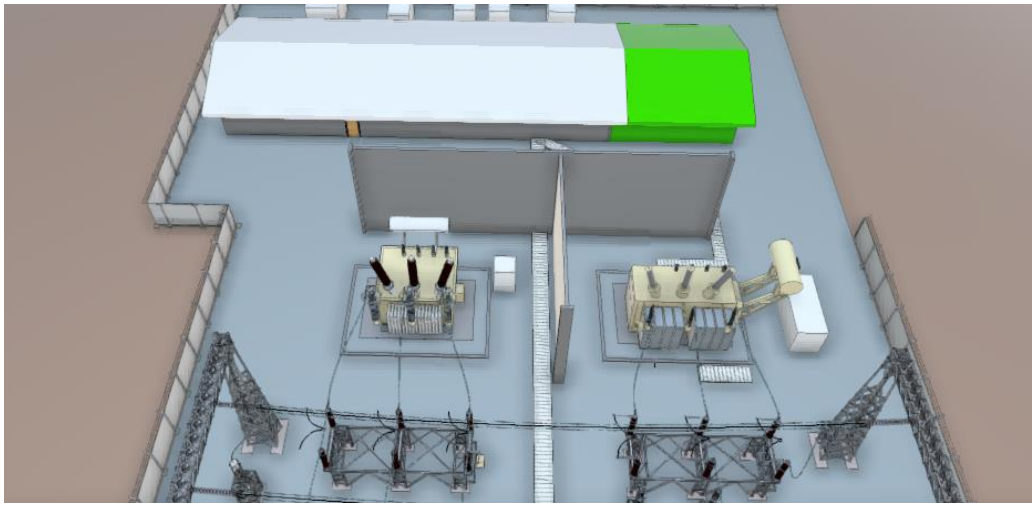


Fig Nº 13: Vista de los transformadores en modelo BIM

a) POSICIONES EXISTENTES SOLAMENTE EN ACCIONAMIENTO MANUAL. EN ACCIONAMIENTO ELECTRICO ESTAS POSICIONES PASSAM AUTOMATICAMENTE.

TERMINALES	POS.	CAMBIADOR BAJO CARGA CONEXION		VOLTIOS	AMPERIOS OA	FA1	FA2
H1	+10	K+	A-1	246300	79,7	98,5	117,2
	+9		A-2	243400	80,6	99,6	118,6
	+8		A-3	240500	81,6	100,8	120,0
	+7		A-4	237600	82,6	102,1	121,5
	+6		A-5	234900	83,6	103,2	122,9
	+5		A-6	232200	84,5	104,4	124,3
	+4		A-7	229500	85,5	105,7	125,8
	+3		A-8	226900	86,5	106,9	127,2
	+2		A-9	224400	87,5	108,1	128,6
	+1		A-10	222200	88,3	109,1	129,9
H2	0•		A-11				
	0		A-K	220000	89,2	110,2	131,2
	0•		A-1				
H3	-1	K-	A-2	217800	90,1	111,3	132,5
	-2		A-3	215600	91,0	112,5	133,9
	-3		A-4	213400	92,0	113,6	135,3
	-4		A-5	211200	92,9	114,8	136,7
	-5		A-6	209000	93,9	116,0	138,1
	-6		A-7	206800	94,9	117,3	139,6
	-7		A-8	204600	95,9	118,5	141,1
	-8		A-9	202400	97,0	119,8	142,6
	-9		A-10	200200	98,1	121,1	144,2
	-10		A-11	198000	99,1	122,5	145,8
X1-X2-X3 X0				23000	853,5	1054,3	1255,1

Fig Nº 14: Posiciones y Voltajes con Cambiador de Taps T1

HIGH VOLTAGE
3xVMI 351-300/D-12233W
ON-LOAD TAP CHANGER

VOLTS L-L	AMPS AT 34MVA	42MVA	50MVA	POS	K ON	CONTACTS ON	VOLTS L-L	AMPS AT 34MVA	42MVA	50MVA	POS	K ON	CONTACTS ON
242000	81.1	100.2	119.3	1		1	220000	89.2	110.2	131.2	11C		1
239800	81.9	101.1	120.4	2		2	217800	90.1	111.3	132.5	12		2
237600	82.6	102.1	121.5	3		3	215600	91.0	112.5	133.9	13		3
235400	83.4	103.0	122.6	4		4	213400	92.0	113.6	135.3	14		4
233200	84.2	104.0	123.8	5		5	211200	92.9	114.8	136.7	15		5
231000	85.0	105.0	125.0	6	+	6	209000	93.9	116.0	138.1	16	-	6
228800	85.8	106.0	126.2	7		7	206800	94.9	117.3	139.6	17		7
226600	86.6	107.0	127.4	8		8	204600	95.9	118.5	141.1	18		8
224400	87.5	108.1	128.6	9		9	202400	97.0	119.8	142.6	19		9
222200	88.3	109.1	129.9	10		10	200200	98.1	121.1	144.2	20		10
220000	89.2	110.2	131.2	11A		11	198000	99.1	122.5	145.8	21		11
220000	89.2	110.2	131.2	11B		k							

Fig Nº 15: Posiciones y Voltajes con Cambiador de Taps T2

Como se puede apreciar las tensiones para los voltajes más altos del transformador T1 (ABB) no coinciden con los voltajes para las mismas posiciones del transformador T2 (JHSP). El porcentaje de regulación total de T1 es de 11,9 %, en cambio el de T2 es de 10% cuando los Taps se encuentran en el rango positivo. Para el rango negativo la regulación de ambos transformadores es de 10%.

Debido a las diferencias observadas en ambos transformadores, no es recomendable que estos transformadores trabajen en paralelo, porque en la posición más alta del cambiador de Taps, se tendrían problemas de sobrecarga en T1 y también se presentarían problemas en regulación de tensión, porque el regulador de voltaje tendría distintas referencias.

6.2.4 PARARRAYOS

Los pararrayos instalados en los paños de línea J-02L y J-04L, tienen las siguientes características técnicas.

Código	Fase	Un [kV]	Ur [kV]	MCOV [kV]	Clase	In de descarga (8/20us) [kA]
PRJ-2L	1	220	198	158	4	20
PRJ-2L	2	220	198	158	4	20
PRJ-2L	3	220	198	158	4	20
PRJ-4L	1	220	228	167	4	10
PRJ-4L	2	220	228	167	4	10
PRJ-4L	3	220	228	167	4	10

Cuadro Nº 5: Características Técnicas de Los Pararrayos

Para una línea de transmisión en 220 kV, se requiere que los pararrayos instalados en esta subestación deben tener valores similares para Ur y Uc, de lo contario, si se producen sobretensiones en el tramo en que ambas líneas de transmisión se encuentran instaladas en la misma estructura, solamente operará el pararrayos del paño de línea J-02L correspondiente a la línea Mantos-Blancos-Chacaya, por lo que se recomienda el reemplazo de los pararrayos del paño J-04L, para que los pararrayos de ambas líneas tengan valores idénticos de Ur y Uc, In e Icc. Para el paño J-04L se recomienda utilizar pararrayos clase 4, con valores de Ur y Uc de 198 y 158 kV respectivamente.

En cuanto al resto de los equipos de patio instalados en los dos paños de línea y en el paño del Transformador T1 no existen mayores observaciones.

En el Anexo E, se muestran las característica técnicas de todos los equipos instalados en la S/E mantos Blancos los cuales fueron extraídos de las placas de características de cada equipo y de la información proporcionada por la empresa Mantos Copper.

6.2.5 SALA DE CONTROL Y SERVICIOS GENERALES (SSGG)

Concluida la inspección y revisión visual de los equipos de patio y transformadores de poder, se procedió a revisar e inspeccionar visualmente los equipos instalados en la sala de Control y SSGG. La siguientes figuras muestran la distribución interna y la disposición de los equipos al interior de est a sala

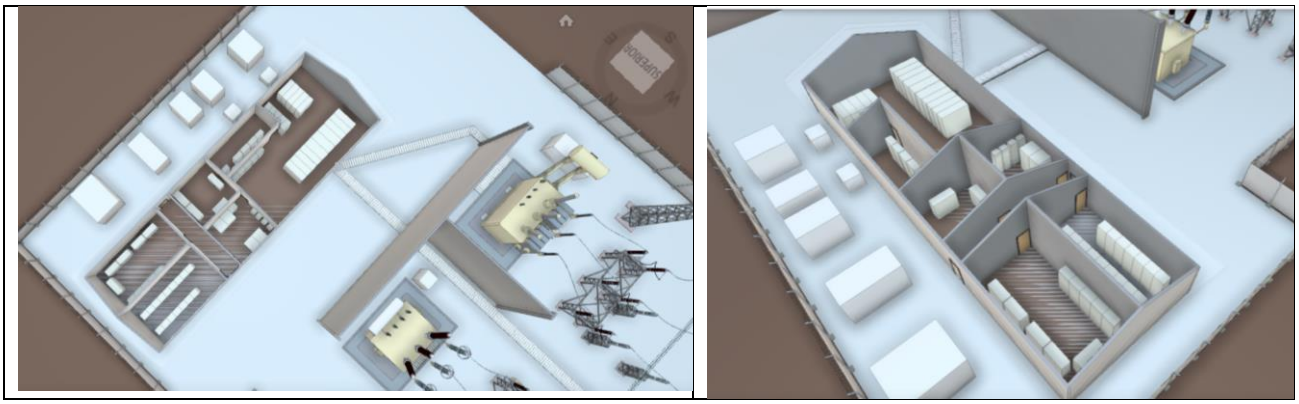


Fig Nº 16: Vista de la Sala de control y SSGG, Modelo BIM

En esta sala se obtuvieron registros fotográficos de los paneles del SWGR principal de 23 kV MVS-200-2, cuyo diagrama unilineal es el siguiente:

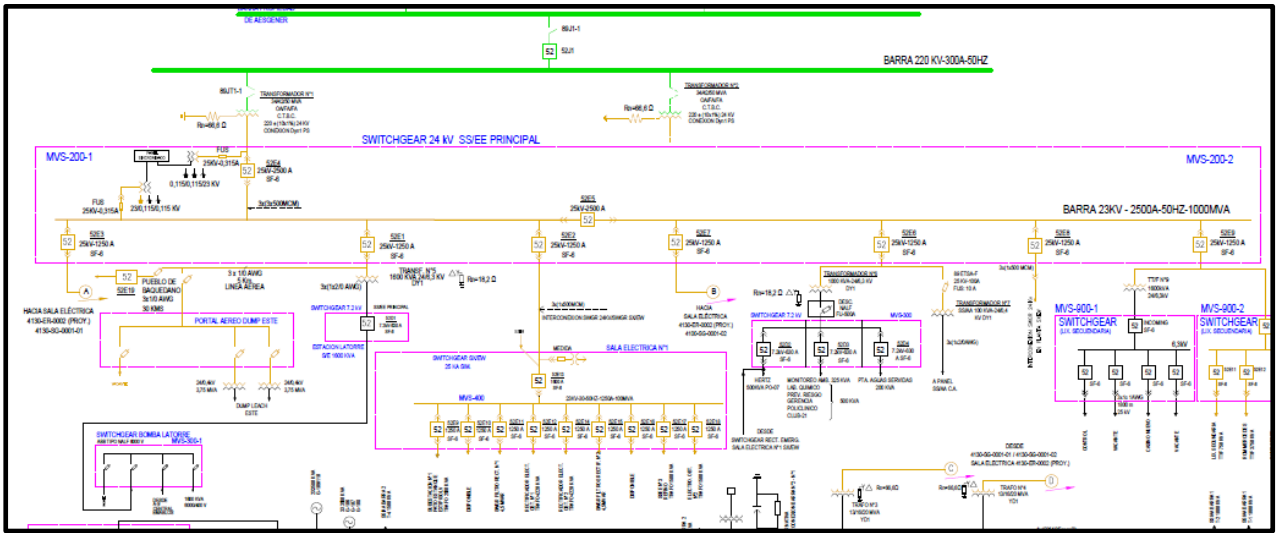


Fig Nº 17: Diagrama Unilineal SWGR de 23 kV

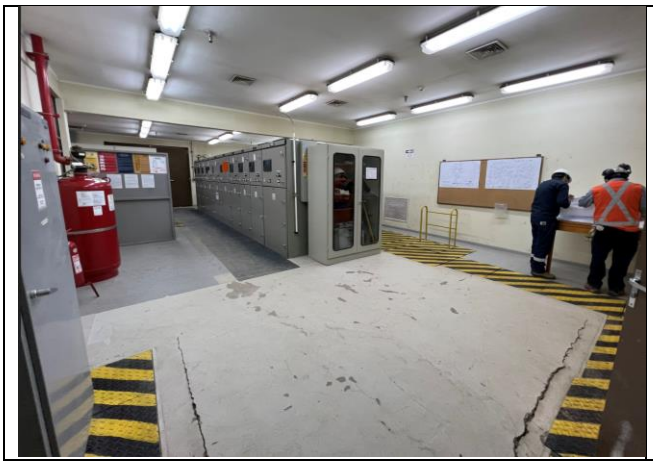
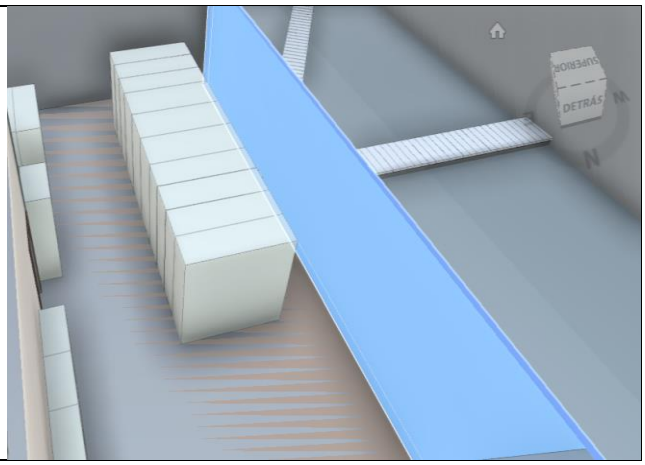



Fig Nº 18: Vista del Switchgear de 23 kV, 14 a) fotografía, 14 b) Modelo BIM

En la sala de Control y SSGG se verificó que las celdas de 23 kV se encontraban en operación, verificando la posición de cada interruptor “Cerrado o Abierto” y la potencia que estaba ingresando o saliendo de cada una de las celdas .

Al momento de realizarse la inspección, todos los interruptores de las celdas se encantaban en la posición “Cerrado”. Las características técnicas de las celdas del SWGR de 23 kV y las potencias registradas en cada celda se muestran en el cuadro Nº 6. Al momento de realizarse la inspección, la potencia consumida por la Empresa Minera Mantos Copper en la S/E Mantos Blancos era de 28 MW

SWITCHGEAR MVS-200-2											
	BARRA	CELDA No 1	CELDA No 2	CELDA No 3	CELDA No 4 Incomming	CELDA No 5 Tie	CELDA No 7	CELDA No 6	CELDA No 8	CELDA No 9	Total Demanda
No de Serie		52-E3	52-E1	52-E2	52-E4	52-E5	52-E7	52-E6	52-E8	52-E9	
Modelo	Fluair 300	Fluair 301	Fluair 302	Fluair 303	Fluair 304	Fluair 305	Fluair 306	Fluair 307	Fluair 308	Fluair 309	
Marca	Merlin Gerin	Merlin Gerin	Merlin Gerin	Merlin Gerin	Merlin Gerin	Merlin Gerin	Merlin Gerin	Merlin Gerin	Merlin Gerin	Merlin Gerin	
Vn [kV]	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
In [kA]	2500	1250	2500	1250	2500	2500	1250	1250	1250	1250	
Icc [kA]	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
BIL kV	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	
P[MW] **		16,2	0,37	2,08	28,2	0,16	4,34	0,16	2,33	2,4	27,88
**	Medido durante la Auditoria										
HACIA		Salidad a T-5	Switchgear Salida Planta SE EW	Sala Eléctrica No 1, T-3	T-1	Acople	Casa de Fuerza 2 y T-4	T-6 y T-7	Alimentación Planta SX IEW	T-18 MVS-900-1 y MVS-900-2	

Cuadro Nº 6: Características Técnicas y Potencias registradas en el SWGR de 23 kV

En las siguientes fotografías se muestran las potencias registradas en cada celda

Fig. Nº 19: Registros de potencias de las celdas de 23 kV

Con estos registros, se muestra que todas las celdas del SWGR de 23 kV se encuentran en operación y no hay celdas disponibles para conexión de un tercero.

Sin embargo, en la sala de Control y SSGG pueden instalarse cuatro celdas adicionales de 23 kV. De acuerdo a lo informado por la empresa Mantos Copper, para conectar el transformador de poder 2 (T2) requieren de dos celdas, una (1) para el incomming y una (1) como Tie de barra.

Por lo tanto, para un proyecto de terceros queda espacio para dos celdas, una(1) podría ser para incomming y una (1) como acoplador de barra.

En la siguiente figura, obtenida del modelo BIM para la S/E Mantos Blancos, se muestra en color verde los espacios disponibles para proyectos futuros que requieran conectarse directamente a la barra de 23 kV

Fig Nº 20: Espacios disponibles en la Sala de Control y SSGG

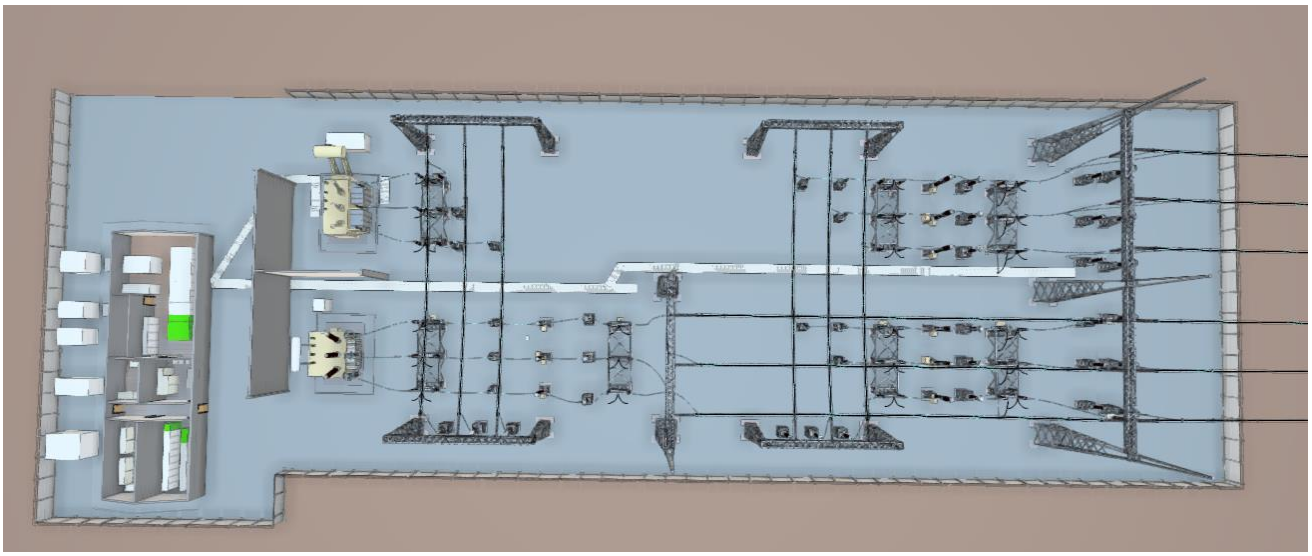


Fig Nº 21: Espacios disponibles en la Sala de Control y SSGG, Vista de planta

6.2.6 SALA DE BATERIAS

En la S/E Mantos Blancos propiedad de la Empresa Mantos Copper están instalados dos (2) bancos de baterías de 110 VDC de 200 A-H y dos (2) bancos de baterías de 48 VDC de 200 A-H.

Por experiencia del Consultor, por cada paño se requieren aproximadamente 50 A-H y el paño de la empresa de Mantos Blancos comprende únicamente el paño del transformador, por lo que existe capacidad suficiente en 110 VDC para ser utilizados en la implementación de futuras celdas de 23 kV y del transformador T2

6.2.7 TRANFORMADORES DE MEDIA TENSIÓN Y DE SSAA

En la siguiente fotografía se muestra la disposición de los transformadores de Media Tensión y de SSAA

Fig Nº 22: Disposición de los Trasformadores de MT y SSAA de S/E Mantos Blancos

La siguiente figura muestra el modelo BIM de la disposición de los transformadores de MT y SSAA y sus resistencias de puesta a tierra.

.

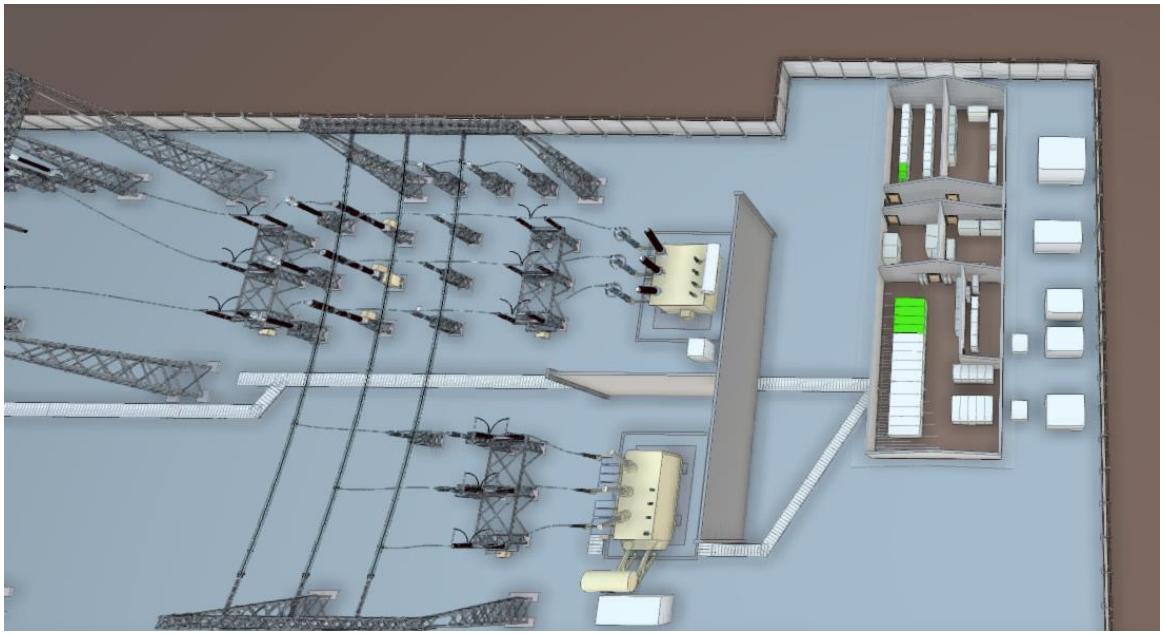


Fig Nº 23: Disposición de Transformadores MT y SSAA, modelo BIM

Las características técnicas de los transformadores mencionados son las siguientes:

Nunero de Serie	Marca	Año de Frabricación	Subestación	Propietario	DESIGNACIÓN	UBICACIÓN		Capacidad Nominal	Impedancia de Secuencia positiva		Relación de Transformación y Tensiones Nominales (kV)		Tipo de Conexión	Resistencia Puesta a Tierra		
									Tap Central							
						Paño 1	Paño 2		Z	Pbase (2)						
								[MVA]	[%]	[MVA]	AT	BT		I (Amp)	R (ohms)	t(s)
70528	Schaffner	2009	M BLANCOS	MTOS COOPER	T-18	52-E9		1,60	5,51	1,60	24	6,30	Dyn1			
95539	Tusan	1995	M BLANCOS	MTOS COOPER	T-8			0,50	6.01	0,50	6	0,4-231	Dyn1			
32314	Schaffner	1995	M BLANCOS	MTOS COOPER	T-7	SSAAA		0,10	3,84	0,10	23	0,4-0,231	Dyn1			
32315	Schaffner	1995	M BLANCOS	MTOS COOPER	T-5	52-E1		1,60	5,60	1,60	23	6,3 - 3,8	Dyn1	200	18.1	10
32316	Schaffner	1995	M BLANCOS	MTOS COOPER	T-6	52-E6		1,00	5,39	1,00	23	6,3 - 3,9	Dyn1	200	18.2	10

Fig Nº 23: Características Técnicas de lo Transformadores de MT y SSAA

7. ACCESO ABIERTO

De acuerdo a lo establecido en el artículo 79º de la Ley General de Servicios Eléctricos (Ley Nº 4) "*las instalaciones de los sistemas de transmisión del sistema eléctrico están sometidas a un régimen de acceso abierto, pudiendo ser utilizadas por terceros bajo condiciones técnicas y económicas no discriminatorias entre todos los usuarios, a través del pago de la remuneración del sistema de que corresponda de acuerdo con las normas de este Título. Ley 20936 Art. 1 N° 4*".

Adicionalmente, *"los propietarios, arrendatarios, usufructuarios, o quienes exploten a cualquier título las instalaciones de transmisión deberán permitir la conexión a sus instalaciones a quien lo solicite,*

sin discriminaciones de ninguna especie u origen, debiendo en su caso efectuar las ampliaciones, adecuaciones, modificaciones refuerzos que sean necesarios para dicha conexión".

De acuerdo a este mismo artículo es el Coordinador quien debe aprobar la conexión a los sistemas de transmisión en las subestaciones existentes como en el caso de la S/E Mantos Blancos.

7.1. ESPACIOS DISPONIBLES EN S/E MANTOS BLANCOS

Si un tercero quiere conectarse a la S/E Mantos Blancos, los espacios disponibles que puede utilizar se muestran en la siguiente figura:

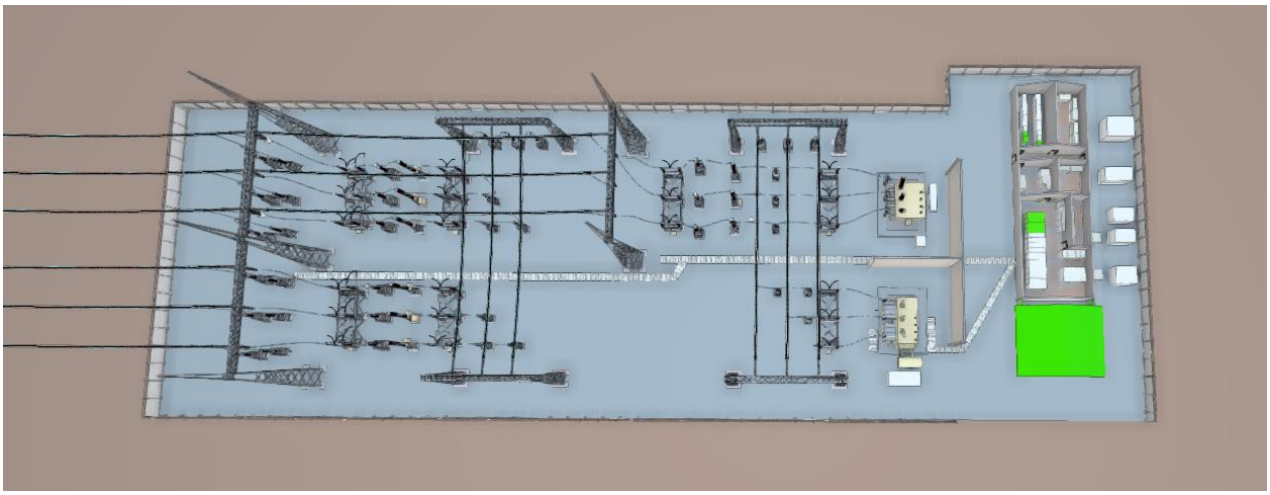


Fig No 24: Espacio disponibles para ampliaciones futras en S/E Mantos Blancos, Modelo BIM

Los Espacios disponibles para futuras ampliaciones y conexiones de terceros en esta S/E son las siguientes:

7.2. SALA DE CONTROL Y SSGG

- Cuatro (4) posiciones para celdas de 23 kV
- Tres (3) posiciones para tableros de Control y Protección, en sala de AES Gener
- Dos (2) posiciones en la Sala de Comunicaciones y RTU
- Ampliar la sala de control hacia el Oeste en 10 mts de largo por 12 mts de ancho

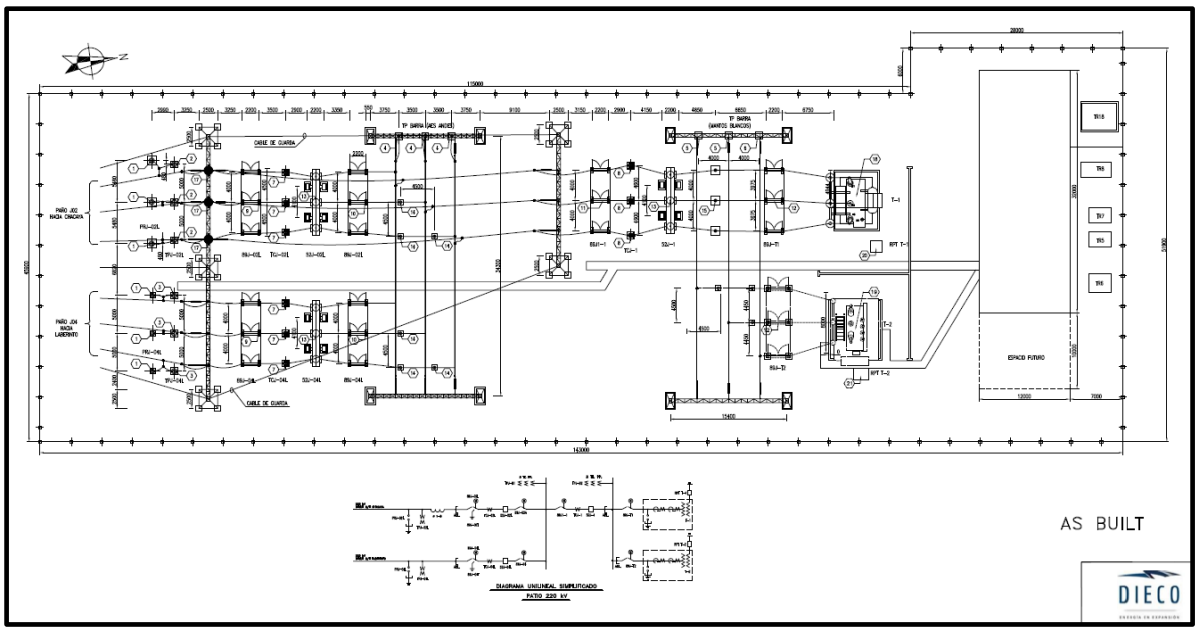


Fig Nº 25: Dimensiones para ampliación de la Sala de Control y SSGG

7.3. CAPACIDAD DE SSAA

Como se muestra en la figura Nº 19 y Cuadro No 6, el consumo actual de los transformadores T6 y T7 es de 160 kW: La potencia nominal es de T7 es de 100 kVA y de T6 1000 KVA, siendo el transformador T7 el de SSAA.

Por experiencia de este consultor y por mediciones realizadas en diferentes subestaciones, el requerimiento a demanda máxima, incluyendo iluminación, aire acondicionado, y todos los consumos conectados es 50 KVA por paño como máximo, por lo que existe una capacidad de 50 KVA aproximadamente para expansiones futuras.

No se pudo medir el consumo real de la demanda de SSAA porque el amperímetro del tablero de SSAA de CA se encontraba dañado, por lo que se recomendó su reemplazo.

8. OPERACIÓN DE LOS TRANSFORMADORES DE PODER T-1 Y T-2

En base a lo explicado en el numeral 6.2.2, estos transformadores no podrán operar en paralelo, por lo que no debe existir una conexión en las barras de 23 kV, entre las celdas alimentadas por T-1 y futuras celdas que pueden ser alimentadas por T-2.

Esta forma de operar, facilitaría para que un tercero se pueda conectar al SEN a través del transformador T-2, instalado sus propias celdas en el espacio de la actual sala de control que tiene 4 exposiciones libres, o ampliando la sala de control, como se muestra en la Fig Nº 22, e instalando una celda incomming y las celdas colectoras de un parque solar o eólico o los alimentadores de una nueva demanda

9. CONCLUSIONES

De lo expuesto en los apartados anteriores, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Los planos de la S/E Mantos Blancos publicados en la Infotécnica del Coordinador hasta el 07-02-2022, solo mostraban el paño del transformador T1

- En fecha 07-02-2007, se publicaron nuevos planos de la S/E Mantos Blancos en el que se observa que existe un segundo transformador instalado en la S/E.

- También se observa en la nueva información de que la línea Chacaya-Laberinto fue seccionada en una barra simple, aproximadamente en el año 1998 de acuerdo a los datos de placa de los equipos.

- La instalación y montaje del Transformador T2 se realizó en el periodo del 12 de enero al 20 de febrero de 2015, de acuerdo al documento “Informe de Montaje, Filtrado de aceite y Pruebas a Transformador de poder 50 MVA 220/23 kV, Minera Mantos Blancos” realizado por la empresa Rhona

- En el año 2021, se realizó un análisis de las características físico-químicas del aceite del transformador T2, observándose que la humedad se encuentra dentro de los límites permitidos para ser energizado.

- Este transformador en la actualidad no puede ser utilizado como reserva por las siguientes razones:

    - Los cables de media tensión no están conectados a ninguna celda de 23 kV. Estos cables fueron dejados en la canaleta

- La relación de transformación en las posiciones de los cambiadores de Taps para las tensiones más elevadas de ambos transformadores no son similares, por lo que no podrían operar en paralelo.

- En la sala de SSGG existe espacio para instalar hasta cuatro (4) celdas de 23 kV adicionales.

- El transformador T2 no puede ser conectado a la barra actual de 23 kV por lo mencionado líneas arriba

- En el patio de 220 kV, existe espacio para ampliar la sala en 10x12 mts. Si una empresa tercera tiene proyectado conectarse en la S/E Mantos Blancos, sería una buena alternativa ampliar la sala de SSGG e instalar una (1) celda incoming para conectarse al transformador T2 y 6 celdas, colectoras y/o demanda.

- Los bancos de baterías de 110 VDC, tienen una capacidad de 200 A-H, por lo general un paño de una subestación requiere de 35 A-H. Por lo tanto, existe la suficiente capacidad en baterías de 110 VDC para la expansión de una SWGR adicional y conexión de T2.

- Con relación a la disponibilidad de SSAA en CA, existe aproximadamente 50 kVA disponibles, que serían suficientes para una ampliación como la mencionada

- Debido a la información incompleta de los planos presentados por la empresa Mantos Copper se deben actualizar y corregir los planos presentados por la empresa Mantos Copper considerando la nomenclatura de la normativa vigente del CEN.

10. RECOMENDACIONES

Se recomienda que la Empresa Mantos Coppers y los propietarios de los paños de línea elaboren los planos Diagrama Unilineal General (DUG) y Diagrama Unilineal Funcional (DUF) en forma coordinada con los propietarios de los paños de línea, con el objetivo de evitar confusiones a los técnicos que puedan realizar trabajos en esta subestación en el futuro.

El hecho de que exista acceso abierto no debería ocasionar que cada empresa elabore los planos relacionados únicamente a su propiedad, sin ver el conjunto de toda la instalación.

Para la conexión de un nuevo proyecto a la S/E Mantos Blancos, se recomienda ampliar la sala de control y SSGG, instalar un nuevo SWGR de 23 kV que sea conectado a T2