

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL TITULADO:**

**Sistema Automatizado de Bombeo de Relaves de Arenas Cicloneados con  
Red Foundation Fieldbus y Profibus Utilizadas para el Crecimiento y  
Construcción del Muro de una Presa de Relaves en Cerro Verde**

**Presentado por el Bachiller:  
ANGEL MANUEL RAMOS RAMOS**

**Para optar el Título Profesional de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**AREQUIPA PERÚ**

**2020**

## **PRESENTACIÓN**

Dando cumplimiento a lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos de nuestra Universidad, presento a vuestro alturado criterio el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado: **Sistema Automatizado de Bombeo de Relaves de Arenas Cicloneados con Red Foundation Fieldbus y Profibus Utilizadas para el Crecimiento y Construcción del Muro de una Presa de Relaves en Cerro Verde**

El trabajo cumple con los requisitos estipulados en nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica; por lo que espero vuestra fina atención para lograr obtener el Título de Ingeniero.

**ANGEL MANUEL RAMOS RAMOS**

## RESUMEN

Una parte importante en el proceso de la producción del cobre es la utilización del agua, para esto Sociedad Minera Cerro Verde reutiliza el agua de los diferentes procesos existentes canalizándolos a nidos de ciclones que se encargan de separar la pulpa en partículas finas (overflow) que se almacena en la presa para su reutilización y partículas gruesas (underflow) que sirve para la construcción de la represa, el traslado de partículas gruesas (underflow) hacia la presa se realizaba de manera gravimétrica, pero debido a la expansión de la unidad de producción de Sociedad Minera Cerro Verde se elevó la producción de minerales y aumento la capacidad de los relaves de manera que el sistema existente no abastece tal producción del cual se planteó y se implementó un sistema de bombeo de relaves que será controlado y monitoreado por una tarjeta remota de entradas-salidas digitales y analógicas, Profibus y FOUNDATION Fieldbus por un DCS Delta V serie S.

**PALABRAS CLAVE:** Bomba de arena, agua de sello, instrumentación, variador de velocidad, relaves, válvula Hidráulica, válvula neumática, Unidad Hidráulica, Delta V, CHARMS.

## INDICE

1.	CURRICULUM VITAE .....	12
2.	MARCO TEÓRICO .....	16
2.1	Proceso de relaves - Sociedad Minera Cerro Verde .....	16
2.2	EL CICLON (Hidrociclón).....	17
2.3	NIDO O BATERIA DE CICLONES KREBS (C2-3820-CS-004).....	19
2.4	CAJA DE DISTRIBUCION DE ARENA (C2-3830-BX-015).....	23
2.5	BOMBA DE RELAVES O BOMBA DE ARENA (C2-3830-PP-2881).....	24
2.6	SISTEMA DE AGUA DE SELLO .....	27
2.7	UNIDAD HIDRAULICA (C2-3830-HY-2800) .....	29
2.7.1	Características de la Unidad Hidráulica:.....	30
2.7.2	Salidas digitales de la Unidad Hidráulica.....	30
2.7.3	Entradas digitales de la Unidad Hidráulica .....	31
2.7.4	Válvula 3830-XV-00507 .....	31
2.7.5	Válvula 3830-XV-00511 .....	33
2.7.6	Válvula 3830-XV-00526 .....	34
2.7.7	Válvula 3830-XV-00504 .....	36
2.7.8	Funcionamiento de la Unidad Hidráulica .....	37
3.	DELTA V Serie S.....	38
3.1	Fuente de alimentación de CC a CC serie S DeltaV .....	40
3.2	Controlador SX de la serie S DeltaV.....	43
3.3	Tarjeta de interfaz Profibus DP serie S DeltaV .....	46
3.3.1	Relé de sobrecarga C441CA Profibus Eaton .....	50
3.3.2	Adaptador Profibus C441S EATON.....	54
3.3.3	Variador de Velocidad POWERFLEX 753 .....	62
3.3.4	Adaptador 20-750 PBUS .....	65
3.3.5	Reactor de eléctrico 1321-3R35-B .....	69
3.3.6	Variador de velocidad POWERFLEX 7000 (3830-PP-2881-AF).....	76
3.3.7	Adaptador 20-COMM-P.....	79
3.3.8	Conexión de red Profibus DP .....	85
3.4	E / S FOUNDATION Fieldbus de la serie S Delta V.....	88

3.4.1	Conexión de una red FOUNDATION Fieldbus .....	93
3.4.2	Los Megablock .....	94
3.4.3	Transmisor Indicador de Flujo (3860-FIT-00518) .....	98
3.4.4	Transmisor Indicador de Flujo (3860-FIT-00639) .....	100
3.4.5	Transmisor Indicador de Presión (3830-PIT-00506) .....	102
3.4.6	Transmisor Indicador de Presión (3860-PIT-00519) .....	103
3.4.7	Transmisor Indicador de Presión diferencial (3860-PDIT-00641) ....	105
3.4.8	Válvula Modulante (3860-LV-00610) .....	107
3.5	Tarjeta Marshalling Electronic serie S (CIOC) .....	109
3.5.1	Tablero Remoto I/O (3830-IO-001).....	118
3.5.1.1	CHARM DO ISO 24V .....	122
3.5.1.2	CHARM DI DRY .....	125
3.5.1.3	CHARM AI 4-20 HART .....	128
3.5.1.4	Válvula de cuchilla de 6 pulgadas .....	130
3.5.1.5	PT100 (3830-TE-00537A-E).....	132
3.5.1.6	Transmisor de vibración (3830-VT-00531A-D) .....	134
3.5.1.7	Transmisor de nivel (3860-LIT-00610) .....	136
3.5.2	Tablero Remoto I/O (3830-IO-002).....	140
3.5.2.1	CHARM DO ISO 24V .....	141
3.5.2.2	CHARM DI DRY .....	143
3.5.2.3	Válvula hidráulica Clarkson KGA.....	145
3.6	FILOSOFÍA DE CONTROL .....	147
3.6.1	Modos de Operación .....	147
3.6.2	Estrategia de Control.....	147
3.6.3	Control de Motores .....	149
3.7	DESCRIPCIÓN FUNCIONAL .....	150
3.7.1	Escenarios de Operación .....	150
3.7.2	Operación Bomba de Relaves (3830-PP-2881).....	153
3.7.3	Arranque y Parada de Bomba (3830-PP-2881) .....	154
3.7.4	Operación Bomba de Agua de Sello (3830-PW-2881) .....	156
3.7.5	Arranque y Parada de Bomba de agua de sello (3830-PW-2881) ...	157

3.7.6	Operación Bomba de Agua de Sello (3830-PW-2882) .....	158
3.7.7	Arranque y Parada de Bomba de agua de sello (3830-PW-2882) ...	159
3.7.8	Suministro de Agua de sello a Tanque (3860-TK-080) .....	160
3.7.9	Secuencia de Arranque .....	161
3.7.10	Secuencia de Parada (Programada) .....	161
3.8	SEÑALES Y ALARMAS.....	162
3.8.1	Señales .....	162
3.8.2	Alarmas.....	164
3.9	CONCLUSIONES.....	166
3.10	Bibliografía .....	167

## INDICE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Entrada y salida de un Hidrociclón .....	17
<b>Figura 2:</b> Partes de un Hidrociclón.....	18
<b>Figura 3:</b> función de un Hidrociclón.....	19
<b>Figura 4:</b> Nido o Batería de Ciclones .....	19
<b>Figura 5:</b> Partes de una Batería de Ciclones.....	20
<b>Figura 6:</b> Válvula de Cuchilla en un Ciclón .....	21
<b>Figura 7:</b> Distribuidor en un Nido de Ciclones .....	21
<b>Figura 8:</b> Descarga de Overflow en el Nido de Ciclones.....	22
<b>Figura 9:</b> Descarga del Underflow en el Nido de Ciclones.....	22
<b>Figura 10:</b> Nido de Ciclones SMCV-Linga .....	23
<b>Figura 11:</b> Bomba de Arena SMCV-Linga .....	24
<b>Figura 12:</b> Estación de Relaves SMCV-Linga .....	26
<b>Figura 13:</b> Sistema de Agua de Sello SMCV-Linga.....	29
<b>Figura 14:</b> Unidad Hidráulica.....	29
<b>Figura 15:</b> Ubicación de Válvula 38-XV-00507.....	32
<b>Figura 16:</b> Ubicación de Válvula 3830-XV-00511.....	34
<b>Figura 17:</b> Ubicación de Válvula 3830-XV-00526.....	35
<b>Figura 18:</b> Ubicación de Válvula 3830-XV-00504.....	37
<b>Figura 19:</b> Fuente de alimentación CC/CC de la serie S DeltaV .....	42
<b>Figura 20:</b> Controlador SX serie S Delta V .....	45
<b>Figura 21:</b> Topología Maestro-Esclavo Profibus DP .....	49
<b>Figura 22:</b> Esquema de conexionado Red Profibus .....	49
<b>Figura 23:</b> Conexionado de Red Profibus.....	50
<b>Figura 24:</b> Diagrama de conexión de Relé de Sobrecarga C441CA Eaton.....	52
<b>Figura 25:</b> Relé de sobrecarga C441CA Eaton .....	52
<b>Figura 26:</b> Panel de Protección de Relé de sobrecarga C441CA Eaton .....	53
<b>Figura 27:</b> Panel de Operación de Relé de sobrecarga C441CA Eaton.....	53
<b>Figura 28:</b> Panel de Monitor de Relé de sobrecarga C441CA Eaton .....	53
<b>Figura 29:</b> Adaptador Profibus C441Q.....	54
<b>Figura 30:</b> Relé de sobrecarga y adaptador de Profibus.....	55
<b>Figura 31:</b> Conexión Profibus DB9.....	56
<b>Figura 32:</b> Conexionado de C441 a Ventilador del motor de la Bomba de arena .....	56
<b>Figura 33:</b> Conexionado de C441 Profibus en el MCC .....	57
<b>Figura 34:</b> Conexionado de Campo a Sala Eléctrica de ventilador de Bomba de Arena ..	58
<b>Figura 35:</b> Conexionado de C441 a Ventilador de caja reductora de la Bomba de arena	59
<b>Figura 36:</b> Conexionado de C441 Profibus en el MCC .....	60
<b>Figura 37:</b> Conexionado de Ventilador de Caja Reductora de la Bomba de Arena .....	61
<b>Figura 38:</b> Variador de Velocidad Powerflex 573 .....	62

<b>Figura 39:</b> compatibilidad de puertos del módulo 20-750 PBUS .....	64
<b>Figura 40:</b> Montaje de módulo 20-750 DBUS a Powerflex 753.....	64
<b>Figura 41:</b> Modulo 20-750 DBUS.....	65
<b>Figura 42:</b> Elementos del módulo 20-750 PBUS.....	66
<b>Figura 43:</b> Indicadores de estado del módulo 20-750 PBUS .....	67
<b>Figura 44:</b> Alineamiento y dirección del módulo 20-750-PBUS .....	68
<b>Figura 45:</b> selección Profibus – Profidrive del módulo 20-750 PBUS.....	68
<b>Figura 46:</b> Conector de Red Profibus del módulo 20-750 PBUS.....	69
<b>Figura 47:</b> Descripción de pines de conector DB9 para el 20-750 PBUS.....	69
<b>Figura 48:</b> Reactor de carga a la salida del Variador .....	70
<b>Figura 49:</b> Conexionado de variador de velocidad (PW-2881-AF) en el MC-472 .....	71
<b>Figura 50:</b> Diagrama esquemático de fuerza Bomba de agua sello PW-2881 .....	72
<b>Figura 51:</b> Diagrama esquemático de control Variador de Velocidad PW-2881-AF.....	72
<b>Figura 52:</b> Conexionado de variador de velocidad (PW-2882-AF) en el MC-472 .....	73
<b>Figura 53:</b> Diagrama esquemático de fuerza Bomba de agua sello PW-2882.....	74
<b>Figura 54:</b> Diagrama esquemático de control Variador de Velocidad PW-2882-AF.....	74
<b>Figura 55:</b> Esquema General de conexionado de bomba de agua de sello .....	75
<b>Figura 56:</b> Variador de Velocidad PowerFlex 7000 .....	78
<b>Figura 57:</b> Adaptador 20-COMM-P .....	79
<b>Figura 58:</b> Componentes del Adaptador 20-COMM-P .....	79
<b>Figura 59:</b> Indicadores de Estado del Adaptador 20-COMM-P.....	80
<b>Figura 60:</b> Dirección de nodo del Adaptador 20-COMM-P.....	81
<b>Figura 61:</b> Conector DB9 hembra .....	81
<b>Figura 62:</b> Diagrama Unifilar 3830-MC-471 .....	83
<b>Figura 63:</b> Diagrama esquemático de fuerza del Powerflex7000 .....	83
<b>Figura 64:</b> Conexionado de calefactor del Motor de la Bomba de arena.....	84
<b>Figura 65:</b> Diagrama esquemático de control del PowerFlex7000 .....	85
<b>Figura 66:</b> Conector DB9 PGFC Profibus DP.....	87
<b>Figura 67:</b> Conexión Interna de conector DB9 PGFC Profibus DP.....	87
<b>Figura 68:</b> Dimensiones de conexionado de cable a conector PGFC Profibus DP.....	88
<b>Figura 69:</b> Modulo H1 FOUNDATION Fieldbus Serie S Delta V.....	90
<b>Figura 70:</b> Bloques de terminales H1 serie S Delta V .....	92
<b>Figura 71:</b> Diagrama de bloques de la Red FOUNDATION Fieldbus .....	93
<b>Figura 72:</b> Megablock F215.....	95
<b>Figura 73:</b> Conexionado de tierra en Megablock F215 .....	96
<b>Figura 74:</b> Diagrama Esquemático de Conexionado de Megablock MB1 .....	96
<b>Figura 75:</b> Conexionado de Megablock 1 .....	97
<b>Figura 76:</b> Diagrama Esquemático de Conexionado de Megablock MB2 .....	97
<b>Figura 77:</b> Conexionado de Megablock MB-2 .....	98



<b>Figura 78:</b> Elementos de un Transmisor de Flujo.....	99
<b>Figura 79:</b> Bloques de Terminales del Transmisor de Flujo.....	100
<b>Figura 80:</b> Transmisor de Presión serie 2051T con Sello Diafragma Remoto .....	102
<b>Figura 81:</b> Conexionado de Transmisor Presión a Red FOUNDATION Fieldbus .....	103
<b>Figura 82:</b> Transmisor de Presión con Sello Diafragma Yokogawa.....	104
<b>Figura 83:</b> Conexionado de Transmisor Presión Yokogawa a red FOUNDATION Fieldbus .	105
<b>Figura 84:</b> Montaje de Transmisor de Presión Diferencial en Filtros .....	106
<b>Figura 85:</b> Conexionado de Transmisor de Presión Diferencial.....	106
<b>Figura 86:</b> Controlador Válvula Digital DVC6200F .....	108
<b>Figura 87:</b> Actuador Giratorio 2052 y Controlador DVC6200F Fisher .....	108
<b>Figura 88:</b> Bloque de Terminales de Controlador DVC6200F.....	109
<b>Figura 89:</b> Tarjeta I/O CHARM con CHAMRs Delta V .....	112
<b>Figura 90:</b> Componentes del Marshalling Electronic .....	113
<b>Figura 91:</b> Terminal Block y CHARM .....	114
<b>Figura 92:</b> CIOC Delta V Serie S .....	115
<b>Figura 93:</b> Mecanismos de cierre CHARM .....	116
<b>Figura 94:</b> MIPP Belden de tablero 3830-IO-001 .....	119
<b>Figura 95:</b> Switch de Comunicación.....	119
<b>Figura 96:</b> Fuente de Alimentación Redundante para tablero 3830-IO-001 .....	120
<b>Figura 97:</b> Terminal Block Estándar.....	121
<b>Figura 98:</b> Terminal Block de Alimentación Inyectada con Fusible.....	121
<b>Figura 99:</b> Módulos CIOC redundantes y Baseplate .....	121
<b>Figura 100:</b> CHARM ISO 24V .....	122
<b>Figura 101:</b> Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC. ....	123
<b>Figura 102:</b> Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800 .....	123
<b>Figura 103:</b> Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC con bloque de terminales de alimentación inyectada con fusible. ....	124
<b>Figura 104:</b> Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC con bloque de terminales de alimentación inyectada con fusible en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800 .....	124
<b>Figura 105:</b> CHARM DI DRY.....	125
<b>Figura 106:</b> Diagrama simplificado de conexiones y circuitos para DI 24 V CC CHARM contacto seco.....	127
<b>Figura 107:</b> Diagrama simplificado de conexiones y circuitos para DI 24 V CC CHARM contacto seco en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800.....	127
<b>Figura 108:</b> CHARM AI 4-20 HART .....	128

<b>Figura 109:</b> Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para transmisores AI HART CHARM de 4 a 20 mA de dos cables. ....	129
<b>Figura 110:</b> Conexionado de Sensor de Vibración a CHARM AI HART 4-20 .....	129
<b>Figura 111:</b> Conexionado de Sensor de Temperatura y Nivel a CHARM AI HART 4-20	130
<b>Figura 112:</b> Válvula de cuchilla Newcon con su válvula Solenoide MAC .....	131
<b>Figura 113:</b> Señales de Válvula 3840-XV-00505.....	132
<b>Figura 114:</b> PT100.....	133
<b>Figura 115:</b> PT100 con convertidor RTD a 4-20 mA HART .....	133
<b>Figura 116:</b> Conexionado de PT100 en Baseplate 3.....	134
<b>Figura 117:</b> Transmisor de Vibración Wilcoxon PC420VR-05 .....	134
<b>Figura 118:</b> Conexionado de Transmisor de Vibración PC420VR-05.....	135
<b>Figura 119:</b> Transmisor de nivel serie 3105 de Rosemount.....	137
<b>Figura 120:</b> Instalación de Sensor de Nivel serie 3105 Rosemount .....	137
<b>Figura 121:</b> Transmisor Indicador Serie 3490 de Rosemount.....	138
<b>Figura 122:</b> Aplicación Típica Serie 3105 y Serie 3490.....	139
<b>Figura 123:</b> Conexionado de Serie 3105 y Serie 3490.....	139
<b>Figura 124:</b> Conexionado de Transmisor de Nivel 3860-LIT-00610 en Baseplate 3 .....	140
<b>Figura 125:</b> Tablero Remoto I/O 3830-IO-002.....	140
<b>Figura 126:</b> Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800 .....	142
<b>Figura 127:</b> Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC con bloque de terminales de alimentación inyectada con fusible en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800 .....	143
<b>Figura 128:</b> Diagrama simplificado de conexiones y circuitos para DI DRY CHARM contacto seco en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800.....	144
<b>Figura 129:</b> Válvula Clarkson KGA y Sensor Inductivo SPDT .....	146
<b>Figura 130:</b> Conexionado de Válvula 3830-XV-00504 .....	146

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Salidas Digitales de Unidad Hidráulica .....	30
<b>Tabla 2:</b> Entradas Digitales de Unidad Hidráulica .....	31
<b>Tabla 3:</b> Señales de Válvula 3830-XV-00507 .....	32
<b>Tabla 4:</b> Señales de Válvula 3830-XV-00511 .....	33
<b>Tabla 5:</b> Señales de Válvula 3830-XV-00526 .....	35
<b>Tabla 6:</b> Señales de Válvula 3830-XV-00504 .....	36
<b>Tabla 7:</b> Especificaciones de la Fuente de Alimentación CC/CC serie S Delta V .....	41
<b>Tabla 8:</b> Especificaciones de controlador SX serie S Delta V .....	45
<b>Tabla 9:</b> Velocidad de transmisión y longitud de cable de Simplex Profibus DP .....	48
<b>Tabla 10:</b> Especificaciones de la Interfaz Profibus DP .....	48
<b>Tabla 11:</b> Características de Relé de sobrecarga C441CA .....	51
<b>Tabla 12:</b> Especificaciones de Adaptador Profibus C441S .....	54
<b>Tabla 13:</b> Descripción de elementos del módulo 20-750 DBUS .....	67
<b>Tabla 14:</b> Especificaciones de Variador Powerflex 7000 .....	76
<b>Tabla 15:</b> Descripción de componentes de Adaptador 20-COMM-P .....	80
<b>Tabla 16:</b> Indicadores de Estado de Adaptador 20-COMM-P .....	80
<b>Tabla 17:</b> Descripción de pines del conector DB9 .....	81
<b>Tabla 18:</b> características del Módulo H1 de FOUNDATION Fieldbus .....	92
<b>Tabla 19:</b> Características de CIOC serie S Delta V .....	117
<b>Tabla 20:</b> Especificaciones de CHARM DO ISO 24VDC .....	122
<b>Tabla 21:</b> Especificaciones de CHARM DI DRY .....	125
<b>Tabla 22:</b> Especificaciones del CHARM AI 4-20mA HART .....	128
<b>Tabla 23:</b> Previo a descarga por Gravedad .....	151
<b>Tabla 24:</b> descarga por Gravedad .....	151
<b>Tabla 25:</b> Posterior a Descarga por Gravedad .....	152
<b>Tabla 26:</b> Previo a Arranque de Bomba .....	152
<b>Tabla 27:</b> Bomba en Operación .....	153
<b>Tabla 28:</b> Posterior a Parada de Bomba .....	153
<b>Tabla 29:</b> Señales .....	163
<b>Tabla 30:</b> Alarmas .....	165

## 1. CURRICULUM VITAE

### PERFIL PROFESIONAL:

Bachiller de la escuela profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de San Agustín, siguiendo la especialidad de Control y Automatización con 7 años de experiencia en el rubro del diseño y construcción de procesos industriales en gran minería e industria de nuestro país, que se considera una persona responsable, puntual en las diversas actividades realizadas, trabaja en equipo y buena tolerancia al trabajo bajo presión. Lectura e interpretación de planos P&ID, manejo de AutoCAD, estoy en la constante búsqueda de nuevos desafíos para plasmar mis conocimientos y a si mismo enriquecerlos, y ser un profesionalmente altamente competitivo.

### FORMACIÓN:

- **Bachiller en Ingeniería Electrónica**  
(2004-2011)  
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

### ESPECIALIZACIÓN:

- **Sistemas Integrados de Control DCS & SCADA**  
(ABRIL 2015 – ABRIL 2016)  
TECSUP – AREQUIPA

### EXPERIENCIA PROFESIONAL:

- **SELIN SRL (Construcción del sistema Truck Shop SMCV)**  
**Supervisor Electricista e Instrumentista** (03/07/2018 - 20/12/2018)

#### Funciones:

- Elaboración de procedimientos de trabajo de cada actividad a realizar en proyecto Truck Shop.
- Replanteo y red line de planos para la ejecución del proyecto.

- Inspección de materiales y equipos a utilizar en el proyecto.
- Coordinar con personal electricista e instrumentistas las actividades diarias.
- Firma de documentación diaria IPERC, ARO, PETAR
- Supervisión de las actividades eléctricas y de instrumentación.
- Elaboración del balance de materiales
- Coordinación con empresas contratistas para las actividades simultaneas.

➤ **SELIN SRL ( Construcción y puesta en marcha de un Sistema de Bomba de Relaves en SMCV)**

**Supervisor Electricista e Instrumentista (01/03/2018– 30/06/2018)**

**Funciones:**

- Elaboración de procedimientos de trabajo de cada actividad a realizar en proyecto Truck Shop.
- Replanteo y red line de planos para la ejecución del proyecto.
- Inspección de materiales y equipos a utilizar en el proyecto.
- Coordinar con personal electricista e instrumentistas las actividades diarias.
- Firma de documentación diaria IPERC, ARO, PETAR
- Supervisión de las actividades eléctricas y de instrumentación.
- Elaboración del balance de materiales
- Coordinación con SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE para las actividades y permisos diarios.

➤ **IMCO SERVICIOS (Proyecto reubicación de ciclones SMCV)**

**Supervisor Electricista e Instrumentista (01/10/2017 – 20/12/2017)**

**Funciones:**

- Replanteo y red line de planos para la ejecución del proyecto.
- Participar en las reuniones con Sociedad Minera Cerro Verde para la aprobación de planos y actividades diarias.
- Charlas de motivación con personal electricista e instrumentista.

- Coordinar las actividades diarias con personal electricista e instrumentista.
- Supervisión de actividades eléctricas y de instrumentación.
- Oficina técnica
- Pedido de materiales, herramientas y EPPs
- Coordinación con personal VENDOR para el funcionamiento de equipos de instrumentación.

➤ **IMCO SERVICIOS (Obras Tempranas SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION)**

**Operario electricista** (23/08/2016 – 18/04/2017)

**Funciones:**

- Montaje y conexionado de puente grúa konecrane en chancadora
- Responsable en el montaje y conexionado de equipos de instrumentación (electroválvulas, flujómetros, sensores de nivel) en chancadora.
- Apoyo en la elaboración de dossier de calidad
- Construcción del sistema de iluminación en campamentos

➤ **IMCO SERVICIOS (Proyecto HV and LV Fueling Station)**

**Operario Instrumentista** (08/07/2015 – 14/12/2015)

**Funciones:**

- Montaje y conexionado de equipos de instrumentación (sensores de nivel, electroválvulas, estación de grifos, sensores de presión, flujómetros, bombas de agua.
- Montaje de sistema contra incendios.
- Conexionado de tableros eléctricos y de instrumentación.
- Responsable de la red PROFIBUS, HARD, MODBUS.

➤ **SADE**

**Operario Instrumentista** (15/12/2014 – 30/04/2015)

**Funciones:**

- Montaje y conexionado de equipos de instrumentación (sensores de nivel, electroválvulas, estación de grifos, sensores de presión, flujómetros, bombas de agua.
- Conexionado de tableros eléctricos y de instrumentación.
- Responsable de la red PROFI BUS, HARD, MODBUS, FOUNDATION FIELDBUS.

➤ **CFG INVESTMENT SAC**

**Técnico Electrónico** (21/04/2014 – 23/12/2014)

**Funciones:**

- Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de variadores de velocidad, arrancadores electrónicos, salas eléctricas, electroválvulas, flujómetros, sensores de presión, calderas.
- Elaboración de informes del mantenimiento realizado en planta.
- Elaboración de planos para nuevos proyectos en planta.
- Mantenimiento de fajas transportadoras.

➤ **GEDEK SAC**

**Técnico de Proyectos** (01/04/2013 – 27/12/2013)

**Funciones:**

- Montaje y conexionado de electroválvulas, finales de carrera, flujómetros, sensores de presión.
- Armado de tableros de control PLCs y variadores de velocidad.
- Tendido y conexionado de redes industriales (Modbus, Ethernet, Profibus)

➤ **GyL SERVICIOS GENERALES**

**Instrumentista** (23/07/2012 – 05/02/2013)

**Funciones:**

- Diseño de planos para tableros de control
- Montaje y conexionado de tableros de control
- Montaje y conexionado de electroválvulas, flujómetros, densímetros, compresores.
- Conexionado de motores eléctricos de 220V, 380V, 480V trifásico

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Proceso de relaves - Sociedad Minera Cerro Verde**

Los relaves provenientes del underflow del nido de ciclones C2-3820-CS-004 son descargados en el cajón C2-3830-BX-015, para luego ser transportados hacia la presa de relaves por medio de la bomba C2-3830-PP-2881, la cual operará con un Variador de Frecuencia C2-3830-PP-2881-AF de acuerdo al nivel de llenado del cajón C2-3830-BX-015 y las necesidades del sistema. Adicionalmente existe una línea de descarga gravimétrica desde el cajón de relaves hasta la presa.

Las bombas de relaves contarán con un sistema de agua de sello, la cual es suministrada por medio de las bombas C2-3860-PW-2881 / 2882 (operativa / stand-by) desde el tanque C2-3860-TK-080 existente. Un sistema de doble filtrado (C2-3860-FL-2880 / 2881) se encarga de eliminar los sólidos suspendidos en el agua antes que ésta sea descargada en el tanque.

La bomba de relaves (C2-3830-PP-2881), operará de forma continua variando su velocidad ante los cambios producidos en el nivel del cajón C2-3830-BX-015 y así evitar la parada y/o arranque continuo de la misma. El variador de frecuencia de la bomba de relaves, operará a su máxima capacidad cuando el nivel del cajón sea alto y a su mínima capacidad cuando el nivel del cajón sea bajo.

Las bombas de agua de sello C2-3860-PW-2881 (operativa) y C2-3860-PW-2882 (stand-by) también operarán de forma continua variando su velocidad C2-3860-PW-2881-AF y C2-3860-PW-2882-AF según correspondiente ante cambios producidos en la presión de descarga de las bombas de relaves. La presión en la línea de agua de sello debe ser 15 psi por encima de la presión en la descarga de las bombas de relaves. En caso la diferencia de presión sea menor a 15 psi, tanto las bomba de agua de sello como las de relaves pararán. Adicionalmente se deberá regular el flujo de agua a la entrada del tanque C2-3860-TK-080 con el objetivo de mantener un nivel mínimo y evitar la parada de las bombas de agua de sello.



El sistema de bombeo contará además con un sistema de inyección de agua para la limpieza de las bombas de relaves y de sus respectivas líneas de descarga y de succión, con el fin de evitar la sedimentación de los relaves que podrían ocasionar fallas o daños mecánicos en las bombas.

Las líneas de succión, descarga y limpieza de las bombas de relaves serán habilitadas o cerradas mediante el uso de válvulas de control tipo cuchilla, las cuales enclavarán su apertura o cierre con el arranque o parada de las bombas de relaves. El cajón de relaves C2-3830-BX-015 también cuenta con una línea de descarga por gravedad la cual es habilitada por medio de válvulas de control tipo cuchilla.

## 2.2 EL CICLÓN (Hidrociclón)

El CICLÓN consiste de una parte cónica seguida por una cámara cilíndrica, en la cual existe una entrada tangencial para la suspensión de la alimentación (Feed). La parte superior del hidrociclón presenta un tubo para la salida de la suspensión diluida (overflow) y en la parte inferior existe un orificio de salida de la suspensión concentrada (underflow) como se muestra en la Figura 1.

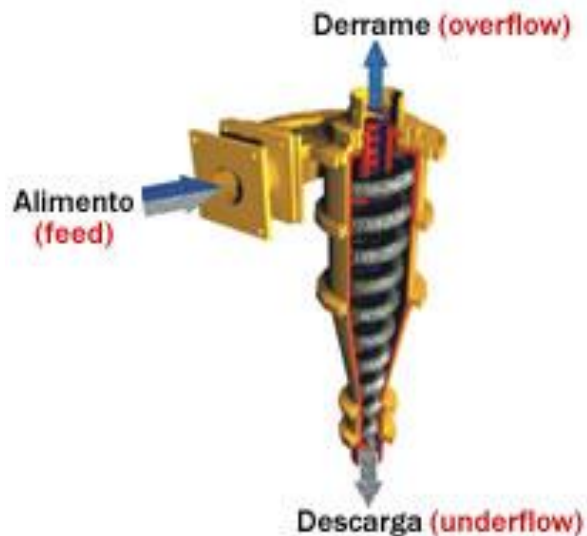


Figura 1: Entrada y salida de un Hidrociclón

El ducto de alimentación se denomina Inlet, el tubo de salida de la suspensión diluida se denomina Vortex, y el orificio de salida del concentrado se denomina Apex, tal como se puede observar en el siguiente esquema de las partes del Hidrociclón.

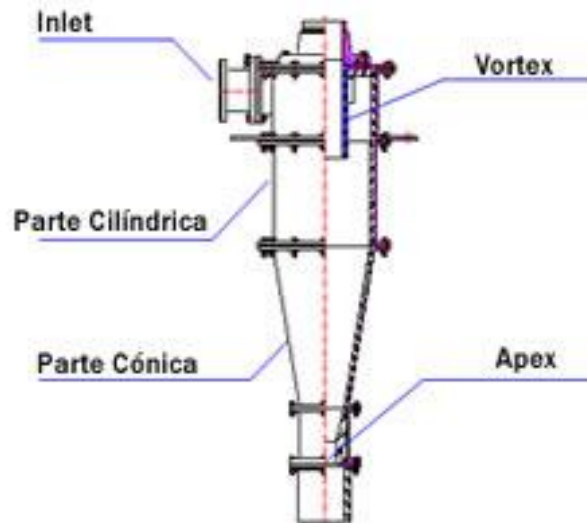


Figura 2: Partes de un Hidrociclón

La suspensión es bombeada bajo presión y entrando al ciclón a través del tubo de alimentación (Inlet) se genera un movimiento de tipo espiral descendente debido a la forma del equipo y la acción de la fuerza centrífuga creada por el movimiento espiral dentro de un ciclón separa las partículas finas de las partículas gruesas.

Las partículas más grandes y pesadas que tienen una mayor velocidad de sedimentación son expulsadas hacia las paredes del ciclón, desde donde escurren hacia el fondo (Apex) del ciclón. Las partículas más livianas son arrastradas por el agua hacia el flujo del rebalse de ciclón. El balance entre la fuerza centrífuga y la fuerza de arrastre determina el lugar de salida de las partículas. Los finos son arrastrados con la mayor parte del agua hacia el vórtice del ciclón (Vortex).

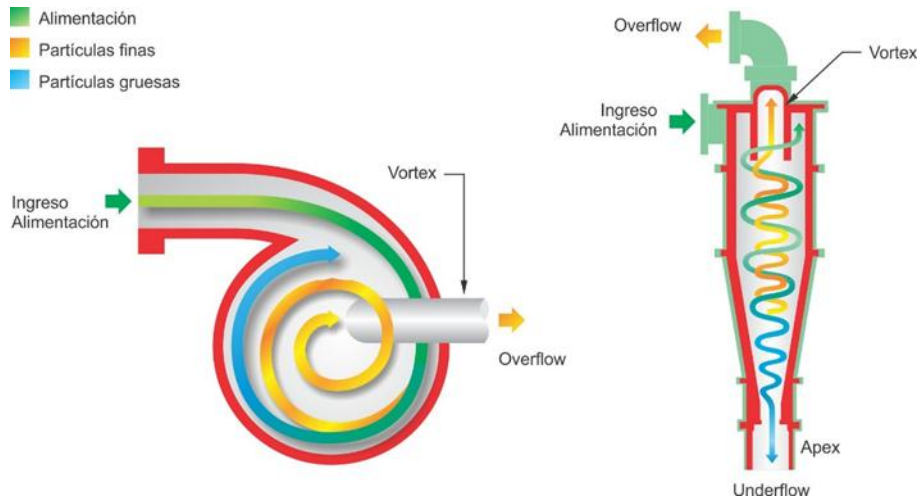


Figura 3: función de un Hidrociclón

En sociedad Minera Cerro Verde el diámetro de Vortex es 254mm y el diámetro de Apex es 146mm

### 2.3 NIDO O BATERIA DE CICLONES KREBS (C2-3820-CS-004)

Conjunto de hidrociclones configurados de forma radial alrededor de un distribuidor (ver figura 4).

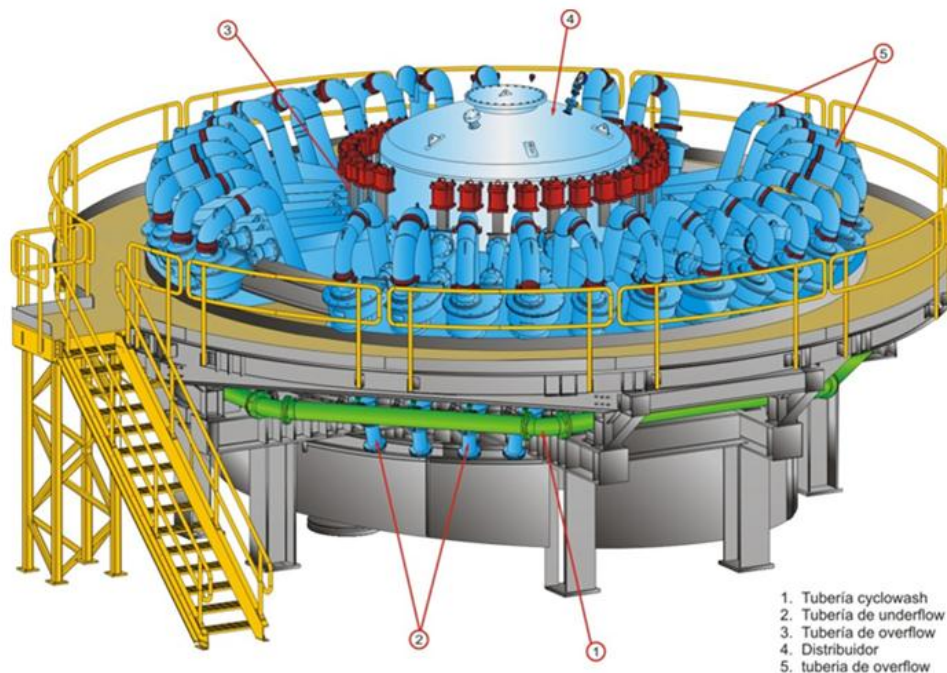
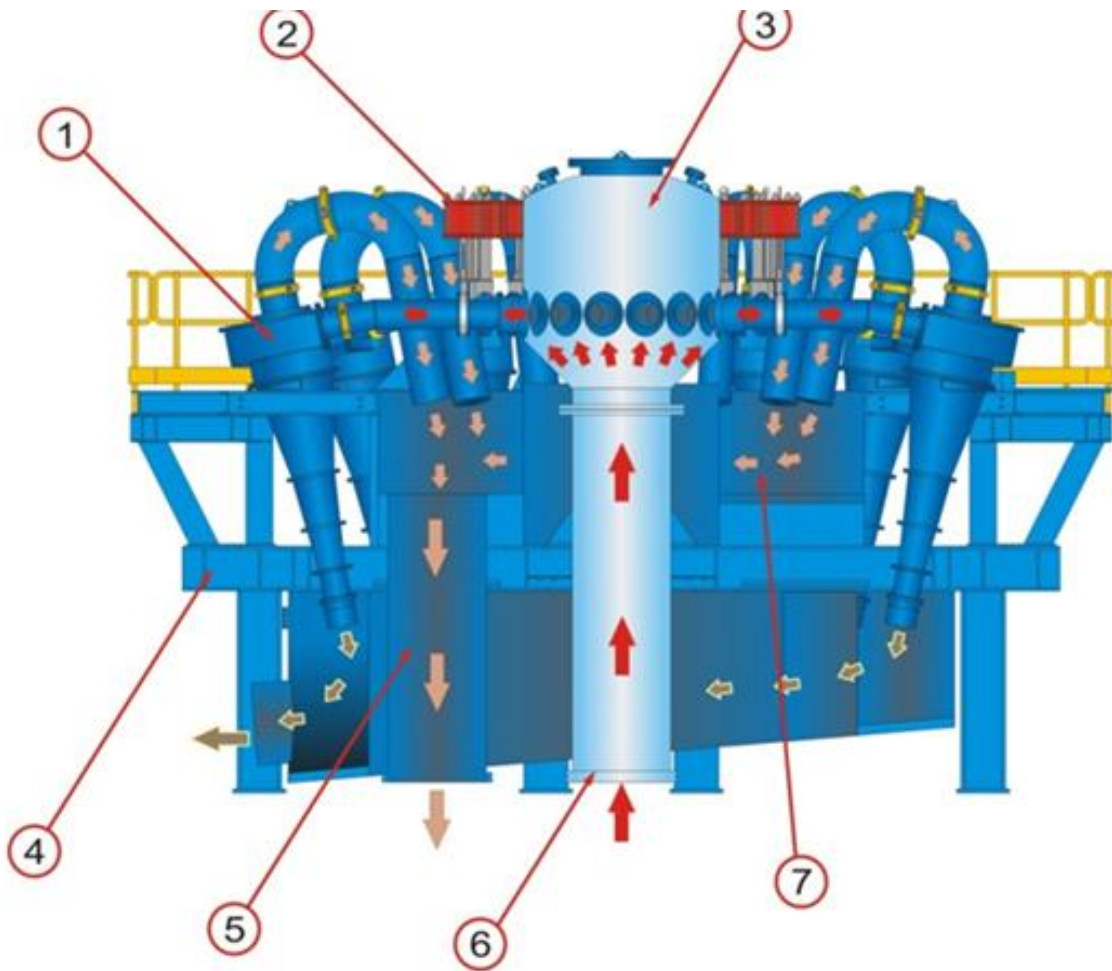


Figura 4: Nido o Batería de Ciclones

La batería de ciclones de la segunda estación consta de 14 ciclones GMAX26 de alta eficiencia de 660mm (26") de diámetro, normalmente 10 ciclones están en operación y 4 posiciones vacías (para colocar ciclones), la operatividad de apertura de válvulas de cuchilla ON/OFF son operadas localmente o en forma remota y está en función de la presión (según criterios de diseño la presión nominal es de 97kPa en la batería), el cual es mostrado en el indicador de presión, ubicado en el distribuidor de la batería de ciclones. (Ver figura 5).



- |                          |                            |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Ciclón                | 5. Canaleta de overflow    |
| 2. Válvula tipo cuchilla | 6. Tubería de alimentación |
| 3. Distribuidor          | 7. Canaleta de underflow   |
| 4. Estructura metálica   |                            |

Figura 5: Partes de una Batería de Ciclones

Cada ciclón posee su válvula tipo cuchilla conectados a un distribuidor por donde entrará el relave por una tubería en la parte inferior del distribuidor.

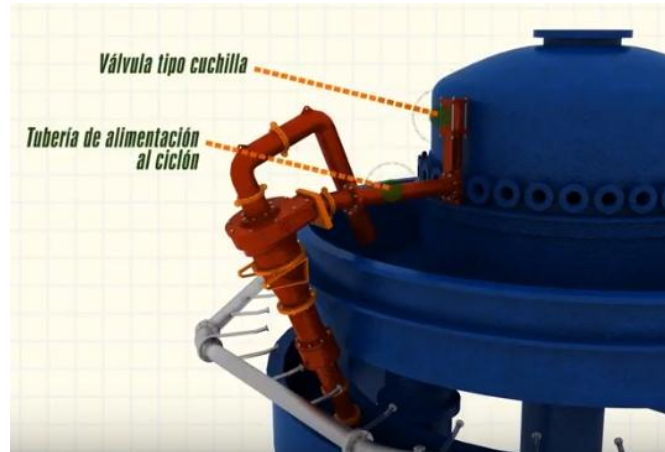


Figura 6: Válvula de Cuchilla en un Ciclón

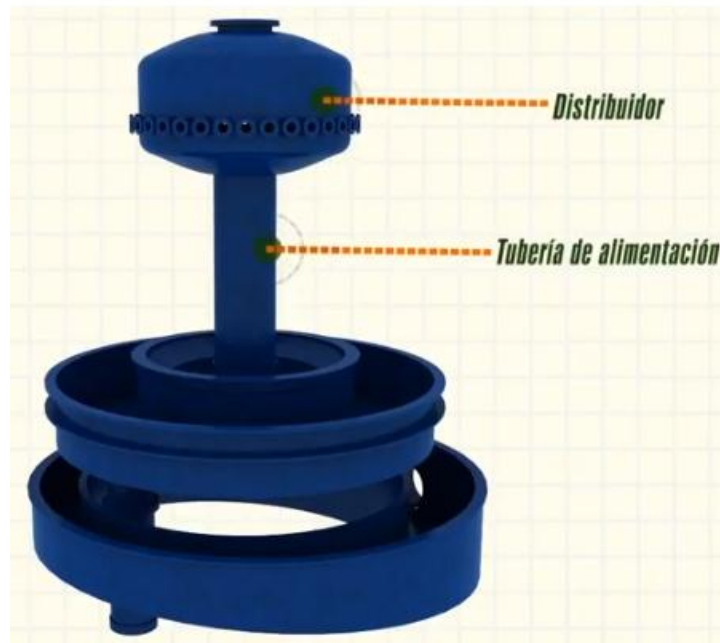
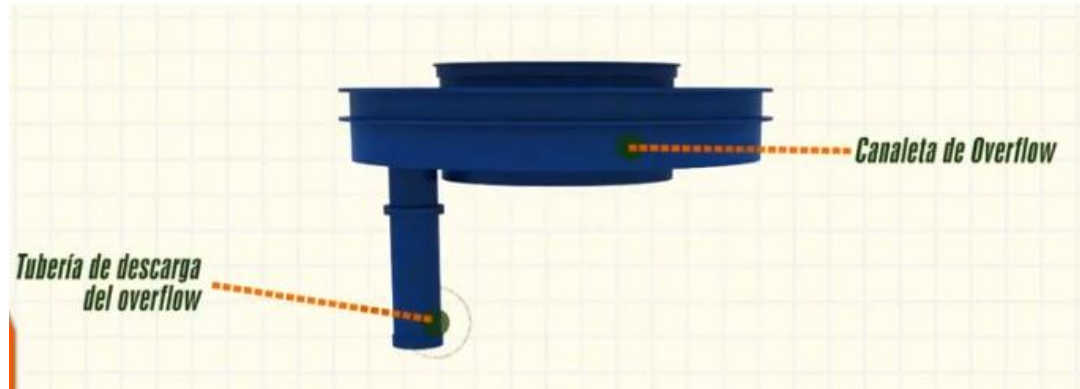


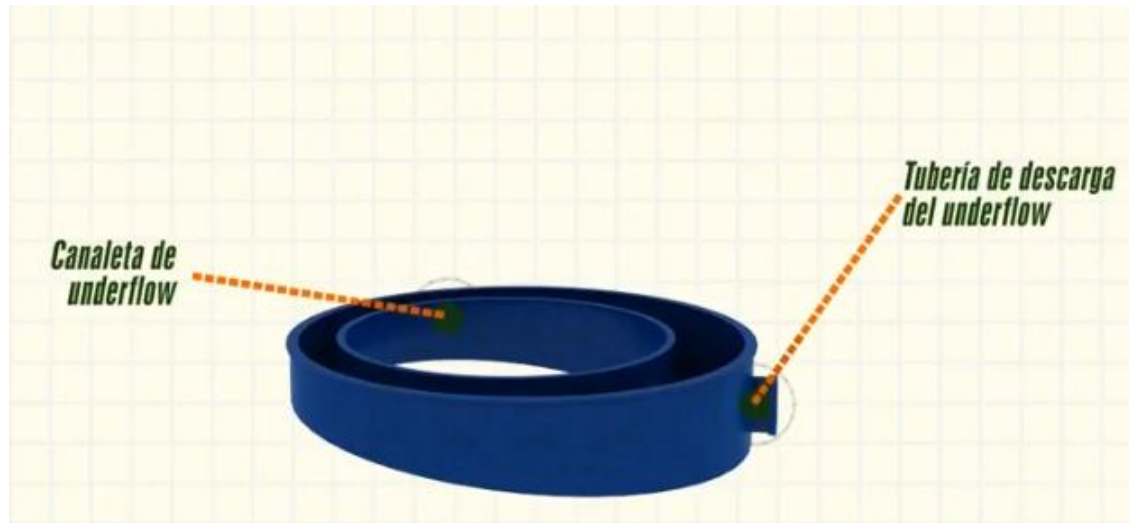
Figura 7: Distribuidor en un Nido de Ciclones

Los derrames (Overflow) de los 14 ciclones (10 en funcionamiento y 4 a conectar a futuro) van hacia una canaleta de Overflow y en dicha canaleta se encuentra la tubería de descarga del Overflow.



**Figura 8: Descarga de Overflow en el Nido de Ciclones**

Las descargas (Underflow) de los 14 ciclones van hacia la canaleta de Underflow y en dicha canaleta se encuentra la tubería de descarga del Underflow que va hacia el cajón C2-3830-BX-015 para luego descargar mediante la bomba de relaves C2-3830-PP-2881 hacia la presa de relaves.



**Figura 9: Descarga del Underflow en el Nido de Ciclones**



**Figura 10: Nido de Ciclones SMCV-Linga**

#### **2.4 CAJA DE DISTRIBUCION DE ARENA (C2-3830-BX-015)**

La caja de distribución de arenas tiene por finalidad recibir la pulpa del underflow de la batería de ciclones 2da estación con un flujo de  $1,373\text{m}^3/\text{h}$  y un porcentaje de sólidos diluido hasta el 70%, eventualmente de acuerdo a las condiciones de operación recibe agua del tanque de agua recuperada (TK-026). El cajón tiene una capacidad de  $1,557\text{m}^3/\text{h}$  y su estructura es de concreto.

La tubería de descarga del Underflow transporta las partículas pesadas de los relaves (Underflow) hacia el cajón donde posee un sensor de nivel (3830-LIT-00510) que está conectado al Megablock F215 (MB1) en el canal 7 en el tablero 3830-JB-001 mediante red FOUNDATION Fieldbus, la bomba de relaves (C2-3820-PP-2881), operará de forma continua variando su velocidad ante los cambios producidos en el nivel del cajón C2-3830-BX-015 y así evitar la parada y/o arranque continuo de la misma. El variador de

frecuencia de la bomba de relaves, operará a su máxima capacidad cuando el nivel del cajón sea alto y a su mínima capacidad cuando el nivel del cajón sea bajo.

Existe otra tubería que sale del cajón, lleva el relave de manera gravitatoria hacia la presa gravedad la cual es habilitada por medio de válvulas de control tipo cuchilla.

## **2.5 BOMBA DE RELAVES O BOMBA DE ARENA (C2-3830-PP-2881)**

La bomba de relaves C2-3830-PP-2881 es la encargada de transportar el Underflow desde el cajón C2-3830-BX-015 hasta la presa de relaves.



**Figura 11: Bomba de Arena SMCV-Linga**



### **Características eléctricas:**

- Voltaje de 4.16kv.
- 1000Hp
- 3 fases 60 Hz

La bomba de arena posee sistemas de protección para su correcto funcionamiento, se pasaran a detallar cada accesorio y su función dentro del sistema.

- Ventilador del motor (3830-FA-2881) cumple la función de enfriar al motor de la bomba de arena o bomba de relaves posee una potencia de 3Hp y un voltaje de 480V trifásica, la alimentación principal se encuentra en la sala eléctrica 3830-ER-047 en el MCC 3830-MC-472 dicho ventilador se encuentra en red Profibus DP nodo "2" con el DCS Delta V de la cual se puede encender y apagar de manera remota y posee una botonera en campo (3830-FA-2881-HS) que enciende o apaga de manera local.
- Ventilador de caja reductora (3830-FA-2882) cumple la función de enfriar el aceite que circula por la caja reductora de la bomba posee una potencia de 0.84Hp y un voltaje de 480V trifásica, la alimentación principal se encuentra en la sala eléctrica 3830-ER-047 en el MCC 3830-MC-472 dicho ventilador se encuentra en red Profibus DP nodo "4" con el DCS Delta V de la cual se puede encender y apagar de manera remota y posee una botonera en campo (3830-FA-2882-HS) que enciende o apaga de manera local.
- Sensores de temperatura en la caja reductora (05) 3830-TE-00537A-E se encuentra ubicadas equidistantes para sensar la temperatura del aceite en el interior de la caja reductora estas señales son señales analógicas y se integran al DCS mediante el tablero 3830-IO-001 en el Baseplate 3 en el canal 7 hasta el canal 11, CH7, CH8, CH9, CH10, CH11.
- Sensores de vibración (04) 3830-VT-00531A-D se encuentran ubicadas en la caja reductora de la bomba miden la vibración de la caja reductora y en índices muy altos de vibración logran activar la alarma y un pulso para apagar la bomba, se integran al DCS mediante el tablero 3830-IO-001 en el

Baseplate 2 en el canal 9 hasta el canal 12, CH9, CH10, CH11, CH12 son señales analógicas 4-20mA HART.

- Switch de vibración (02) 3830-VE-00536A y 3830-VE-00536B se encuentran ubicados en la base de la bomba miden la vibración de la bomba de arena y cuando sobrepasa el set point se apaga la bomba, se integran al DCS mediante el tablero 3830-IO-002 en el Baseplate 3 en el canal 7 y canal 8, CH7, CH8 son señales digitales.
- Switch de presión 3830-PS-00532 se encuentra ubicado en la caja reductora, envía pulso cuando la presión de aceite dentro de la caja reductora aumenta, se integra al DCS mediante el tablero 3830-IO-002 en el Baseplate 3 en el canal 9, CH9, es una señal digital.
- Switch de nivel bajo 3830-LSL-00533 se encuentra en la caja reductora y se activa cuando el nivel de aceite de la caja reductora desciende, se integra al DCS mediante el tablero 3830-IO-002 en el Baseplate 3 en el canal 10, CH10, es una señal digital.
- RTD en la caja de conexión de la bomba (08) 3830-TE-00581A-H va conectado al variador de velocidad C2-3820-PP-2881-AF.



Figura 12: Estación de Relaves SMCV-Linga

## 2.6 SISTEMA DE AGUA DE SELLO

El agua de sello es agua recuperada de los relaves, son transferidas mediante bombas a tanques en diferentes puntos de SMCV, esta agua de sello sirve para reducir el desgaste en las piezas de la bomba y vencer la presión de la pulpa dentro de la bomba de arenas, cada vez que el flujo disminuye o exista baja presión de agua de sello la bomba se detiene. La bomba de Arena contará con un sistema de agua de sello, la cual es suministrada por medio de las bombas C2-3860-PW-2881 / 2882 (operativa / stand-by) desde el tanque C2-3860-TK-080 existente, las bombas de agua de sello están conectados a los variadores de velocidad PowerFlex 753 3860-PW-2881-AF y 3860-PW-2882-AF respectivamente.

Las bombas de agua de sello C2-3860-PW-2881 (operativa) y C2-3860-PW-2882 (stand-by) también operarán de forma continua variando su velocidad ante cambios producidos en la presión de descarga de las bombas de relaves. La presión en la línea de agua de sello debe ser 15 psi por encima de la presión en la descarga de las bombas de relaves. En caso la diferencia de presión sea menor a 15 psi, tanto la bomba de agua de sello como la Bomba de Arena pararán. Adicionalmente se deberá regular el flujo de agua a la entrada del tanque C2-3860-TK-080 con el objetivo de mantener un nivel mínimo y evitar la parada de las bombas de agua de sello.

El sistema de bombeo contará además con un sistema de inyección de agua para la limpieza de las bombas de relaves y de sus respectivas líneas de descarga y de succión, con el fin de evitar la sedimentación de los relaves que podrían ocasionar fallas o daños mecánicos en las bombas.

El sistema de agua de sello posee también:

- 01 Sistema de doble filtrado (C2-3860-FL-2880 / 2881) se encarga de eliminar los sólidos suspendidos en el agua antes que ésta sea descargada en el tanque.

- 01 Sensor/Transmisor de Nivel tipo radar 3860-LIT-00610, para el monitoreo del nivel en el tanque C2-3860-TK-080 el sensor de nivel se integra al DCS mediante 4-20mA en el tablero 3830-IO-001 en el Baseplate 3 canal 12, CH12.
- 01 Válvula de Control con actuador neumático 3860-LV-00610, para el control de flujo en la línea de alimentación a tanque C2-3860-TK-080 esta válvula de control se integra al DCS mediante red FOUNDATION Fieldbus del tablero 3830-JB-001 en el Megablock 2 canal 6, CH6.
- 01 Sensor/Transmisor de Presión 3860-PIT-00519 para el monitoreo de presión en la línea de descarga de la bomba de agua de sello, este sensor de presión se integra al DCS mediante red Field Bus el tablero 3830-JB-001 en el Megablock 2 canal11, CH11.
- 01 Sensor/Transmisor de Presión Diferencial 3860-PDIT-00641, para el monitoreo de las presión a través de los filtros C2-3860-FL-2880 / 2881 este sensor de transmisor diferencial se integra al DCS mediante red FOUNDATION Fieldbus el tablero 3830-JB-001 en el Megablock 2 canal 10, CH10.
- 01 Sensor/Transmisor de Flujo 3860-FIT-00518, para el monitoreo de flujo en la línea de descarga de la bomba de agua de sello este sensor de flujo se integra al DCS mediante red FOUNDATION Fieldbus el tablero 3830-JB-001 en el Mainblock 1 canal 5, CH5.
- 01 Sensor/Transmisor de Flujo 3860-FIT-00639, para el monitoreo de flujo en la línea de alimentación al tanque C2-3860-TK-080 este sensor de flujo se integra al DCS mediante red FOUNDATION Fieldbus el tablero 3830-JB-001 en el Megablock 1 canal 11, CH11.
- 02 Manómetros tipo tubo de Bourdon para la indicación de presión en la línea de descarga de la bomba de agua de sello.



Figura 13: Sistema de Agua de Sello SMCV-Linga

## 2.7 UNIDAD HIDRAULICA (C2-3830-HY-2800)

Equipo electro hidráulico cumple la función del control de válvulas hidráulicas que se encuentran en las tuberías en puntos estratégicos del sistema de manejo de relaves, la Unidad Hidráulica controla las válvulas para el transporte de arena hacia la presa de relaves.

La alimentación eléctrica de la Unidad Hidráulica proviene de la sala Eléctrica 3830-ER-047 del MCC 3830-MC-472

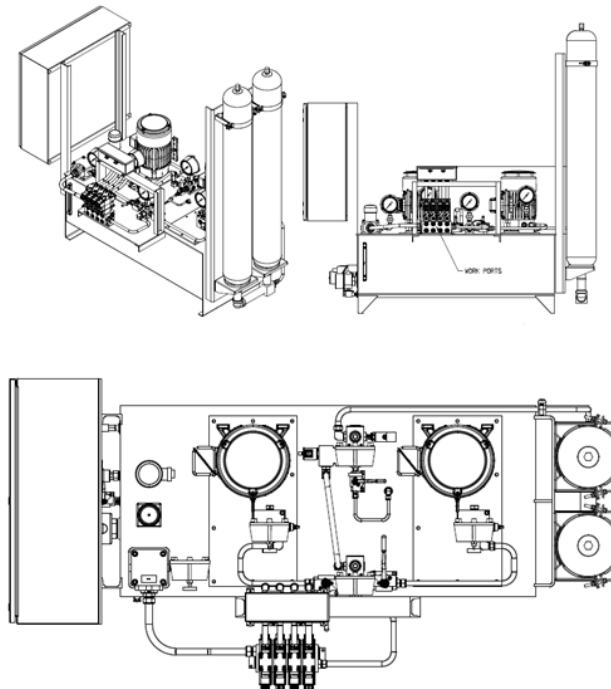


Figura 14: Unidad Hidráulica

### 2.7.1 Características de la Unidad Hidráulica:

- 460-480V, 60 Hz
- 3000Psi
- 2 motores de 10HP 3 $\phi$
- Capacidad de control de 4 válvulas

### 2.7.2 Salidas digitales de la Unidad Hidráulica

Son señales digitales que salen de la Unidad Hidráulica y van a un gabinete de distribución de señales (digitales, Analógicas, RTD, HART, 4-20mA, etc.) del DCS delta V para el respectivo control de dicho equipo y control de Válvulas, para este caso solo usaremos señales digitales del gabinete 3830-IO-001 el BP4 tal como se muestra en la tabla.

Tabla 1: Salidas Digitales de Unidad Hidráulica

SALIDAS DIGITALES	GABINETE DE CONEXION	CANAL (CH)
<b>HIGH TEMPERATURE STATUS</b>	3830-IO-001-BP-4	1
Contacto de alta temperatura		
<b>LOW LEVEL STATUS</b>	3830-IO-001-BP-4	2
Contacto de nivel bajo de aceite		
<b>HEATER TEMPERATURE STATUS</b>	3830-IO-001-BP-4	3
Contacto de termostato		
<b>SWITCH PRESSURE</b>	3830-IO-001-BP-4	4
Contacto de presostato		
<b>OVERLOAD PUMP</b>	3830-IO-001-BP-4	5
Sobrecarga motor 1		
<b>OVERLOAD PUMP</b>	3830-IO-001-BP-4	6
Sobrecarga motor 2		
<b>STAR PUMP M1 STATUS</b>	3830-IO-001-BP-4	7
Estado de funcionamiento motor 1		
<b>STAR PUMP M2 STATUS</b>	3830-IO-001-BP-4	8
Estado de funcionamiento motor 2		
<b>STOP EMERGENCY STATUS</b>	3830-IO-001-BP-4	9
Estado parada de emergencia		

### 2.7.3 Entradas digitales de la Unidad Hidráulica

Son señales digitales que ingresan a la Unidad Hidráulica del gabinete de distribución de señales (digitales, Analógicas, RTD, HART, 4-20mA, etc.) del DCS delta V para el respectivo control de dicho equipo y control de Válvulas, para este caso solo usaremos señales digitales del gabinete 3830-IO- 002 del BP 4 tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2: Entradas Digitales de Unidad Hidráulica

ENTRADAS DIGITALES	GABINETE DE CONEXION	CANAL (CH)
<b>LIGHT INDICATOR</b>	3830-IO-002-BP-4	1
Indicador de alta temperatura		
<b>LIGHT INDICATOR</b>	3830-IO-002-BP-4	2
Indicador de bajo nivel de aceite		
<b>VALVE ACCOMMILATOR COMMAND</b>	3830-IO-002-BP-4	3
Activación remota de válvulas		
<b>HEATER TEMPERATURE COMMAND</b>	3830-IO-002-BP-4	4
Control de heater		
<b>STOP EMERGENCY COMMAND</b>	3830-IO-002-BP-4	5
Parada de emergencia remota		
<b>STAR PUMP M1 COMMAND</b>	3830-IO-002-BP-4	6
Control de Motor 1		
<b>STAR PUMP M2 COMMAND</b>	3830-IO-002-BP-4	7
Control de Motor 2		
<b>LIGHT INDICATOR</b>	3830-IO-002-BP-4	8
Indicador de funcionamiento de UH		

La Unidad hidráulica controla las siguientes Válvulas:

### 2.7.4 Válvula 3830-XV-00507

Es una válvula hidráulica tipo guillotina de marca Clarkson de serie KGA y presión de funcionamiento de 150 Psi que se encuentra ubicado entre el cajón de distribución (3830-BX-015) y la bomba de arena (3830-PP-2881), cumple la función de habilitar la tubería para el traslado del relave (arena) a través de la bomba de arena. Posee 2

sensores inductivos que indican la apertura y cierre de la válvula, en la tabla 3 se muestra las señales discretas que se requieren para el funcionamiento de dicha válvula.

Tabla 3: Señales de Válvula 3830-XV-00507

SEÑAL DE VALVULA 3830-XV-00507	TAG DE SEÑAL	GABINETE DE CONEXION	CANAL (CH)
<b>CLOSE VALVE STATUS</b>	3830-ZSC-00507	3830-IO-001-BP-3	1
Válvula en estado cerrado			
<b>OPEN VALVE STATUS</b>	3830-ZSO-00507	3830-IO-001-BP-3	2
Válvula en estado abierto			
<b>OPEN VALVE COMMAND</b>	3830-XYO-00507	3830-IO-001-BP-3	4
Comando abrir válvula			
<b>CLOSED VALVE INDICATOR</b>	3830-ZIC-00507	3830-IO-001-BP-3	5
Indicador de válvula cerrada			
<b>OPEN VALVE INDICATOR</b>	3830-ZIO-00507	3830-IO-001-BP-3	6
Indicador de válvula abierta			

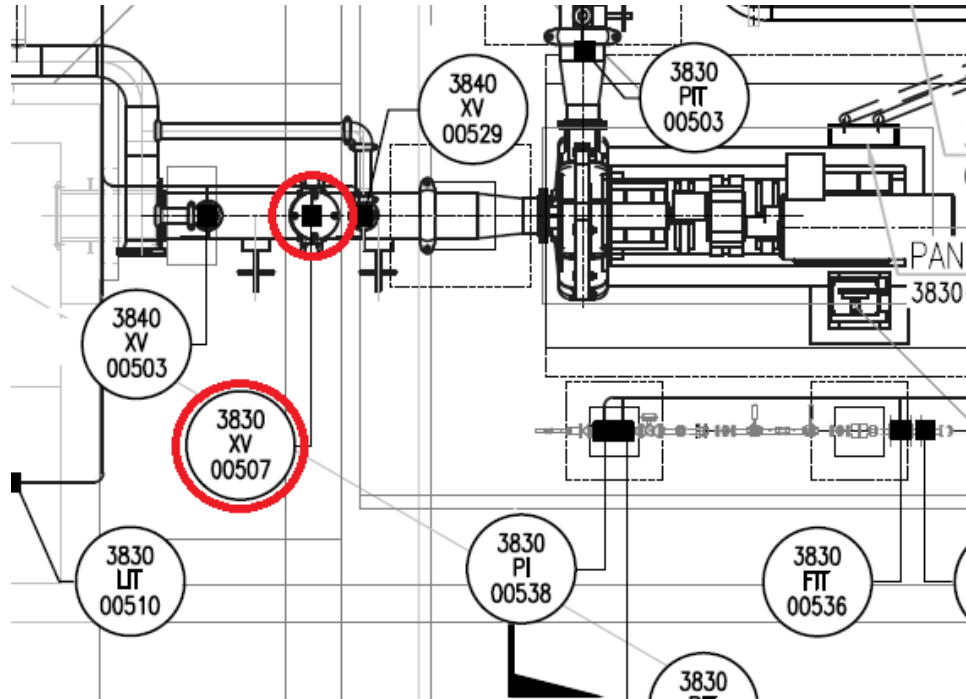


Figura 15: Ubicación de Válvula 38-XV-00507



### 2.7.5 Válvula 3830-XV-00511

Es una válvula hidráulica tipo guillotina de marca Clarkson de la serie KGA de presión de funcionamiento de 150 Psi que se encuentra ubicado entre la tubería de presa de relaves y la válvula 3830-XV-00512 (válvula en el cajón de distribución) cumple la función de habilitar el traslado de las arenas cicloneadas por gravedad en conjunto con la válvula 3830-XV-00512, en la siguiente tabla se muestra las señales discretas que se requieren para el funcionamiento de dicha válvula.

Tabla 4: Señales de Válvula 3830-XV-00511

SEÑAL DE VALVULA 3830-XV-00511	TAG DE SEÑAL	GABINETE DE CONEXION	CANAL (CH)
<b>CLOSE VALVE STATUS</b>	3830-ZSC-00511	3830-IO-002-BP-2	1
Válvula en estado cerrado			
<b>OPEN VALVE STATUS</b>	3830-ZSO-00511	3830-IO-002-BP-2	2
Válvula en estado abierto			
<b>CLOSE VALVE STATUS</b>	3830-XYC-00511	3830-IO-002-BP-2	3
Comando cerrar válvula			
<b>OPEN VALVE COMMAND</b>	3830-XYO-00511	3830-IO-002-BP-2	4
Comando abrir válvula			
<b>CLOSED VALVE INDICATOR</b>	3830-ZIC-00511	3830-IO-002-BP-2	5
Indicador de válvula cerrada			
<b>OPEN VALVE INDICATOR</b>	3830-ZIO-00511	3830-IO-002-BP-2	6
Indicador de válvula abierta			

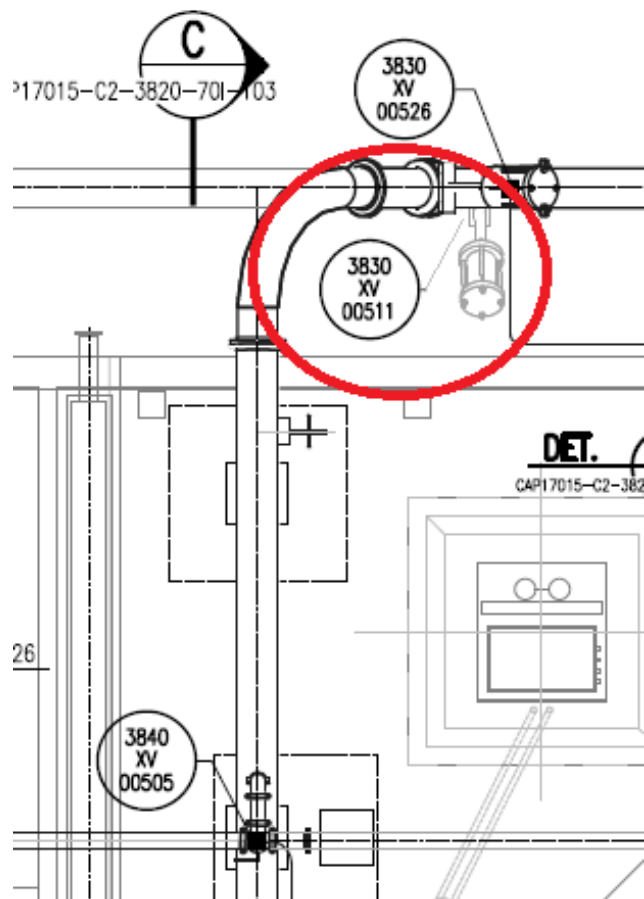


Figura 16: Ubicación de Válvula 3830-XV-00511

### 2.7.6 Válvula 3830-XV-00526

Es una válvula hidráulica tipo guillotina de marca Clarkson de la serie KGA de presión de funcionamiento de 150 Psi que se encuentra ubicado entre la tubería de presa de relaves y la válvula 3830-XV-00505 (válvula de limpieza) cumple la función de inhabilitar el traslado de las arenas cicloneadas a través de la bomba de arena en conjunto con la válvula 3830-XV-00507 para dar paso al traslado de la arena (relaves) por gravedad, en la siguiente tabla se muestra las señales discretas que se requieren para el funcionamiento de dicha válvula.

Tabla 5: Señales de Válvula 3830-XV-00526

SEÑAL DE VALVULA 3830-XV-00526	TAG DE SEÑAL	GABINETE DE CONEXION	CANAL (CH)
<b>CLOSE VALVE STATUS</b> Válvula en estado cerrado	3830-ZSC-00526	3830-IO-002-BP-2	7
<b>OPEN VALVE STATUS</b> Válvula en estado abierto	3830-ZSO-00526	3830-IO-002-BP-2	8
<b>CLOSE VALVE STATUS</b> Comando cerrar válvula	3830-XYC-00526	3830-IO-002-BP-2	9
<b>OPEN VALVE COMMAND</b> Comando abrir válvula	3830-XYO-00526	3830-IO-002-BP-2	10
<b>CLOSED VALVE INDICATOR</b> Indicador de válvula cerrada	3830-ZIC-00526	3830-IO-002-BP-2	11
<b>OPEN VALVE INDICATOR</b> Indicador de válvula abierta	3830-ZIO-00526	3830-IO-002-BP-2	12

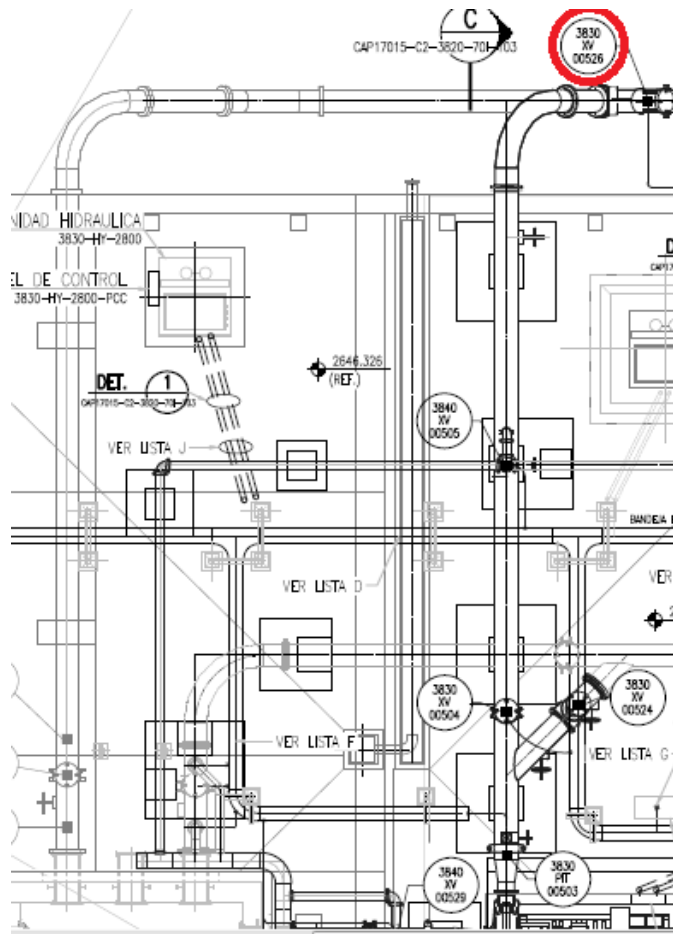


Figura 17: Ubicación de Válvula 3830-XV-00526

### 2.7.7 Válvula 3830-XV-00504

Es una válvula hidráulica tipo guillotina de marca Clarkson de la serie KGA de presión de funcionamiento de 150 Psi que se encuentra ubicado entre la válvula 3830-XV-00511 y la bomba de arena 3830-PP-2881 cumple la función de inhabilitar el traslado de las arenas cicloneadas a través de la bomba de arena 3830-PP-2881, para dar pase al funcionamiento de una segunda bomba de área auxiliar para el mayor flujo de arena y poder llegar a puntos alejados en la presa de relaves (proyecto a futuro) en conjunto con la válvula 3830-XV-00524, en la siguiente tabla se muestra las señales discretas que se requieren para el funcionamiento de dicha válvula.

**Tabla 6: Señales de Valvula3830-XV-00504**

<b>SEÑAL DE VALVULA 3830-XV-00504</b>	<b>TAG DE SEÑAL</b>	<b>GABINETE DE CONEXION</b>	<b>CANAL (CH)</b>
<b>CLOSE VALVE STATUS</b> Válvula en estado cerrado	3830-ZSC-00504	3830-IO-002-BP-3	1
<b>OPEN VALVE STATUS</b> Válvula en estado abierto	3830-ZSO-00504	3830-IO-002-BP-3	2
<b>CLOSE VALVE STATUS</b> Comando cerrar válvula	3830-XYC-00504	3830-IO-002-BP-3	3
<b>OPEN VALVE COMMAND</b> Comando abrir válvula	3830-XYO-00504	3830-IO-002-BP-3	4
<b>CLOSED VALVE INDICATOR</b> Indicador de válvula cerrada	3830-ZIC-00504	3830-IO-002-BP-3	5
<b>OPEN VALVE INDICATOR</b> Indicador de válvula abierta	3830-ZIO-00504	3830-IO-002-BP-3	6

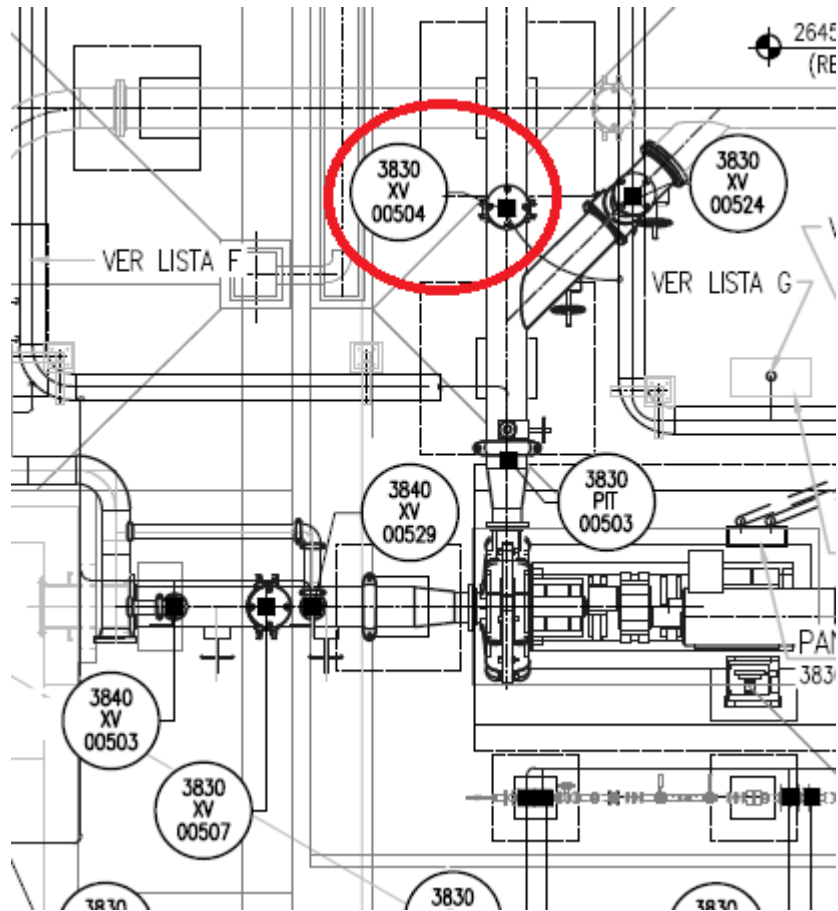


Figura 18: Ubicación de Válvula 3830-XV-00504

### 2.7.8 Funcionamiento de la Unidad Hidráulica

Una vez que se entrega energía a la unidad hidráulica se activa el switch de presión del sistema para alcanzar la presión de 3000Psi que es su presión superior tope de trabajo para eso activa el motor 1 o motor 2 (stand by) así mismo se activa el heater para calentar el aceite del sistema Hidráulico y fluya mejor el aceite al momento de abrir o cerrar una válvula, para el control de temperatura del aceite se posee un termostato (set point 60 °C) que mantiene la temperatura constante, las altas temperaturas deterioran el aceite y las bajas temperaturas producen viscosidad evitando que el aceite fluya sin problemas por la manguera.

Cuando el sistema alcance la presión 3000Psi (presión de trabajo) el switch de presión envía una señal al DCS Delta V para apagar el motor 1 o motor 2 (stand by) de esta manera la Unidad Hidráulica esta lista para trabajar en caso que la presión disminuya a los 2900Psi el switch de presión envía una señal al DCS delta V para activar el motor 1 o motor 2 (stand by) para mantener la presión constante de trabajo.

La Unidad Hidráulica posee un sensor de nivel tipo boya que se activa cada vez que el nivel de aceite descienda hasta su parámetro mínimo de nivel enviando una señal al DCS para bloquear a la Unidad Hidráulica y aumentar la cantidad de aceite para poder desbloquear y continuar con su funcionamiento.

Para abrir y/o cerrar una válvula se envía una señal desde la sala de control hasta el DCS, el DCS envía una señal a los solenoides de apertura o cierre de la válvula a utilizar y una señal al solenoide acumulador que es el solenoide principal que distribuye el aceite a las válvulas, para abrir o cerrar cualquier válvula el solenoide acumulador debe de activarse, las válvulas posee 2 sensores inductivos para indicar la completa apertura o cierre de la válvula.

### **3. DELTA V Serie S**

Delta V es un sistema de control distribuido comercial de la marca Emerson, un Sistema de Control Distribuido o SCD, más conocido por sus siglas en inglés DCS (Distributed Control System), es un sistema de control aplicado a procesos industriales complejos.

El Sistema DeltaV ayuda a los usuarios a crear sistemas que son fáciles de instalar, operar, consistentes y seguros. Para conseguir estos objetivos, el sistema DeltaV utiliza las siguientes herramientas:

- Tecnología “Plug-and-play” para la configuración del hardware.
- Una librería de módulos de control reutilizables para simplificar el esfuerzo de la configuración inicial.
- Ayuda integrada y documentación “on-line”.
- Hardware y software semejantes, para asegurar la seguridad del sistema y la integridad.

Los DCS trabajan con una sola Base de Datos integrada para todas las señales, variables, objetos gráficos, alarmas y eventos del sistema.

La plataforma de programación es multi-usuario de forma que varios programadores pueden trabajar simultáneamente sobre el sistema de forma segura. Todos los equipos del sistema (ordenadores, servidores, controladores) están sincronizados con un mismo reloj, de forma que todas las medidas, alarmas y eventos tienen una misma marca de tiempo.

Un DCS aborda la complejidad de los procesos industriales dividiendo en cuatro niveles funcionales su alcance.

- **Nivel de Operación.** Este nivel es el de interacción del sistema con los operadores de la planta y es donde se encuentran los sistemas informáticos para la monitorización del proceso y adquisición de la información en tiempo real, que se almacena en la base de datos transformándola en datos históricos para análisis posteriores. Este nivel gestiona además el intercambio de información con otros sistemas de mantenimiento y planificación de la producción.
- **Nivel de control.** En un DCS la responsabilidad del control de las diferentes partes funcionales del proceso, se asignan a varios controladores locales distribuidos por la instalación, en lugar de centralizar estas funciones en un solo punto. Los controladores están conectados entre sí y con las estaciones de operación mediante redes de comunicación.

- **Nivel módulos de Entrada/Salida.** Los módulos de entradas/salidas para señales cableadas, se distribuyen por la instalación, es lo que se denomina "periferia descentralizada", esto ahorra tiradas de cables de señal aproximando la electrónica del control hasta los elementos de campo. Estos módulos de entrada/salida se comunican con los controladores mediante protocolos específicos o de bus de campo para garantizar los tiempos de comunicación entre controlador y periferia en unos tiempos mínimos, del orden de milisegundos, adecuados a las necesidades del proceso.
- **Nivel de elementos de campo.** Desde años atrás, ha ido creciendo la necesidad de integrar directamente los instrumentos y los actuadores en los buses de campo del SCD, de forma que estos equipos son en realidad una extensión natural del nivel anterior. Estos equipos permiten funcionalidades adicionales como gestionar su mantenimiento o configurar sus parámetros de comportamiento de forma remota desde el nivel de operación. Los instrumentos de este nivel deben ser compatibles con el bus de campo elegido. También existe la posibilidad de integrar instrumentos con protocolo HART como alternativa al bus de campo.

### **3.1 Fuente de alimentación de CC a CC serie S DeltaV**

La fuente de alimentación de CC / CC de la serie DeltaV™ S se conecta a su alimentación de 24 V CC para proporcionar energía a los componentes electrónicos del sistema, incluido el controlador y las tarjetas de E / S asociadas. Las fuentes de alimentación del sistema DeltaV le ofrecen la solución de alimentación más eficiente y confiable. Esta suministra toda la potencia necesaria para su sistema DeltaV.



## Características

- Las fuentes de alimentación del sistema CC/CC son componentes plug and play
- La arquitectura modular y las capacidades de carga compartida de la fuente de alimentación permiten agregar más potencia u ofrecer redundancia energética al sistema.
- Las E/S siempre son exactas, ya que el subsistema de E/S y el controlador siempre reciben una alimentación uniforme y precisa de 12 o 5 VCC.
- Las fuentes de alimentación notifican inmediatamente si existe una falla de alimentación; las provisiones de alimentación del sistema y de campo están completamente aisladas.
- La fuente de alimentación del sistema ofrece más corriente al bus de alimentación de la interfaz de E/S de 12 VCC y elimina la necesidad de contar con fuentes de alimentación inyectadas.

**Tabla 7: Especificaciones de la Fuente de Alimentación CC/CC serie S Delta V**

Entrada	24 VDC $\pm$ 20% at 6.1A
Corriente de irrupción	Pico máximo de 20 A durante 5 ms en un rango de entrada de 24 VCC
Potencia de salida nominal de -40 a 60 °C	12 VCC a 8,0 A (entrada de 24 VCC), 5 VCC a 2,0 A (10 W total para salidas combinadas de 5 VCC)
Potencia de salida nominal de 60 a 70 °C	12 VCC a 6,0 A (entrada de 24 VCC), 5 VCC a 2,0 A (10 W total para salidas combinadas de 5 VCC)
Protección de entrada	Fusible interno no reemplazable
Protección contra sobre voltaje	Salida protegida del 110% al 120%
Tiempo de espera	Salida: permanece dentro del 5% del valor nominal con la carga completa y un voltaje de entrada mínimo durante 5ms
Temperatura de funcionamiento	De -40 a 60 °C (-40 a 140 °F)

Temperatura de almacenamiento	De -40 a 70 °C (-40 a 158 °F)
Humedad relativa	5 a 95%, sin condensación
Vibración	1 mm punto máximo a punto máximo de 5 Hz a 13,2 Hz, 0,7 g de 13,2 Hz a 150 Hz



Figura 19: Fuente de alimentación CC/CC de la serie S DeltaV

### **3.2 Controlador SX de la serie S DeltaV**

Los controladores de la serie DeltaV S proporcionan funciones de comunicación y control e integran dispositivos de campo y los otros nodos en la red de control.

Los controladores SX ofrecen una opción para adaptar la capacidad del controlador a los requisitos del proceso. También proporcionan nuevas características de facilidad de uso que eliminan los tornillos de montaje y aceleran el montaje del gabinete.

La función principal del controlador SX es ejecutar módulos de control que están diseñados para cumplir con los requisitos de control específicos de la planta. Estos módulos de control utilizan señales de proceso del subsistema de E / S del controlador y proporcionan comunicación de datos de proceso al resto del sistema de control DeltaV para la interacción del operador y la recopilación de datos

Cada nodo del controlador se puede instalar como nodo simplex o redundante. Se pueden conectar hasta 8 portadoras con 8 tarjetas cada una a la E / S del bus local, para un total de 64 tarjetas de E / S tradicionales. Además de 8 portadoras de E / S locales, cada controlador puede comunicarse con 16 unidades de E / S remotas adicionales que alojan E / S tradicionales basadas en tarjetas.

Además de las tarjetas de E / S tradicionales, el bus local admite tecnologías de bus de campo, incluidos los protocolos Foundation Fieldbus, Profibus DP, DeviceNet. El subsistema de E / S también admite tarjetas de interfaz serie, así como la interfaz de E / S Ethernet estos diversos productos de E / S proporcionan una amplia gama de interfaces para satisfacer las necesidades de su aplicación de control.

El controlador SX también es compatible con CHARM, la tarjeta de E / S CHARM (CIOC) se conecta a través de los puertos Ethernet redundantes del controlador para proporcionar una solución de E / S altamente distribuida y

flexible llamada Electronic Marshalling. Hasta 16 CIOC pueden comunicarse con un controlador, cada uno de los cuales proporciona hasta 96 tipos de señales configurables individualmente.

### **Características**

- **Controladores escalables.** El controlador SX complementa el controlador SD Plus y SQ al proporcionar CPU y memoria adicionales para aquellas aplicaciones que necesitan más capacidad de control.
- **Arquitectura redundante.** El controlador SX admite redundancia 1: 1 para una mayor disponibilidad redundante.
- **Montaje rápido.** El hardware de la serie S se ha rediseñado para acelerar la ejecución del proyecto. Los soportes se encajan en los rieles y controladores DIN estándar y las E / S de la serie S encajan en su posición sin el uso de tornillos de retención.
- **Fácil de usar.** Los controladores también son fáciles de configurar. Simplemente conecte el SX a la red DeltaV y realice la detección automática desde DeltaV Explorer. Agregue el controlador y todas sus tarjetas IO a la base de datos del sistema y todos los componentes se direccionarán y se comunicarán automáticamente.
- **Diseñado para Marshalling electrónico.** Los controladores de la serie S tienen capacidades de E / S altamente distribuibles con Marshalling electrónico basado en CHARM. La E / S de Marshalling electrónico se puede montar en cualquier lugar, lo que facilita el diseño y la expansión del sistema.

**Tabla 8: Especificaciones de controlador SX serie S Delta V**

Límite DST( <i>Device Signal Tag</i> )	1500
Etiquetas SCADA	3200
Valores máximos de datos enviados	4000/segundo
Valores máximos de datos recibidos	500/segundo
Máximo de nodos	120
Tasas de ejecución de módulos	100ms, 200ms, 500ms, 1seg, 2seg, 5seg, 10seg, 30seg, 60seg
Memoria de usuario	96 MB
Protección de fusibles (interna)	3,0 A, fusibles no reemplazables
Disipación de potencia	5,0 W típica, 7,0 W máxima
Temperatura de funcionamiento	De -40 a 60 °C (-40 a 140 °F)
Temperatura de almacenamiento	De -40 a 85 °C (-40 a 185 °F)
Humedad relativa	5 a 95%, sin condensación
Vibración	1 mm punto máximo a punto máximo de 2 a 13,2 Hz, 0,7 g de 13,2 a 150 Hz



**Figura 20: Controlador SX serie S Delta V**

### 3.3 Tarjeta de interfaz Profibus DP serie S DeltaV

La interfaz DeltaV Profibus DP es una interfaz probada en campo para actuadores y sensores discretos, es fácil de instalar, confiable y simple de usar.

El alto rendimiento de datos, la instalación simple, las buenas capacidades de diagnóstico y la tecnología de transmisión hacen del DeltaV Profibus DP una buena solución de interfaz para dispositivos complejos, como centros de control de motores y controladores de velocidad.

#### Características

- **Integra las señales del dispositivo Profibus DP directamente en la lógica de control.** El sistema DeltaV admite dispositivos Profibus DP estándar, incluidos los centros de control de motores, controladores de accionamiento de velocidad variable, así como productos de E / S remotas de muchos fabricantes diferentes. El maestro Profibus DP permite que estos dispositivos se integren directamente en el subsistema de E / S del controlador de la serie DeltaV S, donde los módulos de control pueden acceder a ellos.
- **La interfaz de bus nativa DeltaV elimina el mapeo de datos.** Las tarjetas DeltaV Profibus DP se comunican directamente con el controlador, sin la necesidad de una interfaz en serie y otros convertidores intermedios. Esto simplifica enormemente la configuración y el mantenimiento, puede confiar en las tarjetas DeltaV Profibus DP para proporcionar entradas y salidas en tiempo real y consistentemente precisas. A medida que crece la red de dispositivos de campo, el mantenimiento se mantiene constante.

- **Mezcla y combina tecnologías de bus para cumplir con los requisitos de la aplicación.** El sistema DeltaV facilita la configuración y activación de los dispositivos en una línea completa de buses de campo digitales, Profibus DP, DeviceNet, bus de campo Foundation, HART y E / S tradicionales se pueden entremezclar fácilmente en un Base de tarjeta de E / S en el mismo controlador DeltaV Se utilizan las mismas técnicas de configuración, diagnóstico e interfaz de operador para configurar el sistema.
- **Maestro Profibus DP redundante.** DeltaV proporciona una solución Profibus DP Master redundante con un solo puerto para admitir segmentos Profibus DP simplex y sus dispositivos. Las tarjetas redundantes se detectan automáticamente, lo que convierte a DeltaV en el sistema más sencillo para implementar maestros Profibus redundantes, si el maestro activo falla, el sistema cambia automáticamente a la tarjeta “en espera” sin la intervención del usuario. El operador recibe una notificación clara de un cambio en la pantalla del operador.  
En nuestro proyecto solo se usó Profibus DP simplex debido a la mínima cantidad de equipos.
- **Topología maestro esclavo**  
La topología de red que se usa es maestro esclavo, una red que posee ciertos nodos pasivos, pero cuyo anillo lógico de pase del testigo consiste de solo un nodo activo, es un sistema maestro esclavo puro  
El procedimiento de maestro-esclavo permite al maestro - el nodo activo quien posee los derechos de enviar, direccionar los dispositivos esclavos que son asignados a él. Estos esclavos son los nodos pasivos. El maestro puede enviar

mensajes a los esclavos o buscar los mensajes desde los esclavos. La configuración estándar del bus PROFIBUS DP típica se basa en este procedimiento de acceso al bus. Un nodo activo (maestro) cíclicamente intercambia datos con los nodos pasivos (esclavos DP).

- **Especificaciones de hardware**

Las especificaciones las podemos observar en la tabla 9

**Tabla 9: Velocidad de transmisión y longitud de cable de Simplex Profibus DP**

<b>Velocidades de transmisión y longitudes de cable de Simplex Profibus DP</b>						
Tasa de baudios (Kbit /s)	9.6	19.2	93,75	187,5	500	1500
Distancia / segmento	1200m	1200m	1200m	1000m	400m	200m

**Tabla 10: Especificaciones de la Interfaz Profibus DP**

Numero de puertos	1
Numero de dispositivos	64
Temperatura de almacenamiento	-40 ° a 85 ° C (-40 ° a 185 ° F)
Temperatura de funcionamiento	-40 ° C a 70 ° C (-40 ° a 158 ° F)
Humedad relativa	5 a 95%, sin condensación
Contaminantes en el aire	ISA-S71.04-1985 Contaminantes en suspensión Clase G3
Grado de protección	Recubrimiento conforme
Vibración	1 mm pico a pico de 5 a 13,2 Hz; 0,7 g de 13,2 a 150 Hz
Terminador	Conmutable



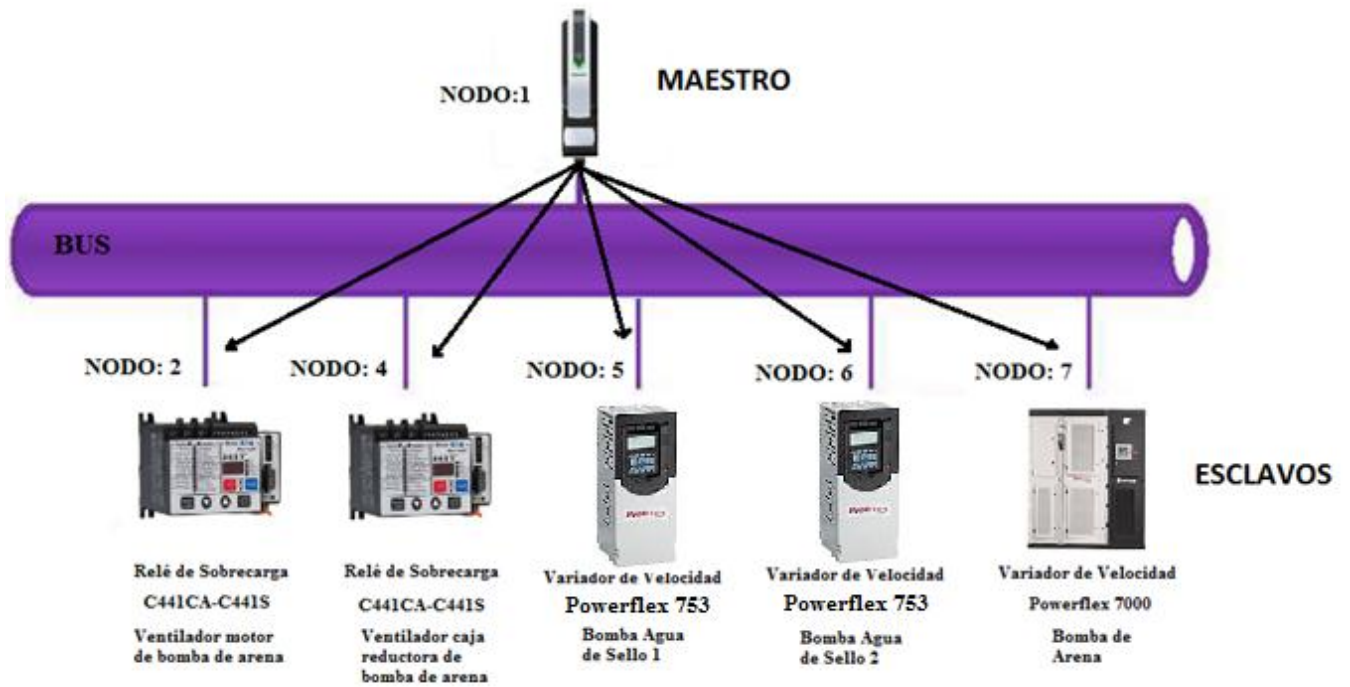


Figura 21: Topología Maestro-Eslavo Profibus DP

DCS CABINET 3830-CP-471

MODULE ADDRESS

MÓDULO PROFIBUS  
DESCRIPCIÓN:  
SLOT 01  
NODO 01

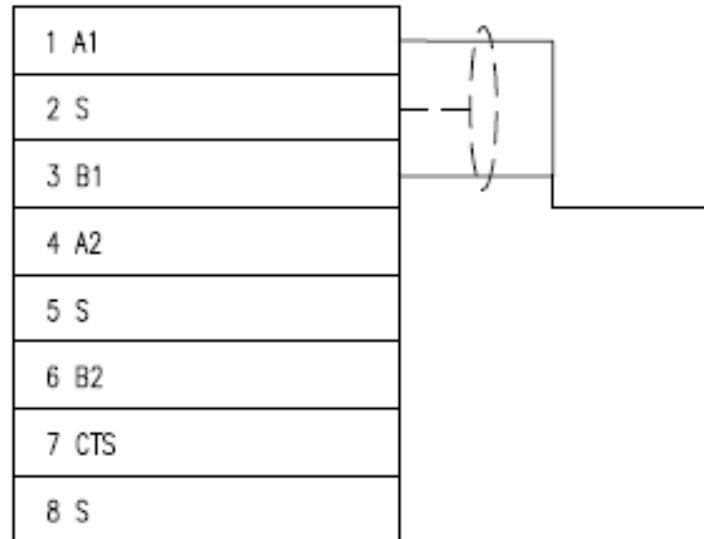


Figura 22: Esquema de conexionado Red Profibus



**Figura 23: Conexión de Red Profibus**

### **3.3.1 Relé de sobrecarga C441CA Profibus Eaton (3830-FA-2881/3830-FA-2882)**

El relé de sobrecarga C441 Motor Insight es un relé avanzado de protección de motor de bajo voltaje. La inteligencia integrada ayuda al proceso a optimizar los programas de mantenimiento y configurar una mayor protección del sistema, reduciendo así los costos generales y el tiempo de inactividad. El relé de sobrecarga C441 posee las siguientes características:

- La capacidad de calcular la potencia permite a los clientes no solo controlar el rendimiento del motor, sino también el rendimiento de la carga y el consumo de energía. Es el relé perfecto para cargas críticas del sistema, cargas de bombas y clientes preocupados por la energía.
- Rango FLA: rango FLA de 1 a 540 A

- Opciones de fuente de alimentación: línea alimentada a 170–264 Vca, 323–528 Vca, 489–660 Vca, alimentación de control monofásica de fuente separada a 93,5-132 Vca.
- Protección del motor: sobrecarga térmica, protección contra atascos / atascos, nivel actual alarmante, desequilibrio actual, pérdida de fase actual, falla a tierra residual, inversión de fase, sobretensión, subtensión desequilibrio de voltaje.
- Protección de carga (bomba): Subcorriente, baja potencia, alta potencia
- Capacidades de monitoreo: Promedio actual y rms de fase, promedio de voltaje y fase rms, potencia-motor kW, Factor de potencia, frecuencia, capacidad térmica, horas de funcionamiento, empieza, corriente de falla a tierra, porcentaje de desequilibrio actual, porcentaje de desequilibrio de voltaje, hora de reiniciar
- Comunicaciones: Modbus, DeviceNet, PROFIBUS, Ethernet / IP, Modbus TCP

El relé de sobrecarga que vamos a utilizar de la serie C441 es la serie C441CA para la parte de fuerza del motor y la serie C441S para la comunicación Profibus.

**Tabla 11: Características de Relé de sobrecarga C441CA**

Rango de sobrecarga	323V-528V
Relé de sobrecarga	1A – 9A
Frecuencia	50/60 Hz
Red de comunicación	si
Voltaje	120V

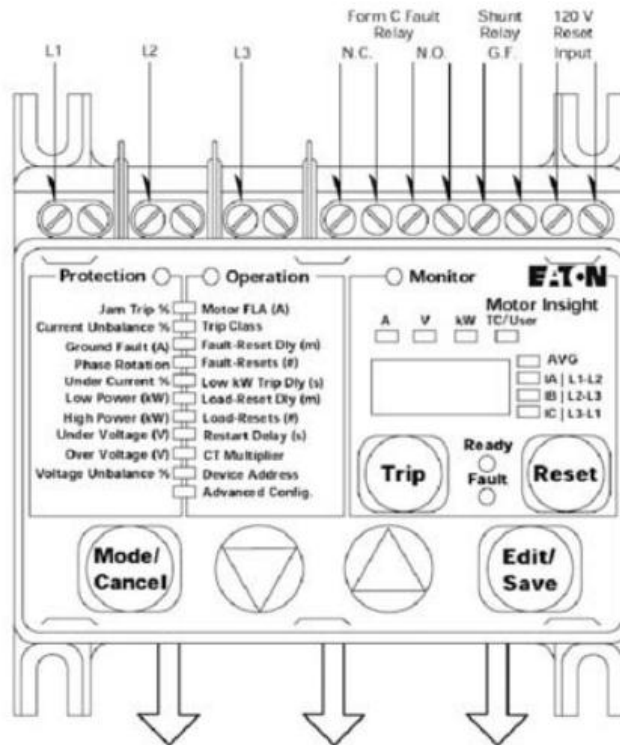
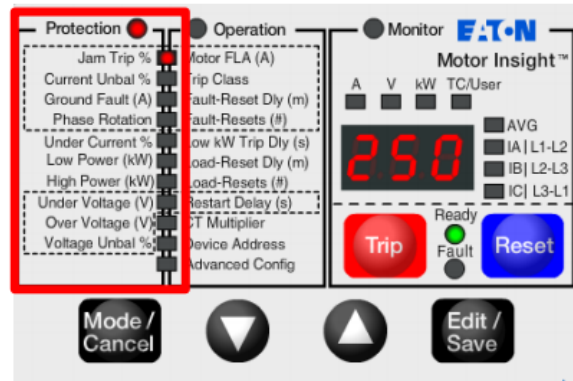


Figura 24: Diagrama de conexión de Relé de Sobrecarga C441CA Eaton

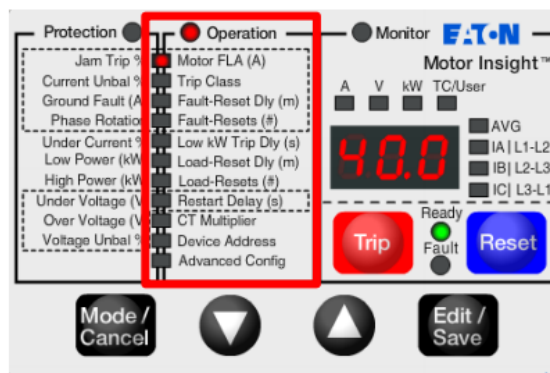


Figura 25: Relé de sobrecarga C441CA Eaton



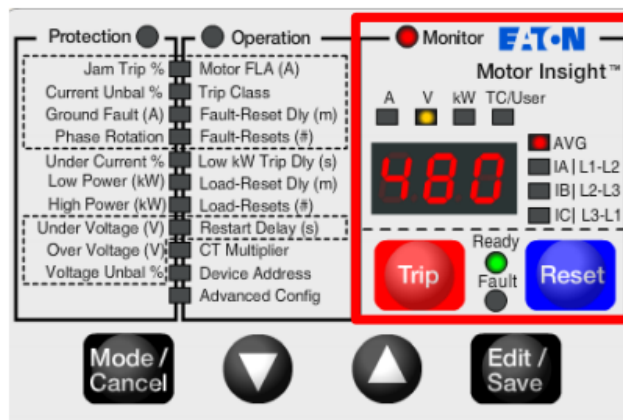
**PROTECCIÓN**  
 Disparo – Porcentaje de Atascamiento  
 Porcentaje Desbalanceo de Corriente  
 Falla a Tierra (A) – Sistemas Aterrizados  
 Rotación de Fase  
 Porcentaje de Bajo Voltaje  
 Baja potencia (kW)  
 Alta Potencia (kW)  
 Bajo Voltaje (V)  
 Sobre Voltaje (V)  
 Porcentaje Desbalanceo de Voltaje

Figura 26: Panel de Protección de Relé de sobrecarga C441CA Eaton



**OPERACIÓN**  
 Voltaje Pleno del Motor (A)  
 Clase de Disparo  
 Retardo de Restablecimiento de Falla (min)  
 Número de Restablecimientos de Falla (#)  
 Retardo de Disparo por Baja Potencia (seg)  
 Retardo de Restablecimiento de Carga (min)  
 Número de Restablecimientos de Carga (#)  
 Retardo de Restablecimientos (seg)  
 Multiplicador de Transformador de Corriente  
 Dirección para Sistema de Comunicación  
 Configuraciones Avanzadas o de Función

Figura 27: Panel de Operación de Relé de sobrecarga C441CA Eaton



**MONITOREO**  
 Corriente RMS por Fase y Promedio  
 Voltaje RMS por Fase y Promedio  
 Potencia  
 Capacidad Térmica (Utilización)  
 Factor de Potencia  
 Porcentaje del Desbalanceo de Voltaje  
 Porcentaje del Desbalanceo de Corriente  
 Falla a Tierra (Corriente)  
 Horas de Operación del Motor  
 Frecuencia

Figura 28: Panel de Monitor de Relé de sobrecarga C441CA Eaton

### 3.3.2 Adaptador Profibus C441S EATON

El adaptador de comunicación PROFIBUS C441S es un dispositivo esclavo DP-V0 que se utiliza para conectar el C441relé de protección Motor Insight a una red PROFIBUS.

El adaptador PROFIBUS C441S se conecta al lateral del relé de sobrecarga C441CA y permite al usuario acceder a los parámetros de configuración y los datos de E / S del relé de sobrecarga a través de una red PROFIBUS.

**Tabla 12: Especificaciones de Adaptador Profibus C441S**

Comunicaciones PROFIBUS	DPV0
Número de identificación del proveedor	0x019D
Número de identificación PNO	0x0C98
Módulos IO máximos	28
Datos de entrada máximos	100 bytes
Datos de salida máximos	20 bytes
Longitud máxima del mensaje de diagnóstico	21 bytes
Velocidades de datos PROFIBUS admitidas	9.6k, 19.2k, 45.5k, 93.75k, 187.5k, 500k, 1.5M, 3M, 6M, 12M
Funciones:	PROFIBUS module - 4IN/2OUT - 120Vac
Funciones opcionales	Congelar; Sincronizar; y a prueba de fallos compatible



**Figura 29: Adaptador Profibus C441S**

Los adaptadores de comunicación PROFIBUS C441S le darán al usuario la capacidad de:

- Configurar los parámetros de configuración del relé de sobrecarga C441AC a través de una red PROFIBUS.
- Cree ensamblajes de E / S personalizados según las necesidades de sus aplicaciones.
- Intercambie E / S entre un maestro y un esclavo a través de una red PROFIBUS.
- Leer información de diagnóstico sobre la salud del relé de sobrecarga C441CA.

Los adaptadores PROFIBUS C441S están diseñados para instalarse en el lado derecho del relé de sobrecarga realizando los siguientes pasos:

1. Alinee el módulo con el lateral de la unidad base Motor Insight.
2. Deslice las clavijas inferiores del módulo en las ranuras correspondientes.
3. Gire el módulo hacia arriba y haga clic suavemente entre la unidad base y el módulo.
4. Conecte la alimentación de 24 V CC, el cable PROFIBUS y el conector IO si lo desea.



Figura 30: Relé de sobrecarga y adaptador de Profibus

El puerto Profibus utiliza la conexión Profibus DB9 estándar

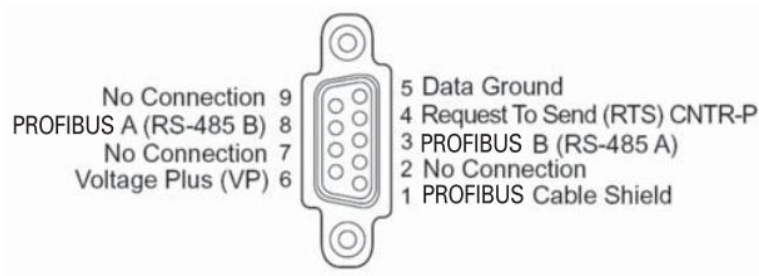


Figura 31: Conexión Profibus DB9

El relé de sobrecarga y el adaptador de Red Profibus se encuentran armados y conector en el MCC 3830-MC-472, en el MCC existen 3 cubículos con Red Profibus, dichos cubículos vienen armados y conectados para su funcionamiento de los cuales solo usamos 2 cubículos.

El cubículo 2H del MCC 3830-MC-472 es para el ventilador del motor de la bomba de arena (3830-FA-2881).

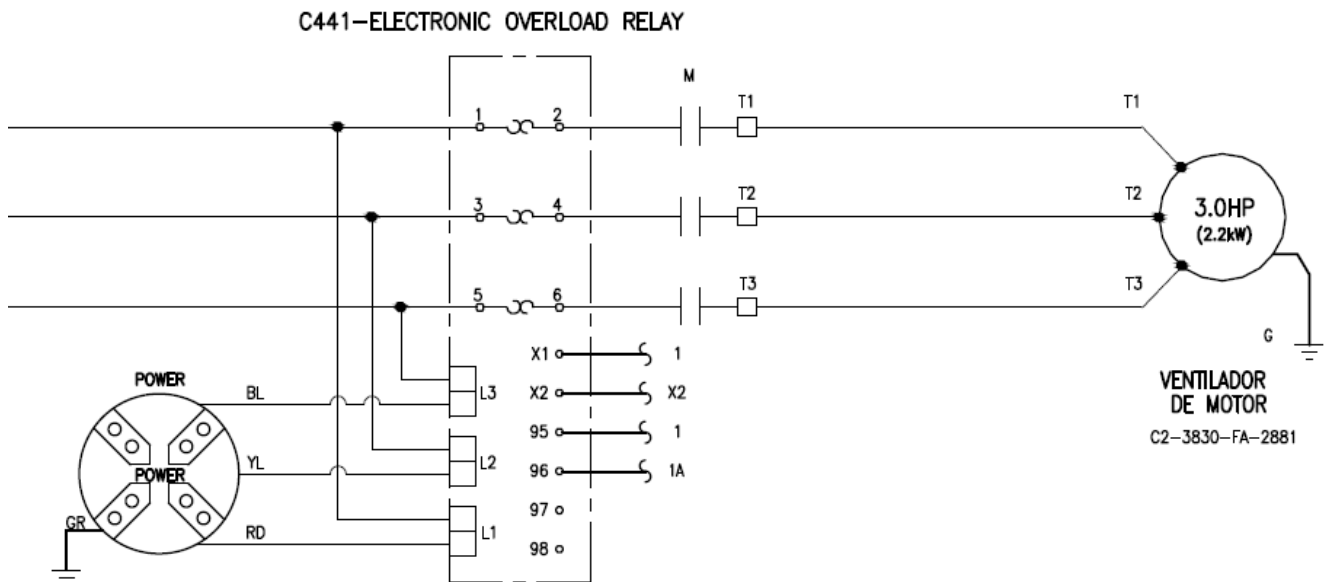


Figura 32: Conexión de C441 a Ventilador del motor de la Bomba de arena



En la figura 32 se muestra el conexionado de fuerza del ventilador del motor donde M es el contactor que al activar cierra circuito dando pase al funcionamiento del ventilador del motor de la bomba de arena.

X1 y X2 son los pines de alimentación de nuestro relé de sobrecarga, se alimenta con 120Vac, los pines 95 y 96 son los contactos cerrados y en caso de cualquier alarma se abren para detener el funcionamiento del ventilador del motor de la bomba de arena.

También se observa un revelador de voltaje que se conecta en las 3 fases para observar la presencia de tensión.

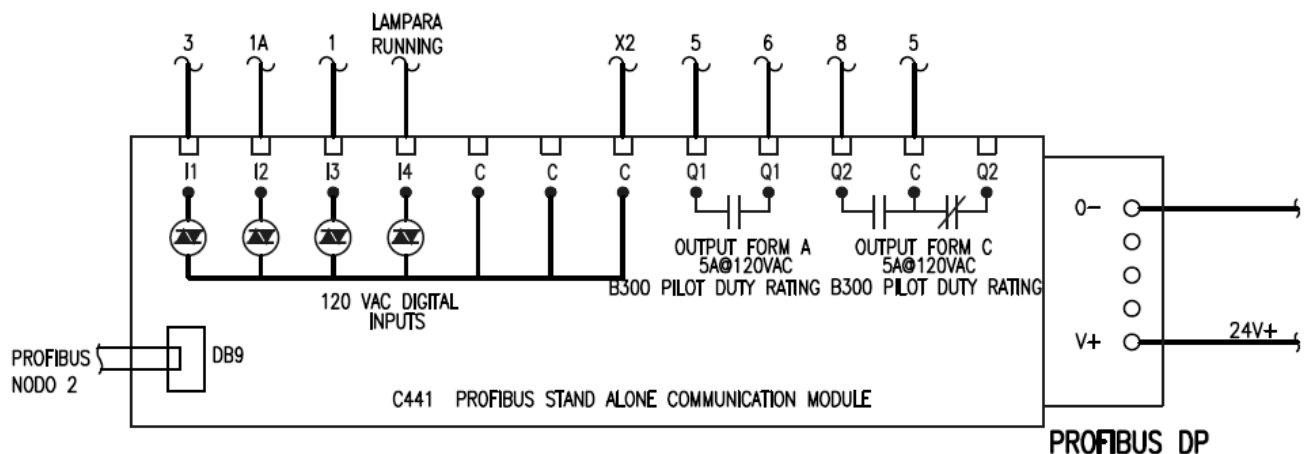


Figura 33: Conexionado de C441 Profibus en el MCC

En la figura 33 se observa el conexionado del adaptador C441 en el Mcc donde podemos observar:

- I1: entrada digital de 120Vac, indica que se activó la parada de emergencia.
- I2: entrada digital de 120Vac, indica que se activó el relé de sobrecarga.
- I3: entrada digital de 120Vac, indica que el módulo del Mcc se encuentra energizado.
- I4: entrada digital de 120Vac, indica ventilador del motor de la bomba de arena en marcha.
- C: conexión común de las entradas digitales.

- Q1 Y Q2 salida digital, en este caso usamos como contacto abierto para elegir encendido del ventilador del motor de la bomba de arena en forma local.
- Q2 Y C salida digital, en este caso usamos como contacto abierto para elegir encendido del ventilador del motor de la bomba de arena en forma remota.

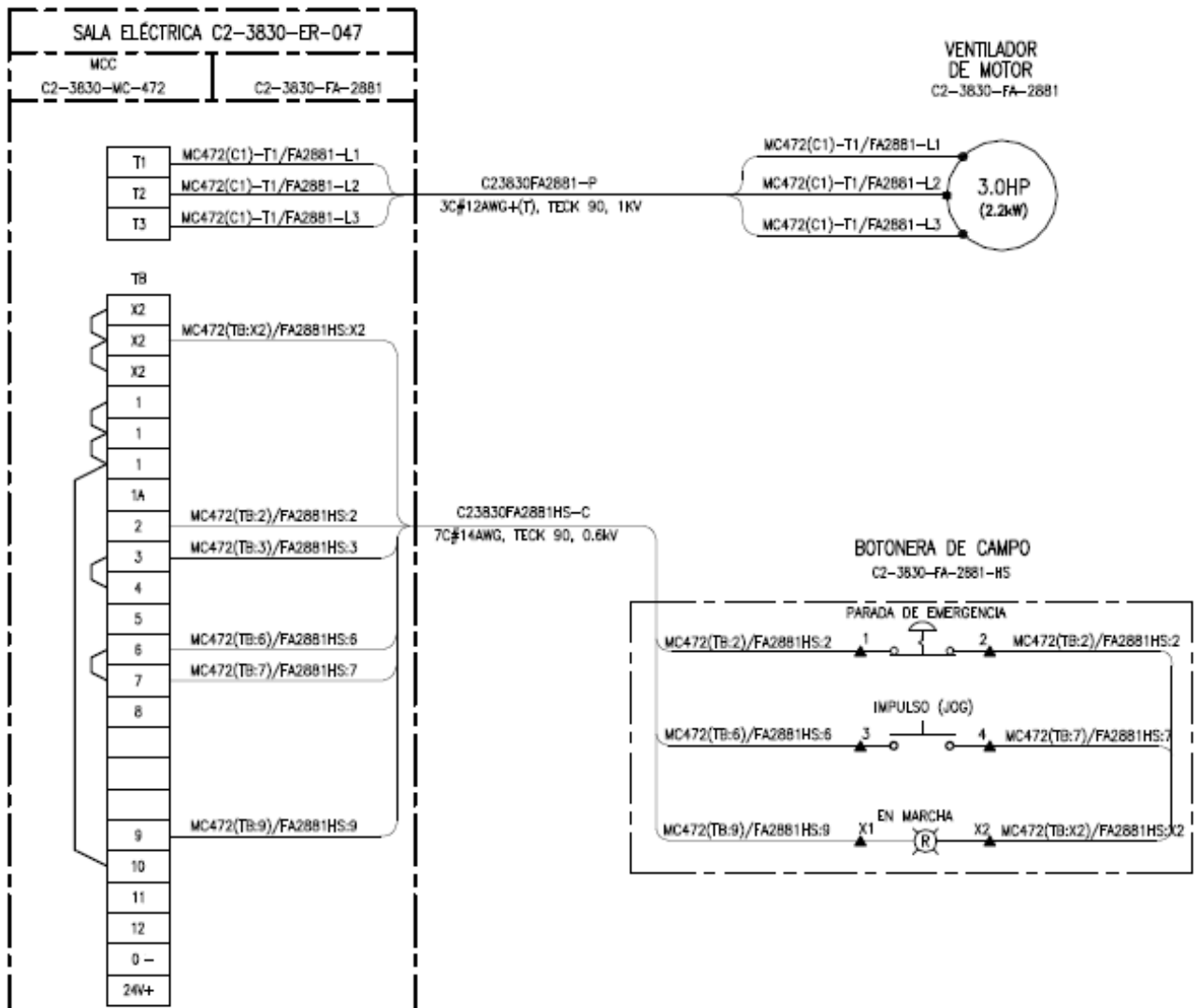
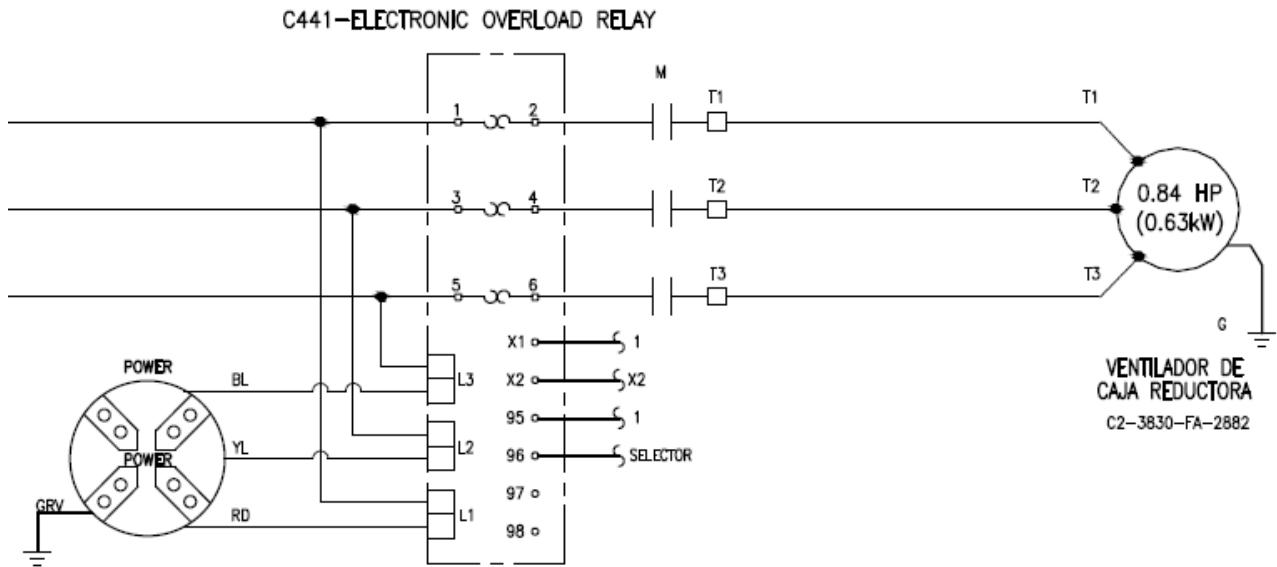


Figura 34: Conexionado de Campo a Sala Eléctrica de ventilador de motor de Bomba de Arena

En la figura 34 vemos el control local que consta de una botonera con una parada de emergencia, un pulsador para el encendido y un indicador Led para visualizar el estado del ventilador del motor de la bomba de arena.

El cubículo 3J del MCC 3830-MC-472 es para el ventilador de la caja reductora de la bomba de arena (3830-FA-2882).



**Figura 35: Conexión de C441 a Ventilador de caja reductora de la Bomba de arena**

En la figura 35 se muestra el conexionado de fuerza del ventilador del motor donde M es el contactor que al activar cierra circuito dando pase al funcionamiento del ventilador.

X1 y X2 son los pines de alimentación de nuestro relé de sobrecarga, se alimenta con 120Vac, los pines 95 y 96 son los contactos cerrados y en caso de cualquier alarma se abren para detener el funcionamiento del ventilador de la caja reductora.

También se observa un revelador de voltaje que se conecta en las 3 fases para observar la presencia de tensión.

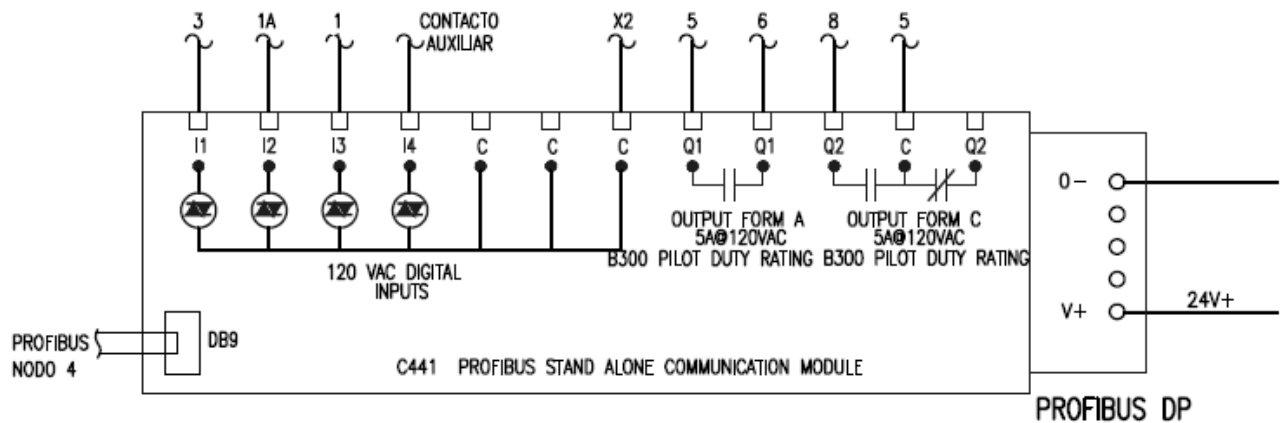


Figura 36: Conexión de C441 Profibus en el MCC

En la figura 36 se observa el conexionado del adaptador C441 en el Mcc donde podemos observar:

- I1: entrada digital de 120Vac, indica que se activó la parada de emergencia.
- I2: entrada digital de 120Vac, indica que se activó el relé de sobrecarga.
- I3: entrada digital de 120Vac, indica que el módulo del Mcc se encuentra energizado.
- I4: entrada digital de 120Vac, indica motor del ventilador de la caja reductora en marcha.
- C: conexión común de las entradas digitales.
- Q1 Y Q2 salida digital, en este caso usamos como contacto abierto para elegir encendido del ventilador de la caja reductora en forma local.
- Q2 Y C salida digital, en este caso usamos como contacto abierto para elegir encendido del ventilador de la caja reductora en forma remota.

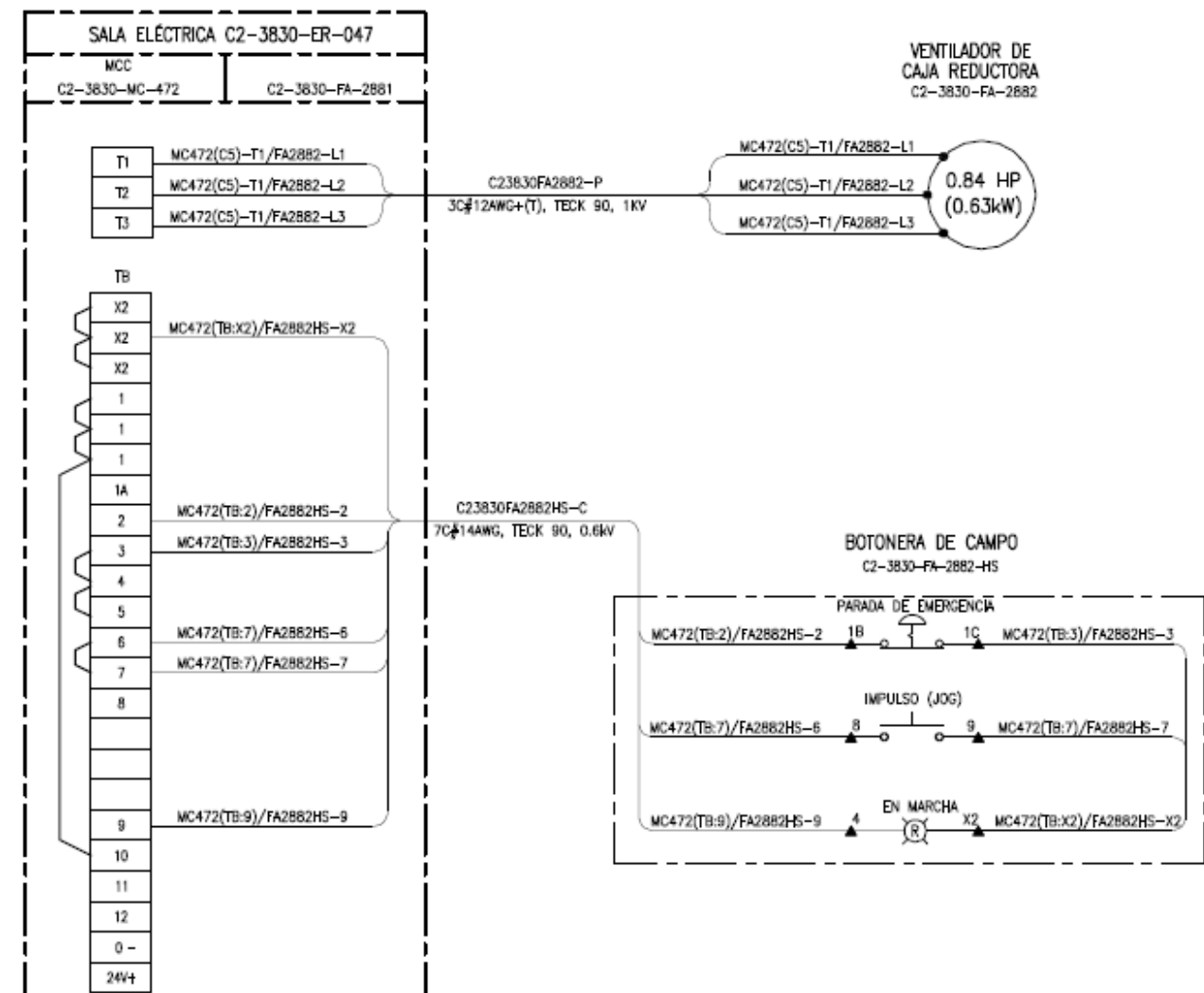


Figura 37: Conexionado de Ventilador de Caja Reductora de la Bomba de Arena

En la figura 37 vemos el control local que consta de una botonera con una parada de emergencia, un pulsador para el encendido y un indicador Led para visualizar el estado del ventilador de la caja reductora.

### 3.3.3 Variador de Velocidad POWERFLEX 753 (3860-PW-2881-AF/3860-PW-2882-AF)

Los variadores de CA PowerFlex® 753 son rentables y fáciles de usar en aplicaciones de uso general que requieren características de seguridad.

El variador Powerflex 753 posee una arquitectura mecánica basada en ranuras que permite al usuario personalizar el variador agregando tantas opciones como requiera su aplicación, E/S, seguridad, comunicaciones, etc.

El módulo de opción 20-750 Pbus ofrece un método flexible y rentable para aprovechar la red Profibus DP.



Figura 38: Variador de Velocidad Powerflex 573

Este variador de uso general controla la velocidad, la dirección, el arranque y el paro del motor de la bomba de agua de sello. Funciona dependiendo a la presión de la línea de agua de sello, tiene que ser superior en 15 Psi a la línea de salida de la bomba de agua de sello,

en caso de que la diferencia sea diferente tanto la bomba de agua de sello y la bomba de arena se detendrán.

**Características:**

- 200 a 240 V: De 0.37 a 132 kW / De 0.5 a 200 Hp / De 2.2 a 477 A
- 380 a 480 V: De 0.75 a 250 kW / De 1.0 a 350 Hp / De 2.1 a 456 A
- 600 V: 1.0 a 300 Hp / 1.7 a 289 A
- 690 V: 7.5 a 250 kW / 12 a 263 A
- Distancia máxima de cable: 30m
- Entradas Digitales: 3 (24VCC, 2 programables)
- Salidas a Relé: 1
- Salidas a Transistor: 1
- Temp. Operación: 0 a 50 °C
- Grado de Protección: IP20
- Control V/Hz, control vectorial con tecnología FORCE™ y control vectorial sin sensores.
- Diagnósticos predictivos para ampliar la vida útil de ventiladores de enfriamiento y salidas de relé.
- La arquitectura basada en ranuras proporciona tres ranuras de opción para comentarios, seguridad, comunicación, E/S adicionales o una fuente de alimentación eléctrica auxiliar.
- Configuración y programación mediante el módulo de interface de operador (HIM) LCD integral.

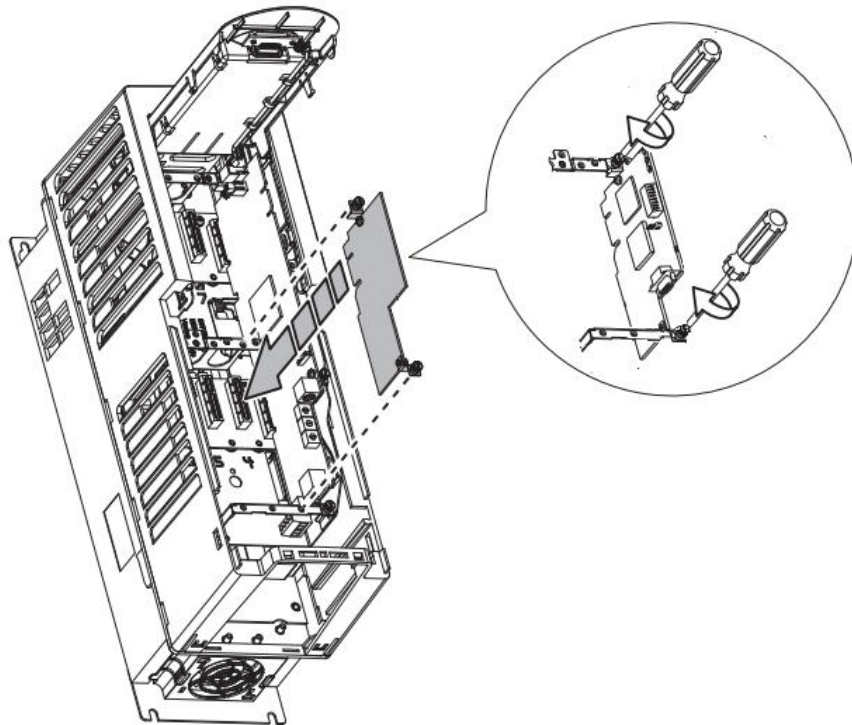
Para la comunicación entre el variador de velocidad con el DCS Delta V mediante la red Profibus DP usamos el adaptador 20-750 PBUS.

Para la instalación del adaptador o módulo Presione firmemente el conector del borde del módulo en el puerto correspondiente luego se aprieta los tornillos de retención superior e inferior.

Las ubicaciones de puerto compatibles pueden estar restringidas para cada módulo. Se proporciona un icono con los números de posición para indicar qué puertos de módulo de opción son compatibles. En nuestro caso podemos conectar nuestro modulo en el puerto 4,5 o en el puerto 6 como muestra la figura 39.



**Figura 39: compatibilidad de puertos del módulo 20-750 PBUS**



**Figura 40: Montaje de módulo 20-750 DBUS a Powerflex 753**



### 3.3.4 Adaptador 20-750 PBUS

El módulo de opción 20-750-PBUS está programado para su instalación en una unidad PowerFlex 750-Series y se utiliza para la comunicación en red.

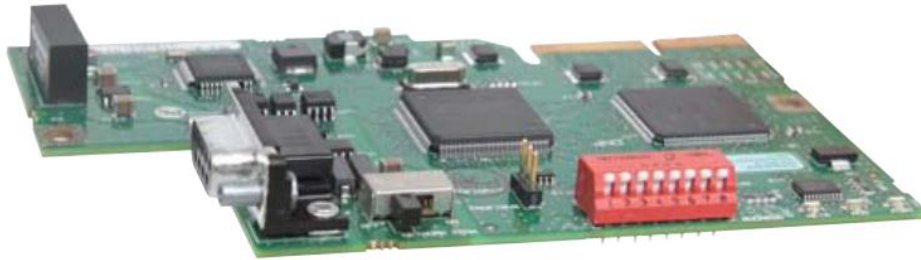


Figura 41: Módulo 20-750 DBUS

El módulo 20-750 DBUS posee las siguientes características:

- Tornillos prisioneros para asegurar y fijar el módulo de opción a la unidad.
- Interruptores para establecer una dirección de nodo antes de dar corriente a la unidad.
- Compatibilidad con varias herramientas de configuración para configurar el módulo de opción y la unidad Remotos. Las herramientas incluyen el PowerFlex Clase-7 HIM mejorado (módulo de interfaz humano 20-HIM-A6 ó 20-HIM-C6S) en la unidad, y software de configuración de la unidad como el DriveExplorer (versión 6.01 ó posterior) o DriveExecutive (versión 5.01 ó posterior), DriveObserver (versión 5.01 ó posterior) o ControlFlash (versión 7.00 ó posterior) o software de configuración de Profibus de terceras partes como el Creador de Configuración Prosoft (Prosoft Configuration Builder) etc.
- Indicadores de estado que informan sobre el estado del módulo de opción y comunicaciones de red. Los

indicadores son visibles cuando se retira la cubierta de la unidad.

- Soporte de mensajes acíclicos.
- Jerarquía maestro-esclavo que se puede configurar de forma que el módulo opción y la unidad PowerFlex 750-Series transmitan datos hacia y desde un maestro en la red.
- Acciones de fallo definidas por el usuario para determinar como el módulo de opción y la unidad conectada responden a:
  - Interrupciones en la comunicación de mensajes I/O (Acción de fallo en la comunicación)
  - Controladores en el modo de espera (Acción de fallo en la espera)
  - Mensajes acíclicos

Los principales elementos del módulo 20-750 DBUS se muestra en la figura 42.

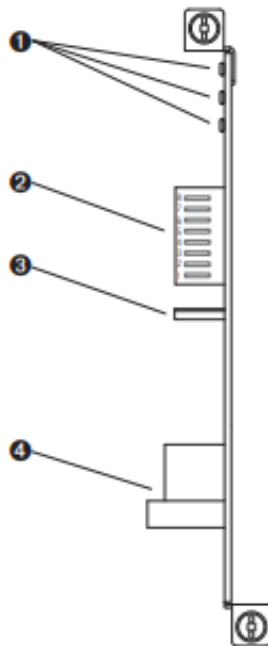


Figura 42: Elementos del módulo 20-750 PBUS

Tabla 13: Descripción de elementos del módulo 20-750 DBUS

Elemento	Pieza	Descripción
1	Indicadores de estado	Tres indicadores de estado que indican el estado del adaptador y conexión de red.
2	Interruptores de dirección de nodo (Interruptores 1 - 7)	Ajusta la dirección de nodo del módulo de opción.
3	Puente de selección	Interruptor de selección de Profibus o Profidrive (esta característica no está soportada en esta versión por lo que el cambio de posición del Puente no producirá efecto alguno. El Profibus se selecciona en ambas posiciones).
4	Conector hembra Profibus DB9	Conexión Profibus a la red.

- **Indicadores de estado**

El módulo opción utiliza tres indicadores de estado para informar sobre su estado de operación. Se pueden ver con la cubierta de la unidad retirada.

	Indicador LED	Nombre	Descripción
1	1	PUERTO	Estado de la conexión DPI
2	2	MOD	Estado del módulo de opción
3	3	NET A	Estado del Canal A ControlNet

Figura 43: Indicadores de estado del módulo 20-750 PBUS

- **Ajuste de los Interruptores de Alineación y dirección de nodo**

Ajuste el alineamiento del módulo de opción mediante el uso del interruptor de intercambio de bytes No. 8. El interruptor de intercambio de bytes se puede ajustar a formatos de datos en abierto "0" (pequeño alineamiento) o

cerrado "1" (gran alineamiento) para los datos cíclicos intercambiados en la red.

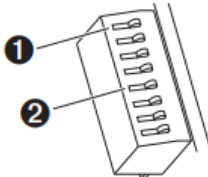
	<b>Profibus</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
	❶	Conmutador de selección de extremidad (Conmutador de 8)	Establece la extremidad de los datos transmitidos sobre la red.
	❷	Interruptores de dirección de nodo (Interruptores 1...7)	Establece la dirección de nodo del módulo de opción.

Figura 44: Alineamiento y dirección del módulo 20-750-PBUS

Ajuste la dirección del nodo ajustando los interruptores de dirección de nodo 1 al 7 a su equivalente binario, donde '0' y '1' indican las posiciones 'abierta' y 'cerrada' respectivamente.

Los ajustes del interruptor se pueden comprobar viendo el parámetro de Dispositivo 06 [Real dir red] utilizando un PowerFlex 20-HIM-A6/-C6S HIM, el software DriveExplorer, o el software DriveExecutive.

- **Puente de selección del módulo opcional Profibus**

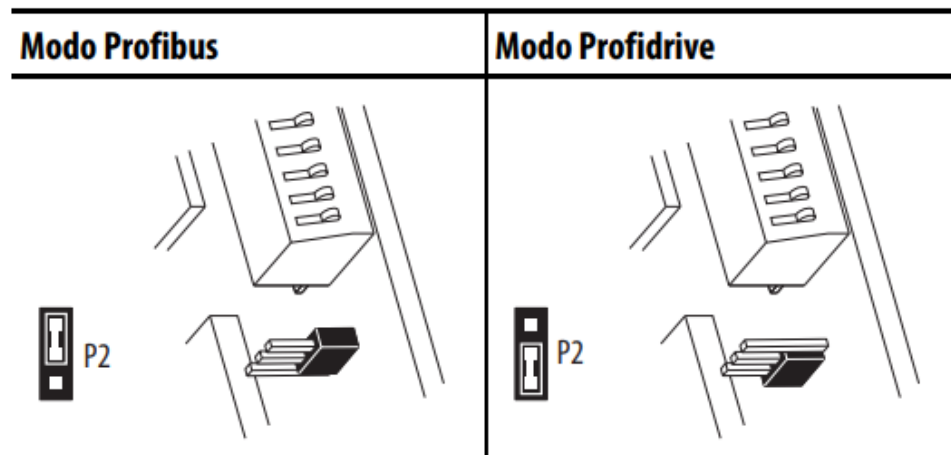


Figura 45: selección Profibus – Profidrive del módulo 20-750 PBUS

- **Conector de Red Profibus**

Posee un conector hembra Profibus DB9



Figura 46: Conector de Red Profibus del módulo 20-750 PBUS

Terminal	Señal	Función
Carcasa	Pantalla	Pantall de cable Bus (pantalla exterior que rodea los conductores A y B)
1	No conectado	
2	No conectado	
3	LINEA-B	RxD/TxD Positivo, de acuerdo con especificación RS485
4	RTS	Solicitud de envío
5	BUS GND	Referencia de voltaje cero de red (aislado del lado de la unidad)
6	BUS +5V	+5V de salida a red ( aislado del lado de la unidad )
7	No conectado	
8	LINEA-A	RxD/TxD Negativo, de acuerdo con especificación RS485
9	No conectado	

Figura 47: Descripción de pines de conector DB9 para el 20-750 PBUS

### 3.3.5 Reactor de eléctrico 1321-3R35-B

Los variadores de frecuencia al ser una carga no lineal generan un impacto armónico sobre la red eléctrica y sumando la distancia entre el variador de velocidad y el motor generan un impacto armónico provocando:

- Disparos no deseados
- Sobrecarga en transformadores

- Menor eficacia del sistema
- Disminución del factor de potencia

Para reducir el impacto se coloca un reactor eléctrico en la salida del Variador de velocidad.

En aplicaciones de cables de motor largos, los reactores de carga de Allen-Bradley que se encuentran entre el variador y el motor ayudan a reducir  $dv / dt$  y los voltajes pico de los terminales del motor. El uso de un reactor de carga también ayuda a proteger el variador de las sobrecorrientes causadas por cambios rápidos en la carga.

Usamos el reactor de carga 1321-3R35-B de 3 fases de 35A

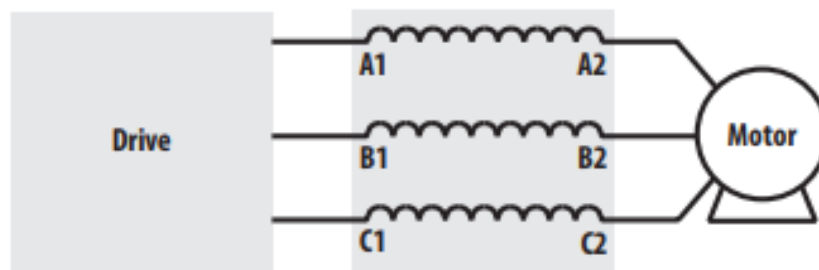


Figura 48: Reactor de carga a la salida del Variador

El reactor de carga al ser conectado en nuestro sistema:

- Reduce las sobrecorrientes
- Reduce el voltaje de salida  $dv / dt$
- Reduce la temperatura del motor
- Prolonga la vida útil de los semiconductores
- Reduce el ruido audible del motor

El conexionado del variador de velocidad y la bomba de agua de sello 3830-PW-2881 se muestra en la figura 50.

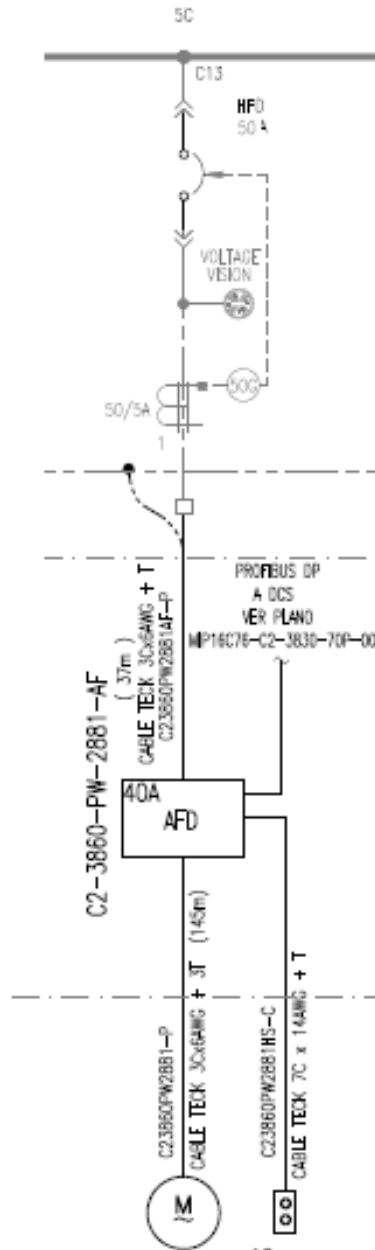
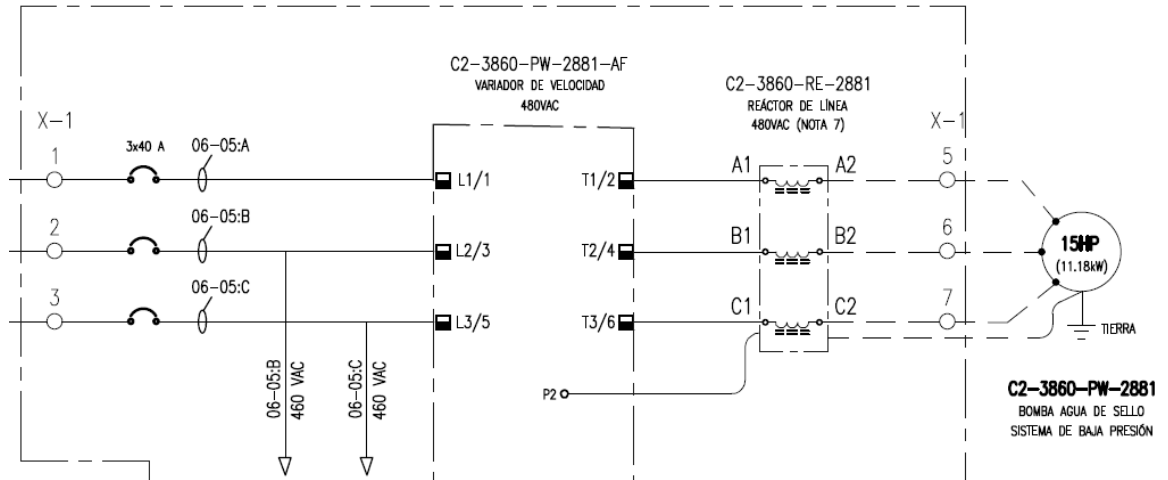


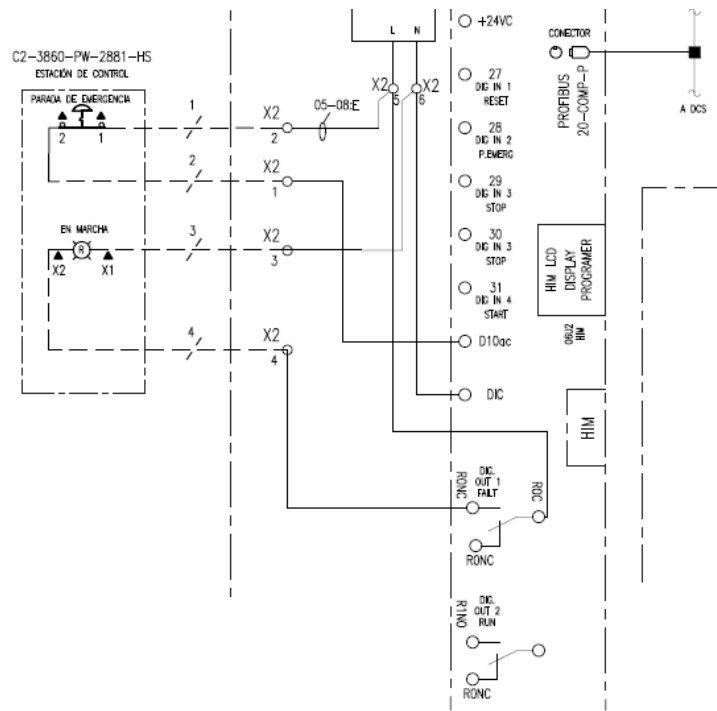
Figura 49: Conexión de variador de velocidad (PW-2881-AF) en el MC-472

En la figura 49 se muestra el conexionado de la alimentación eléctrica (480Vac) del variador de velocidad Powerflex 753 (PW-2881-AF) que proviene del MCC 3830-MC-472 del cubículo 5C de la sala eléctrica 3830-ER-047.



**Figura 50: Diagrama esquemático de fuerza Bomba de agua sello PW-2881**

En la figura 50 podemos observar el conexionado de la bomba de agua de sello con el reactor de carga y así mismo el reactor de carga con el variador de velocidad, se muestra también un línea bifásica de 460V que es para un transformador 460V a 120V para el sistema de iluminación, control y ventilador del tablero del variador de velocidad.



**Figura 51: Diagrama esquemático de control Variador de Velocidad PW-2881-AF**



En la figura 51 podemos observar el conexionado de control de la bomba de agua de sello, en campo posee una botonera de parada de emergencia y un indicador Led de funcionamiento de la bomba de agua de sello. Los cuales la parada de emergencia está conectado a una fuente de alimentación exterior (120Vac) en la entrada programable del variador de velocidad y el indicador Led se encuentra conectado en la salida digital tipo relé, También se puede observar el conexionado para la comunicación Profibus.

El conexionado del variador de velocidad y la bomba de agua de sello 3830-PW-2882 se muestra en la figura 53.

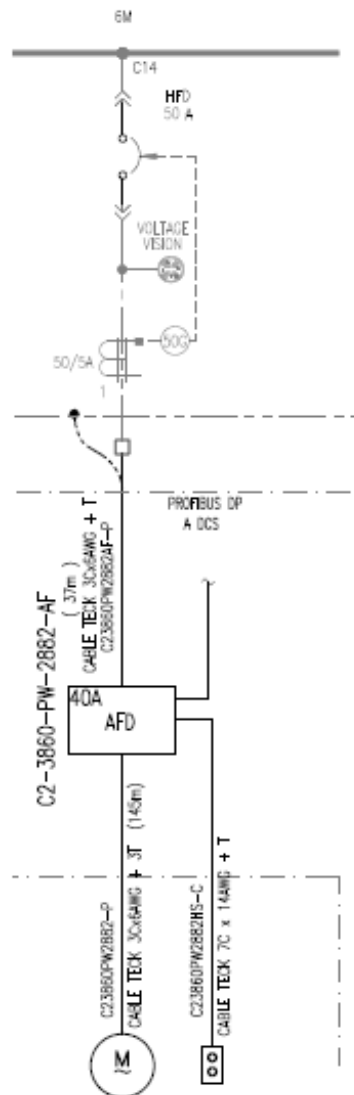
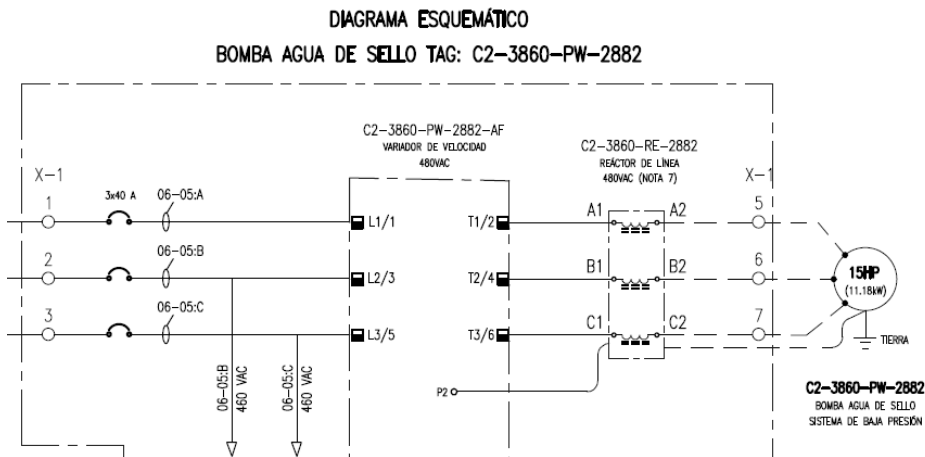


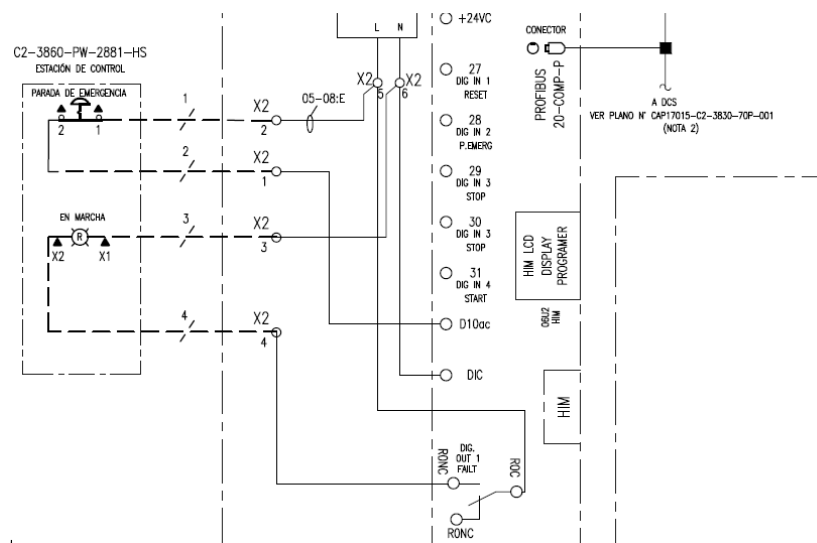
Figura 52: Conexionado de variador de velocidad (PW-2882-AF) en el MC-472

En la figura 52 se muestra el conexionado de la alimentación eléctrica (480Vac) del variador de velocidad Powerflex 753 (PW-2882-AF) que proviene del MCC 3830-MC-472 del cubículo 6M de la sala eléctrica 3830-ER-047.



**Figura 53: Diagrama esquemático de fuerza Bomba de agua sello PW-2882**

En la figura 53 podemos observar el conexionado de la bomba de agua de sello con el reactor de carga y así mismo el reactor de carga con el variador de velocidad, se muestra también un línea bifásica de 460V que es para un transformador 460V a 120V para el sistema de iluminación, control y ventilador del tablero del variador de velocidad.



**Figura 54: Diagrama esquemático de control Variador de Velocidad PW-2882-AF**

En la figura 54 podemos observar el conexionado de control de la bomba de agua de sello, en campo posee una botonera de parada de emergencia y un indicador Led de funcionamiento de la bomba de agua de sello. Los cuales la parada de emergencia está conectado a una fuente de alimentación exterior (120Vac) en la entrada programable del variador de velocidad y el indicador Led se encuentra conectado en la salida digital tipo relé, También se puede observar el conexionado para la comunicación Profibus.

En el proceso solo funcionara la bomba de agua de sello 3830-PW-2881, la bomba de agua de sello 3830-PW-2882 es STAND BY.

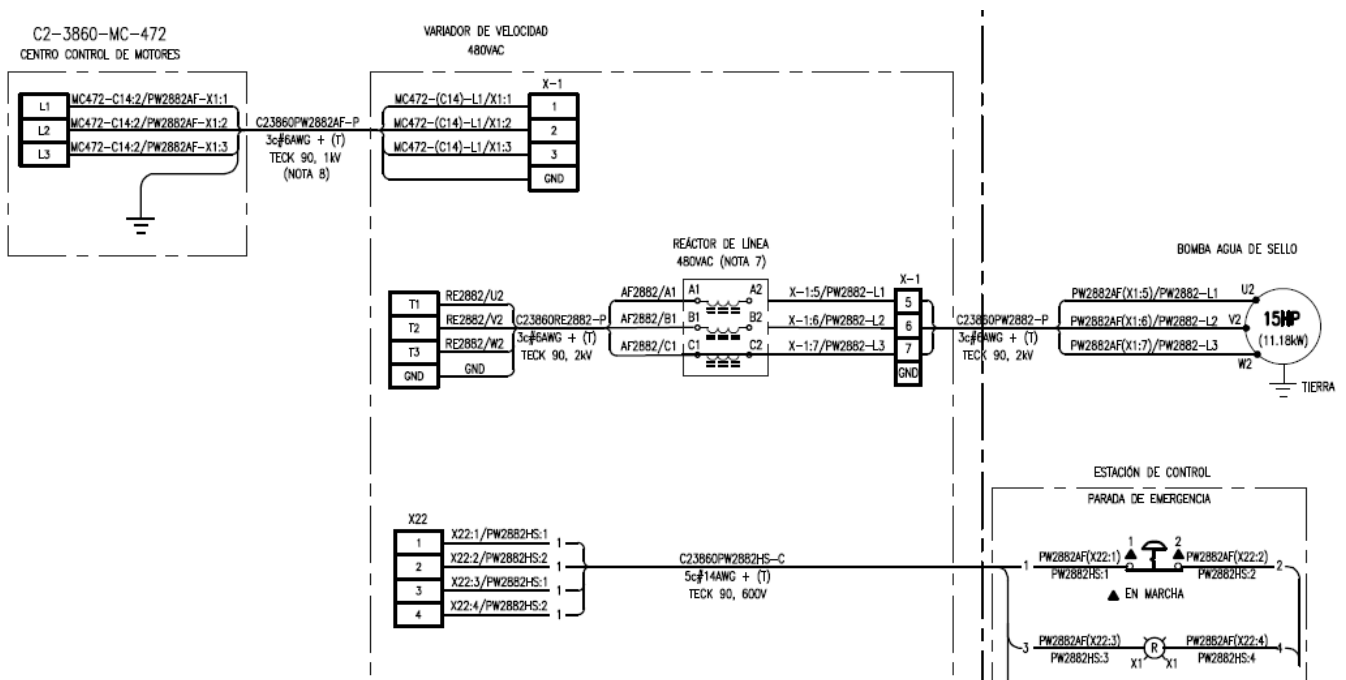


Figura 55: Esquema General de conexionado de bomba de agua de sello PW-2881/PW2882

### 3.3.6 Variador de velocidad POWERFLEX 7000 (3830-PP-2881-AF)

El PowerFlex 7000 es un variador de la marca Rockwell de media tensión de uso general e independiente que controla velocidad, par de torsión, dirección, arranque y parada de motores estándar CA sincrónicos y asincrónicos. Está orientado para emplearse en una serie de aplicaciones estándar como específicas tales como ventiladores, bombas, compresores, mezcladores, hornos autoclaves, bombas de ventilación y bancos de prueba. Las industrias primarias para estas aplicaciones incluyen petroquímicas, cementeras, mineras y del metal, de productos forestales, generación eléctrica y agua/aguas residuales. Se encuentra disponible en las tensiones de alimentación comunes en media tensión en el mundo, desde 2.400 voltios hasta 6.600 voltios. El diseño se enfoca en alta confiabilidad, simplicidad de uso y en disminuir el costo total de adquisición y uso.

Este variador de uso general controla la velocidad, el par, la dirección, el arranque y el paro del motor de la bomba de arena (3830-PP-2881). Funciona dependiendo del nivel de relave que hay en la caja de distribución de arenas (3830-BX-015), menor nivel de relave en el cajón menor será la velocidad, mayor nivel de relave en el cajón mayor velocidad, el dispositivo encargado de medir el nivel de la caja de distribución es un sensor de nivel tipo radar (3830-LIT-00510) ya existente, la distancia máxima del cable entre el Variador y el motor es de 15Km, pero la distancia entre nuestro variador y el motor de la bomba de arena es aproximadamente 120m.

**Tabla 14: Especificaciones de Variador Powerflex 7000**

Potencia nominal	200 - 5500 hp / 150 – 4100Kw
Tipo de motor	Motores a inducción o sincrónicos
Tensión nominal de entrada	2400V, 3300V, 4160V, 6600V

Fase	trifásica
Tolerancia de la tensión de entrada	+/- 10% del nominal
Frecuencia de entrada	50/60 Hz +/- 5%
Circuito de protección de potencia a la entrada	Contactador de vacío con interruptor fusible aislante
Voltaje de salida	0-2300V 0-3300V 0-4160V 0-6000V, 0-6300V, 0-6600V
I/O externo	16 Input digital, 16 Output digital
Capacidad nominal de las entradas externas	50-60 Hz CA o CD 120-240 V – 1 mA
Capacidad nominal de las salidas externas	50-60 Hz CA o CD 30-260 V – 1 Amp
Entradas analógicas	(1) Aislado, (1) No aislado, 4-20 mA o 0-10 V (250 ohm)
Resolución analógica	Entrada analógica de 12 Bit (4-20 mA) • Parámetros internos con resolución de 32 Bits
Entradas analógicas	Entradas analógicas (1) Aislado, (7) No aislado, 4-20 mA o 0-10 V (600 ohm)
Protocolos de Comunicación	Ethernet, Profibus, DeviceNet, ControlNet, Modbus, RS232/422/485, DH485, I/O remoto, Interbus.
Temperatura de ambiente	0-40°C
Humedad	Max 95% sin condensación



**Figura 56: Variador de Velocidad PowerFlex 7000**

El variador Powerflex 7000 no requiere un transformador de aislamiento para la alimentación ya que posee el método “Front End” Directo al variador que hace uso de conmutación con semiconductores para disminuir los armónicos en la línea de corriente de manera de satisfacer los estándares mundialmente más aceptados sobre armónicos. El método Front End activo es el mejor método para la cancelación de armónicos y no genera DV/DT o Reflejo de esfuerzo de patrones de onda de voltaje sobre los motores.

Para la comunicación del variador de velocidad en red Profibus se usó el adaptador 20-COMM-P

### 3.3.7 Adaptador 20-COMM-P

El adaptador PROFIBUS 20-COMM-P es una comunicación integrada opcional para cualquier variador de la familia 7 de PowerFlex.



Figura 57: Adaptador 20-COMM-P

La descripción de sus componentes se muestra en la Tabla.

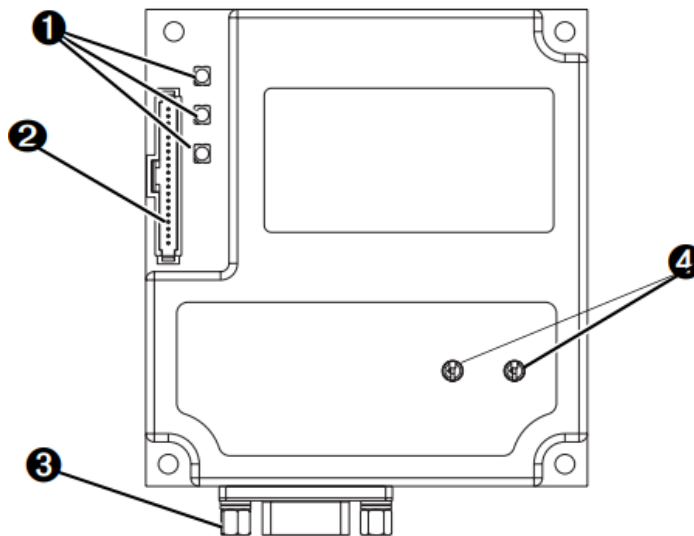


Figura 58: Componentes del Adaptador 20-COMM-P

Tabla 15: Descripción de componentes de Adaptador 20-COMM-P

Numero	Parte	Descripción
1	Indicadores de estado	Tres LED que indican el estado del variador conectado, adaptador y red.
2	Conector DPI	Un cabezal macho recubierto de una sola fila de 20 pines. Un cable de interfaz interna está conectado a este conector y un conector en la unidad.
3	Conector Profibus	Conector DB9 hembra
4	Switches de dirección de nodo	Switches para configurar la dirección del nodo.

La descripción de los indicadores de estado se muestra en la tabla 15.

Tabla 16: Indicadores de Estado de Adaptador 20-COMM-P

Numero	Indicador de estado	Estado	Descripción
1	PORT	Verde	Operación normal. El adaptador está conectado correctamente y se está comunicando con la unidad.
		Verde parpadeante	El adaptador está estableciendo una conexión con la unidad.
2	MOD	Verde	Operación normal. El adaptador está operativo y está transfiriendo datos de E / S.
		Verde parpadeante	Operación normal. El adaptador está operativo pero no transfiere datos de E / S.
3	NET	verde	Operación normal. El adaptador está conectado correctamente y el autobús está en línea.

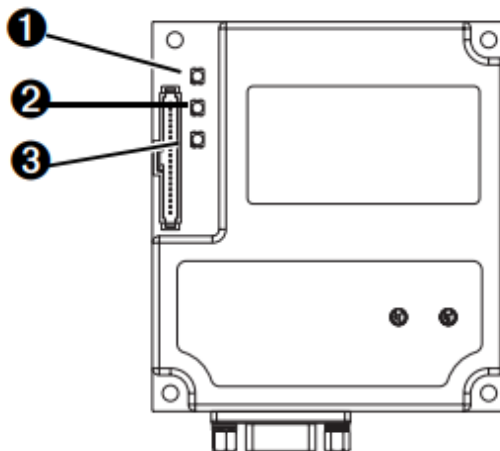


Figura 59: Indicadores de Estado del Adaptador 20-COMM-P



La dirección de nodo utilizada por el adaptador si los conmutadores están habilitados es de 0-99. La configuración predeterminada del interruptor es 05.

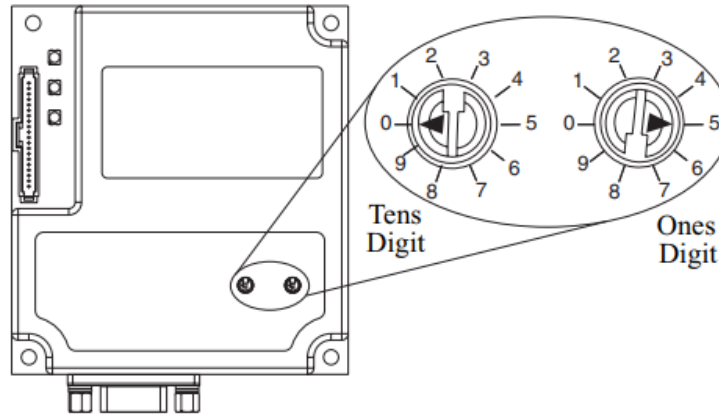


Figura 60: Dirección de nodo del Adaptador 20-COMM-P

Para el conexionado de Red Profibus el adaptador posee un conector DB9 hembra como indica en la figura 61.

Tabla 17: Descripción de pines del conector DB9

Terminal	Señal	Función
1	No conectado	
2	No conectado	
3	<b>LINEA-B</b>	RxD/TxD Positivo, de acuerdo con especificaciones RS485
4	RTS	Solicitud de envío
5	BUS GND	Referencia de voltaje cero de red (aislado del lado de la unidad)
6	BUS 5+V	+5V de salida a red (aislado del lado de la unidad)
7	No conectado	
8	<b>LINEA-A</b>	RxD/TxD Negativo, de acuerdo con especificaciones RS485
9	No conectado	

**DB9 Female**

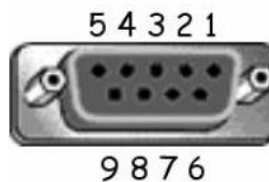


Figura 61: Conector DB9 hembra

El adaptador 20-COMM-P posee las siguientes características:

- El adaptador está montado en el variador PowerFlex. Recibe la energía requerida de la unidad.
- Los conmutadores le permiten establecer una dirección de nodo antes de aplicar energía al Unidad PowerFlex. Alternativamente, puede deshabilitar los interruptores y usar parámetros para configurar esta función.
- Se utilizan tornillos cautivos para asegurar el adaptador a la unidad.
- Se pueden utilizar varias herramientas de configuración para configurar el adaptador y unidad conectada. Las herramientas incluyen el PowerFlex HIM en el unidad o software de configuración de unidad como DriveExplorer (versión 2.01 o superior) o DriveExecutive (versión 1.01 o superior).
- Los indicadores de estado informan sobre el estado de la unidad, el adaptador y la red, son visibles tanto cuando la tapa está abierta como cuando está cerrada.
- El adaptador PROFIBUS es compatible con variadores Allen-Bradley PowerFlex y otros productos que admiten DPI, los productos compatibles incluyen:
  - Variadores PowerFlex 70
  - Variadores PowerFlex 700
  - Variadores PowerFlex 7000

El PowerFlex 7000 está conectado al MCC 3830-MC-471, el MCC es un centro de distribución de energía de media tensión (4.16KV). En la figura 62 podemos observar el conexionado del variador en el 3830- MCC-471 en la llave de 200A,

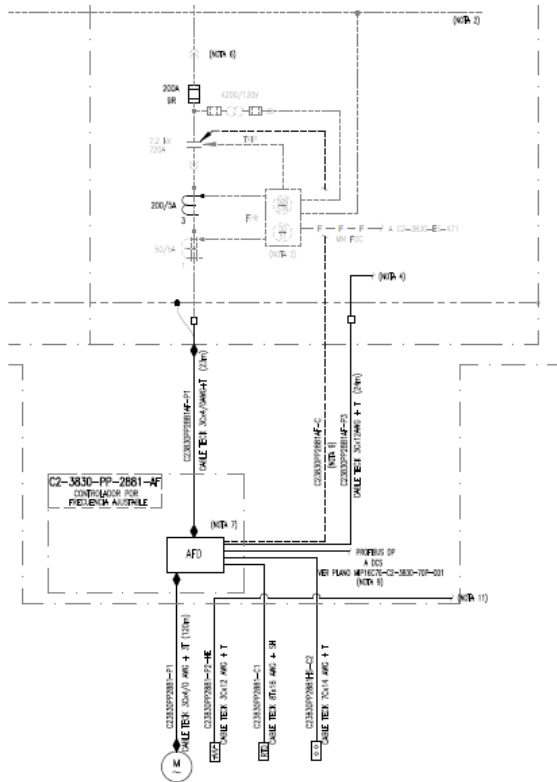


Figura 62: Diagrama Unifilar 3830-MC-471

En la figura 63 podemos observar el conexionado de Fuerza del variador PowerFlex 7000 y el motor de la Bomba de Arena, una alimentación trifásica externa de 480V que proviene del MCC 3830-MC-472 que sirve para el sistema de enfriamiento por aire

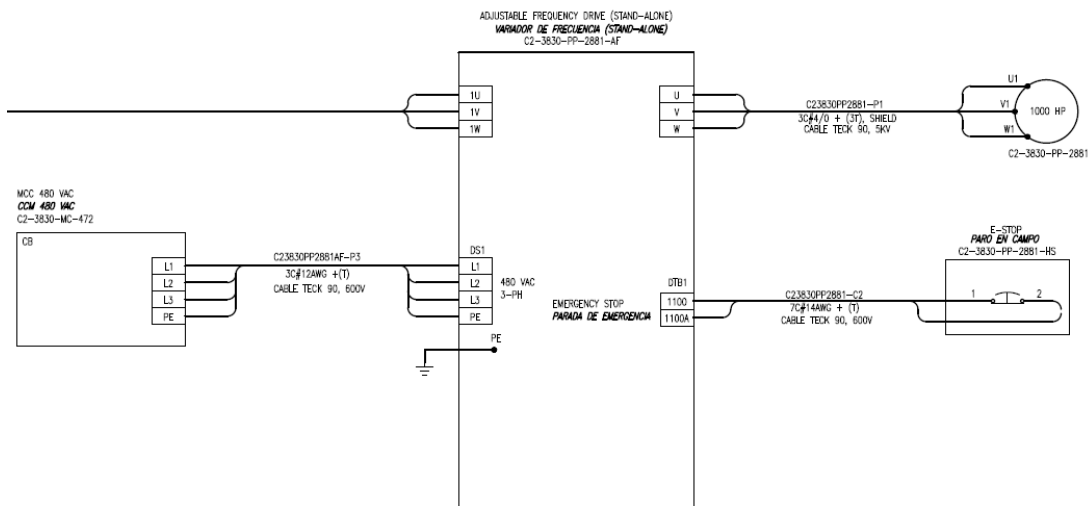
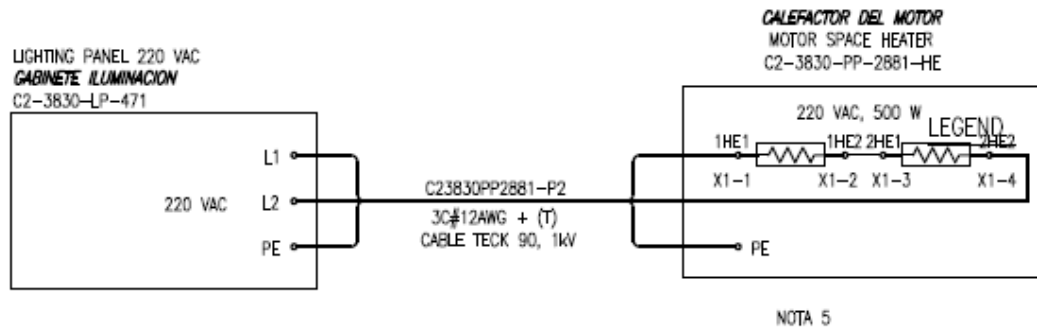


Figura 63: Diagrama esquemático de fuerza del Powerflex7000

En la figura 64 podemos observar el conexionado del calefactor de la Bomba de Arena cuya alimentación de 220V proviene del tablero de Iluminación 3830-LP-471



**Figura 64: Conexionado de calefactor del Motor de la Bomba de arena**

En la figura 65 podemos observar el conexionado de control del PowerFlex7000, donde se observa el conexionado de los RTDs del motor de la Bomba de Arena, 1 módulo de entrada digital que indican el estado del MCC de media tensión y contactos abiertos digitales para que el PowerFlex7000 este en comunicación con el MCC de media tensión en caso de alguna falla del motor de la Bomba de Arena.

Se tiene también una parada de emergencia en caso de algún incidente no deseado proveniente de campo que detiene el sistema, no existe un arranque debido a que el variador PowerFlex 7000 depende del nivel que existe en la caja de distribución (3830-BX-015).

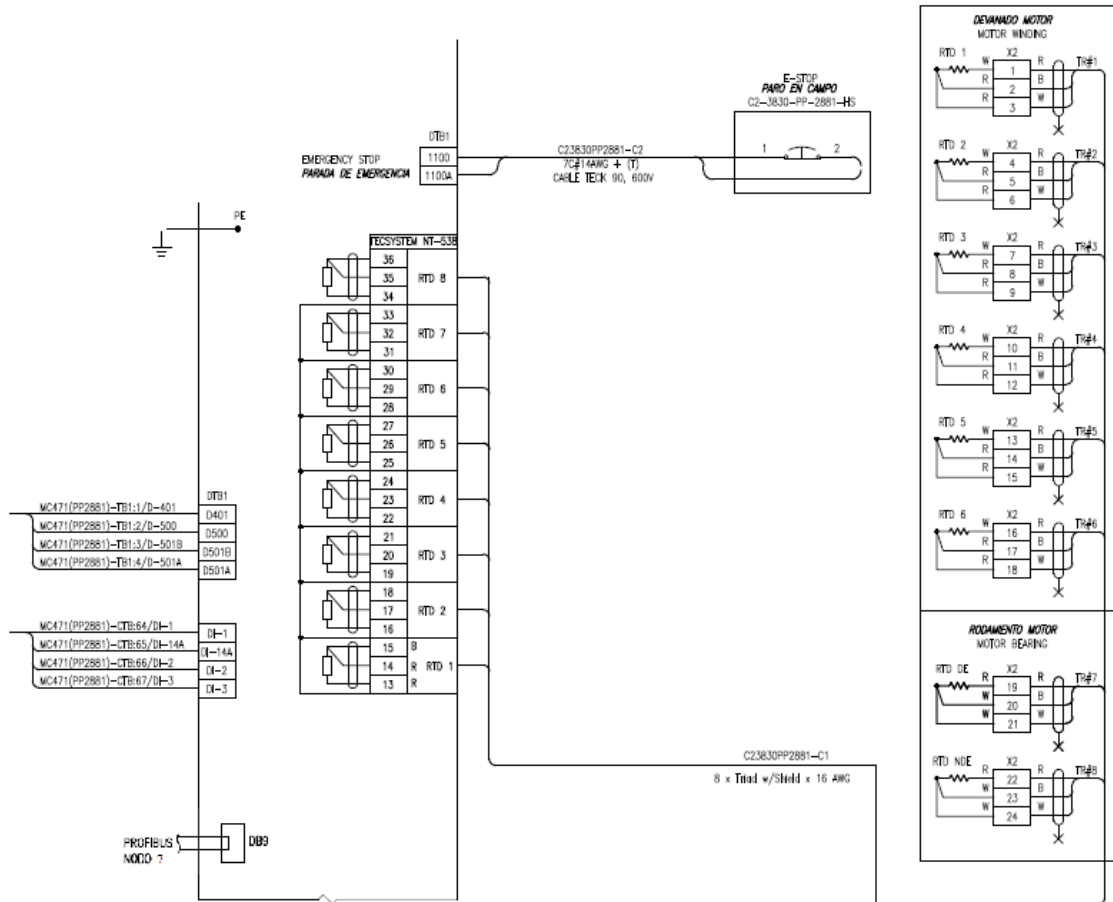


Figura 65: Diagrama esquemático de control del PowerFlex7000

### 3.3.8 Conexión de red Profibus DP

Se tiende el cable Profibus (Teck – Belden) desde el tablero de control 3830-CP-471 hasta el variador de velocidad que controla las revoluciones de la bomba de agua de sello 3830-PW-2881 y desde este variador de velocidad se lanza otra cable Profibus hasta el siguiente variador de Velocidad que controla las revoluciones de la bomba de agua de sello 3830-PW-2882 y así sucesivamente se lanza el cable Profibus hasta los demás equipos como se muestra en la figura.

Para el trabajo sin perturbaciones en el PROFIBUS-DP, el cable del bus debe ser finalizado en ambos extremos con unas resistencias de

finalización, el cable de bus desde la primera estación hasta la última estación debería ser tratado como un único cable de bus.

Los finalizadores del bus deben conectarse en la primera (maestro) y en la última estación (esclavo)

Esto se consigue con los terminales o conectores DB9, en nuestro caso usamos el Conector PG Fast Connect de 90 ° de Profichip, para conectividad PROFIBUS DP (RS 485) en entornos IP 20. Debido a su robusta carcasa metálica, tiene resistencia contra el ruido y conecta el blindaje del cable con la tierra del dispositivo.

Posee 4 LED para BUS / Estado del dispositivo:

- Fuente de alimentación del conector (PWR)
- Actividad de transmisión (TxD)
- Estado de terminación (plazo)
- Resistencia de terminación incorrecta o impedancia de sobretensión falsa (ERR)

Posee las siguientes características:

- Conector PG
- Conexión rápida
- Resistencia de terminación conmutable
- Voltaje de 4.75 a 5.25 Vdc
- Velocidad de transmisión de datos 12 Mbps
- Diámetro del cable: 8 mm
- Carcasa metálica (zinc fundido a presión)
- Monitorización del estado mediante LED
- Protección IP 20
- Temperatura de funcionamiento: -20 + 75 ° C



Figura 66: Conector DB9 PGFC Profibus DP

Se empieza desde el módulo Profibus del DCS Delta V y se irá conectando todas las estaciones remotas o esclavos, realizando una serie entre ellas, como se ve, en el conector hay un ON/OFF sirve para conectar o desconectar la resistencia de finalización del bus, por lo tanto, en los extremos (típicamente en el módulo Profibus y una de las remotas) pondremos el selector en ON.

El cable en los extremos tendrá que entrar por la boca de entrada, esto puede estar marcado mediante una flecha o bien con un IN/OUT o similar, se tiene que tomar en cuenta que al poner la resistencia de terminación en ON, la boca de salida queda aislada, esto implica que si hubiera una remota conectada a la salida, y se pone la resistencia en ON, esa parte del ramal queda totalmente aislada.

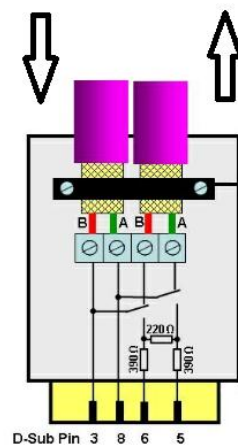
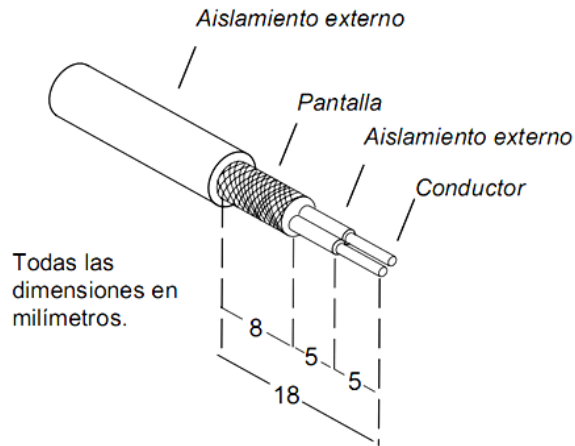


Figura 67: Conexión Interna de conector DB9 PGFC Profibus DP

En el conexionado del nuestro cable y conector tener en cuenta las longitudes dadas por el fabricante para una buena conexión como se muestra en la figura 42,



**Figura 68: Dimensiones de conexionado de cable a conector PGFC Profibus DP**

Los conectores Profibus están disponibles en una variedad de fuentes y en varios tamaños. *Por* eso, puede haber limitaciones mecánicas que prohíben el uso de algunos conectores. Con las unidades PowerFlex 750 se recomienda utilizar Phoenix SUBCON-PLUS-PROFIB/AX/SC (Parte # 2744380) o Siemens 6GK1500-0FC00 o Brad BM5G60PP4Mxxx

### **3.4 E / S FOUNDATION Fieldbus de la serie S Delta V**

El diseño modular de E / S de bus de campo FOUNDATION Fieldbus ofrece flexibilidad durante la instalación. Está diseñado para instalarse en el campo, cerca de sus dispositivos. Foundation Fieldbus está equipado con teclas de función y de protección de cableado de campo para garantizar que la tarjeta de E / S correcta siempre esté conectada al bloque de terminales correspondiente. La modularidad, las claves de protección y la mayor capacidad de entrada / salida hacen de FOUNDATION Fieldbus I / O una opción inteligente para su sistema de control de procesos.



Los beneficios de una red FOUNDATION Fieldbus del Delta V son las siguientes:

- **Aumente la capacidad de E / S mientras reduce el cableado.** Utilice la E / S de bus de campo FOUNDATION en lugar de la E / S clásica para aumentar la densidad de E / S y la calidad de la información de sus dispositivos de campo. Aproveche las comunicaciones digitales de bus de campo FOUNDATION para acceder a información adicional desde sus dispositivos inteligentes. Obtenga más información a través de un cable con hasta 16 dispositivos Ff por segmento H1 y 2 segmentos por tarjeta para hasta 32 dispositivos por tarjeta H1.
- **Maximice las capacidades de los dispositivos inteligentes.** Aumente su calidad y rendimiento aprovechando los diagnósticos adicionales de los dispositivos de E / S Fieldbus FOUNDATION. El estado del dispositivo de campo se actualiza continuamente mediante las E / S del bus de campo FOUNDATION. Para los dispositivos de múltiples variables, todas las variables de proceso están disponibles en el bus de campo único al costo de una sola etiqueta de señal de dispositivo.
- **Las tarjetas H1 redundantes proporcionan una mayor disponibilidad.** El sistema DeltaV ofrece interfaces H1 redundantes. Las dos interfaces H1 están conectadas con un bloque de terminales redundante para proporcionar capacidad de programación activa de enlace de respaldo (LAS) que también mantiene la comunicación con el sistema host. La transferencia a la tarjeta de reserva es automática y no requiere configuración especial. Los diagnósticos continuos garantizan que la tarjeta H1 en espera esté disponible a pedido.



**Figura 69: Modulo H1 FOUNDATION Fieldbus Serie S Delta V**

La tarjeta FOUNDATION Fieldbus S-series H1 admite dos segmentos Ff H1, cada uno de los cuales admite hasta 16 dispositivos Ff. Cada segmento ejecuta un programador independiente que controla el orden de ejecución de cada bloque de funciones configurado en el segmento. Los módulos de control DeltaV proporcionan una estructura de bloque de funciones que define el orden de ejecución de cada bloque en el segmento, lo que facilita la secuenciación de cada bucle para una ejecución eficiente del bucle.

Cada dispositivo de campo puesto en servicio en el segmento consume una única licencia DST y proporciona acceso a todos sus datos de E / S, incluidos los parámetros de diagnóstico. Esto aumenta enormemente el valor de los transmisores multivariables y facilita el acceso a sus funciones de diagnóstico.

Las señales referenciadas para cada dispositivo Foundation Fieldbus conectado contarán como máximo 1 DST. El tipo de DST contado será el tipo más valioso utilizado para hacer referencia a una señal para cada dispositivo.

La interfaz FOUNDATION Fieldbus H1 está empaquetada en un gabinete de factor de forma pequeño y se instala en cualquier ranura de E / S de los soportes horizontales de la serie S. La interfaz utiliza un bloque de terminales separado al que se conectan los cables de segmento. Se utiliza una única interfaz con el bloque de terminales de 1 ancho en una instalación simplex. Se pueden montar dos interfaces H1 en ranuras adyacentes utilizando el bloque de terminales redundante de 2 anchos. El controlador DeltaV reconoce la presencia de redundancia y presenta ambas tarjetas como un solo par dentro del sistema no se requiere configuración de usuario adicional para configurar los hosts H1 redundantes.

Una de las características más poderosas de los dispositivos Fieldbus FOUNDATION son sus datos de diagnóstico. Con AMS Device Manager, puede acceder a toda la información necesaria para configurar, poner en marcha, monitorear y solucionar problemas de todos sus dispositivos inteligentes Fieldbus FOUNDATION. Los diagnósticos mejorados del dispositivo pueden aumentar la calidad del producto y minimizar el tiempo de inactividad no planificado. Mejore la productividad y rentabilidad de su sistema de control de procesos con el bus de campo FOUNDATION.

EL AMS Device Manager mejora la configuración, el comisionamiento y la validación de los dispositivos con plantillas de configuración de dispositivos, comisionamiento masivo e informes de validación integrados. Construya una plantilla de configuración una vez y aplíquela a todos los dispositivos comunes de manera simultánea. Luego puede ver rápidamente un informe de discrepancias.

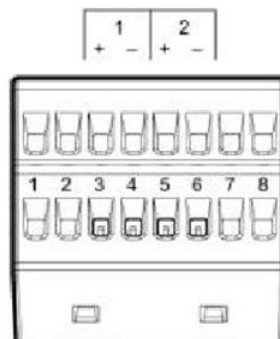
Los dispositivos de bus de campo no fabricados por las divisiones de Emerson Process Management se clasifican como dispositivos de terceros el sistema DeltaV, proporciona compatibilidad con dispositivos de terceros para dispositivos que han superado con éxito pruebas rigurosas de

Emerson Process Management y están registrados por Fieldbus Foundation. Esto le permite beneficiarse de la arquitectura de bus de campo abierta al seleccionar dispositivos de campo.

**Tabla 18: características del Módulo H1 de FOUNDATION Fieldbus**

Temperatura de funcionamiento	-40 a 70 °C (-40 a 158 ° F)
Temperatura de almacenamiento	-40 a 85 °C (-40 a 185 ° F)
Humedad relativa	5 al 95% , sin condensación
Grado de protección	IP 20, NEMA 12
Contaminantes en el aire	ISA-S71.04-1985 Contaminantes en el aire Clase G3
Conmoción	10 g de ½ onda sinusoidal durante 11 ms
Vibración	1 mm pico a pico de 5 a 13,2 Hz; 0,7 g de 13,2 a 150 Hz
Número de segmentos (puertos)	2
Numero de dispositivos de campo	16
Número de bloques de función Ff	96 por tarjeta (64 Fieldbus y 32 estándar DeltaV)
Alimentación de bus de campo	9 a 32 VCC, 12 mA por canal

Nuestra Red FOUNDATION Fieldbus es una red simplex de tal manera solo usamos un módulo H1 de la serie s de Delta V



**Figura 70: Bloques de terminales H1 serie S Delta V**

### 3.4.1 Conexión de una red FOUNDATION Fieldbus

Para el conexionado de nuestra Red utilizamos los 2 segmentos de nuestro módulo H1, el puerto 1 se encuentra conectado al megablock 1 (MB-1) y el puerto 2 se encuentra conectado al megablock 2 (MB-2) estos megablock están en el tablero de distribución de arena 3830-JB-001 ubicado en campo.

En el Megablock 1 (MB-1) se encuentran conectados los siguientes equipos:

- Transmisor Indicador de Flujo (3860-FIT-00518) puerto 5
- Transmisor Indicador de Flujo (3860-FIT-00639) puerto 11
- Transmisor Indicador de Nivel (3830-LIT-00510) puerto 7

En el Megablock 2 (MB-2) se encuentran conectados los siguientes equipos:

- Transmisor Indicador de Presión (3830-PIT-00506) puerto 1
- Transmisor Indicador de Presión (3860-PIT-00519) puerto 11
- Transmisor Indicador de Presión diferencial (3860-PDIT-00641) puerto 10
- Válvula Modulante (3860-LV-610) puerto 6

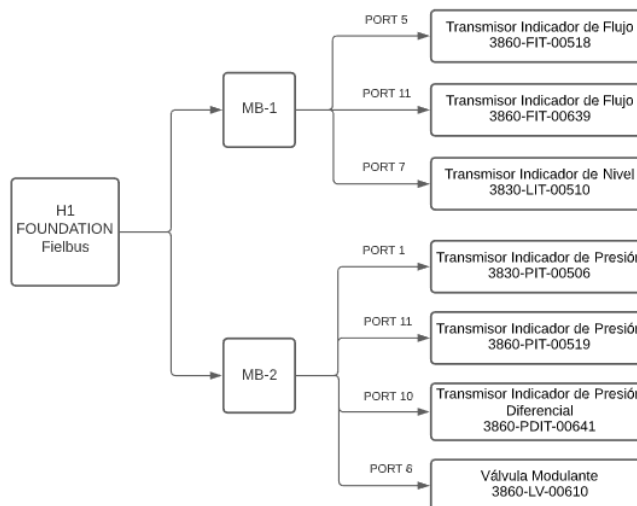


Figura 71: Diagrama de bloques de la Red FOUNDATION Fieldbus

### 3.4.2 Los Megablock

Son Hub pasivos montados en riel DIN para redes de bus de campo Foundation™. Conectan varios dispositivos de campo al cable troncal de la red y brindan protección contra cortocircuitos al segmento. Los megablock minimizan el cableado manual y permiten agregar y quitar dispositivos individuales del segmento sin interrumpir la comunicación de la red, presentan las siguientes características:

- Poseen un LED de alimentación verde en cada puerto que indica si hay al menos 9 V CC.
- Los megablock están disponibles en versiones de dos, cuatro, ocho, diez y doce puertos múltiples, los megablock se conectan fácilmente entre sí para permitir la construcción de segmentos más grandes.
- Los megablock están disponibles con un terminador integral, lo que los hace ideales para una topología en estrella o "patas de gallina", donde varios dispositivos están conectados en una caja de conexiones de un solo campo. También están disponibles terminadores Megablock separados, que pueden conectarse fácilmente a cualquier Megablock. Los megablock que tienen un terminador incorporado están claramente marcados (' T ') para que el personal de campo los identifique fácilmente.
- Las conexiones al Megablock se realizan mediante conectores de tipo terminal de tornillo enchufables. Esto permite que se realicen terminaciones de cables a los conectores individuales que luego se conectan al Megablock. Los dispositivos se pueden conectar y desconectar fácilmente durante la puesta en servicio. Después de la puesta en servicio, se aprietan los tornillos de retención para asegurar cada conector al Megablock.

- Las conexiones troncales para el cable principal / troncal del bus de campo se identifican fácilmente por sus conectores negros. Se proporcionan conexiones numeradas separadas para cada derivación en derivación.



**Figura 72: Megablock F215**

Para evitar bucles de tierra, un segmento de bus de campo solo debe conectarse a tierra en un punto. Esto generalmente se hace conectando a tierra el blindaje del cable en el extremo del segmento de la sala de control. Si se desea una conexión a tierra de segmento permanente en el campo, esto se puede lograr conectando el terminal blindado en uno de los conectores troncales Megablock a una conexión a tierra adecuada en lugar de cablearlo al terminal blindado en el terminador Megablock como se muestra en la figura 73.

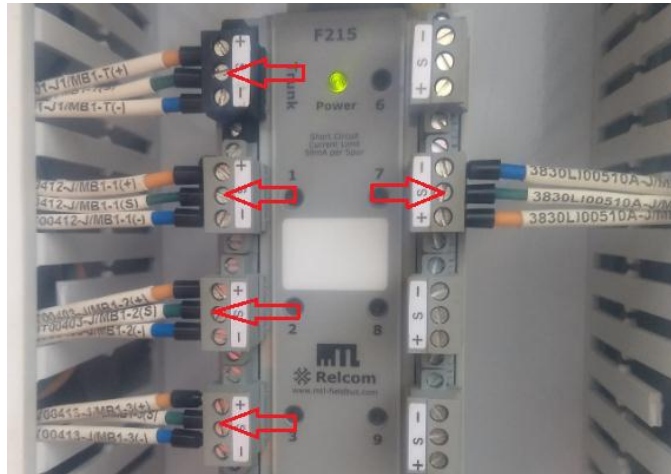


Figura 73: Conexión de tierra en Megablock F215

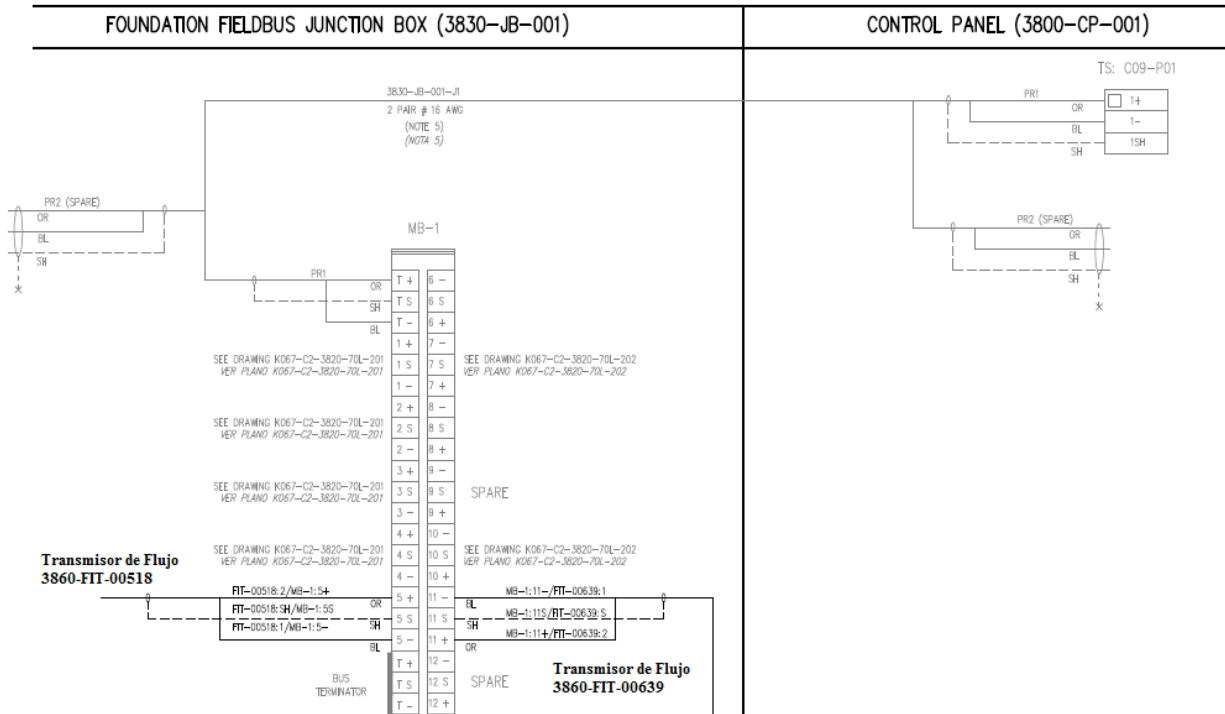


Figura 74: Diagrama Esquemático de Conexión de Megablock MB1

En la figura 74 podemos ver que el puerto 1 del módulo H1 se conecta al puerto de entrada del Megablock MB-1 en el puerto T, los equipos Ff se conectan de la siguiente manera:

- transmisor de flujo 3860-FIT-00518 en el puerto 5.
- transmisor de flujo 3860-FIT-00639 en el puerto 11.

El cable de color naranja se conecta al símbolo positivo, el cable celeste se conecta al símbolo negativo y su terminal de tierra en S.





Figura 75: Conexionado de Megablock 1

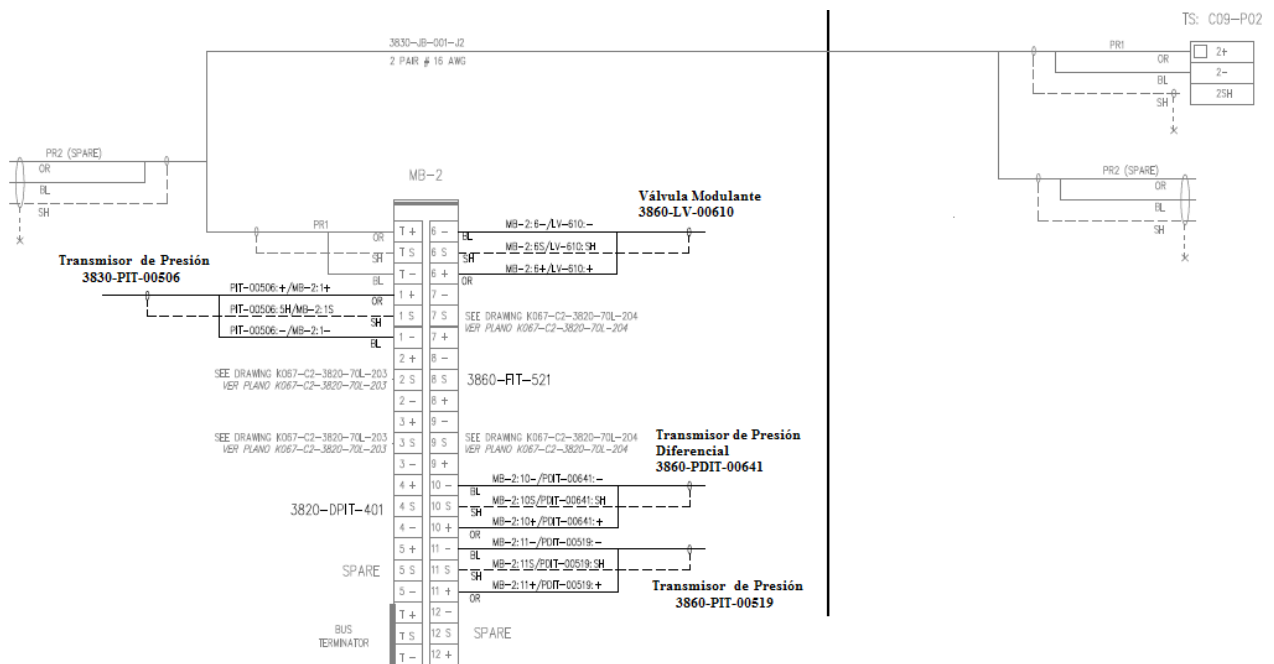


Figura 76: Diagrama Esquemático de Conexionado de Megablock MB2

En la figura 76 podemos ver que el puerto 2 del módulo H1 se conecta al puerto de entrada del Megablock MB-2 en el puerto T y los equipos Ff a su se conectan de la siguiente manera :

- Transmisor de Presión 3830-PIT-00506 en el puerto 1
- Válvula Modulante 3860-LV-00610 en el puerto 6
- Transmisor de Presión Diferencial 3860-PIT-00641 en el puerto 10
- Transmisor de Presión 3860-PIT-00519 en el puerto 11

El cable de color naranja se conecta al símbolo positivo, el cable celeste se conecta al símbolo negativo y su terminal de tierra en S.



Figura 77: Conexión de Megablock MB-2

### 3.4.3 Transmisor Indicador de Flujo (3860-FIT-00518)

Es un instrumento que sirve para medir el caudal o gasto volumétrico de un fluido, se eligen flujómetros magnéticos debido a que no presentan obstrucciones y son rentables para productos químicos agresivos y lodos, además de proporcionar una medición de caudal volumétrico de alta precisión. Una gama de materiales de revestimiento, opciones de electrodos y tamaños de línea se adaptan a una amplia variedad de aplicaciones de procesos.

Además, los medidores magnéticos son beneficiosos en tanto pueden medir fluidos de manera bidireccional, y son efectivos para velocidades de caudal muy altas y muy bajas, además de ser inmunes a cambios en las variables del proceso.

Los flujómetros electromagnéticos o magnetómetros están compuestos por un transmisor y un sensor que miden el caudal de manera conjunta como se muestra en la figura 78. El sensor del Flujómetro magnético se coloca en línea y mide una tensión inducida generada por el líquido a medida que fluye por la tubería. El transmisor toma la tensión generada por el sensor, la convierte en una medición de caudal y transmite esta medición a un sistema de control.

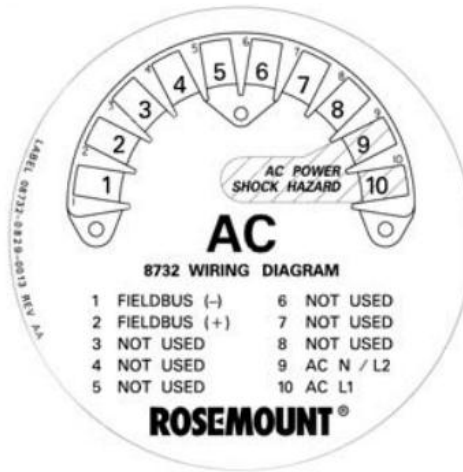


Figura 78: Elementos de un Transmisor de Flujo

El transmisor de flujo que usamos es el 8732EST1F4NOM5DTQ4YS el sensor de flujo que usamos es el 8705PHA020C1WONOB3Q4DT de 2 pulgadas ambos de la marca Rosemount, de las cuales poseen las siguientes características:

- Transmisor de Flujo
  - **Marca:** Rosemount
  - **Modelo:** 8732EST1F4NOM5DTQ4YS
  - **Voltaje:** 90 – 250 VAC
  - **Frecuencia:** 50/60 Hz
  - **Potencia:** 40 VA Max
  
- Sensor de Flujo
  - **Marca:** Rosemount
  - **Modelo:** 8705PHA020C1WONOB3Q4DT
  - **Voltaje:** input 40VDC, output 5VDC
  - **Corriente:** input 0.5 A, output 0.20mA
  - **Presión Max:** 285psi/1.96Mpa
  - **Temperatura Max:** 60°C/140°F
  - **Potencia Max:** input 20W, output 1mW

Conexionado entre el transmisor de flujo a la Red FOUNDATION Fieldbus es como se muestra en la figura 79.



**Figura 79: Bloques de Terminales del Transmisor de Flujo**

De la figura 79 podemos observar que el pin 1 (-) se conecta el cable color celeste y el pin 2 (+) se conecta el cable color naranja, no se conecta el cable de tierra debido a que ya está conectado en el Megablock en su puerto correspondiente.

Los pines 9 y 10 son el neutro y la línea respectivamente de 120V proveniente del tablero 3830-DP-001 circuito 14.

#### **3.4.4 Transmisor Indicador de Flujo (3860-FIT-00639)**

Es un instrumento que sirve para medir el caudal o gasto volumétrico de un fluido, se eligen flujómetros magnéticos debido a que no presentan obstrucciones y son rentables para productos químicos agresivos y lodos, además de proporcionar una medición de caudal volumétrico de alta precisión. Una gama de materiales de revestimiento, opciones de electrodos y tamaños de línea se adaptan a una amplia variedad de aplicaciones de procesos.

Además, los medidores magnéticos son beneficiosos en tanto pueden medir fluidos de manera bidireccional, y son efectivos para velocidades de caudal muy altas y muy bajas, además de ser inmunes a cambios en las variables del proceso.

Los flujómetros electromagnéticos o magnetómetros están compuestos por un transmisor y un sensor que miden el caudal de manera conjunta como se muestra en la figura 78. El sensor de flujo magnético se coloca en línea, y mide una tensión inducida generada por el líquido a medida que fluye por la tubería. El transmisor toma la tensión generada por el sensor, la convierte en una medición de caudal y transmite esta medición a un sistema de control.

El transmisor de flujo que usamos es el 8732EST1F4NOM5DTQ4YS el sensor de flujo que usamos es el 8705PHA030C1WONOB3Q4DT de 3 pulgadas ambos de la marca Rosemount, de las cuales poseen las siguientes características:

- Transmisor de Flujo
  - **Marca:** Rosemount
  - **Modelo:** 8732EST1F4NOM5DTQ4YS
  - **Voltaje:** 90 – 250 VAC
  - **Frecuencia:** 50/60 Hz
  - **Potencia:** 40 VA Max
  
- Sensor de Flujo
  - **Marca:** Rosemount
  - **Modelo:** 8705PHA030C1WONOB3Q4DT
  - **Voltaje:** input 40VDC, output 5VDC
  - **Corriente:** input 0.5 A, output 0.20mA
  - **Presión Max:** 285psi/1.96Mpa
  - **Temperatura Max:** 60°C/140°F
  - **Potencia Max:** input 20W, output 1mW

De la figura 79 podemos observar que el pin 1 negativo (-) se conecta el cable color celeste y el pin 2 positivo (+) se conecta el

cable color naranja, no se conecta el cable de tierra debido a que ya está conectado en el megablock en su puerto correspondiente. Los pines 9 y 10 son el neutro y la línea de 120V proveniente del tablero 3830-DP-001 circuito 15.

### 3.4.5 Transmisor Indicador de Presión (3830-PIT-00506)

Son instrumentos de medición que sirve para medir la presión manométrica en el interior de la tubería de salida de la bomba de arena, el transmisor que usamos en la tubería de salida de la bomba de arena es de la serie 2051T de la marca Rosemount, es un sensor que posee un sello diafragma remoto como en la figura 80, dicha sello se coloca en la línea de salida de la bomba de arena y a través de una tubería blindada transmite la deformación (presión) al transmisor indicador.



Figura 80: Transmisor de Presión serie 2051T con Sello Diafragma Remoto

El transmisor de presión de la serie 2051T que usamos en el modelo 2051TG2F2B21AS1B4M5 posee las siguientes características:

- **Marca:** Rosemount
- **Modelo:** 2051TG2F2B21AS1B4M5
- **Voltaje:** 9 – 32VDC
- **Corriente:** 17.5mA

- **Rango de presión:** -1.01 – 10.3 bar
- **Calibración:** 0 – 800kpa / 0 – 116 psi
- **Sello de diafragma :** 1199

El bloque de terminales del transmisor de presión 2051 estándar se ilustra en la Figura 81. A los terminales no les afecta la polaridad. El transmisor requiere 9–32 V CC para funcionar. Se recomienda un cableado con par apantallado y trenzado 18 AWG tipo A FOUNDATION Fieldbus. Evitar tender cables de instrumentos junto a cables de alimentación en pasos de cables o cerca de equipos eléctricos pesados. Es importante que la pantalla del cable del instrumento sea cortada cerca de la carcasa del transmisor y aislada para que no haga contacto con la carcasa es importante también que se conecte a una buena toma de tierra, en el extremo de la fuente de alimentación.

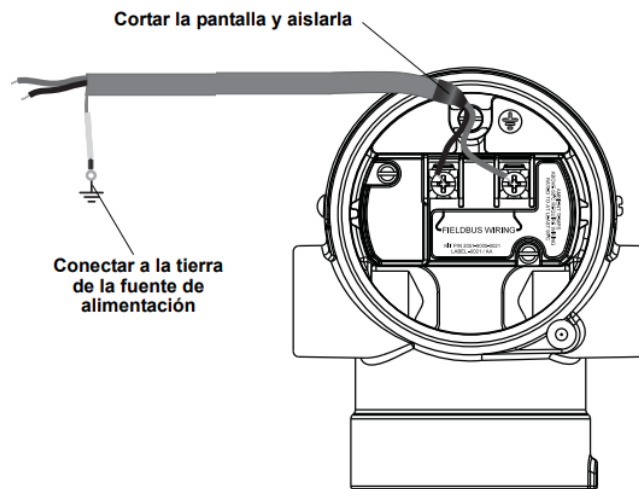


Figura 81: Conexión de Transmisor Presión a Red FOUNDATION Fieldbus

### 3.4.6 Transmisor Indicador de Presión (3860-PIT-00519)

Es un instrumento de medición que sirve para medir la presión manométrica en el interior de la tubería de salida de la línea de agua de sello, el transmisor indicador que usamos en la tubería de salida de la línea de agua de sello es el modelo EJAS3OE de la marca

Yokogawa, este sensor posee un sello diafragma como se muestra en la figura 82, dicho sello se coloca en la salida de la línea de agua de sello la función de este transmisor indicador de presión es de sensar la presión en la línea de agua de sello que ingresa a la bomba de arena, la presión en la tubería debe de ser 15psi superior a la línea de salida de la bomba de arena, para que se cumpla esta condición el variador de velocidad (Powerflex 753) de la bomba de agua de sello debe de aumentar o disminuir el caudal de la línea, lo que hace que aumente o disminuya la presión según lo requiera.

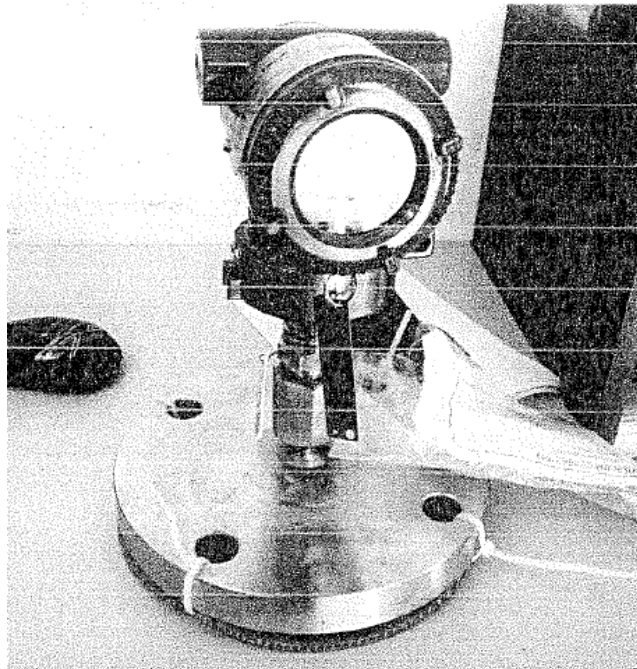


Figura 82: Transmisor de Presión con Sello Diafragma Yokogawa

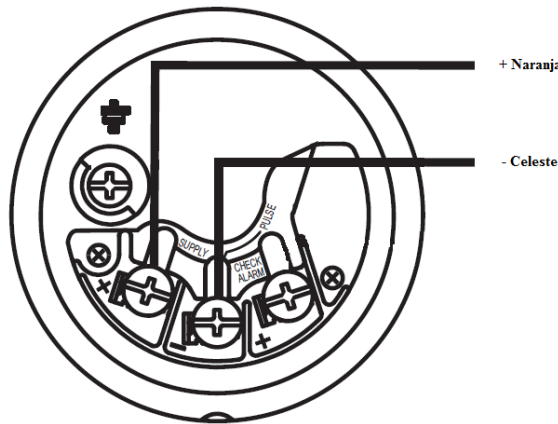
El transmisor de presión que usamos en el modelo EJA530E de la marca Yokogawa posee las siguientes características:

- **Marca:** Yokogawa
- **Modelo:** 2EJA530E
- **Voltaje:** 9 – 32VDC



- **Rango de presión:** 0 – 2MPa
- **Calibración :** 0 - 2000KPa
- **Temperatura ambiente:** -40 a 85°c
- **Temperatura de proceso:** -40 a 120°c

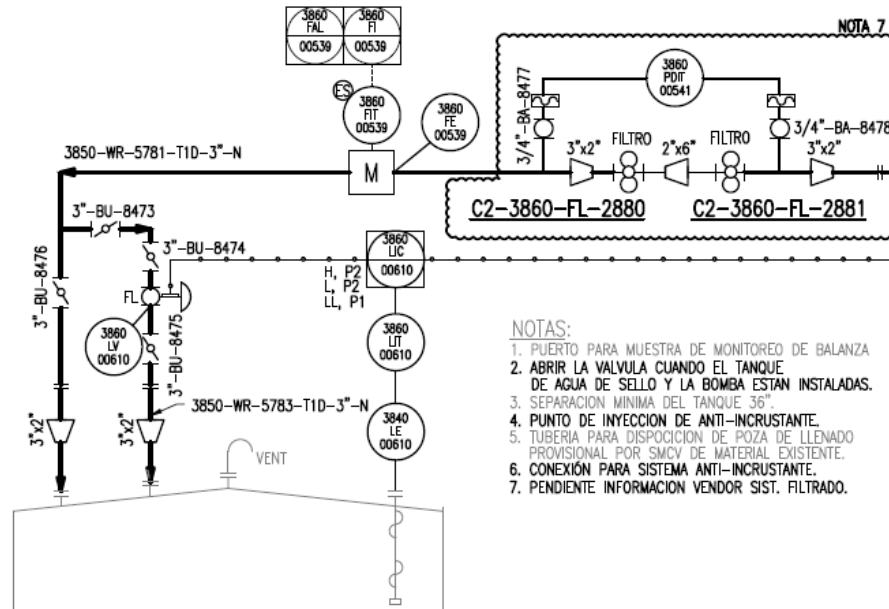
En la figura se muestra el conexionado del transmisor indicador de presión donde el color naranja de cable va al lado positivo del equipo y el color celeste al lado negativo, la tierra se conecta en el otro extremo del cable (Megablock)



**Figura 83: Conexionado de Transmisor Presión Yokogawa a red FOUNDATION Fieldbus**

### **3.4.7 Transmisor Indicador de Presión diferencial (3860-PDIT-00641)**

Los Transmisores de Presión Diferencial son instrumentos prácticos que miden la diferencia entre dos niveles de presión, este transmisor mide la diferencia de presión entre la entrada y salida de los filtros como se muestra en la figura 84 para determinar si los filtros se encuentran llenos de residuos debido a que el agua de sello es agua recuperada de los relaves, dichos filtros se encuentran ubicados en la línea de entrada al tanque de agua de sello 3860-TK-080

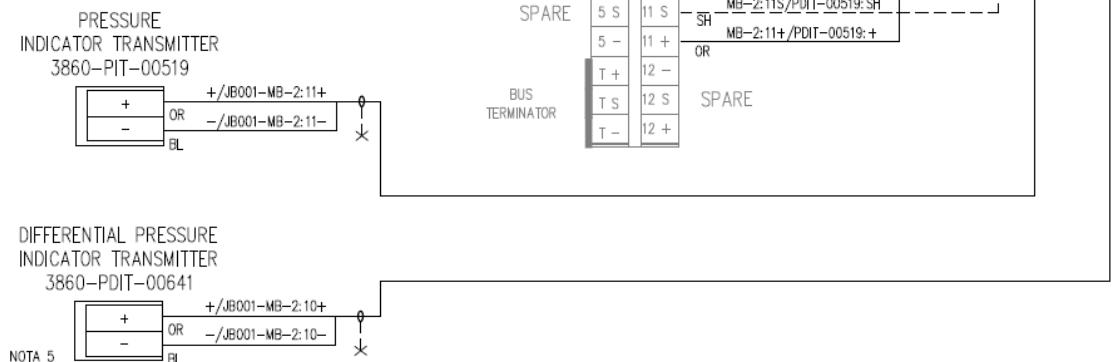


**Figura 84: Montaje de Transmisor de Presión Diferencial en Filtros**

En la figura 84 podemos observar la nota 7 que indica la pendiente información de parte de vendedor, todo ese sistema no se hizo el montaje ya que no había equipos por definir.

NOTAS:

1. LOS MEGABLOCKS SE INSTALARON EN CAJA DE EMPALMES EN CAMPO.
2. DISPOSITIVOS ETIQUETADOS COMO "SPARE" NO ESTÁN CABLEADOS.
3. TODA PANTALLA DE CABLE Y PANTALLA GENERAL ESTA CORTADA Y ENCINTADA EN CAMPO.
4. TODOS LOS CABLES ESTAN CON MARCADORES APROBADOS, EN AMBOS EXTREMOS Y ETIQUETADOS SEGÚN SE INDICA.
5. EQUIPO SIN MONTAJE NI CONEXIONADO EN CAMPO



**Figura 85: Conexionado de Transmisor de Presión Diferencial**

En la figura 85 se observa la nota 5, equipo sin montaje ni conexionado, lo que se hizo fue el conexionado en el Mainblock 2 puerto 10 y el otro extremo del cable se aisló las puntas y se instaló

en el lugar donde se montara el transmisor de Presión Diferencial con personal de SMCV.

#### **3.4.8 Válvula Modulante (3860-LV-00610)**

Es una válvula que sirve para controlar el caudal en la línea de entrada al tanque de agua de sello (3860-TK-080), el caudal de la línea de entrada de agua de sello se controla abriendo y cerrando la válvula de forma variable, dicha variación depende del nivel del tanque de agua de sello, menor nivel mayor será la apertura de la válvula, mayor nivel menor será la apertura de la válvula, tanque vacío válvula abierta al 100%, tanque lleno válvula cerrada al 100%.

La válvula modulante (3860-LV-00610) posee un controlador FOUNDATION Fieldbus DVC6200F y un actuador giratorio de diafragma de alto rendimiento de tipo 2052 FISHER.

Los controladores de válvula digitales DVC6200f para FOUNDATION Fieldbus son instrumentos de comunicación basados en microprocesadores. Además de la función tradicional de convertir una señal digital en una presión de salida neumática, el controlador de válvula digital DVC6200F, que utiliza el protocolo de comunicaciones FOUNDATION Fieldbus, brinda fácil acceso a información crítica para la operación del proceso, así como para el control del proceso. Con un dispositivo de configuración de bus de campo compatible, puede obtener información sobre el estado del instrumento, el actuador y la válvula.

Puede establecer los parámetros de configuración de entrada y salida y calibrar el instrumento.

Usando el protocolo FOUNDATION Fieldbus, la información del instrumento se puede integrar en los sistemas de control.

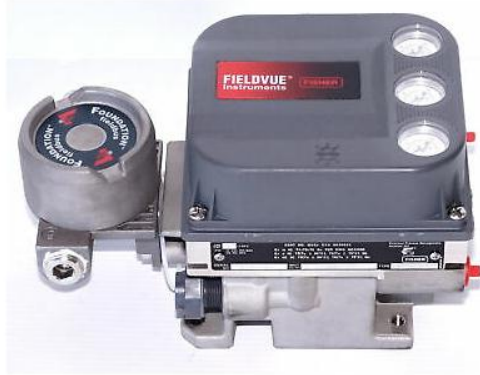


Figura 86: Controlador Válvula Digital DVC6200F

El controlador de válvula digital DVC6200F posee las siguientes características:

- **Marca:** Fisher
- **Modelo:** DVC6200F
- **Voltaje:** 9 – 32 VDC
- **Corriente máxima:** 19mA
- **Presión máxima:** 145 Psi
- **Temperatura:** -40 a 85°C

Los actuadores giratorios de resorte y diafragma Fisher 2052 son utilizado en cuerpos de válvulas de eje giratorio para aplicaciones de estrangulamiento o de encendido y apagado. El 2052 puede usarse para servicio de estrangulamiento con un posicionador o puede usarse para servicio de encendido y apagado sin un posicionador. El 2052 tiene un Interfaz de acoplamiento ISO 5211 que permite la instalación en válvulas que no son de Fisher.



Figura 87: Actuador Giratorio 2052 y Controlador DVC6200F Fisher

El conexionado del controlador del DVC6200F se realiza como se muestra en la Figura 88 tomando en cuenta la polaridad, positivo (+) cable naranja y negativo (-) cable celeste, la conexión de tierra se realiza en el Megablock y en su puerto correspondiente.

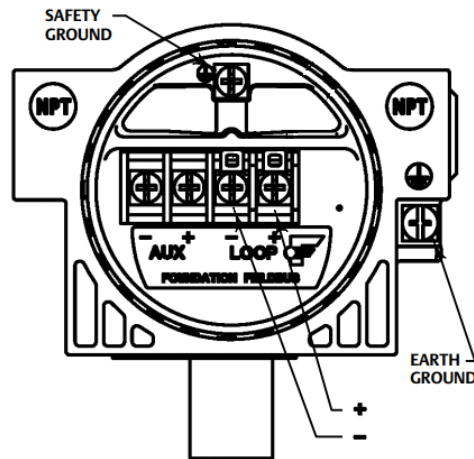


Figura 88: Bloque de Terminales de Controlador DVC6200F

### 3.5 Tarjeta Marshalling Electronic serie S (CIOC)

El Marshalling electrónico de la serie DeltaV™ S ofrece un nuevo nivel de rendimiento de E / S del sistema de control con una flexibilidad y facilidad de uso sin precedentes. La tarjeta CHARM I / O (CIOC) admite hasta 96 canales configurables. También se puede instalar en cajas de conexiones de campo para reducir aún más los costos de diseño e instalación del sistema. Todas las comunicaciones son completamente redundantes desde el canal (CHARM) al controlador de la serie DeltaV S. La tarjeta CHARM I/O (CIOC) posee los siguientes beneficios:

- **I / O en cualquier lugar que lo necesite** DeltaV CIOC proporciona una flexibilidad sin precedentes en la topología de E / S del sistema de control con. Hardware de infraestructura Ethernet estándar, puede agregar I / O en cualquier lugar que lo necesite. Desde un gabinete de I / O local hasta gabinetes remotos (RIO) a millas de distancia,

simplemente instale el hardware y conéctelo a la red de control DeltaV, la tarjeta de I/O puede enviar señales de I/O a cuatro controladores del sistema con actualizaciones de 50 ms para un control rápido y confiable.

- **Granularidad de un solo canal** La arquitectura CHARM I/O permite que cada canal individual se caracterice de acuerdo con los requisitos del dispositivo de campo. Cualquier señal de instrumento se puede conectar a cualquier bloque de terminales, el canal se clasifica electrónicamente instalando el CHARM apropiado y asignando el canal a uno de los cuatro controladores. Los cables de instrumentos multinúcleo de Home Run se pueden conectar en orden en una serie de bloques de terminales CHARM sin preocuparse por los tipos de señal.
- **Reduce el costo de instalación del sistema** El Marshalling electrónico DeltaV ayuda a reducir los costos generales del sistema al eliminar el cableado cruzado interno del gabinete, reducir el espacio total, simplificar las asignaciones de canales de I/O y reducir las actividades de prueba autorizadas de fábrica. El cableado puede comenzar antes sabiendo que cualquier cambio tardío se puede realizar sin levantar un cable. La separación del controlador y las I/O permite diseños de gabinetes más eficientes y se adapta a los cambios de alcance tardíos que puede agregar I/O en cualquier lugar. Agregar capacidad de control adicional no requiere volver a cablear las I/O. Simplemente asigne los módulos de control y sus señales de E / S al nuevo controlador, sin levantar un cable.

- **Comunicaciones completamente redundantes.** La arquitectura CIOC es completamente redundante. Comienza con las dos tarjetas de I/O en un soporte el operador tiene módulos de comunicación redundantes para conexiones de red primaria y secundaria. Hay dos conexiones de alimentación de entrada de 24 V CC. El portador se conecta a las placas base de los CHARM y proporciona buses de comunicación y alimentación redundante a los CHARM todo es redundante hasta el canal individual.
- **Hardware apto para montaje en campo.** Todos los componentes del CIOC están clasificados para su instalación en ubicaciones peligrosas Clase 1 / Div 2 o Zona 2 Los rangos de temperatura de funcionamiento extendidos y la clasificación ambiental G3 permiten que se instalen en cajas de conexiones montadas en campo. Esto reduce aún más el espacio requerido en las salas de equipos centrales, así como también reduce la infraestructura de cableado general del cable de instrumentación multinúcleo tradicional.
- **E / S Plug and Play.** El DeltaV CIOC ha sido diseñado para facilitar su uso, tanto en la instalación física como en sus herramientas de software. Los componentes se encajan con pestillos de riel DIN seguros y conectores de portador de enclavamiento. Conecte una serie de 96 canales de E / S a un riel DIN.



**Figura 89: Tarjeta I/O CHARM con CHAMRs Delta V**

La alimentación de campo se proporciona a través de un bus redundante de 24 V CC a cada CHARM, con hasta 100 mA por CHARM. Los canales discretos de mayor corriente se pueden alimentar a través del bus de inyección de energía integrado local en cada placa base CHARM.

En la Figura hardware de Marshalling Electrónica de las cuales incluye:

- Soporte de I/O CHARM (montado en riel DIN y admite un par redundante de tarjetas de I/O CHARM, conectividad de alimentación de 24 V CC redundante y módulos de comunicación Ethernet redundantes).
- Tarjeta de I/O CHARM (proporciona comunicación entre los CHARM y la red de I/O Ethernet a los controladores de la serie S).
- Placa base (Baseplate) CHARM (montada en carril DIN con conectores de bus y alimentación entrelazados. Admite 12



CHARM y sus bloques de terminales (Terminal Block), así como conexión para alimentación de campo inyectada).

- Bloque de terminales (Terminal Block) CHARM (bloque de terminales extraíble que proporciona conexiones de terminales al cableado de campo y pestillo físico para CHARM).
- CHARMs (Módulo de caracterización para cada señal de campo. Proporciona conversión básica de analógico a digital y aislamiento de señal al bus de comunicación redundante).
- Extensores de cable que brindan flexibilidad en el montaje del portador.
- Terminación de bus de E / S (proporciona terminaciones de bus para bus de E / S redundante).
- Funciones de etiquetado para la placa base y la identificación de canales.

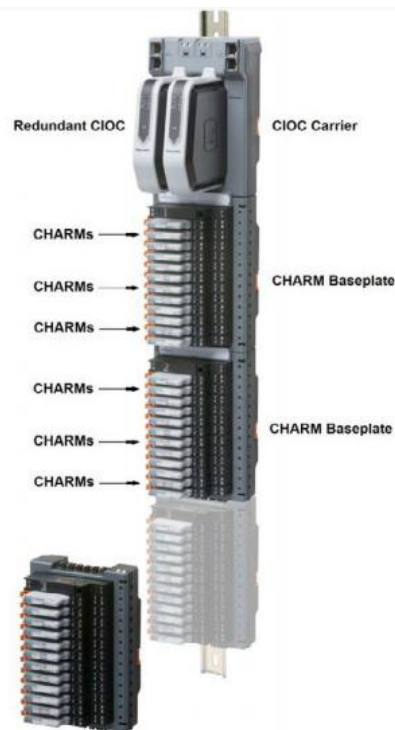


Figura 90: Componentes del Marshalling Electronic





**Figura 92: CIOC Delta V Serie S**

Cada placa base (Baseplate) contiene 12 bloques de terminales (Terminal Block): bloques de terminales estándar o bloques de terminales de potencia inyectada con fusibles.

Cada CHARM actúa como un dispositivo de protección de circuito y desconexión del cableado de campo. Las señales están inherentemente limitadas en corriente para proteger contra fallas de cableado a tierra, el CHARM actuará como un fusible para proteger los canales adyacentes por tanto los fallos de señal se aíslan en un solo CHARM.

Los CHARM se pueden expulsar parcialmente a una posición bloqueada que desconecta el cableado de campo del sistema para realizar acciones de mantenimiento de campo o para cortar la alimentación a un dispositivo de campo. La activación del pestillo CHARM expulsa el CHARM a la posición de retención. Cerrar el pestillo bloquea el CHARM en su lugar y aísla el cableado de campo para el trabajo de campo.



**Figura 93: Mecanismos de cierre CHARM**

Hay disponible una variedad de CHARM analógicos y discretos para satisfacer los requisitos específicos en un sistema y son las siguientes:

- AI 4-20 mA HART
- RTD
- Termopar / mV
- AI 0-10 V CC aislado
- AO 4-20 mA HART
- DI 24 V DC detección del lado bajo (contacto seco)
- DI 24 V DC aislado
- DO 24 V CC lado alto
- DO 100mA Energy Limited
- DO 24 V CC aislado
- Alimentación de 24 V CC
- DI 120 V CA aislado
- DI 120 V CA aislado más

- DI 230 V AC aislado
- DO V AC aislado

Todos los CHARM tienen un LED de alimentación / integridad bicolor que indica el estado del CHARM. Las indicaciones proporcionan instrucciones claras y prácticas para el personal de mantenimiento.

- Verde fijo: funcionamiento normal
- Parpadeo verde: configuración normal en espera
- Parpadeo rojo: Falla detectada en el cableado.
- Rojo fijo: Fallo interno detectado

Las características de la tarjeta CIOC de la serie S del Delta V se detallan en la tabla 17.

**Tabla 19: Características de CIOC serie S Delta V**

Nro. de tarjetas de E / S por operador	2 (par redundante)
Energía de entrada (redundante)	+24 V CC $\pm$ 10% a 12 A máximo
Conexiones Ethernet redundantes mediante IOP reemplazables	<b>Fibra óptica:</b> 100BASE-FX con conectores MTRJ: -Operación Full dúplex -Multimodo -Distancia de 2Km <b>Par trenzado de cobre:</b> 10 / 100BASE-TX con conectores RJ45: - Operación full dúplex - 100m
Número de canales de E / S	96 canales, tipos de señal definidos individualmente
Número de clientes de E / S	4 (controladores)
Número de CIOC por controlador	16
Salida CIOC a CHARMS	Alimentación redundante de 6,3 V CC, a 3,25 A máximo
Protección de fusibles (interna)	Fusible interno no reemplazable
Comunicación	Conexiones Ethernet redundantes

Direccionamiento de red	Asignado automáticamente durante la puesta en servicio
Número de canales por placa base	12
Número de placas base por CIOC	8
Direccionamiento	Enchufe de una dirección (1 a 8)
Bloques de terminales (Terminal Block)	Bloque de terminales estándar Bloque de terminales de energía inyectada con fusible Bloque de terminales de salida de relé Bloque de terminales de termopar / mV

El conexionado de nuestros equipos I/O de nuestro sistema está dividido en 2 tableros RIO ubicados en campo 3830-IO-001 y 3830-IO-002

### 3.5.1 Tablero Remoto I/O (3830-IO-001)

El tablero remoto I/O recibe todas las señales Analógicas y Digitales de nuestro sistema a través de los módulos CIOC y es enviada al controlador del Delta V para su respectivo procesamiento.

El tablero remoto I/O 3830-IO-001 posee 2 MIPP (Modular Industrial Patch Panel) de la marca Belden de 6 puertos, sirve para la comunicación de las señales I/O a través de fibra óptica entre el controlador del Delta V y el módulo CIOC debido a la distancia entre los equipos (120m) de la serie S del Delta V.



Figura 94: MIPP Belden de tablero 3830-IO-001

El tablero remoto I/O 3830-IO-001 posee 2 Switches



Figura 95: Switch de Comunicación

El tablero remoto I/O 3830-IO-001 posee 2 fuentes de alimentación de 24 V y un módulo de redundancia para el conexionado en paralelo de las fuentes de alimentación, todos los dispositivos son de la marca Phoenix Contact

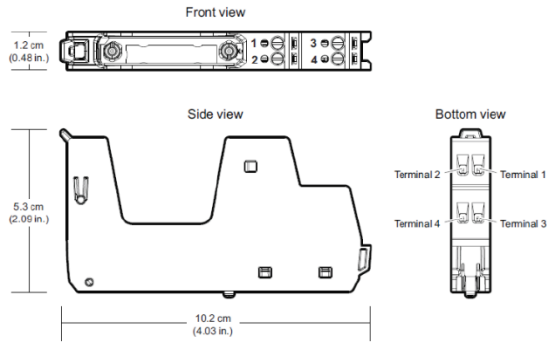


Figura 96: Fuente de Alimentación Redundante para tablero 3830-IO-001

El tablero remoto I/O 3830-IO-001 posee:

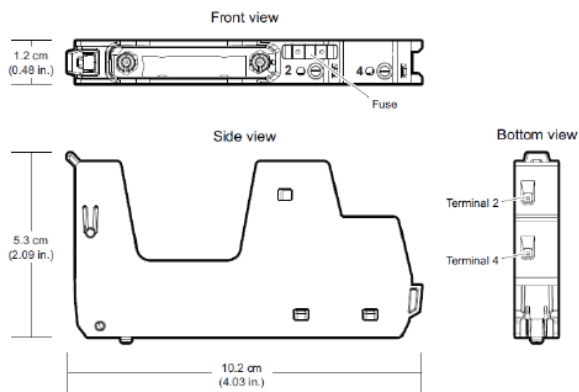
- 2 módulos CIOC redundantes.
- 4 Baseplate
- 30 terminal block estándar, en el terminal Block estándar se puede utilizar todos los tipos de CHARM. El terminal block posee 4 terminales de conexión y su conexión depende del tipo de CHARM que utilicemos, en la figura 97 se muestra el terminal block estándar.





**Figura 97: Terminal Block Estándar**

- 7 terminal block de alimentación inyectada con fusible, se utiliza con el CHARM ISO 24 ISO para dar energía directa a las bobinas de los Relés y solenoides.



**Figura 98: Terminal Block de Alimentación Inyectada con Fusible**



**Figura 99: Módulos CIOC redundantes y Baseplate**

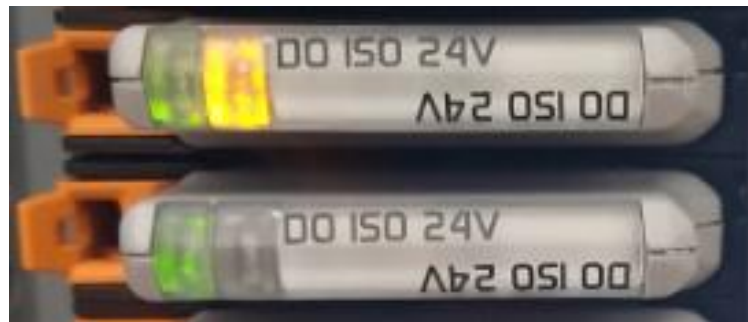
Los CHARM utilizados en el sistema son los siguientes:

### 3.5.1.1 CHARM DO ISO 24V

CHARMs de salidas discretas aisladas de 24V, en la tabla 18 podemos observar las siguientes especificaciones.

**Tabla 20: Especificaciones de CHARM DO ISO 24VDC**

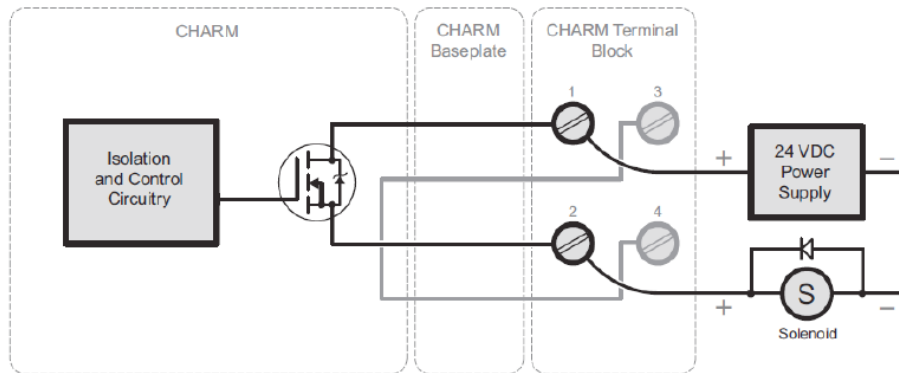
Tipo de dispositivo	Carga inductiva de 24 V CC
Rango de salida	4 V CC a 32 V CC
Clasificación de salida	1,0 A continuo (2 A irrupción por <100 ms)
Corriente de fuga fuera de estado	1 mA máximo
Comportamiento de salida configurable	- Salida momentánea - Salida de pulso continuo
Aislamiento	Hasta 1000 V CC.
Protección de circuito de campo	- Circuito limitador de corriente de 4 A (cortocircuito) con apagado, reinicio automático. - Desconexión del cableado de campo. - Recomendar fusible externo en la fuente de alimentación.
CHARM Power Req.	22 mA máx. A 24 V CC
Disipación de calor CHARM	0,46 W



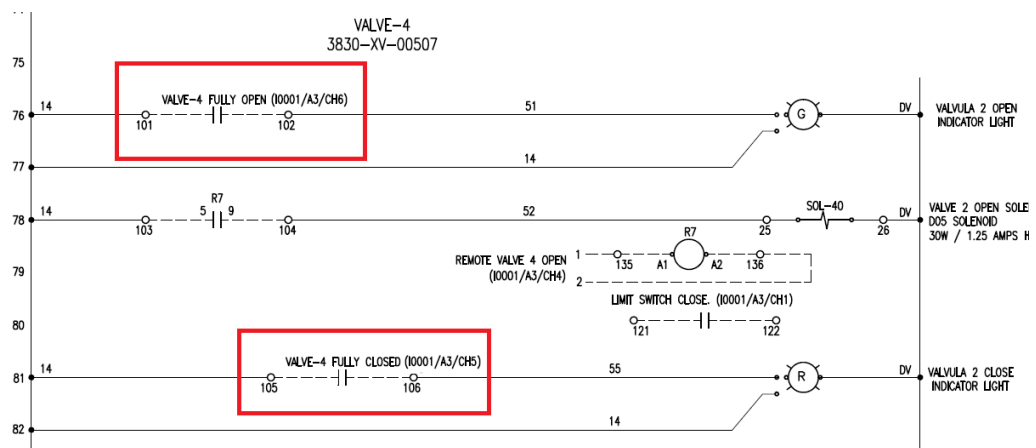
**Figura 100: CHARM ISO 24V**

Utilizamos 2 tipos de configuración

- Circuitos simplificados para CHARM aislado DO ISO 24 V CC figura 101. Fueron utilizados en la Unidad Hidráulica para activar los indicadores de apertura y cierre de la válvula 3830-XV-00507, ver figura 102.



**Figura 101: Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC.**



**Figura 102: Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800**

- Circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC con bloque de terminales de alimentación inyectada con fusible figura 103. Fueron utilizados en los siguientes dispositivos:
  - Válvula 3840-XV-00503, bobinas de Apertura y cierre.

- Válvula 3840-XV-00505, bobinas de Apertura y cierre.
- Válvula 3840-XV-00529, bobinas de Apertura y cierre.
- Válvula 3830-XV-00507, bobinas de Apertura en la Unidad Hidráulica.

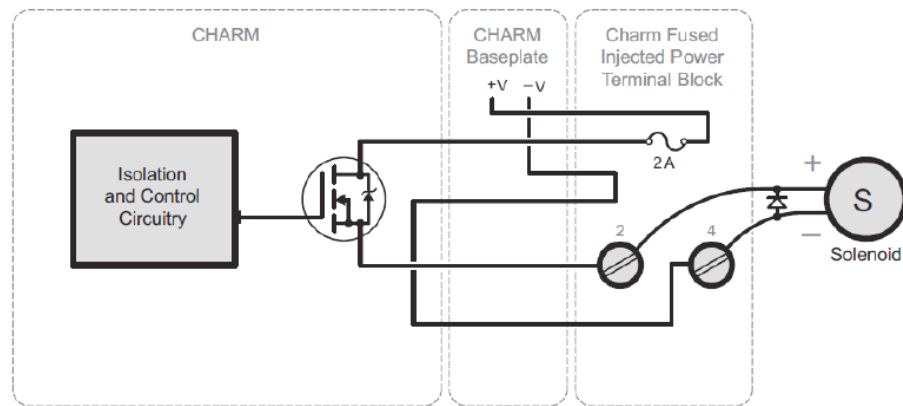


Figura 103: Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC con bloque de terminales de alimentación inyectada con fusible.

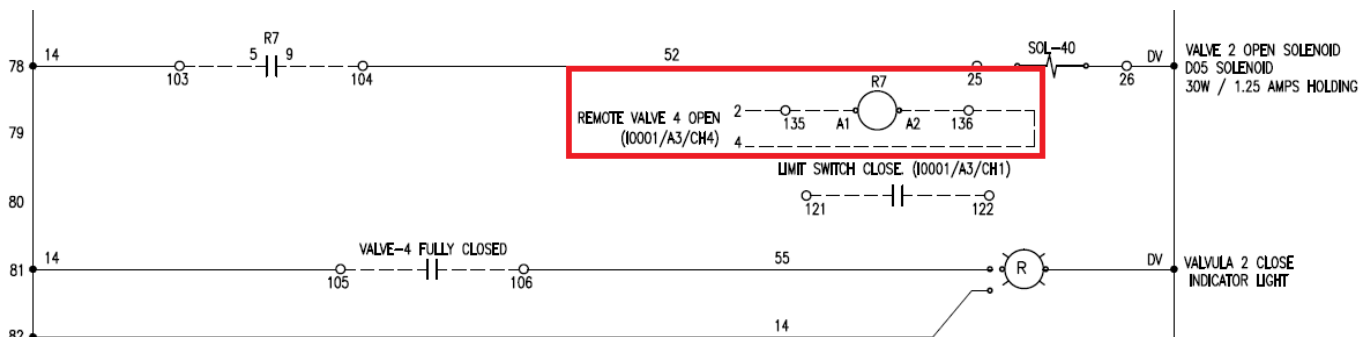


Figura 104: Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC con bloque de terminales de alimentación inyectada con fusible en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800

En la figura 104 se muestra el conexionado del CHARM DO ISO 24VCC con Terminal Block de alimentación inyectada

con fusible en la Unidad Hidráulica para el control de apertura de la válvula 3830-XV-00507.

### 3.5.1.2 CHARM DI DRY

Son CHARMS de entradas digitales de contacto seco, en la tabla 19 podemos ver sus especificaciones.

Tabla 21: Especificaciones de CHARM DI DRY

Tipos de sensores	Contactos secos de 24 V CC
Nivel de detección para encendido	> 2,25 mA (<5,3 kΩ)
Nivel de detección para apagado	<1,75 mA (> 8,2 kΩ)
Impedancia de canal	4,8 KΩ
Capacidad de detección de fallas	Paquete de resistencia de campo (opcional). - Cortocircuito garantizado: <100 Ω. - Buen estado garantizado: 400 Ω a 40 kΩ. - Circuito abierto garantizado:> 75 kΩ.
Tipos de canales configurables - Entradas discretas	Contacto seco o sensor de estado discreto que cambia <2 Hz Tren de pulsos de 0,1 Hz a 10 KHz, ancho de pulso mínimo
- Recuento de pulsos	de 50 μseg
CHARM Power Req.	22 mA máx. A 24 V CC
Disipación de calor CHARM	0,33 W

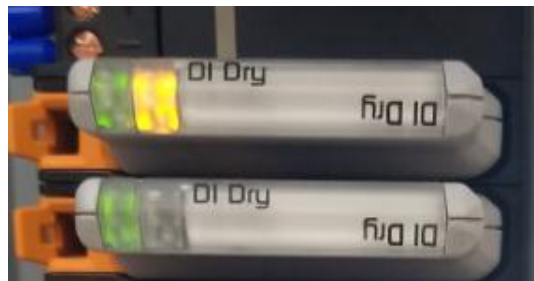
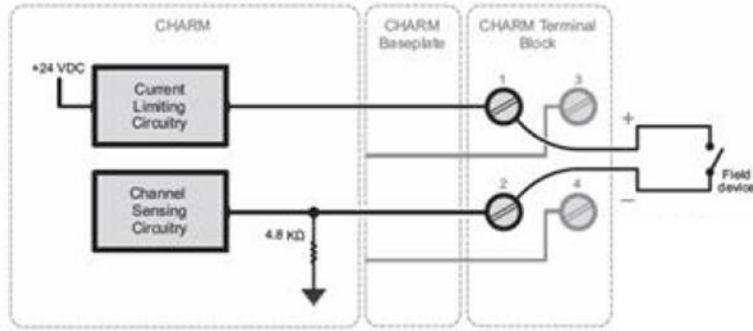


Figura 105: CHARM DI DRY

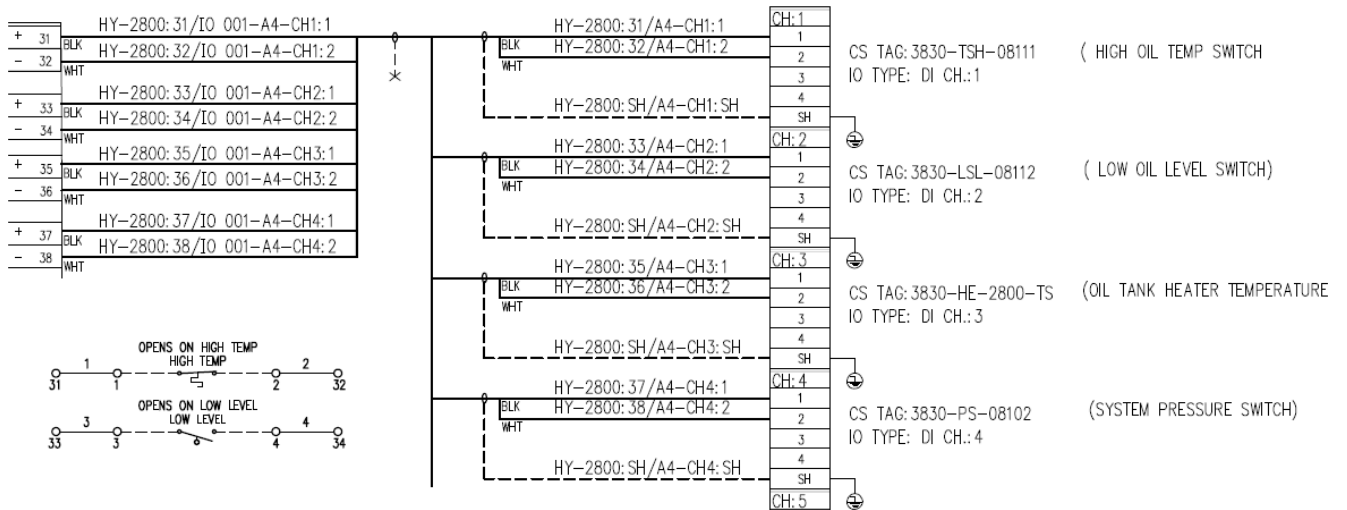
En nuestro sistema utilizamos los CHARMS DI DRY en los siguientes dispositivos:

- Válvula 3840-XV-00503, sensores inductivos de apertura y cierre de válvula.
- Válvula 3840-XV-00505, sensores inductivos de apertura y cierre de válvula.
- Válvula 3840-XV-00529, sensores inductivos de apertura y cierre de válvula.
- Válvula 3830-XV-00507, sensores inductivos de apertura y cierre de válvula en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800.
- Unidad Hidráulica 3830-HY-2800, dispositivos de seguridad:
  - HIGH TEMPERATURE STATUS - Contacto de alta temperatura
  - LOW LEVEL STATUS - Contacto de nivel bajo de aceite
  - HEATER TEMPERATURE STATUS - Contacto de termostato
  - SWITCH PRESSURE - Contacto de presostato
  - OVERLOAD PUMP - Sobrecarga motor 1
  - OVERLOAD PUMP - Sobrecarga motor 2
  - STAR PUMP M1 STATUS - Estado de funcionamiento motor 1
  - STAR PUMP M2 STATUS - Estado de funcionamiento motor 2
  - STOP EMERGENCY STATUS - Estado parada de emergencia



**Figura 106: Diagrama simplificado de conexiones y circuitos para DI 24 V CC CHARM contacto seco.**

En la figura 106 podemos observar el conexionado del CHARM DI DRY con su respectivo terminal block y la señal que se va a detectar.



**Figura 107: Diagrama simplificado de conexiones y circuitos para DI 24 V CC CHARM contacto seco en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800**

En la figura107 se muestra la conexión del contacto de alta temperatura (bornera 31-32) en el canal 1 CH1, donde el canal 1 posee el CHARM DI DRY.

En la figura107 se muestra la conexión del contacto de bajo nivel (bornera 33-34) en el canal 2 CH2, donde el canal 2 posee el CHARM DI DRY.

### 3.5.1.3 CHARM AI 4-20 HART

Son CHARMs de entradas analógicas de corriente, en la tabla 20 podemos observar las especificaciones del CHARM AI 4-20 HART

Tabla 22: Especificaciones del CHARM AI 4-20mA HART

Tipos de sensores	- 4-20 mA con o sin HART - 0-20 mA - Admite tipos de dispositivos de 2 y 4 cables directamente - Admite dispositivo de 3 cables alimentado a través del CHARM de alimentación de 24 V CC
Rango de señal nominal	4-20 mA, (0-20 mA opcional)
Rango de señal completo	0 hasta 24 mA
Impedancia de entrada	250Ω±1%
Alimentación de campo (2 hilos)	15.0 V a 20 mA a entrada de 24 V CC
Precisión sobre el rango de Temperatura	0,1% del intervalo (0-60 ° C) 0,25% del intervalo (más de -40-70 ° C)
Resolución	Convertidor A / D de 16 bits



Figura 108: CHARM AI 4-20 HART

En nuestro sistema Utilizamos el CHARM AI 4-20 HART en los siguientes dispositivos:

- Sensor de vibración 3830-VT-00531A
- Sensor de vibración 3830-VT-00531B
- Sensor de vibración 3830-VT-00531C
- Sensor de vibración 3830-VT-00531D
- Sensor de temperatura 3830-TE-00537A



- Sensor de temperatura 3830-TE-00537B
- Sensor de temperatura 3830-TE-00537C
- Sensor de temperatura 3830-TE-00537D
- Sensor de temperatura 3830-TE-00537E
- Transmisor Indicador de nivel 3860-LIT-00610

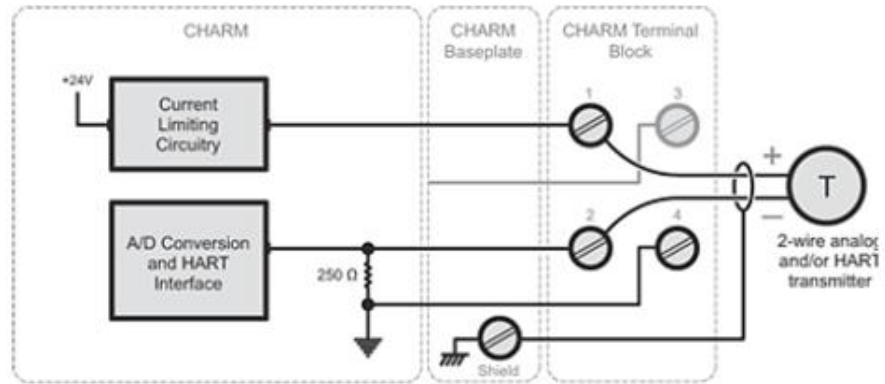


Figura 109: Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para transmisores AI HART CHARM de 4 a 20 mA de dos cables.

En la figura 109 se muestra el conexionado de del CHARM AI HART 4-20 con un transmisor HART de 2 hilos

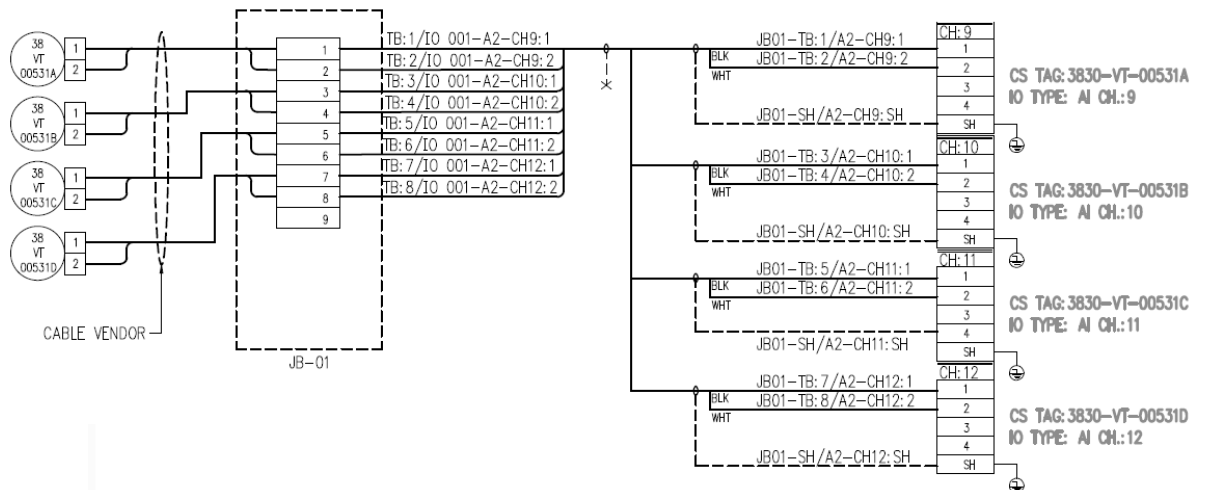


Figura 110: Conexionado de Sensor de Vibración a CHARM AI HART 4-20

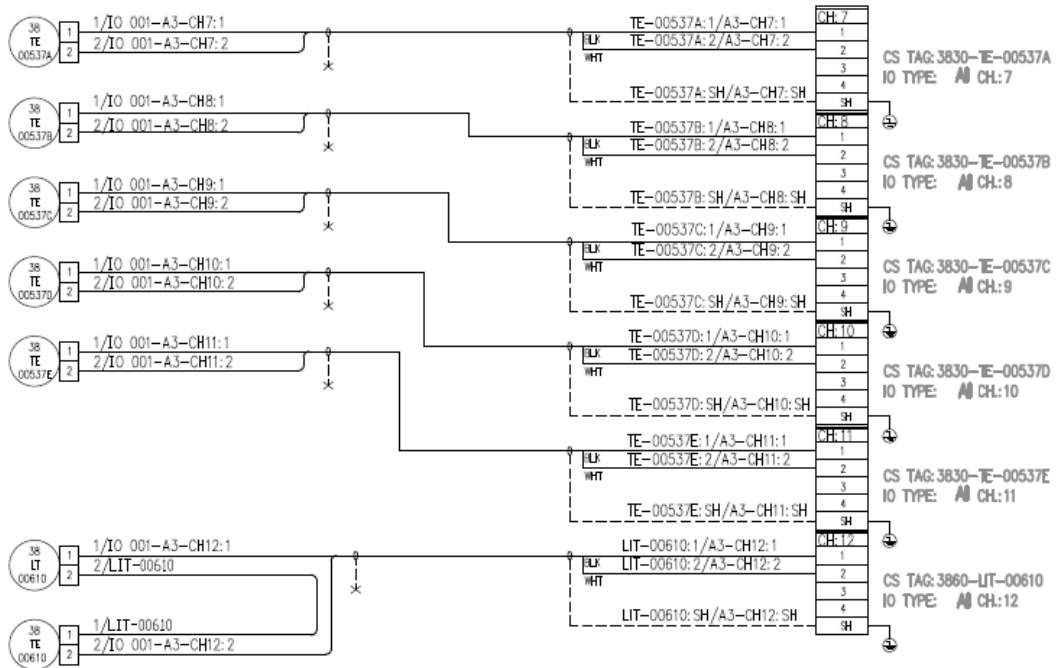


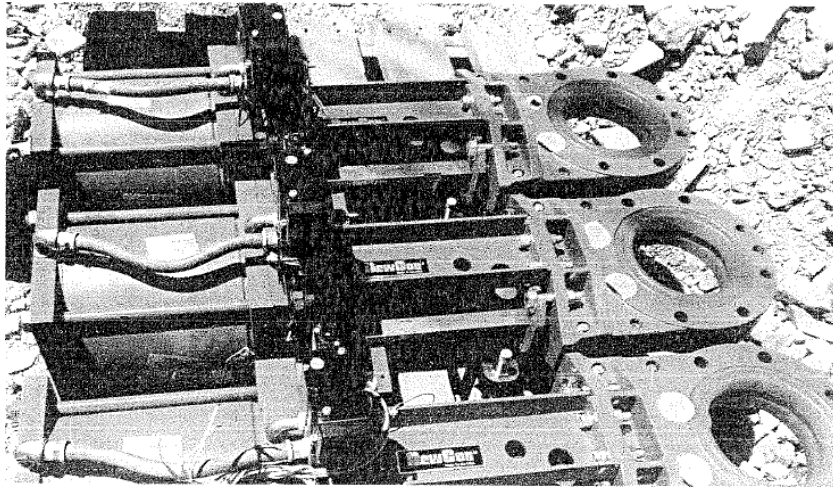
Figura 111: Conexión de Sensor de Temperatura y Nivel a CHARM AI HART 4-20

### 3.5.1.4 Válvula de cuchilla de 6 pulgadas

Es una válvula de control On/OFF electromecánica tipo cuchilla para tubería de 6 pulgadas marca Newcon, son de accionamiento neumático de doble efecto poseen los siguientes elementos:

- Cilindro neumático
  - **Marca:** PARKER
  - **Modelo:** 08TBVELU14A7
  - **Presión:** 150psi
- Válvula solenoide
  - **Marca:** MAC
  - **Serie:** 6300
  - **Operación:** ON/OFF
  - **Voltaje:** 24 VDC

- Sensores inductivos
  - **Marca:** EFECTOR
  - **Modelo:** IGT202
  - **Voltaje:** 24 VDC
  - **Rango:** 12mm



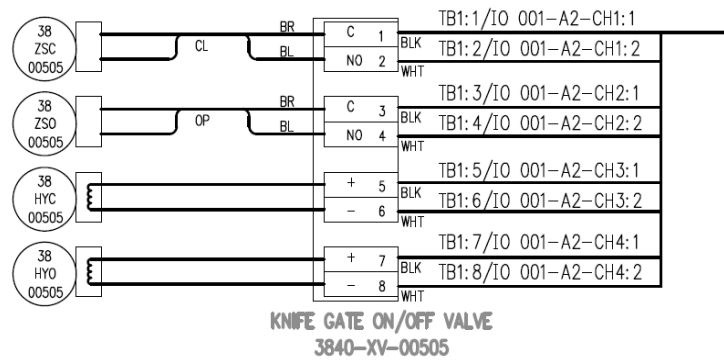
**Figura 112: Válvula de cuchilla Newcon con su válvula Solenoide MAC**

Las válvulas electromecánicas de accionamiento neumático sirven para la limpieza de la línea de tubería de los relaves (18 pulgadas), desde la salida del cajón de distribución (3830-BX-015) hasta la salida de la bomba de arena (3830-PP-28819), esto evita la sedimentación del relave en la línea de tubería de 18 pulgadas, las siguientes válvulas utilizan este tipo:

- 3840-XV-503, se encuentra ubicada entre la caja de distribución y la válvula 3830-XV-00507)
- 3840-XV-505, se encuentra ubicada a la salida de la bomba de arena
- 3840-XV-529, se encuentra ubicada entre la válvula 3830-XV-00507 y la bomba de arena

Todas las válvulas poseen 4 señales como se muestra en la figura 113.

- ZSC, a través del sensor inductivo indica, estado válvula cerrada.
- ZSO, a través del sensor inductivo indica, estado válvula abierta.
- HYC, comando cierre de válvula
- HYO, comando apertura de válvula



**Figura 113: Señales de Válvula 3840-XV-00505**

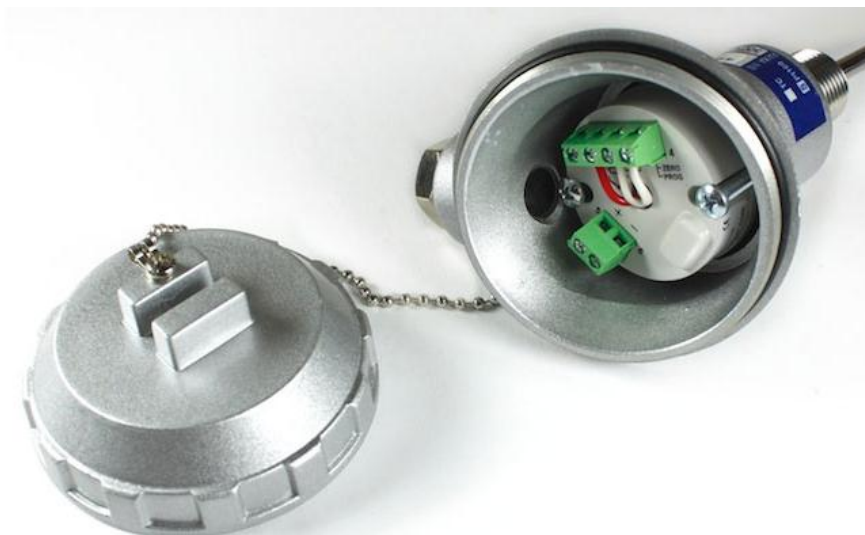
### 3.5.1.5 PT100 (3830-TE-00537A-E)

Los sensores Pt100 son un tipo específico de detector de temperatura RTD (detector de temperatura por resistencia). La característica más importante de los elementos Pt100 es que están fabricados con platino con una resistencia eléctrica de 100 ohmios a una temperatura de 0 °C. Los PT100 miden la temperatura en la caja reductora de la bomba de arena (3830-PP-2881)



**Figura 114: PT100**

Para el conexionado el PT100 posee un convertidor de RTD a 4-20mA HART que se encuentra conexionado internamente.



**Figura 115: PT100 con convertidor RTD a 4-20 mA HART**

En la figura 116 se observa la conexión de los PT100 en el Baseplate 3 en sus respectivos canales.

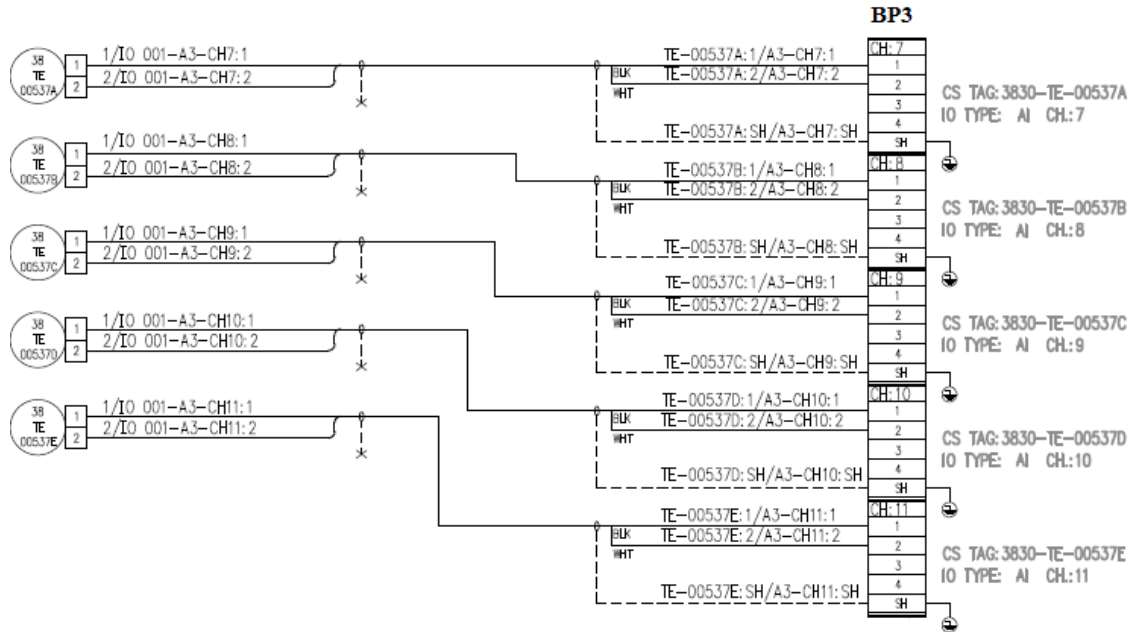


Figura 116: Conexión de PT100 en Baseplate 3

### 3.5.1.6 Transmisor de vibración (3830-VT-00531A-D)

Los transmisores de la serie PC420V de Wilcoxon proporcionan una salida de 4-20 mA proporcional a la velocidad de vibración, lo que permite una tendencia continua de la vibración general de la Bomba de Arena.

Estos datos de tendencias alertan a los usuarios sobre las condiciones cambiantes de la Bomba de Arena y ayudan a guiar al mantenimiento.



Figura 117: Transmisor de Vibración Wilcoxon PC420VR-05

El transmisor de vibración se coloca en la caja reductora de la Bomba de Arena, posee las siguientes especificaciones:

- **Marca:** Wilcoxon
- **Modelo:** PC420VR-05
- **Salida:** 4-20mA
- **Voltaje:** 13 – 30 VDC
- **Rango:** 0 – 0.5 ips
- **Temperatura:** -40°C a 105°C
- **Tipo de detector:** RMS

La Bomba de Arena posee 4 transmisores de vibración:

- 3830-VT-00531A
- 3830-VT-00531B
- 3830-VT-00531C
- 3830-VT-00531D

Dichos sensores a través de su cable vendor se conectan a una caja de paso JB-01 y desde la caja de paso de conectan al Baseplate 2 (BP2) en sus respectivos canales como se muestra en la figura 118.

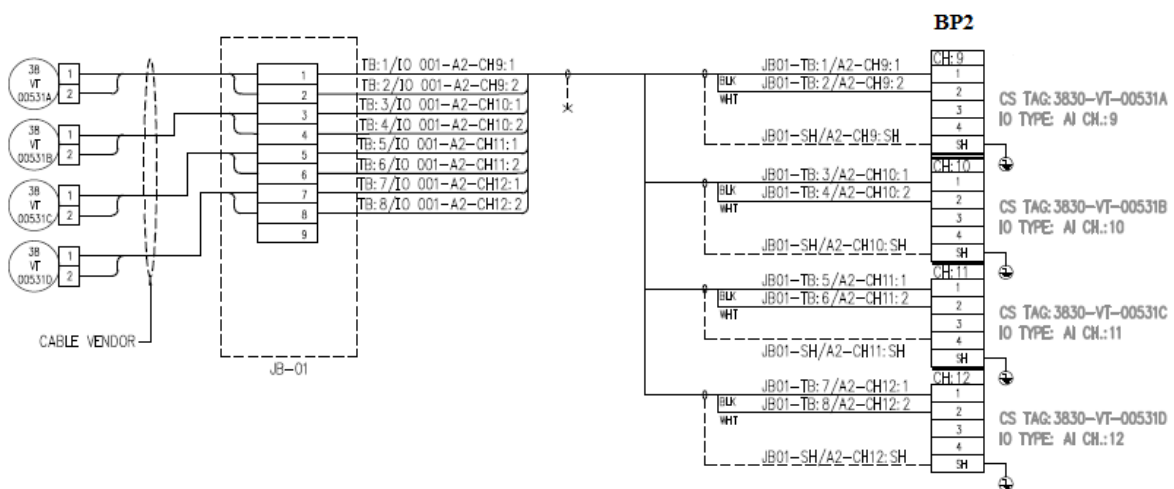


Figura 118: Conexión de Transmisor de Vibración PC420VR-05

### 3.5.1.7 Transmisor de nivel (3860-LIT-00610)

Los sensores ultrasónicos son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias que van desde pocos centímetros hasta varios metros. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración, pueden detectar objetos con diferentes formas, diferentes colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos.

En nuestro sistema utilizamos el transmisor ultrasónico de nivel 3105HA1FRC15Q4ST y su sistema de control indicador 3491L2P416, ambos de la marca Rosemount y sirven para medir el nivel del tanque de agua de sello (3860-TK-080)

- **Sensor de nivel serie 3105**

Son transmisores de nivel ultrasónicos alimentados por bucle de 4–20 mA diseñados para mediciones continuas de nivel de líquido en tanques.

Los transmisores pueden conectarse directamente a un sistema de control de la planta o usarse con una unidad de control Rosemount serie 3490 para la funcionalidad de control programable, posee las siguientes características:

- **Marca:** Rosemount
- **Modelo:** 3105HA1FRC15Q4ST
- **Voltaje:** 12-30VDC
- **Amperaje:** 4-20mA
- **Temperatura:** -30°C a 170°C





Figura 119: Transmisor de nivel serie 3105 de Rosemount

Para su instalación en el tanque de agua de sello se debe tener las siguientes consideraciones como indica la figura 120.

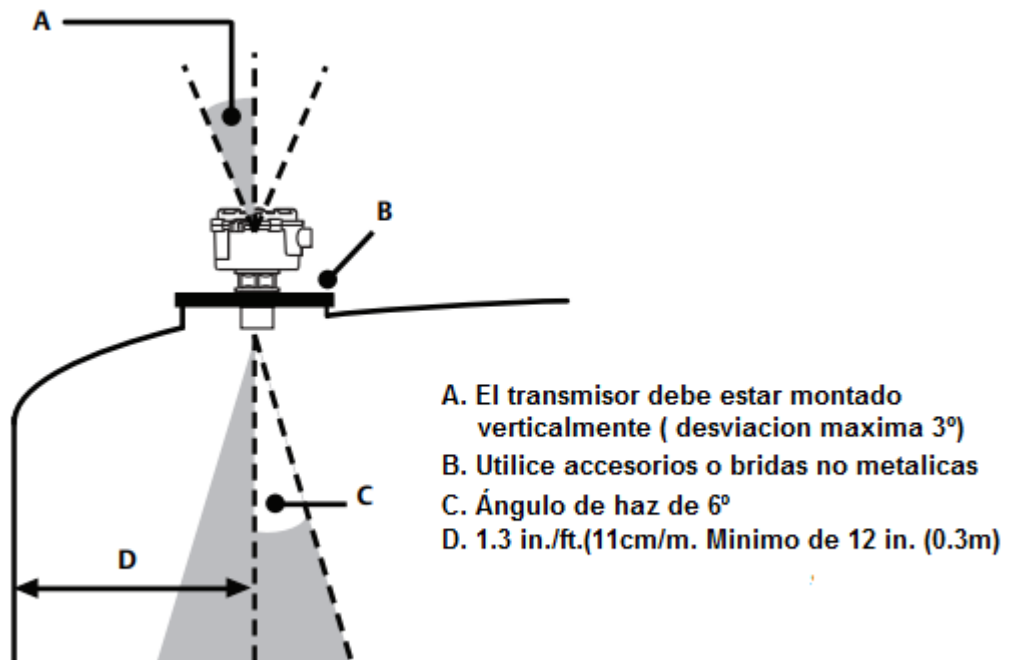


Figura 120: Instalación de Sensor de Nivel serie 3105 Rosemount

- **Transmisor indicador serie 3490**

El controlador Rosemount 3490 proporciona una funcionalidad de control integral para cualquiera de sus transmisores de 4–20 mA o compatibles con HART. La pantalla retroiluminada le brinda una indicación visual clara de los valores medidos y el estado de todas las entradas y salidas. Se desarrolla pensando en el cliente y utiliza una estructura de menú fácil de navegar, así como un asistente para la puesta en marcha asistida.



**Figura 121: Transmisor Indicador Serie 3490 de Rosemount**

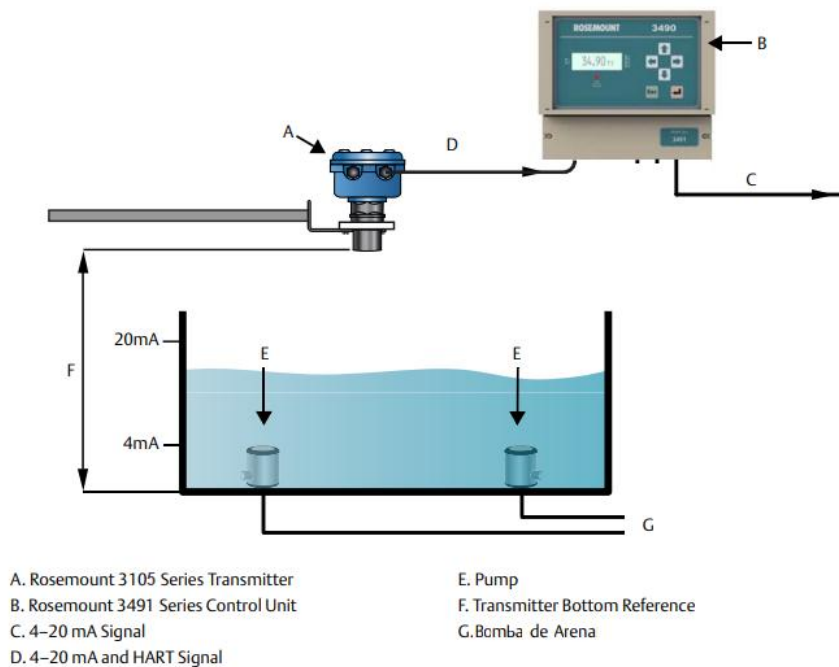
Posee las siguientes especificaciones:

- **Marca:** Rosemount
- **Modelo:** 3491L2P416
- **Fuente de alimentación:** 15 a 30 VCC
- **Entrada:** 4-20 mA o HART

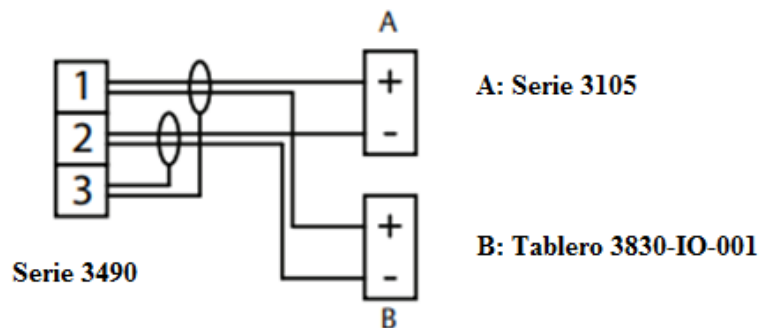
- **Conexión de transmisor de nivel (3860-LIT-00610)**

El sensor de nivel de la serie 3105 es montada en la parte superior del tanque de agua de sello como indica la figura 120, el transmisor indicador se monta en un área visible, para que el operador y los encargados de mantenimiento visualicen el nivel del tanque.

En la figura 122 se logra observar la aplicación de la serie 3105 y la serie 3490.



**Figura 122: Aplicación Típica Serie 3105 y Serie 3490**



**Figura 123: Conexión de Serie 3105 y Serie 3490**

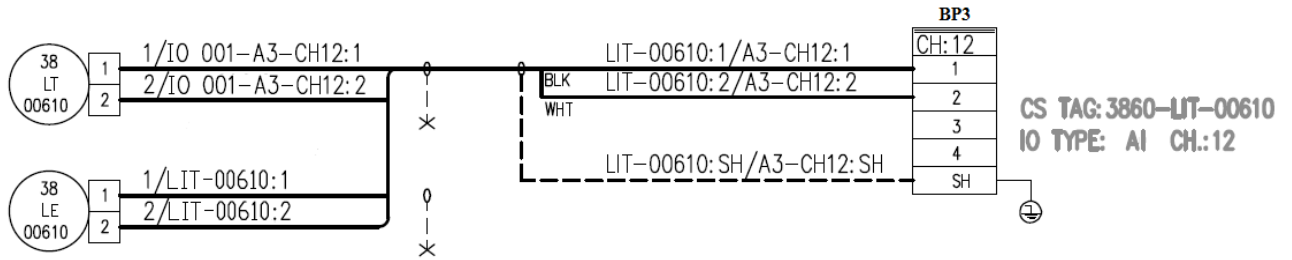


Figura 124: Conexión de Transmisor de Nivel 3860-LIT-00610 en Baseplate 3

En la figura 123 observamos el modo de conexión del Transmisor Indicador de nivel de la serie 3490 y en la figura 124 el conexión del transmisor de nivel al Baseplate 3 y su canal correspondiente.

### 3.5.2 Tablero Remoto I/O (3830-IO-002)

El tablero remoto I/O recibe todas las señales Analógicas y Digitales de nuestro sistema a través de los módulos CIOC y es enviada al controlador del Delta V para su respectivo procesamiento.

El tablero remoto I/O 3830-IO-02 no posee MIPP (Modular Industrial Patch Panel) ni switch de comunicación, debido a que la comunicación lo hace con el tablero remoto 3830-IO-001).



Figura 125: Tablero Remoto I/O 3830-IO-002

El tablero remoto I/O 3830-IO-002 posee:

- 2 módulos CIOC redundantes.
- 4 Baseplate
- 16 terminal block estándar, en el terminal Block estándar se puede utilizar todos los tipos de CHARM. El terminal block posee 4 terminales de conexión y su conexión depende del tipo de CHARM que utilicemos, en la figura 97 se muestra el terminal block estándar.
- 6 terminal block de alimentación inyectada con fusible, se utiliza con el CHARM ISO 24 ISO para dar energía directa a las bobinas de los Relés y solenoides ver figura 98.

Los CHARM utilizados en el sistema son los siguientes:

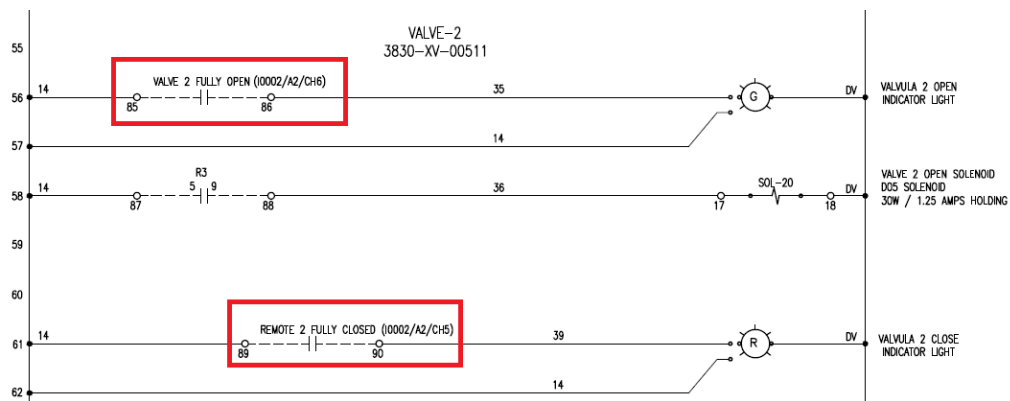
### **3.5.2.1 CHARM DO ISO 24V**

CHARMs de salidas discretas aisladas de 24V, en la tabla 18 podemos observar las siguientes especificaciones.

Utilizamos 2 tipos de configuración:

- Circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC figura 101. Fueron utilizados para activar los indicadores de apertura y cierre de válvulas y señales propias de la Unidad Hidráulica como las siguientes:
  - 3830-XV-00511 indicador de apertura y cierre
  - 3830-XV-00526 indicador de apertura y cierre
  - 3830-XV-00504 indicador de apertura y cierre
  - LIGHT INDICATOR - Indicador de alta temperatura
  - LIGHT INDICATOR - Indicador de bajo nivel de aceite
  - VALVE ACCOMMILATOR COMMAND - Activación remota de válvulas

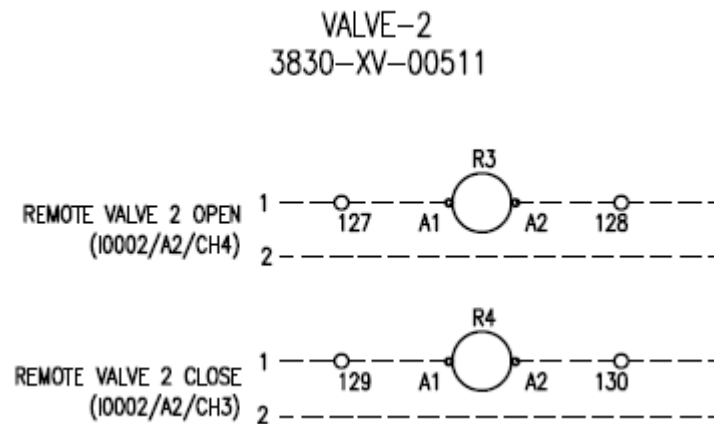
- HEATER TEMPERATURE COMMAND - Control de heater
- STOP EMERGENCY COMMAND - Parada de emergencia remota
- STAR PUMP M1 COMMAND - Control de Motor 1
- STAR PUMP M2 COMMAND - Control de Motor 2
- LIGHT INDICATOR - Indicador de funcionamiento de UH



**Figura 126: Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800**

- Circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC con bloque de terminales de alimentación inyectada con fusible como se muestra en la figura 103. Fueron utilizados en los siguientes dispositivos:
  - Válvula 3830-XV-00511, bobinas de Apertura y cierre.
  - Válvula 3830-XV-00526, bobinas de Apertura y cierre.

- Válvula 3830-XV-00504, bobinas de Apertura y cierre.



**Figura 127: Diagramas de conexiones y circuitos simplificados para CHARM aislado DO 24 V CC con bloque de terminales de alimentación inyectada con fusible en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800**

En la figura 127 se muestra el conexionado del CHARM DO ISO 24VCC con Terminal Block de alimentación inyectada con fusible en la Unidad Hidráulica para el control de apertura de la válvula 3830-XV-00511.

### 3.5.2.2 CHARM DI DRY

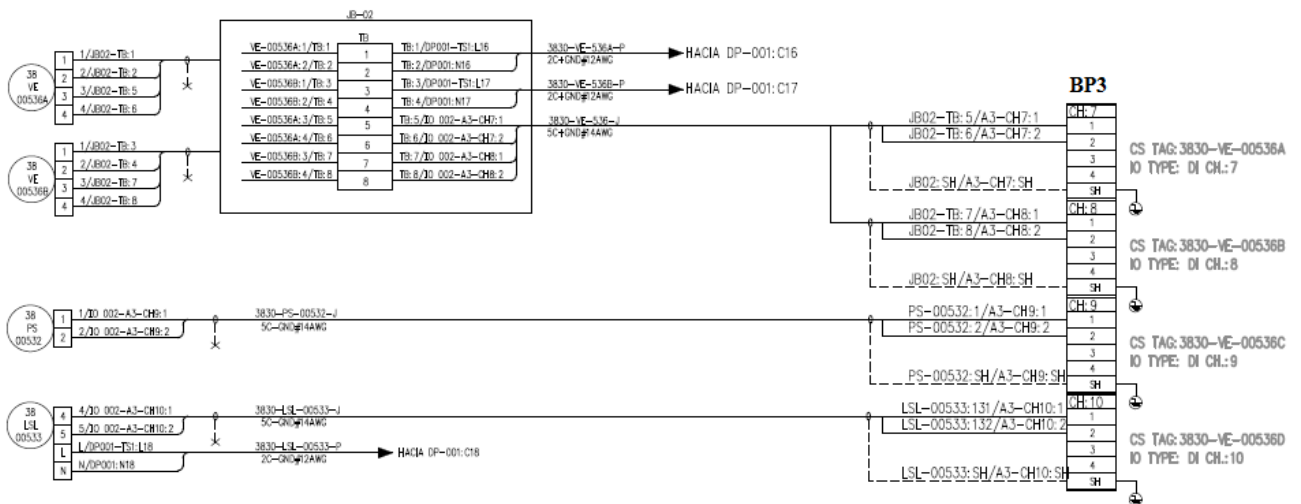
Son CHARMs de entradas digitales de contacto seco, en la tabla 19 podemos ver sus especificaciones.

En nuestro sistema utilizamos los CHARMs DI DRY en los siguientes dispositivos:

- Válvula 3830-XV-00511, sensores inductivos de apertura y cierre de válvula.
- Válvula 3830-XV-00526, sensores inductivos de apertura y cierre de válvula.
- Válvula 3830-XV-00504, sensores inductivos de apertura y cierre de válvula.
- Switch de Vibración 3830-VE-00536A-B, Bomba de Arena.

- Switch de presión 3830-PS-00532, Caja reductora de Bomba de Arena.
- Switch de nivel bajo de aceite 3830-LSL-00533, Caja reductora de Bomba de Arena.

En la figura 106 podemos observar el conexionado del CHARM DI DRY con su respectivo terminal block y la señal que se va a detectar.



**Figura 128: Diagrama simplificado de conexiones y circuitos para DI DRY CHARM contacto seco en Unidad Hidráulica 3830-HY-2800**

En la figura128 podemos observar lo siguiente:

- Switch de vibración 3830-VE-00536A-B se conecta en el canal 7 CH7 y canal 8 CH8 respectivamente, donde el canal 7 y canal 8 poseen el CHARM DI DRY.
- Switch de presión 3830-PS-00532 se conecta en el canal 9 CH9, donde el canal 9 posee el CHARM DI DRY.
- Switch de bajo nivel 3830-LSL-00533 se conecta en el canal 10 CH10, donde el canal 10 posee el CHARM DI DRY.



### 3.5.2.3 Válvula hidráulica Clarkson KGA

Estas válvulas hidráulicas tipo cuchilla sirven para habilitar o deshabilitar la línea de 18 pulgadas de los relaves, estas válvulas están controladas por la Unidad Hidráulica 3830-HY-2800.

Las válvulas tipo cuchilla para lodo Clarkson KGA cuentan con mangas de elastómero con abertura completa para trabajo pesado, ofreciendo el mejor aislamiento contra lodos pesados.

Cumple con una amplia gama de requisitos de abrasión, corrosión, temperatura y presión, posee las siguientes características:

- **Marca:** Clarkson
- **Modelo:** KGA
- **Diámetro:** 18 pulgadas
- **Tem. Max:** 200°C
- **Presión :** 150psi

La válvula Clarkson posee 2 sensores inductivos de marca Atex modelo SPDT SW10020 que indica cuando la válvula abre o cierra.

Esta válvula es usada para los siguientes equipos:

- 3830-XV-00504
- 3830-XV-00507
- 3830-XV-00511
- 3830-XV-00526

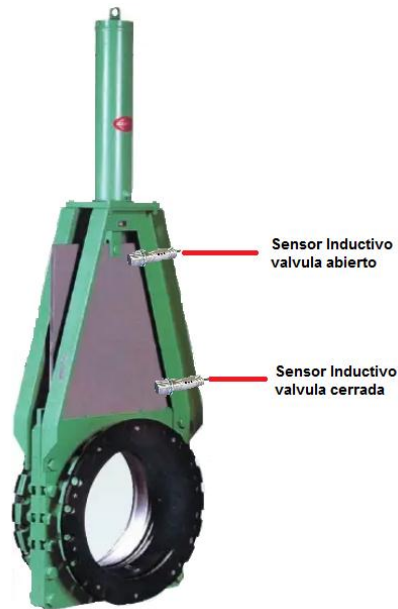


Figura 129: Válvula Clarkson KGA y Sensor Inductivo SPDT

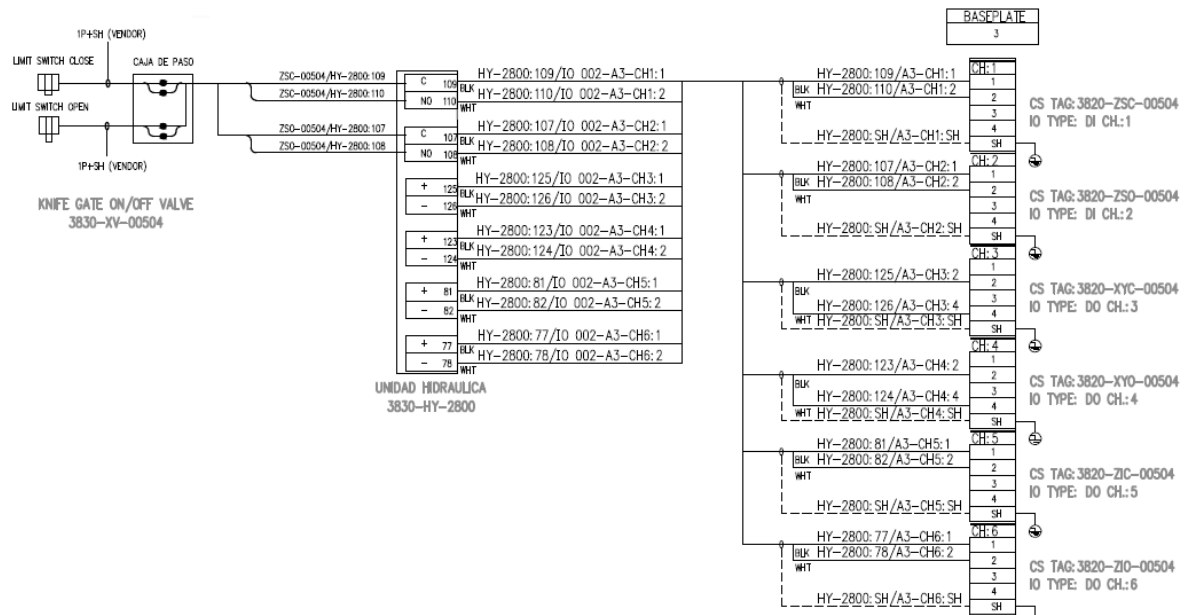


Figura 130: Conexión de Válvula 3830-XV-00504

En la figura 130 podemos observar el conexionado de la válvula 3830-XV-00504 en la Unidad Hidráulica 3830-HY-2800, a su vez en el Baseplate 3, dicha válvula posee 6 señales que son las siguientes:

- 3830-XYC-00504 CLOSE VALVE COMMAND
- 3830-XYO-00504 OPEN VALVE COMMAND

- 3830-ZSC-00504 CLOSE VALVE STATUS
- 3830-ZSO-00504 OPEN VALVE STATUS
- 3830-ZIC-00504 CLOSED VALVE INDICATOR
- 3830-ZIO-00504 OPEN VALVE INDICATOR
- 3830-XYC-00507 CLOSE VALVE COMMAND

### **3.6 FILOSOFÍA DE CONTROL**

El presente ítem describe la estrategia de control requerida para el adecuado funcionamiento del sistema de transporte de relaves. Se emplearán algoritmos de control discreto y continuo.

#### **3.6.1 Modos de Operación**

Los modos de operación para las bombas de relaves y agua de sello serán los siguientes:

- Local: Empleado para arrancar, parar o probar el funcionamiento de las bombas mediante botoneras localizadas en campo al pie de cada bomba.
- Remoto – Automático: Realizado por el Gabinete PLC el cual ejecuta las rutinas de control previamente programadas.
- Remoto – Manual: Empleado para arrancar, parar o probar el funcionamiento de las bombas. Es realizado por el operador desde la sala de supervisión y control.

#### **3.6.2 Estrategia de Control**

La estrategia de control deberá considerar lo siguiente:

- El sistema será normalmente supervisado y controlado por un operador.
- Los equipos mecánicos principales podrán ser arrancados y operados de forma remota o local, dependiendo de la posición del selector (Local/Remoto) ubicado en la botonera de campo.

- En modo local se puede emplear la botonera de campo para operar el equipo mecánico asociado.
- Por razones de seguridad el mando de parada local y remota siempre deben estar habilitados.
- El cambio de modo remoto a local detendrá previamente la operación de los equipos mecánicos.
- Los enclavamientos del sistema de control serán divididos en:
  - **Enclavamientos de seguridad:** Señal lógica que se activa cuando se produce una condición dentro del proceso que puede causar daños a los equipos mecánicos o algún otro componente crítico dentro del proceso.
  - **Enclavamientos de proceso:** Señal lógica que se activa de acuerdo a las rutinas de control implementadas en el sistema de control y a las señales provenientes del proceso.
  - **Permisivos:** Condición que debe cumplir antes de que se pueda cambiar el estado de un equipo o dispositivo.
- Los enclavamientos de proceso se mantienen deshabilitados en modo local. Los enclavamientos de seguridad se deberán mantener habilitados todo el tiempo.
- En modo remoto los equipos mecánicos principales deberán ser arrancados de manera secuencial. Los enclavamientos detendrán la operación hasta que la causa del enclavamiento haya sido superada o rectificada.
- Los siguientes eventos y parámetros serán continuamente monitoreados por el sistema de control:
  - Parada de proceso por enclavamientos de seguridad.
  - Parada por enclavamientos de proceso.
  - Parada por cambio de modo remoto a local.
  - Tiempo de operación de equipos mecánicos.

- Tiempo de espera para secuencias de arranque y parada.
- Estado de interruptores de seguridad o protección.
- Señales de estado y control de los equipos mecánicos mediante MCC asociado.

Las secuencias de operación para los equipos mecánicos principales, considera una secuencia de arranque en condiciones normales, una secuencia de parada en condiciones normales y una parada en condiciones de emergencia.

Así mismo, las secuencias de operación para los equipos mecánicos deben contemplar tener en principio la prioridad de ser realizada en forma manual remota y, según el requerimiento y decisión del operador, tener la posibilidad de ser llevada a cabo en forma remota automática.

### **3.6.3 Control de Motores**

Los motores de la bomba de relaves y agua de sello serán monitoreados y controlados a través del protocolo de comunicaciones Profibus DP. Los motores contarán con variadores de frecuencia los cuales se encontrarán ubicados en la sala eléctrica ER-047. Los variadores se encargarán de regular las revoluciones por minuto de los motores en respuesta a los comandos recibidos desde el Gabinete DCS 3800-CP-001. Si existiera un problema de comunicación con el dispositivo de protección del motor, el motor continuará operando en modo manual. El operador en la sala de control visualizará una alarma indicando un problema de comunicación.

Se deberá monitorear los siguientes estados de los motores:

- Listo (Ready): Motor detenido y listo para arrancar.
- Remoto (Remote): Motor en modo remoto.
- Funcionando (Run): Motor en operación.

- Falla (Fail): Motor con falla eléctrica (sobrecarga)
- Parado (Stopped): Motor detenido por emergencia.

Los variadores de frecuencia recibirán comandos de arranque, parada y variación de velocidad desde el sistema de control o desde botoneras locales. El sistema de control también monitoreará la alimentación eléctrica y el estado del selector local/remoto. Adicionalmente, a través del protocolo de comunicaciones Profibus DP, también se podrá monitorear variables como voltaje, corriente, factor de potencia y otros a petición del operador.

### **3.7 DESCRIPCIÓN FUNCIONAL**

#### **3.7.1 Escenarios de Operación**

Los relaves depositados en el cajón C2-3830-BX-015 serán descargados por gravedad o impulsados a través de la bomba C2-3830-PP-2881 hasta la corona de la presa de relaves.

Existirán 06 escenarios de operación:

- Escenario 1: Previo a descarga por gravedad, limpieza de líneas.
- Escenario 2: Descarga por gravedad y Bomba C2-3830-PP-2881 apagada.
- Escenario 3: Posterior a descarga por gravedad, limpieza de líneas.
- Escenario 4: Previo a Arranque de bomba C2-3830-PP-2881.
- Escenario 5: Bomba C2-3830-PP-2881 en operación.
- Escenario 6: Posterior a Parada de bomba C2-3830-PP-2881.

Con el objetivo de poder cambiar de un escenario a otro dependiendo del tipo de operación que se requiera se ha proyectado válvulas de control las cuales abrirán o cerrarán el paso del flujo a través de las líneas. La configuración de las válvulas estará dada de la siguiente manera:

Tabla 23: Previo a descarga por Gravedad

<b>Escenario de Operación 1: Previo a Descarga por Gravedad</b>	
<b>Válvulas Abiertas</b>	<b>Válvulas cerradas</b>
XV-00513 XV-00515	XV-00511 XV-00512 XV-00503 XV-00507 XV-00529 XV-00504 XV-00505 XV-00526

Tabla 24: descarga por Gravedad

<b>Escenario de Operación 2: Descarga por Gravedad y Bomba</b>	
<b>Válvulas Abiertas</b>	<b>Válvulas cerradas</b>
XV-00511 XV-00512	XV-00513 XV-00515 XV-00503 XV-00507 XV-00529 XV-00504 XV-00505 XV-00526

Tabla 25: Posterior a Descarga por Gravedad

<b>Escenario de Operación 3: Posterior a Descarga por Gravedad</b>	
<b>Válvulas Abiertas</b>	<b>Válvulas cerradas</b>
XV-00513 XV-00515	XV-00511 XV-00512 XV-00503 XV-00507 XV-00529 XV-00504 XV-00524 XV-00505

Tabla 26: Previo a Arranque de Bomba

<b>Escenario de Operación 4: Previo a Arranque de Bomba</b>	
<b>Válvulas Abiertas</b>	<b>Válvulas cerradas</b>
XV-00503 XV-00505 XV-00529	XV-00511 XV-00512 XV-00513 XV-00515 XV-00507 XV-00504 XV-00526



Tabla 27: Bomba en Operación

<b>Escenario de Operación 5: Bomba en Operación</b>	
<b>Válvulas Abiertas</b>	<b>Válvulas cerradas</b>
	XV-00511
	XV-00512
XV-00507	XV-00513
XV-00504	XV-00515
XV-00526	XV-00503
	XV-00529
	XV-00505

Tabla 28: Posterior a Parada de Bomba

<b>Escenario de Operación 6: Posterior a Parada de Bomba</b>	
<b>Válvulas Abiertas</b>	<b>Válvulas cerradas</b>
	XV-00511
	XV-00512
XV-00503	XV-00513
XV-00505	XV-00515
XV-00529	XV-00507
	XV-00504
	XV-00526

### 3.7.2 Operación Bomba de Relaves C2-3830-PP-2881

La bomba de relave C2-3830-PP-2881 será arrancada de forma remota – manual por el operador de sala de control y podría ser puesta en modo remoto – automático una vez el sistema se haya estabilizado (de ser así requerido).

La bomba variará su velocidad de acuerdo a las variaciones en el nivel del cajón de relaves C2-3830-BX-015, el cual es monitoreado

por el sensor de nivel 3830-LIT-00510 existente, con el objetivo de mantener un nivel mínimo estable en el cajón y así evitar la cavitación de la bomba. Debido a la naturaleza integrativa del proceso pero con variaciones de carga (flujo) se deberá implementar un control tipo PI (Proporcional integrativo) para el lazo de control de nivel. En caso de que el nivel de relaves dentro del cajón caiga por debajo del 10%, el enclavamiento de protección de nivel bajo LALL-00510 se activará para realizar la parada automática de la bomba y así evitar la cavitación de la misma.

La presión a la descarga de la bomba C2-3830-PP-2881 será monitoreada por el transmisor de presión 3830-PIT-00506. En caso la presión a la descarga de la bomba alcance un 10% por encima de su presión máxima de operación, el enclavamiento de protección PAHH-00503 deberá realizar la parada automática de la bomba C2-3830-PP-2881.

En caso se produzca la parada de la bomba C2-3830-PP-2881, las válvulas de control que se encuentren abiertas de acuerdo a los escenarios de operación deberán cerrar automáticamente, mientras que las válvulas de control XV-00503, XV-00529 y XV-00505 ubicadas en las líneas de agua deberán abrir para realizar la limpieza de las tuberías y bomba y evitar la sedimentación de los relaves.

### **3.7.3 Arranque y Parada de Bomba C2-3830-PP-2881**

Para el inicio de la secuencia de arranque en modo remoto manual en condiciones normales, se debe verificar y cumplir previamente lo siguiente:

- La bomba debe tener la condición de lista para operar.
- La bomba debe tener la condición de estar en modo remoto.
- No debe existir condiciones de falla eléctrica.

- Cumplir los siguientes **PERMISIVOS**:
  - 3860-PAL-00519: Presión no baja en línea de agua de sello.  
(Presión en [3860-PIT-00519] > [3830-PIT-00506] + 15 psig)
  - 3860-FAL-00518: Caudal bajo en la línea de agua de sello.  
(Caudal en [3860-FIT-00518] > 8 m3/hr)
  - 3830-LAHH-00510: Nivel en cajón de relaves C2-3830-BX-015 inferior al HH (alto-alto).  
(Nivel en [3830-LIT-00510] < 3830-LAHH-00510)
  - 3830-LALL-00510: Nivel en cajón de relaves C2-3830-BX-015 superior al LL (bajo-bajo).  
(Nivel en [3830-LIT-00510] > 2m medidos sobre la boquilla de descarga)
- Válvulas de control configuradas de acuerdo a los escenarios de operación descritos en el ítem 2.10.1.
- Se genere la orden de arranque de secuencia por el operador.
- Condiciones normales de funcionamiento de la planta.

Para la secuencia de parada en modo remoto manual en condiciones normales, se debe verificar y cumplir previamente lo siguiente:

- La bomba debe tener la condición de funcionando.
- La bomba debe tener la condición de remoto.
- No tener presente condiciones de falla o enclavamientos de seguridad.
- Se genere la orden de parada de secuencia por el operador.
- Condiciones normales de funcionamiento de la planta.

La parada de la bomba de relaves en condiciones de emergencia será en forma inmediata y estará dando en función de los siguientes

**ENCLAVAMIENTOS** de seguridad:

- 3830-PAL-00519: Presión baja en la línea de agua de sello
- (Presión en [3860-PIT-00519] < [3830-PIT-00506] + 15 psig)
- 3860-FAL-00518: Caudal bajo en la línea de agua de sello.
- (Caudal en [3860-FIT-00518] < 8 m<sup>3</sup>/hr)
- 3830-LALL-00510: Nivel bajo bajo en cajón de relaves 3830-BX-015.
- (Nivel en [3830-LIT-00510] < 2m medidos sobre la boquilla de descarga)
- 3830-PAHH-00506: Presión alta de descarga de la bomba de relaves > 1000 kPa.
- (Presión en [3830-PIT-00506] > [3830-PAHH-00506] = 1000 kPa)

#### **3.7.4 Operación Bomba de Agua de Sello C2-3830-PW-2881**

La bomba de agua de sello C2-3830-PW-2881 será arrancada de forma remota – manual por el operador y podría ser puesta en modo remoto – automático una vez el sistema se haya estabilizado (de ser así requerido).

La bomba de agua de sello variará su velocidad de acuerdo a las variaciones en la presión de la bomba de relaves C2-3830-PP-2881. La presión en la descarga de la bomba de agua de sello, la cual es monitoreada por el transmisor de presión 3860-PIT-00519.

Debido a que tiene que mantenerse un diferencial de presión mayor a 15 psi entre ambas descargas se deberá implementar un control tipo relación o mantener un diferencial un poco mayor a 15 psi, para que no dañe los sellos de la bomba de relaves y que permita que la Bomba de Arena gire a velocidad. En caso de que el diferencial de

presión entre la descarga de la bomba de agua de sello y la descarga de la bomba de relaves caiga por debajo de 15 psig entonces se activará el enclavamiento de protección 3860-PAL-00519 que apagará la bomba de relaves de manera automática.

La bomba de relaves C2-3830-PP-2881 requiere un caudal de agua de sello de 8 a 10m<sup>3</sup>/hr para poder trabajar de manera adecuada. La línea de agua de sello que se conecta a la bomba de relaves cuenta con un Flujómetro 3860-FIT-00518. En caso de que el caudal de la línea de agua de sello sea inferior a 8 m<sup>3</sup>/hr la alarma de caudal bajo 3860-FAL-00518 mandará a parar la bomba de relaves.

El nivel en el tanque de agua de sello C2-3860-TK-080 será monitoreado por el transmisor de nivel 3860-LIT-00610. En caso que el nivel de llenado de agua caiga por debajo de 0.5m medidos por encima de la boquilla de salida del tanque TK-080 se activará el enclavamiento de protección de nivel bajo bajo LALL-00610 el cual realizará la parada automática de la bomba C2-3830-PW-2881.

### **3.7.5 Arranque y Parada de Bomba de agua de sello C2-3830-PW-2881**

Para el inicio de la secuencia de arranque en modo remoto manual en condiciones normales, se debe verificar y cumplir previamente lo siguiente:

- La bomba debe tener la condición de lista para operar.
- La bomba debe tener la condición de estar en modo remoto.
- No debe existir condiciones de falla eléctrica.
- Cumplir los siguientes **PERMISIVOS**:
  - 3860-LALL-00610: Nivel de agua por encima del LL (bajo-bajo) del TK-080.  
(Nivel en [3860-LIC-00610] > 0.5m medidos sobre la boquilla de descarga)

- Se genere la orden de arranque de secuencia por el operador.
- Condiciones normales de funcionamiento de la planta.

Para la secuencia de parada en modo remoto manual en condiciones normales, se debe verificar y cumplir previamente lo siguiente:

- La bomba debe tener la condición de funcionando.
- La bomba debe tener la condición de remoto.
- No tener presente condiciones de falla o enclavamientos de seguridad.
- Se genere la orden de parada de secuencia por el operador.
- Condiciones normales de funcionamiento de la planta.

La parada de la bomba de agua de sello en condiciones de emergencia será en forma inmediata y estará dando en función de los siguientes **ENCLAVAMIENTOS** de seguridad o protección de equipos:

- 3860-LALL-00610: Nivel bajo bajo en tanque de agua de sello.  
(Nivel en [3860-LIC-00610]  $\leq$  0.5m medidos sobre la boquilla de descarga)

### **3.7.6 Operación Bomba de Agua de Sello C2-3830-PW-2882**

La bomba de agua de sello C2-3830-PW-2882 será arrancada de forma remota – manual por el operador y podría ser puesta en modo remoto – automático una vez el sistema se haya estabilizado (de ser así requerido).

La bomba de agua de sello variará su velocidad de acuerdo a las variaciones en la presión de la bomba de relaves C2-3830-PP-2281. La presión en la descarga de la bomba de agua de sello, la cual es monitoreada por el transmisor de presión 3860-PIT-00519, siempre deberá ser mayor en 15 psig que la presión en la descarga de la bomba de relaves con el objetivo de evitar una fuga de relave.

Debido a que tiene que mantenerse un diferencial de presión mayor a 15 psig entre ambas descargas se deberá implementar un control tipo relación o mantener un diferencial un poco mayor a 15 psig, para que no dañe los sellos de la bomba de Arena y que permita que gire a velocidad. En caso de que el diferencial de presión entre la descarga de la bomba de agua de sello y la descarga de la bomba de relaves caiga por debajo de 15 psig entonces se activará el enclavamiento de protección 3860-PAL-00519 que apagará la bomba de relaves de manera automática.

La bomba de relaves C2-3830-PP-2281 requiere un caudal de agua de sello de 8 a 10m<sup>3</sup>/hr para poder trabajar de manera adecuada. La línea de agua de sello que se conecta a la bomba de relaves cuenta con un Flujómetro 3860-FIT-00518. En caso de que el caudal de la línea de agua de sello sea inferior a 8 m<sup>3</sup>/hr la alarma de caudal bajo 3860-FAL-00518 mandará a parar la bomba de relaves.

El nivel en el tanque de agua de sello C2-3860-TK-080 será monitoreado por el transmisor de nivel 3860-LIT-00610. En caso que el nivel de llenado de agua caiga por debajo de 0.5m medidos por encima de la boquilla de salida del tanque TK-080 se activará el enclavamiento de protección de nivel bajo bajo LALL-00610 el cual realizará la parada automática de la bomba C2-3830-PW-2882.

### **3.7.7 Arranque y Parada de Bomba de agua de sello C2-3830-PW-2882**

Para el inicio de la secuencia de arranque en modo remoto manual en condiciones normales, se debe verificar y cumplir previamente lo siguiente:

- La bomba debe tener la condición de lista para operar.
- La bomba debe tener la condición de estar en modo remoto.
- No debe existir condiciones de falla eléctrica.

- Cumplir los siguientes permisivos:
  - 3860-LALL-00610: Nivel de agua por encima del LL (bajo-bajo) del TK-080.  
(Nivel en [3860-LIC-00610] > 0.5m medidos sobre la boquilla de descarga)
- Se genere la orden de arranque de secuencia por el operador.
- Condiciones normales de funcionamiento de la planta.

Para la secuencia de parada en modo remoto manual en condiciones normales, se debe verificar y cumplir previamente lo siguiente:

- La bomba debe tener la condición de funcionando.
- La bomba debe tener la condición de remoto.
- No tener presente condiciones de falla o enclavamientos de seguridad.
- Se genere la orden de parada de secuencia por el operador.
- Condiciones normales de funcionamiento de la planta.

La parada de la bomba de agua de sello en condiciones de emergencia será en forma inmediata y estará dando en función de los siguientes enclavamientos de seguridad o protección de equipos:

- 3860-LALL-00610: Nivel bajo bajo en tanque de agua de sello.  
(Nivel en [3860-LIC-00610] ≤ 0.5m medidos sobre la boquilla de descarga)

### **3.7.8 Suministro de Agua a Tanque C2-3860-TK-080**

El nivel en el tanque de agua de sello C2-3860-TK-080, el cual es monitoreado por el transmisor de nivel 3860-LIT-00610, será controlado regulando el flujo de entrada por medio de la válvula modulante tipo bola 3860-LV-00610. La válvula modulante modificará su apertura ante las variaciones de nivel que se presente en el tanque lo que responde a un mayor o menor consumo por parte de la



bombas C2-380-PW-2881/2882. Debido a la naturaleza integrativa del proceso pero con variaciones de carga (flujo) se deberá implementar un control tipo PI (Proporcional Integrativo) para el lazo de control de nivel.

Un transmisor de presión diferencial 3860-PDIT-00541 se encargará de monitorear la caída de presión a través de los filtros C2-3860-FL-2880 enseriado con el FL-2881, los cuales realizan la separación de sólidos del agua antes de ser suministrada al tanque C2-3860-TK-080. Cuando la caída de presión sea muy grande la alarma PDAH-00541 se encargará de indicar a los operadores que los filtros necesitan mantenimiento.

Adicionalmente para el monitoreo del caudal en la línea de suministro de agua al tanque C2-3860-TK-080 se tiene el transmisor de flujo 3860-FIT-00639.

### **3.7.9 Secuencia de Arranque**

- Configuración de las válvulas de control de acuerdo al escenario de operación requerido.
- Arranque de bombas de agua de sello C2-3860-PW-2881 ó C2-3860-PW-2882.
- Arranque de la bomba de relaves C2-3860-PP-2881.
- Ajuste de los set-point de forma manual.
- Cambio del controlador a modo automático.

En la secuencia indicada, para el arranque de la bomba de relaves, se debe considerar un tiempo de espera (retardo) de 60 segundos luego de haber arrancado la bomba de agua de sello.

### **3.7.10 Secuencia de Parada (Programada)**

- Parada de la bomba de relaves C2-3860-PP-2881.

- Parada de la bomba de agua de sello C2-3860-PW-2881 ó C2-3860-PW-2882.

En la secuencia indicada, para la parada de agua de sello, se debe considerar un tiempo de espera (retardo) de 60 segundos luego de haber parado las bombas de relaves.

El cierre de las válvulas de control en las líneas de succión y descarga se dará de forma automática con la parada de las bombas de relaves.

La apertura de las válvulas de control en las líneas de limpieza se dará de forma automática con la parada de las bombas de relaves, y se cerrarán luego de 300 segundos.

## **3.8 SEÑALES Y ALARMAS**

### **3.8.1 Señales**

Una señal es un **signo**, un gesto u otro tipo de informe que describe las actividades y funciones de los dispositivos en el sistema de bombeo de Arenas Cycloneadas, en nuestro sistema tenemos las siguientes señales que se describen en la tabla 29.

Tabla 29: Señales

SIGNAL TAG	Description	TYPE	TYPE I/O	Connection	CH
3830-XYC-00511	CLOSE VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-2	3
3830-XYO-00511	OPEN VALVE COMMAND	I	24 VDC	IO-002-BP-2	4
3830-ZSC-00511	CLOSE VALVE STATUS	O	24 VDC	IO-002-BP-2	1
3830-ZSO-00511	OPEN VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-002-BP-2	2
3830-ZIC-00511	CLOSED VALVE INDICATOR	O	24 VDC	IO-002-BP-2	5
3830-ZIO-00511	OPEN VALVE INDICATOR	O	24 VDC	IO-002-BP-2	6
3840-HYC-00529	CLOSE VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-001-BP-2	7
3840-HYO-00529	OPEN VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-001-BP-2	8
3840-ZSC-00529	CLOSE VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-2	5
3840-ZSO-00529	OPEN VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-2	6
3830-XYC-00504	CLOSE VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-3	3
3830-XYO-00504	OPEN VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-3	4
3830-ZSC-00504	CLOSE VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-002-BP-3	1
3830-ZSO-00504	OPEN VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-002-BP-3	2
3830-ZIC-00504	CLOSED VALVE INDICATOR	O	24 VDC	IO-002-BP-3	5
3830-ZIO-00504	OPEN VALVE INDICATOR	O	24 VDC	IO-002-BP-3	6
3830-XYC-00507	CLOSE VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-001-BP-3	3
3830-XYO-00507	OPEN VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-001-BP-3	4
3830-ZSC-00507	CLOSE VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-3	1
3830-ZSO-00507	OPEN VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-3	2
3830-ZIC-00507	CLOSED VALVE INDICATOR	O	24 VDC	IO-001-BP-3	5
3830-ZIO-00507	OPEN VALVE INDICATOR	O	24 VDC	IO-001-BP-3	6
3840-HYC-00503	CLOSE VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-001-BP-1	11
3840-HYO-00503	OPEN VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-001-BP-1	12
3840-ZSC-00503	CLOSE VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-1	9
3840-ZSO-00503	OPEN VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-1	10
3840-HYC-00505	CLOSE VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-001-BP-2	3
3840-HYO-00505	OPEN VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-001-BP-2	4
3840-ZSC-00505	CLOSE VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-2	1
3840-ZSO-00505	OPEN VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-2	2
3830-XYC-00526	CLOSE VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-2	9
3830-XYO-00526	OPEN VALVE COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-2	10
3830-ZSC-00526	CLOSE VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-002-BP-2	7
3830-ZSO-00526	OPEN VALVE STATUS	I	24 VDC	IO-002-BP-2	8
3830-ZIC-00526	CLOSED VALVE INDICATOR	O	24 VDC	IO-002-BP-2	11
3830-ZIO-00526	OPEN VALVE INDICATOR	O	24 VDC	IO-002-BP-2	12
3830-VE-00536A	SWITCH VIBRATION	I	24 VDC	IO-002-BP-3	7
3830-VE-00536B	SWITCH VIBRATION	I	24 VDC	IO-002-BP-3	8
3830-TE-00537A	RTD	COMM	RTD	IO-001-BP-3	7
3830-TE-00537B	RTD	COMM	RTD	IO-001-BP-3	8
3830-TE-00537C	RTD	COMM	RTD	IO-001-BP-3	9
3830-TE-00537D	RTD	COMM	RTD	IO-001-BP-3	10
3830-TE-00537E	RTD	COMM	RTD	IO-001-BP-3	11
3860-LIT-00610	LEVEL INDICATION	COMM	4-20mA HART	IO-001-BP-3	12
3830-PS-00532	SWITCH PRESSURE	I	24 VDC	IO-002-BP-3	9

3830-LSL-00533	SWITCH LEVEL	I	24 VDC	IO-002-BP-3	10
3830-VT-00531A	VIBRATION TRANSMITTER	COMM	4-20mA HART	IO-001-BP-2	9
3830-VT-00531B	VIBRATION TRANSMITTER	COMM	4-20mA HART	IO-001-BP-2	10
3830-VT-00531C	VIBRATION TRANSMITTER	COMM	4-20mA HART	IO-001-BP-2	11
3830-VT-00531D	VIBRATION TRANSMITTER	COMM	4-20mA HART	IO-001-BP-2	12
3830-XS-8122	HIGH TEMPERATURE STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-4	1
3830-XS-8123	LOW LEVEL STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-4	2
3830-XS-8124	HEATER TEMP. STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-4	3
3830-XS-8106	SWITCH PRESSURE	I	24 VDC	IO-001-BP-4	4
3830-XS-8105A	OVERLOAD PUMP	I	24 VDC	IO-001-BP-4	5
3830-XS-8105B	OVERLOAD PUMP	I	24 VDC	IO-001-BP-4	6
3830-XS-8105A	STAR PUMP M1 STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-4	7
3830-XS-8105B	STAR PUMP M2 STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-4	8
3830-XS-8126	STOP EMERGENCY STATUS	I	24 VDC	IO-001-BP-4	9
3830-HXL-8122	LIGHT INDICATOR	O	24 VDC	IO-002-BP-4	1
3830-LXL-8123	LIGHT INDICATOR	O	24 VDC	IO-002-BP-4	2
3830-OP-8109	VALVE ACCOM. COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-4	3
3830-TE-8124	HEATER TEMP.COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-4	4
3830-HSE-8126	STOP EMERGENCY COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-4	5
3830-ST-8105A	STAR PUMP M1 COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-4	6
3830-ST-8105B	STAR PUMP M2 COMMAND	O	24 VDC	IO-002-BP-4	7
3830-XL-8127	LIGHT INDICATOR	O	24 VDC	IO-002-BP-4	8
3830-LIT-00510	LEVEL INDICATOR	COMM	F. FIELDBUS	JB-001-MB-1	7
3830-PIT-00506	PRESSURE INDICATION	COMM	F. FIELDBUS	JB-001-MB-2	1
3860-PIT-00519	PRESSURE INDICATION	COMM	F. FIELDBUS	JB-001-MB-2	11
3860-DPIT-00541	PRESSURE INDICATION	COMM	F. FIELDBUS	JB-001-MB-2	10
3860-FIT-00518	FLOW INDICATION	COMM	F. FIELDBUS	JB-001-MB-1	5
3860-FIT-00639	FLOW INDICATION	COMM	F. FIELDBUS	JB-001-MB-1	11
3860-LV-00610	FLOW CONTROL	COMM	F. FIELDBUS	JB-001-MB-2	6
3830-FA-2881	MOTOR FAN	COMM	Profibus	MC-472	2
3830-FA-2882	REDUCTION BOX FAN	COMM	Profibus	MC-472	4
3860-PW-2881-AF	AFD WATER SEAL PUMP	COMM	Profibus	PW-2881-AF	5
3860-PW-2882-AF	AFD WATER SEAL PUMP	COMM	Profibus	PW-2882-AF	6
3860-PP-2881-AF	AFD SAND PUMP	COMM	Profibus	PP-2881-AF	7

### 3.8.2 Alarmas

Las alarmas son señales que protegen al sistema de Bombeo de Arenas Cicloneadas de eventos no deseados.

**Tabla 30: Alarmas**

<b>TAG</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
3830-LAHH-00510	Alarma de nivel alto alto en cajón de relaves C2-3830-BX-015
3830-LAH-00510	Alarma de nivel alto en cajón de relaves C2-3830-BX-015
3830-LAL-00510	Alarma de nivel bajo en cajón de relaves C2-3830-BX-015
3830-LALL-00510	Alarma de nivel bajo bajo en cajón de relaves C2-3830-BX-015
3830-PAHH-00503	Alarma de presión alta en línea de descarga de bomba C2-3830-PP-2881
3860-FAL-00536	Alarma de flujo bajo en línea de agua de sello
3860-PAL-00537	Alarma de presión baja en línea de descarga de bomba C2-3860-PW-2881. 2882.
3860-LAHH-00610	Alarma de nivel alto alto en tanque de agua de sello C2-3860-TK-080
3860-LAH-00610	Alarma de nivel alto en tanque de agua de sello C2-3860-TK-080
3860-LALL-00610	Alarma de nivel bajo en tanque de agua de sello C2-3860-TK-080
3860-LAL-00610	Alarma de nivel bajo bajo en tanque de agua de sello C2-3860-TK-080
3860-PDAH-00541	Alarma de presión diferencial alta en filtros C2-3860-FL-2880/2881

### 3.9 CONCLUSIONES

- Antes de empezar la implementación del sistema debemos de corroborar la exactitud del plano, caso contrario se debe de realizar un replanteo mediante RED LINE.
- Todo equipo eléctrico y de instrumentación se debe de inspeccionar y revisar las características deben coincidir con los planos de construcción.
- Todo equipo a conectar debe ser inspeccionado y verificar en los puertos del DCS DELTA V donde corresponden y el tipo de señal (digital y analógico)
- Todo equipo de medición a utilizar debe ser calibrado para su uso adecuado y tener lecturas precisas.
- Para los equipos con señales digitales y analógicas se utilizó módulo de entradas y salidas digitales I/O (CIOC).
- Los variadores de velocidad de la bomba de arena y las bombas de agua de sello se utilizó Red Profibus DP.
- El Variador de Velocidad de la Bomba de Arena está en control PI (proporcional e integrativo) con el sensor de nivel 3830-LIT-510 de la caja de distribución de arena C2-3820-BX-015.
- No se especificó los datos del transmisor de nivel 3830-LIT-510 debido a que dicho transmisor ya se encuentra conexionado y montado en la caja de distribución.
- El siguiente proyecto solo se implementó el hardware del sistema el software fue implementado por personal especializado de SMCV.
- El Transmisor de Presión Diferencial no se logró montar ni conexionar debido a la ausencia del equipo por parte de SMCV. Solo se tendió el cable para su futura conexión.

### 3.10 Bibliografía

- <http://www.maintek.com.tw/images/Foundation%20Fieldbus/FF%20Megablocks.PDF>
- <https://www.emerson.com/es-es/catalog/deltav-se4017p1-es-es>
- <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-s-series-foundation-fieldbus-i-o-deltav-en-56318.pdf>
- <https://www.emerson.com/documents/automation/product-data-sheet-s-series-profibus-dp-interface-card-deltav-en-56324.pdf>
- <https://www.emerson.com/es-es/catalog/deltav-se4022-es-es>
  
- <https://www.emerson.com/es-es/catalog/deltav-se5009-es-es>
  
- <https://www.emerson.com/es-es/catalog/automation-solutions/deltav-se4100-es-es>
  
- <https://www.emerson.com/es-es/catalog/deltav-se3007-es-es>
  
- <https://www.emerson.com/documents/automation/article-electronic-marshalling-concept-attacks-installed-costs-deltav-en-37792.pdf>
- [http://content.mynah.com/vimnet-webhelp/Content/odva\\_ethernet\\_ip/theory\\_of\\_operation.htm](http://content.mynah.com/vimnet-webhelp/Content/odva_ethernet_ip/theory_of_operation.htm)
- <https://www.mynah.com/content/deltav-virtual-io-module-network-gateway>
- [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/7000-um150\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/7000-um150_-es-p.pdf)
- <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/products/industrialcontrols-drives-automation-sensors/c441-motor-insight-motor-protection-relays/c441-motor-insight-user-manual-mn04209001e.pdf>
  
- [http://www.eaton.mx/ecm/groups/public/@pub/@mexico/documents/content/pct\\_3518316.pdf](http://www.eaton.mx/ecm/groups/public/@pub/@mexico/documents/content/pct_3518316.pdf)

- <https://pdf.indiamart.com/impdf/11232589548/MY-24226008/profibus-connector-90-degree.pdf>
- [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/750-pm001\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/pm/750-pm001_-es-p.pdf)
- [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/750com-um004\\_-es-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/750com-um004_-es-p.pdf)
- [https://www.reynoldsonline.com/ASSETS/DOCUMENTS/ITEMS/EN/ALBR20COMMMP\\_Inst.pdf](https://www.reynoldsonline.com/ASSETS/DOCUMENTS/ITEMS/EN/ALBR20COMMMP_Inst.pdf)
- [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1321-td001\\_-en-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/td/1321-td001_-en-p.pdf)
- <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-de-inicio-r%E1pido-rosemount-8732e-sistema-de-medidor-de-caudal-magn%E9tico-con-foundation-fieldbus-transmisor-y-sensor-es-es-87160.pdf>
- <https://www.emerson.com/documents/automation/manual-rosemount-2051-transmisor-de-presi%F3n-con-protocolo-foundation-fieldbus-es-es-77566.pdf>
- <https://www.manualsdir.com/manuals/360049/yokogawa-eja530e-ejx530a-ejx630a-eja510e-ejx510a-ejx610a.html>
- <https://www.emerson.com/documents/automation/hoja-de-datos-del-producto-rosemount-serie-5400-transmisor-de-nivel-por-radar-sin-contacto-de-dos-hilos-y-con-las-mejores-prestaciones-es-es-88842.pdf>
- <https://www.emerson.com/documents/automation/instruction-manual-fieldvue-dvc6200f-digital-valve-controller-en-122644.pdf>



- <https://www.emerson.com/documents/automation/product-bulletin-fisher-2052-diaphragm-rotary-actuator-en-123412.pdf>
- <https://assets.alliedelec.com/v1592388104/Datasheets/7f6f072a835bde7953a5b61fea61bcf2.pdf>
- [https://buy.wilcoxon.com/amfile/file/download/file\\_id/661/product\\_id/328/](https://buy.wilcoxon.com/amfile/file/download/file_id/661/product_id/328/)
- <https://www.emerson.com/documents/automation/manual-rosemount-3100-series-ultrasonic-liquid-level-transmitters-en-76184.pdf>
- <https://www.emerson.com/documents/automation/gu%EDa-de-inicio-r%E1pido-rosemount-3101-3102-y-3105-transmisores-de-nivel-de-l%EDquido-ultras%F3nicos-es-es-75626.pdf>