

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRONICA



**INSERCIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA EN LA BARRA EN ANILLO DE
LA S.E. VIZCARRA - ANTAMINA**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

PRESENTADO POR:

**EDSON WILLIAM CURI CHAVEZ
PROMOCIÓN**

2009 - II

LIMA – PERÚ

2013

**INSERCIÓN DE UNA NUEVA LÍNEA EN LA BARRA EN ANILLO DE
LA S.E. VIZCARRA - ANTAMINA**

*"A mis padres y hermanos
Por darme el calor de hogar
La unidad familiar
Y la luz de un horizonte".*

SUMARIO

El presente documento es un informe de suficiencia realizado para la obtención del título universitario de ingeniero electricista en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Para la elección del proyecto correspondiente al presente informe mi motivación fue mostrar, en particular, el desarrollo de la solución implementada a un problema común de hoy en día, que es la repotenciación o la necesidad del incremento de la demanda de energía, para este caso en particular de la compañía minera Antamina cuya inversión es considerada la más alta en la historia de la minería peruana (actualmente es uno de los mayores productores peruanos de concentrados de cobre y zinc y una de las diez minas más grandes del mundo en términos de volumen de operaciones). También otro hecho que hace interesante el presente trabajo es que se trata de una configuración de barra en anillo que es poco usual en el sistema interconectado peruano.

En el informe se trata de explicar en base a planes y procedimientos de trabajo el, muchas veces engorroso, trabajo de realizar mejoras sobre sistemas existentes, más aun teniendo como premisa fundamental que no se debe afectar la producción de la minera.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| PRÓLOGO | 1 |
| CAPÍTULO I..... | 2 |
| PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA | 2 |
| 1.1 Objetivos del trabajo..... | 2 |
| 1.1.1 Objetivo principal..... | 2 |
| 1.1.2 Objetivos específicos | 2 |
| 1.2 Evaluación del problema..... | 2 |
| 1.2.1 Evaluación de la Subestación Vizcarra | 3 |
| 1.2.2 Evaluación de la Línea de transmisión a 220 kV Vizcarra - Antamina | 8 |
| 1.2.3 Evaluación de la Subestación Antamina | 9 |
| 1.2.4 Evaluación del Sistemas de protección | 11 |
| 1.3 Limitaciones del trabajo | 11 |
| 1.4 Síntesis del trabajo..... | 11 |
| CAPÍTULO II..... | 14 |
| MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL | 14 |
| 2.1 Base teórica..... | 14 |
| 2.2 Definición de términos..... | 21 |
| CAPITULO III..... | 22 |
| METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA | 22 |
| 3.1 Antecedentes del problema | 22 |
| 3.2 Solución del problema..... | 26 |
| 3.2.1 Filosofía de protecciones de líneas en 220 kV SE Vizcarra – Antamina..... | 27 |
| 4.1 Presentación del plan de actividades | 38 |
| 4.1.1 En alta tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Vizcarra | 38 |
| 4.1.2 En alta tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Antamina | 46 |
| 4.1.3 En baja tensión: interconexión de L-2256 Con L-2253 Y L-2262 -SE Vizcarra..... | 48 |
| 4.1.4 En baja tensión: plan de actividades en baja tensión con corte de energía – SE Antamina | 52 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 4.2 | Planeamiento para la ejecución de las actividades..... | 59 |
| 4.2.1 | En alta tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Vizcarra | 59 |
| 4.2.2 | En alta tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Antamina | 61 |
| 4.2.3 | En baja tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Antamina | 62 |
| | CAPÍTULO IV | 64 |
| | ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 64 |
| 4.1 | Análisis de resultados | 64 |
| 4.2 | Evaluación económica | 66 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 69 |
| | ANEXO A..... | 70 |
| | REUBICACIÓN DE LOS CABLES DE GUARDA..... | 72 |
| | INTERCONEXIÓN DE AMPLIACIÓN DE BARRA 220 KV | 81 |
| | INTERCONEXIÓN EN BAJA TENSIÓN DE L-2256 CON L-2253 Y L-2262 EN SEVIZ... .. | 97 |
| | ANEXO B..... | 93 |
| | INSERCIÓN DE LA LÍNEA L-2255 A LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE BARRAS SE ANTAMINA | 94 |
| | CABLEADO DE TENSIONES DE LOS VTS DE BARRA 220 KV | 100 |
| | SEANTAMINA | 100 |
| | INSTALACIÓN DE RELÉ 86B ADICIONAL EN PANEL 20 | 105 |
| | ANEXO C | 113 |
| | ESQUEMAS Y DIAGRAMAS UNIFILARES SE VIZCARRA -SE ANTAMINA | 113 |
| | BIBLIOGRAFIA | 116 |

PRÓLOGO

El propósito del presente informe es proporcionar la descripción de la solución empleada para llevar a cabo la ampliación Antamina en marco de su programa de Expansión del Sistema de Potencia con la finalidad de que los conceptos y herramientas mostradas puedan servir de apoyo o guía para la implementación de futuros proyectos de corte similar.

El alcance del presente informe, comprende el análisis y la implementación de la solución para la inserción de una nueva línea a la barra en anillo de la subestación Vizcarra y la subestación en barra simple Antamina.

Este trabajo se ha dividido en cuatro capítulos. En el capítulo I, se presentan los objetivos del informe, la evaluación del problema que será atendido, las limitaciones propias del informe y una síntesis del trabajo, en el capítulo II, se presenta el campo teórico para una mayor comprensión del desarrollo de la solución. En el capítulo III se muestra las alternativas de solución al problema y se expone la solución elegida, es en este capítulo donde se muestra la secuencia de las actividades y el cronograma de ejecución de cada una de las mismas. Por último, en el capítulo IV, el análisis de la solución, los resultados obtenidos y también el nivel de inversión para llevar a cabo el proyecto en general.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

1.1 Objetivos del trabajo

1.1.1 Objetivo principal

La construcción de una nueva línea de transmisión 220Kv desde la subestación en configuración en anillo Vizcarra hasta la subestación Antamina, mostrando la ampliación de las respectivas subestaciones y ajustando cada una de las actividades a los tiempos de parada de planta de la minera Antamina.

1.1.2 Objetivos específicos

- Analizar y establecer el procedimiento de ejecución de los trabajos de inserción de la bahía L-2256 al anillo Vizcarra identificando las actividades que requieren la salida de servicio parcial o total del anillo.
- Analizar y establecer los procedimientos de ejecución de los trabajos de conexión de la línea L-2256 a la barra 220 kV Antamina identificando las actividades que requieren la salida de servicio de la barra y, por ende, del suministro a la Minera Antamina.
- Analizar la filosofía del sistema de protección de las dos líneas en 220 kV Vizcarra – Antamina y establecer los procedimientos de ejecución de la interconexión de los circuitos de mando, protección y medición para los nuevos campos en construcción y los circuitos existentes, identificando los trabajos que requieren restricción total o parcial del suministro a la Minera Antamina.

1.2 Evaluación del problema

La compañía minera Antamina (CMA) se encuentra ubicado en la quebrada Antamina, en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, en la región Ancash, entre los 4 200 y 4 700 metros sobre el nivel del mar, latitud 9°32'S, longitud 77°03'W como se puede apreciar en la figura 1.1.

La compañía minera Antamina produce diferentes concentrados de mineral, principalmente cobre y zinc y mediante procesos secundarios obtienen otros minerales como el molibdeno, la plata, el plomo y el bismuto.

Para tener un mejor panorama del tema que concierne al presente informe a continuación se realizara una sucinta evaluación del problema en cada una de las partes del sistema en las que esta repercute.

1.2.1 Evaluación del problema en la Subestación Vizcarra

La subestación Vizcarra está ubicada en el distrito de Huallanca, Provincia de Bolognesi, Departamento de Ancash a una altitud de 3700 msnm.

Esta subestación es una instalación con un patio de flaves en 220 kV al aire libre, en configuración en anillo que actualmente cuenta con 6 bahías con propietarios diversos:

- Línea L-2252 a Tingo María (Duke Energy).
- Línea L-2253 a Paramonga Nueva (Duke Energy).
- Línea L- 2262 a Huallanca (Minera Santa Luisa).
- Línea L-2254 a Paragsha (REP).
- Línea L-2255 a Antamina (Minera Antamina).
- SVC (Minera Antamina)

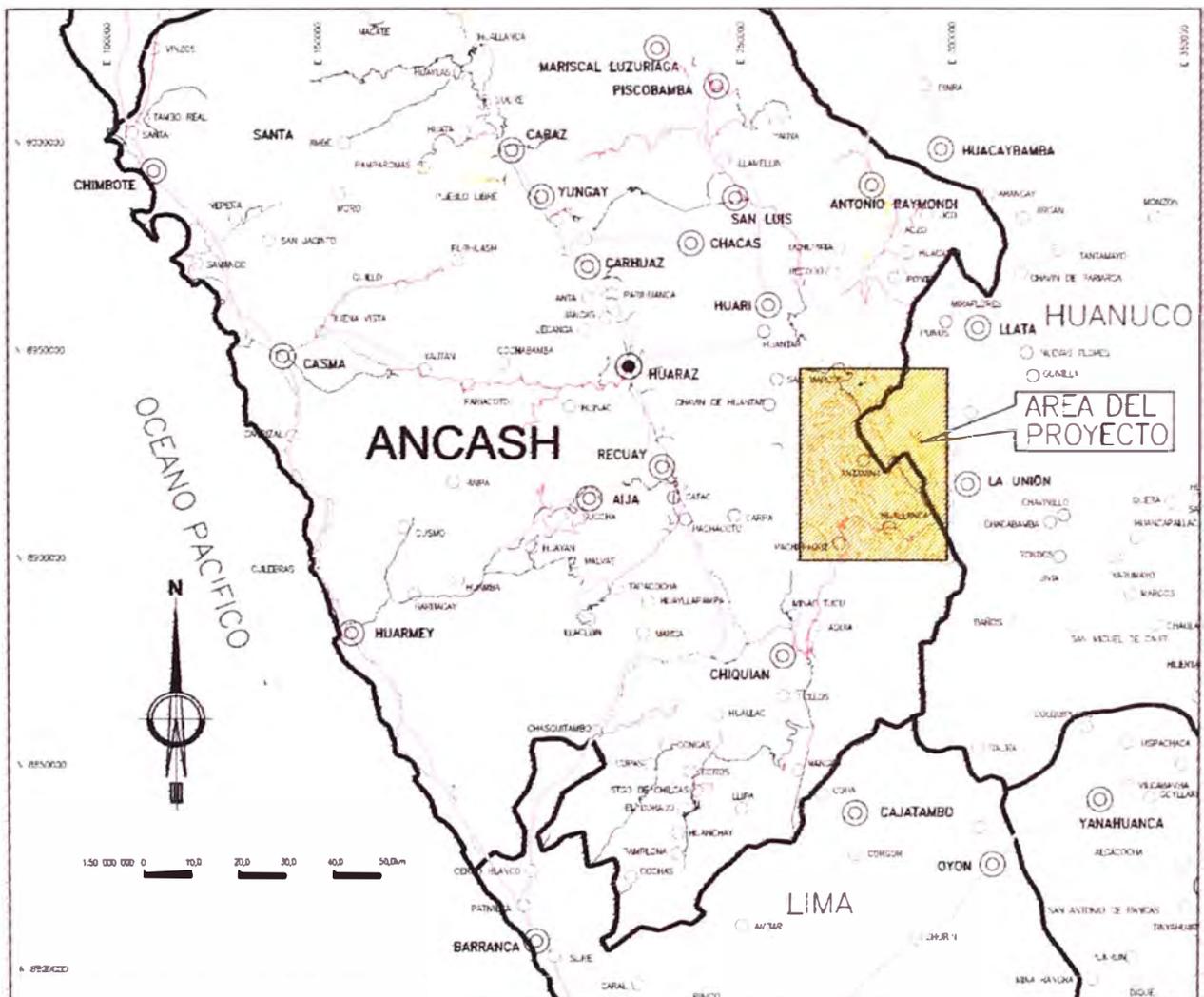


Figura 1.1 Ubicación de la compañía minera Antamina

Las únicas bahías que corresponden a cargas son la línea L-2255 (Vizcarra - Antamina) y la L-2262 (Vizcarra - Sta. Luisa). Las líneas L-2254 (Vizcarra - Paragsha 2), L-2253 (Vizcarra - Paramonga Nueva) y L-2252 (Vizcarra – Tingo María) pueden ser fuentes de alimentación hacia la carga de Antamina.

La subestación Vizcarra en operación normal trabaja con anillo cerrado sin embargo, la opción de operación en anillo abierto no es ajena y se da por tiempos cortos (minutos) generalmente debido a perturbaciones lo que origina la salida de servicio de alguna línea o por espacios de tiempo mayores (horas) como los mantenimientos programados de las redes que convergen a la subestación.

En la figura 1.2 se muestra una fotografía de la subestación.



Figura 1.2 Subestación Vizcarra.

En la figura 1.3 vemos el esquema de barras en anillo que presentaba la subestación Vizcarra en el año 2010.

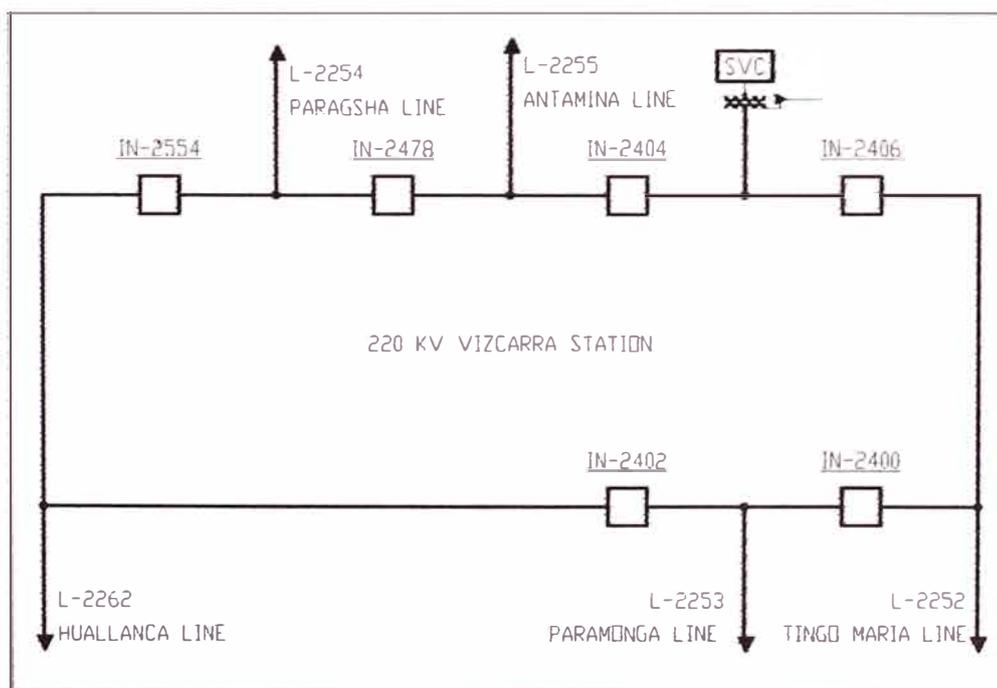


Figura 1.3 Esquema de barras SE Vizcarra.

- Configuración actual (anillo cerrado)

En la figura 1.4 se ha esquematizado la configuración actual de la subestación Vizcarra para realizar un análisis identificar los problemas que se pudieran presentar por contingencias simples (N-1) y dobles.

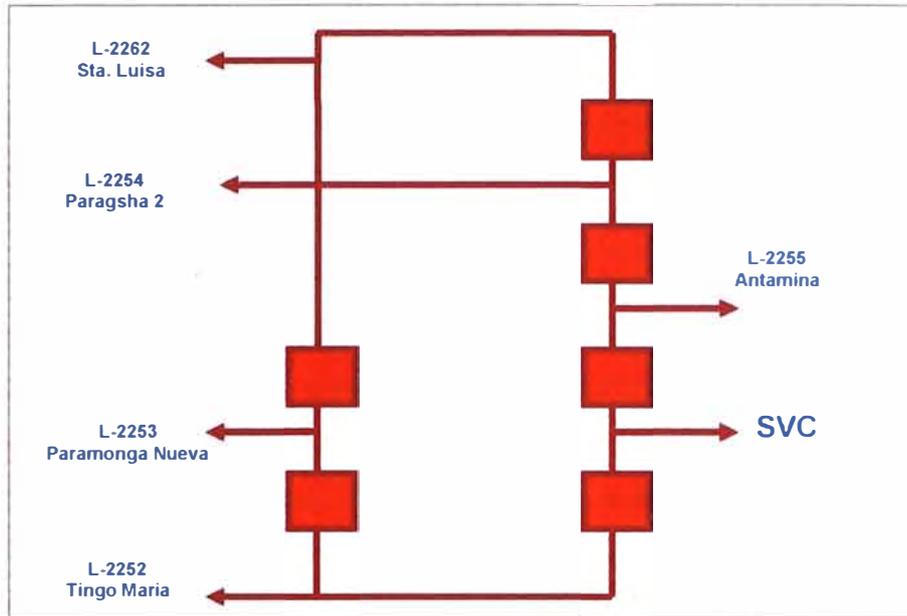


Figura 1.4 Configuración actual (anillo cerrado)

- Configuración con nueva línea auxiliar a Antamina (anillo cerrado)

El diagrama de la figura 1.5 considera la nueva bahía a Antamina, se puede identificar que las bahías que corresponden a cargas son las correspondientes a las líneas L-2255 (Vizcarra - Antamina), L-2256 (línea auxiliar a Antamina) y L-2262 (Vizcarra - Sta. Luisa). Las líneas L-2254 (Vizcarra - Paragsha 2), L-2253 (Vizcarra - Paramonga Nueva) y L-2252 (Vizcarra - Tingo María) continúan siendo probables fuentes de alimentación.

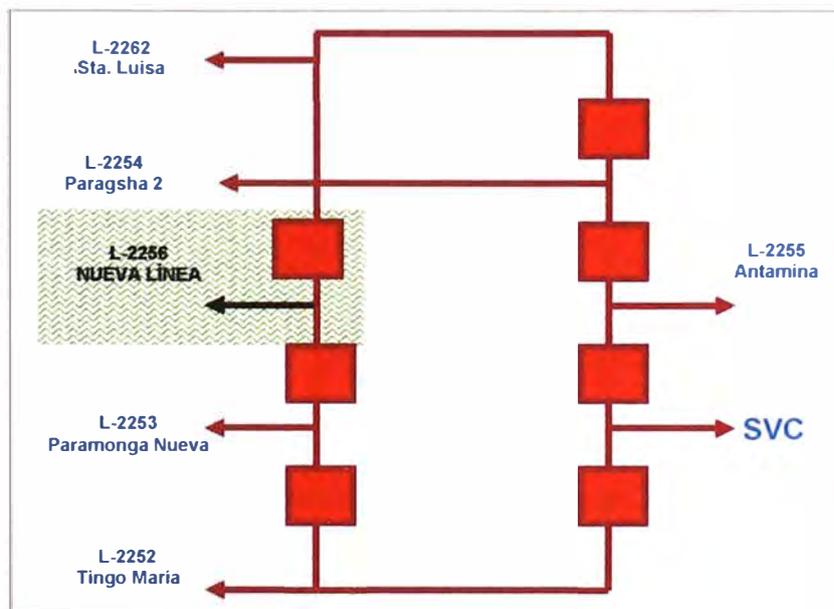


Figura 1.5 Configuración con nueva línea (anillo cerrado)

Si sale de servicio la línea L-2254 (Vizcarra – Paragsha), las cargas de Antamina y Sta. Luisa se sigue alimentando desde las líneas L-2252 (Vizcarra – Tingo María) y L-2253 (Vizcarra – Paramonga Nueva).

Si sale de servicio la línea L-2253 (Vizcarra – Paramonga Nueva), la carga de Antamina y Sta. Luisa se siguen alimentando desde las líneas L-2254 (Vizcarra – Paragsha) y L-2252 (Vizcarra – Tingo María).

Si sale de servicio la línea L-2252 (Vizcarra – Tingo María), las cargas se siguen alimentando desde las líneas L-2254 (Vizcarra – Paragsha) y L-2253 (Vizcarra – Paramonga Nueva).

La salida de servicio de cualquiera de las líneas L-2255, L-2256 ó L-2262 no afecta a la operación de la subestación debido que son líneas de carga, en consecuencia la presencia de la nueva línea no va en desmedro de la configuración actual.

- Configuración con anillo abierto

Si sale de servicio la línea L-2254 (Vizcarra – Paragsha), las carga de Antamina se sigue alimentando desde las líneas L-2252 (Vizcarra – Tingo María) y L-2253 (Vizcarra – Paramonga Nueva). Se interrumpe el servicio a carga de Sta. Luisa por el tiempo que demore en reponer la línea L-2254.

Si alguno de los interruptores de línea L-2254 quedara inoperativo, un plan de contingencia debe permitir paralizar los trabajos y cerrar el seccionador temporal. La figura 1.6 muestra esta contingencia.

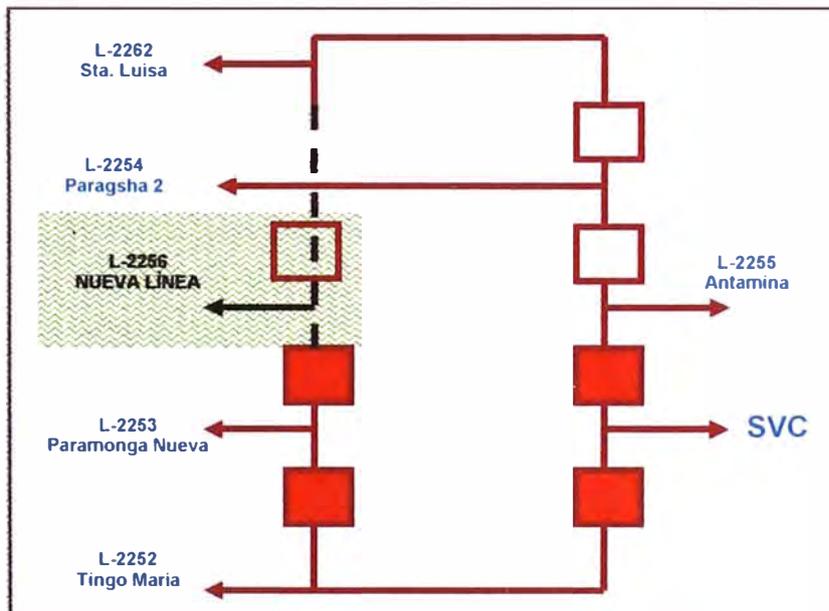


Figura 1.6 Salida de servicio de la línea L-2254

Para mitigar los efectos a la carga de Sta. Luisa ante esta doble contingencia, los trabajos de la ampliación deben llevarse a cabo en época de lluvias donde la CH Huallanca puede generar toda su potencia y adicionalmente disponer de un plan de generación térmica.

Si sale de servicio la línea L-2252 (Vizcarra – Tingo María), las cargas de Antamina y Santa Luisa se siguen alimentando desde la línea L-2254 (Vizcarra – Paragsha). Se interrumpe el servicio de Paramonga Nueva. La figura 1.7 muestra esta contingencia.

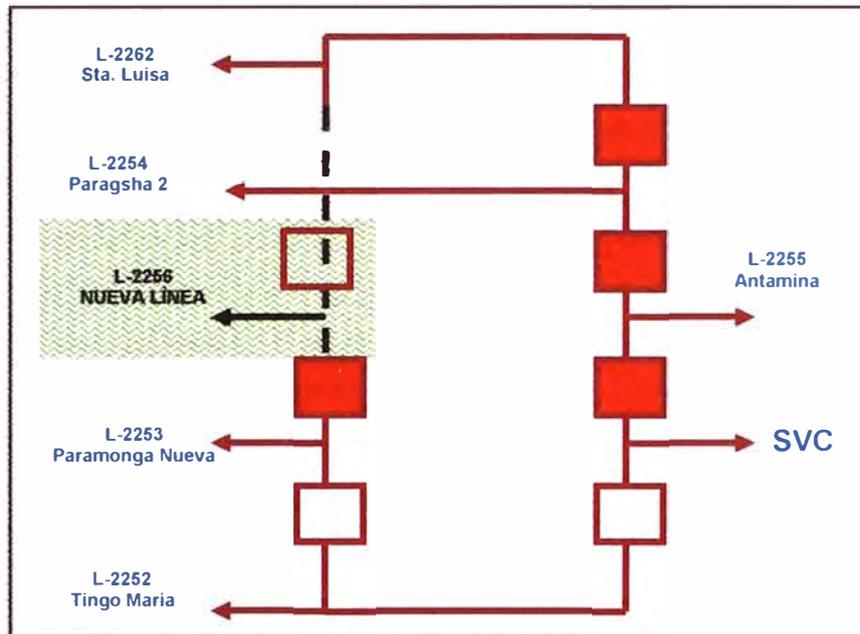


Figura 1.7 Salida de servicio de la línea L-2252

Si sale de servicio la línea L-2253 (Vizcarra – Paramonga Nueva), las carga de Antamina se sigue alimentando desde las líneas L-2252 (Vizcarra – Tingo María) y L-2254 (Vizcarra – Paragsha).

Si alguno de los interruptores de línea L-2253 quedara inoperativo, un plan de contingencia debe permitir paralizar los trabajos y cerrar el seccionador temporal. La figura 1.8 muestra esta contingencia.

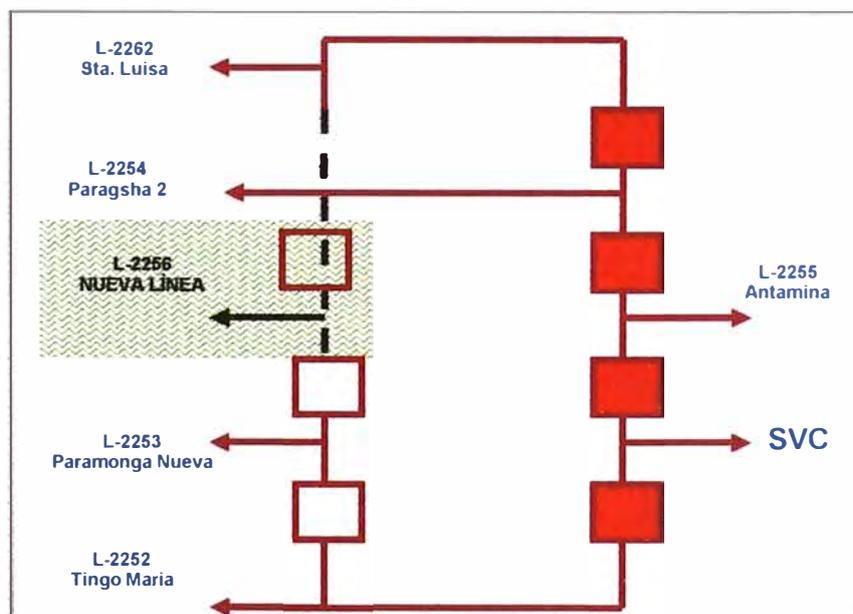


Figura 1.8 Salida de servicio de la línea L-2253

1.2.2 Evaluación de la Línea de transmisión a 220 kV Vizcarra - Antamina

La línea de transmisión tiene una longitud de 52,8 km y una capacidad de transmisión de 500 A con conductores tipo ACSR 592 mm². De darse la ampliación en 145 MW, la capacidad de esta línea sería ampliamente superada. Es por esta razón que es aceptable la alternativa de ampliar la barra 220 kV y construir una nueva bahía de línea de transmisión entre las subestaciones Vizcarra y Antamina y tener la capacidad no solo de cubrir la demanda actual sino también la proyectada. Esta alternativa no ocasiona parada de la producción y el suministro al Complejo Minero sería más confiable.

La Línea de Transmisión 220 KV S.E. Vizcarra sería alimentada con energía proveniente de la Subestación Vizcarra existente y tendría: una capacidad de transmisión de 180 MW, longitud aproximada de 44 km Simple terna, Torres metálicas, conductor de fase tipo ACSR Curlew de 592 mm², - ACSR Curlew, dos conductores de cable de guarda de 70 mm² - Acero Galvanizado EHS y 108,3 mm²- OPGW.

En la figura 1.9 se ve el recorrido que toma cada una de las mismas desde su partida en la subestación Vizcarra hasta la subestación Antamina.

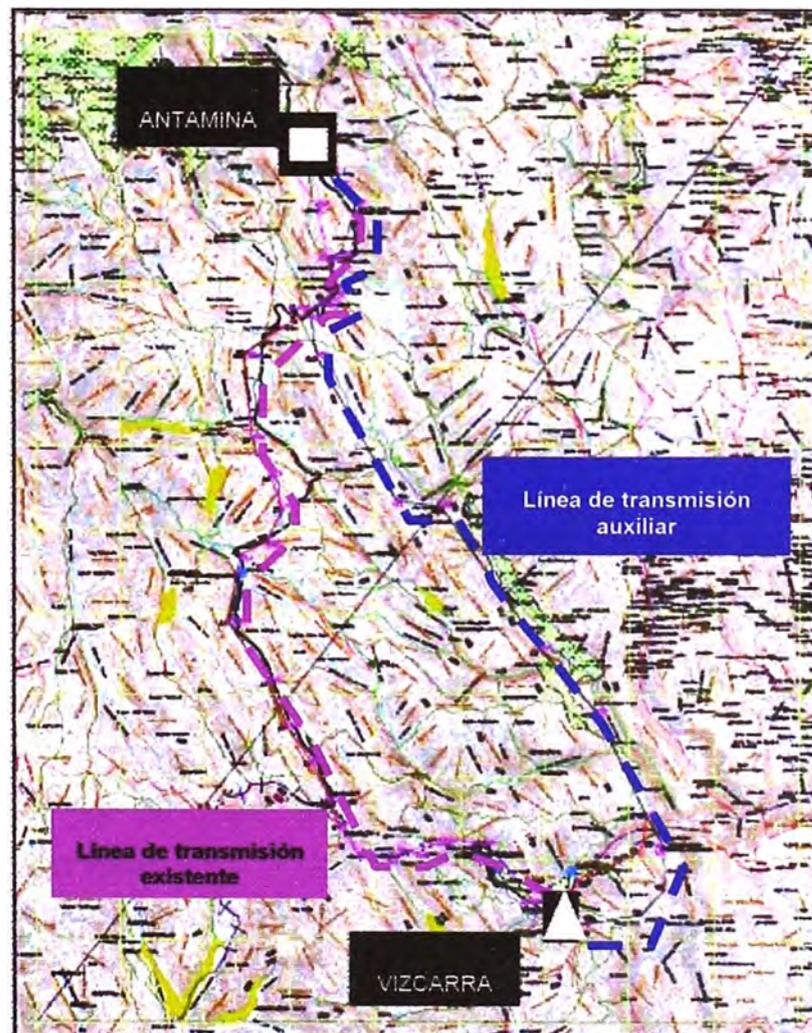


Figura 1.10 Recorrido de las líneas de transmisión Vizcarra – Antamina

La figura 1.10 se muestra una torre típica de acero que presenta actualmente la línea de transmisión en 220kV Vizcarra – Antamina.



Figura 1.9 Línea auxiliar de transmisión Vizcarra - Antamina.

1.2.3 Evaluación de la Subestación Antamina

La S.E. Antamina es la instalación principal que atiende el suministro de la Minera Antamina y está ubicada en el distrito de San Marcos, Provincia de Huarí, Departamento de Ancash. La subestación está ubicada adyacente a la Planta concentradora, a una altitud de 4300 msnm. Se accede desde Lima tomando la carretera panamericana norte hasta el Km 209, donde se toma a la derecha la carretera a Huaraz hasta el pueblo de Conococha – en el Km 122 -, desde aquí se toma a la derecha la carretera a la mina Antamina con una longitud de 125 Km. Todo el trayecto es de carretera asfaltada, en buen estado de conservación.

Esta subestación de 220/23 kV, tiene el patio de llaves 220 kV al aire libre, con una configuración de barra simple. Actualmente cuenta con 3 bahías:

- a) Línea L-2255 a Vizcarra.
- b) Transformador T1 XFR-001, 220/23 kV, 75-100-125 MVA
- c) Transformador T2 XFR-002, 220/23 kV, 75-100-125 MVA

En el nivel de 23 kV se tiene dos barras, A y B, que trabajan conectadas permanentemente. Cada barra con 14 circuitos alimentadores.

Con la capacidad de transformación existente en esta subestación (250 MVA), se puede asumir el incremento de la demanda con bastante holgura. Sin embargo, se pierde confiabilidad en caso de estar fuera de servicio por falla o mantenimiento uno de los transformadores de potencia o equipo de patio de llaves, por lo que se requiere ampliar la

subestación Antamina instalando un tercer transformador de reserva de similares características que los existentes.

La figura 1.11 muestra una fotografía tomada al patio de llaves de la subestación Antamina el año 2010, mientras que la 1.12 nos indica su diagrama unifilar presente para el mismo año.

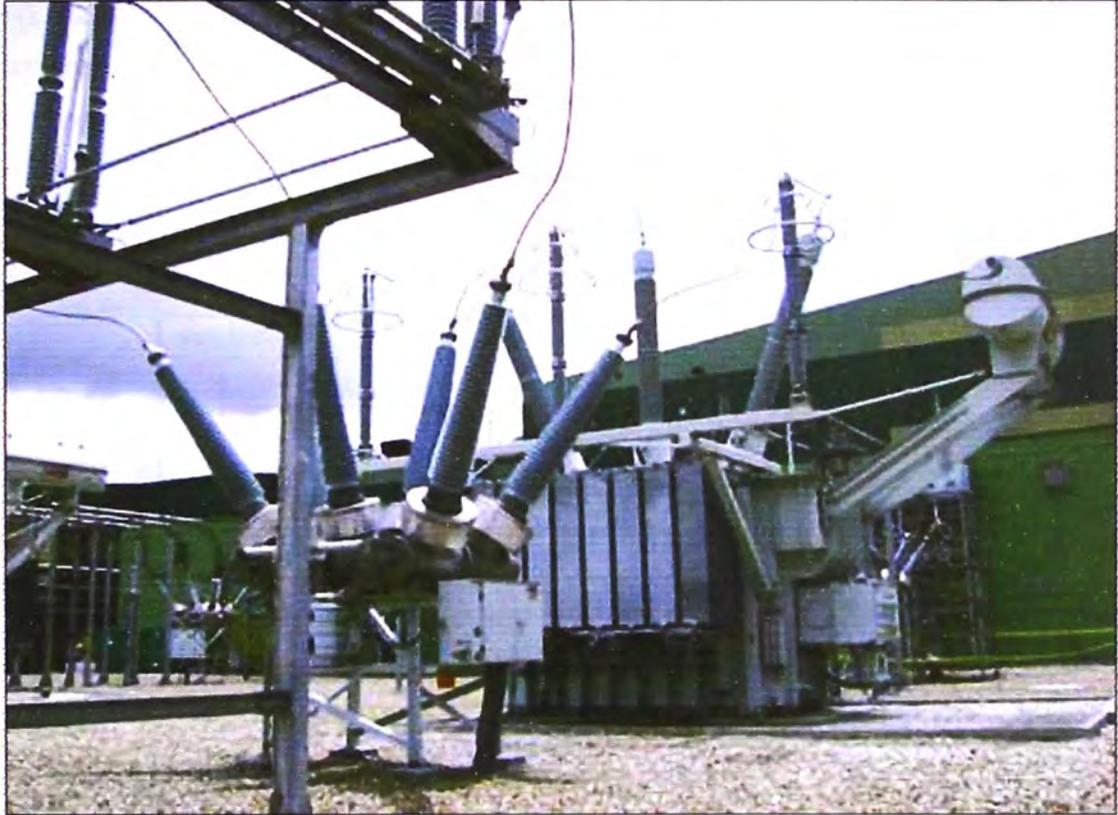


Figura 1.11 Subestación Antamina.

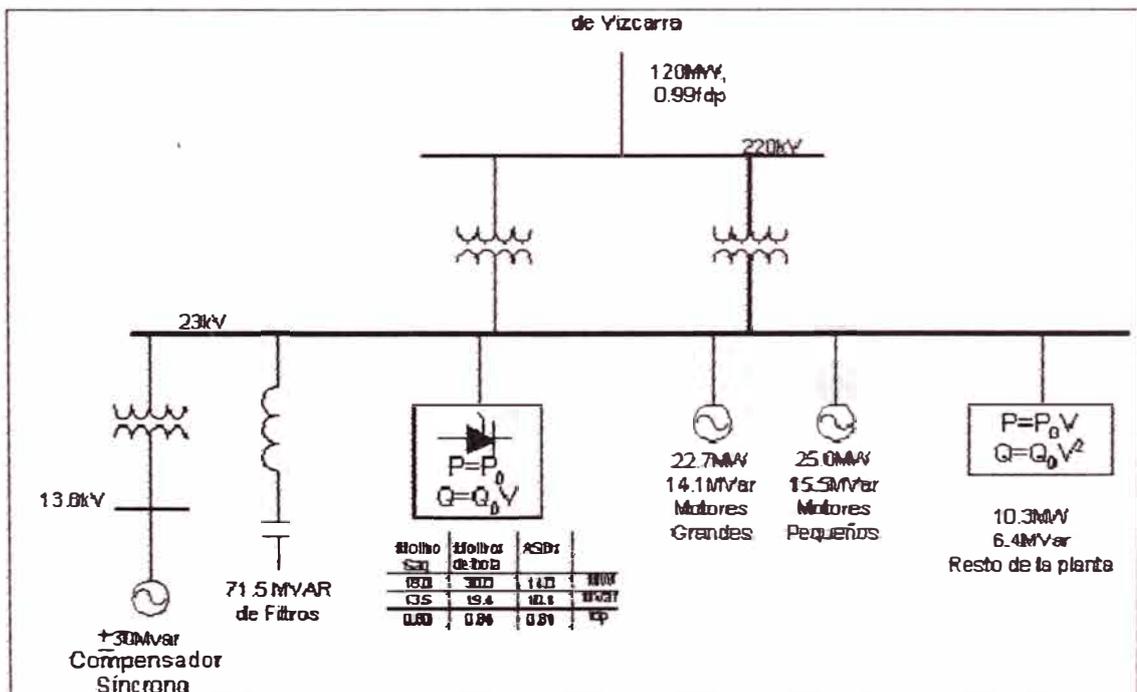


Figura 1.12 Diagrama unifilar de la subestación Antamina

1.2.4 Evaluación del Sistemas de protección

La presencia de la nueva bahía en la subestación Vizcarra y Antamina modifica el cableado de protección existente y es perfectamente factible llevarlo a cabo sin cambiar el esquema y filosofía de protección.

En la subestación Antamina debe implementarse protecciones en la línea existente (L-2255) y en la nueva línea debido a que por operar en paralelo las dos líneas, existirá contribución a la falla desde la subestación Antamina (situación que no ocurre actualmente por existir una sola línea),

Una de las protecciones a implementar, por ejemplo, es la protección diferencial de línea (87L) como se esquematiza en la figura 1.13 unida con la función de falla de interruptor (50BF).

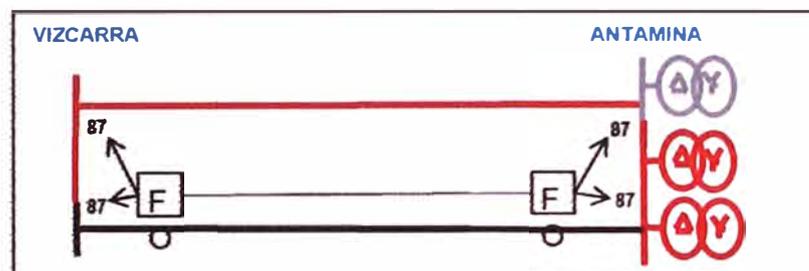


Figura 1.13 Protección diferencial de línea (87L)

En la subestación Vizcarra debe reubicarse los circuitos de corriente y circuitos de disparo de las protecciones de las líneas L-2262 (Vizcarra – Sta. Luisa) y línea L-2253 (Vizcarra – Paramonga Nueva).

1.3 Limitaciones del trabajo

La compañía minera Antamina creó el Programa de Expansión del Sistema de Potencia para atender el incremento de su demanda de energía, este plan comprendía una serie mejoras que no es motivo del presente informe. Dentro de esas mejoras tenemos el agregar un tercer transformador 220/23 kV en la SE Antamina y el incremento de 35 MVAR de potencia reactiva en la SE Antamina. Este trabajo solo se limita a todos los aspectos relacionados a la inserción de la nueva línea entre las subestaciones Vizcarra y Antamina.

Otra de las limitaciones que podemos destacar es que al ser este un proyecto amplio y de gran importancia e inversión para la minera Antamina, esta ha realizado numerosos estudios previos (elaborados por terceros) a cada una de las intervenciones, este informe interpreta dichos estudios, analiza sus conclusiones y con esa base plantea e implementa la mejor solución al problema, pero no se ahonda en el estudio mismo.

1.4 Síntesis del trabajo

El presente informe muestra el planeamiento de las actividades a realizar para la inserción de la nueva línea de transmisión L-2256 teniendo en cuenta que su ejecución

no afecte la producción minera de Antamina, por lo que se ha seleccionado la mejor solución técnica y económica en cada caso (aprovechando principalmente las paradas de planta de manera óptima). Previo a la presentación de los planes de actividades se realiza un análisis de la filosofía de protecciones de líneas de 220 kV Vizcarra – Antamina el cual comprende las siguientes etapas:

- Primera etapa del Proyecto de Expansión

Esta etapa es previa a la inserción de la nueva línea y solo se modificará el punto de llegada de la línea existente L-2255 a la SE Antamina. Por tanto:

- No se modificaran los ajustes de los relés ubicados en la S.E. Vizcarra, pero si en los relés de la S.E. Antamina.
- En la protección de barra de S.E. Antamina solamente se adecuaran los circuitos de corriente de la nueva bahía a la cual se conectará la línea L-2255.
- El sistema de onda portadora se adecúa a la nueva bahía y se mantendrá el disparo directo transferido desde S.E. Vizcarra en caso de fallas en la línea.

- Segunda etapa del Proyecto de Expansión

Con la presencia de una segunda terna entre las subestaciones Vizcarra y Antamina se modifica el esquema de protección existente. En la línea existente L-2255, dispone como protección en la subestación Vizcarra de dos relés de distancia redundantes y en el extremo de Antamina de un relé de mínima tensión cuya operación está condicionada a la recepción de la señal de onda portadora del extremo de Vizcarra. Los disparos de los interruptores siempre son del tipo trifásico y definitivo sin recierre con la nueva línea se prevé instalar cable de guarda del tipo OPGW que permitirá implementar la protección diferencial en ambas líneas y como protección de respaldo relés de distancia con la onda portadora existente en línea L-2255.

- Presentación del plan de actividades

- ✓ **Plan de actividades en alta tensión en la SE Vizcarra**

El alcance del procedimiento comprende la inserción de la nueva bahía de la L-2256 en el anillo de la SE Vizcarra, la partición de la barra alta de la L-2255 (para emplear su extremo opuesto como salida de la L-2256), la reubicación del transformador de tensión de barras de la L-2262, la apertura del anillo para el montaje de los equipos de la nueva bahía, la inserción de seccionador de barras SB-3029 en el anillo, el montaje y puesta en servicio del transformador de tensión de barras de la L-2262.

- ✓ **Plan de actividades en alta tensión en la SE Antamina**

El alcance comprende el montaje y la conexión del nuevo tramo de barras 220 kV, la puesta en servicio de la L-2255 a este nuevo tramo y el reacondicionamiento de la bahía existente para la instalación de la nueva línea L-2256.

✓ **Plan de actividades en Baja Tensión en la SE Vizcarra - SE Antamina**

El alcance comprende las diversas actividades a realizar durante las intervenciones a los paneles existentes como son la inclusión de la protección diferencial de barras a la nueva bahía, la conexión de los tableros temporales de servicios auxiliares 400-230 Vac y 125 Vdc, la instalación de un relé 86B adicional, el conexionado de los cables de disparo y bloqueo por 86B y demás actividades para las líneas L-2255 y L-2256.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Para una mejor comprensión del presente informe a continuación se dan las definiciones teóricas de los diversos equipos propios de una subestación y también se describe algunas terminologías utilizadas en los capítulos posteriores.

2.1 Base teórica

- Configuración de barra tipo anillo

En esta configuración no existe una barra colectora como tal, la conexión de los circuitos se realiza sobre el anillo conformado por interruptores, con los circuitos conectados entre cada dos de ellos. Para aislar un circuito es necesaria la apertura de los dos interruptores correspondientes, abriéndose así el anillo.

Es una configuración económica y segura, además confiable, pero sin flexibilidad. Es segura y confiable por permitir continuidad de servicio por falla o durante mantenimiento de un interruptor, ya que cada línea o circuito está asociado a dos interruptores. El principal inconveniente consiste en que, en caso de falla en un circuito mientras se hace mantenimiento en otro, el anillo puede quedar dividido y presentar falta de servicio para alguna de las partes, o perderse la seguridad del sistema. Para cumplir la función de seguridad y confiabilidad para los cuales esta subestación fue ideada, es necesario operarla con todos los interruptores cerrados (tal como es su operación normal) [1].

Para efectos de distribución de corrientes, los circuitos conectados al anillo se deben repartir de tal manera que las fuentes de energía se alternen con las cargas. Por consideraciones prácticas se debe limitar el uso de esta configuración a un máximo de seis salidas. Esta configuración lo podemos apreciar en las figuras 1.2 y 1.3 del capítulo I.

- Interruptores de potencia

El interruptor de potencia es el dispositivo encargado de desconectar una carga o una parte del sistema eléctrico, tanto en condiciones de operación normal (máxima carga o en vacío) como en condición de cortocircuito. La operación de un interruptor puede ser manual o accionada por la señal de un relé encargado de vigilar la correcta operación del sistema eléctrico, donde está conectado. Existen diferentes formas de energizar los circuitos de control. Para obtener una mayor confiabilidad, estos circuitos se conectan a bancos de baterías. Este tipo de energización, sí bien aumenta los índices de

confiabilidad, también aumenta el costo y los requerimientos de mantención exigidos por las baterías. Las tensiones más empleadas por estos circuitos son de 48 y 125 V. También es común energizar estos circuitos de control, a través de transformadores de servicios auxiliares, conectados desde las barras de la central generadora o subestación, con un voltaje secundario en estrella de 400/231 Volts. La figura 2.1 muestra el interruptor IN-2410 de la subestación Vizcarra.



Figura 2.1 Interruptor IN-2410- Subestación Vizcarra.

- **El seccionador eléctrico**

Es un dispositivo mecánico capaz de mantener aislada una instalación eléctrica de su red de alimentación según una norma. Es un dispositivo de ruptura lenta, puesto que depende de la manipulación de un operario. Este dispositivo, por sus características, debe ser utilizado siempre sin carga o en vacío.

El seccionamiento consiste en aislar eléctricamente una instalación o circuito eléctrico de la red de alimentación eléctrica, dejando dicha instalación o circuito sin carga o en vacío.

La figura 2.2 muestra el seccionador horizontal SWH-001 de la subestación Vizcarra.



Figura 2.2 Seccionador SWH-001 - Subestación Vizcarra.

- **Transformadores de Corriente**

Los Transformadores de Corriente tienen por finalidad proporcionar a los Relés de Protección una onda de corriente igual a la que está fluyendo por el sistema de potencia, pero de un valor reducido en su magnitud con una proporción fijada de antemano, dicho en otras palabras los transformadores de corriente son utilizados para efectuar mediciones de corriente en los sistemas eléctricos. En figura 2.3 se muestran las fotografías tomadas a algunos de los transformadores de corriente presentes en la subestación Vizcarra.



Figura 2.3 Transformadores de corriente.

- **Transformadores de Tensión**

Los transformadores de tensión tienen por finalidad proporcionar a los relés de protección una onda de tensión igual a la que está presente en el sistema de potencia, pero de un valor reducido en su magnitud con una proporción fijada de antemano con el propósito tanto de aislar el circuito de baja y alta tensión como también de reflejar en el lado de baja tensión lo más fielmente posible los efectos transitorios y de régimen permanente aplicados al circuito de alta tensión. Para aplicación de media tensión se podrá usar transformadores de tensión del tipo inductivos (VT); pero en alta y muy alta tensión se usarán transformadores de tensión capacitivos (TT) como los que se aprecian en la figura 2.4.



Figura 2.4 Transformadores de tensión capacitivos (TT).

- **Enlaces de Comunicaciones**

Los Enlaces de Comunicación de Teleprotección tienen por finalidad comunicar a los relés de dos subestaciones que se encuentran en los extremos de una línea de transmisión. Estos enlaces sirven para establecer una lógica en la operación de los relés sobre la base de la información recibida del extremo remoto.

En la figura 2.5 se muestra dos trampas de onda y el panel de comunicaciones por onda portadora ABB ETL540.

- **Sistema de Protección por Relés**

Un sistema de protección por relés incluye relés, transformadores de tensión y de corriente, interruptores, un sistema de alimentación de CC, eventualmente un canal de comunicaciones y cables de control.

Necesitamos transformadores de tensión y de corriente para aislar a los relés del sistema primario y reducir los valores de la tensión y corriente primarias. El interruptor recibe del relé la señal de disparo y abre el circuito primario para interrumpir la corriente de falla. El sistema de alimentación de CC le suministra corriente a la bobina de disparo del interruptor cuando el contacto de salida del relé se cierra. En líneas de transmisión, podemos necesitar un canal de comunicaciones para que los relés ubicados en ambos extremos de la línea puedan intercambiar información.

La confiabilidad del sistema de protección por relés depende de todos los elementos del sistema. En el pasado, los relés electromecánicos eran responsables de un alto porcentaje de fallas o mal funcionamiento en la operación de los sistemas de protección. Los relés digitales de hoy en día son dispositivos altamente confiables. Estos relés, además de proporcionar protección, pueden también supervisar el estado de los elementos del sistema de protección, mejorando ampliamente la confiabilidad de la protección.



Figura 2.5 Sistema de comunicación onda portadora ABB ETL540.

- **Relés de Protección**

Los relés de protección tienen por finalidad medir una señal o más señales de entrada de tensión y/o de corriente con la finalidad de determinar si existe una condición de falla en el sistema, de manera de activar una o más señales de salida.

Para cumplir con su finalidad, los relés de protección efectúan un procesamiento analógico/digital de las señales de entrada y un cálculo numérico de las mismas. El relé

así definido es un elemento basado en un microprocesador, cuyo diseño debe poseer una arquitectura abierta y utilizar protocolos de comunicación de acuerdo a las normas internacionales, de manera de evitar restricciones a su integración con otros relés o sistemas de otros fabricantes.

Los relés de protección deben ser dispositivos de probada confiabilidad en el uso de protección de sistemas eléctricos; por tal motivo, salvo casos especiales, no es aceptable el uso de dispositivos de última tecnología o de modelos de equipos que aún no tienen experiencia en la industria eléctrica. A modo de ilustración en la figura 2.6 se muestra un relé de protección multifunción REL 670 - ABB.

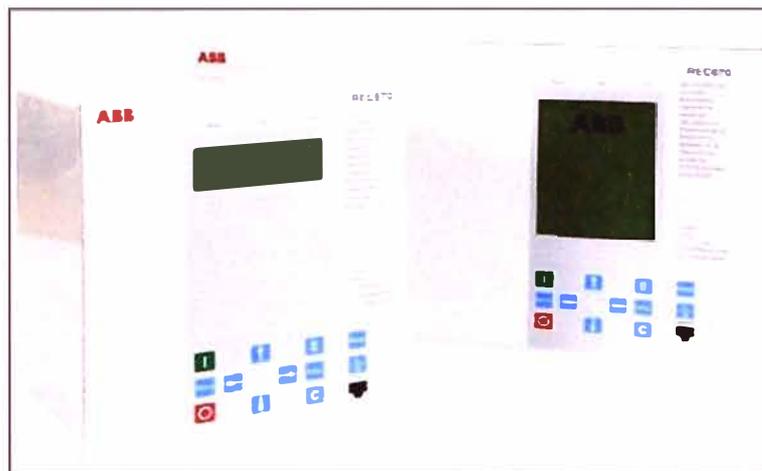


Figura 2.6 Relé de protección REL 670 - ABB.

La Norma IEEE C37.2 asigna números a los diferentes dispositivos, incluyendo a los dispositivos de protección.

A continuación se describe algunas de las funciones de protección utilizadas para el desarrollo del presente proyecto.

Funciones 50/51 – 50N/51N

La protección de corriente mide permanentemente la corriente de cada fase con la finalidad de detectar las sobrecorriente que se pueden producir en un cortocircuito.

Funciones 27 & 59

La protección de tensión mide permanentemente la tensión de cada fase con la finalidad de detectar las tensiones que son mayores o menores que las del rango normal de operación. Si las tensiones son menores que las del rango establecido se tiene un protección de subtensión o mínima tensión (función 27); en el caso de tensiones mayores se tiene la protección de sobretensión (función 59).

Función 87

La protección diferencial funciona calculando la diferencia de las corrientes que entran y salen de la zona protegida. Para ello se debe tomar en cuenta que existen diferencias que no son imputables a una falla.

Función 87N

La protección diferencial de la corriente de tierra (o restringida a tierra como se dice en inglés) suele ser efectuada con una protección diferencial de alta impedancia, la cual viene a ser una protección diferencial de tensión, ya que utiliza una alta impedancia en el relé, la cual genera una tensión con todas las corrientes que entran a la zona de protección. Si no hay falla, o si hay una falla externa a la zona protegida, la suma de las corrientes es cero y la tensión generada en el relé es cero.

Funciones 21 – 21N

Esta protección opera midiendo la tensión y corriente con la finalidad de obtener la impedancia vista en el punto de instalación del relé.

Función chequeo de sincronismo (25)

Esta función es usada para controlar el cierre de un circuito en una red interconectada. La función de chequeo de sincronismo mide la diferencia entre la tensión de línea (U-line) y de barra (U-barra), en módulo (Udiff), ángulo de fase (PhaseDiff), y frecuencia (FreqDiff). Si todas estas condiciones son satisfactorias, permite el cierre del interruptor.

Función Falla de interruptor (50BF)

Esta función asegura un disparo de respaldo de los interruptores adyacentes en caso de una falla de disparo del interruptor principal con el objeto de despejar de la falla tal como es requerido por el sistema de protección.

La función de falla de interruptor tiene dos etapas de operación. La primera es el RETRIP que reitera la orden de apertura al mismo interruptor luego de 150 ms de arrancado y la segunda orden que comanda los interruptores adyacentes luego de 300 ms de activado esta función. Para todos los casos, la operación de esta función está supervisada por una unidad de corriente que está ajustada al 80% de la corriente nominal.

Función de recierre (79)

El recierre automático es también empleado como un método para restaurar el servicio de una línea después de una falla transitoria. La función de recierre puede ser seleccionada en el relé para reenganche monofásico y/o trifásico. El reenganche trifásico puede ser realizado con o sin el uso del chequeo de sincronismo. También, existe la opción de prioridad, la cual puede ser habilitada cuando existe la necesidad de comandar dos interruptores, programándolos con diferentes prioridades. El ajuste de las prioridades puede ser: High para el Interruptor Maestro y Low para el Interruptor Esclavo [3].

Las características para efectuar reenganches que tiene los interruptores de línea, de acuerdo con los estándares, cumplen con la siguiente secuencia de maniobra (ver figura 2.7):

“O – 0.3s CO – 3 min CO”.

La función 79 debe cumplir con las siguientes características:

- ✓ Cierre sobre línea viva y barra muerta,
- ✓ Cierre sobre línea muerta y barra viva,
- ✓ Cierre sobre línea y barra viva con verificación de sincronismo,
- ✓ Reenganche tripolar y monopolar (reglaje de temporizadores independientes)
- ✓ Registro de eventos.
- ✓ Registro de oscilografía

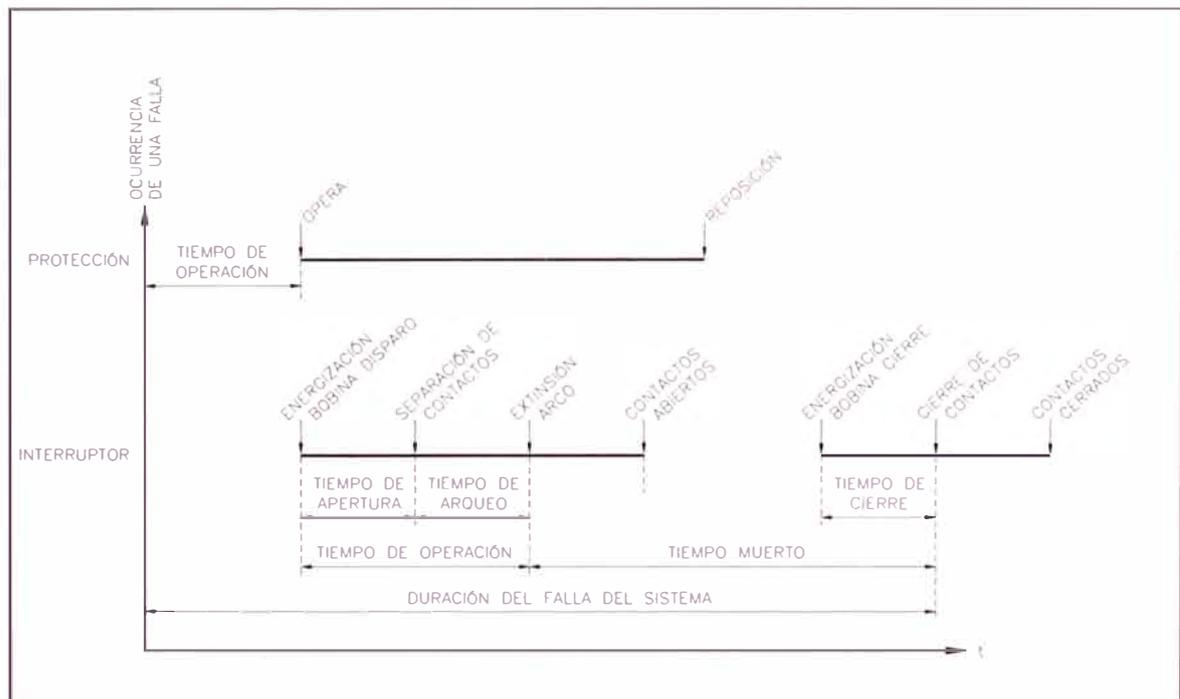


Figura 2.7 Duración de la tiempo falla de un interruptor

2.2 Definición de términos

- CMA

Son las siglas de "Compañía minera Antamina".

- Procedimientos escritos de trabajo

Son los documentos donde se detalla, paso a paso, la secuencia de trabajo a seguir en cada caso. En el presente trabajo estos procedimientos los podemos encontrar en los anexos A y B.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3.1 Antecedentes del problema

Para el desarrollo del presente informe nos enmarcaremos al año 2010 cuando la Compañía minera Antamina iniciaba su “Programa de Expansión del Sistema de Potencia”. Para tal propósito la minera Antamina contrató a Interconexión Eléctrica ISA a fin de realizar el estudio de ampliación de las instalaciones eléctricas considerado la carga adicional en su planta, dicho estudio presentaba los siguientes escenarios:

- a) Escenario 1 con 90 MW adicionales en el año 2011 para un total de 180MW.
- b) Escenario 2 con requerimiento adicional de 150 MW para un total de 240MW.
- c) Requerimiento adicional de 50 MW respecto al escenario 2 (2011) con lo cual se tendrá una carga total de 290 MW y considerando adicionalmente una reserva de 50 MW al 2014, por lo cual el sistema se diseñará para una capacidad instalada de 340 MW.

Interconexión Eléctrica ISA en conjunto con Antamina se plantearon entonces cuatro alternativas de expansión del SEIN y de la mina con el objeto de poder suplir la demanda proyectada de forma segura y confiable, minimizando el costo de inversión y teniendo en cuenta las restricciones operativas del sistema. Estas alternativas fueron:

✓ Alternativa 1

Se plantea un doble circuito de aproximadamente 200 km desde Huallanca 220 kV hasta Antamina 220 kV, con el correspondiente aumento de un transformador 220/23 kV de 125 MVA en Antamina tal como se muestra en la figura 3.1.

✓ Alternativa 2

Consiste principalmente de una línea doble de 100 km desde la subestación Conococha hasta la de Antamina. En la figura 3.2 se muestra dicha inclusión de líneas así como también de dos nuevos transformadores de potencia a instalarse para los años 2011 y 2014 en la subestación Antamina.

✓ Alternativa 3

En esta alternativa, tal como se aprecia en la figura 3.3, se propone seccionar las dos ternas Conococha – Huallanca a 50 km aproximadamente de la primera subestación; de la subestación de seccionamiento hasta Antamina hay una distancia estimada de 100 km.

✓ **Alternativa 4**

Se propone entrar la línea Paragsha – Conococha a Vizcarra conformando así las líneas Paragsha – Vizcarra y Vizcarra – Conococha; adicionalmente de Vizcarra a Antamina se construye una línea doble terna de capacidad de 150 MVA por terna. Ver figura 3.4.

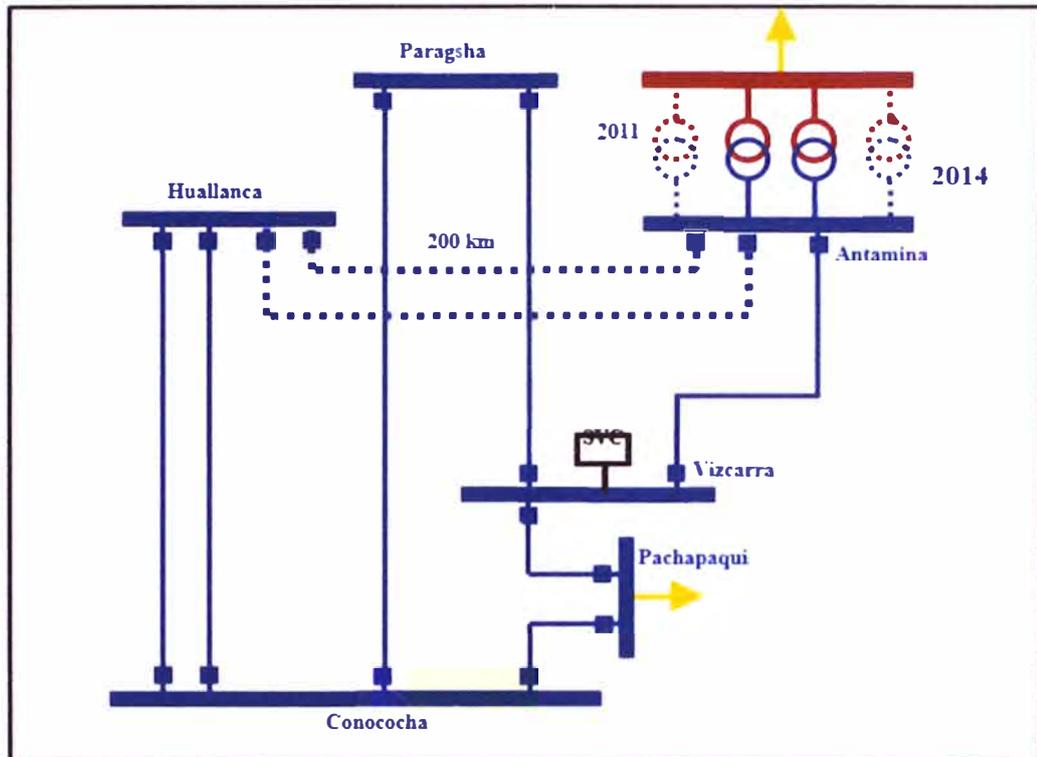


Figura 3.1 Alternativa 1

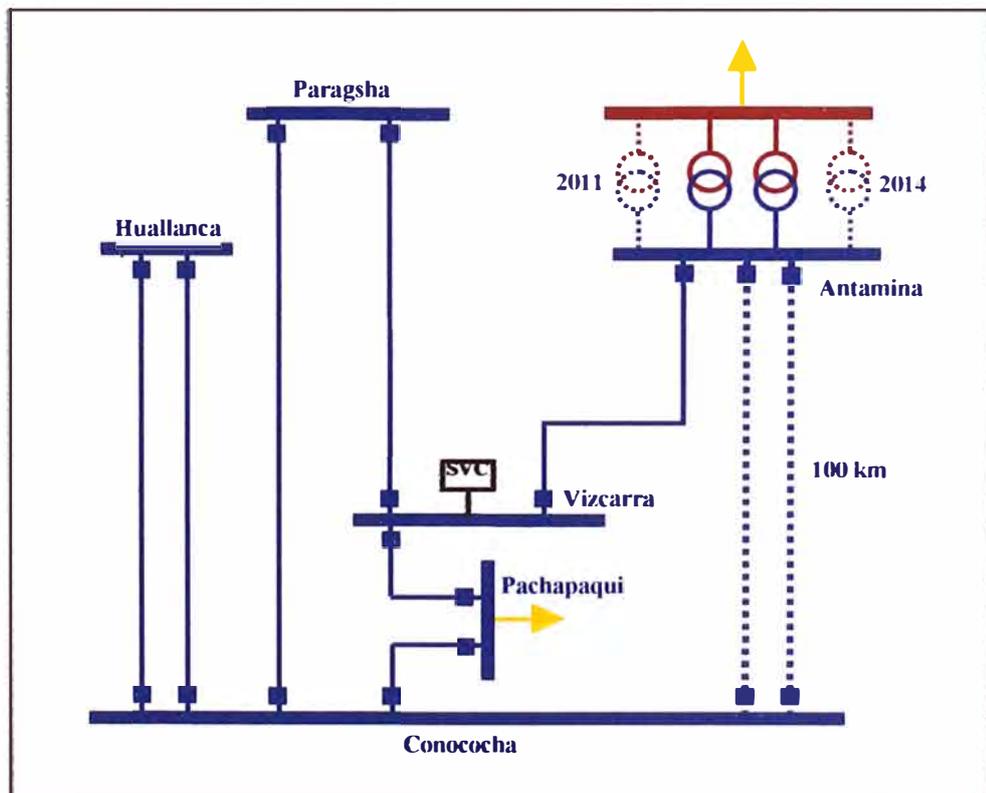


Figura 3.2 Alternativa 2

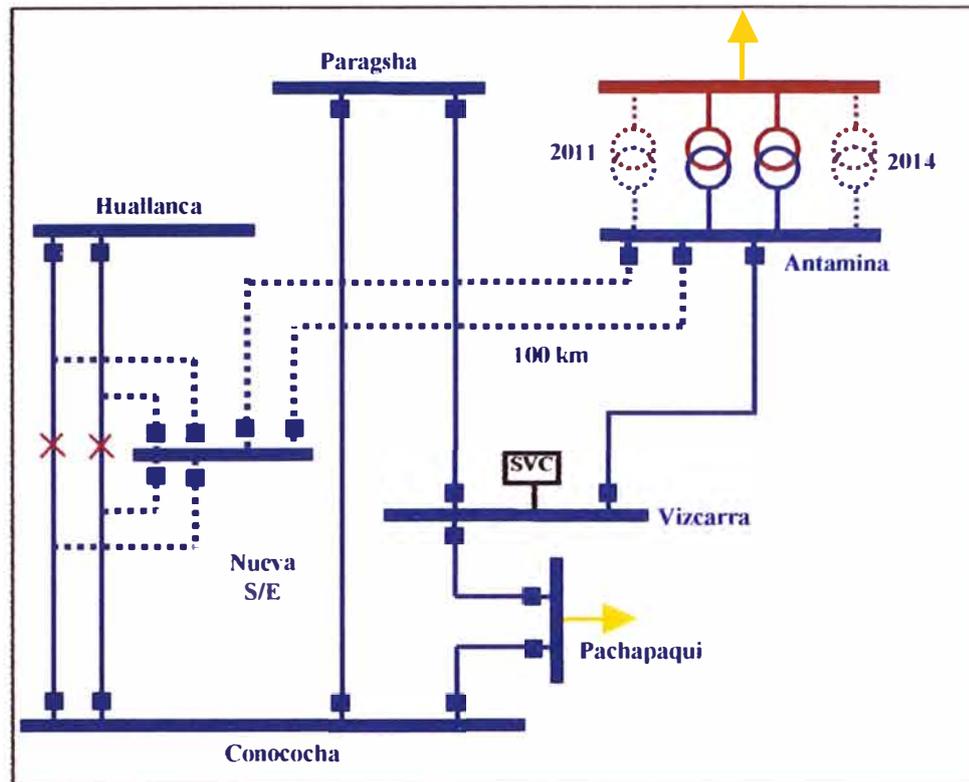


Figura 3.3 Alternativa 3

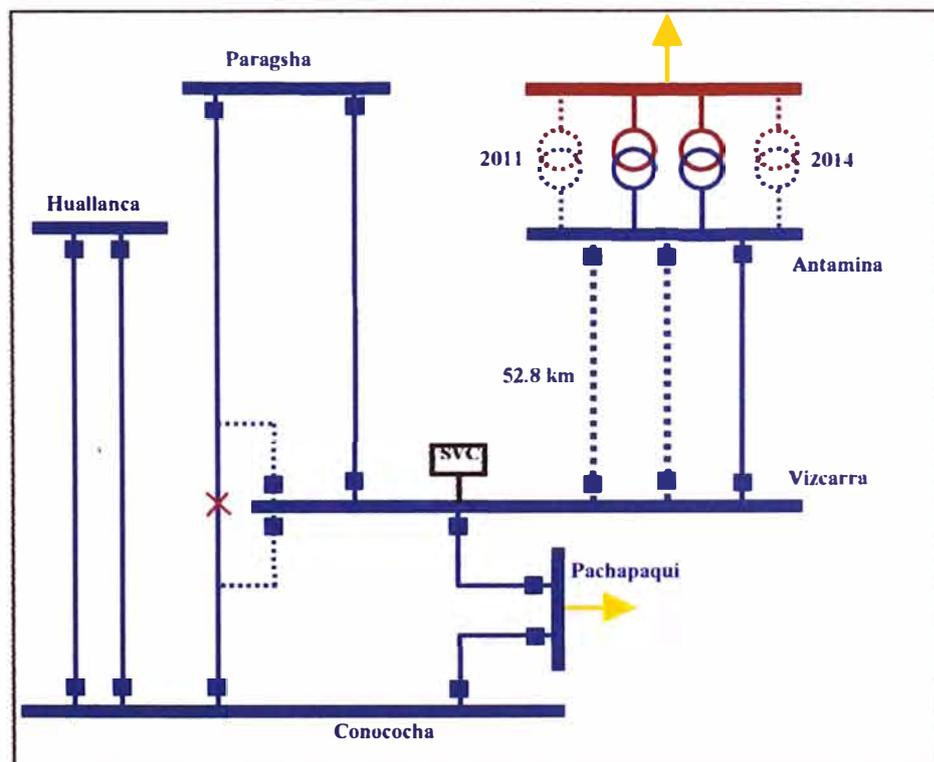


Figura 3.4 Alternativa 4

Las conclusiones dadas por Interconexión Eléctrica ISA fueron que:

- De las alternativas analizadas, la 2 y la 4 se perfilaban como las de mayor factibilidad técnica y económica. La uno se descartaba pues las líneas de Huallanca a Antamina tomaban muy poca carga y la 3 era la más costosa.

- La alternativa 2 centraba su desarrollo en la subestación Conococha como se aprecia en la Figura 3.5, donde se conectarían 4 líneas adicionales. Esta tenía la desventaja del desacople directo del SVC de Vizcarra como apoyo a la carga de Antamina.

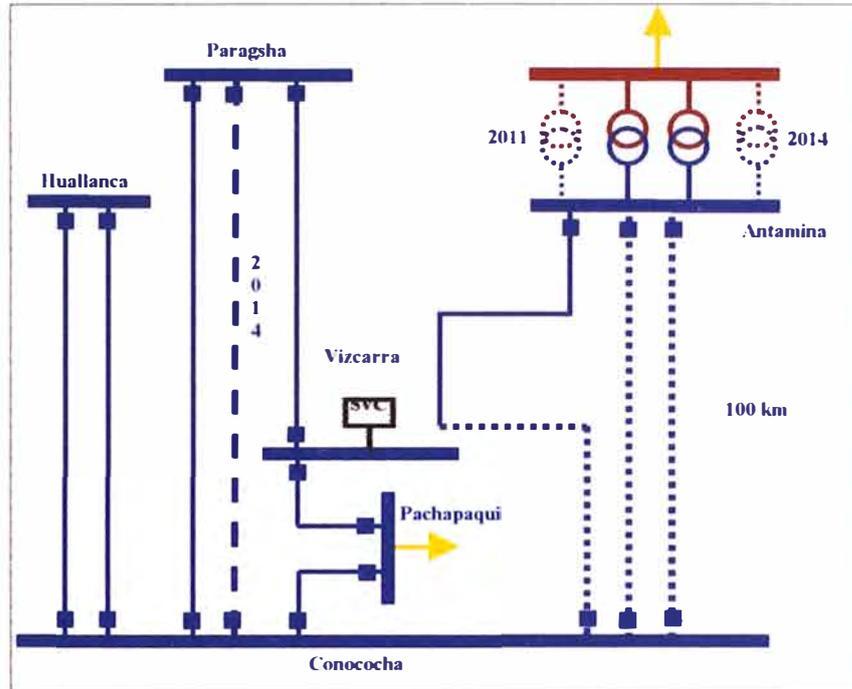


Figura 3.5 Conclusiones alternativa 2

- La alternativa 4 centraba su desarrollo en la subestación Vizcarra como se aprecia en la Figura 3.6, donde se conectarían también 4 líneas adicionales, siendo esta la de menor costo de inversión y la más robusta desde el punto de vista de estabilidad.

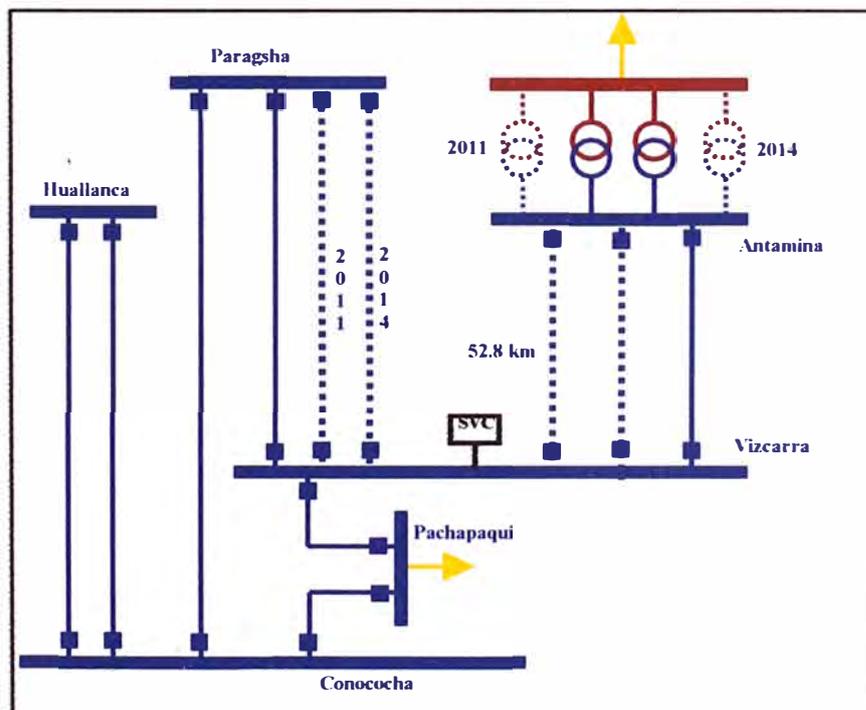


Figura 3.6 Conclusiones alternativa 4

- Los niveles de cortocircuito en Antamina 23 kV aumentaban considerablemente, de 24 kA en 2008 a 49 kA en 2016 en el caso de falla monofásica. Al separar las barras el nivel de corto se reducía a 32 kA.
- La separación de la barras implicaba que los dos nuevos transformadores deben ser al menos de 150 MVA y se requiere un tercero si se aplica el criterio N-1 en estas instalaciones. Finalmente Interconexión Eléctrica ISA para la ampliación de Antamina recomendaba la alternativa de expansión cuatro, la cual contenía los siguientes equipos, como se describe a continuación y como se ilustra en la figura 3.7.

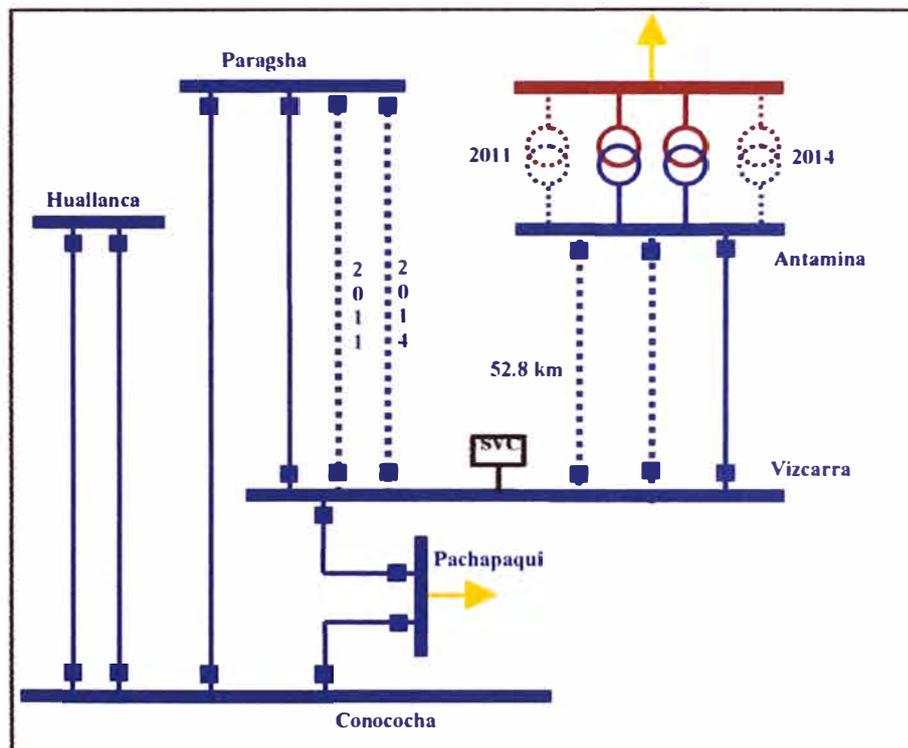


Figura 3.7 Alternativa recomendada de ampliación Antamina

Línea doble terna Paragsha – Vizcarra adicional a la tema actual. Para 180 – 240 MW sólo es necesaria una terna adicional pero si planea ampliar hasta 340 MW es preferible acometer la doble terna desde el año 2011.

- Línea doble terna Vizcarra – Antamina.
- Compensación Antamina de 70 Mvar para la demanda de 240 MW y 30 Mvar adicionales si la demanda se aumenta a 340 MW.
- Compensación capacitiva en Vizcarra 220 kV de 2x50 Mvar.
- MW se requiere la tercera terna Pachachaca – Oroya y la segunda terna Oroya – Carhuamayo.

3.2 Solución del problema

En base a lo expuesto en los antecedentes del problema la Compañía minera Antamina creó el “Programa de Expansión del Sistema de Potencia”, el cual comprendía:

- a) Construir una línea de transmisión 220 kV Vizcarra – Antamina, como respaldo de la L-2255, para lo cual se debe agregar una bahía de salida en el anillo 220 kV de la SE Vizcarra denominada L-2256.
- b) Ampliar el anillo 220 kV de la SE Vizcarra con la bahía de salida de esa nueva línea.
- c) Construir una bahía en la SE Antamina, para el ingreso de la nueva línea
- d) Agregar el tercer transformador 220/23 kV en la SE Antamina, con la correspondiente tercera barra en 23 kV.
- e) Incrementar 35 MVAR de potencia reactiva en la SE Antamina.
- f) Reemplazar el sistema de control y protecciones de la L-2255 existente en la SE Vizcarra y separar el sistema de control y protecciones de los equipos existentes 220 kV en paneles dedicados para ello en la SE Antamina.

Dentro de los alcances del presente informe no se contempla los puntos d) y e).

Previo a la presentación de los planes de actividades se realizara una descripción de la filosofía del sistema de las protecciones en sus dos etapas.

3.2.1 Filosofía de protecciones de líneas en 220 kV SE Vizcarra – Antamina

En el diseño original de la nueva línea de transmisión L-2256 se tenía el problema de cruce con la línea existente L-2255 para poder conectarse a la nueva bahía de SE Antamina. Para evitar este cruce, por las complicaciones técnicas que conlleva, se ha previsto que la línea actual L-2255 se conecte a la nueva bahía de línea en la SE Antamina en la primera etapa, mientras que la L-2256 se conectará a la bahía existente en la segunda etapa.

3.2.1.1 Primera etapa del Proyecto de Expansión

- a) Descripción del sistema de protección de línea L-2255 en subestación Vizcarra
En la primera etapa, debido a que la línea existente L-2255 solamente se ha de conectar a una nueva bahía de 220 kV en la SE Antamina, los ajustes y programación de los relés ubicados en la SE Vizcarra para la protección de la mencionada línea no deben ser modificados.

- Protección de Distancia Principal (PP) y Secundaria (PS)

El esquema de protecciones Principal y Secundario está compuesto por relés numéricos del tipo ABB-REL 670 diseñado para proveer protección rápida y selectiva ante fallas en las líneas de transmisión. La función principal de estos relés es proveer protección de distancia con una característica poligonal que permite el ajuste independiente de la reactancia y la resistencia de falla, lográndose un mayor alcance y sensibilidad para las fallas con contacto a tierra que se produzcan en la línea.

El relé dispone de cinco zonas de protección independientes (ZM01, ZM02, ZM03, ZM04 y ZM05) para ambos tipos de falla (fase-fase y fase-tierra). Las zonas de la protección de distancia pueden operar independientemente cada una, en modo direccional o no direccional. Por la característica radial de la línea, las zonas activadas son ZM01, ZM02, ZM03 y ZM05 de las cuales las zonas ZM02 y ZM05 tienen el mismo alcance y la zona ZM03 tiene dirección inversa a las otras, es decir:

- Primera zona (ZM01) 120% de ZL t1: Inst.
- Segunda zona (ZM02) 150% de ZL t2: 0.4 s
- Tercera zona (ZM03) -30% de ZL t3: 0.7 s
- Cuarta zona (ZM04) no tiene
- Quinta zona (ZM05) 150% de ZL t5: 0.7 s

Las características de operación para fallas entre fases con resistencia de falla igual a 0 Ohm y fallas monofásicas con resistencia de fallas de 0 y 50 Ohm son mostradas en las figuras 3.8 y 3.9.

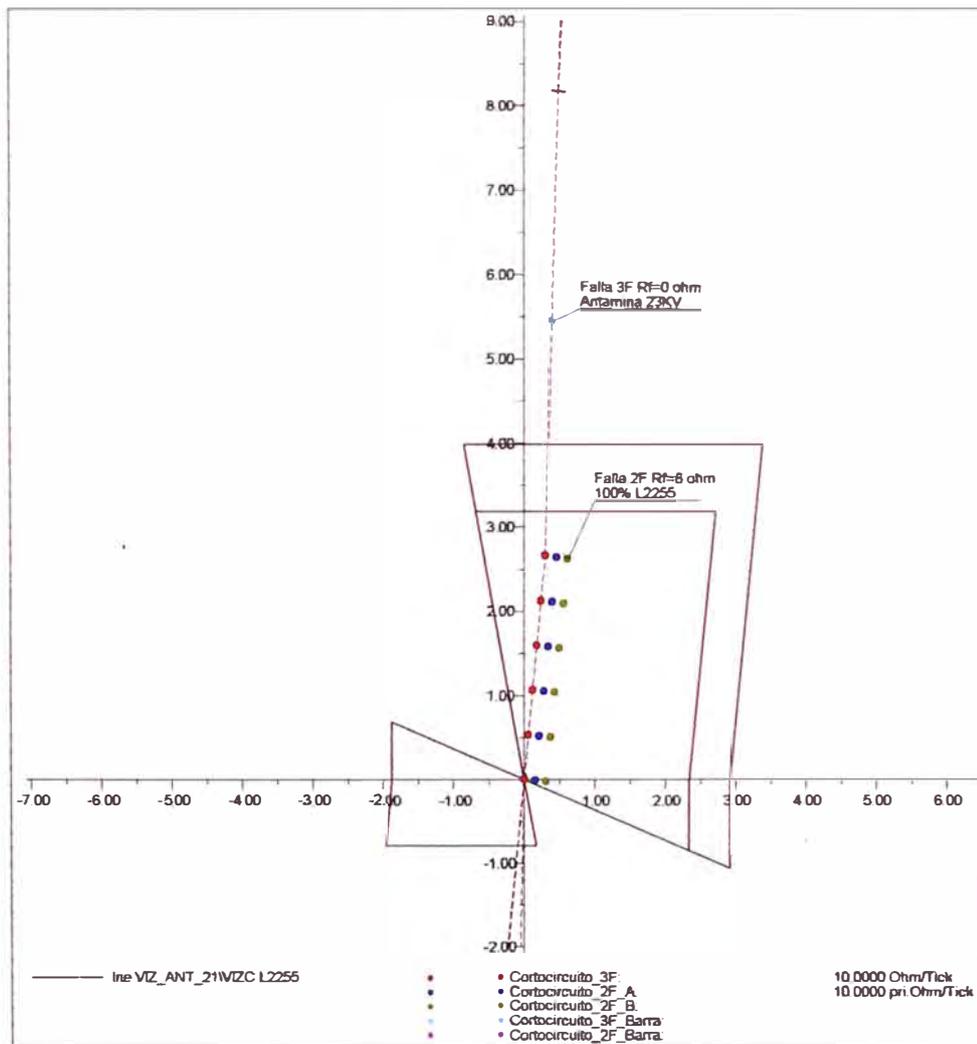


Figura 3.8 Características de operación de los relés REL 670 para fallas entre fases

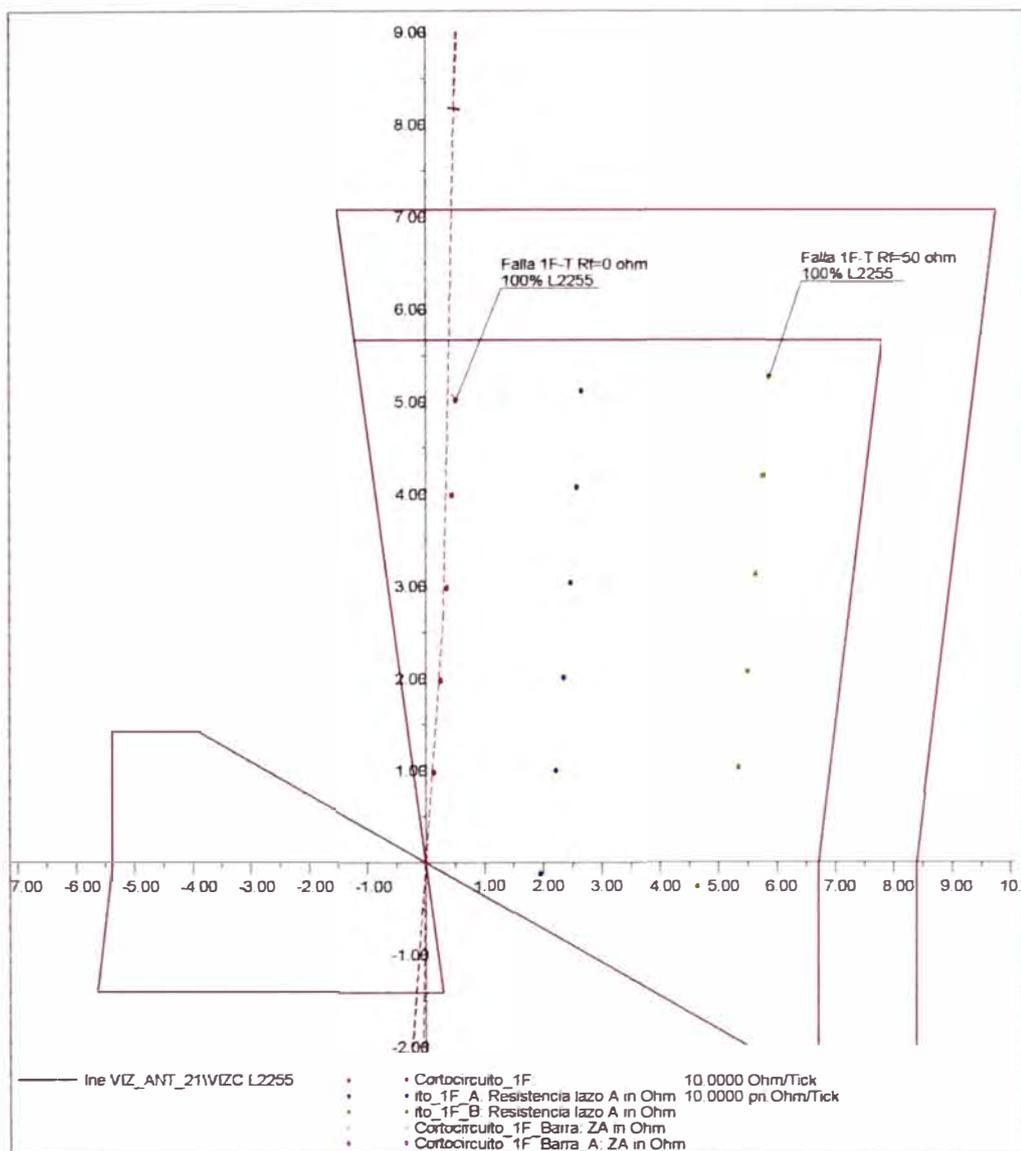


Figura 3.9 características de operación de los relés REL 670 para fallas a tierra

- **Función sobrecorriente residual direccional (67N)**

Para la detección de fallas a tierra con alta resistencia, el relé tiene un elemento de sobrecorriente a tierra de direccionalidad seleccionable. La direccionalidad de esta función se obtiene por la medida de la corriente residual ($3I_0$) y el ángulo entre esta corriente y la tensión de secuencia cero ($3U_0$), afín de obtener una sensibilidad máxima para sistemas aterrados o aislados, el retraso de la corriente con respecto a la tensión es de 65° . Esta función está provista con característica de operación de tiempo fijo.

La función de falla a tierra direccional tiene un arranque de 15% de la corriente nominal y está temporizada a 150 ms, tiempo suficiente como para que la unidad de distancia despeje la falla. Adicionalmente se tiene un módulo lógico de comunicación para la protección de sobrecorriente de falla a tierra (EFC), el cual contiene circuitos para esquemas de bloqueo con sobrealcance y sobrealcance permisivo. El canal de comunicación es independiente de la unidad de distancia.

- Función de sobrecorriente residual temporizado - no direccional (51N)

La protección de sobrecorriente direccional a tierra (TOC) sirve como una protección de respaldo para la función de protección principal. Esta función es utilizada porque el sistema es sólidamente aterrado. Está programada con una característica de tiempo fijo pero a un tiempo de 2 s, tiempo mayor a la última zona de la unidad de distancia. Al igual que la función 67N, esta función está ajustada al 15% de la corriente nominal del relé.

- Función lógica de disparo

Esta lógica de disparo en protección, control y monitoreo de terminales está ajustado al modo de operación de "Disparo trifásico (3phase) para todo tipo de fallas" en ningún caso se producirán recierres de los interruptores.

En otras palabras para la línea L-2255, al no existir el esquema de recierre para ningún tipo de falla, los interruptores IN-2404 e IN-2478 abrirán trifásicamente al mismo tiempo y en forma definitiva.

- Función supervisión falla fusible (secuencia cero)

Con el objeto de evitar la operación indeseada de las funciones relacionadas con la tensión (distancia, mínima tensión, etc.) de ocurrir una falla en el circuito secundario entre el transformador de tensión y el relé, tiene previsto la función de supervisión de falta de tensión alterna (FUSE).

Esta función puede opera sobre la base de medidas de secuencia cero: un valor alto de $3U_0$ sin la presencia de la corriente residual $3I_0$. Esta es la aplicación existente en el relé REL 670.

- Función de bloqueo de oscilaciones de potencia

La presencia de oscilaciones de potencia puede hacer operar algunas de las zonas de medida del relé de distancia. Para evitar esta operación no deseada, el relé REL 670 tiene el elemento de bloqueo por oscilaciones de potencia (PSD) que está seleccionado para bloquear todas las zonas.

Adicionalmente se cuenta con la lógica de Oscilación de potencia (PSL). El objetivo general es asegurar una rápida y selectiva operación del esquema de protección para las fallas que ocurran en una línea durante la oscilación de potencia.

Los alcances reactivos y resistivos son mayores a los alcances de la última zona de protección, sin embargo, en este caso, al ser una línea radial no tiene importancia esta función, por lo que se deja habilitada. Finalmente, otras características del relé REL 670 son la localización de las fallas, oscilografía y registros de eventos.

- Relé de verificación de sincronismo, recierre y protección de falla de interruptor.

Estas funciones son efectuadas por el relé numérico ABB-REB 551, las funciones habilitadas fueron:

- Función chequeo de sincronismo (25)
- Función de recierre (79)
- Función Falla de interruptor (50BF)

b) Descripción del sistema de protección de línea L-2255 en subestación Antamina
 Actualmente la línea L-2255 no tiene Relé de Protección de línea convencional en el extremo de Antamina, debido a que para ningún tipo de falla en la red de 220 kV existirá contribución del lado de Antamina, es decir, podemos considerarla como una línea radial. En la primera etapa con la finalidad de conservar el mismo esquema de protecciones existente, se activará las funciones 51, 51N, 27 y 59 en el relé GE D60 con los mismos ajustes que en el relé existente GE SR 750. De esta manera no se modificará la selectividad existente en la SE Antamina.

- Protección de Sobrecorriente de fases y tierra (51, 51N), mínima tensión (27) y sobretensión (59).

Actualmente en la SE Antamina en la bahía correspondiente a la línea L-2255, se tiene un relé de sobrecorriente de fases y tierra, mínima tensión y sobretensión del tipo SR 750. Las protecciones de sobrecorriente de fases y tierra vienen a ser protecciones de respaldo de los relés de sobrecorriente de los transformadores de potencia y la función de mínima tensión es una protección de respaldo. Además de mandar a abrir el interruptor de línea CBH-001, se disparan también los interruptores de los transformadores de potencia CBH-003 y CBH-004 a través del relé de bloqueo de la protección diferencial 87B.

- Disparo Directo Transferido.

Cuando se produce una falla en la línea actúa las protecciones de distancia ubicadas en la SE Vizcarra, las cuales envían un disparo transferido directo al interruptor CBH-001 de SE Antamina, el cual también activa el relé de bloqueo de la protección diferencial de barras abriendo los interruptores de los transformadores de potencia.

- Protección de barra 220 kV de SE Antamina

En la subestación Antamina existe una protección de barra del tipo de alta impedancia, como tal requiere que las relaciones de los transformadores de corriente sean iguales y las corrientes se suman antes del ingreso al relé.

3.2.1.2 Segunda etapa del Proyecto de Expansión

a) Protección de las líneas Vizcarra – Antamina

La nueva línea de transmisión se construirá con cable OPGW como cable de guarda (al menos de 12 fibras). Esta tecnología permitirá no solamente una operación segura del sistema de protecciones sino también se podrá transmitir grandes bloques de información entre ambas subestaciones.

El sistema de protecciones en ambas líneas estará compuesto por:

- La protección principal

En la nueva línea mediante un relé diferencial de línea (87L) que operará con apoyo del cable OPGW, para la línea existente, de manera análoga, se instalara la protección diferencial de línea en reemplazo del relé de distancia y también operará con apoyo del cable de guarda instalada en la nueva línea.

Siendo un relé multifunción, estará compuesto también por la función de reenganche monofásico (79) y reenganche trifásico con chequeo de sincronismo (79/25).

Como una protección de respaldo, el relé 87L tendrá necesariamente la función de protección de distancia 21R que ha de ajustarse a los mismos valores de la protección secundaria 21 considerada en forma independiente. La función de localización de fallas debe estar operativa siempre, sin embargo, los disparos del interruptor por la función 21R se deben activar sólo cuando la protección secundaria 21 se encuentre fuera de servicio. Este esquema permitirá por ejemplo, que cuando la protección secundaria 21 se encuentre en mantenimiento, la línea quedará protegida por las funciones de protección diferencial (87L) y protección de distancia de respaldo (21R), ambos como parte del mismo relé.

Adicionalmente, dispondrá de otras funciones como: sobrecorriente a tierra direccional (67N), sobrecorriente de fases instantáneo y temporizado (50/51), mínima y sobretensión (27/59), etc. Algunas de las características de esta protección son:

La protección de una línea se compone por dos relés de protección, instalados a ambos extremos de la línea.

Relé digital que proporciona una protección diferencial de cada fase individual.

El disparo tendrá una característica porcentual de pendiente doble, condicionada al promedio de corrientes. El disparo es determinado por la corriente diferencial (arranque del relé). El disparo se lleva a cabo sea por la primera o segunda pendientes, de acuerdo a la calibración de corriente, proporcionando ambas curvas las características de alta sensibilidad y estabilidad.

Las unidades de corriente y detectores de nivel procesan las corrientes sobre cada fase, lo cual permite el disparo de interruptores monopolar o tripolar. Los relés serán calibrados para la operación monopolar, el disparo trifásico podrá ser utilizado, es decir, la opción del disparo monofásico o trifásico se seleccionará de acuerdo los resultados de operación de la línea.

Incluye también la función de relé de distancia 21R con al menos cuatro zonas de protección. Esta función será utilizada sólo en los casos de no operación del relé de distancia (21) previsto en forma independiente.

- Incluye también la función de relé de reenganche monofásico y/o trifásico con chequeo de sincronismo (79/25). Esta función debe ser utilizada en forma redundante con la función de reenganche incluida también en la protección secundaria 21.

- Funciones de mínima (27) y sobretensión (59) con capacidad de ser temporizados.

- Funciones adicionales: Auto supervisión, facilidades para realizar pruebas o modificaciones del programa, indicador de corrientes por fase, indicador de voltajes por fase, indicador de potencia activa en MW, indicador de potencia reactiva en Mvar, indicador de potencia aparente en MVA, registro de eventos, registro de fallas con una duración de al menos de 1 s, registro de estadísticas de falla del canal de comunicación, medida del retardo de transmisión, facilidades de impresión de la información registrada, y reloj interno.

- Supervisión de los circuitos de disparo por cada fase.

- Capacidad de acceso remoto, mediante puertos serie o ethernet.

- Transferencia de disparo y disparo permisivo.

- Puerto de comunicación conectado a un sistema de comunicación por fibra óptica.

- Tiempo de operación, típica, para fallas trifásicas de un ciclo.

- Sincronización mediante GPS

- Protocolos de comunicación IEC61850, IEC 870-5-101, DNP3 y otros.

- Protección secundaria

Se dará mediante un relé de distancia que puede operar con apoyo de la misma fibra óptica o un equipo de onda portadora. En la línea existente, ya se tiene el relé de distancia en el lado de subestación Vizcarra.

Será de tipo multifunción y de tecnología digital, diseñada para proveer protección rápida para fallas dentro la línea protegida. El relé debe contar con al menos cuatro zonas de protección independientes y con características de operación del tipo poligonal para fallas con contacto a tierra y con característica poligonal y/o circular (tipo mho) para fallas entre fases. Para las fallas entre fases, el uso de una u otra característica dependerá del análisis en el estudio de coordinación de protecciones.

Las características principales que deben cumplir los relés de distancia son:

- Relé de protección de tecnología digital o numérica.

- Con al menos cuatro zonas de protección de distancia de fase y de tierra.

- Con temporizadores internos y ajustables para las protecciones de zonas 2, 3 y 4, tanto para la protección de fase como para la protección de tierra.

- Cualquiera de las zonas debe calibrarse para detección de falla "aguas arriba", como "aguas abajo".

- Elementos de medida independientes para los elementos de fase y de tierra.
- El elemento de tierra puede ser seleccionado entre las características Mho, cuadrilátera o ambas.
- La característica cuadrilátera del elemento de distancia de falla a tierra debe proveer una alta sensibilidad para fallas de alta resistencia, con compensación de corriente de carga para prevenir el sobre o bajo alcance.
- Incluye también la función de relé de reenganche monofásico y/o trifásico con chequeo de sincronismo (79/25). Esta función debe ser utilizada en forma redundante con la función de reenganche incluida también en la protección primaria 87L.
- Lógica de disparo con adaptación a diferentes esquemas de comunicación mediante funciones programables (PUTT, POTT, alimentación débil, eco, etc.).
- Función de falla a tierra de alta impedancia (67N) que opere bajo el esquema de teleprotección de comparación direccional.
- Función de bloqueo de las unidades de distancia ante oscilaciones de potencia.
- Función de "cierre sobre falla", para apertura trifásica definitiva por cierre manual de interruptor con línea fallada.
- Función de falla de "línea corta" (stub) para su activación en las subestaciones con configuración de interruptor y medio y anillo.
- Funciones de mínima (27) y sobretensión (59) con capacidad de ser temporizados.
- Deberá ser inmune a los efectos de acoplamiento mutuo de secuencia cero.
- Elementos de sobrecorriente independientes para detección de sobrecorriente temporizados de fase, de secuencia negativa y corriente residual.
- Polarización por memorización de secuencia positiva,
- Tiempo de operación, típica, para fallas trifásicas de un ciclo.
- Oscilografía con al menos 1 s de duración y registro de eventos
- Supervisión de los circuitos de disparo por fase.
- Sincronización mediante GPS
- Protocolos de comunicación IEC61850, IEC 870-5-101, DNP3 y otros.
- Protección de falla de interruptor y sincronismo (50BF, 25, 79)

Esta protección es básicamente para la subestación Vizcarra para el nuevo interruptor que se ha de instalar con la nueva línea. De esta manera no variar la lógica de operación de los esquemas de falla de interruptor, sincronismo y recierre.

1) Falla de interruptor (50 BF)

Esta protección funciona como protección redundante a la protección de discrepancia de polos existente en los propios interruptores y solamente en el caso que la falla del

interruptor se haya producido luego de ocurrida una perturbación. Este relé es iniciado por la operación de una de las siguientes protecciones:

- Operación Protección Principal 87L (diferencial y otras funciones activadas)
- Operación Protección Secundaria 21 (distancia y otras funciones activadas)

La protección de falla de los interruptores de línea funcionará bajo el principio de verificación de secuencia de disparo, por la recepción de la señal de disparo de las protecciones que la activan y comparación con la corriente a través del interruptor de potencia.

Este relé estará destinado estrictamente a la protección contra fallas del interruptor, por lo cual solamente las funciones esenciales de este relé serán utilizadas.

Teniendo en cuenta que la protección principal 87L envía el disparo a la bobina 1 del interruptor y la protección secundaria 21 a la bobina 2, luego de transcurrido un tiempo, enviará señal de disparo de los otros interruptores ubicadas en la misma subestación a través del relé de protección diferencial de barras (protección de respaldo local) y por el medio de comunicación la señal de apertura de los interruptores del extremo remoto de la línea protegida (protección de respaldo remoto).

2) Verificación de sincronismo (25)

El comando de cierre de todos los interruptores, control local desde los controladores de bahía, el panel mímico, unidad de control centralizada o telecomando, están condicionados a la supervisión de sincronismo mediante la función 25 incluida en el relé de falla de interruptor o en otro relé independiente.

Dependiendo de la ubicación del relé, cada relé podría ser calibrado para las condiciones de DB/DL, LB/DL, DB/LL.

En las subestaciones con configuración de doble barra, se requiere que las tensiones de barras sean seleccionada mediante los contactos auxiliares de los seccionadores de barras de la línea que se desea sincronizar.

En las subestaciones con configuración de interruptor y medio y anillo, se debe configurar una lógica de selección de tensiones con ayuda de un selector de tensión por relé. Debe tenerse en cuenta, que solamente se tendrá los transformadores de tensión ubicados en la salida de cada línea.

3) Esquema de recierre (79)

Todos los interruptores de línea deberán contar con el esquema de reenganche, siendo en principio el reenganche de un solo intento solamente, con bloqueo al final del proceso de reenganche no exitoso.

Con la operación de las dos líneas entre Vizcarra – Antamina se tiene previsto el disparo y reenganche monopolar con fines de continuidad de servicio.

El reenganche se efectuará solamente en los casos de fallas monofásicas. En caso de fallas bifásicas o trifásicas el reenganche quedará bloqueado. El uso de los reenganches trifásicos en algunos casos, dependerá de los resultados de los estudios dinámicos de la red considerando todo el sistema interconectado.

En el caso de la subestación Vizcarra que tiene configuración en anillo, se puede utilizar la lógica de operación del reenganche denominado maestro/seguidor. Bajo este esquema, el interruptor ubicado junto a la barra es el que se utiliza como "interruptor maestro" y el interruptor central como "interruptor seguidor".

Ante una falla monofásica en la línea, el interruptor maestro abre solamente la fase con falla y el interruptor seguidor abre en forma trifásica. Cumplido el tiempo de espera, reengancha el maestro y si el reenganche de este es exitoso, recién cierra el interruptor seguidor. En caso contrario, el interruptor maestro abre en forma trifásica y el interruptor seguidor permanece abierto, saliendo de servicio la línea.

- Protección de barras (87B)

En la subestación Antamina se instalará protección de barras conectadas a los mismos secundarios de los transformadores de corriente donde estarán conectados las otras protecciones. Esta protección contará con la función de falla de interruptor (50BF).

La protección de barras deberá tener capacidad hasta para seis (6) bahías de 220 kV, de las cuales una será de reserva.

Entre las características particulares que deberá cumplir el relé, citamos las siguientes:

- Arquitectura centralizada.
- Procesamiento de datos numérico con uno o más microprocesadores.
- Medida de corriente diferencial de todo tipo de fallas, entre fases y fase a tierra.
- Integración de la función de falla interruptor (50BF) para cada módulo de bahía considerado en la protección diferencial de barras.
- Característica de protección de baja impedancia con capacidad de ajustar diferentes relaciones de transformación en los transformadores de corriente, sin necesidad de utilizar transformadores de corriente auxiliares.
- Cada interruptor deberá tener sus propios relés auxiliares de desenganche y bloqueo (86B). Su cantidad, y la cantidad de contactos que posea cada uno, deberá ser definida en el proyecto.
- Los relés auxiliares de desenganche y bloqueo (86B) deberán tener un tiempo de máximo de operación a 10 ms.
- Los contactos de los relés auxiliares de desenganche y bloqueo deberán ser para una corriente nominal superior a 10 A en corriente continua, y una tensión de control de 125 V en corriente continua, con un rango de variación de +20%/-25%.

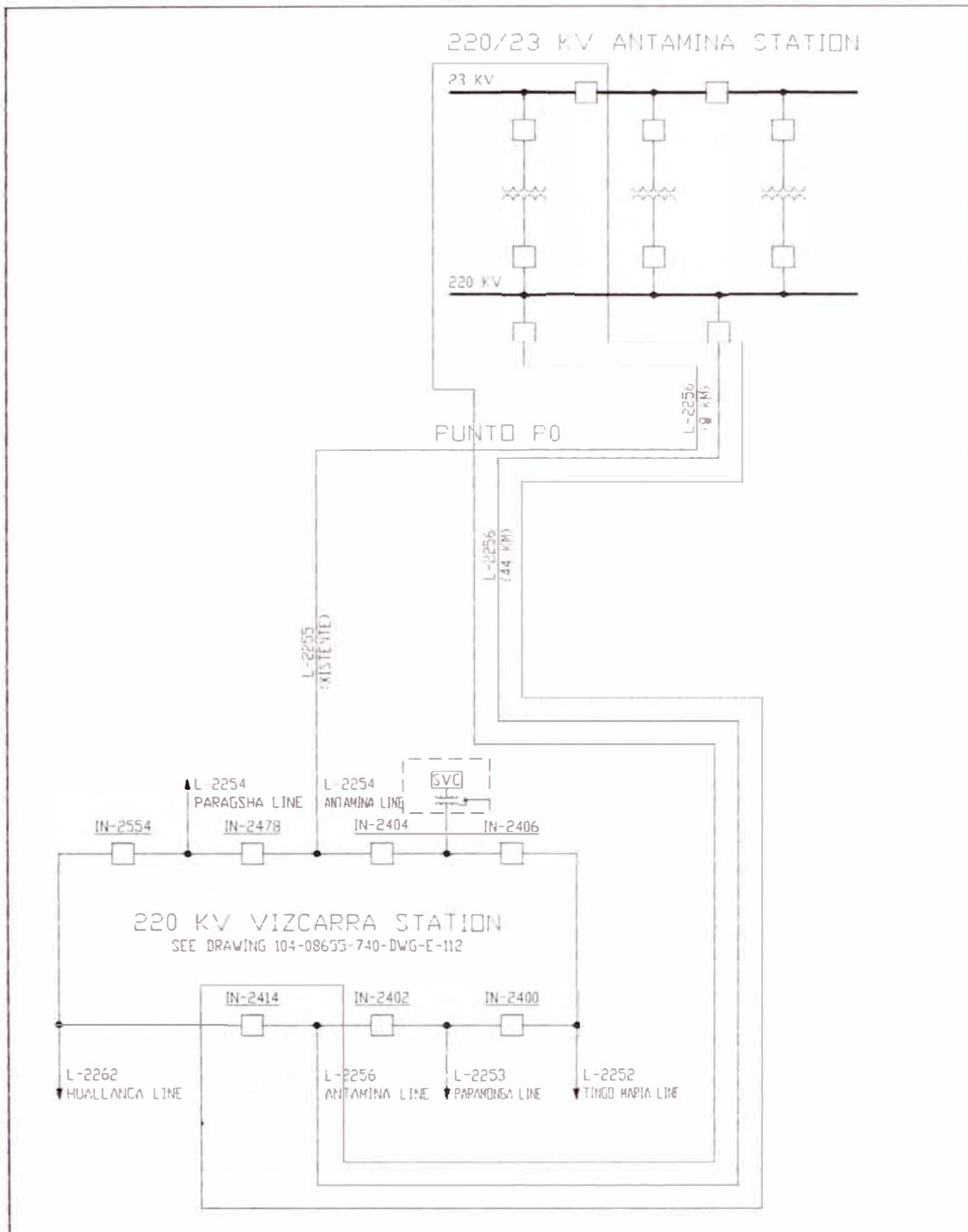


Figura 3.10 Diagrama unifilar de la segunda etapa del proyecto

- La reposición de los relés auxiliares de desenganche y bloqueo deberá ser local y remota.
- En todo instante, la protección deberá tener representada fielmente la configuración primaria de la barras.
- Deberá ser de bajo consumo y su estabilidad en el funcionamiento ante fallas externas a la zona protegida deberá ser independiente de los siguientes factores:
 - Potencia de cortocircuito del sistema.
 - Saturación de los transformadores de corriente.

- Remanencia magnética y fenómenos transitorios.
- Corriente inducida por circuito paralelo.
- En caso de abrirse cualquier circuito de corriente, la protección se deberá bloquear y dar señalización y disparo de los interruptores asociados.
- Construcción modular.
- Intercomunicación por fibra óptica entre las unidades de bahía y la unidad central si es del tipo distribuido.
- Disparo al detectar una falla en un tiempo no mayor de 20 ms.
- Alta confiabilidad mediante un sistema de auto supervisión y autodiagnóstico de circuitos internos y de entradas externas.
- El display digital local o indicadores luminosos configurables, deberán indicar el estado del relé y actuación del relé.
- Capacidad de comunicación remota.
- Oscilografía y registro de eventos.
- Supervisión de los circuitos de disparo.
- Supervisión de los circuitos de corriente
- Sincronización mediante GPS
- Protocolos de comunicación IEC61850, IEC870-5-101, DNP3 y otros.

3.3 Presentación del plan de actividades

Para el presente informe se ha ideado la realización de planes de actividades tanto en alta como baja tensión para las subestaciones de Vizcarra y Antamina involucradas en la nueva línea:

3.3.1 En alta tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Vizcarra

La construcción de la bahía de la nueva línea a Antamina – L-2256 – implica abrir el tramo del anillo entre las bahías Paramonga Nueva (L-2253) y Huallanca (L-2262) para insertar los equipos de alta tensión y partir el tramo de barra de la bahía Antamina (L-2255), que atraviesa el anillo, para emplear el extremo opuesto como salida de la nueva línea L-2256.

El presente plan de actividades examina los trabajos de construcción de la nueva bahía y establecer los procedimientos de interconexión necesarios.

La Fig. 3.11 muestra el esquema de barras actual. Los tramos horizontales del dibujo del anillo, van por un nivel inferior – soportados por aisladores de barras, mientras que los tramos verticales están en el nivel superior, soportados por los pórticos esquematizados en la figura. Todas las estructuras soporte son reticuladas, con perfiles de acero tipo L, galvanizadas en caliente.

Las barras son flexibles, con cable duplex, ACSR Curlew 523.7 mm² de sección.

Los aisladores de las barras son de vidrio, a excepción de la salida de la L-2254 a Paragsha, que son aisladores de goma de silicón (Poliméricos).

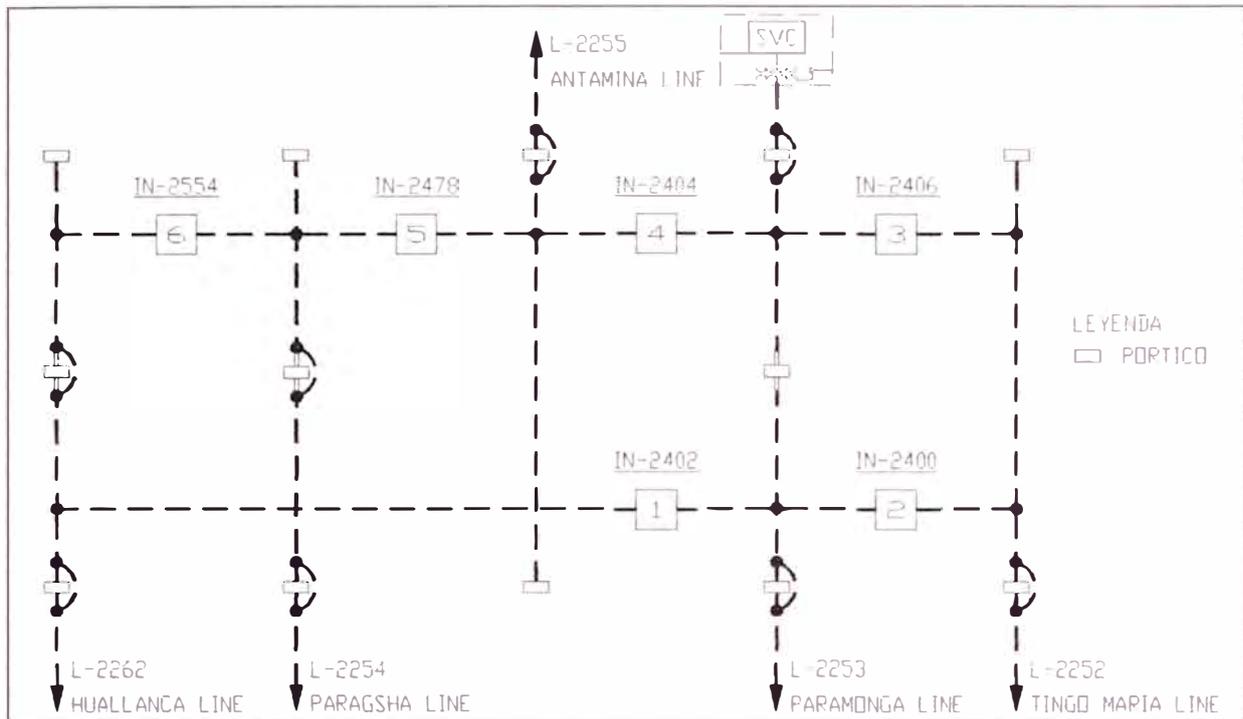


Figura 3.11 Esquema de barras actual

Cabe mencionar que el anillo original estaba conformado por los cuatro interruptores a la derecha de la Fig.3.11 (Véase también la Fig.3.13), así que sólo fue necesario partir con pörtico el tramo alto que sirve al SVC y a la L-2253. Las posteriores ampliaciones, para las líneas L-2254 y L-2262, consecutivamente fueron diseñadas ambas con un pörtico de soporte intermedio.

Con relación al equipamiento de alta tensión, en el anillo original se emplearon interruptores de tanque muerto con transformadores de corriente en los bushings y seccionadores de línea y de barra de apertura vertical. Las ampliaciones han sido hechas con interruptores de tanque vivo, transformadores de corriente independiente y seccionador de apertura central horizontal.

- **Definición de los requerimientos de ampliación**

La nueva bahía de L-2256 se va a construir entre las líneas L-2262 Huallanca y L-2253 Paramonga Nueva, frente a la L-2255. Como se observa en la Fig. 3.12, se monta la nueva bahía – representada por el interruptor IN-2414 - y se abre al centro el tramo de barra alta que corresponde a la L-2255.

Sin embargo, debe tomarse en cuenta que en las ampliaciones hechas al anillo, no se previó un eventual arranque de una línea frente a la línea Antamina actual, y se construyeron canaletas y ductos de cables en áreas donde deberían montarse los nuevos equipos conservando la simetría de la instalación. Como la implementación de rutas

alternas para los cables de las bahías involucradas es oneroso, por los deservicios que ello conlleva, se debe adoptar la solución de desplazar la ubicación de los nuevos equipos a lo largo del tramo bajo del anillo.

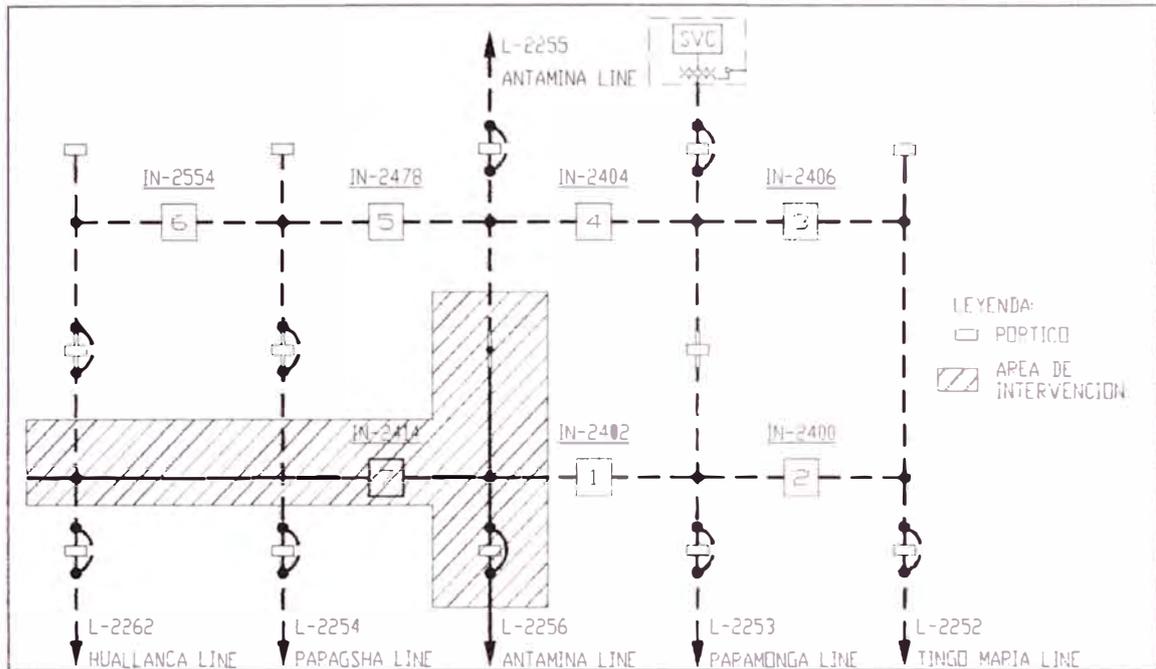


Figura 3.12 Esquema de barras previsto.

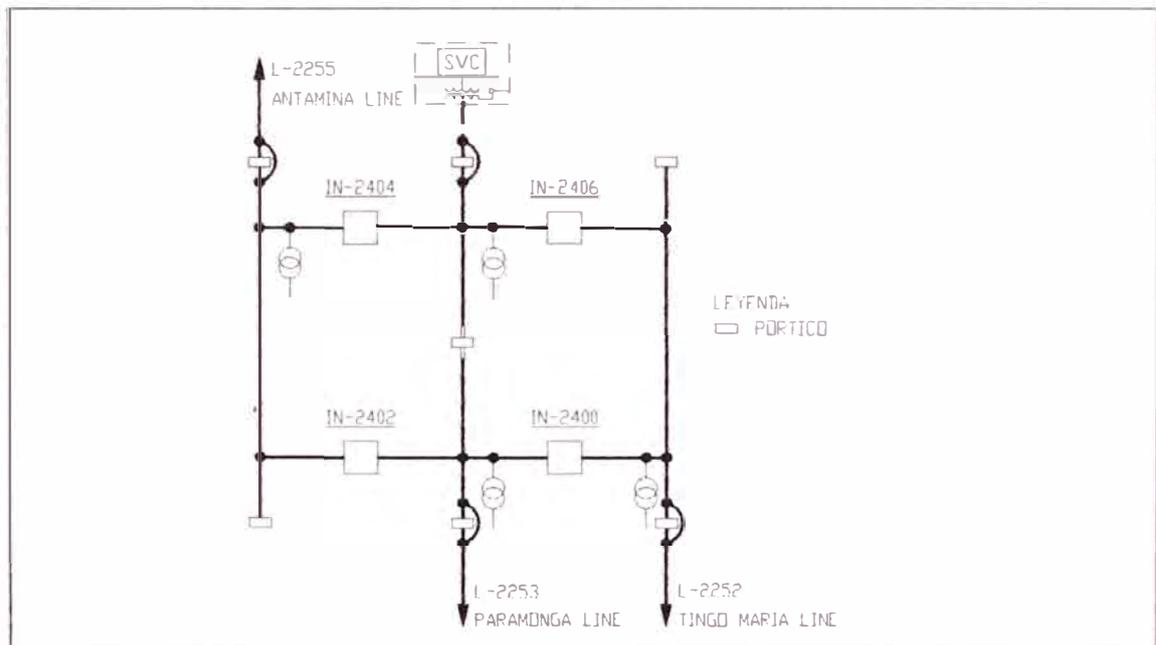


Figura 3.13 Esquema de anillo original

Otro aspecto que considerar es la apertura horizontal de los seccionadores de las ampliaciones, que necesitan mayor espaciamiento entre fases y a otras estructuras, también va a afectar la ubicación de los nuevos equipos. Los seccionadores del presente programa son de apertura central horizontal.

Por otro lado, cuando se construyó la bahía de L-2254 a Paragsha, el transformador de tensión de barras (Fase S) fue ubicado en el extremo de salida de la línea (VT1 en la Fig.

3.14); luego, cuando se construyó la bahía de L-2262 a Huallanca, ese tramo bajo pasó a corresponder a la nueva línea, teniendo entonces que montarse un transformador de tensión de barras (VT2 en la Fig. 3.15) en el extremo opuesto para trocarlo con el de la Paragsha.

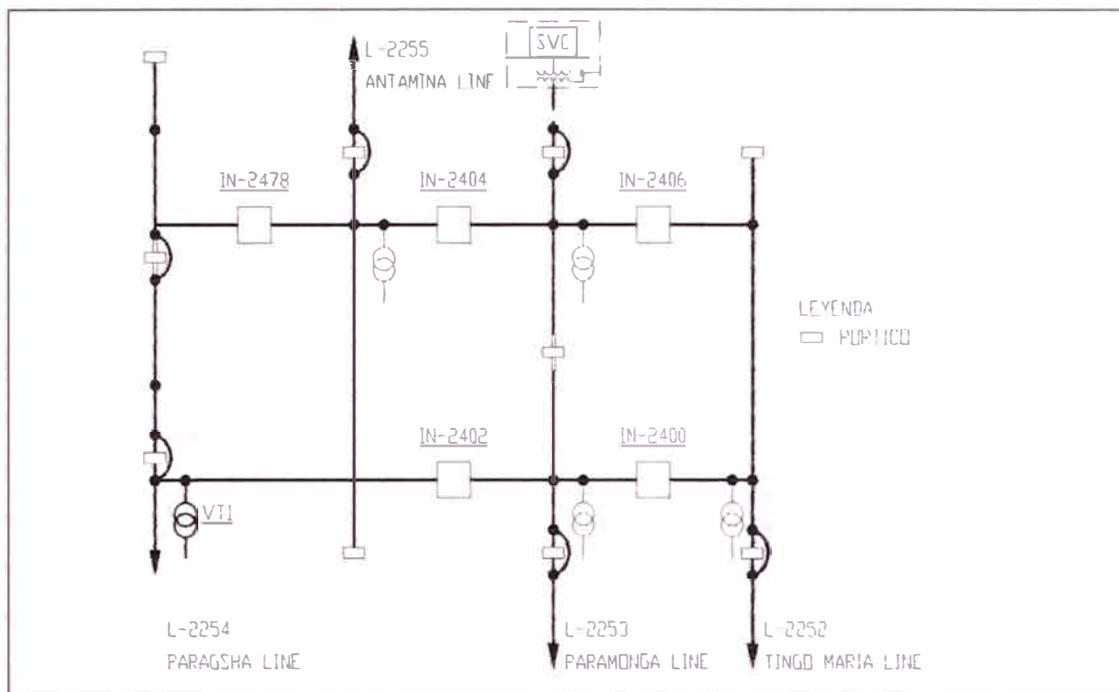


Figura 3.14 Ampliación bahía L-2254

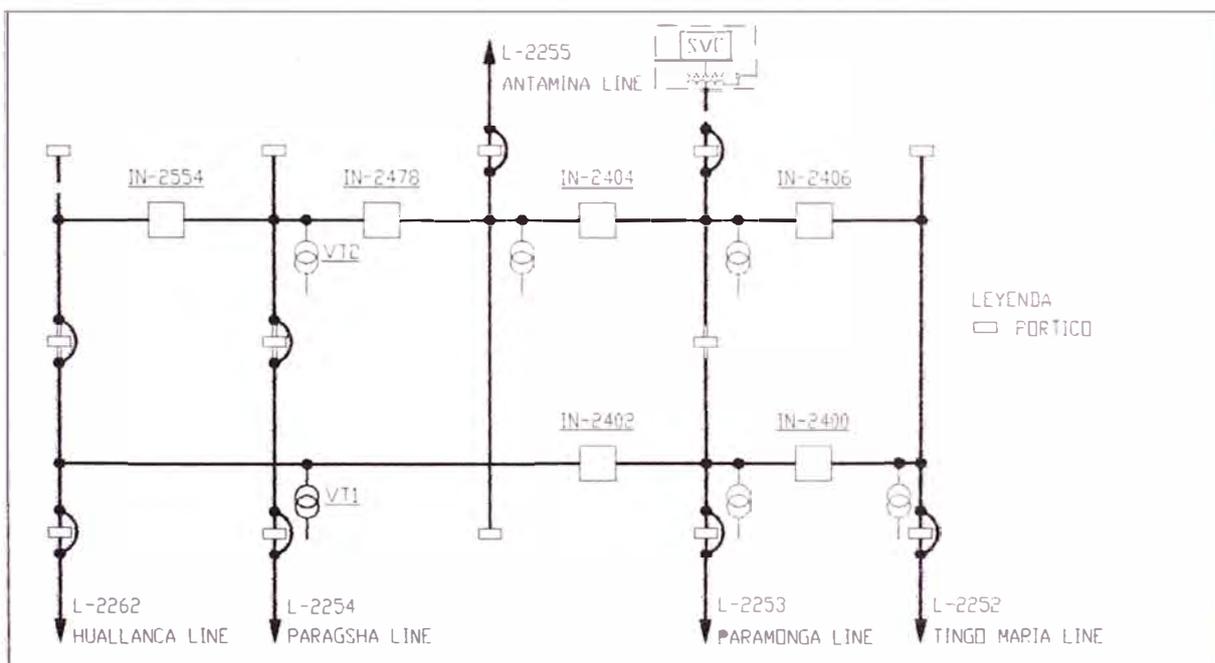


Figura 3.15 Ampliación bahía L-2262

Ahora que se va a insertar la nueva bahía, el desplazamiento de equipos hace que el nuevo seccionador de barras del lado L-2262 tenga que ser ubicado entre las salidas Huallanca y Paragsha (Área achurada en la Fig. 3.16), quedando el transformador de la L-2262 a Huallanca entre el seccionador y el interruptor de la nueva bahía, lo cual obliga

a reubicarlo o montar un nuevo transformador de tensión de barras en la posición VT3 en la Fig. 3.16 y desmontar el de la posición VT1.

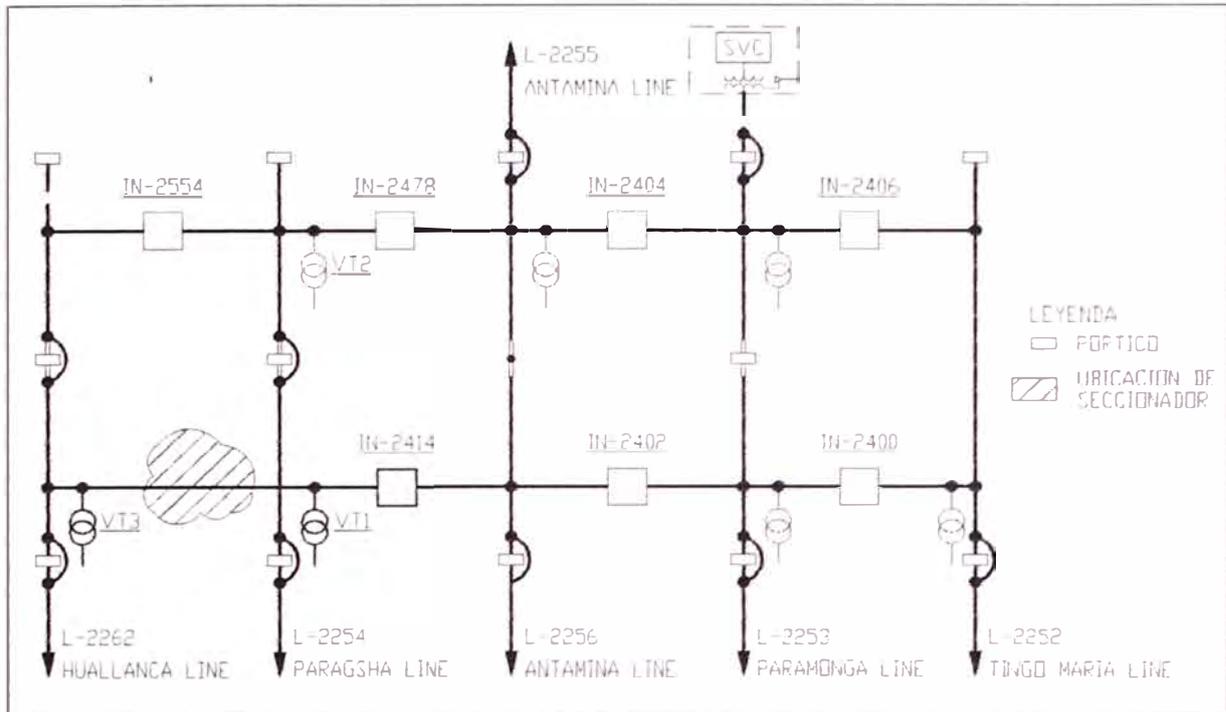


Figura 3.16 Ampliación bahía L-2256

- Partición de la barra alta de la L-2255

Esta actividad consiste en partir al centro la barra alta de la L-2255. Con ese fin, el Estudio de factibilidad definió la fabricación y montaje de un pórtico convencional, similar al existente entre el SVC y la L-2253; pero los trabajos de montaje del pórtico y de partición de la barra al centro, deben hacerse con la L-2255 fuera de servicio y sólo se dispone de 6 h al año.

Previo a esta actividad se realizaron estudios de alternativas para partición de barra L-2255 en S.E. Vizcarra, se evaluaron técnicamente las soluciones posibles y se concluyó con la factibilidad de partir la barra al centro uniendo ambos tramos con cadenas de aisladores poliméricos, evitando así la construcción del pórtico; vale decir, se va a reemplazar un tramo de conductor, al centro del vano de la barra, con un aislador, convirtiéndola así en dos tramos de barra aislados, para ser empleados por las L-2255 y L-2256. Esta solución es la que se va a implementar.

- Apertura del anillo para el montaje de los equipos de la nueva bahía.

Los equipos a montarse en el anillo son:

El interruptor de potencia, dos seccionadores de barras, un transformador de tensión en la fase S.

Adicionalmente, relacionados con el tramo de barra alto, se van a montar:

El seccionador de línea, tres transformadores de tensión, tres pararrayos.

- Reubicación del transformador de tensión de barras de la L-2262.

El transformador de tensión TT-2440 debe ser reubicado debajo del tramo alto que corresponde a la L-2262; sin embargo, por la importancia de la instalación se tiene que reducir los riesgos de traslado de un equipo que tiene que volver a entrar en servicio en corto plazo. De manera que la solución más aconsejable es preparar y montar un nuevo transformador de tensión en su lugar, probarlo y recablear los circuitos de baja tensión. En una posterior parada de planta se puede reemplazar por el original.

Esta actividad debe hacerse a la par que el montaje del seccionador de barras SB-3029 y va a permitir el libre uso de éste.

Por lo tanto la distribución de los equipos nuevos es la que se muestra en la parte achurada de la Fig. 3.17.

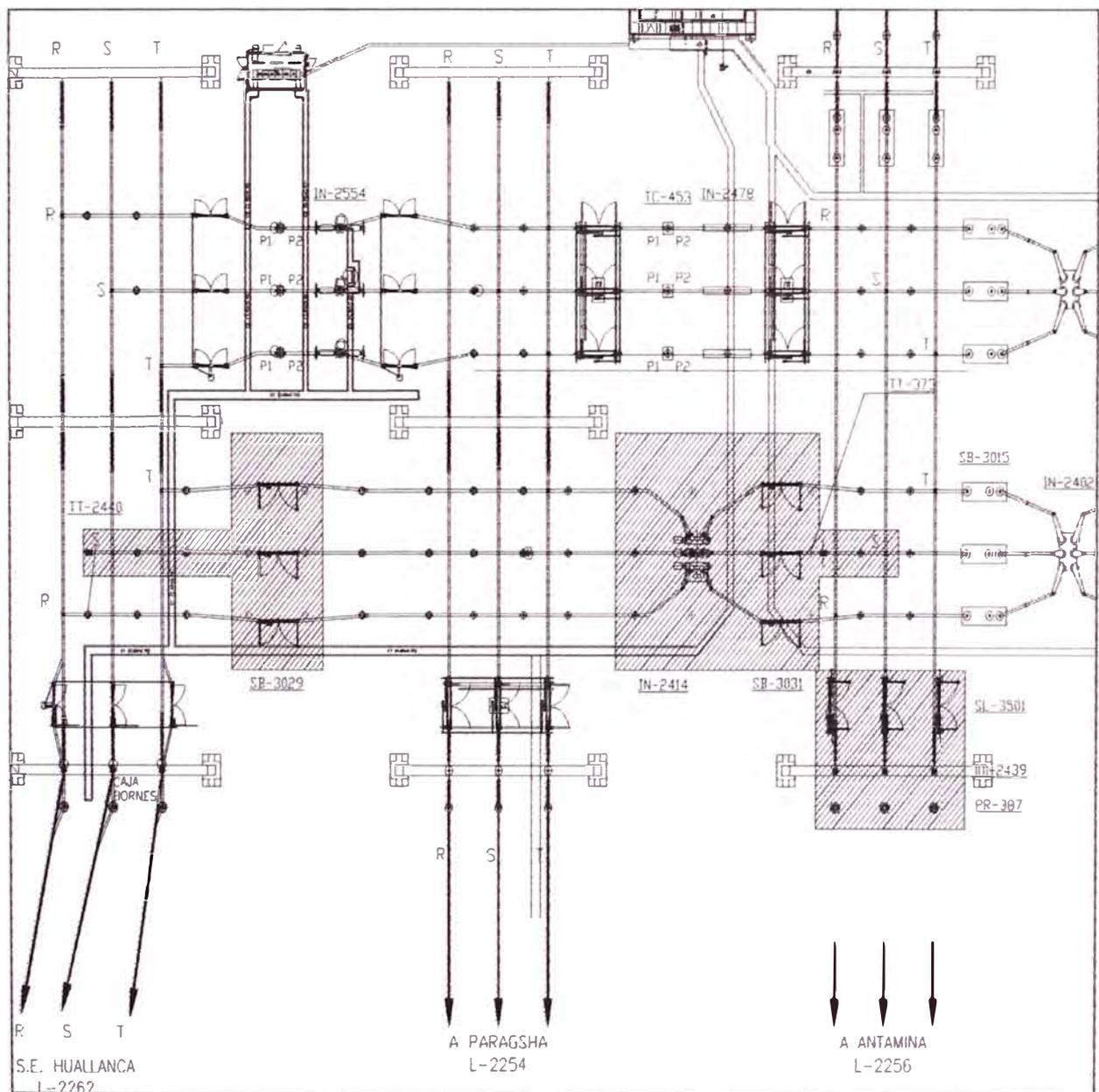


Figura 3.17 Equipos de bahía L-2256

- El interruptor IN-2414 se montará en un eje vertical que queda entre los transformadores de corriente TC-453 y el interruptor, de la bahía al frente.
- El seccionador de barras SB-3029 debe montarse cerca de la salida L-2262, quedando el transformador TT-2440 entre este equipo y el IN-2414, debajo del pórtico de salida de la L-2254, posición que no sirve para la L-2262 lo que obliga a reubicarlo a la posición indicada en la Fig. 3.17.
- El transformador de tensión de barras TT-373 se va a instalar debajo de la barra alta de la L-2256.
- El seccionador de línea los transformadores de tensión de línea y los pararrayos se van a ubicar a la salida de la bahía, con menos restricciones de montaje.

- Restricciones de suministro de equipos y solución adoptada

Dentro del plan de actividades en alta tensión de la SE Vizcarra para la apertura del anillo, con circuito fuera de servicio, para el montaje de los equipos de la nueva bahía se debe proceder a desconectar las bajantes de la barra alta de la L-2262 a Huallanca y mantener abierto el seccionador de barras SB-3015, de la L-2253. Esta solución conlleva a:

- Que el anillo permaneciera abierto por todo el tiempo que demorase las obras civiles, el montaje electromecánico, las pruebas y puesta en servicio de los equipos de la bahía; lo que representaba un mayor riesgo de deservicio de alguno de los suministros que acceden al anillo o de que este quedase inhabilitado si fallara alguno de los interruptores quedando partido en dos el anillo.
- Que, el transformador de tensión de barras de la L-2262 quedase en el tramo desenergizado, inhabilitando el cierre con sincronismo de ese circuito.

La solución ideada es trasladar el transformador de tensión debajo del pórtico de salida de la L-2262 y montar por adelantado el seccionador de barras SB-3029 y elaborar un procedimiento de montaje que permita abrir y cerrar el anillo a través de la zona de trabajo; así, en el caso de la contingencia indicada en el párrafo anterior, se podría reponer en corto tiempo el anillo a través de esa zona de trabajo. Esta solución se describe a continuación:

- Se monta y pone en servicio el seccionador de barras SB-3029, para desenergizar la zona de trabajo abriendo este seccionador y el seccionador SB-3015 de la L-2253.
- Los demás equipos se montan de manera progresiva, con la zona de trabajo desenergizada, cuidando de dejar al final de cada jornada el(los) equipo(s) montado(s), sea operativos en posición cerrada o como soportes de barras.
- A requerimiento de operaciones, luego de cada jornada o cuando fuera convenido, se cerrará el anillo actuando sobre los seccionadores indicados en el punto a).

En el montaje del seccionador de barras SB-3029 de manera adelantada deberá cumplirse al menos:

- Que el seccionador sea completamente montado y probadas sus cualidades aislantes.
- Que tenga mando eléctrico local que asegure la apertura y cierre local del mismo de manera precisa.
- Que se elabore un procedimiento de operación preciso, habida cuenta que no va a contar con bloqueos y que debe abrir y cerrar en vacío un tramo del anillo.

El arribo a obra de los equipos de alta tensión está programado entre junio y julio de 2010 y las obras civiles en la SE Vizcarra deben iniciarse en abril de 2010, de manera que en esta última fecha ya se debe poder abrir el anillo para el inicio de las obras civiles, lo que significa que en la parada de marzo-10 debe montarse el seccionador SB-3029 y trasladarse el transformador de tensión de barras de la L-2262.

La solución adoptada es alquilar equipos iguales a los requeridos, para montarlos temporalmente y reemplazarlos más adelante, cuando ya se cuente asegurado el suministro a la mina.

Los equipos para servicio temporal, cedidos por Red de Energía del Perú (REP) son:

- Un seccionador Magrini Galileo, 362 kV, con mandos por polo, con las siguientes restricciones que debe ser superadas:
 - El equipo requiere de un mantenimiento integral y pruebas, que será efectuado por el Propietario del equipo, REP.
 - Dos de los comandos son a 220 Vac y el tercero a 220 Vdc y los SSAA de la SE Vizcarra son 400-230 Vac y 125 Vdc.
 - No se tiene los conectores de alta tensión.
 - Un transformador de tensión Magrini Galileo, 1300 kVp BIL, con las siguientes restricciones que debes ser superadas:
 - Su relación de transformación es $220/\sqrt{3}: 0.10/\sqrt{3}$; vale decir 2200 a 1 y el que se necesita es 2000 a 1; es decir $220/\sqrt{3}: 0.11/\sqrt{3}$.
 - No se tiene el conector de alta tensión.

Con relación a los suministros locales y obras necesarios para el montaje de estos equipos tener en cuenta que:

- Se debe diseñar y fabricar por adelantado las estructuras reticuladas para el seccionador y para el transformador de tensión.
- Se debe adquirir y tender cables de alimentación auxiliar temporal para el seccionador (Mandos, motor y calefacción).
- Se debe adquirir un rectificador 220 Vac/220 Vdc o convertidor 125 Vdc/220 Vdc.

- Se debe adquirir y tender los cables de control del transformador de tensión que va a ser desplazado.
- Se debe adquirir una caja de formación y un transformador de tensión intermedio con relación 1.1/1.
- Se debe adquirir las grapas de conexión AT para el seccionador y para el transformador de tensión.
- Las fundaciones para el seccionador y para el transformador de tensión deben ser excavadas con el anillo energizado; de manera que deberán efectuarse a mano y siguiendo un riguroso procedimiento.
- Las fundaciones y estructuras del seccionador deberán diseñarse de manera que sirvan tanto al seccionador Magrini como al seccionador ABB definitivo.

Los principales procedimientos escritos de trabajo para esta actividad han sido recopilados en el anexo A del presente informe, en dicho anexo podemos encontrar:

- Ordenes de trabajo de montaje de pórtico y apertura de barra salida L-2255.
- Ordenes de trabajo de montaje de equipos de patio de nueva bahía.

3.3.2 En alta tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Antamina

La Fig. 3.18 muestra el esquema de barras actual. El acceso de la línea L-2255 es perpendicular a la bahía.

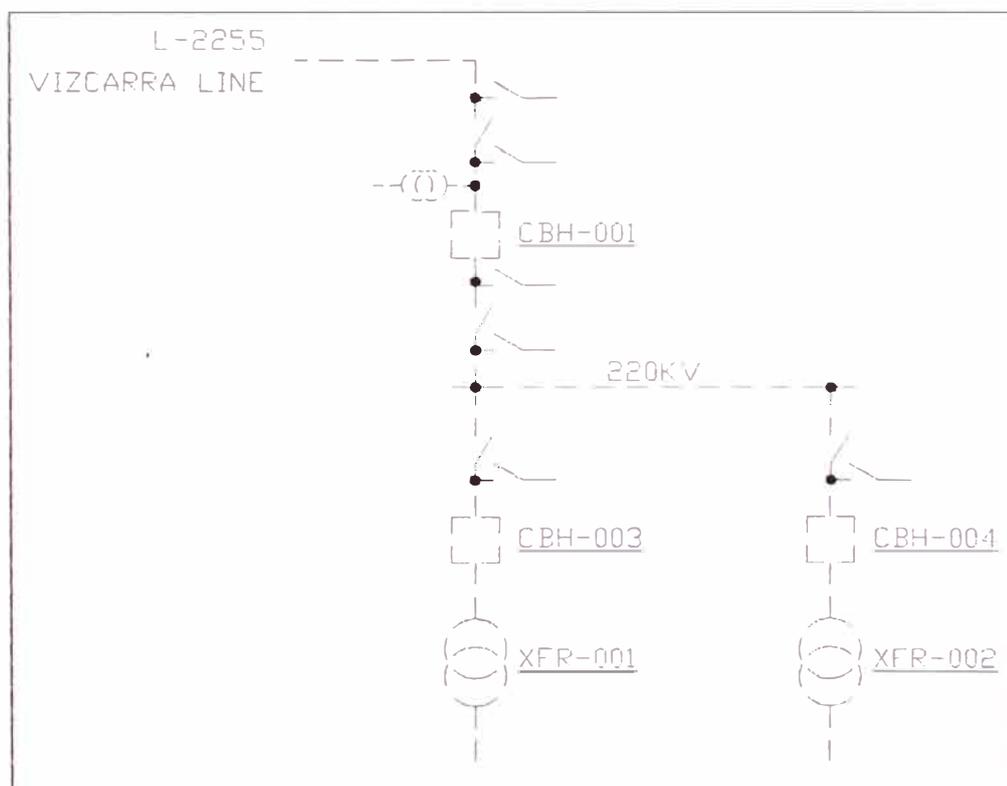


Figura 3.18 Esquema de barras actual – SE Antamina

Los transformadores de medición de tensión de la línea están instalados entre el seccionador de línea y el interruptor. Dos transformadores capacitivos instalados al

ingreso de la línea – no mostrados aquí – son empleados para las comunicaciones por onda portadora.

El juego de transformadores de medida atiende los requerimientos de todos los equipos de medición y protección de las bahías de los transformadores XFR-001 y XFR-002.

En esta instalación, ambos seccionadores de la línea tienen seccionadores de puesta a tierra en ambos extremos, mientras que los seccionadores de los transformadores tienen seccionador de puesta a tierra del lado equipo.

Las barras 220 kV son rígidas, de tubo de aluminio de 2", montadas a un nivel de 6 m; mientras que los accesos de las bahías son por la parte superior, también con tubo de aluminio a un nivel de 8.5 m. Los aisladores soporte de barras son de porcelana gris. Los pórticos de la línea y las estructuras soporte están fabricados con vigas tipo H, galvanizadas en caliente.

En la Fig. 3.19 se muestra la nueva configuración de las barras 220 kV. Se va a montar un nuevo transformador de potencia 220/23 kV, a construir dos bahías nuevas frente a frente y se va a ampliar la barra 220 kV y a montar transformadores de tensión de barras. La L-2255 va a ocupar las instalaciones de la nueva bahía, mientras que la nueva línea L-2256 ocupará el campo dejado por la L-2255. El acceso de las líneas a las bahías será directo.

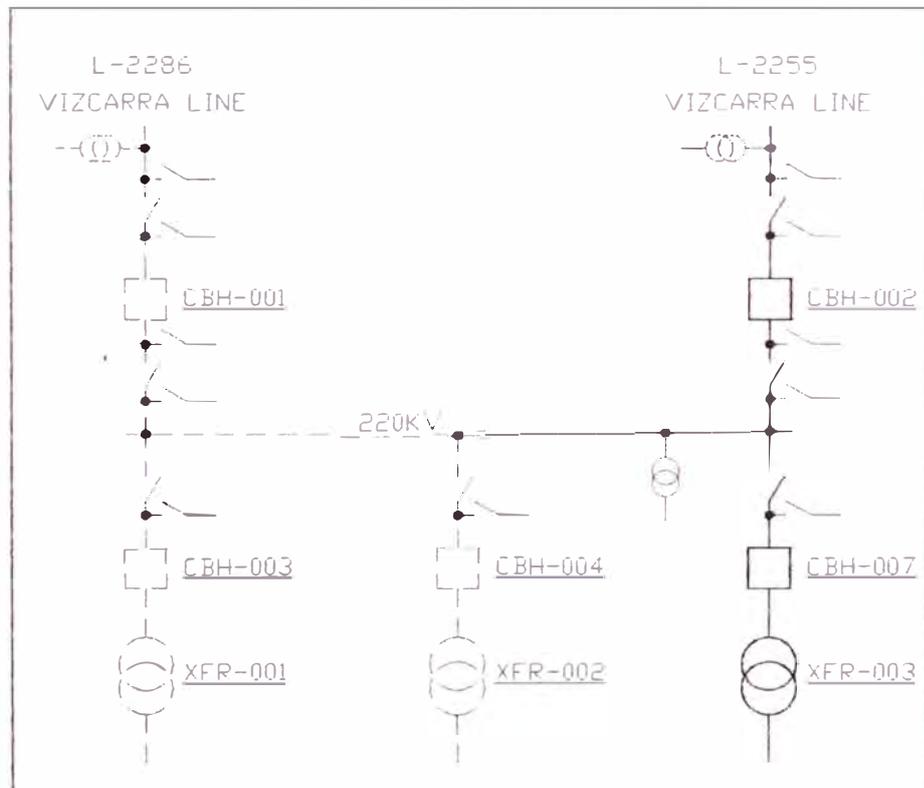


Figura 3.19 Esquema de barras previsto – SE Antamina.

En ambas líneas los transformadores de tensión van a ser instalados al ingreso de las líneas (los de la L-2256 serán reubicados) y se va a montar transformadores de tensión

de barras, tanto para el cierre con sincronismo de los interruptores de línea, como para atender los requerimientos de los equipos de protección y medición de los tres transformadores de potencia, incluido el nuevo.

- Interconexión de barras 220 kV

Esta actividad consiste en conectar el nuevo tramo de barras al existente.

Por razones de seguridad, los trabajos comprenden el montaje de los aisladores porta-barras más cercanos a la barra existente, la finalización del nuevo tramo de barras y la conexión al existente mediante conectores de unión flexibles. Véase la Fig.3.20.

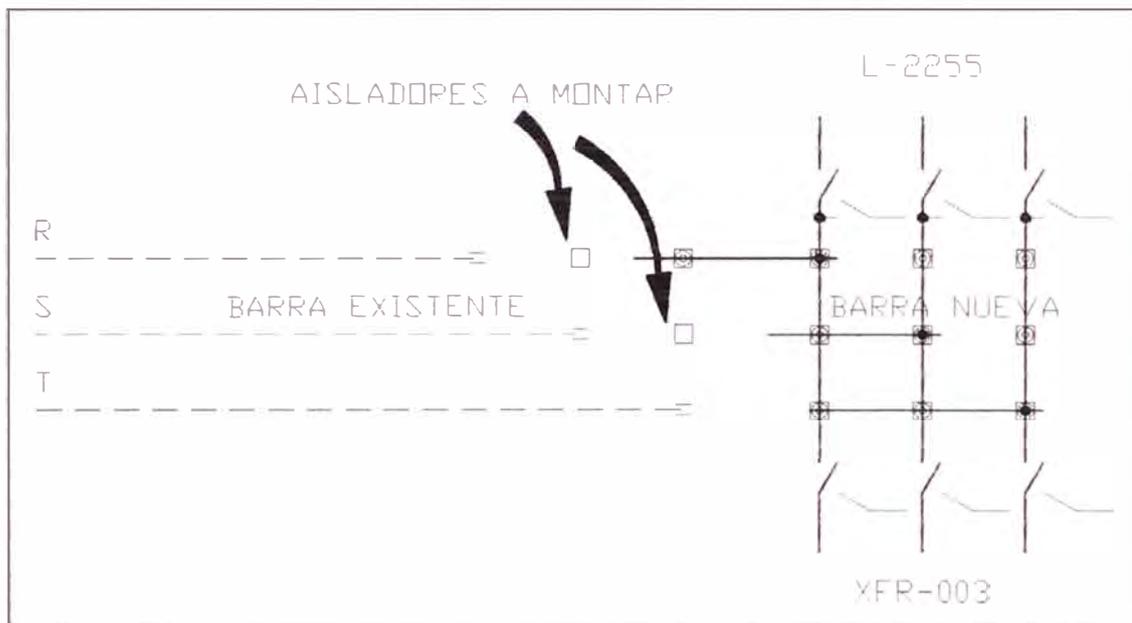


Figura 3.20 Interconexión de barras – SE Antamina

Como es evidente, esta actividad es con la barra 220 kV fuera de servicio.

Debe estar lista la bahía de la línea porque se tiene programado en el mismo corte poner en servicio la línea L-2255 – ya montada sobre el nuevo tramo de línea con torres de doble terna – sobre esta nueva bahía; caso contrario, sólo bastaría con haber montado, calibrado y probado el correspondiente seccionador de barras.

3.3.3 En baja tensión: interconexión de L-2256 con L-2253 y L-2262 -SE Vizcarra

En un anillo dos líneas o circuitos comparten principalmente un interruptor de potencia, dos seccionadores de tramo y un transformador de tensión de tramo, lo que representa que tengan circuitos en común, principalmente de tensión, corriente, señales de posición y disparos.

Entre las líneas L-2253 (L1 a Paramonga Nueva) y L-2262 (L6 a Huallanca Nueva) se tenía el interruptor común IN-2402, como se observa en la figura 3.21 (Unifilar parcial del anillo Vizcarra antes de la inserción de la L-2256), pero luego se han montado los equipos de alta tensión que configuran la bahía de la nueva L-2256 quedando la distribución de equipos tal como se observa en la Figura 3.22.

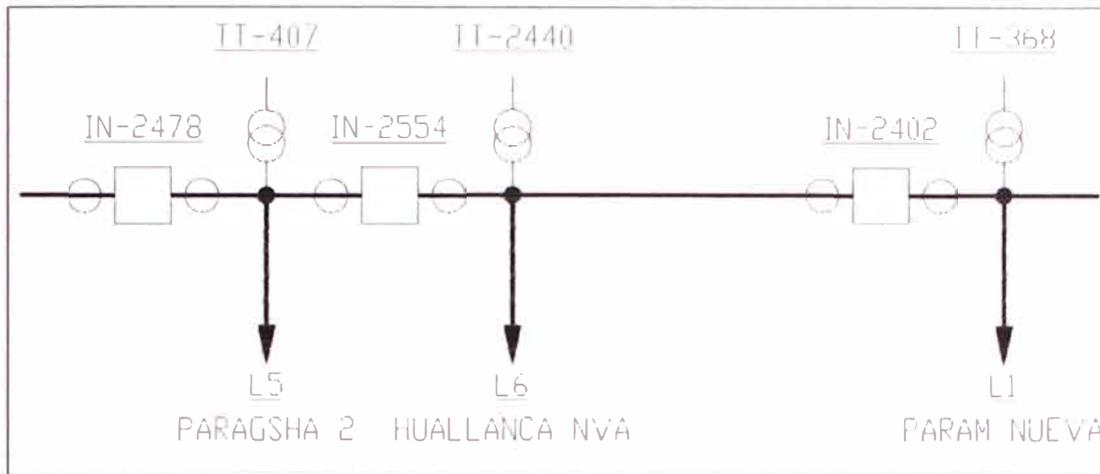


Figura 3.21 Unifilar parcial del anillo Vizcarra antes de la inserción de la L-2256.

De manera resumida, el cierre del IN-2402 está relacionado con los transformadores de tensión de tramo de ambos extremos (L6 y L1), las protecciones de las líneas L6 y L1 mandan abrir al IN-2402; y se alimentan con las señales de los transformadores de corriente insertos en los Bushings de ambos interruptores que alimentan cada línea y las señales de posición de estos últimos.

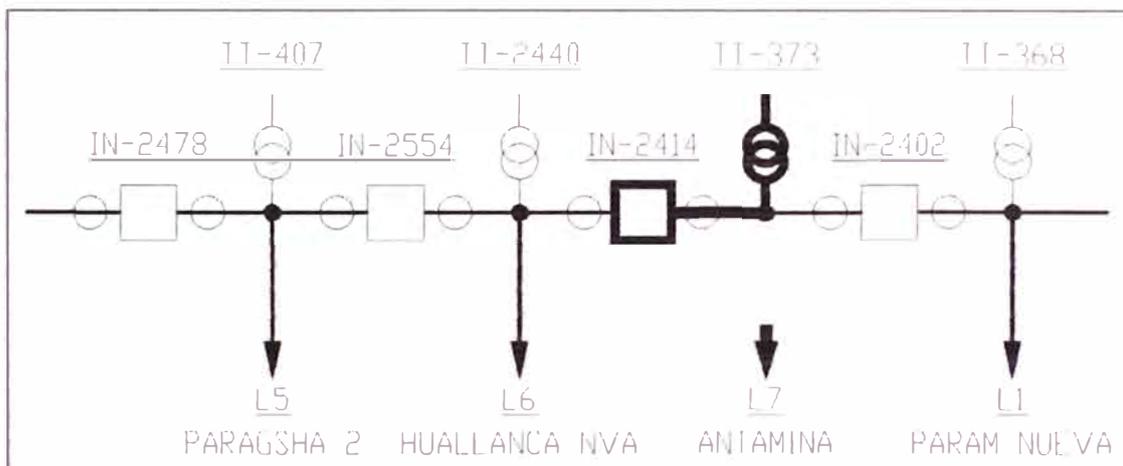


Figura 3.22 Unifilar parcial del anillo Vizcarra con la L-2256 insertada.

Al insertar la L7, se deben reconfigurar entonces las señales de tensión, corrientes, señales de posición, bloqueos a los seccionadores de línea, disparos en 2da zona por protección BF, etc.

En el anexo A (Interconexión en baja tensión de la línea L-2256 con L-2253 y L-2262 en la subestación Vizcarra) del presente informe se detalla procedimientos de trabajo para la reconexión de: Tensiones de sincronismo, señales de falla fusible, corriente de medición, circuitos protección, bloqueo de recierre del circuito maestro/seguidor, arranque BF por las protecciones de línea, disparo directo transferido (DTT), bloqueos de cierre por falla interruptor, etc.

Obsérvese que en la figura 3.23 se esquematiza los cambios de señales de tensión, necesarias para el sincronismo de cierre de los interruptores.

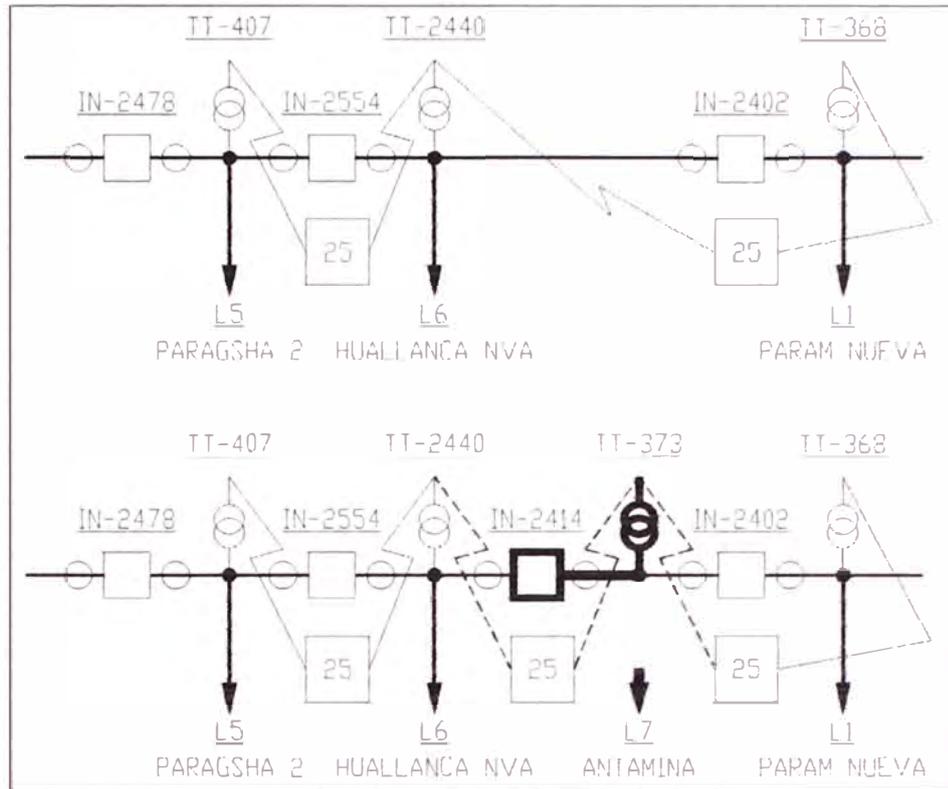


Figura 3.23 Señales de tensión de tramo al relé de sincronismo

En la figura 3.24 se esquematiza los cambios de señales de corriente para un relé de protección. Igual ocurre con las corrientes de medición.

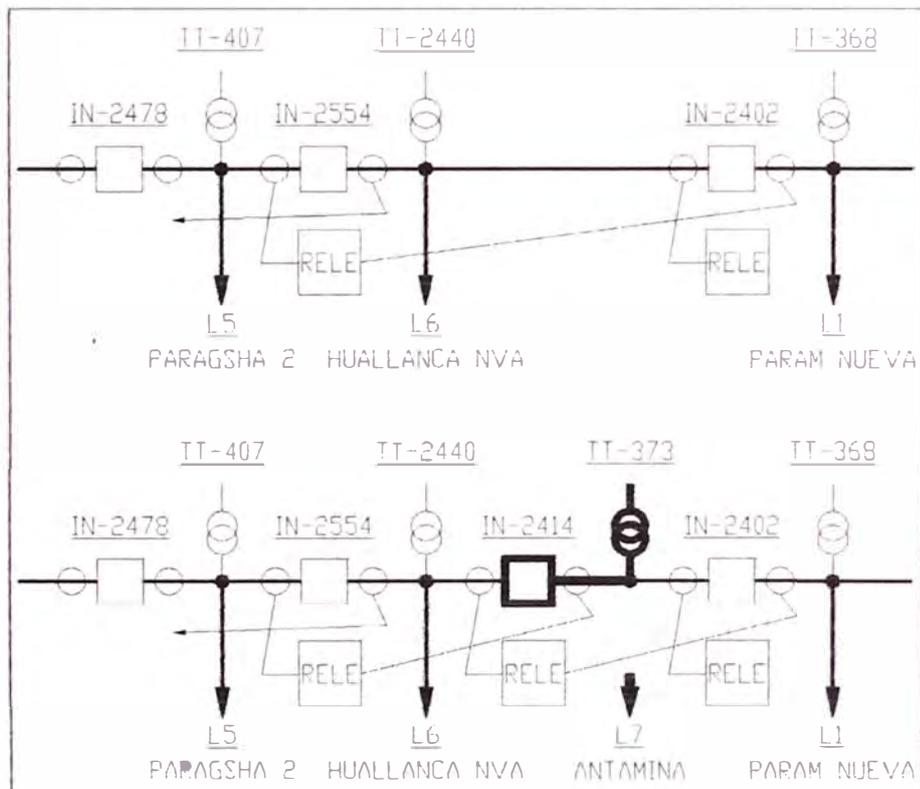


Figura 3.24 Señales de corriente que alimentan un relé de protección.

En la figura 3.25 se esquematiza los disparos de las protecciones a los interruptores, antes y después de la inserción de la L-2256.

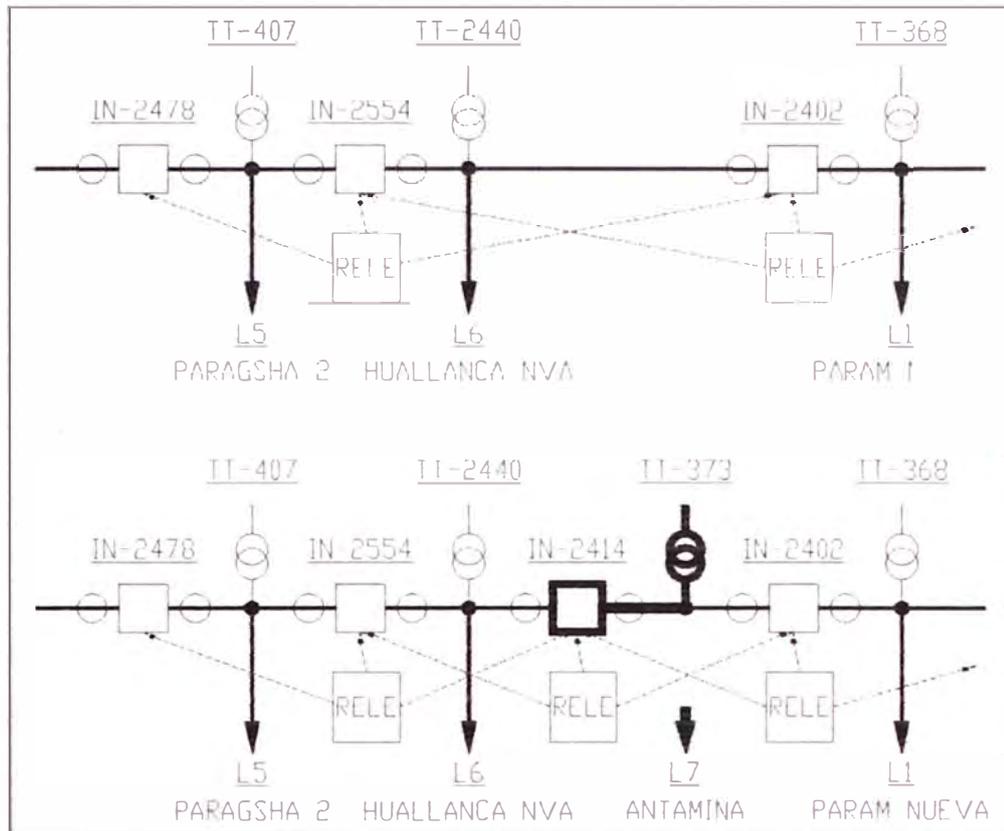


Figura 3.25 Señales de Trips a los interruptores.

Obsérvese que los equipos del tramo L-2256 ya están insertados al anillo en Alta tensión; vale decir, ya están energizados el interruptor IN-2414, los seccionadores de tramo SE-3029 y SE-3031 y el transformador de tensión de tramo TT-373; los interruptores y seccionadores están cerrados y bloqueados y los transformadores de corrientes, insertos en los bushings del interruptor, están "puenteados". En esta condición, el transformador de tensión TT-373 mide la misma tensión de tramo que el TT-2440 (L6) y los transformadores de corriente del IN-2414 (L7), miden la misma corriente que los del IN-2402 (L1), como se observa en el siguiente gráfico.

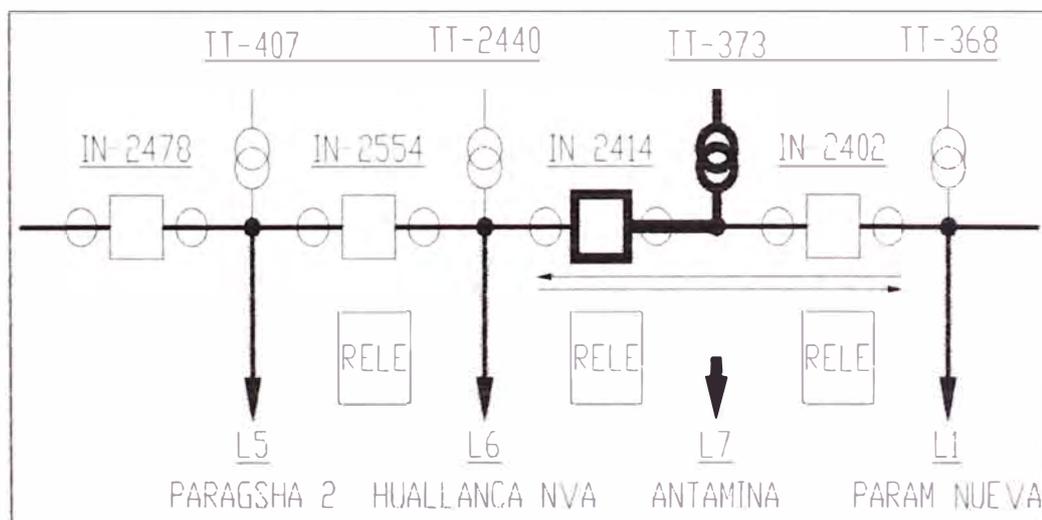


Figura 3.26 Señales de tensión y corriente.

- Reconexión de los circuitos de tensión

Comprende la reconexión de las tensiones de sincronismo y correspondientes señales de posición (ON/OFF) de los MCB (interruptores termomagnéticos) que gobiernan esas tensiones. Luego de ejecutado este grupo de actividades, la línea L6 quedará operando con tensión de sincronización de TT-373 en lugar de TT-2440.

- Reconexión de los circuitos de corriente

Comprende la reconexión de los circuitos de corriente de los interruptores IN-2402 (L1) e IN-2414 (L7). Luego de ejecutado este grupo de actividades, los relés y medidores de la L6 recibirán señales de corriente del IN-2414 en lugar del IN-2402; pero son de la misma magnitud y sentido.

- Reconexión de los circuitos de disparo y señales de posición del interruptor

Este es un grupo de actividades relacionadas que comprende señales de disparo por protecciones primaria, secundaria, arranque de recierre y Breaker Failure (BF), bloqueo de recierre por actuación de protecciones, secuencia de espera y bloqueo por recierre Maestro-Seguidor y las señales de posición de interruptor y mandos de cierre de interruptor, que requieren las protecciones para su actuación correcta.

No incluye la reconexión de disparos BF 2da etapa “hacia atrás”, el bloqueo de cierre por actuación de protección falla interruptor (BF), ni la transferencia de disparo.

El riesgo que se corre es que, ante una falla del tipo BF del IN-2402 (L1) en esta condición, va a abrir el IN-2554, suponiendo que no abrió el IN-2414 como se describe a continuación. Luego de ejecutado este grupo de señales, el interruptor IN-2414 deberá quedar operativo – con tensiones de mando y en modo Remoto – puesto que deberá abrir en caso ocurra una falla en la L1 o en la L6 a las que atiende.

- Reconexión de circuitos complementarios

Este grupo de actividades comprende la reconexión de disparos BF 2da etapa “hacia atrás”, el bloqueo de cierre de interruptores por actuación de la protección falla interruptor (BF), la transferencia de disparo (DTT) al extremo opuesto de la línea, el bloqueo de mando del seccionador de línea L7 por posición del IN-2402 y la reconexión de los órdenes de mando del IN-2414 en lugar del IN-2402, desde el Controlador de bahía de la L6, en el Shelter de Santa Luisa. Esta última actividad se prevé hacerla junto con el primer grupo, con las cuales tiene relación por el empleo de las tensiones de sincronismo para el cierre.

3.3.4 En baja tensión: plan de actividades en baja tensión con corte de energía - SE Antamina

Los circuitos en baja tensión de las bahías 220 kV en la subestación Antamina son los tableros de control, protección y medición para las dos líneas y de control para los

transformadores 1 y 2, estos últimos existentes. También se ha considerado instalar un conjunto completo de servicios auxiliares: Transformadores y tableros de SSAA 480 Vac, 400-230 Vac, 115 Vac y 125 Vdc, rectificadores y banco de baterías 125 Vdc.

La relación de las nuevas instalaciones con las instalaciones existentes está dada porque se tiene principalmente que:

Insertar la nueva bahía de línea a la protección diferencial de barras actual,

Reemplazar la señal de tensión de los equipos de protección y medición de los transformadores 1 y 2, que actualmente es desde los transformadores de tensión de la L-2255 (únicos en 220 kV) a los nuevos transformadores de tensión de barras.

Los paneles involucrados son el 14, 19, 20 y 22 de los Switchgear 23 kV actuales.

La L-2255 deberá entrar antes de tener operativos los nuevos servicios auxiliares, de manera que se emplearán paneles de 400-230 Vac y 125 Vdc temporales, los cuales deberán anexarse a sus pares existentes.

- Descripción de las instalaciones actuales

El edificio de control consta de dos plantas; en la planta baja se tiene las bandejas de cables de 23 kV y de control, los servicios auxiliares – excepto el panel 400-230 Vac que está en la planta alta – y el sistema de aire acondicionado, principalmente. En la planta alta se ha montado el Switchgear en 23 kV y en los paneles 14, 19, 20 y 22 de éste están montados los circuitos de control y protección de las bahías de la línea L-2255 y de los transformadores de potencia 1 y 2 (XFR-001 y XFR-002). En la planta alta también están los tableros de control y protección de los bancos de condensadores, los tableros de comunicaciones y RTU, así como la sala de operadores. La Fig. 3.27 contiene el esquema de la planta alta, donde se montarán los tableros de control y protecciones 220 kV. Obsérvese la disposición de los paneles del Switchgear con algunos de los cuales habrá que interconectar los nuevos tableros.



Figura 3.27 Segunda planta de la sala de control

La Fig. 3.28 muestra un esquema unifilar del Switchgear 23 kV. Los números se corresponden con los paneles. En los paneles 14 y 22 se conectan los transformadores de potencia 1 y 2, respectivamente.

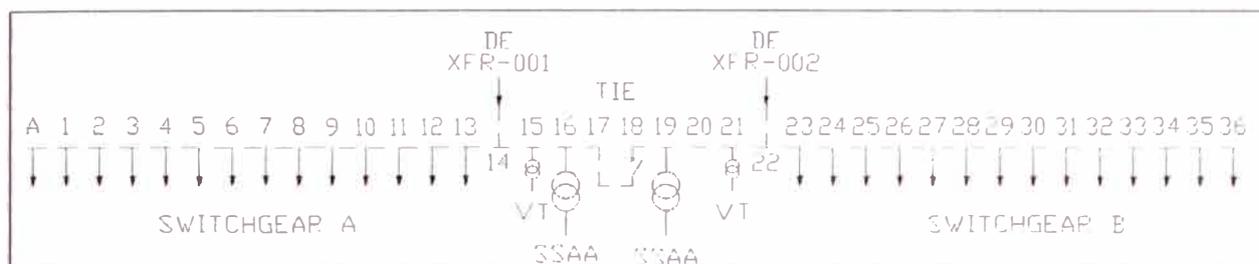


Figura 3.28 Esquema unifilar del Switchgear 23 kV

Los equipos existentes son de tecnología anterior; los relés son electromecánicos y digitales, los medidores son digitales, el panel de alarmas es electromecánico y los mandos son mediante conmutadores manuales.

Las señales de posición de los equipos de patio están cableadas hasta el RTU pasando por los paneles 14, 20 y 22, según corresponda.

Las principales conexiones (Cableado de control) entre las bahías 220 kV y los paneles de control en el Switchgear 23 kV son las mostradas en la Fig. 3.2. En el Panel 20, está el relé de protección diferencial de barras y los mandos, medición y protecciones 220 kV de la línea L-2255 y de los transformadores 1 y 2. En el panel 19 está el panel de alarmas. El Panel 14 contiene el relé de protección diferencial y el mando y protección lado 23 kV del transformador de potencia 1. Correspondientemente, en el Panel 22 están contenidos esos mismos elementos del transformador de potencia 2.

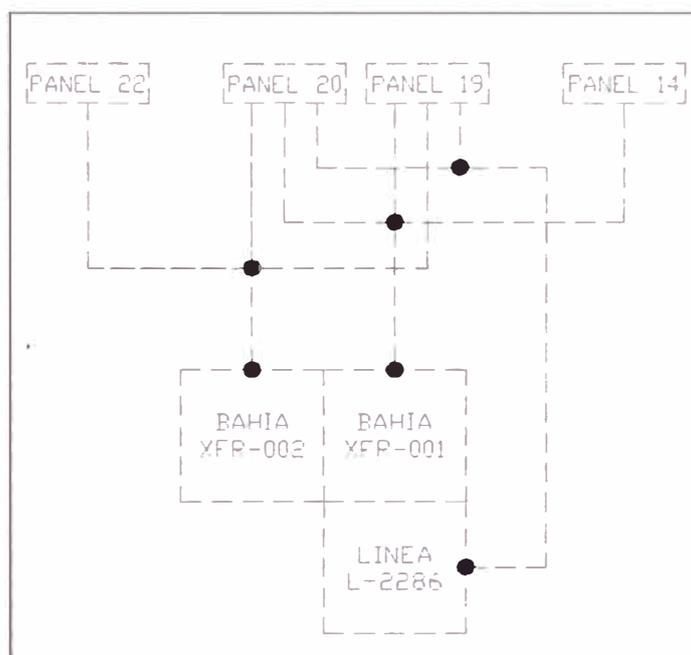


Figura 3.29 Cableado de control principal entre bahías y paneles.

- Definición de los requerimientos de la ampliación

La ampliación del sistema de potencia contempla, en lo que corresponde a los circuitos en baja tensión de las bahías 220 kV en la subestación Antamina, instalar los siguientes tableros de control y protección:

- Tablero de control y protección de la línea L-2255
- Tablero de control y protección de la línea L-2256
- Tablero de medición de líneas
- Tablero de comunicaciones por fibra óptica

En la Fig. 3.30 se muestra el esquema de la segunda planta de la sala de control, ampliada para contener la barra C y los tableros de control y protecciones nuevos.

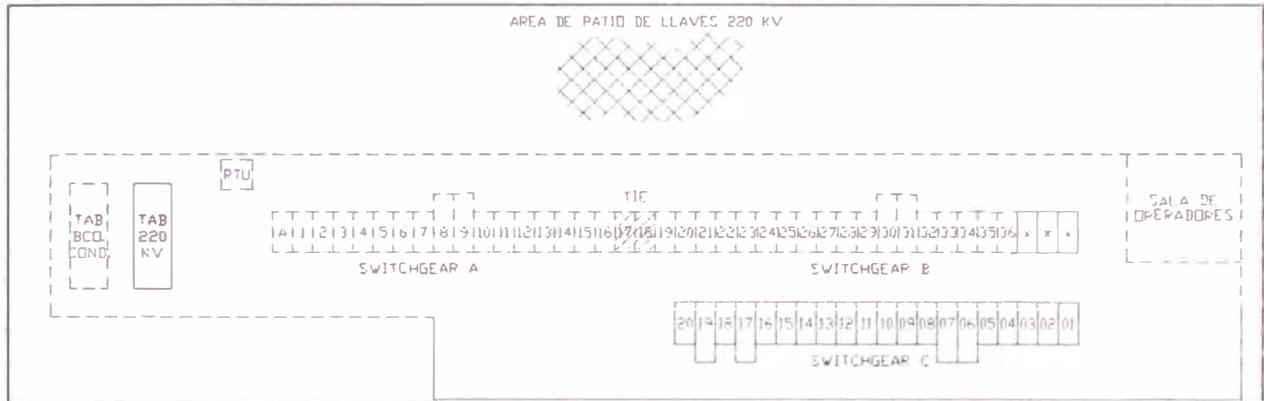


Figura 3.30 Segunda planta de la sala de control ampliada.

Las interconexiones entre las nuevas bahías y tableros con los paneles existentes se muestran en la Fig. 3.31.

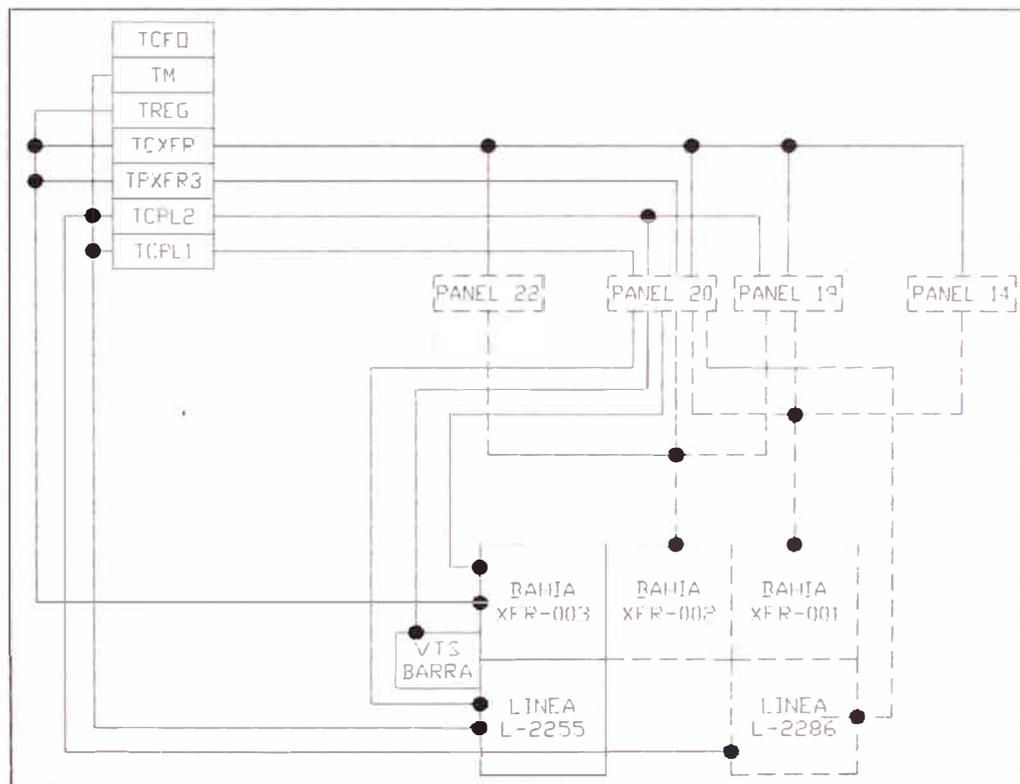


Figura 3.31 Cableado de interconexión con paneles existentes

Más al detalle, para la línea L-2255 deberá llevarse desde el patio un circuito de corrientes a la protección diferencial y llevar desde ella los disparos y bloqueos al tablero de control y protección.

Respecto de la línea L-2256 se tiene que llevar de la protección diferencial los disparos y bloqueos al tablero de control y protección, y señales y alarmas de equipos del Panel 20. Con relación a la protección diferencial de barras, el relé de disparo y bloqueo 86B no tiene contactos de bloqueo y de disparo disponibles para la nueva bahía. Lo que se va a hacer es emplear el contacto de disparo a la línea actual para activar un segundo relé 86B con los contactos suficientes.

Los equipos y tableros de baja tensión deberán montarse a la par que los equipos y bahías de alta tensión que van a servir. La secuencia de ingreso al servicio de los circuitos de alta tensión (220 kV), con los cuales están relacionados estos equipos y tableros de baja tensión motivo del presente plan es:

- La interconexión de ambos tramos de barras 220 kV.
- La línea L-2255 en la nueva bahía.

La línea L-2256 en la bahía existente reacondicionada.

En una primera etapa se interconectarán ambos tramos de barras y se pondrá en servicio la L-2255 en la nueva bahía. Luego, progresivamente, se pondrán en servicio los otros dos circuitos de la lista de arriba.

La ampliación tiene programado también instalar otro juego de servicios auxiliares: Tableros de SSAA 480 Vac, 400-230 Vac, 115 Vac y 125 Vdc.

De los servicios 480 Vac, 3 hilos, se alimentará los otros SSAA mediante transformadores y rectificadores, según sea el caso y se montará un banco de baterías 125 Vdc.

Estos servicios auxiliares serán instalados en el área ampliada en la primera planta, de manera que para la L-2255 se emplearán paneles temporales de 400-230 Vac y 125 Vdc, los cuales deberán anexarse a sus pares existentes.

- Cableado de tensiones de los VTs de barras

Este trabajo consiste en reemplazar el cable de tensiones que alimentan a los relés y medidores de los transformadores 1 y 2 en el Panel 20. Actualmente están alimentados de los VTH-001, 02,03 de la L-2255, pero cuando se traslade esta línea a la bahía nueva, quedarán fuera de servicio.

Está previsto llevarles tensiones de los nuevos transformadores de barras VTH-010, 11,12. Véase la Fig.3.32.

Previo a esta actividad deberá haberse tendido el nuevo cable desde los transformadores de barras hasta bastidores y preparado el cable, listo para conectar, en el extremo del patio de llaves.

Las actividades a realizar incluyen el ingreso del nuevo cable al panel 20, la desconexión del cable existente y la conexión del nuevo cable en las mismas bomeras.

Finalmente, este cable será timbrado, megado y conectado para entrar en servicio.

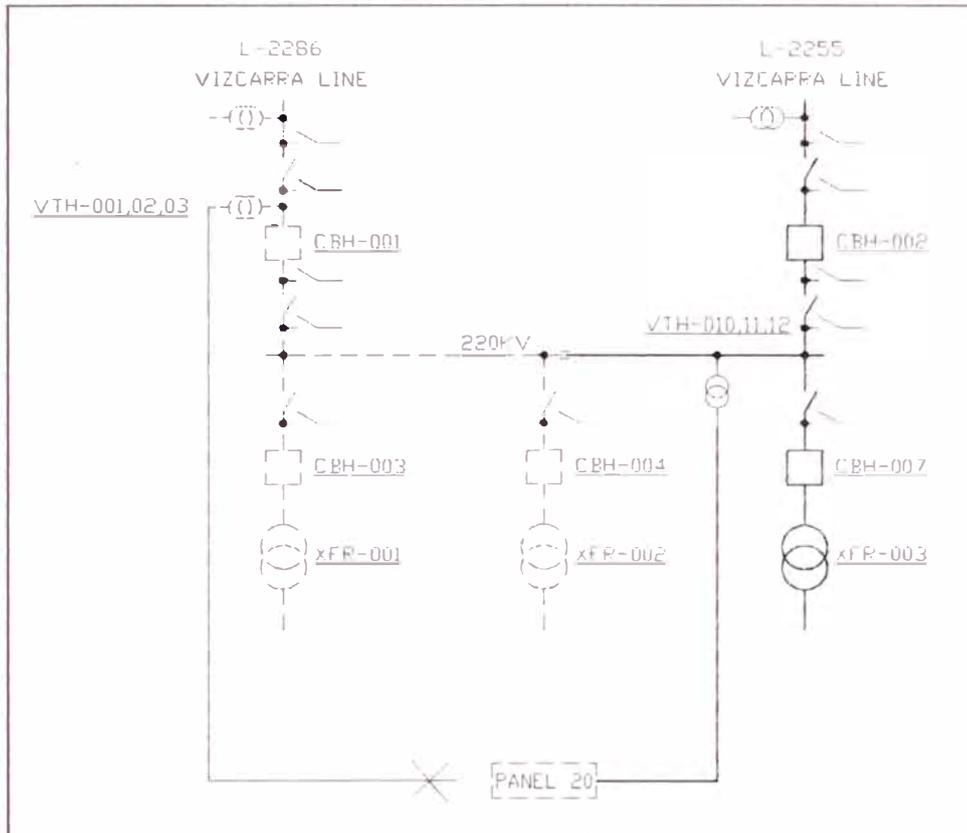


Figura 3.32 Reemplazo de tensiones a equipos transformadores 1 y 2

- Instalación de relé 86B adicional en Panel 20

El actual relé de disparo y bloqueo de la protección diferencial de barras no tiene los suficientes contactos disponibles para bloquear los cierres y disparar a los interruptores de las bahías que se están montando. Se tiene que montar un segundo relé de disparo y bloqueo y para activarlo se va a emplear el contacto de disparo al interruptor CBH-001 (de la L-2255 actual) y luego devolverlo del nuevo relé. La Fig. 7 muestra las conexiones de los relés 86B actual y adicional

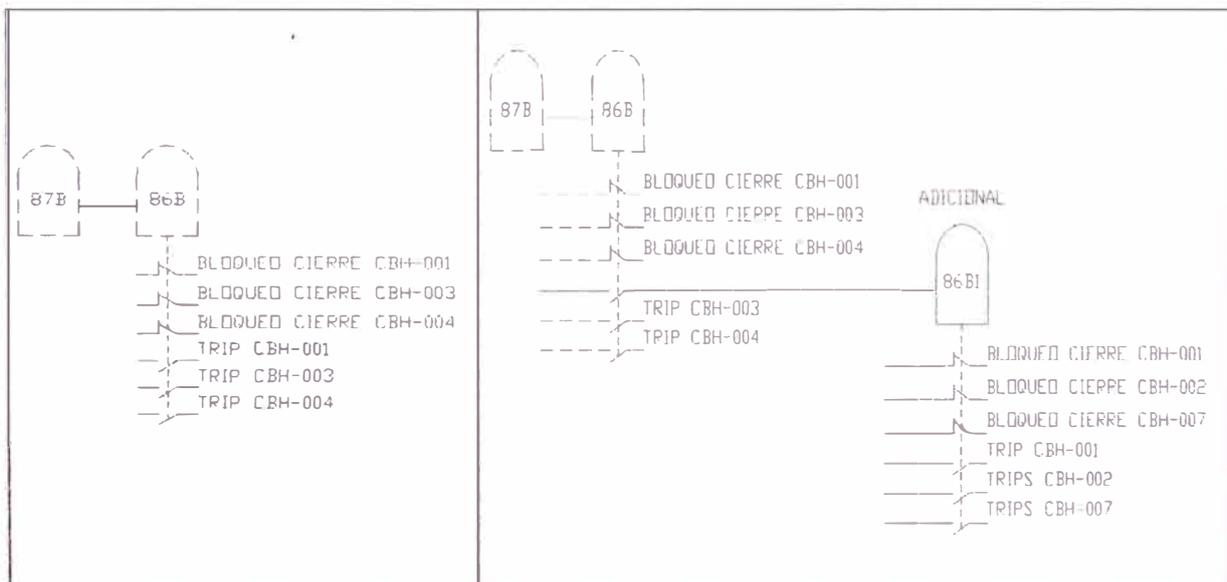


Figura 3.33 Conexión de relés 86 actual/previsto

Las actividades incluyen taladrar la puerta del Panel 20 y fijar el relé 86B1, instalar una regleta de bomeras donde conectarán los cables de disparo a nuevos tableros, cablear y probar el relé.

- Inserción de la L-2255 a la protección diferencial de barras

Este trabajo consiste en conectar las corrientes de la L-2255 y llevar el bloqueo y disparos de la protección diferencial de barras al tablero de la L-2255.

Se va a conectar un circuito de corrientes del nuevo interruptor de potencia de la L-2255 al relé de protección diferencial de barras (87B) montado en el Panel 20. La conexión se hace a un punto común de ingreso de corrientes al relé.

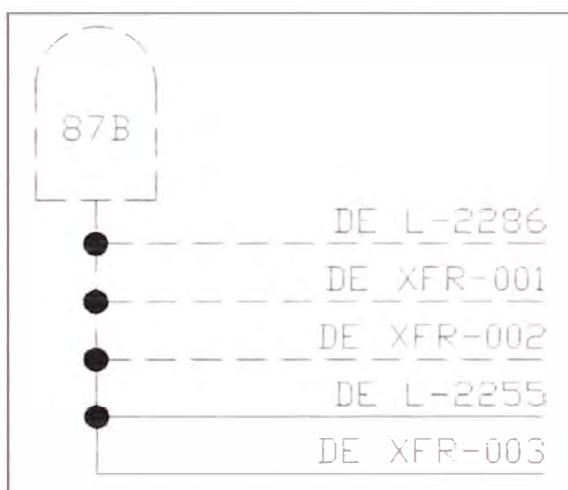


Figura 3.34 Circuito de corriente de la L-2255 a relé 87B

Luego, del relé 86B1 se debe llevar las señales de bloqueo de cierre y disparos al tablero de control y protección de la línea (TCPL1).

La señal de actuación del relé 86B1 también será cableada al controlador de bahía de la L-2255.

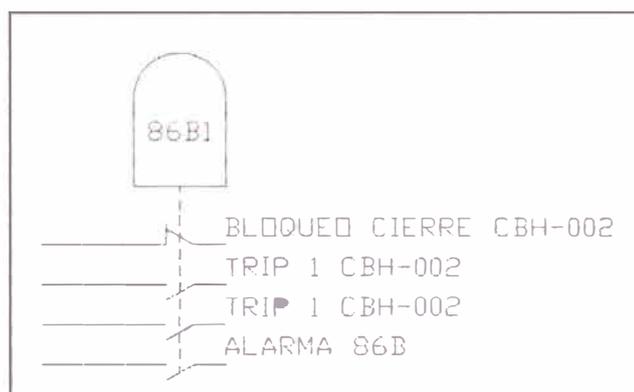


Figura 3.35 Bloqueos y disparos 86B para la L-2255

Previo a esta actividad deberá haberse tendido los cables desde los transformadores de corriente en los bushings del interruptor de potencia de la L-2255 y desde el tablero TCPL1 hasta bastidores.

Estos trabajos se ejecutarán en una sola actividad e incluyen el ingreso de los nuevos

cables al Panel 20, instalar una regleta de bomeras donde conectar el cable de corrientes e interconectar estas bomeras con aquellas que forman el punto común de corrientes. El cable de disparos se preparará en la bornera frontera del relé 86B1. Luego, los cables serán timbrados, megados y conectados para entrar en servicio.

- Ingresar y preparar los cables de la L-2256 al Panel 20. Este trabajo consiste en ingresar los cables de bloqueos de cierre y disparos de la protección diferencial de barras y alarmas; prepararlos, megarlos y timbrarlos y conectarlos a los circuitos existentes. Previo a esta actividad deberá haberse tendido los nuevos cables desde la ubicación del tablero TCPL2 hasta bastidores.

- Conectar los paneles temporales de servicios auxiliares. Este trabajo consiste en conectar cables de alimentación a breakers de reserva de los paneles auxiliares 400-230 Vac y 125 Vdc, uno por panel, para alimentar los paneles temporales que van a atender por adelantado el servicio de la línea L-2255.

Previo a esta actividad deberá haberse tendido los nuevos cables desde la ubicación de los paneles temporales hasta bastidores y fijado los paneles temporales.

- Conectar los cables de la línea L-2256.

Cuando la bahía actual haya sido acondicionada y probada, lista para entrar en operación, deberán conectarse los cables de bloqueo de cierre y de disparo en el circuito de la protección diferencial de barras y de alarmas en el Panel 20.

Como el Panel 20 sirve a todos los circuitos 220 kV actuales deberá aguardarse alguna parada de planta o reducción de carga para exponer menos a la producción de la planta. La conexión de los hilos al relé 86B1 presenta el riesgo de provocar la apertura indeseada de algún otro de circuito.

3.4 Planeamiento para la ejecución de las actividades

La premisa fundamental del Programa de Expansión del sistema de potencia es que las obras no deben afectar la producción de Antamina, de manera que las intervenciones deben efectuarse durante las paradas de planta programadas. Asimismo, se pretende no perturbar las producciones de los demás concurrentes de éste sistema.

3.4.1 En alta tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Vizcarra

Durante las paradas de planta, abrir el anillo Vizcarra representa el menor riesgo de afectación a la producción; pero ello no significa que se tenga fuera de servicio la L-2255.

La línea sólo es desenergizada una vez al año, durante una parada de planta mayor.

De manera general, Antamina tiene programadas dos paradas de planta al año, de unas 90 h cada una aproximadamente, y un deservicio de la L-2255 de unas 6h. Para el año 2010 se establecieron las siguientes paradas mayores:

- Parada de planta en marzo-2010.

Parada de planta en octubre-2010, con el deservicio de la L-2255 actual, por un lapso de 6 h.

- Secuencia de actividades y restricciones del servicio

La secuencia de ejecución que mejor se adapta al Programa es la siguiente:

✓ Parada de planta de Mar-10

- a) Montar y poner en servicio temporal el seccionador Magrini en la posición de SB-3029.
- b) Montar y poner en servicio el transformador de tensión Magrini en la nueva posición del de la L-2262.

Estos trabajos requieren las siguientes restricciones de suministro eléctrico:

Sacar fuera de servicio la L-2262 a Huallanca por un lapso estimado de tres días continuos.

Mantener abierto el anillo por los tres días continuos.

Durante el deservicio de la L-2262, la Minera Santa Luisa debe proveer su propio suministro a través de su central hidroeléctrica; la temporada de lluvias hace más factible esta solución.

A partir de allí, abriendo y cerrando el anillo de manera segura cuando sea requerido, será posible efectuar las obras civiles y el montaje progresivo de los demás equipos del anillo

✓ Parada de planta de Oct-10

- c) Partir la barra alta de la L-2255, instalando cadenas de aisladores poliméricos al centro de la misma. Estos trabajos requieren las siguientes restricciones de suministro eléctrico:

Sacar fuera de servicio la L-2255 a Antamina por un lapso estimado de 6 h, que es el tiempo máximo permitido.

- d) Partir el anillo en dos tramos, el primer tramo conformado por las líneas L-2252 a Tingo María, L-2253 a Paramonga Nueva y el SVC. El segundo tramo conformado por las líneas L-2254 a Paragsha y L-2262 a Huallanca.

En la Fig. 3.36 se muestran achurados los tramos energizados y el área de trabajo durante este corte.

Se estima que este trabajo va a ser efectuado sin bajar los conductores, empleando canastillas hidráulicas.

Partida la barra, será posible efectuar el conexionado de barras a los equipos de la salida L-2256

✓ Parada de planta de Mar-11 y deservicio de la L-2262.

- a) Reemplazar el seccionador SB-3029.

b) Reemplazar el transformador de tensión de la L-2262

c) Poner en servicio la nueva bahía L-2256

Los trabajos a) y b) requieren las siguientes restricciones de suministro eléctrico:

Sacar fuera de servicio la L-2262 a Huallanca por un lapso estimado de dos días continuos.

Mantener abierto el anillo por los tres días continuos.

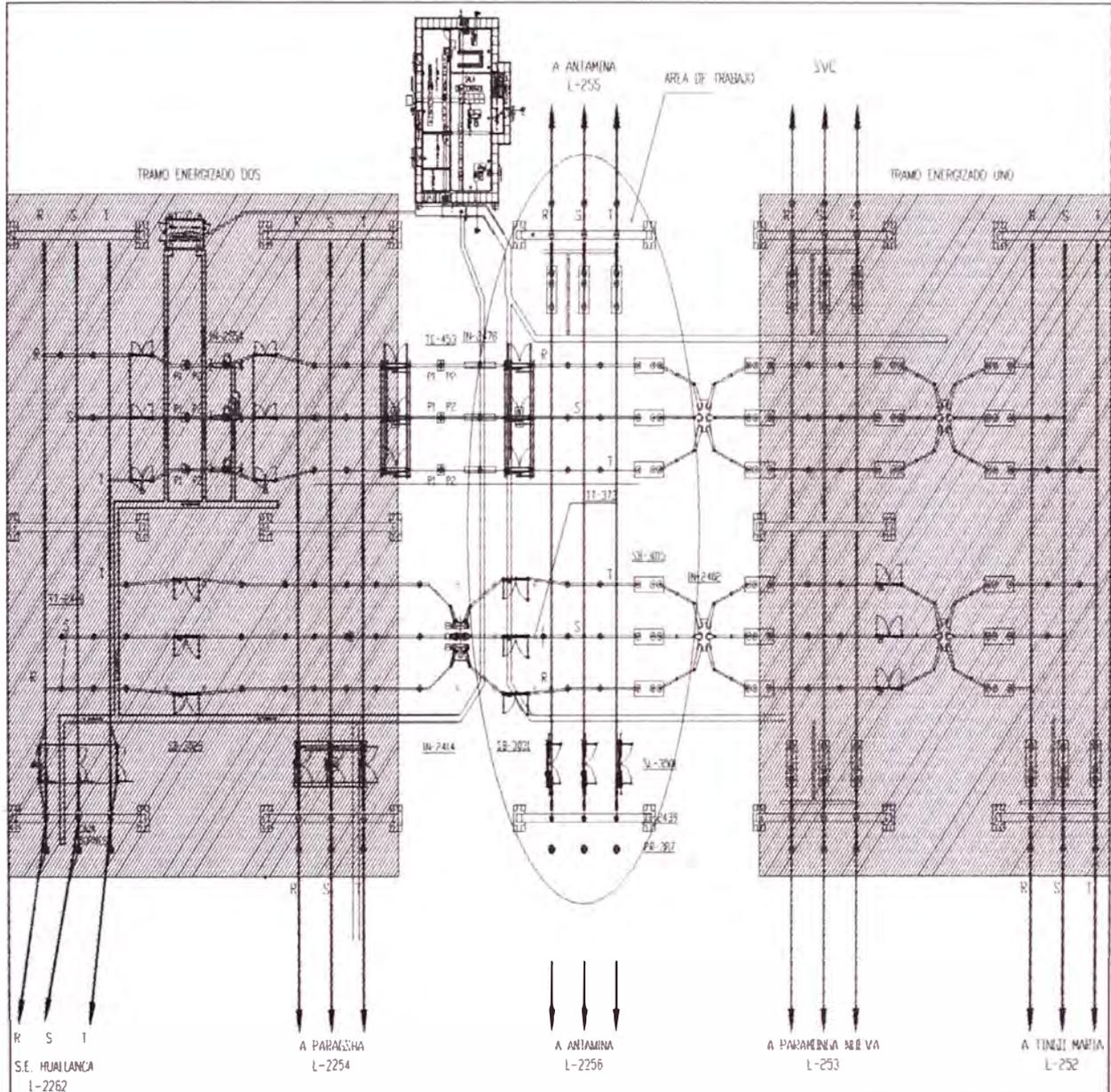


Figura 3.36 Servicio en parada de Oct-2010

3.4.2 En alta tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Antamina

La interconexión de las barras se va a efectuar en una sola jornada.

- Parada de planta de 30-Ago-2010

Todas las actividades requieren el deservicio de la barra 220 kV y la única parada de planta con deservicio de la barra 220 kV programada está prevista para el 30-Ago-2010,

con un lapso de 08:00 h, fecha cuando deberá ejecutarse la interconexión de las barras 220 kV.

El cronograma de la Tabla 3.1 muestra la secuencia y tiempos de ejecución previstos:

Tabla 3.1 Plan de actividades con corte de energía en alta tensión

| ACTIVIDAD | HORA | | | | | | | |
|---|------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Obtención de permisos de trabajo. Entrega de barras y aterramiento | - | | | | | | | |
| Interconexión de barras | | - | - | - | - | - | - | |
| Retiro de tierras y entrega circuito. Cancelación de los permisos de trabajo | | | | | | | | - |

En el anexo A del presente informe se adjunta los procedimientos de trabajo:

- Reubicación de los cables de guarda
- Interconexión de ampliación de barra.

La conexión de la nueva bahía a barras se hará a la par que la interconexión de las barras y la reconexión de la bahía existente.

3.4.3 En baja tensión: plan de actividades con corte de energía - SE Antamina

- Parada de planta del 30-Ago-2010

Aprovechando la parada de planta con deservicio de la barra 220 kV programada para el 30-Ago-2010, con un lapso de 08:00 h, deberá ejecutarse también las siguientes actividades:

- Cableado de tensiones de los VTs de barras.
- Instalación de relé 86B adicional en Panel 20
- Inserción de la L-2255 a la protección diferencial de barras
- Ingresar y preparar los cables de la L-2256 al Panel 20.
- Conectar los paneles temporales de servicios auxiliares.

El cronograma de la tabla 3.2 muestra la secuencia y tiempos de ejecución previstos:

Tabla 3.2 Plan de actividades con corte de energía en baja tensión

| ACTIVIDAD | HORA | | | | | | | |
|--|------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Cableado de tensiones de los VTs de barras. | - | - | | | | | | |
| Instalación de relé 86B adicional en Panel 20 | - | - | - | - | | | | |
| Inserción de la L-2255 a la protección diferencial de barras | - | - | - | | - | - | | |
| Ingresar y preparar los cables de la L-2256 al Panel 20. | - | | | | | - | - | |
| Conectar los paneles temporales de servicios auxiliares | - | - | - | - | | | | |
| Revisión y entrega de circuito | | | | | | | | - |

- Cronograma para Conectar los cables de la línea L-2256

Estos trabajos deben hacerse luego de que la bahía actual haya sido acondicionada y probada, lista para entrar en operación. Como en el caso anterior, debe aprovecharse una parada de planta o reducción de carga porque los trabajos son en el Panel 20.

El cronograma de la tabla 3.3 muestra la secuencia y tiempos de ejecución previstos:

Tabla 3.3 Plan de actividades conexión línea nueva

| ACTIVIDAD | HORA | | | | | | | |
|---|------|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Obtención de permisos de trabajo. | . | | | | | | | |
| Entrega de circuitos | . | | | | | | | |
| Conectar los cables de la línea L-2256. | . | . | . | | | | | |
| Revisión y entrega de circuito | | | . | | | | | |
| Cancelación de los permisos de trabajo | | | . | | | | | |

En el anexo B se detalla los procedimientos de trabajo necesarios para la ejecución de las siguientes actividades:

- Cableado de tensiones de los VTs de barras.
- Instalación de relé 86B adicional en Panel 20.
- Inserción de la L-2255 a la protección diferencial de barras.
- Ingresar y preparar los cables de la L-2256 al Panel 20.
- Conectar los paneles temporales de servicios auxiliares.
- Conectar los cables de la línea L-2256.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de resultados

Para el año 2011 la CMA amplió su capacidad en 60 MW. El proyecto contempló la construcción de una línea de transmisión en 220 kV entre las subestaciones Vizcarra y Antamina, un tercer transformador de potencia de 220/23 kV en la subestación Antamina, motores para molinos y otros equipamientos como parte de la ampliación de la planta de producción.

A continuación presentamos algunos detalles a tomar en cuenta:

✓ El hecho de reforzar el sistema de transmisión del SEIN e implementar una nueva línea de transmisión hacia Antamina implicó un incremento de la potencia de cortocircuito en el sistema eléctrico de la CMA.

Al evaluar los nuevos niveles de corriente de cortocircuito se encontró el incremento en el orden del 31% en las barras de 23 KV y se concluyó que la posición de los compensadores síncronos, la configuración de operación de las barras de 23 KV y el número de transformadores en operación, tenían influencia en dichos valores.

✓ Dentro de los procedimientos de construcción, se consideró abrir la configuración anillo de la subestación Vizcarra de manera segura, los procedimientos contemplaron posibles contingencias y un plan que garantizara la reposición del servicio en el menor tiempo posible especialmente a la carga de la Compañía Minera Huallanca.

Como los trabajos en el anillo de la S.E. Vizcarra fueron en marzo del 2010, las simulaciones de las contingencias en el escenario de avenida en máxima demanda realizadas previamente para los siguientes casos fueron tomadas en cuenta:

- Caso 0: Operación con el anillo abierto en Vizcarra sin contingencias
- Caso 1: Operación con el anillo abierto en Vizcarra y salida de servicio de la línea L-2254 Vizcarra - Paragsha
- Caso 2: Operación con el anillo abierto en Vizcarra y salida de servicio de la línea L-2253 Vizcarra - Paramonga Nueva
- Caso 3: Operación con el anillo abierto en Vizcarra y salida de servicio de la línea L-2252 Vizcarra - Tingo María

Caso 4: Operación con el anillo cerrado en Vizcarra y salida de servicio de la línea L-2252 Vizcarra - Tingo María con el objeto de compararlo con el caso 3.

- Contingencias en máxima demanda

Los resultados de los cuatro casos simulados de manera resumida son:

- Niveles de tensión:

Del cuadro se observa que las contingencias de los casos 3 y 4 (salida de servicio de la línea Vizcarra – Tingo María con anillo abierto o cerrado) es la hubiera causado caída de tensión principalmente en las zonas cercanas a la S.E. Tingo María. En marzo del 2010 solo se presentó eventualmente el caso 1 (Operación con el anillo abierto en Vizcarra y salida de servicio de la línea L-2254 Vizcarra - Paragsha). Ver tabla 4.1.

Tabla 4.1 Contingencias en máxima demanda - Niveles de tensión

| | BARRAS | Caso 0: Anillo Abierto | | Caso 1: PARAG F/S | | Caso 2: PANU F/S | | Caso 3: T.MAR F/S | | Caso 4: T.MAR F/S | |
|----------------|-----------|------------------------|--------|-------------------|--------|------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|------|
| | | | | Anillo Abierto | | Anillo Abierto | | Anillo Abierto | | Anillo Cerrado | |
| | | kV | p.u. | kV | p.u. | kV | p.u. | kV | p.u. | kV | p.u. |
| Máxima Avenida | PANU220 | 225,67 | 1,03 | 225,51 | 1,03 | 223,70 | 1,02 | 226,90 | 1,03 | 225,55 | 1,03 |
| | AGUA220 | 220,50 | 1,00 | 220,26 | 1,00 | 220,54 | 1,00 | 212,07 | 1,00 | 211,96 | 0,96 |
| | ANTA220 | 222,14 | 1,01 | 223,41 | 1,02 | 222,14 | 1,01 | 222,14 | 1,02 | 222,14 | 1,01 |
| | AUCA138 | 135,67 | 0,98 | 133,06 | 0,96 | 136,15 | 0,99 | 121,02 | 0,96 | 120,61 | 0,87 |
| | HUANU | 128,80 | 1,03 | 126,59 | 1,01 | 129,03 | 1,03 | 113,78 | 1,01 | 113,24 | 0,91 |
| | PARAG138 | 125,00 | 0,91 | 123,25 | 0,89 | 125,22 | 0,91 | 119,34 | 0,89 | 118,79 | 0,86 |
| | PARAG220 | 220,11 | 1,00 | 216,05 | 0,98 | 220,52 | 1,00 | 216,30 | 0,98 | 215,44 | 0,98 |
| | PARAGIL | 125,16 | 0,91 | 123,41 | 0,89 | 125,39 | 0,91 | 119,48 | 0,89 | 118,94 | 0,86 |
| | TMAR138 | 134,70 | 0,98 | 132,12 | 0,96 | 135,17 | 0,98 | 120,23 | 0,96 | 119,83 | 0,87 |
| | TMAR220 | 218,38 | 0,99 | 217,88 | 0,99 | 218,48 | 0,99 | 200,47 | 0,99 | 200,23 | 0,91 |
| | TOCA138 | 136,47 | 0,99 | 133,82 | 0,97 | 136,96 | 0,99 | 121,61 | 0,97 | 121,19 | 0,88 |
| | VIZ-HUALL | 224,40 | 1,02 | 0,00 | 0,00 | 224,40 | 1,02 | 224,40 | 1,02 | 224,38 | 1,02 |
| VIZ-SVC | 224,40 | 1,02 | 225,54 | 1,03 | 224,40 | 1,02 | 224,40 | 1,02 | 224,40 | 1,02 | |

- Rojo : Caída de tensión en barra mayor a 10% Vn

- Magenta : Caída de tensión en barra mayor a 5% Vn

- Cargabilidad de transformadores de potencia: Ver tabla 4.2.

Tabla 4.2 Cargabilidad de transformadores de potencia

| | TRAFO | Caso 0: Anillo Abierto | | Caso 1: PARAG F/S | | Caso 2: PANU F/S | | Caso 3: T.MAR F/S | | Caso 4: T.MAR F/S | |
|----------------|-------------|------------------------|---------|-------------------|---------|------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|
| | | | | Anillo Abierto | | Anillo Abierto | | Anillo Abierto | | Anillo Cerrado | |
| | | Potencia | Loading | Potencia | Loading | Potencia | Loading | Potencia | Loading | Potencia | Loading |
| | | MW | % | MW | % | MW | % | MW | % | MW | % |
| Máxima Avenida | Paragsha | 64,37 | 56,30 | 92,79 | 79,83 | 69,17 | 60,08 | 18,48 | 49,12 | 10,57 | 47,87 |
| | Tingo María | 21,77 | 45,88 | 0,98 | 23,46 | 29,61 | 60,97 | 92,61 | 213,00 | 92,59 | 213,64 |

- Cargabilidad de las líneas de transmisión:

Durante los trabajos realizados no se presentaron problemas ni de cargabilidad de las líneas de transmisión ni de transformadores de potencia.

Haciendo un análisis de los 2 cuadros anteriores podemos decir que de haberse

producido una eventual salida de servicio de la línea a Tingo María, se cortaría la alimentación hacia Paramonga Nueva, entonces la potencia que se enviaba desde Tingo María a Paramonga Nueva a través del anillo de Vizcarra buscaría otro camino sobrecargando las líneas L-1120 y L-1121 y también se sobrecargaría el transformador de Tingo María 220/138/10 kV.

El efecto de la salida de servicio de la línea a Tingo María es el mismo tanto con el anillo cerrado o abierto puesto que gran parte de la potencia generada por Aguaytía es transportada por esta línea. Ver tabla 4.3.

Tabla 4.3 Cargabilidad de las líneas de transmisión

| | LINEAS | Caso 0: Anillo Abierto | | Caso 1: PARAG F/S Anillo Abierto | | Caso 2: PANU F/S Anillo Abierto | | Caso 3: T.MAR F/S Anillo Abierto | | Caso 4: T.MAR F/S Anillo Cerrado | |
|----------------|----------------------|------------------------|-------|----------------------------------|-------|---------------------------------|-------|----------------------------------|--------|----------------------------------|--------|
| | | Pot. Act. | Load | Pot. Act. | Load | Pot. Act. | Load | Pot. Act. | Load | Pot. Act. | Load |
| | | MW | % | MW | % | MW | % | MW | % | MW | % |
| | | | | | | | | | | | |
| Máxima Avenida | Aguay-TingoM_L2251 | 94,30 | 49,51 | 94,29 | 49,66 | 94,30 | 49,48 | 93,76 | 61,72 | 93,75 | 61,96 |
| | Paragsha2-Vizc_L2254 | 81,07 | 46,62 | ** | ** | 19,42 | 17,40 | 83,48 | 51,43 | 131,24 | 76,26 |
| | Paragsha2-Hco_L1120 | 1,47 | 32,11 | 22,75 | 69,70 | -6,18 | 30,84 | -58,36 | 182,55 | -58,27 | 183,07 |
| | TingoM-Hco_L1121 | 14,37 | 48,47 | -6,41 | 51,46 | 22,21 | 59,67 | 85,24 | 217,73 | 85,22 | 218,42 |
| | TingoM-Vizc_L2252 | 71,76 | 41,55 | 92,54 | 52,48 | 63,92 | 37,77 | ** | ** | ** | ** |
| | Vizc_Antamina_L2255 | 81,23 | 35,41 | 81,22 | 35,15 | 81,23 | 35,41 | 81,23 | 35,41 | 81,23 | 35,41 |
| | VIZ_HUALL_N | 1,00 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,26 | 1,00 | 0,26 | 1,00 | 0,26 |
| | VIZ-ParamongaN_L2253 | 68,42 | 36,73 | 9,32 | 8,22 | ** | ** | 0,00 | 12,75 | 46,28 | 25,83 |

- Despacho de Aguaytía y del SVC de Vizcarra:

En ningún caso se observan problemas de sobreexcitación en los generadores de Aguaytía. Ver tabla 4.4.

El SVC de Vizcarra aún tenía margen de regulación en todos los casos.

Tabla 4.4 Despacho de Aguaytía y del SVC de Vizcarra

| | GENERADOR | Caso 0: Anillo Abierto | | | Caso 1: PARAG F/S Anillo Abierto | | | Caso 2: PANU F/S Anillo Abierto | | | Caso 3: T.MAR F/S Anillo Abierto | | | Caso 4: T.MAR F/S Anillo Cerrado | | |
|----------------|-----------|------------------------|--------|-------|----------------------------------|--------|-------|---------------------------------|--------|-------|----------------------------------|--------|-------|----------------------------------|--------|-------|
| | | Potencia | | Load | Potencia | | Load | Potencia | | Load | Potencia | | Load | Potencia | | Load |
| | | MW | Mvar | % | MW | Mvar | % | MW | Mvar | % | MW | Mvar | % | MW | Mvar | % |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Máxima Avenida | AguayG1 | 87,60 | 15,96 | 74,70 | 87,60 | 16,84 | 74,84 | 87,60 | 15,79 | 74,67 | 87,60 | 47,55 | 83,62 | 87,60 | 47,97 | 83,79 |
| | AguayG2 | 40,00 | 14,70 | 35,75 | 40,00 | 15,57 | 36,01 | 40,00 | 14,52 | 35,70 | 40,00 | 46,23 | 51,28 | 40,00 | 46,65 | 51,55 |
| | SVC Vizc | 0,00 | -19,39 | 21,54 | 0,00 | -17,18 | 19,09 | 0,00 | -25,94 | 28,83 | 0,00 | -42,09 | 46,76 | 0,00 | -37,22 | 41,35 |

4.2 Evaluación económica

Para el desarrollo del proyecto se tuvo que intervenir en circuitos existentes, por lo tanto en campo se identificó los circuitos de tensión, corriente, borneras, relés auxiliares, relés principales, medidores, los sistemas de servicios auxiliares en lo que respecta a interruptores de reserva, circuitos de reserva y espacios disponibles para ubicar cables,

interruptores y canaletas del patio de llaves, entre otras actividades.

Los entregables del proyecto comprenden las especificaciones de la filosofía de las protecciones y los procedimientos o secuencias detalladas de montaje de equipos electromecánicos en alta y baja tensión para las etapas de interconexión, estas son:

- La ingeniería de procedimientos de alta tensión S.E. Vizcarra
- La ingeniería de procedimientos de alta tensión S.E. Antamina
- La ingeniería de los procedimientos de baja tensión para la S.E. Vizcarra y S.E. Antamina

El costo del servicio asciende a USD\$ 249 655,54 (doscientos cuarenta y nueve mil seiscientos cincuenta y cinco con 54/100 dólares americanos), sin incluir el IGV de acuerdo a la siguiente estructura mostrada en la tabla 4.5:

Tabla 4.5 Evaluación económica del proyecto

| DESCRIPCION | COSTO UNITARIO | CANT | DIAS | SUB TOTAL |
|---------------------------------|----------------|------|------|-----------|
| ADMINISTRACION PROYECTO | 365,41 | 1 | 15 | 5481,22 |
| ESPECIALISTA SISTEMA POTENCIA | 263,91 | 1 | 90 | 23751,96 |
| ESPECIALISTA SUBESTACIONES | 162,41 | 1 | 120 | 19488,79 |
| ESPECIALISTA EN LÍNEAS | 213,16 | 1 | 30 | 6394,76 |
| ESPECIALISTA TELECOMUNICACIONES | 253,76 | 1 | 15 | 3806,40 |
| ESPECIALISTA SISTEMA CONTROL | 162,41 | 1 | 90 | 14616,59 |
| ESPECIALISTA ANÁLISIS DE COSTOS | 162,41 | 1 | 7 | 1136,85 |
| TECNICO ESPECIALISTA | 81,20 | 2 | 30 | 4872,20 |
| ASISTENTE SISTEMA POTENCIA | 121,80 | 1 | 30 | 3654,15 |
| ASISTENTE SUBESTACIONES | 101,50 | 2 | 120 | 24360,99 |
| ASISTENTE LÍNEAS | 101,50 | 1 | 30 | 3045,12 |
| ASISTENTE TELECOMUNICACIONES | 101,50 | 1 | 15 | 1522,56 |
| INGENIERO DE SEGURIDAD | 101,50 | 1 | 30 | 3045,12 |
| INGENIERO CIVIL | 121,80 | 1 | 30 | 3654,15 |
| DIBUJANTE | 60,90 | 3 | 120 | 21924,89 |

| | | | | |
|----------------------------------|--------|----|------------|---------------------|
| CHOFER | 30,45 | 3 | 30 | 2740,61 |
| | | | A | \$144 496,38 |
| COSTO DIARIOS | | | | |
| CAMIONETA 4X4 | 75,00 | 3 | 30 | 6750,00 |
| COMBUSTIBLE | 37,14 | 3 | 30 | 3342,86 |
| SEGURO ALTO RIESGO | 2,91% | 4 | 9 | 2161,71 |
| EXAMENES MEDICOS e INDUCCION | 100,00 | 12 | | 1200,00 |
| VIATICOS | 17,86 | 12 | 30 | 6428,57 |
| ALOJAMIENTO | 21,43 | 12 | 30 | 7714,29 |
| SEGUROS ACCIDENTES PERSONALES | 0,28 | 4 | 1340 | 1500,64 |
| SOFTWARE INGENIERIA | 15,34 | 1 | 60 | 920,55 |
| UTILES OFICINA | 350,00 | 4 | | 1400,00 |
| IMOPRESIONES, COPIAS, ETC | 600,00 | 4 | | 2400,00 |
| | | | B | \$ 36 161,11 |
| TOTAL COSTO DIRECTO | | | A+B | \$179 657,49 |
| | | | G. G. | 26 948,62 |
| | | | Utilidades | 43 049,42 |
| TOTAL PRECIO VENTA | | | | \$249 655,54 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. Siguiendo el plan de actividades y los procedimientos de trabajos mostrados en el presente informe se implementó la construcción de la nueva línea entre las subestaciones Vizcarra - Antamina y su correspondiente sistema de control y protecciones sin afectar la confiabilidad de los sistemas existentes ni la operatividad de la subestaciones involucradas
2. La actual operación en paralelo de las líneas le da al complejo minero Antamina mayor confiabilidad de suministro, permitiéndole no solo continuidad de servicio ante posibles fallas transitorias sino la posibilidad de mantenimientos programados a cada una de las ternas.
3. El planeamiento de las actividades y los procedimientos de trabajo presentados en este informe cumplen los objetivos trazados de una manera ordenada, óptima y segura.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda en el diseño de futuras subestaciones (cualquiera sea el diseño de barras que tenga) prever, en lo posible, la futura expansión o incremento de la capacidad de las mismas con el fin de evitar complicaciones y gastos mayores por eventuales cruces de líneas de transmisión.
2. Tan importante como contar con un plan de trabajo bien estructurado es la supervisión del cabal cumplimiento de las mismas por el personal que lo llevará a cabo.
3. Es importante seguir con todos los procedimientos seguros de trabajo establecidos como son los exámenes médicos, las charlas de inducción, las charlas de 5 minutos, las inspecciones del buen estado de los implementos de seguridad (EPPS) y demás, con el fin de realizar las labores de una manera segura para el personal y poder alcanzar los objetivos planteados.

ANEXOS

ANEXO A
PLAN DE ACTIVIDADES EN ALTA TENSION CON CORTE DE ENERGIA
SE ANTAMINA
PROCEDIMIENTOS ESCRITOS DE TRABAJO

REUBICACION DE LOS CABLES DE GUARDA

Objetivo

Reubicar los tres cables de guarda que atraviesan el patio perpendicularmente a la barra 220 kV de la SE Antamina.

Son tres cables de guarda a reubicar:

- El cable N° 1 (CG1) es el tendido entre torreta en la parte posterior del edificio de control y p^ortico actual de la L-2255, ubicado entre el transformador 1 y los bancos de capacitares.
- El cable N° 2 (CG2) es el tendido entre torreta en la parte posterior del edificio de control y p^ortico actual de la L-2255, ubicado entre el transformador 1 y el transformador 2.
- El cable N° 3 (CG3) es el tendido entre postes temporales al costado del edificio de control y al lado del nuevo p^ortico de línea.

En esta primera etapa el CG1 sólo se reemplazará por uno de mayor longitud, el CG2 se reemplazará por uno de mayor longitud y se conectará temporalmente a soporte provisional y el CG3 se conectará en su ubicación definitiva entre el nuevo p^ortico de línea y el soporte montado encima de la edificación nueva.

Breve descripción del procedimiento

Los cables de guarda serán intervenidos en el siguiente orden: CG2 → CG1 → G3.

CG2.- Reemplazar el cable de guarda utilizando el existente como cordina. Instalar el winche en el poste provisional y el freno y el portabobinas en el p^ortico actual. Instalar una pasteca en la torreta.



Fig. 1- Esquema de halado de CG2

CG1.- Reemplazar el cable de guarda utilizando el existente como cordina. Instalar el winche en la torreta y el freno y el portabobinas en el p^ortico actual.

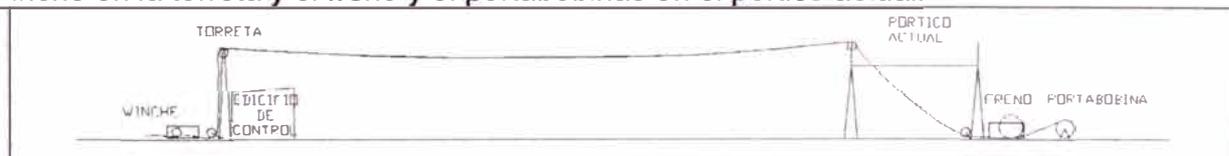


Fig. 2- Esquema de halado de CG1

CG3.- Descender el cable del primer poste provisional e izarlo y fijarlo en el p^ortico nuevo; luego, descender el cable del otro extremo e izarlo y fijarlo en la estructura soporte sobre el edificio de control.

Área de influencia de los trabajos

Los trabajos serán ejecutados en el patio de llaves de la SE Antamina y entre el edificio de control y las instalaciones de la planta procesadora. Préstese atención a los cables de guarda en la figura siguiente.

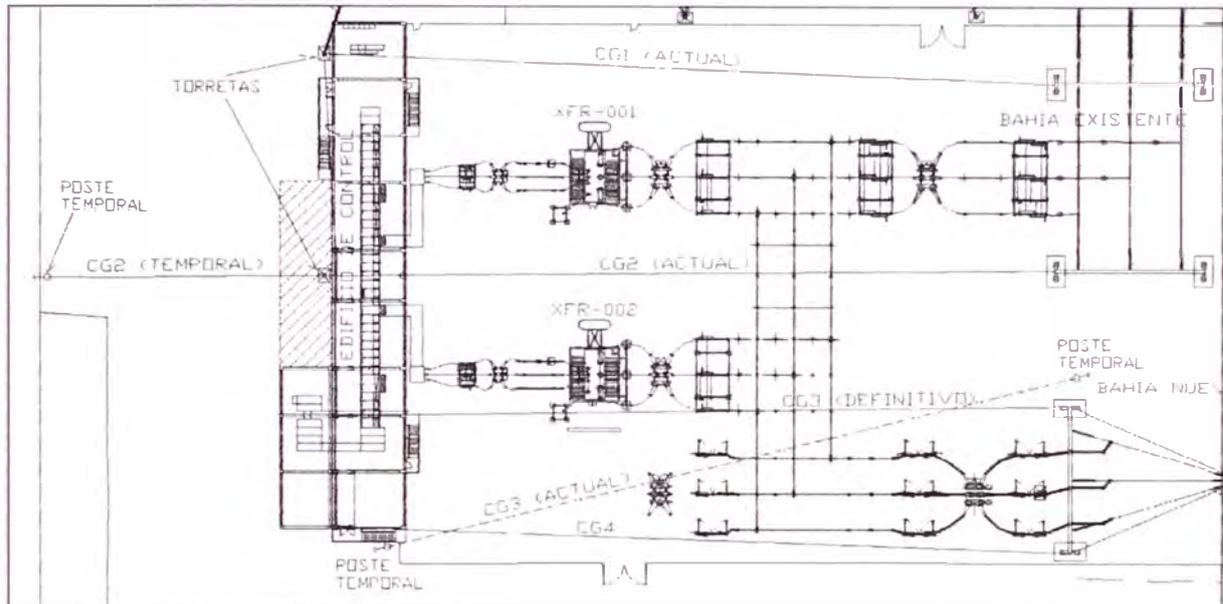


Fig. 3- Vista de planta de la SE Antamina

Riesgos eléctricos y mecánicos de las instalaciones

Los principales riesgos son:

- Caídas a nivel y desnivel, golpes, luxaciones, etc., por el tránsito en patio y sobre las estructuras soporte.
- Atropellamiento por el tránsito entre el edificio de control y planta de procesamiento.

Cortes

Este trabajo será efectuado dentro del tiempo de deservicio total del sistema 220 kV – un lapso de 8 horas – durante la parada de planta de 30-Ago-10

Se debe solicitar el corte de los equipos: **L-2255** y transformadores de potencia **XFR-001** y **XFR-002**.

Riego de disparo.

Durante la ejecución del presente Procedimiento escrito de trabajo no se prevé ningún riesgo de disparo, porque se va a intervenir sobre equipos y circuitos desenergizados.

Materiales, equipos y herramientas

Los principales equipos y herramientas para el tendido de los cables de guarda son:

- Winche de 3 Tn para montaje de torres
- Freno hidráulico.
- Porta bobina hidráulico cap. 5 Tn.
- Alza bobina hidráulico.
- Tecles de arrastre de 3 tn
- Tecles de cadena de 1.5 tn.
- Termómetro para conductor.

- Estación total, teodolito/trípode y jalón.
- Pastecas para tendido de cable de guarda.
- Come-Along para cable de acero EHS ____ mm Dia.
- Media puntera para cable de acero EHS ____ mm Dia
- Yuntos giratorios
- Pastecas de 3 tn simple vía.
- Pastecas de 0.5 tn simple via.
- Poleas simples de maniobra
- Estrobos de acero.
- Grilletes de 3/4"
- Grilletes tipo Crosby.
- Sogas tipo driza

Personal

a. Personal del Contratista

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|-------|
| | |
| | |
| | |
| | |

b. Personal de la Supervisión

La Supervisión de los trabajos está a cargo de AKER Solutions:

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|---|
| | Responsable de la Supervisión de los trabajos |
| | |

Requisitos y precauciones

c. Requisitos

- Estar aprobado este Procedimiento escrito de trabajo por el dueño u operador de la Subestación.
- Montar el poste o estructura provisional donde fijar el CG2.
- Construir el edificio de control (primera etapa) y montar en la parte superior la estructura soporte de CG3.
- Seleccionar y proveer en obra del cable de acero HSS (>250 m) y la ferretería.
- Tener las tablas de flechado de los tres cables de guarda.
- Seleccionar y proveer en obra los vehículos, equipos, y herramientas necesarios.
- Tener un grupo electrógeno de 2.5 – 5 kW y combustible suficiente, para el funcionamiento de equipos y herramientas ante el eventual corte de los servicios auxiliares.

d. Precauciones

- Asegurarse que el poste provisional sea colocado de tal manera que al flechar el cable de guarda entre éste y el pórtico existente no tope con la torreta donde estaba fijado antes.

- El personal que interviene en el presente Procedimiento escrito de trabajo debe conocer y aplicar el plan de higiene y seguridad industrial.
- El personal que intervenga debe reportar al Supervisor cualquier malestar o incapacidad que tenga al momento de realizar el trabajo.
- No tocar ni subirse sobre gabinetes o equipos de la instalación.
- Izar y descender los cables de guarda perfectamente asegurados y con mucha precaución.
- Señalizar las áreas de peligro. Recordar que otras cuadrillas efectuarán trabajos en la misma área y tiempo.
- Identificar la proyección de los ejes verticales de los cables de guarda, sobre el suelo o equipos de alta tensión.
- Proteger las barras y equipos de alta tensión que puedan verse afectados al descender y/o izar los cables de guarda.
- Instalar mantas de geomembrana y/o bandejas debajo de los equipos que puedan tener derrame de aceite, combustible otros.
- Mantener limpia y ordenada el área de trabajo.
- Disponer de un vehículo permanente ante emergencias y como refugio en caso de tormenta.
- Verificar el correcto estado de los EPP's.

Instalación de equipo.

El presente Procedimiento escrito de trabajo debe efectuarse instalando las tierras francas de barras 220 kV y tierras temporarias cerca del lugar de descenso e izado de los cables de guarda.

Procedimiento

Los pasos a seguir son:

e. Antes de la parada de planta de 30 de agosto de 2010

- Verificar en el campo el esquema de halado de conductor a emplear.
- Escoger y señalar los lugares de ubicación de winche, freno y portabobinas.
- Establecer y delimitar las áreas de trabajo.

Previos para el cable de guarda 2 (CG2)

En el pórtico existente

- Ubicar el freno y el portabobinas cerca del pórtico.
- Preparar anclajes y anclar al suelo el freno y el portabobinas.
- Montar el carrete de cable en el portabobinas.
- Preparar pasteca de tendido de cable a instalar sobre el pórtico (Pasteca, estrobo, grilletes).
- Preparar aparejo para soltar cable a instalarse sobre pórtico (Come-Along, alzatira, estrobos, grilletes)

En la torreta

- Instalar la cuerda de servicio.
- Instalar pasteca de tendido de cable de guarda en la parte superior.
- Preparar aparejo para soltar cable a instalarse sobre torreta (Come-Along, Tirfor, estrobos, grilletes)

En el poste provisional

- Instalar la cuerda de servicio.

- Instalar punto de fijación del cable de guarda.
- Instalar pastecas en la parte superior y en la base del poste para el halado de la cordina o sogá de nylon.
- Ubicar el winche de izado de torres.
- Preparar anclajes y anclar al suelo el winche.
- Extender cordina desde el winche subiendo por las pastecas fijadas en el poste hasta fijarla en la parte superior de la torreta.

Previos para el cable de guarda 1 (CG1)

En la torreta

- Instalar la cuerda de servicio.
- Instalar pastecas en la parte superior y en la base de la torreta para el halado de la cordina o sogá de nylon.

Previos para el cable de guarda 3 (CG3)

- Trasladar el cable de guarda del poste provisional 1 al p3rtico nuevo.

f. El 30 de agosto de 2010

- Recibir la barra desenergizada y a tierra.
- Instalar las tierras temporarias.
- Instalar los candados de seguridad.

Reemplazo del cable de guarda 2 (CG2)

En la torreta

- Instalar la cuerda de servicio.
- Fijar el aparejo para relevar la tensi3n (soltar) del cable de guarda (Come-Along, Tirfor, estrobos, grilletes).
- Fijar el Come-Along a buena distancia del cable de guarda.
- Templar el cable para desconectarlo.
- Desconectar el cable de guarda.
- Estar atento para soltar el cable en la medida que lo soliciten desde el p3rtico

En el p3rtico existente

- Instalar la cuerda de servicio.
- Fijar el aparejo para relevar la tensi3n (soltar) del cable de guarda (Come-Along, alzatira, estrobos, grilletes).
- Halar el cable para desconectarlo (soltando desde la torreta).
- Desconectar el cable.
- Halar el cable dejando libres unos 50 cm de la punta.
- Izar la punta del nuevo cable de guarda (Pasando por el freno).
- Fijar firmemente ambos cables de guarda con grilletes tipo Crosby.
- Soltar m3s cable desde la torreta.
- Colocar los cables amarrados sobre la pasteca de tendido de cable
- Soltar lentamente el cable hasta hacer pasar el punto de amarre entre ellos por la pasteca de tendido.
- Recoger cable desde el portabobinas todo lo posible.
- Soltar lentamente el cable actuando sobre la alzatira hasta que quede soportado por el freno.
- Desconectar el aparejo Come-Along – alzatira (No bajar a suelo).

En la torreta

- Halar cable actuando sobre el tirfor hasta pasar unos 50-100 cm por la pasteca de tendido.
- Fijar la cordina a la punta del cable de guarda con media puntera, giunto, etc.

En el poste provisional

- Halar el conjunto cordina – cable con el winche de montaje hasta relevar la tensión del Tirfor.

En la torreta

- Retirar el aparejo Come-Along – Tirfor (No bajar al suelo)
- Halar con el winche en estrecha comunicación con el freno hasta que la punta del nuevo cable de guarda llegue a la torreta.
- Hacer pasar el punto de amarre cable existente – cable nuevo por la pasteca de tendido.
- Seguir halando con el winche hasta que la punta del nuevo cable llegue hasta el poste provisional.

En el pórtico existente

- Colocar nuevamente el aparejo Come-Along – alzatira
- Soportar el cable de guarda para soltar el lado del freno.
- Colocar la grapa empernada y cortar el cable
- Fijar el cable al pórtico con la ferretería prevista, ayudándose con la alzatira.
- Desconectar el aparejo Come-Along – alzatira y bajarlo al suelo.
- Templar un poco el cable con el winche para que no cuelgue sobre el edificio al soltarlo de la pasteca de tendido en la torreta.
- Retirar todos los aparejos empleados

En la torreta

- Colocar el aparejo Come-Along – Tirfor lado pórtico existente.
- Recoger apenas el cable hasta liberarlo de la pasteca de tendido.
- Soltar cable con la ayuda del Tirfor hasta que quede colgado entre el pórtico existente y el winche.
- Retirar todos los aparejos empleados

En el poste provisional

- Flechar el cable de guarda
- Cortar y fijar el cable de guarda con la ferretería prevista.
- Bajar al suelo el resto de cable.
- Retirar todos los aparejos empleados

Reemplazo del cable de guarda 1 (CG1)

En la torreta

- Instalar la cuerda de servicio.
- Ubicar el winche de izado de torres.
- Preparar anclajes y anclar al suelo el winche.
- Extender cordina desde el winche subiendo por las pastecas fijadas en el poste hasta fijarla en la parte superior de la torreta.
- Fijar el aparejo para relevar la tensión (soltar) del cable de guarda (Come-Along, Tirfor, estobos, grilletes).
- Fijar el Come-Along a buena distancia del cable de guarda.
- Templar el cable para desconectarlo.

- Desconectar el cable de guarda.
- Estar atento para soltar el cable en la medida que lo soliciten desde el pórtico

En el pórtico existente

- Instalar la cuerda de servicio.
- Fijar el aparejo para relevar la tensión (soltar) del cable de guarda (Come-Along, alzatira, estrobos, grilletes).
- Halar el cable para desconectarlo (soltando desde la torreta).
- Desconectar el cable.
- Halar el cable dejando libres unos 50 cm de la punta.
- Izar la punta del nuevo cable de guarda (Pasando por el freno).
- Fijar firmemente ambos cables de guarda con grilletes tipo Crosby.
- Soltar más cable desde la torreta.
- Colocar los cables amarrados sobre la pasteca de tendido de cable
- Soltar lentamente el cable actuando sobre la alzatira, hacer pasar el punto de amarre entre ellos por la pasteca de tendido y hasta que quede soportado por el freno.
- Desconectar el aparejo Come-Along – alzatira (No bajar a suelo).

En la torreta

- Halar cable actuando sobre el tirfor hasta pasar unos 50-100 cm por la pasteca de tendido.
- Fijar la cordina a la punta del cable de guarda con media puntera, giunto, etc.
- Halar el conjunto cordina – cable con el winche de montaje hasta relevar la tensión del Tirfor.
- Retirar el aparejo Come-Along – Tirfor (No bajar al suelo)
- Halar con el winche en estrecha comunicación con el freno hasta que la punta del nuevo cable de guarda llegue a la torreta.
- Hacer pasar el punto de amarre cable existente – cable nuevo por la pasteca de tendido.
- Seguir halando con el winche hasta que la punta del nuevo cable llegue a la torreta.

En el pórtico existente

- Colocar nuevamente el aparejo Come-Along – alzatira
- Soportar el cable de guarda para soltar el lado del freno.
- Colocar la grapa empernada y cortar el cable
- Fijar el cable al pórtico con la ferretería prevista, ayudándose con la alzatira.
- Desconectar el aparejo Come-Along – alzatira y bajarlo al suelo.

En la torreta

- Colocar el aparejo Come-Along – Tirfor.
- Flechar el cable de guarda.
- Cortar y fijar el cable de guarda con la ferretería prevista.
- Bajar al suelo el resto de cable.
- Retirar todos los aparejos empleados

Conexión del cable de guarda 3 (CG3)

(Evaluar la situación y ajustar el procedimiento durante la actividad porque al mismo tiempo se estarán interconectando las barras 220 kV en la misma área.

En el poste provisional 2

- Instalar la cuerda de servicio.

- Fijar el aparejo para relevar la tensión (soltar) del cable de guarda (Come-Along, Tirfor, estrobos, grilletes).
- Fijar el Come-Along a buena distancia del cable de guarda.
- Templar el cable para desconectarlo.
- Fijar un segundo Come-Along y amarrar una driza para jalar el cable desde el edificio a medida que se suelte.
- Desconectar el cable de guarda y bajarlo lentamente evitando de posarlo sobre las barras 220 kV al mismo tiempo que se recupera desde el edificio.
- Retirar todos los aparejos empleados.

En la estructura sobre el edificio

- Instalar la cuerda de servicio.
- Fijar el aparejo para izar el cable de guarda (Come-Along, Tirfor, estrobos, grilletes).
- Conectar y halar el cable de guarda y flechar.
- Instalar grapa de anclaje empernada, cortar el cable y conectar a la estructura soporte.
- Bajar al suelo el resto de cable.
- Retirar todos los aparejos empleados

Fin de las labores

- Limpiar la zona
- Cancelar el permiso de trabajo.

Observaciones

Si las acciones indicadas no existen o no corresponden con lo encontrado en el sitio, debe consultar los planos de referencia para tomar los correctivos necesarios.

Control y pruebas

Con el fin de verificar el buen estado de los materiales utilizados y la buena ejecución de los trabajos efectuados, deben llevarse a cabo, sin ser limitativos, los presentes controles:

| CONTROL | V°B° |
|--|-------------|
| Tablas de flechado | |
| Valores de torque de los pernos de las grapas de anclaje | |
| Certificados de calibración de torquímetros. | |
| Certificados de calibración vigentes de estación total teodolito, etc. | |
| Protocolos de verificación; torqueado. | |
| Estado de la bobina de cable de guarda (Sección, longitud, estado) | |
| Estado de la ferretería a emplearse (Elementos, cantidades, estado) | |
| Poste provisional montado. | |
| Torqueado de pernos de las grapas | |
| Planilla con datos de flechado. | |

Control de contingencias

Los trabajos deben efectuarse con orden y limpieza de manera que, a requerimiento del Operador de turno, en caso de querer reponer la barra 220 kV, sea posible asegurar el área y disponer en forma segura de las barras en el plazo más breve.

Estos trabajos no involucran las barras directamente.

Recibida la orden de suspender los trabajos por requerimiento del tramo en trabajo se deberá:

- Suspender a la distancia adecuada el cable que se estaba trabajando.
- Asegurar el cable sobre las estructuras de fijación.
- Asegurar los aparejos y dispositivos de tendido en posición de espera
- Demarcar bien el área de los equipos a no traspasar.
- Asegurarse mediante inspección visual que el área está despejada, libre de objetos extraños y lista para energización.
- Cancelar el permiso de trabajo.

El tiempo previsto para efectuar estas tareas es de 1 hora.

REUBICACION DE LOS CABLES DE GUARDA INTERCONEXION DE AMPLIACION DE BARRA 220 KV

Objetivo

Conectar el tramo de barra ampliado a la barra existente 220 kV de la SE Antamina.

Breve descripción del procedimiento

Los trabajos se efectuarán montando andamios para el personal que conecte los aisladores, coloque las barras y las una con los conectores – rígido del lado barra nueva y flexible del lado barra actual – además del Man-Lift. Los aisladores y tubos barra serán izados con camión grúa de brazo retráctil (Hiab 300 o similar).

Las barras se conectarán en la siguiente secuencia: Fase **T** → Fase **S** → Fase **R**.

En las **fases R y S** debe montarse un aislador soporte, subirse un tramo de barras de unión y conectarlo al existente mediante un conector de unión flexible. En las Figs. 1 y 2 se muestran las barras antes y después de la conexión

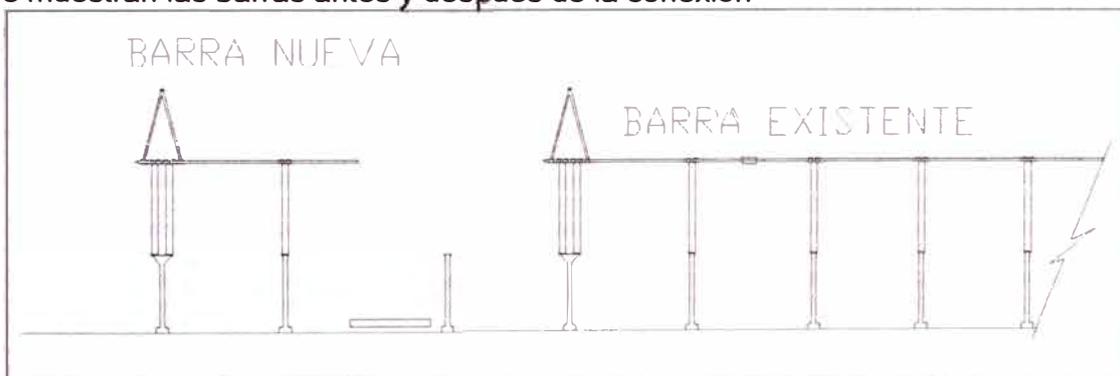


Fig. 1- Fases R y S antes de la interconexión

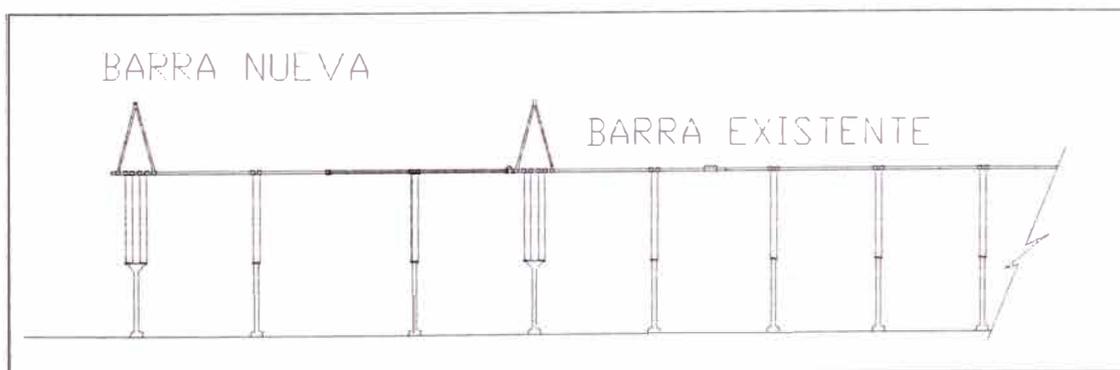


Fig. 2- Fases R y S después de la interconexión

En la **fase T** debe subirse el tramo de barras de unión y conectarlo al existente mediante un conector de unión flexible. En las Figs. 3 y 4 se muestran las barras antes y después de la conexión

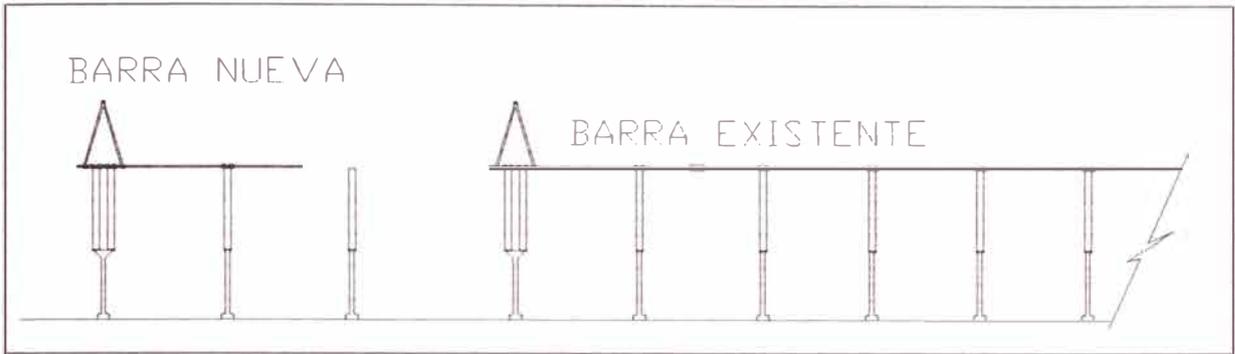


Fig. 3- Fase T antes de la interconexión

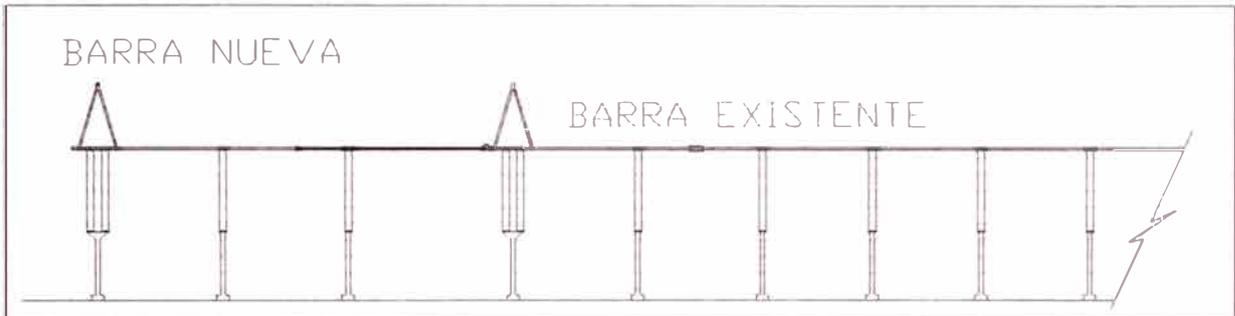


Fig. 4- Fase T después de la interconexión

Capítulo 2 Área de influencia de los trabajos

Los trabajos serán ejecutados en el patio de llaves de la SE Antamina. El área de trabajo se muestra achurada en la siguiente figura.

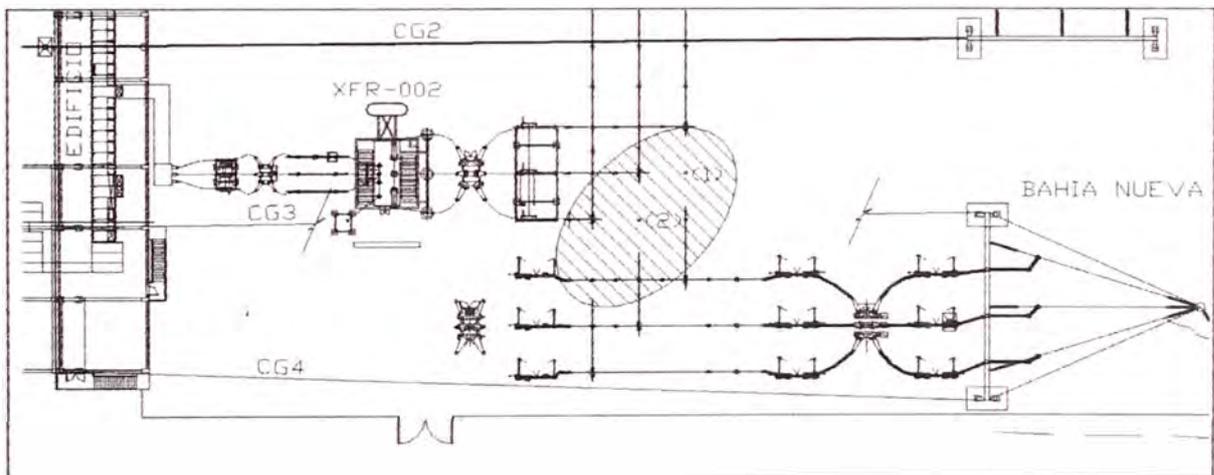


Fig. 5- Vista de planta parcial de la SE Antamina

Riesgos eléctricos y mecánicos de las instalaciones

Los principales riesgos son:

- Caídas a nivel y desnivel, golpes, luxaciones, etc., por el tránsito en patio y sobre las estructuras soporte.

Cortes

Este trabajo será efectuado dentro del tiempo de deservicio total del sistema 220 kV – un lapso de 8 horas – durante la parada de planta de 30-Ago-10

Se debe solicitar el corte de los equipos: **L-2255** y transformadores de potencia **XFR-001** y **XFR-002**.

Riego de disparo.

Durante la ejecución del presente Procedimiento escrito de trabajo no se prevé ningún riesgo de disparo, porque se va a intervenir sobre equipos y circuitos desenergizados.

Materiales, equipos y herramientas

Los principales equipos y herramientas para la interconexión de barras son:

- Vehículo Man-Lift.
- Grúa HIAB 300 o similar
- Andamios.
- Poleas simples de maniobra
- Grilletes de ¾"
- Grilletes tipo Crosby.
- Sogas tipo driza
- Eslingas
- Llaves de boca y corona
- Llaves Ratchet
- Torquímetro
- Esmeril con discos de corte

Personal

Personal del Contratista

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|-------|
| | |
| | |
| | |
| | |

Personal de la Supervisión

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|---|
| | Responsable de la Supervisión de los trabajos |
| | |

Requisitos y precauciones

Requisitos

- Estar aprobado este Procedimiento escrito de trabajo por el dueño u operador de la Subestación.
- Planilla de megado del tramo de ampliación de barra listo.
- Lista de materiales; Aisladores, la tubería y los conectores.
- Tabla de torqueado de pernos.
- Seleccionar y proveer en obra los vehículos, equipos, y herramientas necesarios.

- Tener un grupo electrógeno de 2.5 – 5 kW y combustible suficiente, para el funcionamiento de equipos y herramientas ante el eventual corte de los servicios auxiliares.

Precauciones

- El personal que interviene en el presente Procedimiento escrito de trabajo debe conocer y aplicar el plan de higiene y seguridad industrial.
- El personal que intervenga debe reportar al Supervisor cualquier malestar o incapacidad que tenga al momento de realizar el trabajo.
- No tocar ni subirse sobre gabinetes o equipos de la instalación.
- Señalizar las áreas de peligro. Recordar que otras cuadrillas efectuarán trabajos en la misma área y tiempo.
- Mantener limpia y ordenada el área de trabajo.
- Disponer de un vehículo permanente ante emergencias y como refugio en caso de tormenta.
- Verificar el correcto estado de los EPP's.

Instalación de equipo.

El presente Procedimiento escrito de trabajo debe efectuarse instalando las tierras francas de barras 220 kV y tierras temporarias a ambos lados de los tramos de barras a unir.

Procedimiento

Los pasos a seguir son:

Antes de la parada de planta de 30 de agosto de 2010

- Confirmar la secuencia de trabajo: Fase T → Fase S → Fase R.
- Escoger el sitio exacto donde se montarán los andamios.
- Establecer y delimitar las áreas de trabajo.
- Ensamblar los grupos de andamios como mostrado en la figura siguiente.

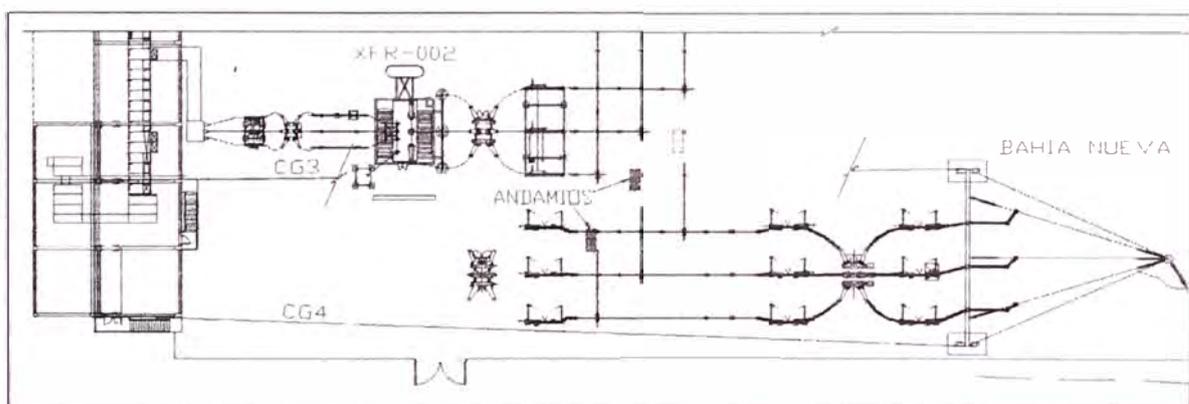


Fig. 6- Ubicación de los andamios

- Trasladar el resto de andamios cerca de donde se ensamblarán
- Ensamblar ambos cuerpos de cada aislador soporte
- Torquear los pernos de unión.
- Trasladar los aisladores cerca de las estructuras donde se montarán.

El 30 de agosto de 2010

- Recibir la barra desenergizada y a tierra.
- Instalar las tierras temporarias.
- Instalar los candados de seguridad.

Fase T

- Ascender 2 operarios sobre el andamio.
- Ingresar el Man-Lift, por donde se muestra en la Fig. 7.
- Amarrar el tubo-barra e izarla con el Man-Lift.
- Conectar sin ajustar el tubo-barra sobre el aislador soporte desde el andamio.
- Desplazar el Man-Lift hacia el extremo de la barra actual, como se ve en la Fig. 7.

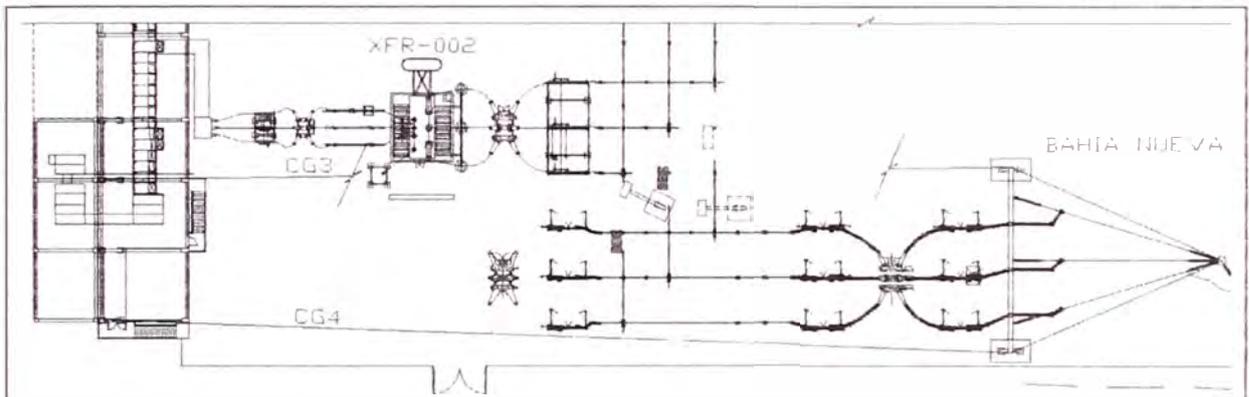


Fig. 7- Ubicación del Man-Lift en la fase T

- Conectar sin ajustar el tubo-barra con conector rígido del lado del andamio.
- Medir y cortar el tubo-barra desde el Man-Lift
- Instalar el conector flexible y conectar.
- Alinear el tubo-barra y ajustar los pernos de todos los conectores.
- Torquear.
- Retirar el Man-Lift.
- Limpiar el aislador soporte manipulado.
- Desmontar el juego de andamios.

Fase S

- Ascender 2 operarios sobre el andamio.
- Estacionar el Man-Lift en la posición (1) de la Fig. 8.
- Desplazar la grúa a la posición (2) de la Fig. 8.
- Izar con la grúa el aislador soporte y fijarlo en la estructura metálica.

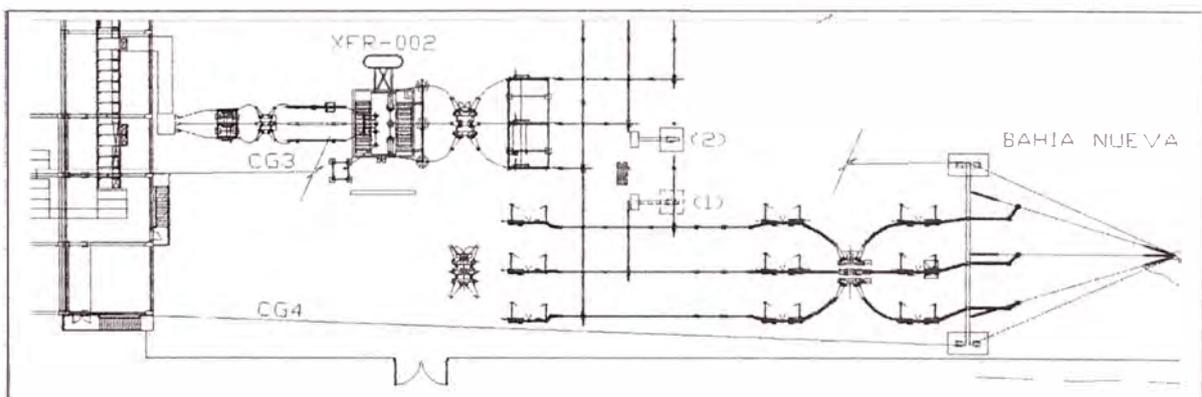


Fig. 8- Ubicación del Man-Lift en la fase S

- Izar con la grúa el ducto-barra hasta posarlo sobre el aislador soporte.
- Conectar sin ajustar el tubo-barra sobre el aislador soporte desde el andamio.
- Conectar sin ajustar el tubo-barra con conector rígido del lado Man-Lift.
- Retirar la grúa.
- Desplazar el Man-Lift a la posición (2) de la Fig. 8.
- Medir y cortar el tubo-barra desde el Man-Lift
- Instalar el conector flexible y conectar.
- Alinear el tubo-barra y ajustar los pernos de todos los conectores.
- Torquear los pernos sobre el aislador soporte y el extremo de la barra actual.
- Desplazar de nuevo el Man-Lift a la posición (1)
- Torquear todos los pernos.
- Retirar el Man-Lift.
- Limpiar el aislador soporte montado.
- Desmontar el juego de andamios.

Fase R

- Montar los andamios para la fase R.
- Ascender 2 operarios sobre el andamio.
- Estacionar el Man-Lift en la posición (1) de la Fig. 9.
- Desplazar la grúa a la posición (2) de la Fig. 9.
- Izar con la grúa el aislador soporte y fijarlo en la estructura metálica.

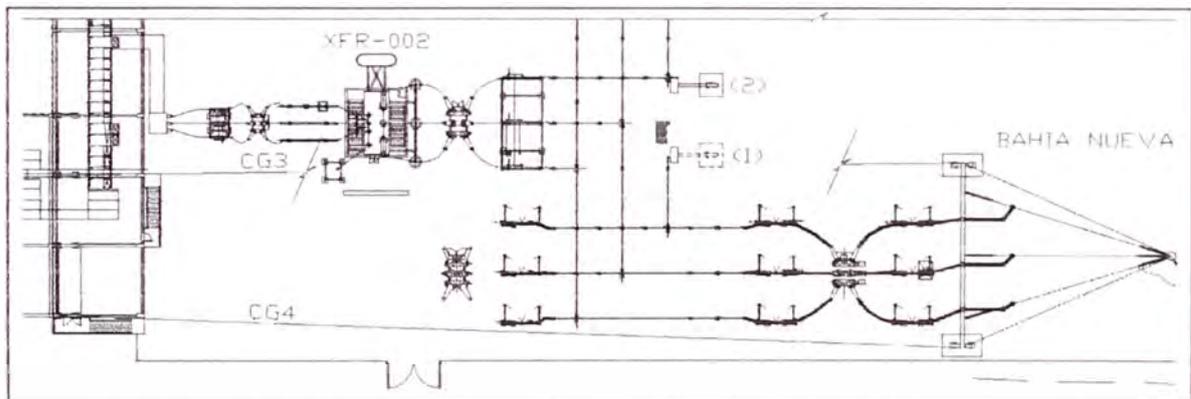


Fig. 9- Montaje de barra R

- Izar con la grúa el ducto-barra hasta posarlo sobre el aislador soporte.
- Conectar sin ajustar el tubo-barra sobre el aislador soporte desde el andamio.
- Conectar sin ajustar el tubo-barra con conector rígido del lado Man-Lift.
- Retirar la grúa.
- Desplazar el Man-Lift a la posición (2) de la Fig. 9.
- Medir y cortar el tubo-barra desde el Man-Lift
- Instalar el conector flexible y conectar.
- Alinear el tubo-barra y ajustar los pernos de todos los conectores.
- Torquear los pernos sobre el aislador soporte y el extremo de la barra actual.
- Desplazar de nuevo el Man-Lift a la posición (1)
- Torquear todos los pernos.
- Retirar el Man-Lift.
- Limpiar el aislador soporte montado.
- Desmontar el juego de andamios.
- Retirar las tierras temporarias.
- Retirar la tierra franca de la barra.

- Medir la resistencia de aislamiento.

Fin de las labores

- Limpiar la zona
- Cancelar el permiso de trabajo.

Observaciones

Si las acciones indicadas no existen o no corresponden con lo encontrado en el sitio, debe consultar los planos de referencia para tomar los correctivos necesarios.

Control y pruebas

Con el fin de verificar el buen estado de los materiales utilizados y la buena ejecución de los trabajos efectuados, deben llevarse a cabo, sin ser limitativos, los presentes controles:

| CONTROL | V°B° |
|---|------|
| Valores de torque de los pernos de los conectores y aisladores soporte. | |
| Certificados de calibración de torquímetros. | |
| Protocolos de verificación y pruebas; torqueado, megado. | |
| Estado de los ductos-barra y aisladores (Estado, cantidades, componentes) | |
| Estado de la ferretería a emplearse (Elementos, cantidades, estado) | |
| Torqueado de pernos de los conectores y aisladores. | |
| Medición de la resistencia de aislamiento | |

Control de contingencias

Los trabajos deben efectuarse con orden y limpieza de manera que, a requerimiento del Operador de turno, en caso de querer reponer la barra 220 kV, sea posible asegurar el área y disponer en forma segura de las barras en el plazo más breve.

Recibida la orden de suspender los trabajos por requerimiento del tramo en trabajo se deberá:

- Completar el apriete de pernos de los conectores del ducto-barra que se esté montando, o descender el ducto-barra que no esté completamente montado.
- Desmontar los andamios que montados de los tramos que se energizarán.
- Megar la barra.
- Demarcar bien el área de los equipos a no traspasar.
- Retirar los vehículos.
- Asegurarse mediante inspección visual que el área está despejada, libre de objetos extraños y lista para energización.
- Cancelar el permiso de trabajo.

El tiempo previsto para efectuar estas tareas es de 1 hora.

REUBICACION DE LOS CABLES DE GUARDA

INTERCONEXION EN BAJA TENSION DE L-2256 CON L-2253 Y L-2262 EN SEVIZ

Reconexión de tensiones de sincronismo

El relé de protección de respaldo (BF, 25 y 79), hace el chequeo de sincronismo para el cierre y recierre de un interruptor. Para ello compara las tensiones de los transformadores de tramo adyacentes. Así:

- Tensiones de sincronismo; actuales:
Para IN-2554 (L6): De TT-407 y TT-2440
Para IN-2402 (L1): De TT-2440 y TT-368

- Tensiones de sincronismo; requeridas:
Para IN-2554 (L6): De TT-407 y TT-2440
Para IN-2414 (L7): De **TT-2440** y T-373
Para IN-2402 (L1): De **TT-373** y TT-368

También, desde el controlador de bahía de la L6, en el Shelter de Santa Luisa, se pueden operar ambos interruptores que alimentan la L6; como se observa arriba, no cambian las tensiones que se necesitan para cerrar el IN-2554, pero para hacer lo mismo con el IN-2402 se tuvo que llevar expresamente la tensión del tramo de la L1 (TT-368); ahora, hay que quitar la tensión de TT-368 que se lleva a TCL6 para cierre con sincronismo de IN-2402 desde el HMI Santa Luisa y, en su lugar, llevar la tensión del TT-373 nuevo a TCL6 para el cierre con sincronismo de IN-2414 desde el HMI Santa Luisa.

Reconexión de las señales de falla fusible.

Se denomina "Falla fusible" a la señal (ON/OFF) de posición del interruptor termomagnético de un devanado de tensión que se lleva al relé de protección.

Para las protecciones, la Falla fusible del TT-2440 se llevaba a la L1; ahora debe llevarse a la L7 y la señal Falla fusible del TT-373 irá a la L1.

Además la señal Falla fusible de TT-368 se duplicaba en el TCL6 (-K15) para usarla en el 25 y se devolvía a la L1, pero ahora ya no se necesita duplicarla. Entonces, se este procedimiento contempla:

- ✓ Quitar la señal Falla fusible del TT-2440 (L6) a la L1 → Llevar la señal Falla fusible del TT-2440 (L6) a la L7
- ✓ Llevar la señal Falla fusible del TT-373 (L7) a la L1
- ✓ Limpiar la señal Falla fusible de TT-368
- ✓ Llevar la señal Falla fusible del TT-373 a la L6 para el cierre con sincronismo de IN-2414.

Reconexión de ordenes cierre y apertura de interruptores desde el D25 de Santa Luisa.

De manera particular, desde el controlador de bahía en el Shelter de la L6 (Huallanca Nueva de Minera Santa Luisa) se comandan los dos interruptores que atienden esta línea.

- ✓ Antes:
D25: Comandaba al IN-2554 y al IN-2402
- ✓ Ahora:
D25: Comanda al IN-2554 y al **IN-2414**

Reconexión de circuitos de corriente de medición.

Los medidores de cada línea reciben señales de corriente de ambos extremos.

- ✓ Antes:
L6: De TC-2489 (IN-2554) y TC-462 (IN-2402)
L1: De TC-463 (IN-2402) y TC-460 (IN-2400)
- ✓ Ahora:
L6: De TC-2489 (IN-2554) y **TC-468 (IN-2414)**
L7: De **TC-469 (IN-2414)** y **TC-462 (IN-2402)**
L1: De TC-463 (IN-2402) y TC-460 (IN-2400)

Reconexión de circuitos de corriente de protección 2.

Un juego de protecciones de cada línea recibe señales de corriente de ambos extremos.

- ✓ Antes:
L6: De TC-2489 (IN-2554) y TC-462 (IN-2402)
L1: De TC-463 (IN-2402) y TC-460 (IN-2400)
- ✓ Ahora:
L6: De TC-2489 (IN-2554) y **TC-468 (IN-2414)**
L7: De **TC-469 (IN-2414)** y **TC-462 (IN-2402)**
L1: De TC-463 (IN-2402) y TC-460 (IN-2400)

Reconexión de circuitos de corriente de protección 1.

Un juego de protecciones de cada línea recibe señales de corriente de ambos extremos.

- ✓ Antes:
L6: De TC-2489 (IN-2554) y TC-462 (IN-2402)
L1: De TC-463 (IN-2402) y TC-460 (IN-2400)
- ✓ Ahora:
L6: De TC-2489 (IN-2554) y **TC-468 (IN-2414)**
L7: De **TC-469 (IN-2414)** y **TC-462 (IN-2402)**
L1: De TC-463 (IN-2402) y TC-460 (IN-2400)

Reconexión de las señales de posición de interruptores IN-2402 (L1) e IN-2414 (L7).

Las señales de posición de un interruptor se requieren en los relés de protección primaria y secundaria, en el controlador de bahía, para habilitar/bloquear el mando de los seccionadores de línea, de un juego de seccionadores de tramo, en el mímico de la bahía y en el registrador de fallas, de las bahías a las que sirve.

- ✓ Antes:
L6: De IN-2554 e IN-2402
L1: De IN-2402 e IN-2400
- ✓ Ahora:
L6: De IN-2554 e **IN-2414**
L7: De IN-2414 e **IN-2402**
L1: De IN-2402 e IN-2400

Pero el IN-2402 no cuenta con un número suficiente de contactos, así que en cada oportunidad de ingreso de una línea adyacente (L5, L6) se han repetido sus contactos con relés auxiliares instalados en el tablero de esa nueva línea; actualmente se replican en el TCL6; pero esos relés repetidores deben trasladarse al IN-2402 para alimentarlos con tensiones del propio IN-2402 a quien pertenecen. Ahora se los va a llevar allí.

Reconexión de disparos 1 y 2 de protección.

Cada protección de línea dispara a los dos interruptores laterales. La protección primaria dispara a bobinas 1 (Trip 1) y la protección secundaria a bobinas 2 (Trip 2).

- ✓ Antes:
L6: Trip a IN-2554 e IN-2402
L1: Trip a IN-2402 e IN-2400
- ✓ Ahora:
L6: Trip a IN-2554 e **IN-2414**
L7: Trip 1 IN-2414 e **IN-2402**
L1: Trip 1 IN-2402 e IN-2400

Reconexión de espera y bloqueo de recierre del circuito maestro/seguidor.

El recierre entre interruptores que atienden determinada línea es controlado por uno de ellos programado como Maestro (Master), el cual controla el recierre del segundo o Seguidor, de manera que no se produzcan simultáneamente.

- ✓ Antes:
IN-2402: Por L1 y L6
IN-2554: Por L5 y L6
- ✓ Ahora:
IN-2402: Por L1 y **L7**
IN-2414 (Nuevo): Por L7 y **L6**
IN-2554: Por L5 y L6

Reconexión de señales inicio recierre y arranque BF por las protecciones de línea.

Las protecciones primaria y secundaria de cada línea arrancan la protección BF propia y del otro interruptor que las alimenta.

- ✓ Antes:
L6: Propia y de IN-2402
L1: Propia y de IN-2400
- ✓ Ahora:
L6: Propia y de **IN-2414**
L7: Propia y de **IN-2402**
L1: Propia y de IN-2400

Reconexión de bloqueo recierre por las protecciones de línea.

Las protecciones primaria y secundaria de cada línea, ante una falla bifásica o trifásica, bloquean el recierre tanto de interruptor asociado como del otro interruptor que las alimenta.

- ✓ Antes:
L6: Propio y de IN-2402
L1: Propio y de IN-2400
- ✓ Ahora:

L6: Propio y de **IN-2414**

L7: Propio y de **IN-2402**

L1: Propio y de IN-2400

Reconexión de señales mando de cierre a protecciones.

Cuando se da una orden de cierre a un interruptor, debe llevarse esa señal a las protecciones de las líneas a las que sirve, tanto a la línea asociada como a la adyacente, de manera que si el cierre fuera sobre una línea con alguna fase a tierra, la protección correspondiente mandaría disparo trifásico definitivo.

- ✓ Antes:
IN-2402: A la propia L1 y a la L6.
IN-2554: A la propia L6 y a la L5.
- ✓ Ahora:
IN-2402: A la propia L1 y a la **L7**.
IN-2414: A la propia L7 y a la **L6**
IN-2554: A la propia L6 y a la L5.

Reconexión de disparo directo transferido (DTT).

Cuando actúa la protección de falla interruptor (BF) de cualquiera de los interruptores que alimentan una línea, al mismo tiempo que manda abrir a los interruptores adyacentes envía una señal de apertura al interruptor del extremo opuesto de la línea fallada. Ese envío puede ser directamente utilizando un canal de onda portadora o a través de alguno de los relés de la línea y de éste por fibra óptica u onda portadora.

Reconexión de disparos BF 2da etapa hacia “atrás”.

Cada línea tiene un interruptor asociado y la protección BF de ese interruptor dispara en segunda etapa a los adyacentes, además de enviar un DTT al extremo opuesto de su línea asociada.

El primer disparo BF etapa 2, al interruptor que sirve a la línea asociada, ya está incluido en los disparos 1 y 2 del paso 8. El segundo disparo BF etapa 2, al interruptor que está “detrás”, es al que se refiere el presente ítem. Este segundo disparo es tanto a la bobina 1 como a la bobina 2.

- ✓ Antes:
L1 - IN-2402: Adelante IN-2400, Atrás IN-2554
L6 - IN-2554: Adelante IN-2402, Atrás IN-2478
- ✓ Ahora:
L1 - IN-2402: Adelante IN-2400, **Atrás IN-2414**
L7 - IN-2414: Adelante IN-2402, **Atrás IN-2554**
L6 - IN-2554: Adelante IN-2414, Atrás IN-2478

Reconexión de bloqueos de cierre por falla interruptor.

La protección BF del interruptor asociado a una línea, bloquea el cierre tanto al mismo como a los interruptores adyacentes con cada quien atienden una línea.

- ✓ Antes:
L1 - IN-2402: Adelante IN-2400, Atrás IN-2554
L6 - IN-2554: Adelante IN-2402, Atrás IN-2478

- ✓ Ahora:
L1 - IN-2402: Adelante IN-2400, Atrás **IN-2414**
L7- IN-2414: Adelante **IN-2402**, Atrás **IN-2554**
L6 - IN-2554: Adelante **IN-2414**, Atrás IN-2478

Reconexión de bloqueo de mandos seccionadores de línea por interruptores de potencia.

Los interruptores que alimentan una línea bloquean/habilitan en serie el mando del seccionador de línea

- ✓ Antes:
Sec de línea de L6: Por IN-2554 e IN-2402
Sec de línea de L1: Por IN-2402 e IN-2400
- ✓ Ahora:
Sec de línea de L6: Por IN-2554 e **IN-2414**
Sec de línea de L7: Por IN-2414 e **IN-2402**
Sec de línea de L1: Por IN-2402 e IN-2400

ANEXO B
PLAN DE ACTIVIDADES EN BAJA TENSION CON CORTE DE ENERGIA
SE ANTAMINA
PROCEDIMIENTOS ESCRITOS DE TRABAJO

INSERCIÓN DE LA LÍNEA L-2255 A LA PROTECCIÓN DIFERENCIAL DE BARRAS SE ANAMINA

Objetivo

Conectar la nueva bahía de línea (L-2255) a la protección diferencial de barras 220 kV de la SE Antamina.

Breve descripción del procedimiento

En el Panel 20 se debe ingresar y conectar un cable del circuito de corrientes de la L-2255 al relé diferencial 87B e ingresar y un cable de disparos y alarma del relé de disparo y bloqueo de la protección diferencial (86B1) al tablero de control y protección de la L-2255 (TCPL1).

El cable de corrientes de la L-2255 deberá conectarse en el Panel 20 a las nuevas bornas frontera TBC1:19, 20,21 y 22 y conectar estas bornas en un punto común de corrientes que entran al relé 87B, como se muestra en la Fig.1. Las bornas existentes utilizan terminal tipo ojo.

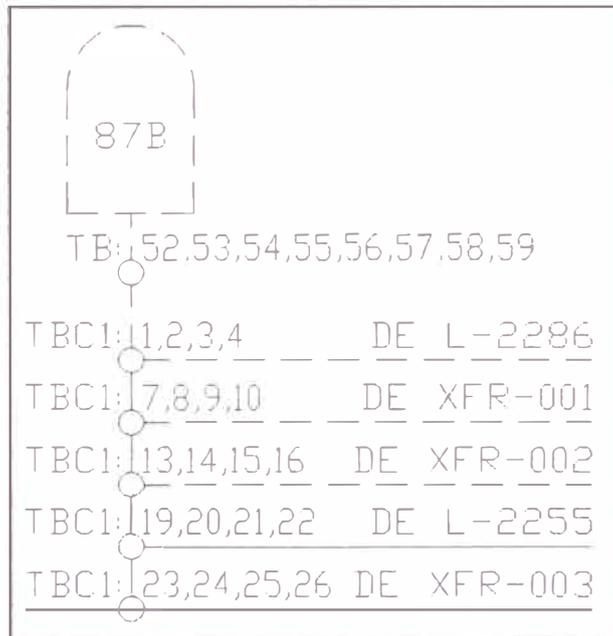


Fig. 1- Circuito de corriente de la L-2255 a relé 87B

El cable de disparos y alarma se conectará a las bornas de salida de los contactos del relé 86B1, como se muestra en la Fig. 2.

Área de influencia de los trabajos

Los trabajos serán ejecutados en el panel 20 del Switchgear 23 kV de la sala control y en bastidores.

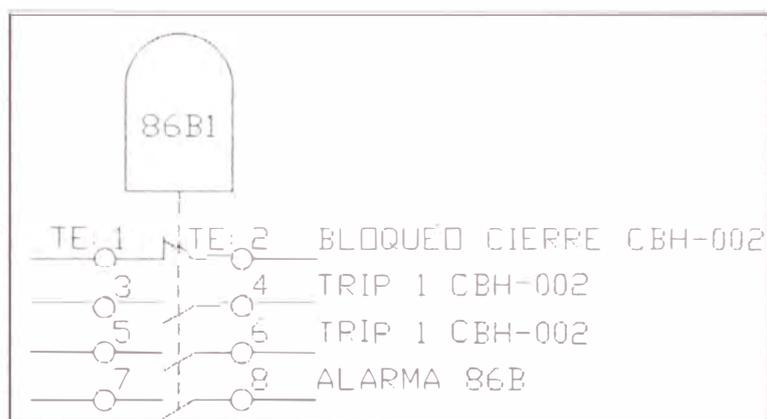


Fig. 2- Bloqueos y disparos 86B para la L-2255

Riesgos eléctricos y mecánicos de las instalaciones

Los principales riesgos son:

- La electrocución y cortocircuito, derivados de las tensiones auxiliares 230 Vac y 125 Vdc en el Panel 20.
- Caídas a nivel y desnivel, golpes, luxaciones, etc., por el tránsito en la sala de control y es ascenso sobre bandejas de bastidores.

Cortes

Este trabajo será efectuado dentro del tiempo de deservicio total del sistema 220 kV – un lapso de 8 horas – durante la parada de planta de 30-Ago-10

Se debe solicitar el corte de los equipos: **L-2255** y transformadores de potencia **XFR-001** y **XFR-002**.

Riego de disparo.

Durante la ejecución del presente Procedimiento escrito de trabajo no se prevé ningún riesgo de disparo, porque se va a intervenir con los equipos de alta tensión y circuitos desenergizados.

Personal

1.1 Personal del Contratista

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|-------|
| | |
| | |
| | |

1.2 Personal de la Supervisión

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|---|
| | Responsable de la Supervisión de los trabajos |
| | |

Requisitos y precauciones

1.3 Requisitos

- Estar aprobado este Procedimiento escrito de trabajo por el dueño u operador de la Subestación.
- Cables tendidos.
- Borneras, riel y cable de conexionado interno en obra

1.4 Precauciones

- El personal que interviene en el presente Procedimiento escrito de trabajo debe conocer y aplicar el plan de higiene y seguridad industrial.
- El personal que intervenga debe reportar al Supervisor cualquier malestar o incapacidad que tenga al momento de realizar el trabajo.
- No tocar ni subirse sobre gabinetes o equipos de la instalación.
- Desplazarse con cuidado sobre bandejas de bastidores para no dañar los cables
- Señalizar las áreas de peligro. Recordar que otras cuadrillas efectuarán trabajos en la misma área y tiempo.
- Asegurarse la identificación de los cables a ingresar.
- Ingresar los cables con la precaución de que el panel 20 tiene tensiones auxiliares.
- Mantener limpia y ordenada el área de trabajo.
- Disponer de un vehículo permanente ante emergencias y como refugio en caso de tormenta.
- Verificar el correcto estado de los EPP's.

Instalación de equipo.

El presente Procedimiento escrito de trabajo no requiere de puestas a tierra francas ni temporarias.

Procedimiento

Los pasos a seguir son:

1.5 Antes de la parada de planta de 30 de agosto de 2010

- Habilitar un orificio de ingreso de cables debajo del Panel 20 (bastidores).
- Tender el cable **AN-1011** desde el CBH-002 hasta bastidores.
- Tender el cable **CR-1040** desde el TCPL1 hasta bastidores.
- Preparar los rieles soporte de borneras nuevas; cortar y presentarlos con borneras, tapas y topes insertados.

En el Panel 20

- Identificar las borneras frontera de corrientes TBC1:1,2,3,4,7,8,9,10,13,14,15,16. (L-2256, XFR-001 y XFR-002).
- Identificar el espacio para instalar borneras TBC1:19, 20, 21,22 (Y 23, 24,25 y 26 de otra actividad paralela a éste).
- Identificar dónde se van a colocar las borneras de bloqueo y disparo del 86B1, TE: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,8. (actividad paralelo a éste)

1.6 El 30 de agosto de 2010

- Taladrar y colocar riel soporte de bomeras.
- Insertar y asegurar las bomeras.
- Marcar la regleta TBC1 y las bomeras 19, 20, 21 y 22.
- Verificar la continuidad para confirmación previa entre:
 - TB:54 – 55 – TBC1:1 – 7 – 13
 - TB:56 – 57 – TBC1:2 – 8 – 14
 - TB:58 – 59 – TBC1:3 – 9 – 15
 - TB:52 – 53 – TBC1:4 – 10 – 16

- Preparar y conectar los siguientes puentes con cable #12AWG.

| REGLETA | BORNE | REGLETA | BORNE |
|---------|-------|---------|-------|
| TBC1 | 19 | TBC1 | 13 |
| TBC1 | 20 | TBC1 | 14 |
| TBC1 | 21 | TBC1 | 15 |
| TBC1 | 22 | TBC1 | 16 |

- Verificar la continuidad para confirmación entre:
 - TB:54 – 55 – TBC1:1 – 7 – 13 – 19
 - TB:56 – 57 – TBC1:2 – 8 – 14 – 20
 - TB:58 – 59 – TBC1:3 – 9 – 15 – 21
 - TB:52 – 53 – TBC1:4 – 10 – 16 – 22

Conexionado externo

- Ingresar por la parte inferior los dos cables al Panel 20.
- Ordenarlos y amarrarlos en su recorrido con otros cables a ingresar.
- Pelar hilos, peinar, medir, presentar en bomera, cortar, marcar y prensar terminales.
- Dejar cada hilo al aire para megado y timbrado.
- Timbrar cada hilo y anotar
- Megar cada hilo de un cable contra el resto de hilos + tierra, con 500 V y anotar valores
- Conectar los hilos de acuerdo con planilla de conexiones siguiente.

| CABLE | HILO | DESDE | | | HASTA | | |
|-----------------------------------|------|------------------|---------|-------|-----------------|---------|-------|
| | | EQUIPO | REGLETA | BORNE | EQUIPO | REGLETA | BORNE |
| AN-1011 | 1 | CBH-002 | TB-1Y | 1Y2 | PANEL 20 | TBC1 | 19 |
| 4x6 mm ² , NXSY | 2 | INT. DE POTENCIA | TB-3Y | 3Y2 | CELDAS DE 23 KV | TBC1 | 20 |
| | 3 | | TB-5Y | 5Y2 | (EXISTENTE) | TBC1 | 21 |
| | 4 | | TB-5Y | 5Y4 | | TBC1 | 22 |
| | | | | | | | |
| CR-1040 | 1 | TCPL1 | X1 | 9 | PANEL 20 | TE | 1 |
| 12x2.5 mm ² , N2XSY | 2 | TAB DE CONTROL | X1 | 10 | CELDAS DE 23 KV | TE | 2 |
| | 3 | Y PROTECCION | X2 | 18 | (EXISTENTE) | TE | 3 |
| | 4 | | X2 | 15 | | TE | 4 |
| | 5 | | X3 | 18 | | TE | 5 |
| | 6 | | X3 | 15 | | TE | 6 |
| | 7 | | XR | 56 | | TE | 7 |
| | 8 | | XR | 58 | | TE | 8 |

| | | | | | | | |
|--|----|--|--|--|--|--|--|
| | 9 | | | | | | |
| | 10 | | | | | | |
| | 11 | | | | | | |
| | 12 | | | | | | |

Pruebas de disparo y bloqueo y alarmas (Con el nuevo relé PG1/86 operativo)

- Cerrar el interruptor CBH-002 desde tablero TCPL1
- Hacer puente corto en relé PF/87-B1 entre bornes 7 – 11
- Verificar que abrió el interruptor
- Verificar el bloqueo de cierre del interruptor
- Resetear los relés 86B en el Panel 20.

Fin de las labores

- Limpiar en panel y el área de trabajo
- Cancelar el permiso de trabajo.

Observaciones

Si las acciones indicadas no existen o no corresponden con lo encontrado en el sitio, debe consultarse los planos de referencia para tomar los correctivos necesarios.

Control y pruebas

Con el fin de verificar el buen estado de los materiales utilizados y la buena ejecución de los trabajos efectuados, deben llevarse a cabo, sin ser limitativos, los presentes controles:

| CONTROL | V°B° |
|--|-------------|
| Verificación de la planilla de conexiones con planos | |
| Protocolo de timbrado y megado. | |
| Megado de cables tendidos | |
| Megado y timbrado de hilos antes de conectar. | |
| Prueba de disparo y bloqueo de cierre del CBH-002 | |

Planos de referencia

- Plano 104-08655-740-DWG-E-620 1
- Plano 104-08655-740-DWG-E-623 12
- Plano 104-08655-740-DWG-E-625 1
- Plano 104-08655-740-DWG-E-625 2
- Plano 104-08655-740-DWG-E-625 3
- Plano BECHTEL 24097-0740-E-512, REV 4.
- Plano ABB 1VMX930936202E7, Sheet 1 of 2.
- Plano ABB 1VMX930936202E7, Sheet 2 of 2.

Control de contingencias

Los trabajos deben efectuarse con orden y limpieza de manera que, a requerimiento del Operador de turno, sea posible asegurar el área y disponer en forma segura del Panel 20 en el plazo más breve.

Recibida la orden de suspender los trabajos por requerimiento del tablero e instalaciones donde se trabaja se deberá:

- Acomodar los cables hasta donde estén trabajados.
- Asegurarse que no haya circuitos existentes abiertos.

- Limpiar el interior de Panel.
- Asegurarse mediante inspección visual que el área está despejada, libre de objetos extraños y lista para energización.
- Cancelar el permiso de trabajo.

El tiempo previsto para efectuar estas tareas es de 1/2 hora.

CABLEADO DE TENSIONES DE LOS VTS DE BARRA 220 kV SEANTAMINA

Objetivo

Proveer de señales de tensión de barras a los relés de protección lado 220 kV de los transformadores XFR-001 y XFR-002, ubicados en el Panel 20.

Breve descripción del procedimiento

Los relés de protección de los transformadores 1 y 2 tienen señales de tensión de los únicos transformadores de tensión 220 kV, que están ubicados entre el interruptor y el seccionador de línea de la L-2255 actual. Al montarse transformadores de tensión en la barra 220 kV, corresponde cambiarles las señales a las de estos equipos.

El trabajo consiste en desconectar los cables actuales y conectar nuevos cables a tenderse, como se muestra en la Fig. Siguiente:

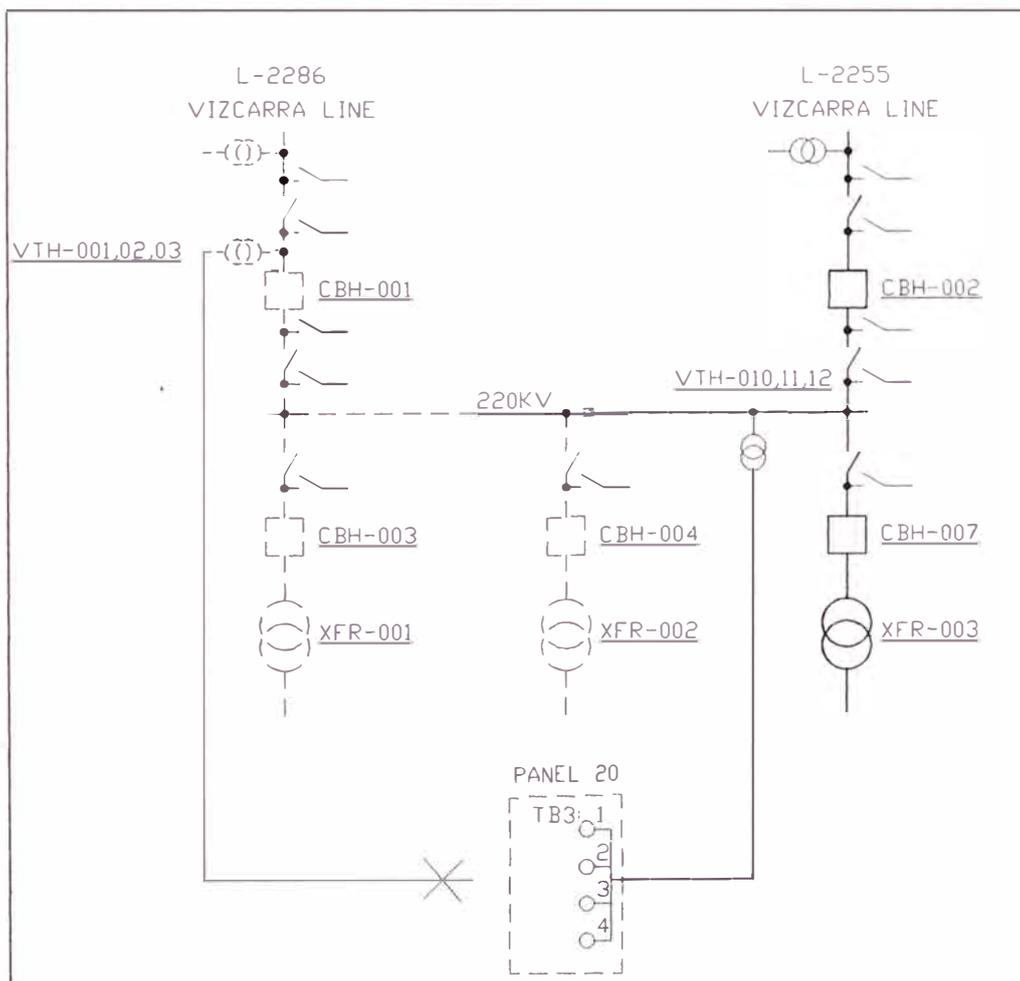


Fig. 1- Reemplazo de tensiones a equipos de los transformadores 1 y 2

Área de influencia de los trabajos

Los trabajos serán ejecutados en el panel 20 del Switchgear 23 kV de la sala control y en bastidores.

Riesgos eléctricos y mecánicos de las instalaciones

Los principales riesgos son:

La electrocución y cortocircuito, derivados de las tensiones auxiliares 230 Vac y 125 Vdc en el Panel 20.

Caídas a nivel y desnivel, golpes, luxaciones, etc., por el tránsito en la sala de control y el ascenso sobre bandejas de bastidores.

Cortes

Este trabajo será efectuado dentro del tiempo de deservicio total del sistema 220 kV – un lapso de 8 horas – durante la parada de planta de 30-Ago-10, cuando se va a solicitar el corte de los equipos: **L-2255** y transformadores de potencia **XFR-001** y **XFR-002**.

Riego de disparo.

Durante la ejecución del presente Procedimiento escrito de trabajo no se prevé ningún riesgo de disparo, porque se va a intervenir con los equipos de alta tensión y circuitos desenergizados.

Personal

1.7 Personal del Contratista

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|-------|
| | |
| | |
| | |
| | |

1.8 Personal de la Supervisión

La Supervisión de los trabajos está a cargo de AKER Solutions:

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|---|
| | Responsable de la Supervisión de los trabajos |
| | |

Requisitos y precauciones

1.9 Requisitos

- Estar aprobado este Procedimiento escrito de trabajo por el dueño u operador de la Subestación.
- Cable **AN-1013** tendido, conectado y probado, entre la caja de formación de los transformadores de tensión de barras, **CFVTH-010, 11,12**, y el tablero **TCPL1**.

1.10 Precauciones

- El personal que interviene en el presente Procedimiento escrito de trabajo debe conocer y aplicar el plan de higiene y seguridad industrial.
- El personal que intervenga debe reportar al Supervisor cualquier malestar o incapacidad que tenga al momento de realizar el trabajo.
- No tocar ni subirse sobre gabinetes o equipos de la instalación.
- Desplazarse con cuidado sobre bandejas de bastidores para no dañar los cables
- Señalizar las áreas de peligro. Recordar que otras cuadrillas efectuarán trabajos en la misma área y tiempo.
- Asegurarse la identificación de los cables a ingresar.
- Ingresar los cables con la precaución de que el panel 20 tiene tensiones auxiliares.
- Mantener limpia y ordenada el área de trabajo.
- Disponer de un vehículo permanente ante emergencias y como refugio en caso de tormenta.
- Verificar el correcto estado de los EPP's.

Instalación de equipo.

El presente Procedimiento escrito de trabajo no requiere de puestas a tierra francas ni temporarias.

Procedimiento

Los pasos a seguir son:

1.11 Antes de la parada de planta de 30 de agosto de 2010

- Habilitar el orificio de ingreso de cables debajo del Panel 20 (bastidores). Esta actividad es común para varias actividades relacionadas con el Panel 20.
- Tender el cable **AN-1014** desde el tablero TCPL1 hasta bastidores.
- Preparar y presentar en borneras, sin conectar, el cable del lado TCPL1.

En el Panel 20

- Identificar las borneras TB3: 1, 2, 3 y 4.
- Identificar el cable actual de alimentación SWL007A.
- Medir y anotar tensión alterna entre:
 - a. TB3:1 – TB3:2 = 115 V
 - b. TB3:1 – TB3:3 = 115 V
 - c. TB3:1 – TB3:4 = 66.5 V
 - d. TB3:1 – TB3:5 = 0 V
 - e. TB3:1 – TB3:6 = 115 V
 - f. TB3:1 – TB3:7 = 115 V
 - g. TB3:1 – TB3:8 = 66.5 V
 - h. TB3:1 – TB3:9 = 0 V
 - i. TB3:1 – TB3:10 = 115 V
 - j. TB3:1 – TB3:11 = 115 V
 - k. TB3:1 – TB3:12 = 66.5 V
 - l. TB3:2 – TB3:3 = 115 V
 - m. TB3:2 – TB3:4 = 66.5 V
 - n. TB3:2 – TB3:5 = 115 V
 - o. TB3:2 – TB3:6 = 0 V
 - p. TB3:2 – TB3:7 = 115 V

- q. TB3:2 – TB3:8 = 66.5 V
- r. TB3:3 – TB3:4 = 66.5 V
- s. TB3:3 – TB3:5 = 115 V
- t. TB3:3 – TB3:6 = 115 V
- u. TB3:3 – TB3:7 = 0 V
- v. TB3:3 – TB3:8 = 66.5 V
- w. TB3:3 – TB3:9 = 115 V
- x. TB3:3 – TB3:10 = 115 V
- y. TB3:3 – TB3:11 = 0 V
- z. TB3:3 – TB3:12 = 66.5 V

1.12 El 30 de agosto de 2010

Desconexión de cable existente SWL007A.

- Verificar ausencia de tensión alterna entre borneras TB3:1 – 2 – 3 – 4.
- Desconectar y aislar los siguientes hilos externos:
 - SWL007A-V1 de TB3:1
 - SWL007A-V2 de TB3:2
 - SWL007A-V3 de TB3:3
 - SWL007A-V4 de TB3:4
- Desconectar y aislar los hilos internos marcados:
 - BFA-11 de TB3:1
 - BFA-12 de TB3:1
 - BFA-13 de TB3:1
 - BFA-1A de TB3:1

NOTA: En realidad estos hilos deben ir a BFA-11A, BFA-12A, BFA-13A y BFA-14A, respectivamente. BFA es la bornera de pruebas del relé de la línea. VERIFICAR.

- Confirmar que permanezcan los puentes:
 - TB3:1 – TB3: 5 – TB3: 9
 - TB3:2 – TB3: 6 – TB3: 10
 - TB3:3 – TB3: 7 – TB3: 11
 - TB3:4 – TB3: 8 – TB3: 12

Conexionado externo

- Ingresar el cable **AN-1014** por la parte inferior al Panel 20.
- Ordenarlo y amarrarlo en su recorrido con los otros cables a ingresar.
- Pelar hilos, peinar, medir, presentar en borneras, cortar, marcar y prensar terminales.
- Dejar cada hilo al aire para megado y timbrado.
- Timbrar cada hilo y anotar
- Megar cada hilo del cable contra el resto de hilos + tierra, con 500 V y anotar valores
- Conectar los hilos de acuerdo con planilla de conexiones siguiente.

| CABLE | HILO | DESDE | | | HASTA | | |
|--|------|------------|---------|-------|-----------------|---------|-------|
| | | EQUIPO | REGLETA | BORNE | EQUIPO | REGLETA | BORNE |
| AN-1014 | 1 | TCPL1 | XV1 | 2 | PANEL 20 | TB3 | 1 |
| 4x6 mm ² , NXS _Y | 2 | TABLERO DE | XV1 | 5 | CELDAS DE 23 KV | TB3 | 2 |
| | 3 | L-2255 | XV1 | 8 | (EXISTENTE) | TB3 | 3 |
| | 4 | | XV1 | 11 | | TB3 | 4 |

Inyección Secundaria de tensiones

- Desconectar los hilos del primer devanado de tensiones: X1 – X3 en las cajas de bornes de los transformadores VTH-010, VTH-11, y VTH-12.
- Interconectar los tres hilos desconectados de los bornes X3, uno por transformador
- Con equipo de pruebas, aplicar 110 V entre fases y verificar los valores en los dos relés del Panel 20 y en las borneras TB3:1, 2, 3 y 4.
- Aplicar tensión diferenciada: R: 25 V, S: 50 V y T: 100 V y verificar los valores en los dos relés del Panel 20 y en las borneras TB3:1, 2, 3 y 4.
- Volver a conectar los hilos.

Fin de las labores

- Limpiar en panel y el área de trabajo
- Cancelar el permiso de trabajo.

Observaciones

Si las acciones indicadas no existen o no corresponden con lo encontrado en el sitio, debe consultarse los planos de referencia para tomar los correctivos necesarios.

Control y pruebas

Con el fin de verificar el buen estado de los materiales utilizados y la buena ejecución de los trabajos efectuados, deben llevarse a cabo, sin ser limitativos, los presentes controles:

| CONTROL | V°B° |
|--|-------------|
| Verificación de la planilla de conexiones con planos | |
| Protocolo de timbrado y megado. | |
| Megado de cable tendido | |
| Megado y timbrado de hilos antes de conectar. | |
| Inyección secundaria de tensiones | |

Planos de referencia

- Plano 104-08655-740-DWG-E-653 1
- Plano BECHTEL 24097-0740-E-512, REV 4.
- Plano BECHTEL 24097-0740-E-513, REV 4.
- Plano ABB 1VMX930936202E7, Sheet 1 of 2.

Control de contingencias

Los trabajos deben efectuarse con orden y limpieza de manera que, a requerimiento del Operador de turno, sea posible asegurar el área y disponer en forma segura del Panel 20 en el plazo más breve.

Recibida la orden de suspender los trabajos por requerimiento del tablero e instalaciones donde se trabaja se deberá:

- Acomodar los cables hasta donde estén trabajados.
- Asegurarse que no haya circuitos existentes abiertos.
- Limpiar el interior de Panel.
- Asegurarse mediante inspección visual que el área está despejada, libre de objetos extraños y lista para energización.
- Cancelar el permiso de trabajo.

El tiempo previsto para efectuar estas tareas es de 1/2 hora.

INSTALACION DE RELE 86B ADICIONAL EN PANEL 20 SEANTAMINA

Objetivo

Instalar el relé de disparo y bloqueo adicional denominado **PG1/86** y conectarlo al circuito de la protección diferencial de barras 220 kV de la SE Antamina.

Este relé será activado por el relé **PG/86** actual y actuará sobre los interruptores de las líneas L-2255, L-2256 y del transformador XFR-003.

Breve descripción del procedimiento

El relé **PG/86** no dispone de contactos para bloquear el cierre de ni disparar a los interruptores de las nuevas bahías. Se va a instalar el relé adicional **PG1/86** que va a ser operado por un contacto abierto del **PG/86** actual. El contacto escogido es el que dispara al interruptor CBH-001, de la bahía que después va a servir a la L-2256. El nuevo relé va a actuar sobre los interruptores CBH-002 (L-2255), CBH-001 (L-2256) y CBH-007 (XFR-003), como mencionado antes. En la Fig. Siguiente se representan los equipos con la denominación que tienen en el Panel 20.

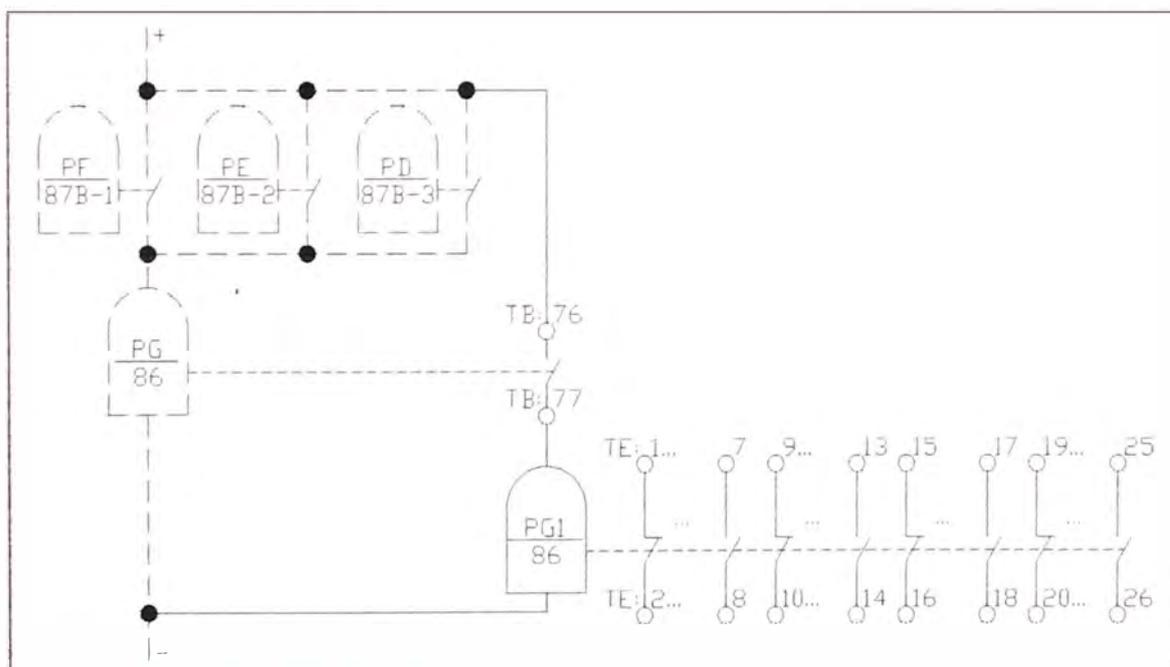


Fig. 1- Esquema del nuevo relé 86B1

Se tiene que taladrar la puerta del Panel 20 para fijar el relé, instalar una regleta con 26 borneras nuevas denominadas TE: 1, 2,... 26 y cablear todos los contactos del 86B1 a estas borneras.

Adicionalmente, considerando que la bahía existente quedará fuera de servicio después de la parada de planta, se deben recomponer los circuitos de los relés 87B y 86B. Actualmente están cableados junto con el relé 51 y el medidor de la L-2255 y al relé 86B lo disparan además de la protección 87B, el mando de apertura del interruptor CBH-001, el relé de sobrecorriente y el DTT SEVIZ de la línea actual L-2255. Entendemos que esta configuración se hizo para que ante una apertura de la L_2255 – único suministro de la barra 220 kV – abrieran también los interruptores de los transformadores para recomponer más rápido el sistema. El relé **PG/86** debe quedar siendo disparado solamente por los relés de protección diferencial de barras **PF/87B-1**, **PE/87B-2** y **PD/87B-3**.

A continuación se muestran 3 figuras con los circuitos actual, luego de retirar hilos y conexiones y finalmente, insertado el nuevo relé 86B1.

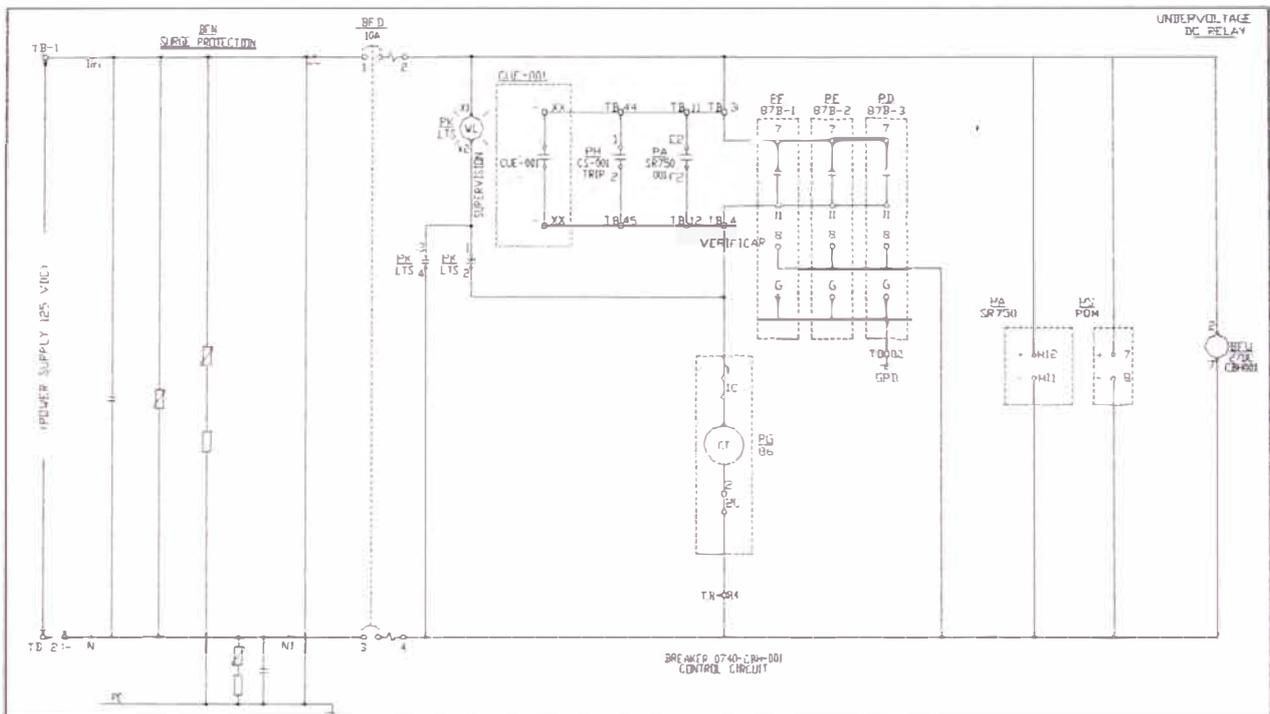


Fig. 2- Circuito de la protección diferencial de barras actual

De este circuito se les debe quitar el positivo a las borneras TB: 11, TB: 44 y al Panel CUE-001; también al relé 51 de línea (PA) y al medidor PQM (PS).

También se les debe quitar el negativo a las borneras TB: 12, TB: 45 y al Panel CUE-001; también al relé 51 de línea (PA) y al medidor PQM (PS).

El circuito debe quedar como se muestra en la Fig. siguiente; es decir solamente sirviendo a la protección diferencial de barras:

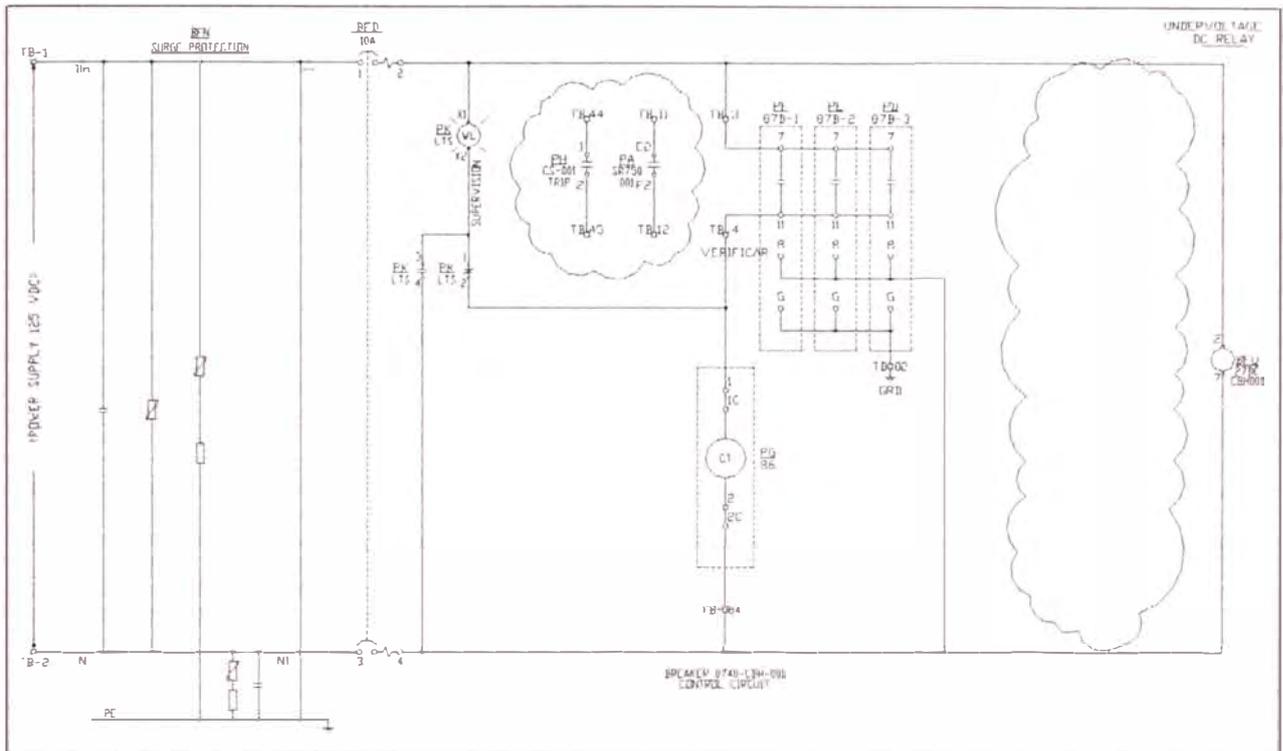


Fig. 3- Circuito de la protección diferencial de barras aislado
Luego se inserta el nuevo relé PG1/86, como se muestra en la siguiente figura:

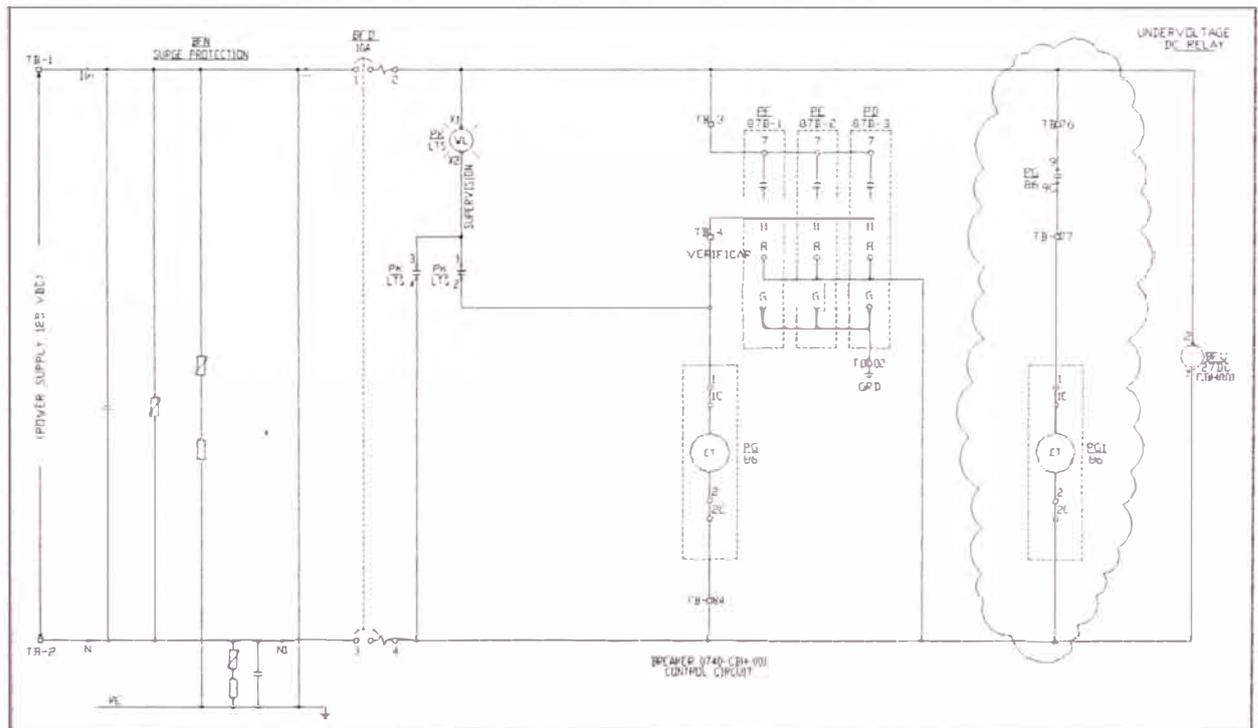


Fig. 4- Circuito de la protección diferencial de barras con el nuevo relé PG1/86

Área de influencia de los trabajos

Los trabajos serán ejecutados en el panel 20 del Switchgear 23 kV de la sala control y en bastidores.

Riesgos eléctricos y mecánicos de las instalaciones

Los principales riesgos son:

La electrocución y cortocircuito, derivados de las tensiones auxiliares 230 Vac y 125 Vdc en el Panel 20.

Caídas a nivel y desnivel, golpes, luxaciones, etc., por el tránsito en la sala de control y es ascenso sobre bandejas de bastidores.

Cortes

Este trabajo será efectuado dentro del tiempo de deservicio total del sistema 220 kV – un lapso de 8 horas – durante la parada de planta de 30-Ago-10

Se debe solicitar el corte de los equipos: **L-2255** y transformadores de potencia **XFR-001** y **XFR-002**.

Riego de disparo.

Durante la ejecución del presente Procedimiento escrito de trabajo no se prevé ningún riesgo de disparo, porque se va a intervenir con los equipos de alta tensión y circuitos desenergizados.

Personal

1.13 Personal del Contratista

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|-------|
| | |
| | |

1.14 Personal de la Supervisión

| NOMBRES Y APELLIDOS | CARGO |
|---------------------|---|
| | Responsable de la Supervisión de los trabajos |
| | |

Requisitos y precauciones

1.15 Requisitos

- Estar aprobado este Procedimiento escrito de trabajo por el dueño u operador de la Subestación.
- Tener en obra el relé de disparo y bloqueo **PG1/86**.
- Borneras, riel y cable de conexionado interno en obra

1.16 Precauciones

- El personal que interviene en el presente Procedimiento escrito de trabajo debe conocer y aplicar el plan de higiene y seguridad industrial.
- El personal que intervenga debe reportar al Supervisor cualquier malestar o incapacidad que tenga al momento de realizar el trabajo.
- No tocar ni apoyarse sobre equipos del Panel 20.
- Ubicar el relé PG1/86 considerando la apertura y cierre de la puerta del Panel 20 y que permita luego el cómodo conexionado de los cables a este.
- Proteger los equipos contra caída de viruta metálica del taladrado.

- Disponer de un vehículo permanente ante emergencias y como refugio en caso de tormenta.
- Verificar el correcto estado de los EPP's.

Instalación de equipo.

El presente Procedimiento escrito de trabajo no requiere de puestas a tierra francas ni temporarias.

Procedimiento

Los pasos a seguir son:

1.17 Antes de la parada de planta de 30 de agosto de 2010

- Preparar los rieles soporte de borneras nuevas; cortar y presentarlos con 26 borneras, tapas y topes insertados.
- Preparar las placas de identificación del relé (Interna y externa) y de la regleta de bornes.
- Preparar los tornillos para colocar las placas de identificación del relé.
- Preparar los hilos de cableado, terminales, marcadores, cinta espiral, otros.

En el Panel 20

- Identificar dónde se van a colocar las borneras de bloqueo y disparo del 86B1, TE: 1, 2, ..., 25, 26.
- Identificar el circuito de alimentación del relé 87B.
- Identificar el circuito de disparo de la línea actual

1.18 El 30 de agosto de 2010

- Retirar la mica protectora de equipos al interior de la puerta del Panel 20.
- Identificar y marcar con tinta indeleble los taladros para colocar el relé **PG1/86**. Para el eje para los tornillos de fijación y para las placas de identificación.
- Proteger los equipos y relés de la parte inferior con plástico.
- Taladrar los agujeros para el relé.
- Ajustar el relé y colocar las placas de señalización
- Taladrar y colocar riel soporte de borneras.
- Insertar y asegurar las borneras.
- Marcar la regleta TE y las borneras 1 a 26.

Retirar del circuito del 86B los disparos del relé **PA/SR750 001**, del conmutador **PH/CS001 TRIP** y del **DTT SEVIZ (CUE-001)**

- Medir 125 Vdc contra negativo en las borneras TB: 3, TB: 11 y TB: 44.
- Abrir el interruptor de alimentación **BFD**.
- Medir 0 Vdc contra negativo en las borneras TB:3
- Identificar punto de alimentación del positivo a borneras TB:11 Y TB:44
- Retirarles el positivo a las borneras TB: 11 y TB: 44.
- Desconectar el hilo externo de bornera TB:44, que va a tablero CUE-001
- Medir continuidad entre TB:4, TB:12 y TB:45
- Retirar puente TB:12 – TB:45
- Retirar hilo externo de TB:45, que va a tablero CUE-001
- Identificar, anotar y retirar hilo que llega al TB:12
- Cerrar el interruptor de alimentación **BFD**.
- Medir 125 Vdc contra negativo en la bornera TB:3

Retirar del positivo TB-3 el medidor PQM (PS/PQM) y el relé 51 de línea (PA/SR750 001)

- Medir 125 Vdc contra negativo en:
TB: 3, PS:+7, PF: 7, PE: 7, PD: 7, PA: H12 y PK: X1
- Abrir el interruptor de alimentación **BFD**.
- Confirmar el siguiente cableado de positivos:
TB:3 – PS:+7 – PF:7 – PE:7 – PD:7 – PA:H12 – PK:X1
- Retirar del positivo el **PS:+7**
- Retirar del positivo el **PA:+ H12**
- Cerrar el interruptor de alimentación **BFD**.
- Confirmar que el TB-3 alimente a los 87B (PD, PE, PF) y a la lámpara señalizadora PK, midiendo 125 Vdc contra negativo en:
TB: 3, PF: 7, PE: 7, PD: 7 y PK: X1

Retirar del negativo TB-84 el medidor PQM (PS/PQM) y el relé 51 de línea (PA/SR750 001)

- Medir 125 Vdc contra positivo en:
TB: 84, PS:-8, PF: 8, PE: 8, PD: 8, PA: H11 y PK: 4
- Abrir el interruptor de alimentación **BFD**.
- Confirmar el siguiente cableado de negativos:
TB: 84, PS:-8, PF: 8, PE: 8, PD: 8, PA: H11 y PK: 4
- Retirar del negativo el **PS:-8**
- Retirar del negativo el **PA:- H11**
- Cerrar el interruptor de alimentación **BFD**.
- Confirmar que el TB-84 alimente a los 87B (PD, PE, PF), a la lámpara señalizadora PK, midiendo 125 Vdc contra positivo en:
TB: 84, PF: 8, PE: 8, PD: 8 y PK: 4
- Confirmar la alarma del relé de mínima tensión abriendo el interruptor **BDF**.
- Cerrar el interruptor de alimentación **BFD**.

Aislar el contacto 9-9C del relé **PG/86** que se va a reutilizar

- Confirmar que el positivo 125 Vdc llega a la bornera TB: 76 desde el interruptor.
- Abrir el interruptor de alimentación **8-2** en el gabinete del interruptor CBH-001
- Quitar el hilo externo de TB:76 y aislar
- Quitar el puente TB:76 – TB:5 (Deducido)
- Retirar y aislar el hilo externo de bornera TB-77
- Confirmar el siguiente circuito libre

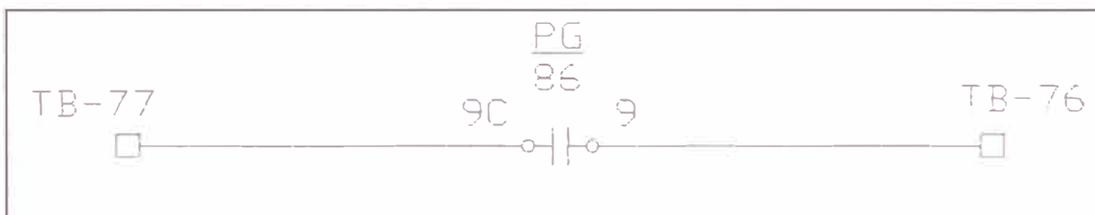


Fig. 5- Contacto 9-9C del relé 86 aislado

Conectar el nuevo relé **PG1/86**

- Abrir el interruptor de alimentación **BFD**.
- Tender y conectar los siguientes hilos:
 - TB: 76 – TB: 3.
 - TB:77 – PG1/86:1
 - PG1/86:2C – TB:84

- Cerrar el interruptor de alimentación **BFD**.
- Tender y conectar los siguientes hilos:
 - PG1/86:4 – TE:1
 - PG1/86:4C – TE:2
 - PG1/86:9 – TE:3
 - PG1/86:9C – TE:4
 - PG1/86:10 – TE:5
 - PG1/86:10C – TE:6
 - PG1/86:14 – TE:7
 - PG1/86:14C – TE:8
 - PG1/86:5 – TE:9
 - PG1/86:5C – TE:10
 - PG1/86:11 – TE:11
 - PG1/86:11C – TE:12
 - PG1/86:12 – TE:13
 - PG1/86:12C – TE:14
 - PG1/86:13C – TE:18
 - PG1/86:16 – TE:19
 - PG1/86:16C – TE:20
 - PG1/86:7 – TE:21
 - PG1/86:7C – TE:22
 - PG1/86:8 – TE:23
 - PG1/86:8C – TE:24
 - PG1/86:15 – TE:25
 - PG1/86:15C – TE:26
- Timbrar los hilos conectados en el punto anterior.

Aislar el contacto de bloqueo de cierre del CBH-001 de relé **PG/86** actual

- Poner el conmutador 43/R en remoto en el CBH-001
- Medir 125 Vdc entre TB:18 – TB2-35
- Abrir el interruptor de alimentación **8-1** en el gabinete del interruptor CBH-001
- Verificar 0 Vdc entre TB:18 – TB2-35
- Retirar hilo TB:27 – TB:8
- Retirar hilo TB:28 – TB-18

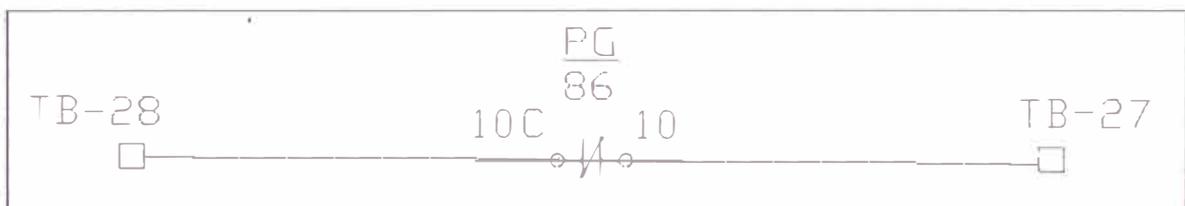


Fig. 6- Contacto 10-10C del relé 86 aislado

Probar el nuevo circuito 87B

- Hacer puente corto en relé PF/87-B1 entre bornes 7 – 11
- Verificar actuación de relé PG/86 actual
- Verificar señalización en lámpara PK/LTS
- Verificar actuación del nuevo relé PG1/86
- Repetir secuencia en relé PE/87-B2 entre bornes 7 – 11
- Repetir secuencia en relé PD/87-B3 entre bornes 7 – 11

Acabados

- Peinar, ordenar y amarrar los mazos de cables
- Instalar cinta espiral en mazos de cables que van de panel a equipos en la puerta.

Fin de las labores

- Limpiar en panel y el área de trabajo
- Cancelar el permiso de trabajo.

Observaciones

Si las acciones indicadas no existen o no corresponden con lo encontrado en el sitio, debe consultarse los planos de referencia para tomar los correctivos necesarios.

Control y pruebas

Con el fin de verificar el buen estado de los materiales utilizados y la buena ejecución de los trabajos efectuados, deben llevarse a cabo, sin ser limitativos, los presentes controles:

| CONTROL | V°B° |
|--|-------------|
| Verificación de la planilla de conexiones con planos | |
| Protocolo de medición de tensiones antes y después de intervenciones | |
| Protocolo de timbrado y megado. | |
| Megado de cables tendidos | |
| Probar el circuito 87B | |

Planos de referencia

- Plano BECHTEL 24097-0740-E-512, REV 4.
- Plano BECHTEL 24097-0740-E-513, REV 4.
- Plano ABB 1VMX930936202E7, Sheet 1 of 2.
- Plano ABB 1VMX930936202E7, Sheet 2 of 2.

Control de contingencias

Los trabajos deben efectuarse con orden y limpieza de manera que, a requerimiento del Operador de turno, sea posible asegurar el área y disponer en forma segura del Panel 20 en el plazo más breve.

Recibida la orden de suspender los trabajos por requerimiento del tablero e instalaciones donde se trabaja se deberá:

Acomodar los cables hasta donde estén trabajados.

Asegurarse que no haya circuitos existentes abiertos.

Limpiar el interior de Panel.

Asegurarse mediante inspección visual que el área está despejada, libre de objetos extraños y lista para energización.

Cancelar el permiso de trabajo.

El tiempo previsto para efectuar estas tareas es de 1/2 hora.

ANEXO C
ESQUEMAS Y DIAGRAMAS UNIFILARES
SE VIZCARRA -SE ANTAMINA

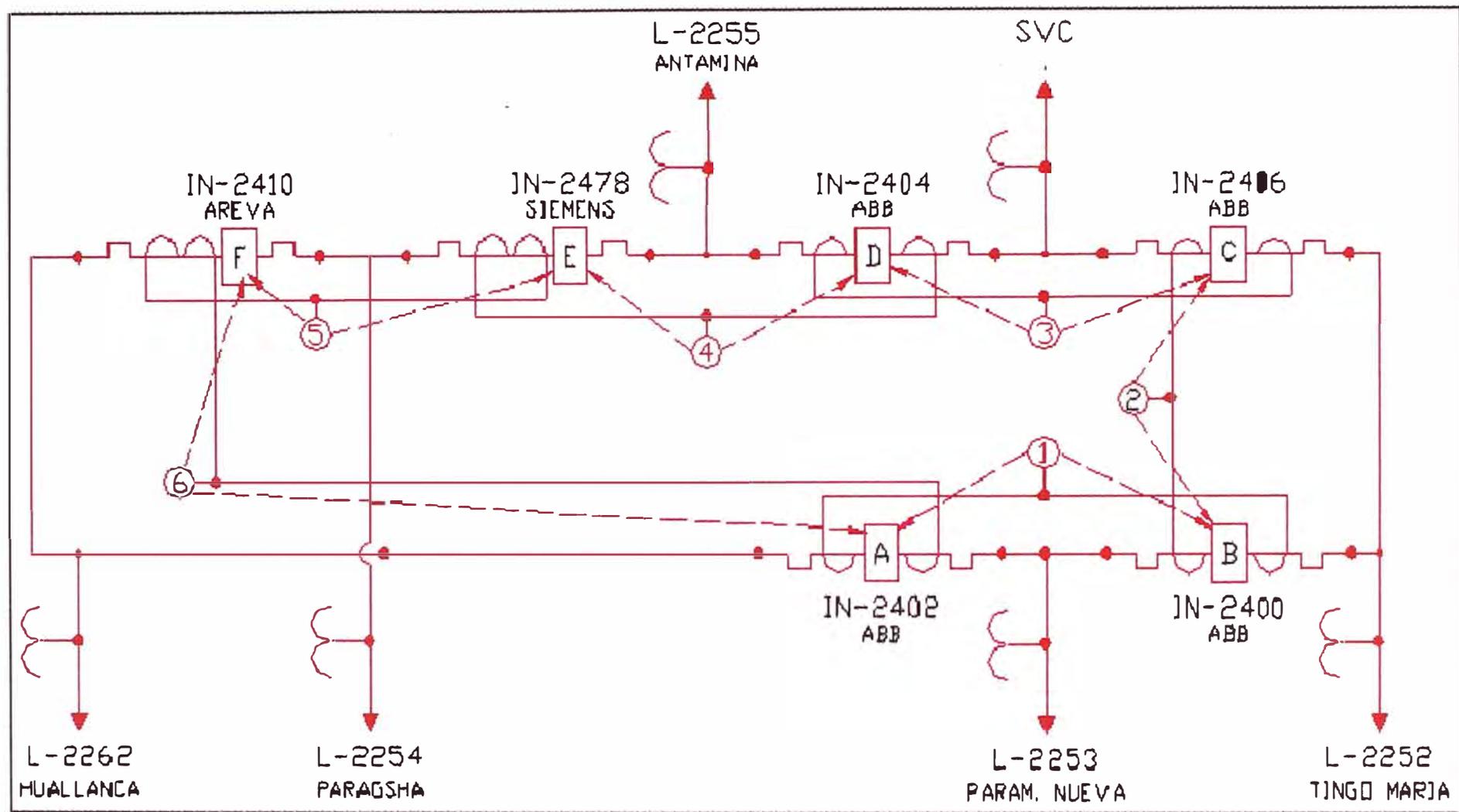


Fig.1 Esquema simplificado de protecciones SE Vizcarra sin nueva línea

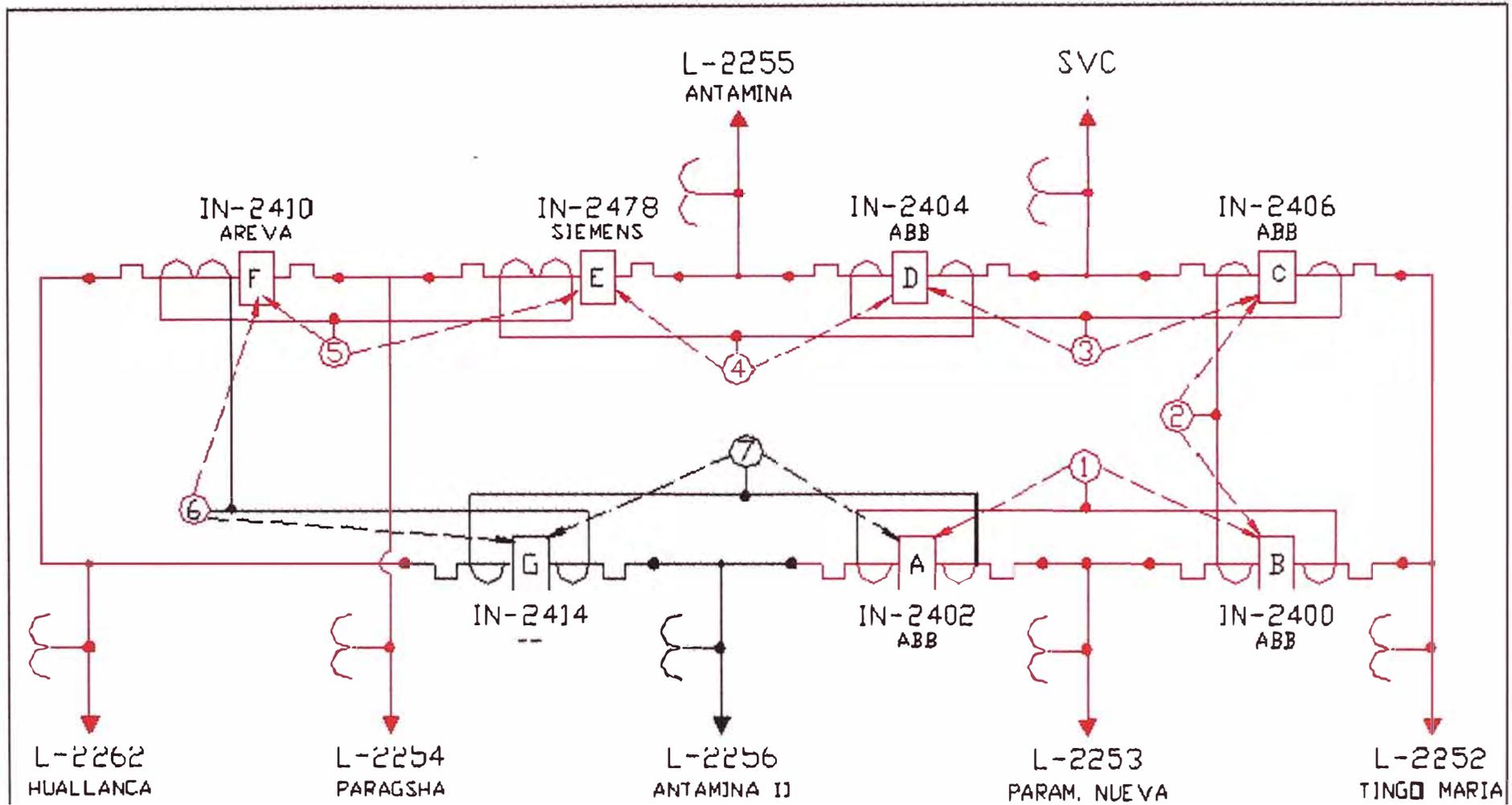


Fig.2 Esquema simplificado de protecciones SE Vizcarra con nueva línea

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Carlos Felipe Ramirez (2004), "Subestaciones de Alta y Extra Tensión", Part. 10: "Sistema de Control", Colombia.
- [2] Siemens; "Catalog ST PCS 7"; Alemania, 2009.
- [3] Josef Weigmann, Gerhard Kilian, "Decentralization with PROFIBUS DP/DPV1", Alemania, 2003.
- [4] SIEMENS SICAM SAS (2003) – Substation Automation System – Maintenance and Diagnostics – E50417-W8976-C012-A4.
- [5] SIEMENS SIPROTEC (2003) – High Voltage Bay Control Unit 6MD66 – 4.2 – Manual – C53000-G1876-C102-3.