CCM
CONSEJO DE COMPETENCIAS MINERAS

Cuaderno de Actividades del Participante
Módulo 3: "Mantenimiento de motores y generadores eléctricos de equipos mina"
PFMEI-4-02/V.1[PE01-M03/v.1]

Una iniciativa de:

CONSEJO MINERO

Con la asesoría experta de:

Innovum | FCH FUNDACIÓN CHILE

Equipo Consejo Minero

Joaquín Villarino H., Presidente Ejecutivo
Carlos Urenda A., Gerente General
Christian Schnettler R., Gerente del Consejo de Competencias Mineras
José Tomás Morel L., Gerente de Estudios
María Cecilia Valdés V., Gerente de Comunicaciones
Sofía Moreno C., Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales
Claudia Díaz R., Jefe de Proyectos

Equipo Innovum Fundación Chile

Hernán Araneda D., Gerente
Diego Richard M., Director Programa Fuerza Laboral Minera
Rafael Pizarro G., Jefe de Proyecto Empresas
Susana Gallardo S., Especialista de Formación
Eduardo Soto S., Consultor Senior
Ignacio Riffo C., Consultor Senior
Álvaro Aguilar H., Consultor de Proyectos
Carolina Gutiérrez M., Consultor de Proyectos

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero:

Este material ha sido realizado por el Centro de Innovación en Capital Humano de Fundación Chile - Innovum, con la colaboración técnica del Centro de Entrenamiento Industrial y Minero - CEIM, para el Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero - del cual pasa a ser propiedad -.

Este material está disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el sólo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

*Inscripción de propiedad intelectual nro.: 252.536.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS
QUEDA AUTORIZADA SU REPRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN CITANDO LA FUENTE.

© Anglo American Norte S.A., Anglo American Sur S.A., Anglo American Chile Ltda.; Antofagasta Minerals S.A.; BHP Chile Inc.; Compañía Minera Barrick Chile Ltda.; Compañía Minera Cerro Colorado Ltda., Minera Escondida Ltda., Minera Spence S.A.; Compañía Minera Zaldívar Ltda.; Corporación Nacional del Cobre de Chile; Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi SCM; Compañía Contractual Minera Candelaria, Sociedad Contractual Minera El Abra; Freeport-McMoran South America Inc.; Glencore Chile S.A.; SCM Minera Lumina Cooper Chile; Sierra Gorda SCM; Teck Resources Chile Ltda.; Yamana Chile Servicios Ltda.; 2013.

Índice

Descripción del cuaderno de actividades 5

Actividad N°6.....*6*

- Introducción a Motores Eléctricos CC y CA especialista Movimiento de rotación de un Motor CC. 6

Actividad N°7.....*6*

- Introducción a Motores Eléctricos CC y CA especialista Movimiento de rotación de un Motor AC. 6

Actividad N°8.....*6*

- Introducción a Motores Eléctricos CC y CA especialista Variador de Velocidad de un Motor CC. 6

Actividad N°9.....*6*

- Introducción a Motores Eléctricos CC y CA especialista. Sistema variador de frecuencia. Movimiento de rotación de un Motor CA. 6

Actividad N°10.....*6*

- Instalación y comisionado variador de frecuencia 6

Descripción del cuaderno de actividades

Durante el desarrollo del Módulo 3 del programa **Mantenedor Eléctrico Especialista Equipo Móviles** se proponen un conjunto sistemático de actividades reflexivas, formativas y prácticas, basadas en competencias, que el participante deberá resolver.

El cuaderno de actividades es el documento que se utilizará para ir realizando estos ejercicios y actividades y tiene como finalidad apoyar el proceso de aprendizaje. Permitirá además, preparar al participante para la evaluación final, ya que contribuirá a reafirmar sus avances y solucionar las dificultades que puedan surgir a lo largo del programa.

El cuaderno constituye también un valioso registro del trabajo y la puesta en práctica realizada por el participante y para esto, cuenta con un espacio al final de cada actividad, para que el instructor consigne esto a través de su firma y alguna observación.

Una vez completado el cuaderno, pasa a constituirse en un **portafolio de evidencias**, que permitirá al participante evidenciar los logros alcanzados a lo largo del programa y demostrar lo que ha sido capaz de realizar.

Actividad N°6

- **Introducción a Motores Eléctricos CC y CA especialista Movimiento de rotación de un Motor CC.**

Descripción de la Actividad

La siguiente actividad consiste en que realice experiencias con la rotación en un Motor de CC de 12 volts. Se identificará la armadura y los campos del motor. Se les conectará en diferentes configuraciones y diferentes voltajes y se anotarán los resultados.

El instructor podrá realizar esta actividad en grupos o en pares, se solicitará la recolección de datos de la actividad a realizar, el instructor conectará el motor en configuración serie y paralelo, invertirá la alimentación al motor primero sin cambiar las conexiones y luego cambiando la alimentación solamente al campo del motor. Posteriormente se conectará con una fuente de poder a la armadura y con otra al campo, variando la tensión solamente a la armadura y se anotarán los resultados.

Desarrollo de la Actividad

Se realizara la rotación en un Motor de CC de 12 volts. Donde se identificará la armadura y los campos del motor. Se les conectará en diferentes configuraciones y diferentes voltajes y se anotarán los resultados.

Seguridad

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco
    - Lente de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de faena
    - Chaleco reflectante
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado

Actividad

El instructor guiará la conexión de un motor de CC en configuración serie de acuerdo a un gráfico dibujado en la pizarra, se conectará a una fuente de tensión y se irá aumentando el voltaje de 0 a 12 volts y luego se disminuirá a 0 nuevamente.

El instructor pedirá a los asistentes conexionar el motor en forma independiente, según gráfico dibujado en la pizarra, el campo con una fuente de voltaje y la armadura con la otra fuente, se alimentará el campo del motor con 12 volts fijos y la armadura se irá incrementando de 0 a 12 volts y nuevamente a 0 volts, se invertirá la alimentación a la armadura y se repetirá la experiencia, se registrará los cambios de velocidad y sentido de giro. A través de esta experiencia debe formular una teoría acerca de la conexión de la armadura.

Cierre

Al finalizar la actividad, los participantes deben compartir sus teorías frente a la clase, dando sus fundamentos y debatiendo acerca de la experiencia.

Notas:

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

Actividad N°7

- **Introducción a Motores Eléctricos CC y CA especialista Movimiento de rotación de un Motor AC.**

Descripción de la Actividad

La siguiente actividad está diseñada para que el participante realice experiencias con la rotación en un Motor de CA de 220 volts monofásico. Se identificarán el rotor y el estator, se hará énfasis en la no necesidad de escobillas y la razón del porqué.

Desarrollo

Esta actividad se puede realizar en grupos o en pares. Los participantes que observen y cumplan con todas las medidas de seguridad para la tarea.

Deben realizar la recolección de datos de la actividad, para conectar el motor de acuerdo a un gráfico dibujado en la pizarra.

Al conexionar el motor de CA de acuerdo al gráfico dibujado en la pizarra, se conectará a una fuente de tensión de 220 Volts y se disminuirá hasta 110 volts, deben anotar los datos para así formular una teoría del porqué el cambio de giro del motor.

Seguridad

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco
    - Lente de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de faena
    - Chaleco reflectante
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado

Cierre

Al finalizar la actividad, los participantes deben compartir sus teorías frente a la clase, dando sus fundamentos y debatiendo acerca de la experiencia.

Notas:

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

Actividad N°8

- Introducción a Motores Eléctricos CC y CA especialista Variador de Velocidad de un Motor CC.

Introducción a la actividad

La actividad consiste en el control de velocidad y dirección de giro en motores de CC con driver dedicados para este propósito. Se podrá realizar esta actividad en grupos o en pares, deben cumplir con todas las medidas de seguridad para la tarea. Como también la recolección de datos de la actividad a realizar, el instructor conectará el motor al driver de modo de efectuar la correcta configuración de motor/driver y controlar así sus movimientos mediante botoneras o joysticks.

Desarrollo de la Actividad

Los participantes deben conexionar un motor de CC en configuración necesaria para polarizarlo correctamente, demostrará a los participantes cómo se puede controlar un motor con un control electrónico de potencia, modificando velocidad y sentido de giro de acuerdo a las exigencias de un operador.

Seguridad.

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco
    - Lente de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de faena
    - Chaleco reflectante
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado

Cierre

Al finalizar la actividad, los participantes deben compartir sus teorías frente a la clase, dando sus fundamentos y debatiendo acerca de la experiencia.

Notas:

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

Actividad N°9

- Introducción a Motores Eléctricos CC y CA especialista. Sistema variador de frecuencia. Movimiento de rotación de un Motor CA.

Introducción a la actividad

La siguiente actividad consiste en la realización de experiencias con el control de velocidades y sentido de rotación de un Motor de CA de 380 volts.

Desarrollo de la Actividad

Deberá conexionar un motor de CA en configuración estrella y se conectará de acuerdo a un diagrama dibujado en pizarra y se conectará al sistema variador de frecuencia. Se efectuarán diversas partidas y paradas al motor y se efectuará la inversión de giro, se podrá notar si existe pérdida de torque o no al controlar el motor de esta manera. Se anotarán y discutirán las observaciones.

Seguridad

En todas las actividades de taller es necesario recordar los siguientes aspectos de seguridad:

- Uso obligatorio de implementos personales de seguridad dentro de taller
    - Casco
    - Lente de seguridad
    - Zapatos de seguridad
    - Guantes de faena
    - Chaleco reflectante
    - Protector auditivo. Si aplica
- Identificar riesgos asociados a la trabajo a realizar.
- Consultar al instructor a cargo respecto a cualquier duda
- Al finalizar el taller dejar todo limpio y ordenado.
- Trabajar en ambiente ventilado

Cierre

Comente los resultados de la actividad con su grupo y haga las observaciones y consultas necesarias al Instructor para desarrollar las siguientes actividades.

Notas:

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

Actividad N°10

- **Instalación y comisionado variador de frecuencia**

Introducción a la actividad

La actividad consiste en tener conocimiento de aquellas nociones para realizar la "puesta en marcha de un VDF - modo discreto "y se divide en instalación, programación (comisionado) y pruebas finales, común a las dos secciones.

Desarrollo de la Actividad

Utilizando un VDF y un motor trifásico adecuado, debe conectar el equipamiento de acuerdo a las recomendaciones del fabricante y datos de placa del motor. Trabaje bajo el concepto de configurar la aplicación industrial "**moto bomba centrifuga"** y el mando debe ser en modo LOCAL-REMOTO. Solo se utilizara control discreto, para el mando "LOCAL" y este será el panel BOP para mando ON/OFF y la consigna de velocidad. En modo "REMOTO" se utilizaran botoneras estándar para el mando ON/OFF y botonera estándar para la consigna de velocidad. En todo momento el participante deberá respetar las condiciones de seguridad eléctricas y criterios de seguridad para el control digital.

La actividad se realizara en grupos de acuerdo a la disponibilidad de equipamiento. Deben tomar conocimiento de los requerimientos la filosofía de control requerida con el variador, este debe activar dos mandos separados "MODO LOCAL y REMOTO".

Utilizar mando LOCAL por Panel frontal (BOP) del VDF: ON/OFF, SUBIR BAJAR VELOCIDAD por medio de botones del potenciómetro motorizado del panel frontal BOP y se debe inhibir inversión de marcha.

Utilizar en modo REMOTO un sistema de botonera estándar, partir (verde) parar (rojo) a demás utilizar una parada de emergencia "**botón Zeta rojo**", es requisito que la parada de emergencia funcione en los dos modos LOCAL y REMOTO.

De igual modo las luces pilotos deben trabajar en los dos modos LOCAL y REMOTO

- Partir con rampa de aceleración de 10 seg.
- Para con desaceleración de 10 seg. (OFF1)
- Parada de Emergencia con rampa rápida de 5 seg. (OFF3)
- Botón amarillo DIN4 para incrementar velocidad
- Botón amarillo DIN5 para decremento velocidad
- Utilizar un interruptor DIN6 para realizar cambio Local/Remoto
- Utilizar piloto Verde para indicar motor corriendo

- Utilizar piloto rojo para indicar motor detenido
- Utilizar Piloto para indicar comando en modo remoto
- Utilizar piloto un piloto amarillo para indicar defecto del VDF

Conceptos básicos:
Asistido por el instructor identifiquen los datos fundamentales del motor de inducción

a) Datos Relevantes de motor que deben ser anotados:

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Voltaje Y/D		Hz	
Corriente Y/D		Autoventilado	
Potencia		Factor de servicio	
RPM			
Factor Potencia			
N° de Polos			
Factor Servicio			

Ejecute los siguientes pasos:

a) Realice inspección de los bornes del motor y determine la conexión apropiada.
b) Revise los requerimientos eléctricos necesarios para la instalación.
c) Verifique los puntos de conexiones de tierra del motor y VDF.
d) Determine la potencia requerida por VDF para satisfacer la aplicación.
e) Determine si la aplicación es de torque constante “CT” o torque variable “VT”.
f) Recomiende un tipo de control para la motobomba “Escalar – Vectorial”, verifique con el manual del variador.

Conectar VDF y MOTOR.

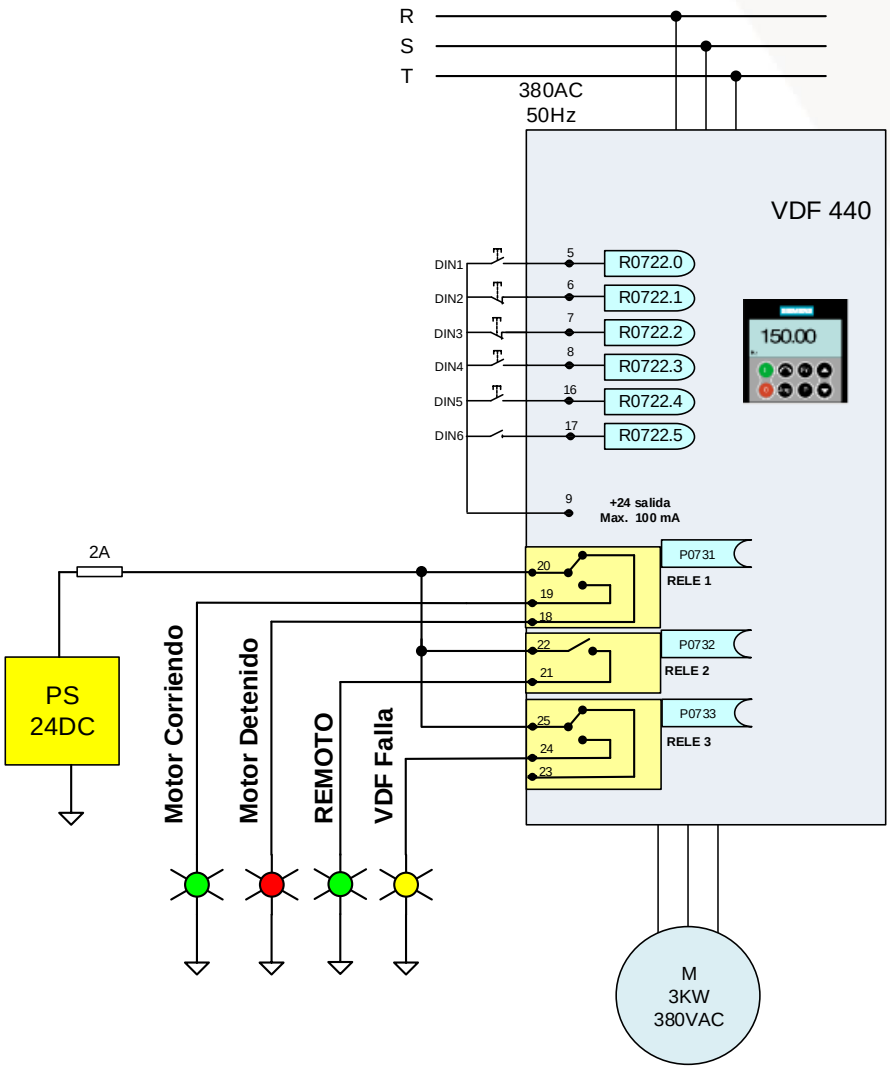
Los participantes guiados por el instructor de manera individual o en grupos de alumnos, conectaran el VDF como se muestra en la figura siguiente, para luego comisionar parámetros y configurar el control discreto del VDF. Utilizar manual (Referencia SIEMENS MICROMASTRER 440).

Observaciones:

- Alimentación trifásica RST, protegida por automático 10 [Amp] y diferencial de 30 [mA], todo el conexionado se debe realizar bajo normativa IP20 (Esferas de 12,5 mm de diámetro no deben llegar a los puntos energizados).
- Fuente de 24VDC protegida por fusible de 2 [Amp].
- Todos los accesorios botoneras y pilotos son para 24VDC

Importante:

Conectar el equipo solo con la aprobación del instructor



Conexiones Entradas:	Conexión de Salidas
DIN1 Botón Verde (NA)	RELE 1 (DOUT1)
DIN2 Botón Rojo (NC)	Piloto Verde (Corriendo)
DIN3 Botón Rojo Zeta con retención (NC)	Piloto Rojo (Detenido)
DIN4 Botón Amarillo (NA)	RELE 2 (DOUT2)
DIN5 Botón Amarillo (NA)	Piloto Verde (REMOTO)
DIN6 Interruptor (NA)	RELE 3 (DOUT3)
	VDF con Falla

Programación del vdf (comisionado)

Puesta En Servicio Rápida (Comisionado) Con BOP (Panel Básico)

- Energice el variador de acuerdo al conexionado anterior (Solo con la autorización del instructor ejecutar este paso)

Reset a los ajustes de fábrica

Como no se sabe que programación tiene el VDF, es recomendable ejecutar un Reset a los ajustes de fábrica. Para reponer todos los parámetros a los ajustes de fábrica, se deben ajustar los siguientes parámetros como se indica:
Ajuste el P0010 = 30
Ajuste el P0970 = 1 y valide

Nota: El proceso de Reset tarda aproximadamente 10 segundos en completarse.

Para la puesta en servicio rápida (P0010 = 1) se requieren documentar los parámetros siguientes.

NUMERO	NOMBRE	NIVEL de ACCESO	EstC
P0100	Europa / Norte América	1	C
P0205	Aplicación del convertidor	3	C
P0300	Selección del tipo de motor	2	C
P0304	Tensión nominal del motor	1	C
P0305	Corriente nominal del motor	1	C
P0307	Potencia nominal del motor	1	C
P0308	CosPhi nominal del motor	1	C
P0309	Rendimiento nominal del motor	1	C
P0310	Frecuencia nominal del motor	1	C
P0311	Velocidad nominal del motor	1	C
P0320	Corriente de magnetización del motor	3	CT
P0335	Ventilación del motor	2	CT
P0640	Factor de sobrecarga del motor [%]	2	CUT
P0700	Selección de la fuente de órdenes	1	CT
P1000	Selección de la consigna de frecuencia	1	CT
P1080	Velocidad Mín.	1	CUT
P1082	Velocidad Máx.	1	CT
P1120	Tiempo de aceleración	1	CUT
P1121	Tiempo de deceleración	1	CUT
P1135	Tiempo de deceleración OFF3	2	CUT
P1300	Modo de control	2	CT
P1500	Selección consigna de par	2	CT
P1910	Cálculo de los parámetros del motor	2	CT
P1960	Selec. optimiz. control velocid.	3	CT
P3900	Fin de la puesta en servicio	1	C

Consultar manual del variador SIEMENS MM440 para los detalles de cada comando.

Para seleccionar los parámetros a los que se accede. Este parámetro también permite la selección de una lista de parámetros definida por el usuario para la puesta en servicio. Al final de la secuencia de puesta en servicio, ajuste el P3900 = 1 para llevar a cabo los cálculos del motor y borrar todos los demás parámetros (no incluidos en el P0010 = 1) a sus valores por defecto.

NOTA: Se requiere dar una partida para sintonizar el motor con el variador (El movimiento del motor debe ser mínimo para una correcta sintonía).

Una vez parametrizado el variador y el motor implementar la lógica de funcionamiento

Lógica de Funcionamiento

Para programar la botonera de **"Partida/Parada"** utilizaremos bloques libres y se programa el siguiente circuito lógico. (Se requiere programación BICO)

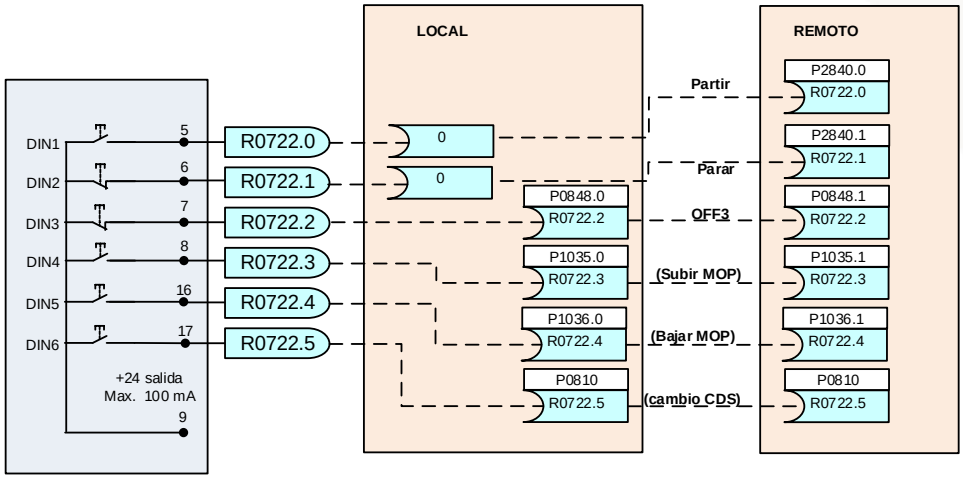
- **Primer paso** - Desconectar las entradas digitales (DIN1 y DIN2) del programa por defecto:
  P0701 = 0,99 (libera entrada digital 0 para index1);
  P0702 = 0,99 (Libera entrada digital 1 para index1);
  Asigne parada de emergencia (Botón Zeta NC)
  P0703 = 4,4 (OFF3 – Parada de Emergencia índex 0&1);
  Programe el MOP
  P0704 = 13,13 (MOP subida para índex 0&1);
  P0705 = 14,14 (MOP Bajada para índex 0&1);
  Libere la entrada digital 6
  P0706 = 99,99 (Libera entrada digital 5 para índex 0&1);

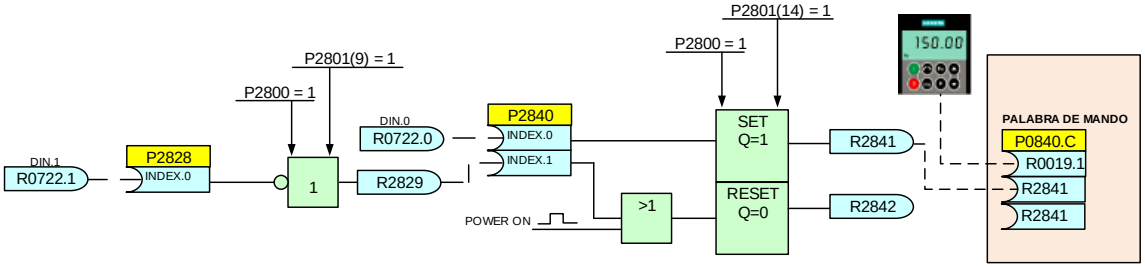
- **Segundo paso** - Activar los bloques libres:
  P2800 =1 (NOT (1))
  P2801 (9) = 1 (FF-SR (1))
  P2801 (14) = 1

- **Tercer paso** - Cablear los bloques :
  P2828 =R0722.1
  P2840 (0) = R0722.0
  P2840 (1) = R2829
  P0840[0] = R0019.1
  P0840[1] = R2841
  P0840[2]= R2841

P0810 = R0722.5 (asignar entrada digital 6 al comando 810 CDS Local/Remoto (Selección fuente de ordenes). Consulte parámetro R0050 –Juego CDS activo.

El esquema final debe quedar como se indica a continuación:





Conecte las salidas digitales como se indica en el siguiente diagrama lógico, recuerde cablear los **index0**, **index1** e **index2.**

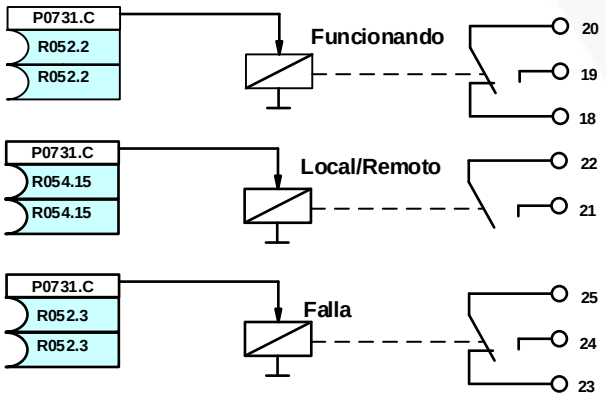
Conecte la fuente de consigna:

P1070 [0] = R1050 (P1000 = 1 mando local)

P1070 [1] = R1050 (P1000 = 1 Mando terreno discreto)

P1070 [2] = R0755.0 (P1000 = 2 Mando terreno 0-20 mA)

- Consulte los parámetros en el manual del VDF, identifique la "**PALABRA DE MANDO**" y la "**PALABRA DE ESTADO**"



Nota: Parámetros CDS (P0810 y P0811) juego de datos de órdenes.

Parámetros CDS (P0820 y P0821) juego de datos de convertidor.

Comprobación de la operación del equipo

a) Compruebe los botones de mandos.
b) Comprueba la operación LOCAL/REMOTO.
c) Compruebe paradas de emergencia en modo LOCAL & REMOTO
d) Verifique las corrientes en el motor para distintas frecuencias.
e) Verifique los voltajes en el motor para distintas frecuencias.
f) Verifique las RPM del motor según variador.

<u>Requisitos adicionales del requerimiento:</u>

Programación analógica:

En modo remoto, se requiere cambiar la consigna de velocidad a una señal de:

4 a 20 [mA].

4 mA = debe asignar un 50% de la velocidad

20mA = debe asignar un 100% de la velocidad

El arranque (PowerON) debe alcanzar la velocidad la velocidad dentro de los 10 seg.

<u>Desarrollo:</u>

Como todas las entradas digitales están ocupadas, utilizaremos la entrada análoga 2 (dos) como entrada digital para configurar tres fuentes de órdenes distintas

1 Modo local -> Mando por BOP

2 Modo Remoto1 -> Mando discreto y consigna por MOP

3 Mando Remoto2 -> Discreto y Consigna por señal de 4-20mA

Nota: Estudie plano funcional de las entradas análogas.

Conecte: señal discreta de 24V al terminal 10; Terminal 11 conectar con común terminal 28 (0 Volt)

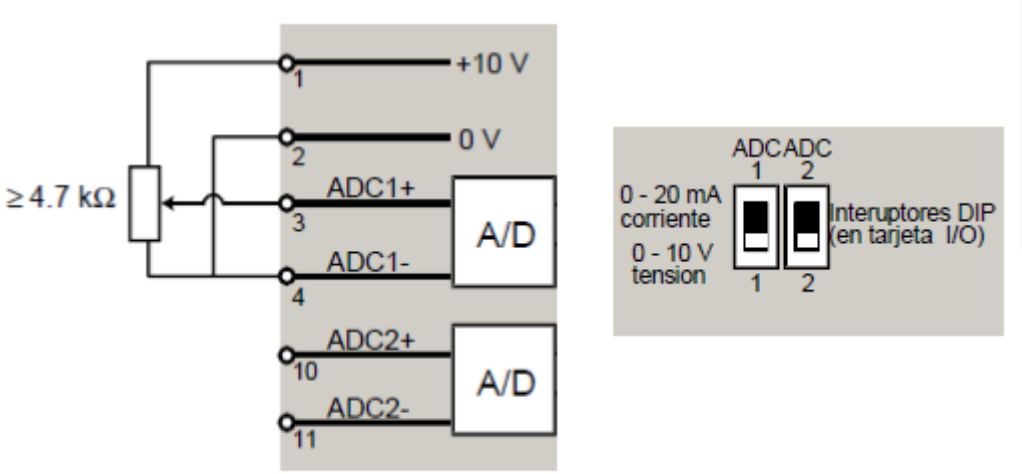


Figura: Bornera analógica

Para utilizar señal de 0-20mA conecte los interruptores como se indica:

ADC1 en ON -> 4 a 20 [mA]

ADC2 en OFF -> 0-10[Volt]

y asigne el parámetro

756[0] en “2” señal entrada de 0-20 mA

756[1] en “0” señal entrada tensión unipolar 0-10V

Asigne el parámetro P0811 a la señal digital R0722.8 (asignación de la fuente de ordenes CDS)

Conecte la señal del lazo de corriente en serie con la entrada análoga ADC1 (+ borne 3 y – borne4)

Segunda Comprobación de la operación del equipo

a) Compruebe los botones de mandos.
b) Comprueba la operación LOCAL/REMOTO.
c) Compruebe paradas de emergencia en modo LOCAL & REMOTO
d) Verifique las corrientes en el motor para distintas frecuencias.
e) Verifique los voltajes en el motor para distintas frecuencias.
f) Verifique las RPM del motor según variador.

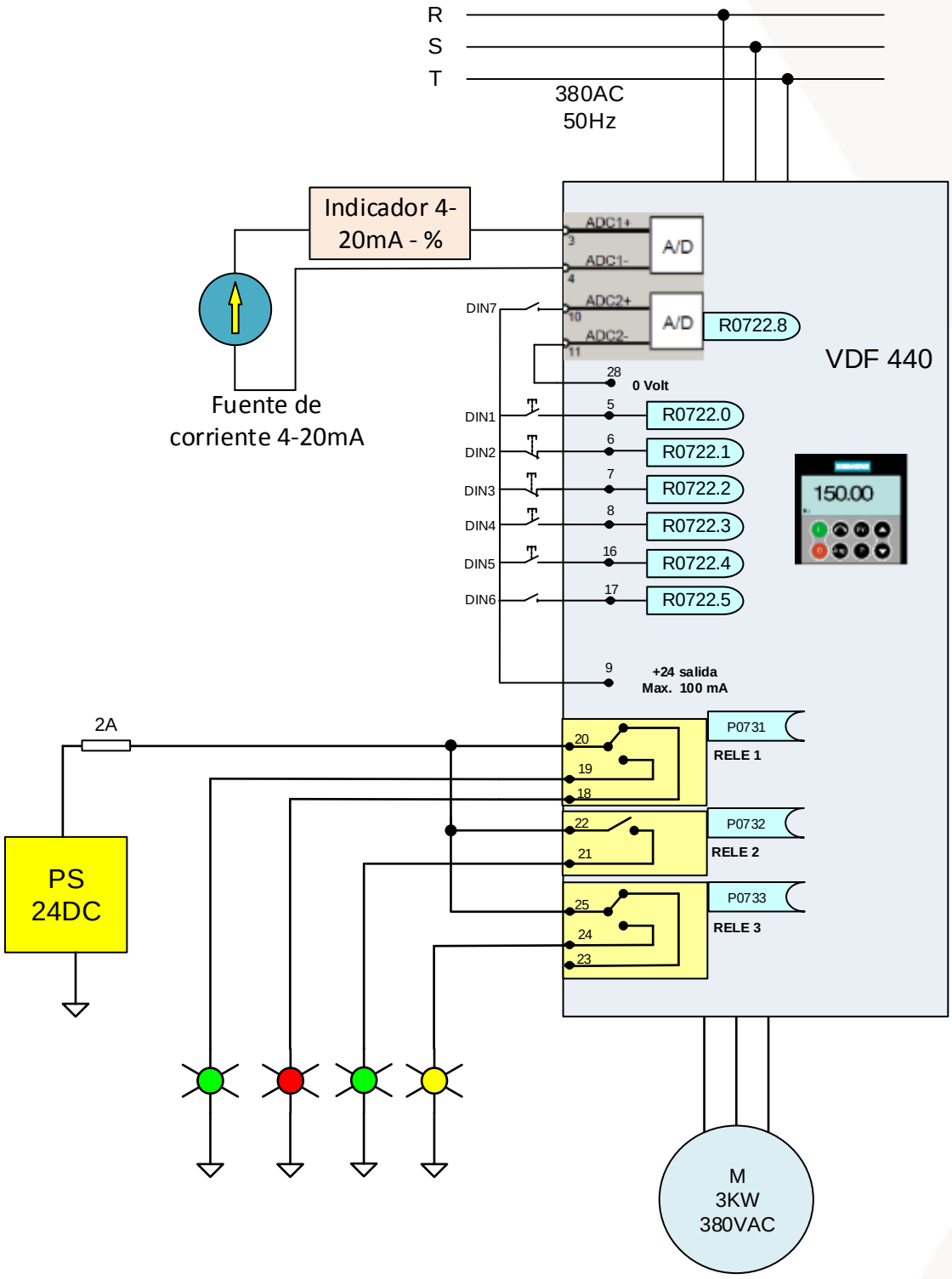


Figura: Conexionado Final de fuerza y control VDF MM440 - SIEMENS

Notas:

Nombre del Instructor	Fecha de la actividad	Firma
Observaciones		

Consejo Minero
Dirección: Apoquindo 3500, Piso 7, Las Condes, Santiago.
Teléfono: (562) 2347 2200
www.ccm.cl

AngloAmerican

ANTOFAGASTA MINERALS

BARRICK

bhpbilliton
resourcing the future

CODELCO
Orgullo de Todos

COLLAHUASI

FREEPORT-MCMORAN COPPER & GOLD

GLENCORE

KGHM
POLSKA MIEDŹ S.A.

LUMINA
COPPER CHILE

Teck

YAMANAGOLD