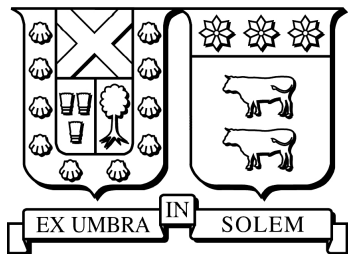


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
VALPARAÍSO - CHILE



“MANUAL DE MODERNIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE FILTROS CERÁMICOS”

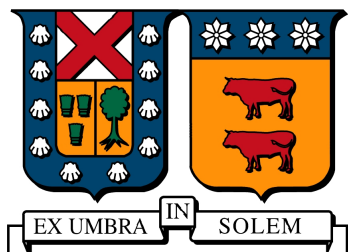
JOSÉ IGNACIO OYARZÚN INALEF

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN
EJECUCIÓN EN ELECTRÓNICA MENCIÓN COMPUTADORES

PROFESOR GUÍA: SR. ALEJANDRO SUÁREZ SOTOMAYOR

ENERO 2014

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA
VALPARAÍSO - CHILE



**“MANUAL DE MODERNIZACIÓN DEL
SISTEMA DE CONTROL DE FILTROS
CERÁMICOS”**

JOSÉ IGNACIO OYARZÚN INALEF

**MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO EN
EJECUCIÓN EN ELECTRÓNICA MENCIÓN COMPUTADORES**

PROFESOR GUÍA: SR. ALEJANDRO SUÁREZ SOTOMAYOR
INGENIERO CORREFERENTE: SR. RICARDO SEPÚLVEDA BECERRA

ENERO 2014

Material de referencia, su uso no involucra responsabilidad del autor o de la
Institución

Dedicado a la memoria de mi padre José Ricardo Oyarzún Triviño.
Tu recuerdo vive en cada uno de nosotros...

Agradecimientos

A mi familia, amigos, profesores y todas las personas que no han dejado de creer en mí...

Índice general

Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Resumen	xv
Abstract	xvi
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes de la empresa	1
1.2. División Andina	2
1.2.1. Descripción de los procesos	3
1.2.1.1. Flotación selectiva de molibdenita	5
1.2.1.2. Proceso de lixiviación de molibdenita	7
1.2.1.3. Filtrado Larox	10
1.2.1.4. Filtrado convencional	11
1.3. Filtrado convencional	12
1.3.1. Principio de Funcionamiento	12
1.3.2. Síntesis del proceso	13
1.3.3. Estructura y principales componentes	14
1.3.3.1. Placas cerámicas	14
1.3.3.2. Tambor	14
1.3.3.3. Cabezal de distribución	15

1.3.3.4.	Agitador de pulpa	15
1.3.3.5.	Raspadores	16
1.3.3.6.	Estanques de pulpa	17
1.3.3.7.	Estanque de filtrado	17
1.3.3.8.	Bomba de filtrado	18
1.3.3.9.	Bomba de vacío	18
1.3.3.10.	Sistema de retrolavado	19
1.3.3.11.	Filtro de agua de retrolavado	19
1.3.3.12.	Sistema de limpieza por ultrasonido	20
1.3.3.13.	Sistema de mezclado automático de ácido	21
2.	Sistemas de Control y Filosofía de Control	22
2.1.	Control de Procesos: DCS y PLC	23
2.1.1.	Controlador Lógico Programable	23
2.1.2.	Sistema de Control Distribuido	24
2.1.3.	Cuadro comparativo	26
2.1.4.	Introducción al Sistema de Control Distribuido DeltaV	27
2.1.5.	Generalidades	28
2.1.5.1.	Configuración básica	28
2.1.5.2.	Tipos de licencias	29
2.1.5.3.	Herramientas de Ingeniería	30
2.1.5.4.	Herramientas de Operación	30
2.2.	Filosofía de control actual	31
2.2.1.	Introducción	32
2.2.2.	Planos y Documentos de referencia	32
2.2.3.	Arquitectura de Control	32
2.2.4.	Centros de Operación	32
2.2.4.1.	Pantalla táctil local	33

2.2.4.2.	Sala de monitoreo y control de operación de filtros cerámicos	33
2.2.5.	Modos de Operación	35
2.2.5.1.	Modo AUTO	35
2.2.5.2.	Modo MANUAL	35
2.2.6.	Sistema de Filtrado	35
2.2.6.1.	Tambor	35
2.2.6.2.	Agitador de pulpa	36
2.2.6.3.	Cuba de pulpa	37
2.2.6.4.	Sistema de filtrado	40
2.2.6.5.	Sistema de lavado con ácido	44
2.2.6.6.	Sistema de limpieza ultrasónica	46
2.2.6.7.	Botonera	46
2.2.6.8.	Correa transportadora	48
2.2.7.	Etapas de Operación	49
2.2.7.1.	Filtración	50
2.2.7.2.	Lavado de cuba	51
2.2.7.3.	Lavado combinado	52
2.2.7.4.	Alarma	53
2.2.7.5.	Pausa	53
2.2.7.6.	Alarma y Pausa	53
2.2.7.7.	Detenido	53
2.2.7.8.	Parada de emergencia	54
2.2.8.	Lazos de Control	54
2.2.8.1.	Cuba de pulpa	54
2.2.8.2.	Sistema de filtrado	54
2.2.8.3.	Sistema de lavado con ácido	55
2.2.9.	Cuadro de alarmas y fallas	55

2.2.9.1.	Alarmas y fallas que detienen el funcionamiento del sistema	55
2.2.9.2.	Alarmas no críticas	56
2.2.10.	P & ID de filtro cerámico	57
2.2.11.	Listado de entradas y salidas del sistema	57
2.3.	Filosofía de control propuesta	58
2.3.1.	Introducción	59
2.3.2.	Planos y Documentos de referencia	59
2.3.3.	Arquitectura de Control	59
2.3.4.	Centros de Operación	60
2.3.4.1.	Equipo portátil de operación	60
2.3.4.2.	Panel de operación de filtros cerámicos	60
2.3.5.	Modos de Operación	61
2.3.5.1.	Modo AUTO	61
2.3.5.2.	Modo MANUAL	61
2.3.6.	Sistema de filtros cerámicos	61
2.3.6.1.	Harnero Delkor	61
2.3.6.2.	Filtrado de agua fresca	63
2.3.6.3.	Tambor	67
2.3.6.4.	Agitador de pulpa	69
2.3.6.5.	Cuba de pulpa	71
2.3.6.6.	Sistema de filtración	73
2.3.6.7.	Sistema de lavado con ácido	79
2.3.6.8.	Sistema de limpieza ultrasónica	82
2.3.6.9.	Sensores de Óxido Nitroso NO ₂	83
2.3.6.10.	Correa transportadora	84
2.3.7.	Etapas de Operación	85
2.3.7.1.	Filtrado	86
2.3.7.2.	Lavado de cuba	87

2.3.7.3.	Lavado combinado	88
2.3.7.4.	Alarma	89
2.3.7.5.	Pausa	89
2.3.7.6.	Alarma y Pausa	89
2.3.7.7.	Detenido	90
2.3.7.8.	Parada de emergencia	91
2.3.8.	Lazos de Control	91
2.3.8.1.	Harnero Delkor	91
2.3.8.2.	Sistema de filtrado de agua fresca	91
2.3.8.3.	Cuba de pulpa	92
2.3.8.4.	Sistema de filtrado	92
2.3.8.5.	Sistema de lavado con ácido	93
2.3.9.	Cuadro de alarmas y fallas	94
2.3.9.1.	Alarmas y fallas que detienen el funcionamiento del sistema	94
2.3.9.2.	Alarmas no críticas	95
2.3.10.	P & ID de filtro cerámico	97
2.3.11.	Propuesta de pantallas HMI	97
2.3.12.	Listado de entradas y salidas del sistema	97
3.	Implementación del nuevo sistema	98
3.1.	Planificación	99
3.1.1.	Levantamiento de información	100
3.1.2.	Generación de filosofía de Control	100
3.1.3.	Entrega de información a empresa ejecutora de migración .	100
3.1.3.1.	Pruebas FAT	101
3.1.3.2.	Pruebas CAT	121
3.1.4.	Preparación Planta	139
3.1.4.1.	Construcción de sala de controladores	139

Plano 11185-036-PL-4290-SS-101_0	142
Plano 11185-036-PL-4290-SS-F101_0	143
Plano 11185-036-PL-4290-SS-F102_0	144
Plano 11185-036-PL-4290-SS-F103_0	145
Plano 11185-036-PL-4290-SS-M101_0	146
Planos de disposición de equipos al interior de sala de controladores	149
3.1.4.2. Instalación de cableado de fuerza, instrumentación y líneas de comunicación	149
3.1.4.3. Montaje de Hardware en sala de controladores	150
3.1.5. Puesta en funcionamiento y marcha blanca	150
Conclusiones	151
Bibliografía	154
Anexos	155
Anexo A: Programación PLC Filtro Cerámico 1	156
Anexo B: Listado de señales de entrada y salida actual	156
Anexo C: Listado de señales de entrada y salida propuesto	156
Anexo D: HMI Propuesto	156
Anexo E: P & ID de planta de filtros cerámicos	156

Índice de figuras

1.1. Filtro cerámico	12
1.2. Capilaridad de las placas	13
1.3. Placa cerámica	14
1.4. Placas cerámicas dispuestas para operación	14
1.5. Tambor	15
1.6. Discos de fricción (móvil y estático)	15
1.7. Discos sobrepuestos para operación	15
1.8. Agitador de pulpa	16
1.9. Raspador	16
1.10. Raspador en posición de operación	16
1.11. Estanque de pulpa	17
1.12. Estanque de filtrado	17
1.13. Bomba de filtrado	18
1.14. Bomba de vacío	18
1.15. Sistema de retrolavado	19
1.16. Filtro de agua de retrolavado	20
1.17. Generador ultrasónico y transductores	21
1.18. Sistema de mezclado automático de ácido	21
2.1. PLC Allen-Bradley CompactLogix L35E	23
2.2. DCS DeltaV	25
2.3. Arquitectura básica del sistema	28

2.4. Pantalla táctil local	33
2.5. Ventana de operación Filtro	34
2.6. Ventana de operación general	34
2.7. Esquema de funcionamiento de tambor	36
2.8. Esquema de funcionamiento de agitador	37
2.9. Esquema de funcionamiento de cuba de pulpa	38
2.10. Esquema de funcionamiento de sistema de filtración	40
2.11. Esquema de funcionamiento de sistema de lavado con ácido	44
2.12. Sistema de limpieza ultrasónica	46
2.13. Botonera de operación	48
2.14. Esquema de funcionamiento de correa transportadora	48
2.15. Diagrama de flujo de etapas 1, 2 y 3	49
2.16. Diagrama de flujo de etapa de filtración	50
2.17. Diagrama de flujo de etapa de lavado de cuba	51
2.18. Diagrama de flujo de etapa de lavado combinado	52
2.19. Toughbook de Panasonic	60
2.20. Estación de trabajo Dell Precision T3500	61
2.21. Esquema de funcionamiento de Harnero Delkor	62
2.22. Esquema de funcionamiento de filtrado de agua fresca	64
2.23. Tarjeta interfaz profibus para Power Electronics SD700	67
2.24. Esquema de funcionamiento de tambor	68
2.25. Esquema de funcionamiento de agitador	70
2.26. Esquema de funcionamiento de cuba de pulpa	71
2.27. Esquema de funcionamiento de sistema de filtración	74
2.28. Esquema de funcionamiento de sistema de lavado con ácido	79
2.29. Esquema de funcionamiento sistema de limpieza ultrasónica	82
2.30. Esquema de funcionamiento de correa transportadora	84
2.31. Diagrama de flujo de operación	85
2.32. Diagrama de flujo de etapa de filtrado	86

2.33. Secuencia de operación de etapa de lavado de cuba	87
2.34. Diagrama de flujo de etapa de lavado combinado	88
3.1. Etapas del proceso de modernización	98
3.2. Ubicación de sala de controladores en plano de planta	139
3.3. Fundaciones de sala de controladores	140
3.4. Gabinetes de Controladores DeltaV	146
3.5. Instalación de cableado de red	149

Índice de tablas

2.1. Tabla comparativa DCS v/s PLC	26
2.2. Niveles de control L_1 y L_2 durante etapa de filtración	39
2.3. Niveles de control L_1 y L_2 en lavado combinado y de cuba	40
2.4. Combinaciones posibles de V03, V04 y V07	42
2.5. Niveles de control P_1 y P_2	43
2.6. Niveles de control de estanque de filtrado	44
2.7. Niveles de control de estanque de ácido diluido	46
2.8. Escalamiento de presión diferencial en filtros (PDIT0201 y PDIT0202) versus intensidad de corriente	65
2.9. Escalamiento de porcentaje de llenado estanque de agua fresca ver- sus intensidad de corriente	66
2.10. Escalamiento de presión de línea de agua fresca versus intensidad de corriente	66
2.11. Escalamiento de flujo de agua fresca versus intensidad de corriente	67
2.12. Escalamiento de porcentaje de llenado de cuba versus intensidad de corriente	73
2.13. Niveles de control L_1 y L_2 durante etapa de filtración	73
2.14. Combinaciones posibles de V03, V04 y V07	75
2.15. Escalamiento de presión de vacío versus intensidad de corriente . .	76
2.16. Escalamiento de presión de retrolavado versus intensidad de corriente	77
2.17. Niveles de control de presión de retrolavado P_1 y P_2	77

2.18. Escalamiento de presión diferencial de filtros versus intensidad de corriente	77
2.19. Escalamiento de porcentaje de llenado de estanque de filtrado versus intensidad de corriente	78
2.20. Escalamiento de nivel de turbiedad versus intensidad de corriente	78
2.21. Escalamiento de porcentaje de llenado de estanque alimentador de ácido diluido versus intensidad de corriente	81
2.22. Escalamiento de porcentaje de llenado de estanque de ácido diluido local versus intensidad de corriente	81
2.23. Niveles de control de estanque de ácido diluido	82
2.24. Escalamiento de concentración de NO_2 versus intensidad de corriente	83
2.25. Parámetros de Controlador PID para nivel de estanque de filtrado	93

Resumen

Siendo Codelco la principal productora de cobre a nivel mundial, su éxito se debe tanto a la riqueza mineral de nuestro territorio, como por el trabajo de las distintas divisiones que la componen, siendo una de éstas la División Andina. La importancia de la extracción de este mineral es en extremo prioritaria ya que hoy en día se conforma como nuestro principal producto de exportación y, en consecuencia, parte fundamental del presupuesto anual de nuestra nación. Por este motivo cada una de las partes que componen la cadena productiva debe trabajar de la mejor manera posible y siempre deben estar buscando posibles mejoras que permitan un desempeño óptimo. Es por esta razón, y como trabajo de título, se buscará realizar una modernización en una fase crítica del proceso del filtrado de concentrado de cobre que es la del sistema de control de filtros cerámicos.

Palabras Clave: sistemas de control, plc, dcs, migración plc a dcs, deltaV, instrumentación, filtros cerámicos, Codelco, división Andina, concentrado de cobre.

Abstract

Being Codelco the largest copper producer worldwide, its success is due both to the mineral wealth of our country, as well as for the work of the various divisions that are a part of it, one of which is the Andina Division.

The importance of this mineral extraction is extremely priority because today is shaped as our main export product, and therefore, a fundamental part of our nation's annual budget. Therefore each of the component parts of the production chain must work in the best way possible and should always be looking for possible improvements that allow optimal performance. For this reason, and as thesis work, which will seek an upgrade, at a critical stage of the copper concentrate filtering process which is the control system of ceramic filters.

Capítulo 1

Introducción

A continuación se realiza una breve descripción de la corporación Codelco, para luego hacer un resumen de las actividades de la división Andina y terminar describiendo el funcionamiento del tema de esta memoria, el sistema de filtros cerámicos.

1.1. Antecedentes de la empresa

Codelco, la Corporación nacional del cobre de Chile, es una empresa autónoma propiedad del estado de Chile, cuyo negocio principal es la exploración, desarrollo y explotación de recursos mineros de cobre y subproductos de alta calidad, para su posterior comercialización. Dentro de este rubro, siendo poseedor de las mayores reservas mundiales de cobre, se sitúa como el primer productor del metal rojo a nivel global y como una de las empresas más rentables de la industria registrando ganancias por MU\$ 4.083.296¹ (cantidad expresada en miles de dolares).

La compañía ejecuta sus operaciones a través de ocho divisiones distribuidas entre la segunda región de Antofagasta y la sexta región del Libertador Bernardo O'Higgins; éstas se componen por: División Radomiro Tomic, División Chuquica-

¹Según informe "Estados financieros consolidados intermedios al 30 de septiembre de 2012" obtenido desde base de datos de Superintendencia de Valores y Seguros.

mata, División Ministro Hales (en fase de construcción con inicio de operaciones estimada para fines de 2013), División Gabriela Mistral (recientemente inaugurada como división en enero de 2013), División Salvador, División Ventanas, División Andina y División El Teniente. Su estrategia corporativa es coordinada desde la casa matriz ubicada en la ciudad de Santiago, región metropolitana. Además de esto, la empresa participa en la propiedad de importantes empresas mineras como El Abra, donde posee el 49% y otras asociaciones mineras orientadas a la explotación geológica, tanto en Chile como en el exterior. Junto con las oficinas, subsidiarias y representantes de ventas presentes en las principales ciudades del mundo, Codelco marca presencia en una amplia parte del globo donde sus productos finales comercializados son:

- Cátodos de cobre grado A
- Concentrado de cobre
- Molibdeno
- Barros anódicos
- Ácido sulfúrico
- Alambrón (producto semielaborado)

Siendo el primero de esta lista el principal producto comercial.

1.2. División Andina

Dentro de todas las divisiones que actualmente forman parte de Codelco, la división Andina se perfila como una de las de mayor crecimiento. Esto se ve reflejado en el plan de expansión conocido como “Expansión Andina 244” que pretende aumentar la capacidad diaria de tratamiento desde 94.000 a 244.000 toneladas

casi triplicando su nivel de producción actual.

Este megaproyecto se sustenta sobre la base de una expansión de la mina desde 34 millones a 89 millones de toneladas anuales de mineral, lo que significa un movimiento total de material en el rajo del orden de 510.000 toneladas por día. El equipamiento contempla 5 palas eléctricas de cable (73 [yd³]), dos palas hidráulicas y dos cargadores frontales, 62 camiones de 300 toneladas cortas y 8 perforadoras.

1.2.1. Descripción de los procesos

Los principales productos de la División Andina de Codelco son el Concentrado de Cobre y el Concentrado de Molibdeno. El proceso para llegar a ambos productos sigue un camino en común para luego separarse. En la actualidad la totalidad del mineral que se obtiene en la mina de Andina, se procesa conjuntamente en los procesos metalúrgicos iniciales de la división. De esta manera se puede resumir estos procesos en:

- Exploración mina.
- Chancado y molienda.
- Flotación convencional.

Los primeros dos procesos se llevan a cabo dentro de una misma dependencia que es conocida como “Concentradora”. Ésta produce dos productos principales que son el concentrado mixto (concentrado de cobre y molibdeno) y el relave, que siguen caminos distintos, mientras el relave va a un tranque de almacenamiento el concentrado mixto pasa a la PMFC (Planta de Molibdeno y Filtrado de Cobre). La función principal de la PMFC es obtener los concentrados de Cobre y Molibdeno. El primer paso para esto es separar el cobre del molibdeno, para ello se realiza lo que se denomina flotación selectiva, en donde con ayuda del reactivo

NASH se logra separar gran parte del cobre del molibdeno, obteniéndose dos concentrados uno de cobre y otro de molibdeno. Sin embargo, los concentrados no son 100 % puros por lo que se debe aplicar un proceso posterior para limpiar dichos concentrados.

La PMFC, considera los procesos principales siguientes:

1. Proceso de flotación selectiva de molibdenita

Incluye los procesos de recepción en estación disipadora 2, preparación de reactivo Sulfhidrato de Sodio, flotación pre - Rougher en dos etapas de celdas neumáticas, flotación Rougher con tres etapas de limpieza para generar el concentrado de Molibdenita, y tratamiento de los efluentes antes de ser descargados al río.

2. Proceso de lixiviación de molibdenita (LR)

Incluye los procesos de lixiviación (descobrización del concentrado de Mo Alto en Cobre (AC)), filtrado y envasado del Concentrado de Mo Bajo en Cobre (BC), cementación, cloración y desulfhidratación.

3. Proceso de Filtrado de Concentrado de Cobre Convencional

Incluye los procesos de espesamiento, filtros convencionales cerámicos, horno secador, transporte de concentrados a bodega de almacenamiento y pozos de decantación.

4. Proceso de Filtrado de Concentrado de Cobre Larox

Incluye los procesos de espesamiento, filtración y transporte de concentrados a bodega de almacenamiento.

1.2.1.1. Flotación selectiva de molibdenita

Estación disipadora: esta parte previa se hace indispensable ya que es necesario reducir la presión con la que llega la pulpa de concentrado mixto proveniente desde el proceso de Flotación Colectiva. La disipación de la presión se logra mediante el paso de la pulpa a través de una serie de anillos cerámicos ubicados en el interior de la cañería. El producto de esta etapa corresponde a un concentrado mixto Cu-Mo en cañerías a baja presión.

Preparación de NaHS: el NaHS (o sulfhidrato de sodio), es un reactivo químico que se utiliza como depresante de sulfuros de cobre en el proceso de flotación selectiva de molibdeno. Éste modifica las propiedades superficiales de la calcopirita (CuFeS_2) y otros minerales de cobre haciéndolos hidrofílicos y colocándolos en el fondo de las celdas de flotación.

Éste reactivo llega a la PMFC en camiones de transporte de $28[\text{m}^3]$ de capacidad, posteriormente es descargado desde el camión a los estanques de almacenamiento de $110[\text{m}^3]$ de capacidad cada uno.

Para su uso en la planta, el sulfhidrato es preparado en forma automática en el estanque de preparación de NaHS para alcanzar una concentración de $280[\text{g/l}]$. Posteriormente es ubicado en dos estanques de almacenamiento.

Acondicionamiento de pulpa: para eliminar hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2(s)$) y carbonato de calcio ($\text{CaCO}_3(s)$) que viene en la pulpa como residuo de la flotación colectiva, el concentrado mixto proveniente de la disipadora 2 es acondicionado con ácido sulfúrico ($\text{H}_2\text{S}_4(l)$) o cloruro ferroso ($\text{FeCl}_2(l)$) en el estanque acondicionador de pulpa. Como salida de esta etapa obtenemos un concentrado mixto libre de impurezas y con un pH entre 9 y 10,5.

Flotación pre-Rougher, planta Siemens: este circuito se implementa en la planta de molibdenita como una etapa previa a la flotación Rougher existente. En

este circuito se realiza el proceso de flotación selectiva de molibdenita mediante la utilización de una flotación híbrida. Para este fin se dispone de dos celdas dispuestas en serie. La primera (de 16[m³] de capacidad) actúa como celda Rougher y la segunda (de 2[m³] de capacidad) actúa como celda de limpieza. El objetivo de esta etapa es bajar la ley de molibdeno que ingresa a la etapa Rougher convencional.

Flotación Rougher: el objetivo de esta etapa es recuperar la mayor cantidad de concentrado de molibdeno contenido en el concentrado mixto. Esta área consiste en dos bancos paralelos de celdas Wemco selladas. El primero de estos se conforma por 10 celdas de 300[ft³] y el segundo por 6 celdas de 500[ft³] con un total de 3000[ft³] de capacidad en cada banco.

Las celdas Rougher son alimentadas desde el cajón n° 19 o el cajón de mezcla rápida de cual esté en operación. El concentrado de molibdeno recuperado es bombeado al circuito de limpieza; las colas de concentrado de cobre son bombeadas al estanque desulfhidratador.

Primera limpieza: la primera limpieza es alimentada con el concentrado de molibdeno que ha sido recuperado en el área de flotación Rougher, también recibe las colas de las celdas de repaso de la segunda limpieza. El concentrado de molibdeno flotado en la primera limpieza es descargado por gravedad al cajón de alimentación segunda limpieza y las colas son bombeadas al cajón de mezcla rápida o cajón n° 19 dependiendo de cuál está en operación.

Segunda limpieza y barrido: la columna n° 2 es alimentada desde el cajón de alimentación 2^{da} limpieza. Este cajón recibe el concentrado de molibdeno desde la primera limpieza, la cola de la columna corta y la cola de la columna n° 3. La columna n° 2 en condiciones de operación normales descarga el concentrado de molibdeno a un espesador de 11[ft], sin embargo, también tiene la posibilidad de descargarlo al espesador intermedio o directamente a los estanques de producción.

La cola de la columna n° 2 alimenta por gravedad a las celdas de repaso colas 2^{da} limpieza, estas celdas descargan el concentrado de molibdeno al espesador intermedio y la cola alimenta la primera limpieza.

Tercera limpieza: la columna n° 3 es alimentada desde el espesador de 11[ft]. Este espesador recibe el concentrado de molibdeno descargado desde la columna corta y la columna n° 2. El concentrado de la columna n° 3 puede alimentar directamente a los estanques de producción (en este caso la descarga correspondería al concentrado final molibdeno alto cobre), o puede alimentar el área de 4^{ta} limpieza. La cola de la columna n° 3 es descargada por gravedad al cajón de alimentación de la 2^{da} limpieza.

Desulfhidratación: el concentrado de cobre que es descargado como colas en las etapas de flotación Rougher, contiene residuos de sulhidrato de sodio para evitar que este NaHS residual contamine el ambiente o pueda poner en peligro la salud de los trabajadores. El concentrado es sometido a un proceso de desulfhidratación que consiste en agregar cloruro ferroso ($\text{FeCl}_2(l)$) en un estanque llamado TK desulfhidratador.

Tratamiento de Efluentes: en esta unidad se tratan todos los efluentes de PMFC. Esta planta se encarga del abatimiento de los contaminantes generados durante los distintos procesos de modo que las aguas del efluente cumplan con los diferentes parámetros y límites establecidos en el D.S. n° 90 del Ministerio de Secretaría General de la Presidencia.

1.2.1.2. Proceso de lixiviación de molibdenita

Filtro Hoesch: el objetivo del Filtro Hoesch es realizar la operación unitaria de separar el líquido (aguas de flotación) y el sólido (concentrado de Molibdeno Alto Cobre). Este concentrado proviene de la 3^{ra} 4^{ta} limpieza, el cual tiene de 40 a 50 %

de Molibdeno y 3 a 5 % de Cobre. El concentrado es almacenado en el estanque de Reserva y desde este punto es bombeado hacia el filtro, obteniéndose como producto un concentrado con una humedad máxima de 12 %. Posteriormente, el concentrado es envasado en sacos y entregado a la siguiente etapa (Lixiviación). Este filtro es del tipo de placas verticales con diafragma. El diafragma le da la ventaja de aumentar la producción disminuyendo los tiempos de filtrado.

Las etapas del filtrado de la pulpa lixiviada son: alimentación, barrido de canal, prensado, soplado, barrido de canal, descompresión y descarga del queque. El tiempo total de filtrado es aproximadamente 30 minutos.

Estanque de preparación de terceros: el propósito del estanque de preparación de Terceros es preparar la mezcla de solución (cloruro férrico y/o agua) y concentrado de Molibdeno alto cobre (AC). Actualmente, la planta LR procesa concentrados de Molibdeno AC de División Andina y Teniente. Además el cloruro férrico (FeCl_3) es producido en un reactor (clorador) en donde se oxida el cloruro ferroso (FeCl_2) utilizando cloro líquido.

Reactores de lixiviación: el propósito de los los reactores es lixiviar la pulpa (concentrado de molibdeno alto cobre y cloruro férrico (FeCl_3) preparada en el estanque de preparación de terceros, controlando la presión y la temperatura. El tiempo de lixiviación es de 90 minutos.

Filtro Perrin: el objetivo del Filtro Perrin es realizar la operación unitaria de separar el líquido (Salmuera rica y pobre) y el sólido (concentrado de Molibdeno bajo cobre).

Este filtro posee 34 placas verticales y placa por medio poseen diafragmas. El diafragma le da la ventaja de aumentar la producción disminuyendo los tiempos de filtrado.

Las etapas del filtrado de la pulpa lixiviada son: alimentación, lavado de canal,

pre-lavado, pre-prensado, lavado, prensado, soplado, lavado de canal y descarga del queque. El tiempo total de filtrado es aproximadamente 90 minutos.

Cementación: el objetivo de la Cementación es llevar selectivamente el cobre que se encuentra en solución (CuCl_2) a un sólido llamado cemento de cobre.

Este proceso se lleva a cabo en un tambor horizontal el cual gira con una velocidad de 1,5 [rpm] e ingresa la salmuera rica en cobre y chatarra de acero (hierro). La solución entrante proviene desde la etapa de alimentación del filtro Perrin, la cual puede ser almacenada en 4 piscinas de 10[m³] cada una. La solución al entrar en contacto con esta chatarra genera un precipitado, el cual es descargado hacia unos clarificadores y un posterior filtrado (separación sólido-líquido). La solución resultante puede ser almacenada en 4 piscinas de 10[m³] cada una, la cual es enviada posteriormente al proceso de cloración.

Cloración: el objetivo de la Cloración es regenerar el cloruro férrico (FeCl_3) a partir del cloruro ferroso (FeCl_2) y cloro.

La solución de cloruro ferroso en cobre del proceso de cementación es enviada a la Planta de Cloración. Este proceso se realiza en un reactor cerrado, en el que se hace burbujear cloro líquido. El cloro al entrar en contacto con la solución ferrosa, oxida el ión ferroso a férrico. El cloruro férrico regenerado, se almacena en estanques para su posterior uso en la Planta LR. El sistema de distribución de cloro cuenta con una cadena de seguridad de 8 dispositivos, cualquiera de ellos que opere interrumpe de inmediato el suministro de cloro desde la válvula del carro estanque.

El cloruro férrico producido tiene dos destinos: una parte se introduce nuevamente en el reactor previo enfriamiento en un intercambiador de calor de placas, que permiten un control de temperatura en el reactor y el resto es almacenado en el estanque de despacho para su envío a los dos estanques acumuladores de 30[m³] que alimentan al estanque de Preparación Terceros.

La planta de cloración es operada en forma automática desde sala de control. La solución permanece en el reactor hasta que se alcanza el potencial de oxidación de 580[mV] (se utilizan 2 sensores óxido-reducción ORP, 1 de control y 1 de seguridad), potencial que corresponde a la transformación del 95 % del ferroso a férrico, con el objetivo de evitar una sobrecloración.

1.2.1.3. Filtrado Larox

El Filtro Larox es alimentado con concentrado de cobre con un porcentaje de sólidos que varía entre 60 y 70 %, desde el Espesador n° 1 con una línea de 4[in] y desde el Espesador n° 2 con una línea de 6[in]. El concentrado pasa por un harnero para eliminar objetos extraños que puedan dañar el filtro, posteriormente el concentrado es almacenado en el estanque de alimentación filtro.

El Filtro Larox es un filtro de placas, también denominado filtro de alta eficiencia ya que al terminar la operación de filtrado se obtiene una torta con la humedad que se requiere (entre 8,6 – 9,2 % de agua), este proceso consta de cuatro etapas principales las que son:

a) **Filtración.**

La filtración es una técnica de separación que consiste en hacer pasar mediante el empleo de presión una mezcla de sólidos y líquidos (pulpa), a través de un medio poroso o medio filtrante (tela), donde se retiene la mayor parte de los componentes sólidos de la mezcla formando un queque o torta sobre la superficie de la tela y se deja pasar el líquido a través de la misma.

b) **Prensado de torta.**

En esta etapa se utiliza aire a alta presión (entre 12 a 13[bar]), el que ingresa a cada una de las cámaras del paquete de placas a través de las mangueras dispuestas para tal propósito. La válvula que regula el flujo de aire es la VL-03. El aire entra sólo por un costado del filtro entre las columnas n° 1 y n° 2, el aire ejerce presión sobre la placa y el diafragma presionando la

pulpa contra la tela permeable, debido a esto el queque se comprime contra la superficie de la tela y al mismo tiempo el líquido pasa a través de ésta, el agua pasa hacia las rejillas y luego a los colectores por donde es evacuada del filtro.

c) **Secado de torta.**

El secado final de la torta se hace mediante aire comprimido con una presión (entre 5 a 8[bar]), la válvula V-06 es la que regula la entrada del aire de secado, este penetra a través de los tubos de alimentación de la pulpa, llena las cámaras del filtro y hace subir el diafragma. El flujo de aire a través de la torta reduce su contenido de humedad hasta el nivel comercial y al mismo tiempo permite que los diafragmas se desprendan de las tortas y vuelvan a su posición inicial.

d) **Descarga de torta.**

La descarga del concentrado de cobre filtrado comienza con la desactivación de los gatos hidráulicos posteriormente comienza el desbloqueo del paquete de placas del filtro retirando las clavijas de bloqueo (pasadores), de las 4 columnas. Luego de ello se inicia la apertura del paquete de placas, el que se levanta mediante los cilindros hidráulicos de acción rápida (QAC). A continuación la tela comienza a moverse a través del paquete de placas permitiendo la evacuación del queque por ambos extremos del filtro. Simultáneamente al movimiento de la tela comienza el lavado de ésta mediante agua a presión por ambos lados de la tela.

1.2.1.4. Filtrado convencional

Por ser el motivo de esta memoria, este proceso se describe de manera más extensa en las siguiente sección.

1.3. Filtrado convencional

Sin entrar en detalles de los pasos anteriores, después de obtener la pulpa de concentrado de cobre, uno de los procesos de filtrado en esta planta es llevado a cabo por los filtros cerámicos RONGXIN RX-60 (también conocidos como filtros convencionales) cuyo funcionamiento se describe a continuación:



Figura 1.1: Filtro cerámico

1.3.1. Principio de Funcionamiento

El principio físico que permite que este mecanismo filtre concentrado de cobre es la capilaridad. Ésta se define como una propiedad de los líquidos (en este caso agua) que depende de su tensión superficial (la cual, a su vez, depende de la cohesión o fuerza intermolecular del líquido), que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar; cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la fuerza intermolecular entre sus moléculas es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja. El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo. Éste es el caso del agua, y esta propiedad es la que regula parcialmente su ascenso dentro de las plantas, sin gastar energía para vencer la gravedad.

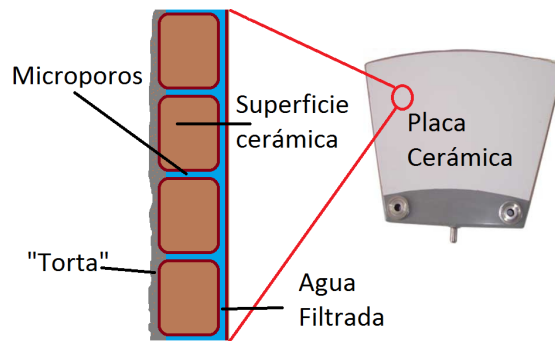


Figura 1.2: Capilaridad de las placas

1.3.2. Síntesis del proceso

En un modo muy resumido, el funcionamiento del sistema se describe secuencialmente de la siguiente manera:

En primer lugar las placas cerámicas de estructura micro porosa se sumergen en la pulpa (contenida en una cuba metálica) y en la superficie de ellas se forma una capa de torta bajo la acción de vacío. El líquido filtrado pasará a través de las placas para luego entrar en la válvula de distribución, para llegar finalmente al estanque de filtrado. En la zona de secado de la torta, ésta se continúa deshidratando bajo la acción de alto vacío para quedar más seca. Después de esto, las placas cerámicas entran en la zona de descarga, la torta será removida por los raspadores cayendo por un chute conectado a la correa transportadora *nº*11 que lleva el material, que aún se encuentra húmedo, al tubo de secado convectivo donde por acción de calor se eliminará el agua necesaria para que el concentrado alcance la humedad necesaria.

Finalmente, y después de haber desprendido el material, las placas de cerámica entran en la zona de retro lavado. Esto quiere decir que el líquido filtrado es enviado (desde el interior hacia el exterior) a las placas de cerámica a través de la válvula de distribución con el fin de limpiar los restos de pulpa acumulados en los micro poros. Este ciclo completo se repite por 7 horas; terminado este tiempo, se debe realizar lo que se denomina lavado combinado, que significa aplicar

una limpieza por ultrasonido y químicos (ácido nítrico diluido) para mantener el funcionamiento del filtro cerámico en condiciones óptimas de operación.

1.3.3. Estructura y principales componentes

1.3.3.1. Placas cerámicas

Las placas cerámicas son el medio de filtración usado en los filtros cerámicos, están constituidas por un sustrato de alúmina que posee una serie de canales internos y una porosidad de entre 40 y 90[μm]. En la superficie se deposita una delgada capa de cerámica, de 30[μm] de espesor, la cual tiene una porosidad de 2[μm]. Por medio de estos poros es por donde se extrae el agua de la pulpa para ser conducida al estanque de filtrado.



Figura 1.3: Placa cerámica



Figura 1.4: Placas cerámicas dispuestas para operación

1.3.3.2. Tambor

El tambor consiste en un cilindro de acero inoxidable donde se sueldan las bridas que se utilizan para instalar las placas del filtro y donde se distribuye el vacío y el agua de retrolavado. Soportados por las cabezas del eje, los dos extremos del cilindro descansan en rodamientos. El motor que mueve el tambor es de tipo trifásico y su velocidad y dirección de giro se establecen a través de un variador de frecuencia controlado por PLC.

En cada extremo del eje se conecta un cabezal de distribución.



Figura 1.5: Tambor

1.3.3.3. Cabezal de distribución

El cabezal de distribución consiste en una placa estática y un plato giratorio ubicado en los extremos del eje del tambor que se mueve junto con éste. Se utiliza para ajustar el sistema de vacío, la zona de secado, el tiempo de retro lavado. La presión de sellado entre el disco móvil y el estático se controla por dos pernos con resortes espirales.

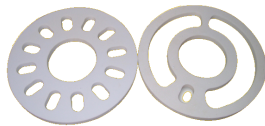


Figura 1.6: Discos de fricción (móvil y estático)

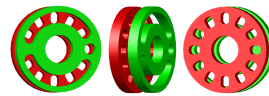


Figura 1.7: Discos sobrepuestos para operación

1.3.3.4. Agitador de pulpa

El filtro cerámico utiliza la agitación mecánica y ésta depende de las características de la pulpa. Durante el trabajo, el agitador desempeña el papel de agitación, mezcla de la pulpa y evita la precipitación.

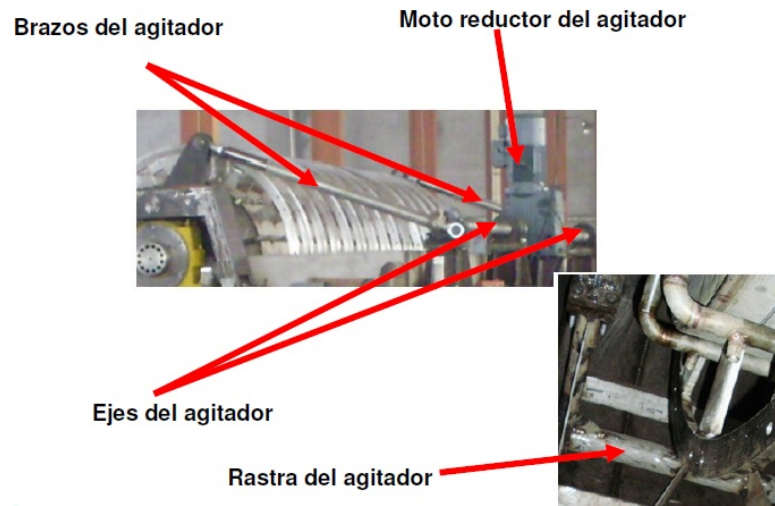


Figura 1.8: Agitador de pulpa

1.3.3.5. Raspadores

Los raspadores están compuestos de materiales de acero inoxidable y cerámica. Se utilizan para descargar la torta. El ajuste de la distancia entre raspador y la placa de cerámica se realiza por medio de pernos. La distancia normal es de 0,5 a 1[mm].



Figura 1.9: Raspador

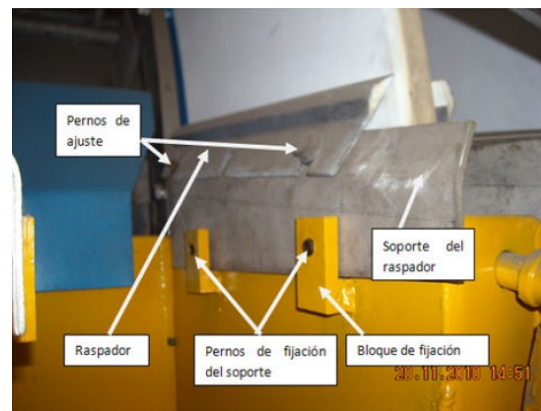


Figura 1.10: Raspador en posición de operación

1.3.3.6. Estanques de pulpa

El estanque de la pulpa está fabricado en acero inoxidable y equipado con huecos para desbordes. Se utiliza principalmente en el almacenamiento de la pulpa a filtrar.

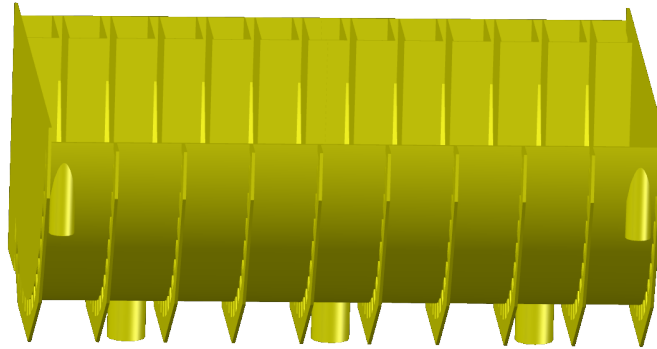


Figura 1.11: Estanque de pulpa

1.3.3.7. Estanque de filtrado

El estanque de filtrado está fabricado en acero inoxidable y equipado con las válvulas de succión y secado así como con el transmisor de vacío y de nivel. En este estanque se conecta la bomba de vacío para retirar el líquido desde la pulpa. El filtro modelo RX-60 tiene dos estanques de vacío, uno en cada extremo del marco.



Figura 1.12: Estanque de filtrado

1.3.3.8. Bomba de filtrado

La bomba de filtrado es la encargada de retirar el filtrado que se acumula en los estanques de filtrado. Un segundo uso es el de proveer el líquido para retro lavar las placas, el cual es el filtrado. Es del tipo centrífuga multi etapa.

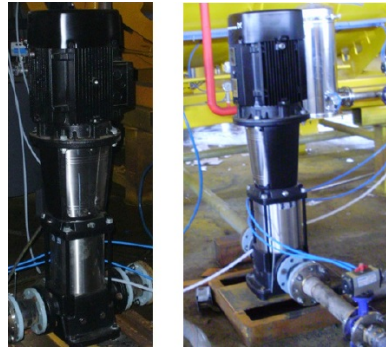


Figura 1.13: Bomba de filtrado

1.3.3.9. Bomba de vacío

La bomba de vacío es la encargada de proveer la diferencia de presión necesaria para que se produzca la separación sólido líquido en el filtro cerámico. Es del tipo anillo líquido y no requiere lubricación. Está conectada a ambos estanques de filtrado y requiere de una conexión de agua potable que actúa como sello y lubricación.



Figura 1.14: Bomba de vacío

1.3.3.10. Sistema de retrolavado

El sistema de retrolavado incluye válvula reductora de presión, filtros, válvulas y tubos de acero inoxidable. Se utiliza en cada ciclo para limpiar las placas del filtro cerámico desde el interior hacia el exterior, ayudando a despegar las partículas de concentrado que no son retiradas completamente por los raspadores.



Figura 1.15: Sistema de retrolavado

1.3.3.11. Filtro de agua de retrolavado

El filtro consiste en varios cartuchos de elemento filtrante plegado y cubiertos por una carcasa cilíndrica. El material del filtro es de una membrana micro porosa de nylon reforzado por la cual pasa el agua extraída desde la “torta”. Este componente del sistema puede ser considerado como un “indicador del estado de las placas”, ya que si entre sus extremos se produce una caída de presión superior a los 0,03[MPa] o si el flujo cae de manera evidente, es señal de que el filtro se encuentra obstruido. Inmediatamente después de encontrar esta condición se debe detener el funcionamiento, reemplazar los cartuchos filtrantes y revisar el estado de las placas.



Figura 1.16: Filtro de agua de retrolavado

1.3.3.12. Sistema de limpieza por ultrasonido

El sistema de limpieza por ultrasonido se compone de un generador de señales ultrasónicas y de transductores ultrasónicos. Este sistema limpia las placas cerámicas a través de la cavitación ultrasónica. Funciona durante la limpieza combinada, es decir, limpieza con ácido y ultrasonido.

Existe un gabinete con tres generadores ultrasónicos los que durante la limpieza de las placas se activan, cada generador tiene un amperímetro que marca la corriente que están consumiendo los transductores. La corriente debe estar entre 4 y 6[A].

Los transductores se encuentran entre los discos cerámicos. Cuando uno de los transductores falla las placas que lo enfrentan no se limpian apropiadamente.

Cada generador alimenta a 5 transductores, así que si un grupo de varias placas sucesivas está quedando mal lavada es probable que uno de los generadores esté fallando.



Figura 1.17: Generador ultrasónico y transductores

1.3.3.13. Sistema de mezclado automático de ácido

Debido al consumo de ácido nítrico diluido en el equipo durante la limpieza combinada. En un principio el ácido debía prepararse con regularidad; el proceso de preparación del ácido consistía en mezclar ácido nítrico concentrado y agua para obtener una concentración de aproximadamente 45 % a 50 % de ácido nítrico diluido. Actualmente el ácido nítrico diluido se adquiere directamente de un proveedor que descarga el reactivo en un estanque alimentador ubicado en el primer piso de la planta para luego llevar el contenido a contenedores locales ubicados en las cercanías de cada filtro.



Figura 1.18: Sistema de mezclado automático de ácido

Capítulo 2

Sistemas de Control y Filosofía de Control

En el momento que se decide automatizar un proceso dentro de una planta minera o de cualquier otro tipo, se llega a un punto en el que es necesario hacer la elección entre PLC (*Programmable Logic Controller* o Controlador Lógico Programable) y DCS (*Distributed Control System* o Sistema de Control Distribuido). Para hacer una confrontación entre ambos, primero se realiza una breve reseña de los PLC, para después hacer lo mismo con los DCS, luego formalizar sus diferencias en un cuadro de comparativo y posteriormente presentar una breve introducción al sistema DeltaV.

Luego se expone el documento denominado “Filosofía de control actual” que muestra las estrategias de control actualmente implementadas en la planta de filtros cerámicos; inmediatamente a continuación se expone el documento “Filosofía de control propuesta” que implica una mejora en el informe anterior y se utiliza para llevar a cabo el proceso de modernización de la planta.

2.1. Control de Procesos: DCS y PLC

2.1.1. Controlador Lógico Programable

La historia de los PLC inicia a finales de la década de los 60, cuando la industria inicia una búsqueda de soluciones más eficientes que los sistemas de control basados en circuitos eléctricos con relés, interruptores y otros componentes comúnmente utilizados para el control de los sistemas de lógica combinacional.



Figura 2.1: PLC Allen-Bradley CompactLogix L35E

En 1968 GM Hydramatic (la división de transmisión automática de General Motors) emitió una solicitud de propuestas para un reemplazo electrónico de los sistemas cableados de relés. La propuesta ganadora vino de Bedford Associates. El resultado fue el primer PLC, designado 084 porque era el proyecto de Bedford Associates número 84. Bedford Associates comenzó una nueva empresa dedicada al desarrollo, fabricación, venta y mantenimiento de este nuevo producto: Modicon (***MO**dular **DI**gital **CON**troler*). Una de las personas que trabajaron en ese proyecto fue Dick Morley, quien es considerado como el “padre” del PLC. La marca Modicon fue vendida en 1977 a Gould Electronics, y posteriormente adquirida por la compañía alemana AEG y luego por la francesa Schneider Electric, el actual propietario.

Los primeros PLC fueron diseñados para reemplazar los sistemas de relés lógicos. Estos PLC fueron programados en “Lenguaje Ladder”, que se parece mucho a un diagrama esquemático de la lógica de relés. Este sistema fue elegido para reducir

las demandas de formación de los técnicos existentes. Otros autómatas primarios utilizaron un formulario de listas de instrucciones de programación.

Los PLCs modernos pueden ser programados de diversas maneras, desde la lógica de escalera de relés (ladder), a los lenguajes de programación tales como dialectos especialmente adaptados de BASIC y C. Otro método es el SFC (*Sequential Function Chart*) y FBD (*Function Block Diagram*).

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores PID (Proporcional Integral y Derivativo).

2.1.2. Sistema de Control Distribuido

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. Está basado en un sistema informático que recibe datos desde los distintos sistemas de medidas, procesa esta información y genera señales a los distintos actuadores de forma que el proceso se desarrolle según las directrices de optimización elegidas. Al igual que el PLC puede ser programado en una serie de lenguajes, incluyendo FBD y SFC.

De igual manera, el sistema permite almacenar la información recibida desde la

planta y la presenta en un formato fácilmente comprensible.

En cuanto a su arquitectura, los DCS están compuestos por:

- **Estación de control de proceso o unidad de control local:** corresponde a los gabinetes donde se alojan las fuentes de alimentación, módulos controladores, módulos de entrada y salida y regletas de conexión. Funcionalmente, es aquí donde se realiza el control lógico y también donde se realiza la adquisición de datos.
- **Bus de planta:** Se refiere a las conexiones redundantes que permiten transmitir datos a alta velocidad entre unidades de control local, estaciones de operador e interfaces.
- **Estaciones de operador:** Equipos autónomos con pantallas y teclados que permiten el acceso de operador al proceso para poder modificar valores de consigna, señales de salida, dar partida a secuencias de operación y accionamiento de motores. La pantalla informa al operador de las alarmas existentes, expone las tendencias de las variables y genera informes que ayudan a sintetizar la información y tomar decisiones informadas.
- **Estaciones de ingeniería:** Son equipos autónomos, desde los cuales se puede modificar la configuración y cargar la programación de control.



Figura 2.2: DCS DeltaV

2.1.3. Cuadro comparativo

Tabla 2.1: Tabla comparativa DCS v/s PLC

DCS	PLC
Se configura centralizadamente, y el código se ejecuta en forma distribuida. Al menos en dos componentes: el controlador que ejecuta la lógica y el HMI que realiza las funciones de visualización y registro.	Su configuración se ejecuta en el controlador o PLC. Pero requiere de una programación separada para realizar las funciones de interfaz de operador: visualización, registro, etc.
Relacionado con lo anterior, el código se configura/programa en un sólo paso en el controlador y HMI	En cambio, la programación en PLC y HMI se realiza en dos pasos completamente diferenciados. De hecho, se utilizan para ello dos herramientas de programación completamente distintas.
Ejecuta su lógica en forma periódica. Tiempos típicos de ejecución de ciclo son del orden de 50[ms]	Ejecuta su lógica tan rápido como puede, y vuelve a ejecutar el siguiente ciclo. Su ciclo es esencialmente variable y puede ir desde unos 5[ms] a unos 300[ms].
Se programa normalmente en diagramas de bloques o de función.	Se programa naturalmente en diagrama de escalera o "ladder". Aunque hoy el estándar es que use cuatro o cinco lenguajes distintos, dentro de los que está también el diagrama de bloques o funciones.
Las alarmas son gestionadas a nivel primario por el controlador; después el HMI las despliega, registra y son manipuladas por el operador.	Las alarmas son normalmente gestionadas en su totalidad por el HMI.

2.1.4. Introducción al Sistema de Control Distribuido DeltaV

Actualmente para controlar los procesos en la planta de filtrado convencional, se utiliza un sistema SCADA (Intellution Fix 32, version 7.0 (build 112) (C))- PLC (Allen Bradley CompactLogix L35E). Como parte del proceso de modernización del control de la planta de filtros cerámicos se planifica una migración al sistema DeltaV.

El sistema DeltaV es un DCS (*Distributed Control System* o Sistema de control distribuido) desarrollado por la empresa norteamericana Emerson® y utilizado en la automatización de procesos industriales. Este tipo de sistemas de control se caracteriza por tener una única base de datos integrada para todas las señales, variables, objetos gráficos, alarmas y eventos del sistema.

Sus principales características son:

- Diseño orientado a buses, teniendo como buses nativos: Foundation Fieldbus, AS-i bus, Profibus DP, HART y DeviceNet, además de sus E/S básicas.
- Capacidad de realizar “intercambio en caliente” permite agregar controladores, tarjetas de E/S, dispositivos de campo y estaciones de trabajo, aún cuando el sistema está encendido y funcionando.
- Soporta el estándar IEC 1804-3, o EDDL (Electronic Device Description Language), que permite que todos los parámetros de un dispositivo electrónico estén accesibles al sistema.
- Conectividad con otros sistemas utilizando OPC (*Object Linking and Embedding for Process Control*) y XML (*eXtensible Markup Language*)
- Técnicas avanzadas de control, como son: control difuso (*fuzzy*), control con redes neuronales, control predictivo, sintonización de lazos PID o controles *Fuzzy*, detección de mal funcionamiento de lazos, control estadístico multiva-

riable, optimizador de tiempo real, monitoreo de funcionamiento de equipos, simulación, y otros.

2.1.5. Generalidades

2.1.5.1. Configuración básica

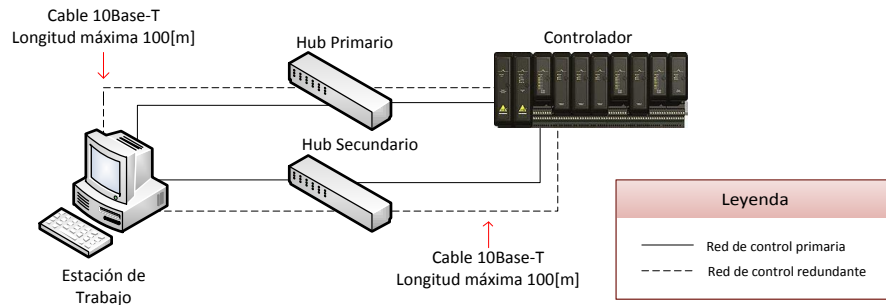


Figura 2.3: Arquitectura básica del sistema

En la figura antes descrita se distinguen las partes básicas de control de una red DeltaV:

- **Estación de trabajo:** un computador personal con sistema operativo Windows conectado a la red DeltaV. En este equipo se diseñan las estrategias de control, operación del proceso y ejecución de diagnósticos en línea del sistema.
- **Controlador DeltaV:** corresponde al computador del sistema que corre los algoritmos para controlar el equipo del proceso y comunicar los datos del proceso al operador.
- **Nodo:** dispositivo tal como un controlador o estación de trabajo DeltaV en la red de control.
- **Red de control:** una red de comunicaciones que conecta varios nodos en el sistema DeltaV. La red de control es una de área local 10Base-T que puede incorporar redundancia de manera optativa.

-
- **Subsistema de E/S:** proporciona una interfaz a instrumentos de campo de 4-20[mA] y a buses digitales Foundation[®] Fieldbus. Incluye interfaces de entrada y salida montadas en uno o más *Carriers* de 8 ranuras y una fuente opcional para alimentar los dispositivos de campo.

La interfaz consta de los siguientes componentes:

- **Bloque de terminales de E/S:** regleta con terminales tipo tornillo para cableado de campo.
- **Tarjeta de E/S:** dispositivos que se conectan con el carrier de interfaz de E/S. La tarjeta convierte las señales de campo a un formato digital para control y comunicación.

2.1.5.2. Tipos de licencias

El software instalado en cada estación de trabajo presente en el sistema requiere una licencia que dependerá del fin para el cual se requiera. Existen seis tipos distintos de licencias que incluyen distintas aplicaciones cada una, éstas son:

- *ProfessionalPlus*: contiene licencias a nivel de todo el sistema. La estación de trabajo que contiene la base de datos activa de DeltaV controla toda la información. Se puede usar para configurar, operar y diagnosticar el sistema.
- *Base*: permite personalizar la funcionalidad.
- *Operator*: permite monitorear y manipular el proceso usando la interfaz de Operador.
- *Professional*: permite configurar, operar y diagnosticar el sistema.
- *Application*: se usa para la colección de información y para su distribución fuera de las redes. No se usa para configuración u operaciones.
- *Maintenance Station*: se usa para ver alarmas en dispositivos Fieldbus y alertas de PlantWeb.

2.1.5.3. Herramientas de Ingeniería

Estas consisten en aplicaciones de edición que se utilizan para configurar el Sistema DeltaV:

- *DeltaV Explorer*: herramienta de navegación que proporciona una vista única de los componentes de hardware y software del sistema.
- *Control Studio*: herramienta que se usa para crear, modificar y ver en línea los módulos de control individuales que componen la estrategia de control.
- *DeltaV Operate (modo configuración)*: se utiliza para crear y modificar los gráficos desplegados de DeltaV.

2.1.5.4. Herramientas de Operación

Estas consisten en aplicaciones de edición que se utilizan para configurar el Sistema DeltaV:

- *DeltaV Operate (modo ejecución)*: se utiliza para crear y modificar los gráficos desplegados de DeltaV.
- *DeltaV Diagnostics*: herramienta de diagnóstico que detecta e identifica fallas tanto de hardware como de software.

2.2. Filosofía de control actual

Dentro de las actividades necesarias para llevar a cabo la modernización del sistema de control de los filtros cerámicos se hace necesario establecer y formalizar el funcionamiento actual, para posteriormente orientar el esquema hacia la versión futura aprovechando la oportunidad para incorporar mejoras. Es necesario mencionar que esta documentación actualmente no se encuentra disponible y su creación resulta de gran utilidad para el estudio y mejoramiento del sistema, actividades de entrenamiento y búsqueda de fallas del sistema.

Para llevar a cabo esta tarea se debe realizar un levantamiento de información de entradas y salidas, tipo y rango de señales, escalamiento de las señales, niveles críticos de las variables controladas, alarmas y lazos de control presentes. Además de esto, es necesario generar un plano de las instalaciones y ubicación de los distintos sensores y actuadores ubicados en la planta.

A continuación se presenta la filosofía de control actual de la planta para luego, en la sección siguiente, presentar la nueva versión.

2.2.1. Introducción

El objetivo del presente documento es presentar una descripción de las estrategias de control y/o lazos de control asociados al sistema de filtros cerámicos de la planta de filtros convencionales de la Superintendencia de planta de molibdeno y filtrado de cobre de la División Andina de Codelco.

2.2.2. Planos y Documentos de referencia

Los planos y documentos de referencia para el desarrollo de este documento son los siguientes (ver **Anexos A, B y E**):

- P & ID Planta de Filtros
- Archivo con lista de entradas y salidas disponibles en PLC:
 - IO_Ceramic_Filter.xlsx
- Archivos de programación de filtros
 - Ceramic_Filter_1.ACD
 - Ceramic_Filter_2.ACD
 - Ceramic_Filter_3.ACD

2.2.3. Arquitectura de Control

El sistema de control está basado en una arquitectura SCADA (Fix 32, version 7.0 (build 112) ©)- PLC Allen-Bradley CompactLogix L35E.

2.2.4. Centros de Operación

El sistema actual considera la utilización de los siguientes centros de control:

2.2.4.1. Pantalla táctil local

Actualmente la operación de los filtros cerámicos se realiza principalmente de manera local, a través de la interfaz táctil ubicada en la puerta del gabinete que contiene el sistema de control. En esta pantalla se muestran y se pueden modificar variables como: estado de operación del filtro, nivel de cuba, nivel del estanque de filtrado, nivel de estanque de ácido concentrado, nivel de estanque de ácido diluido, estado de las válvulas, estado de bombas, estado de generadores ultrasónicos, velocidades de giro de tambor y de agitador, turbiedad de las aguas, tiempos de operación, presión y vacío.



Figura 2.4: Pantalla táctil local

2.2.4.2. Sala de monitoreo y control de operación de filtros cerámicos

Adicionalmente, desde panel de operación, se puede monitorear esta pantalla y controlar algunas variables del proceso, como duración del filtrado.

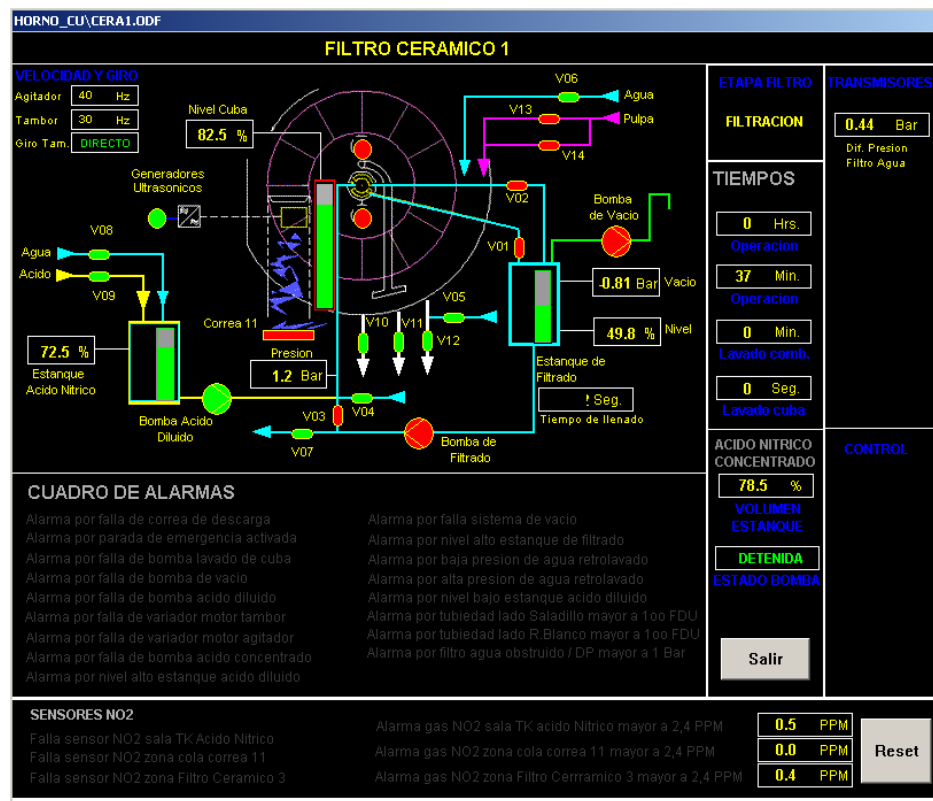


Figura 2.5: Ventana de operación Filtro

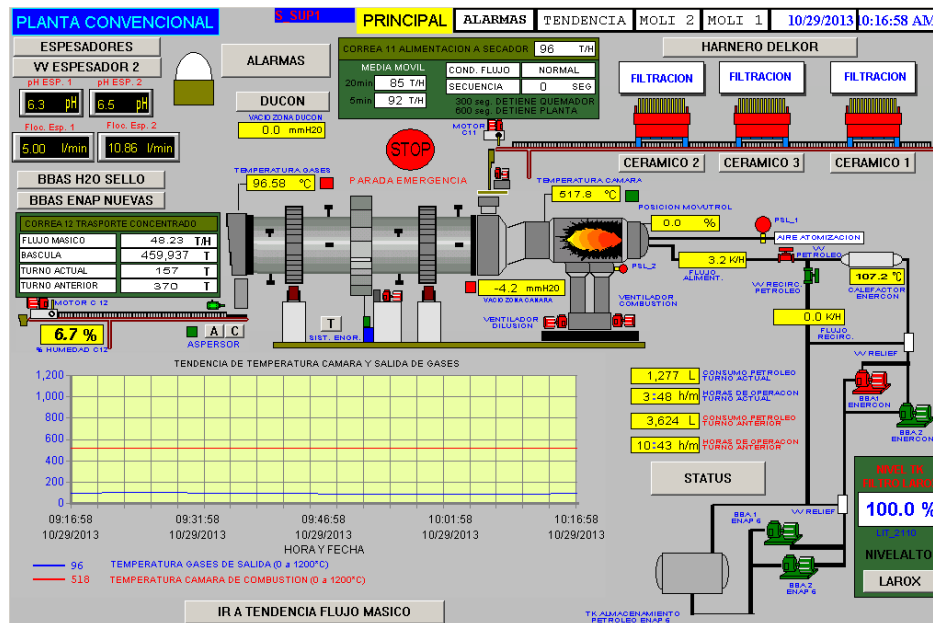


Figura 2.6: Ventana de operación general

2.2.5. Modos de Operación

2.2.5.1. Modo AUTO

El modo de AUTO es el que permite que el filtro funcione en forma automática. De esta forma el sistema de control realiza las operaciones de filtración, lavado y preparación de ácido en forma autónoma, es decir, sin la participación del operador.

2.2.5.2. Modo MANUAL

El modo de operación MANUAL es el que permite que se pueda accionar cada uno de los componentes del filtro en forma manual. Para esto se necesita estar en la pantalla de prueba. Aquí el filtro sólo ejecuta instrucciones presionando el botón de comando respectivo del equipo bajo operación.

2.2.6. Sistema de Filtrado

El sistema de filtrado de la planta convencional está compuesto por las siguientes partes:

2.2.6.1. Tambor

El tambor corresponde al cilindro metálico donde se montan las placas cerámicas. Funciona gracias a un motor trifásico y un variador de frecuencia Power Electronics SD700 ubicado en la sala eléctrica convencional 1^{er} piso.

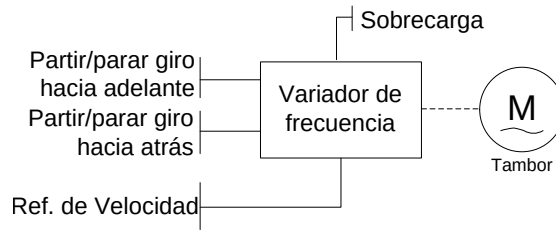


Figura 2.7: Esquema de funcionamiento de tambor

El tambor donde se montan las placas funciona gracias a un motor trifásico y un variador de frecuencia. Desde PLC se envían las señales:

- **Partir/parar giro hacia adelante:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que indica a variador de frecuencia que inicie o detenga el giro hacia adelante.
- **Partir/parar giro hacia atrás:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que indica a variador de frecuencia que inicie o detenga el giro hacia atrás.
- **Referencia de velocidad:** señal de salida análoga de 4-20[mA] DC, que indica a variador de frecuencia la velocidad de giro que se requiere para el tambor. Dada la corriente ingresada se calcula la frecuencia de giro del tambor bajo la siguiente relación:

$$f_{\text{tambor}} = \frac{50}{16}i - 12,5[\text{Hz}], \text{ donde } i \in [4, 20]$$

Por otro lado, en sentido inverso, el variador retroalimenta al plc con la siguiente señal:

- **Sobrecarga:** señal de entrada discreta de 0-110[V] AC que indica al PLC que existe una falla por ruptura de fusible.

2.2.6.2. Agitador de pulpa

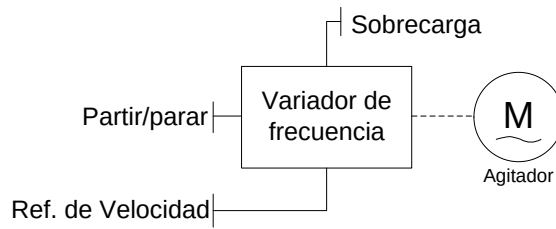


Figura 2.8: Esquema de funcionamiento de agitador

El agitador de pulpa es el encargado de mezclar la pulpa y evitar su precipitación en el fondo de la cuba. Funciona gracias a un motor trifásico y un variador de frecuencia. Desde PLC se le envían las señales:

- **Partir/parar:** señal de salida discreta 0-110[V] AC, que indica a variador de frecuencia que inicie o detenga el giro.
- **Referencia de velocidad:** señal de salida análoga de 4-20[mA] DC, que indica a variador de frecuencia la velocidad de giro que se requiere para el agitador. Dada la corriente ingresada se calcula la frecuencia de giro del agitador bajo la siguiente relación:

$$f_{\text{agitador}} = \frac{50}{16}i - 12,5[\text{Hz}], \text{ donde } i \in [4, 20]$$

Por otro lado, en sentido inverso, el variador retroalimenta al plc con la siguiente señal:

- **Sobrecarga:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica al PLC que se ha producido un problema que no permite el funcionamiento del variador.

2.2.6.3. Cuba de pulpa

El sistema de llenado y vaciado de la cuba de pulpa se describe por el siguiente esquema:

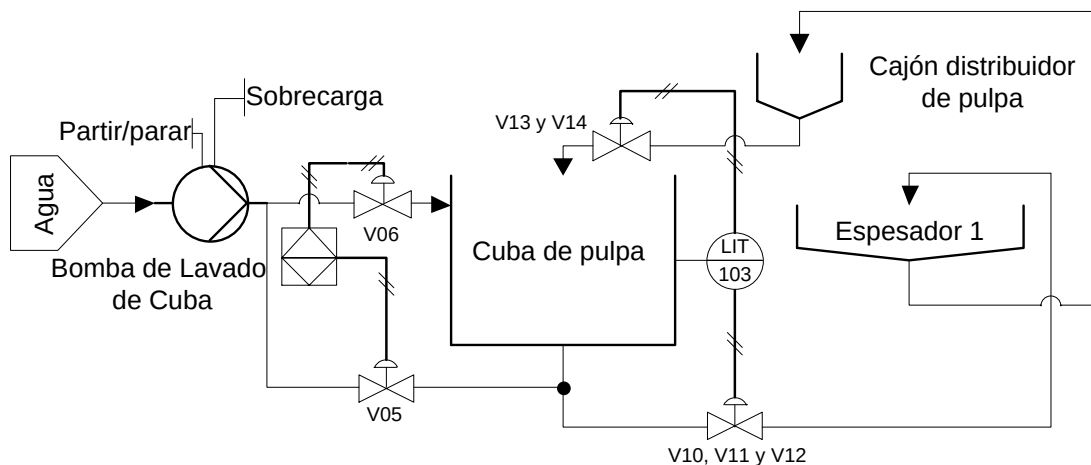


Figura 2.9: Esquema de funcionamiento de cuba de pulpa

Donde las señales de salida del PLC son:

- **Partir/parar bomba de lavado de cuba:** señal de salida discreta 0-110[V] AC, que inicia/detiene el funcionamiento de bomba de lavado de cuba.
- **Accionamiento de válvula de lavado de colector de drenaje V05:** señal de salida discreta 0-24[V] DC que acciona apertura/cierre de la válvula de lavado de colector de drenaje. Esta válvula permite el paso de agua para limpiar los conductos de drenaje inferiores de la cuba, evitando que se acumule material que pueda bloquear la salida.
- **Accionamiento de válvula de lavado de cuba V06:** señal de salida discreta 0-24[V] DC que acciona apertura/cierre de la válvula de lavado de cuba. Esta válvula permite la entrada de agua para limpiar la cuba y diluir la pulpa.
- **Accionamiento de válvulas de drenaje de cuba V10, V11 y V12:** señal de salida discreta 0-24[V] DC que acciona apertura/cierre de las válvulas de drenaje de cuba. Estas válvulas permiten el descarte de pulpa y/o

agua desde la cuba hacia el espesador.

- **Accionamiento de válvulas de entrada de pulpa V13 y V14:** señal de salida discreta 0-24[V] DC que acciona apertura/cierre de la válvula de entrada de pulpa. Estas válvulas permiten el llenado de la cuba con el material a filtrar.

Y las señales de entrada:

- **Indicador de nivel de llenado de cuba LIT003:** señal de entrada análoga de 4-20[mA] DC, que indica al PLC el nivel de llenado de la cuba. Para obtener el nivel en función de la corriente, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Nivel} = \frac{25}{4}i - 25[\%], \text{ donde } i \in [4, 20]$$

Para esta variable, se consideran dos estados en función de su magnitud (corriente de la señal de entrada y/o porcentaje de llenado de la cuba), rango de trabajo (alto, medio, bajo) y etapa de operación; posteriormente en este documento estos valores se usarán como variables de control. Estos son:

Nivel	Alto	Medio	Bajo
L_1	19,1[mA]=94,6 %	17,6[mA]=85 %	14,4[mA]=65 %
L_2	17,6[mA]=85 %	16[mA]=75 %	12,8[mA]=55 %

Tabla 2.2: Niveles de control L_1 y L_2 durante etapa de filtración

Nivel	Valor
L_1	18,7[mA]=91,6 %
L_2	17,9[mA]=86,7 %

Tabla 2.3: Niveles de control L_1 y L_2 en lavado combinado y de cuba

2.2.6.4. Sistema de filtrado

El sistema de filtrado es el conjunto de elementos que permiten extraer el agua desde la pulpa y así obtener una torta húmeda lista para pasar al tubo de secado convectivo. Para su control, el PLC envía las siguientes señales:

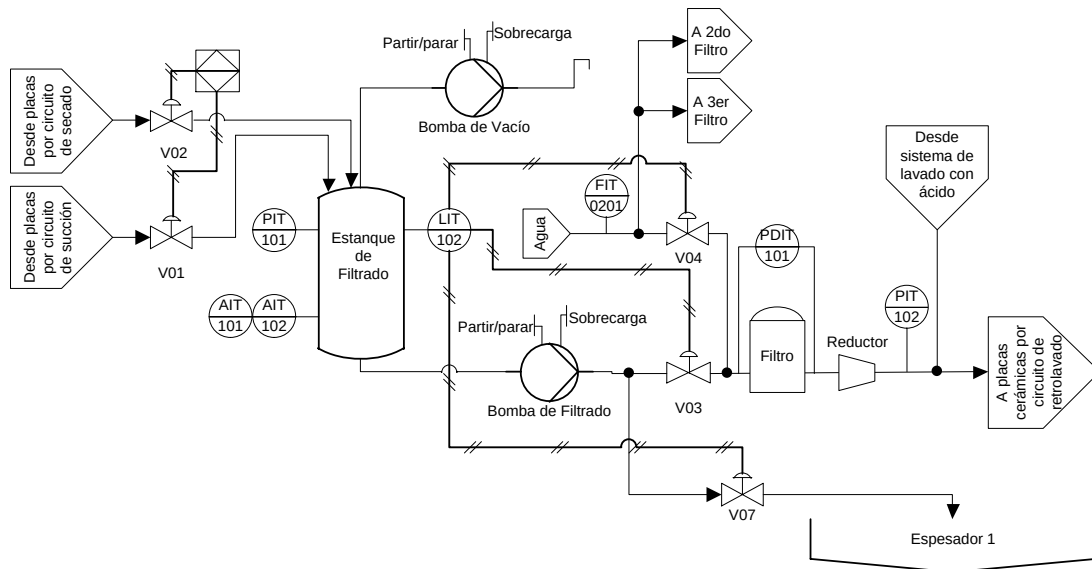


Figura 2.10: Esquema de funcionamiento de sistema de filtración

- **Accionamiento de válvula de succión V01:** señal de salida discreta 0-24[V] DC que acciona apertura/cierre de la válvula de succión V01. Esta válvula permite que el vacío producido por la bomba de vacío haga que la pulpa se adhiera a la placa cuando esta se sumerge en ella y además succione el agua desde la pulpa hacia el estanque de filtrado.

-
- **Accionamiento de válvula de secado V02:** señal de salida discreta 0-24[V] DC que acciona apertura/cierre de la válvula de secado V02. Esta válvula permite que el vacío producido por la bomba de vacío succione el agua desde la pulpa hacia el estanque de filtrado cuando la placa se encuentre por sobre el nivel de llenado de la cuba.
 - **Accionamiento de válvula de recirculación V03:** señal de salida discreta 0-24[V] DC que acciona apertura/cierre de la válvula de recirculación V03. Esta válvula permite que el agua proveniente del estanque de filtrado recircule dentro del circuito de retrolavado de vuelta hacia a las placas.
 - **Accionamiento de válvula de retrolavado V04:** señal de salida discreta 0-24[V] DC que se encarga de la apertura/cierre de la válvula de retrolavado V04. Esta válvula permite la entrada de agua fresca hacia las placas por el circuito de retrolavado.
 - **Accionamiento de válvula de descarga de filtrado V07:** señal discreta que acciona apertura/cierre de la válvula de descarga de filtrado V07. Esta válvula permite descartar el agua proveniente del estanque de filtración.

Nota: Las válvulas V03, V04 y V07, en conjunto, controlan el origen del flujo de agua y ácido que entra al circuito de retrolavado. Es por esto que sólo pueden tomar las siguientes posiciones, en función de su objetivo:

Objetivo	V03	V04	V07
Descartar agua de estanque de filtrado	OFF	ON	ON
Recircular el agua filtrada por circuito de retrolavado	ON	OFF	OFF
Circular ácido por circuito de retrolavado	OFF	ON	OFF

Tabla 2.4: Combinaciones posibles de V03, V04 y V07

- **Partir/parar bomba de vacío:** señal de salida discreta 0-110[V] DC, que inicia/detiene la bomba de vacío encargada de proveer el vacío necesario para la filtración de agua desde la superficie de las placas.
- **Partir/parar bomba de filtrado:** señal de salida discreta 0-110[V] DC, que inicia/detiene la bomba de filtrado, encargada de retirar el agua del estanque de filtrado y además proveer agua para retrolavar las placas desde su interior.

Por otro lado, el sistema entrega las siguientes señales:

- **Indicador de presión de vacío PIT001:** señal de entrada análoga de 4-20[mA] DC, que indica la presión de vacío en las placas. Considerando la corriente que entrega el sensor de presión como variable independiente, podemos obtener la presión aplicando la siguiente formula:

$$P_{\text{vacío}} = \frac{i}{16} - 1,1[\text{bar}], \text{ donde } i \in [4, 20]$$

- **Indicador de presión de retrolavado PIT002:** señal de entrada análoga de 4-20[mA] DC, que indica la presión del agua en el circuito de retrolavado. Considerando la corriente i proveniente del sensor y el hecho de que la

variable presión se encuentra dentro del rango 0-4[bar], tenemos la formula:

$$P_{\text{retrolavado}} = \frac{i}{4} - 1[\text{bar}], \text{ donde } i \in [4, 20]$$

Para esta variable, se consideran niveles de control distintos en función de su magnitud y etapa de funcionamiento, estos son:

Nivel	Filtrando	Lavando
P_1	11,2[mA]=1,8[bar]	11,2[mA]=1,8[bar]
P_2	7,2[mA]=0,8[bar]	5[mA]=0,25[bar]

Tabla 2.5: Niveles de control P_1 y P_2

- **Indicador de presión diferencial de filtro de retrolavado PIT003:** señal de entrada análoga de 4-20[mA] DC, que indica la diferencia de presión en el filtro de agua de retrolavado. Ésta está definida de 0-5[bar], así que si consideramos la corriente entregada por el sensor como variable independiente obtenemos la formula:

$$P_{DRL} = \frac{5}{16}i - 1,25[\text{bar}], \text{ donde } i \in [4, 20]$$

- **Indicador de nivel de estanque de filtrado LIT002:** señal de entrada análoga de 4-20[mA] DC, que indica el nivel del agua al interior del estanque de filtrado. Para obtener el nivel en función de la corriente, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Nivel} = \frac{25}{4}i - 25[\%], \text{ donde } i \in [4, 20]$$

Para esta variable, se consideran cuatro estados distintos en función de su magnitud, estos son:

-
- **Partir/parar bomba magnética:** señal de salida discreta 0-110[V] AC, que inicia/detiene el funcionamiento de bomba magnética, encargada de proveer de ácido diluido desde estanque alimentador al estanque local de cada filtro.
 - **Partir/parar bomba de ácido nítrico diluido:** señal de salida discreta 0-110[V] AC, que inicia/detiene el funcionamiento de bomba de ácido diluido para regenerar las placas limpiándolas desde adentro hacia afuera con esta solución.
 - **Accionamiento de válvula de ácido nítrico concentrado V09:** señal de salida discreta 0-24[V] DC que acciona apertura/cierre de la válvula ácido nítrico diluido desde estanque alimentador a estanque local.

Por otro lado, el sistema envía las siguientes señales para indicar su estado de operación al PLC:

- **Indicador de nivel de estanque alimentador de ácido nítrico diluido LIT004:** señal de entrada analógica de 4-20[mA] DC, que indica al PLC el nivel de llenado del estanque alimentador de ácido nítrico diluido. Para obtener el nivel en función de la corriente, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Nivel} = \frac{25}{4}i - 25[\%], \text{ donde } i \in [4, 20]$$

- **Indicador de nivel de estanque de ácido nítrico diluido LIT001:** señal de entrada analógica de 4-20[mA] DC, que indica al PLC el nivel de llenado del estanque de ácido nítrico diluido. Para obtener el nivel en función de la corriente, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Nivel} = \frac{25}{4}i - 25[\%], \text{ donde } i \in [4, 20]$$

Para esta variable, se consideran dos estados distintos en función de su magnitud, estos son:

Nivel	Valor
LIT001_HH	19,9[mA]=99,5 %
LIT001_H	19,5[mA]=97,1 %
LIT001_L	11,8[mA]=48,5 %
LIT001_LL	5[mA]=6,1 %

Tabla 2.7: Niveles de control de estanque de ácido diluido

2.2.6.6. Sistema de limpieza ultrasónica

Este sistema está compuesto por un generador y un transductor que limpian las placas a través de cavitación ultrasónica; funciona durante la etapa de lavado combinado.

Desde PLC se envía la señal:

- **Partir/parar:** señal de salida discreta 0-110[V] AC, que inicia/detiene el funcionamiento del generador ultrasónico.

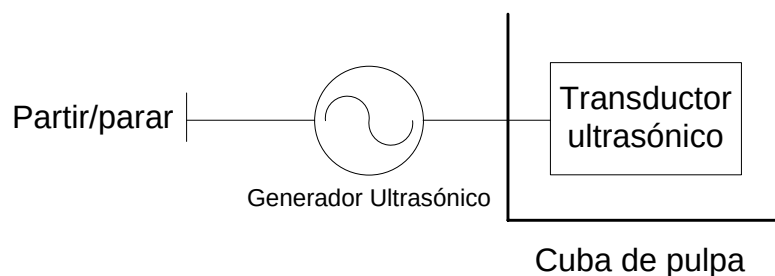


Figura 2.12: Sistema de limpieza ultrasónica

2.2.6.7. Botonera

La botonera consiste en la matriz de botones, selectores y luces de piloto que permiten la operación manual de los filtros cerámicos.

Los botones y selectores (que corresponden a entradas discretas al PLC) son:

-
- **Botón “filtrar”**: señal discreta que indica al sistema que inicie la secuencia de filtrado.
 - **Botón “parada automática”**: señal discreta que indica al sistema que inicie la secuencia de detención.
 - **Botón “regenerar placas”**: señal discreta que indica al sistema que inicie la secuencia de regenerar placas (lavado combinado).
 - **Botón “parar regeneración”**: señal discreta que indica al sistema que inicie la secuencia de detención de la regeneración de placas.
 - **Botón “mezclar ácido”**: señal discreta que indica al sistema que inicie la secuencia mezcla de ácido.
 - **Selector “parar/reanudar”**: señal discreta continua que pone en pausa o reanuda la operación de mezclado de ácido.

Por otro lado, el PLC envía las señales:

- **Luz de piloto de “filtrando”**: indicador lumínico que se enciende si el filtro cerámico se encuentra en la etapa de filtrado.
- **Luz de piloto de “regenerando”**: indicador lumínico que se enciende si el filtro cerámico se encuentra en la etapa de lavado combinado.
- **Luz de piloto de “mezclando ácido”**: indicador lumínico que se enciende si el filtro cerámico se encuentra en la etapa de mezcla de ácido nítrico.

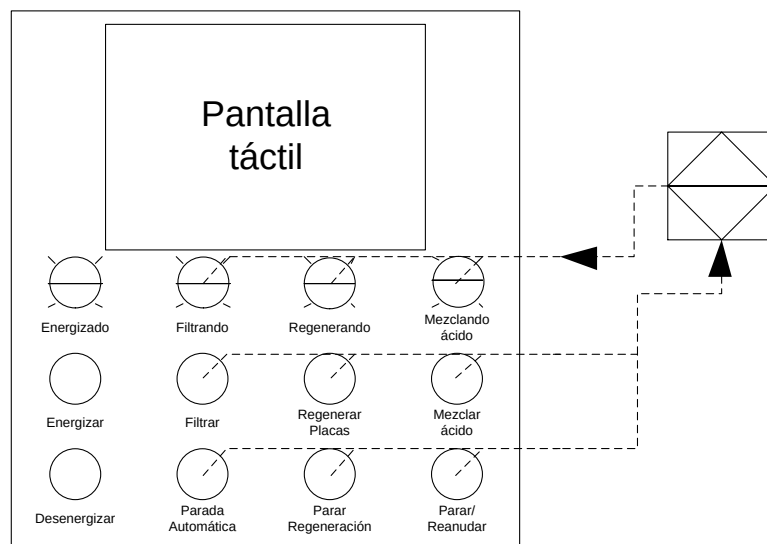


Figura 2.13: Botonera de operación

2.2.6.8. Correa transportadora

La correa transportadora 11, encargada de transportar la torta obtenida del proceso al tubo de secado, provee la señal:

- **Funcionando:** señal de entrada discreta 0-24[V] DC que indica si la correa 11 está o no funcionando. En caso de que no esté funcionando el sistema entra en modo de “parada de emergencia” (ver Etapas de Operación/Parada de emergencia).

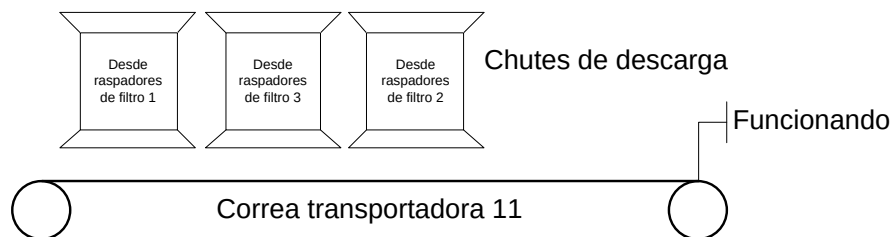


Figura 2.14: Esquema de funcionamiento de correa transportadora

2.2.7. Etapas de Operación

Dentro de la operación del filtro cerámico, se definen los siguientes estados de operación: Filtración, lavado de cuba, lavado combinado, alarma, alarma y pausa, detenido y parada de emergencia; a continuación se muestra el proceso en modo automático como diagrama de flujo para luego definir estado por separado.

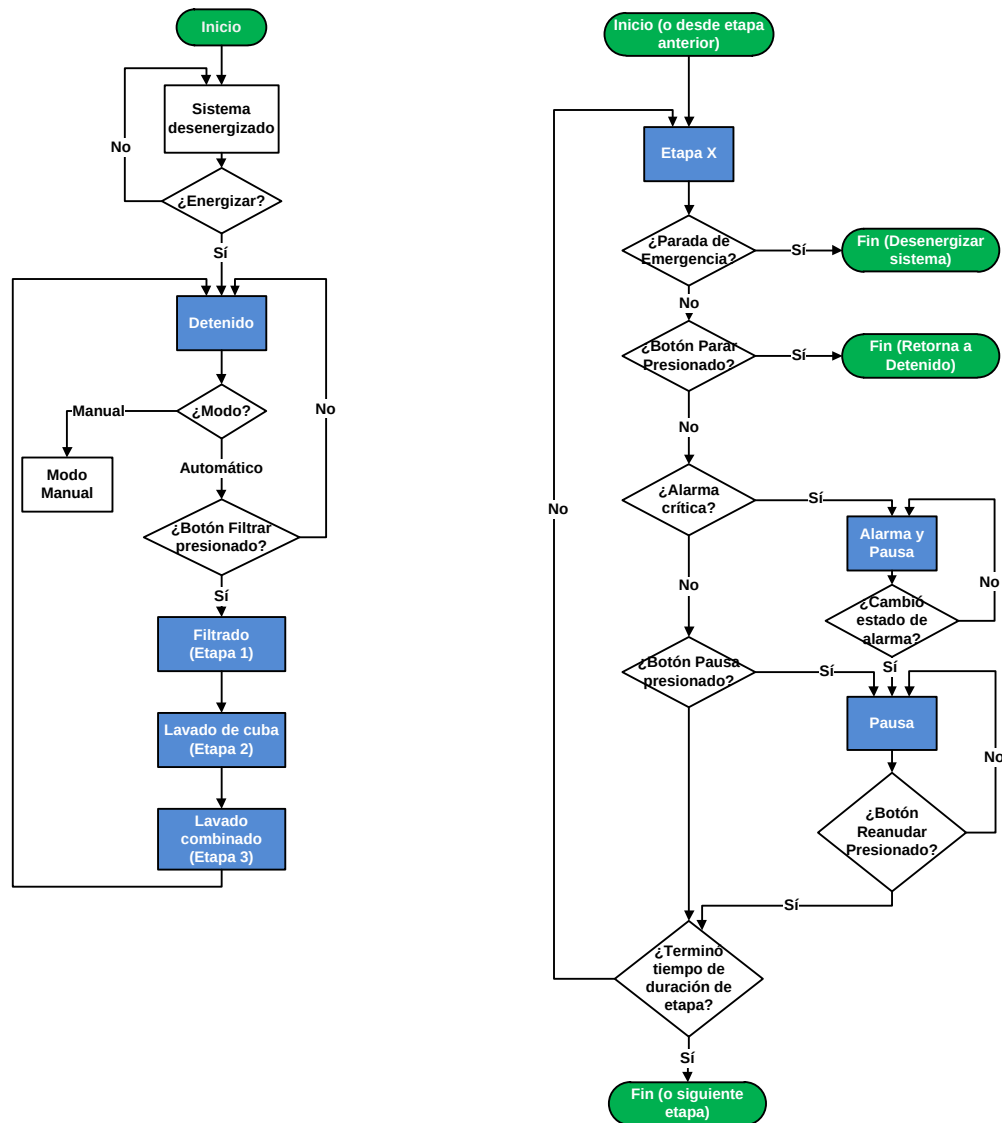


Figura 2.15: Diagrama de flujo de etapas 1, 2 y 3

2.2.7.1. Filtración

En esta etapa es donde el sistema realiza su labor principal que es filtrar el agua de la pulpa y entregar una torta lista para pasar a secado. Variables como presión de retrolavado, se controlan a través un controlador PID en el PLC. A continuación se presenta un diagrama de flujo describiendo su operación paso a paso:

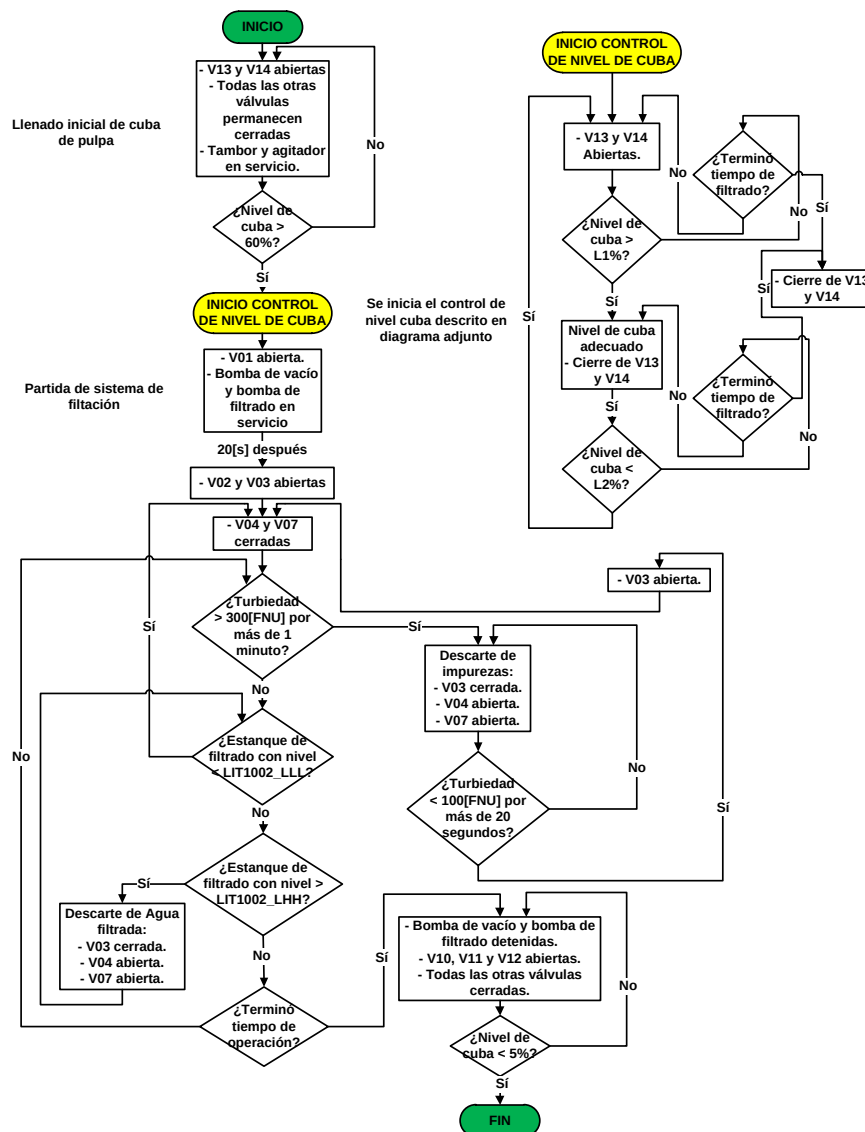


Figura 2.16: Diagrama de flujo de etapa de filtración

2.2.7.2. Lavado de cuba

Después de que el sistema ha completado un ciclo de filtrado, se requiere un posterior lavado de cuba y limpieza de las vías de drenaje de la cuba. El proceso se describe a continuación por el siguiente diagrama:

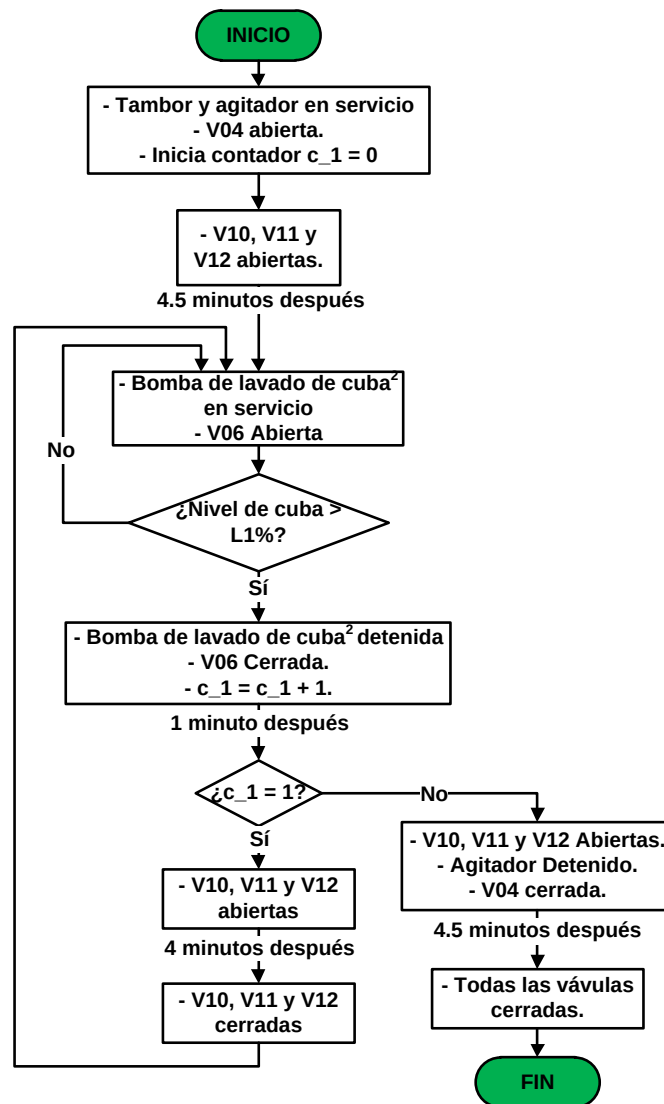


Figura 2.17: Diagrama de flujo de etapa de lavado de cuba

2.2.7.3. Lavado combinado

Después de que el sistema ha operado por un ciclo filtrado y lavado de cuba, para mantener el sistema en estado óptimo, es necesario realizar un lavado combinado que incluye: un lavado de ácido nítrico diluido desde el interior de las placas cerámicas y cavitación ultrasónica.

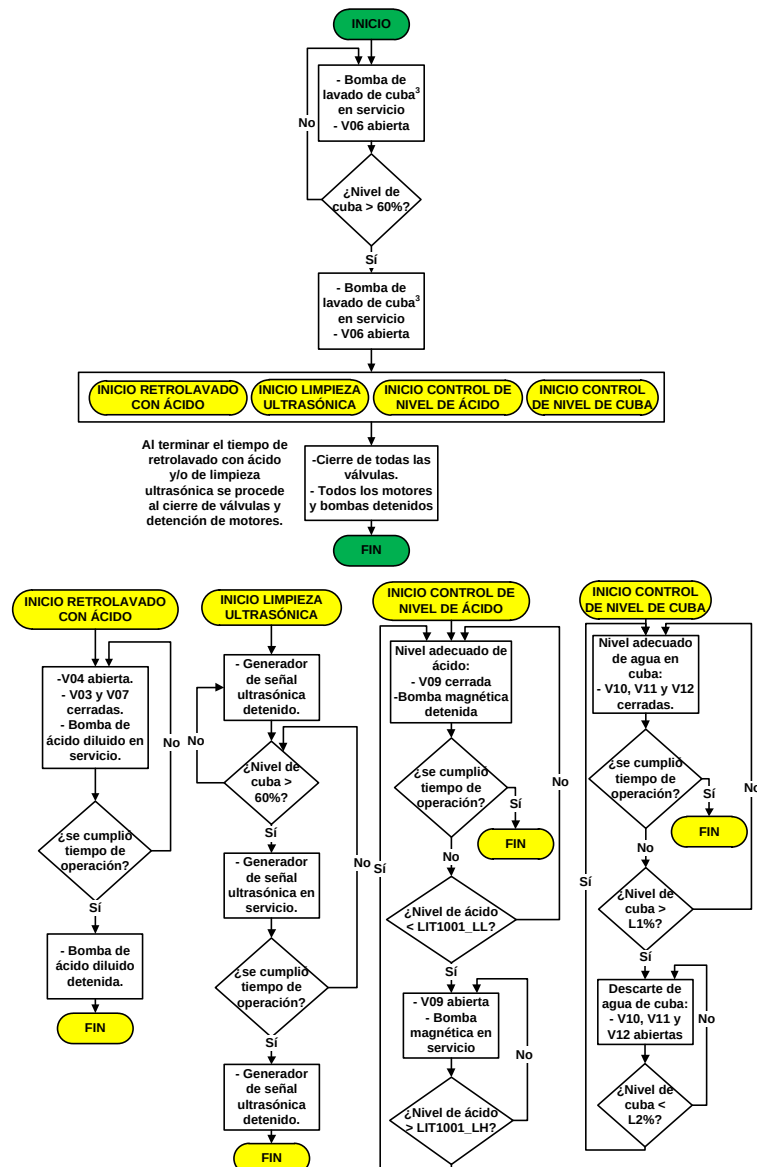


Figura 2.18: Diagrama de flujo de etapa de lavado combinado

2.2.7.4. Alarma

En cualquiera de los estados puede dipararse el estado “Alarma”, que señala algún hecho que requiere atención, pero que no es motivo de la detención del sistema. La pantalla mostrará el problema, pero no afectará su operación.

Este estado muestra al operador condiciones que no son un problema directo o inmediato, sin embargo, que podrían llegar a serlo.

2.2.7.5. Pausa

Estado activado por el operador, en el cual se decide detener el proceso de forma voluntaria. Las válvulas se ubican es su posición normal y se detienen todos las bombas y motores, excepto el motor del agitador.

2.2.7.6. Alarma y Pausa

Estado de detención por enclavamiento. Se detiene el proceso debido a que existe una condición que se ha definido como crítica y que no permite el normal funcionamiento del sistema o que podría producir un peligro para la integridad física de los operadores o de la planta. En este estado se detienen todos los motores y bombas y se cierran todas las válvulas, excepto las de drenaje de cuba (V10, V11 y V12).

2.2.7.7. Detenido

Posterior a un ciclo de operación completo (filtrado, lavado de cuba y lavado combinado) o también cuando ha terminado el proceso de mezcla de ácido o regeneración de placas, el sistema entra en la etapa de detención. El sistema se mantiene en modo de detención, esperando a que se de la partida nuevamente y así realizar otro ciclo de trabajo.

2.2.7.8. Parada de emergencia

Es accionada por un botón ubicado en las cercanías de los filtros e inicia la secuencia de detención y se desenergiza el sistema.

2.2.8. Lazos de Control

2.2.8.1. Cuba de pulpa

- Durante la etapa de filtración el nivel de la cuba es controlado por el PLC, manteniendo su valor dentro de un rango acotado por los niveles de control L_1 y L_2 mediante una comparación con histéresis. Esta actuación es realizada por las válvulas de entrada de pulpa (V13 y V14) y las válvulas de drenaje de cuba (V10, V11 y V12).
- Durante la etapa de lavado combinado, se produce control de nivel que interrumpe el suministro de agua entregada por la bomba de lavado de cuba y la válvula V06 cuando se alcanza un 60 % de capacidad.
- Al igual que en caso anterior, durante la etapa de lavado combinado se produce control de nivel que interrumpe el suministro de agua entregada por la bomba de lavado de cuba y la válvula V06 cuando se alcanza alrededor de un 90 % de capacidad.

2.2.8.2. Sistema de filtrado

- Durante la etapa de filtración el nivel del estanque de filtrado es controlado por el PLC, manteniendo su valor dentro de un rango acotado por los niveles de control LL y LH mediante una comparación con histéresis. Esta actuación es realizada por las válvulas de acción combinada de las válvulas V03, V04 y V07.

2.2.8.3. Sistema de lavado con ácido

- El nivel de ácido diluido es controlado por el PLC, manteniendo su valor dentro de un rango acotado por los niveles de control *LL* y *LH* mediante una comparación con histéresis. Esta actuación es realizada por la válvula de entrada de ácido diluido V09.

2.2.9. Cuadro de alarmas y fallas

2.2.9.1. Alarmas y fallas que detienen el funcionamiento del sistema

- Alarma por correa de descarga detenida
- Alarma por parada de emergencia activada
- Alarma por falla de bomba de lavado de cuba
- Alarma por falla de bomba de vacío
- Alarma por falla de bomba de filtrado
- Alarma por falla de bomba de ácido diluido
- Alarma por falla de variador motor tambor
- Alarma por falla de variador motor agitador
- Alarma por falla de bomba de ácido concentrado
- Alarma por filtro de agua obstruido / DP mayor a 1 Bar
- Alarma gas NO₂ sala TK ácido nítrico mayor a 2.4 PPM
- Alarma gas NO₂ zona cola correa 11 mayor a 2.4 PPM
- Alarma gas NO₂ zona filtro cerámico 3 mayor a 2.4 PPM
- Alarma por turbiedad lado Saladillo mayor a 300 FNU

-
- Alarma por turbiedad lado Río Blanco mayor a 300 FNU
 - Alarma por falla sistema de vacío
 - Falla sensor NO₂ Sala TK ácido nítrico
 - Falla sensor NO₂ zona cola correa 11
 - Falla sensor NO₂ zona filtro cerámico 3

2.2.9.2. Alarmas no críticas

- Alarma por nivel alto estanque ácido diluido
- Alarma por nivel alto estanque de filtrado
- Alarma por baja presión de agua de retrolavado
- Alarma por alta presión de agua de retrolavado
- Alarma por nivel bajo estanque de ácido diluido

Glosario

- V01: Válvula de succión.
- V02: Válvula de secado.
- V03: Válvula de circulación.
- V04: Válvula de agua de retrolavado.
- V05: Válvula de lavado de colector de drenaje.
- V06: Válvula de lavado de cuba.
- V07: Válvula de descarga de filtrado.
- V09: Válvula de ácido nítrico diluido.

-
- V10, V11, V12: Válvula de drenaje de cuba.
 - V13, V14: Válvula de entrada de pulpa a la cuba.
 - LIT1001: Transmisor de Indicador de nivel de estanque de ácido diluido.
 - LIT1002: Transmisor de Indicador de nivel de estanque de filtrado.
 - LIT1003: Transmisor de Indicador de nivel de llenado de cuba.
 - LIT0001: Transmisor de Indicador de nivel de ácido diluido de estanque alimentador.
 - PIT1001: Transmisor de Indicador de presión de estanque de filtrado.
 - PIT1002: Transmisor de Indicador de presión de agua de retrolavado.
 - PDIT1001: Transmisor de Indicador de presión diferencial de filtros de agua de retrolavado.
 - FIT0201: Transmisor de Indicador de flujo de agua fresca a filtros cerámicos.
 - AIT1001: Transmisor de Indicador de turbiedad de estanque de filtrado lado Río Blanco.
 - AIT1002: Transmisor de Indicador de turbiedad de estanque de filtrado lado Saladillo.

2.2.10. P & ID de filtro cerámico

El plano P & ID se encuentra disponible en la sección **Anexo E**.

2.2.11. Listado de entradas y salidas del sistema

Por la extensión del texto que contiene el listado de señales de entrada y salida, éste se encuentra disponible en la sección **Anexo B**.

2.3. Filosofía de control propuesta

Una vez completada la primera etapa de levantamiento de información de entradas y salidas, documentación de los lazos de control presentes en la planta y creación de planos de instrumentación de la misma, tenemos una filosofía de control actual y es posible orientar este esquema hacia la versión futura, aprovechando además la oportunidad para estudiar el desempeño de la planta e incorporar mejoras.

A continuación se presenta la filosofía de control de la propuesta para la planta de filtros cerámicos.

2.3.1. Introducción

El objetivo del presente documento es presentar una descripción de las estrategias de control y/o lazos de control asociados al sistema de filtros cerámicos de la planta de filtros convencionales de la planta de molibdeno y filtrado de cobre de la División Andina de Codelco. Este documento representa una modificación en el sistema actual, proponiendo una nueva arquitectura basada en el sistema de control distribuido *Delta-V* de la empresa *Emerson Process Management*.

2.3.2. Planos y Documentos de referencia

Los planos y documentos de referencia para el desarrollo de este informe son los siguientes (ver **Anexos C, D, E**):

- P & ID Planta de Filtros (en formato .pdf y .dwg).
- Archivo con lista de entradas y salidas disponibles en configuración actual de PLC.
 - IO_Ceramic_Filter.xlsx
- Propuestas de pantallas de control HMI.

Junto con esto se exponen distintos esquemas que muestran las partes que componen y la lógica detrás del funcionamiento del filtro cerámico 1, pero que indistintamente describen a todos los filtros cerámicos de la planta.

2.3.3. Arquitectura de Control

La arquitectura propuesta para el funcionamiento de la planta de filtros cerámicos está basada en el sistema de control distribuido *Delta-V* de *Emerson Process Management*.

2.3.4. Centros de Operación

El proyecto considera la utilización de los siguientes centros de control:

2.3.4.1. Equipo portátil de operación

Se dispone de un sistema portátil del tipo “notebook” con pantalla táctil; este dispositivo pertenece a la línea “Toughbook” de Panasonic para el uso en terreno y en condiciones extremas. Éste se mantiene bajo control de personal de instrumentación en tareas de mantenimiento y cuenta con todas las funciones disponibles en las interfaces del panel de operación de filtros cerámicos vía conexión inalámbrica.



Figura 2.19: Toughbook de Panasonic

2.3.4.2. Panel de operación de filtros cerámicos

Actualmente la operación de los filtros cerámicos se realiza principalmente de manera local, a través de la interfaz táctil ubicada en la puerta del gabinete que contiene el sistema de control. Bajo el marco de la modernización, esto será reemplazado por un sistema remoto operado desde el panel de operadores y paralelamente por el equipo descrito en el punto anterior.

El equipo a utilizar será una estación de trabajo Dell Precision T3500 con monitor de 22 pulgadas “widescreen” de alta definición.



Figura 2.20: Estación de trabajo Dell Precision T3500

2.3.5. Modos de Operación

2.3.5.1. Modo AUTO

El modo de AUTO es el que permite que el filtro funcione en forma automática. De esta forma el sistema de control realiza las operaciones de filtración, lavado de cuba y lavado combinado sin la participación del operador.

2.3.5.2. Modo MANUAL

El modo de operación MANUAL es el que permite que se pueda accionar cada uno de los componentes del filtro de forma individual.

2.3.6. Sistema de filtros cerámicos

2.3.6.1. Harnero Delkor

El harnero de banda Delkor es el mecanismo para la eliminación eficaz de partículas de gran tamaño fuera del procesamiento de la pulpa.

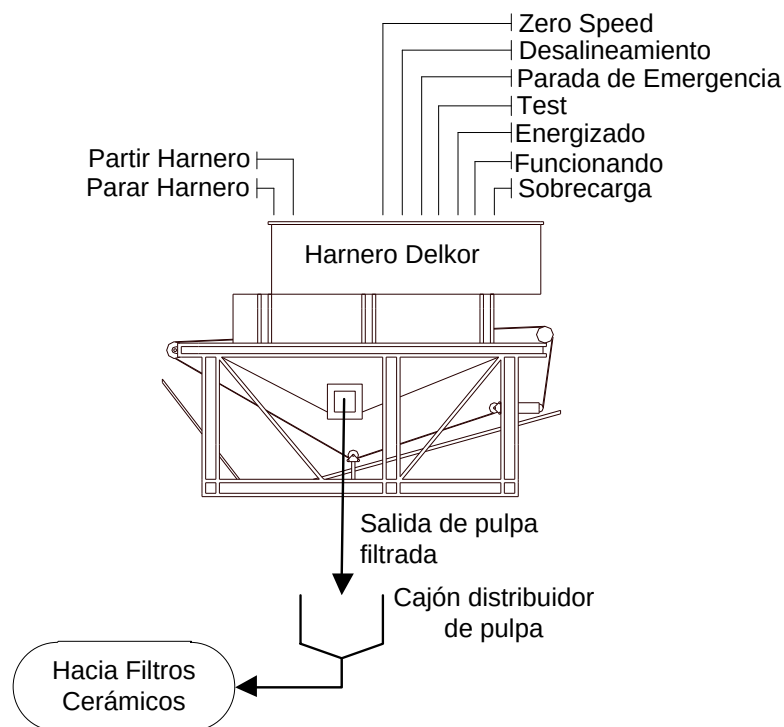


Figura 2.21: Esquema de funcionamiento de Harnero Delkor

Dentro de las señales que se necesita para controlar el sistema, se tiene:

- **Partir harnero:** señal de salida discreta de 0-110[V] AC que pone en servicio el harnero.
- **Parar harnero:** señal de salida discreta de 0-110[V] AC que detiene el funcionamiento del harnero.

Las señales que se envían desde el harnero hacia el controlador, se tiene:

- **Energizado harnero:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica al controlador que el sistema se encuentra energizado y listo para ponerse en servicio (señal a 110[V]) o en ausencia de energía (señal a 0[V]).
- **Funcionando harnero:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC de estado que indica al controlador que el harnero se encuentra en servicio (señal a 110[V]) o detenido (señal a 0[V]).

-
- **Sobrecarga harnero:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica al controlador que el sistema ha superado su corriente de nominal de operación y se encuentra en estado de falla.
 - **Test:** señal de entrada discreta de 0-110[V] AC que da partida al harnero desde terreno.
 - **Parada de emergencia:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que detiene el sistema por pulsación en el botón local de parada de emergencia o por accionamiento de *pull cord switch*.
 - **Desalineamiento:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica que se ha producido un desalineamiento en la banda del harnero.
 - **Zero Speed:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica que la banda no está en movimiento o que su giro no se encuentra en la velocidad predeterminada.

Actualmente el funcionamiento del harnero no está considerado para ser controlado por el DCS DeltaV, pero se considera dentro de esta filosofía para su futura implementación.

2.3.6.2. Filtrado de agua fresca

El sistema de filtrado de agua fresca es el encargado de proveer este líquido al sistema de filtrado.

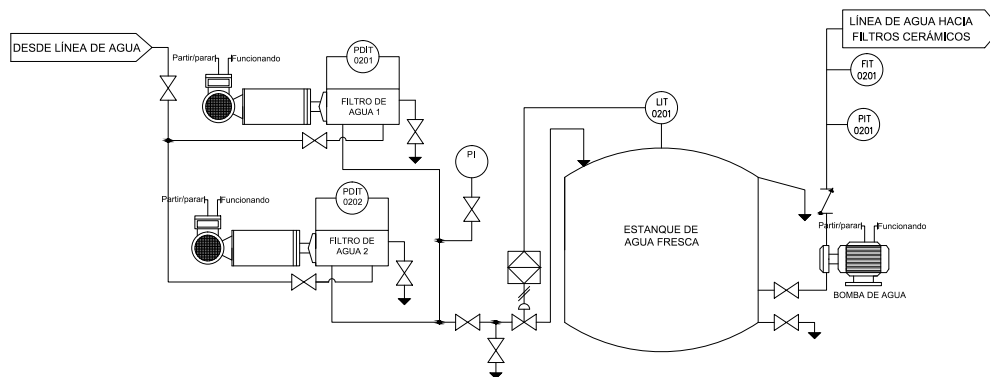


Figura 2.22: Esquema de funcionamiento de filtrado de agua fresca

Dentro de las señales que se necesita para controlar el sistema, se tiene:

- **Partir/parar filtro 1:** señal de salida discreta de 0-110[V] AC que pone en servicio el filtro 1.
- **Partir/parar filtro 2:** señal de salida discreta de 0-110[V] AC que pone en servicio el filtro 2.
- **Partir/parar bomba de agua fresca:** señal de salida discreta de 0-110[V] AC que pone en la bomba de agua fresca.

Las señales que el sistema envía al controlador, se tiene:

- **Energizado:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica al controlador que el sistema de filtrados de agua fresca se encuentra energizado y listo para ponerse en servicio (señal a 110[V]) o en ausencia de energía (señal a 0[V]).
- **Funcionando filtro 1:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC de estado que indica al controlador que el filtro 1 se encuentra en servicio (señal a 110[V]) o detenido (señal a 0[V]).
- **Funcionando filtro 2:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC de estado

que indica al controlador que el filtro 2 se encuentra en servicio (señal a 110[V]) o detenido (señal a 0[V]).

- **Funcionando bomba de agua fresca:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC de estado que indica al controlador que la bomba de agua fresca se encuentra en servicio (señal a 110[V]) o detenido (señal a 0[V]).
- **Indicador de presión diferencial filtro 1 PDIT0201:** señal de entrada analógica 4-20[mA] DC, que indica al controlador la presión diferencial presente en el filtro de agua fresca 1.
- **Indicador de presión diferencial filtro 2 PDIT0202:** señal de entrada analógica 4-20[mA] DC, que indica al controlador la presión diferencial presente en el filtro de agua fresca 2.

Tabla 2.8: Escalamiento de presión diferencial en filtros (PDIT0201 y PDIT0202) versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Presión diferencial
LRV	4[mA]	0[bar]
URV	20[mA]	6[bar]

- **Indicador de nivel de llenado de estanque de agua fresca LIT0201:** señal de entrada analógica 4-20[mA] DC, que indica al controlador el nivel de llenado del estanque de agua fresca. El escalamiento de las variables se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2.9: Escalamiento de porcentaje de llenado estanque de agua fresca versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Porcentaje de llenado
LRV	4[mA]	0 %
URV	20[mA]	100 %

- **Indicador de presión en línea de agua fresca PIT0201:** señal de entrada análoga 4-20[mA] DC, que indica al controlador el nivel de presión en la línea que abastece de agua a los filtros cerámicos.

Tabla 2.10: Escalamiento de presión de línea de agua fresca versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Presión
LRV	4[mA]	0[bar]
URV	20[mA]	10[bar]

- **Indicador de flujo de agua fresca FIT0201:** dentro de los requerimientos básicos para el funcionamiento del filtro, el fabricante expresa que es necesario disponer de una fuente de agua fresca con una caudal volumétrico mínimo de $10[\text{m}^3/\text{día}] \triangleq 0,116[\text{litros/s}]$ por cada filtro. Mediante la lectura de esta señal de entrada análoga 4-20[mA] DC se puede hacer un monitoreo de esta variable y tomar medidas en caso de una posible falla. Este indicador es común para los tres filtros y entrega el caudal volumétrico total que ingresa a la planta.

Tabla 2.11: Escalamiento de flujo de agua fresca versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Flujo
LRV	4[mA]	0[m ³ /h]
URV	20[mA]	100[m ³ /h]

Actualmente el funcionamiento del sistema de filtrado de agua fresca no está considerado para ser controlado por el DCS DeltaV, pero se considera dentro de esta filosofía para su futura implementación.

2.3.6.3. Tambor

El tambor corresponde al cilindro metálico donde se montan las placas cerámicas. Funciona gracias a un motor trifásico y un variador de frecuencia Power Electronics SD700 ubicado en la sala de controladores de la planta convencional y se comunica con el controlador mediante un bus Profibus-DP en modo pasivo (esclavo). Actualmente el variador no cuenta con una interfaz profibus nativa, pero con la adición de una tarjeta adaptadora es posible agregar esta característica.

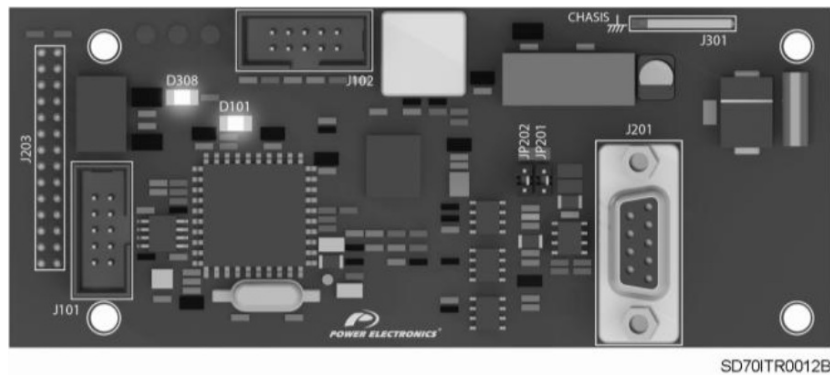


Figura 2.23: Tarjeta interfaz profibus para Power Electronics SD700

Dentro de las prestaciones de esta tarjeta, además de la comunicación, se encuentra la capacidad de habilitar un “terminador” simplemente colocando los

jumpers JP201 y JP202 si es que el variador es el último nodo de la red o sacándolos si la red continúa o si se desea usar un terminador externo. Por razones de seguridad se sugiere utilizar un terminador externo.

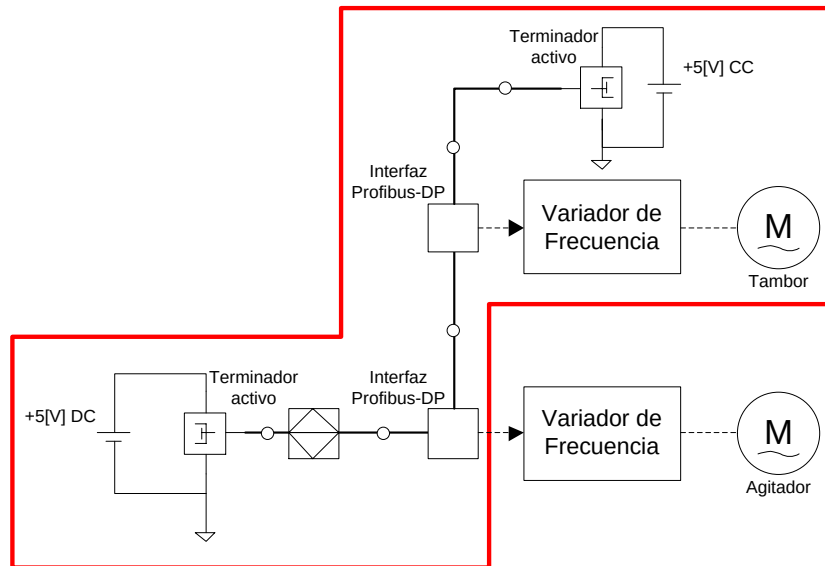


Figura 2.24: Esquema de funcionamiento de tambor

Dentro de los comandos de operación y señales de status que se necesitan para controlar el sistema, se tiene:

- **Partida:** comando de operación que indica al variador de frecuencia que inicie la secuencia de partida del motor.
- **Parada:** comando de operación que indica al variador de frecuencia que detenga el giro del motor.
- **Giro en sentido inverso:** comando de operación que indica al variador de frecuencia que el motor debe girar en sentido inverso.
- **Referencia de velocidad:** comando que indica al variador de frecuencia la velocidad de giro que se requiere para el tambor.

-
- **Falla:** Indicador que señala si el variador se encuentra en falla o no.
 - **Valor actual de velocidad:** Indicador que señala la velocidad actual de giro del motor.
 - **Corriente promedio:** Indicador que señala la corriente promedio consumida por el motor.
 - **Potencia:** Indicador que señala la potencia consumida por el motor.
 - **Torque:** Indicador que señala el torque instantáneo realizado por el motor.
 - **Palabra de status:** Indicador que señala el estado de operación del motor.

Adicionalmente, al poner en servicio el tambor (ya sea giro hacia adelante o hacia atrás), se debe disponer de una señal discreta de 0-110[V] AC para accionar el funcionamiento de la ventilación forzada sobre los motores.

2.3.6.4. Agitador de pulpa

El agitador mecánico que mantiene la pulpa en movimiento funciona gracias a un motor trifásico y un variador de frecuencia Power Electronics SD700 ubicado en la sala eléctrica convencional y comunicado al controlador vía un bus Profibus-DP en modo pasivo (esclavo). Al igual que el caso del tambor, se utiliza una tarjeta adaptadora. Dentro de los comandos de operación y señales de status que se necesitan para controlar el sistema, se tiene:

- **Partida:** comando de operación que indica al variador de frecuencia que inicie la secuencia de partida del motor.
- **Parada:** comando de operación que indica al variador de frecuencia que detenga el giro del motor.
- **Giro en sentido inverso:** comando de operación que indica al variador de frecuencia que el motor debe girar en sentido inverso.

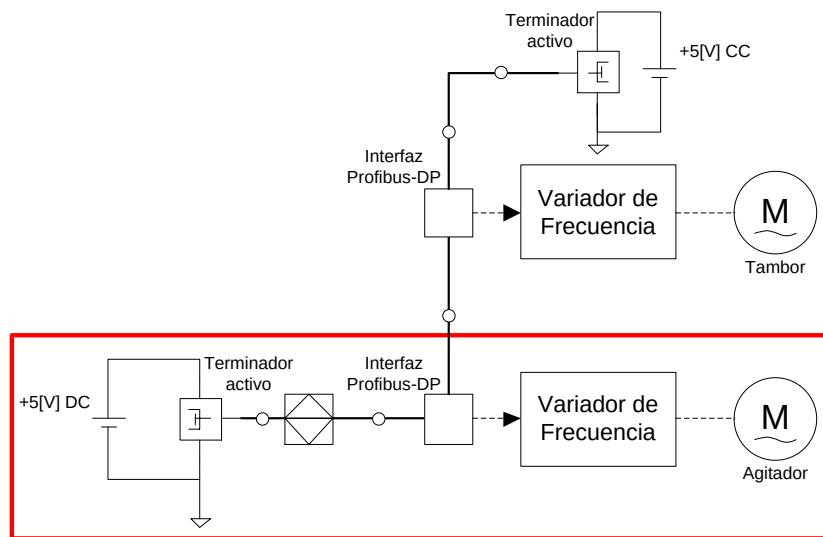


Figura 2.25: Esquema de funcionamiento de agitador

- **Referencia de velocidad:** comando que indica al variador de frecuencia la velocidad de giro que se requiere para el tambor.
- **Falla:** Indicador que señala si el variador se encuentra en falla o no.
- **Valor actual de velocidad:** Indicador que señala la velocidad actual de giro del motor.
- **Corriente promedio:** Indicador que señala la corriente promedio consumida por el motor.
- **Potencia:** Indicador que señala la potencia consumida por el motor.
- **Torque:** Indicador que señala el torque instantáneo realizado por el motor.
- **Palabra de status:** Indicador que señala el estado de operación del motor.

Adicionalmente, al poner en servicio el agitador, se debe disponer de una señal discreta de 0-110[V] AC para accionar el funcionamiento de la ventilación forzada sobre los motores.

2.3.6.5. Cuba de pulpa

El sistema de llenado y vaciado de la cuba de pulpa se describe por el siguiente esquema:

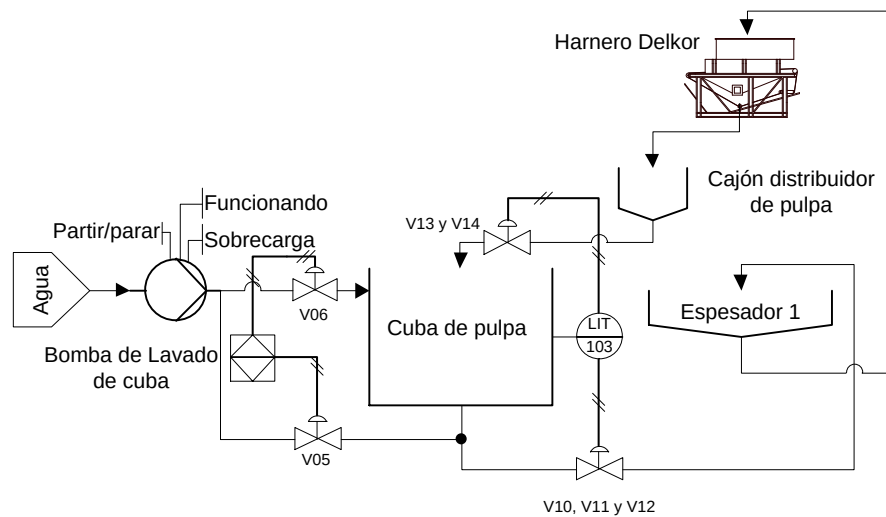


Figura 2.26: Esquema de funcionamiento de cuba de pulpa

Donde las señales de salida del controlador son:

- **Partir/parar bomba de lavado de cuba¹:** señal discreta de salida 0-110[V] AC que inicia/detiene el funcionamiento de bomba de lavado de cuba.
- **Accionamiento de válvula de lavado de colector de drenaje V05:** señal discreta de salida 0-110[V] AC que acciona apertura/cierre de la válvula de lavado de colector de drenaje. Esta válvula permite el paso de agua para limpiar los conductos de drenaje inferiores de la cuba, evitando que se acumule material que pueda bloquear la salida.

¹Actualmente, la bomba de lavado de cuba, sólo está disponible en el filtro cerámico 3. Los filtros 1 y 2 están conectados directamente a la red de agua de la planta.

-
- **Accionamiento de válvula de lavado de cuba V06:** señal discreta de salida 0-110[V] AC que acciona apertura/cierre de la válvula de lavado de cuba. Esta válvula permite la entrada de agua para limpiar la cuba.
 - **Accionamiento de válvulas de drenaje de cuba V10, V11 y V12:** señal discreta de salida 0-110[V] AC que acciona apertura/cierre de las válvulas de drenaje de cuba. Estas válvulas permiten el descarte de pulpa y/o agua desde la cuba hacia el espesador.
 - **Accionamiento de válvulas de entrada de pulpa V13 y V14:** señal discreta de salida 0-110[V] AC que acciona apertura/cierre de la válvula de entrada de pulpa. Estas válvulas permiten el llenado de la cuba con el material a filtrar.

Y las señales de entrada:

- **Funcionando bomba de lavado de cuba¹:** señal discreta que indica que la bomba de lavado de cuba se encuentra en servicio.
- **Sobrecarga bomba de lavado de cuba:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica al controlador que la bomba de lavado de cuba está en falla por efecto de haber circulado una corriente superior a la nominal soportada por el equipo.
- **Indicador de nivel de llenado de cuba LIT1003:** señal de entrada análoga 4-20[mA] DC que indica al controlador el nivel de llenado de la cuba. El escalamiento de las variables se presenta en la siguiente tabla: Para esta variable, se consideran dos niveles de control, estos son:

Tabla 2.12: Escalamiento de porcentaje de llenado de cuba versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Porcentaje de llenado
LRV	4[mA]	0 %
URV	20[mA]	100 %

Tabla 2.13: Niveles de control L_1 y L_2 durante etapa de filtración

Nivel de control	Control Alto	Control Medio	Control Bajo
L_1	95 %	85 %	65 %
L_2	85 %	75 %	55 %

2.3.6.6. Sistema de filtración

El sistema de filtración es el conjunto de elementos que permiten extraer el agua desde la pulpa y así obtener una torta húmeda lista para pasar al tubo de secado convectivo. Para su operación, el control envía las siguientes señales:

- **Accionamiento de válvula de succión V01:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que acciona apertura/cierre de la válvula de succión V01. Esta válvula permite que el vacío producido por la bomba de vacío haga que la pulpa se adhiera a la placa cuando esta se sumerge en ella y además succione el agua desde la pulpa hacia el estanque de filtrado.
- **Accionamiento de válvula de secado V02:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que acciona apertura/cierre de la válvula de secado V02. Esta válvula permite que el vacío producido por la bomba de vacío succione el agua desde la pulpa hacia el estanque de filtrado cuando la placa se encuentre por sobre el nivel de llenado de la cuba.

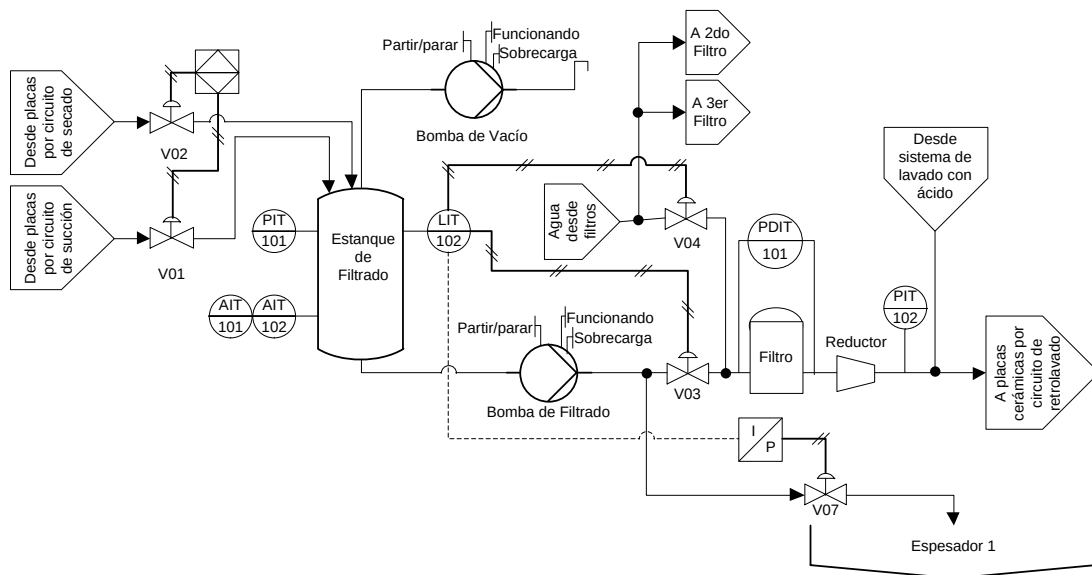


Figura 2.27: Esquema de funcionamiento de sistema de filtración

- **Accionamiento de válvula de recirculación V03:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que acciona apertura/cierre de la válvula de recirculación V03. Esta válvula permite que el agua proveniente del estanque de filtrado recircule dentro del circuito de retrolavado de vuelta hacia a las placas.
- **Accionamiento de válvula de retrolavado V04:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que se encarga de la apertura/cierre de la válvula de retrolavado V04. Esta válvula permite la entrada de agua fresca hacia las placas por el circuito de retrolavado.
- **Accionamiento de válvula de descarga de filtrado V07:** señal análoga de 4-20[mA] DC que modula apertura/cierre de la válvula de descarga de filtrado V07 (de control neumático) por acción de un controlador PID y un convertidor I/P. Durante la etapa de filtración, a través de la actuación sobre esta válvula, se mantiene un nivel estable en el estanque de filtrado y consecuentemente en el nivel de presión de retrolavado.

Nota: Las válvulas V03, V04 y V07, en conjunto, controlan el

origen del flujo de agua y ácido que entra al circuito de retrolavado. Es por esto que sólo pueden tomar las siguientes posiciones, en función de su objetivo:

Tabla 2.14: Combinaciones posibles de V03, V04 y V07

Objetivo	V03	V04	V07
Descartar agua de estanque de filtrado	Cerrada	Abierta	Abierta
Recircular el agua filtrada por circuito de retrolavado	Abierta	Cerrada	Modo Automático
Circular ácido por circuito de retrolavado	Cerrada	Abierta	Cerrada

En las etapas de “lavado de cuba” y “lavado combinado” esta válvula funciona en modo on/off, abriendo o cerrando el paso de líquido sin regulación.

- **Partir/parar bomba de vacío:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que inicia/detiene la bomba de vacío encargada de proveer el vacío necesario para la filtración de agua desde la superficie de las placas.
- **Partir/parar bomba de filtrado:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que inicia/detiene la bomba de filtrado, encargada de retirar el agua del estanque de filtrado y además proveer agua para retrolavar las placas desde su interior.

Por otro lado, el sistema entrega las siguientes señales:

- **Funcionando bomba de vacío:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica al controlador que la bomba de vacío se encuentra en servicio.

-
- **Sobrecarga bomba de vacío:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica al controlador que la bomba de vacío está en falla por efecto de haber circulado una corriente superior a la nominal soportada por el equipo.
 - **Funcionando bomba de filtrado:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica al controlador que la bomba de filtrado se encuentra en servicio.
 - **Sobrecarga bomba de filtrado:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica al controlador que la bomba de filtrado está en falla por efecto de haber circulado una corriente superior a la nominal soportada por el equipo.
 - **Indicador de presión de vacío PIT1001:** señal análoga de 4-20[mA] DC que indica la presión de vacío en las placas. El escalamiento de las variables se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2.15: Escalamiento de presión de vacío versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Presión
LRV	4[mA]	-0.85[bar]
URV	20[mA]	0.15[bar]

- **Indicador de presión de retrolavado PIT1002:** señal de entrada análoga de 4-20[mA] DC que indica la presión del agua en el circuito de retrolavado. Considerando la corriente proveniente del sensor y el hecho de que la variable presión se encuentra dentro del rango 0-4[bar], tenemos el siguiente escalamiento: Para esta variable, se consideran niveles de control distintos en función de su magnitud y etapa de funcionamiento, estos son: Durante las etapas antes mencionadas la presión siempre debe estar dentro del rango comprendido entre P_1 y P_2 . Si por algún motivo se está fuera de estos márgenes por más de 10 segundos, el sistema deberá enviar una alarma a la pantalla de operación.

Tabla 2.16: Escalamiento de presión de retrolavado versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Presión
LRV	4[mA]	0[bar]
URV	20[mA]	4[bar]

Tabla 2.17: Niveles de control de presión de retrolavado P_1 y P_2

Nivel	Filtrado	Lavado Combinado
P_1	3,0[bar]	3[bar]
P_2	1,0[bar]	0,25[bar]

- **Indicador de presión diferencial de filtro de retrolavado PDIT1001:** señal de entrada análoga de 4-20[mA] DC que indica la diferencia de presión en el filtro de agua de retrolavado. Ésta está definida de 0-5[bar] y su escalamiento en función de la corriente se describe en la siguiente tabla:

Tabla 2.18: Escalamiento de presión diferencial de filtros versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Presión
LRV	4[mA]	0[bar]
URV	20[mA]	5[bar]

Esta diferencia de presión, en funcionamiento normal, no debería superar a 1[bar]. Si se encontrara por encima de este límite por más de 30 segundos, el sistema debiera indicar una alarma crítica y detener el funcionamiento del filtro de manera inmediata.

- **Indicador de nivel de estanque de filtrado LIT1002:** señal análoga de

4-20[mA] DC que indica el nivel del agua al interior del estanque de filtrado.

El escalamiento de las variables se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2.19: Escalamiento de porcentaje de llenado de estanque de filtrado versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Porcentaje de llenado
LRV	4[mA]	0 %
URV	20[mA]	100 %

- **Indicador de turbiedad AIT1001 y AIT1002:** dentro de los sensores que podemos encontrar en el sistema, tenemos los sensores de turbiedad. Estos determinan la falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión medida en FNU (*Formazin Nephelometric Units* o Unidades Nefelométrica de Formazina). Se encuentran ubicados en la base de cada uno de los dos estanques de filtrado (conocidos informalmente como “Lado Saladillo” y “Lado Río Blanco” respectivamente). Los valores leídos por el controlador están determinados por una señal de entrada análoga 4-20[mA] DC escalados según la siguiente tabla:

Tabla 2.20: Escalamiento de nivel de turbiedad versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Nivel de turbiedad
LRV	4[mA]	0[FNU]
URV	20[mA]	1000[FNU]

Si por algún motivo el nivel de turbiedad supera los 300[FNU], el controlador abre completamente la válvula V07, descartando el agua contaminada hacia los espesadores; se cierra la válvula de recirculación V03 y se abre la válvula de retrolavado V04 para reemplazar el origen del agua de retrolavado. Si

que inicia/detiene el funcionamiento de bomba magnética 1, encargada de proveer de ácido diluido desde estanque alimentador al estanque local de cada filtro.

- **Partir/parar bomba magnética 2:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que inicia/detiene el funcionamiento de bomba magnética 2, encargada de proveer de ácido diluido desde estanque alimentador al estanque local de cada filtro.
- **Partir/parar bomba de ácido nítrico diluido local:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que inicia/detiene el funcionamiento de bomba de ácido diluido para regenerar las placas limpiándolas desde adentro hacía afuera con esta solución.
- **Accionamiento de válvula de ácido nítrico concentrado V09:** señal de salida discreta 0-110[V] AC que acciona apertura/cierre de la válvula ácido nítrico diluido desde estanque alimentador a estanque local.

Por otro lado, el sistema envía las siguientes señales para indicar su estado de operación al controlador:

- **Funcionando bomba magnética 1:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica que la bomba magnética 1 se encuentra en servicio.
- **Funcionando bomba magnética 2:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica que la bomba magnética 1 se encuentra en servicio.
- **Funcionando bomba de ácido diluido local:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica que la bomba de ácido diluido se encuentra en servicio.
- **Indicador de nivel de estanque alimentador de ácido nítrico diluido LIT0001:** señal de entrada análoga 4-20[mA] DC que indica al controlador

el nivel de llenado del estanque alimentador de ácido nítrico diluido. El escalamiento del porcentaje de llenado del estanque alimentador está dado por la siguiente tabla:

Tabla 2.21: Escalamiento de porcentaje de llenado de estanque alimentador de ácido diluido versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Porcentaje de llenado
LRV	4[mA]	0 %
URV	20[mA]	100 %

- **Indicador de nivel de estanque de ácido nítrico diluido local LIT1001:** señal análoga de 4-20[mA] DC que indica al controlador el nivel de llenado del estanque de ácido nítrico diluido. El escalamiento del porcentaje de llenado del estanque de ácido diluido está dado por la siguiente tabla:

Tabla 2.22: Escalamiento de porcentaje de llenado de estanque de ácido diluido local versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Porcentaje de llenado
LRV	4[mA]	0 %
URV	20[mA]	100 %

Para esta variable, se consideran dos estados distintos en función de su magnitud, estos son:

Tabla 2.23: Niveles de control de estanque de ácido diluido

Nivel	Valor
LIT1001_HH	99 %
LIT1001_H	97 %
LIT1001_L	49 %
LIT1001_LL	6 %

2.3.6.8. Sistema de limpieza ultrasónica

Este sistema está compuesto por un generador y un transductor que limpian las placas a través de cavitación ultrasónica; funciona durante la etapa de lavado combinado. Desde controlador se envía la señal:

- **Partir/parar generador ultrasónico:** señal de salida discreta 0-110[V]
AC que inicia/detiene el funcionamiento del generador ultrasónico.

Por otro lado, el sistema responde con la señal:

- **Funcionando generador ultrasónico:** señal de entrada discreta 0-110[V]
AC que indica que el generador de señal ultrasónica se encuentra en servicio.

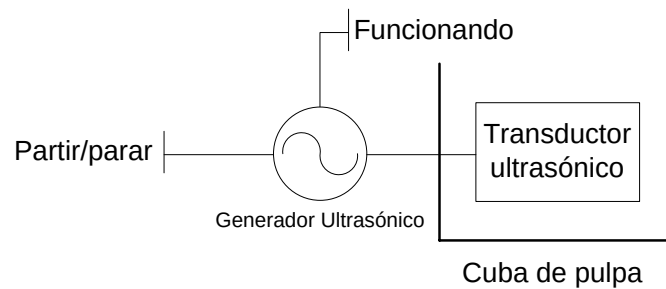


Figura 2.29: Esquema de funcionamiento sistema de limpieza ultrasónica

2.3.6.9. Sensores de Óxido Nitroso NO₂

Los sensores de óxido nitroso se encargan de detectar la presencia de este peligroso gas en tres sectores: sala TK alimentador de ácido nítrico diluido, cola correa 11 y filtro cerámico (ubicado en zona central de planta de filtros cerámicos).

- **Indicador de concentración de NO₂ sector TK Alimentador de ácido nítrico diluido AIT001:** señal de entrada análoga 4-20[mA] DC que indica al controlador el nivel de concentración de óxido nitroso en el sector de TK alimentador de ácido nítrico diluido.
- **Indicador de concentración de NO₂ sector cola correa 11 AIT002:** señal de entrada análoga 4-20[mA] DC que indica al controlador el nivel de concentración de óxido nitroso en el sector de cola correa 11.
- **Indicador de concentración de NO₂ sector filtro cerámico 3 AIT003:** señal de entrada análoga 4-20[mA] DC que indica al controlador el nivel de concentración de óxido nitroso en el sector de filtro cerámico 3.

El escalamiento del porcentaje de concentración para los tres sensores está dado por la siguiente tabla:

Tabla 2.24: Escalamiento de concentración de NO₂ versus intensidad de corriente

	Intensidad de Corriente	Concentración
LRV	4[mA]	0[ppm]
URV	20[mA]	50[ppm]

Si el nivel de concentración medido en cualquiera de los tres sensores es superior a 2.4[ppm], el sistema deberá cambiar su estado a “Alarma y Pausa”.

Actualmente la obtención de este dato se hacía mediante la lectura de un PLC ajeno a la planta, pero considerando la expansión de la capacidad de entradas y salidas fue posible su incorporación al DCS.

2.3.6.10. Correa transportadora

La correa transportadora 11, encargada de transportar la torta obtenida del proceso al tubo de secado, provee la señal:

- **Funcionando:** señal de entrada discreta 0-110[V] AC que indica si la correa 11 está o no en servicio. En caso de que no esté funcionando, si un filtro se encuentra en etapa de filtrado, éste pasa inmediatamente a modo de “alarma y pausa” (ver Etapas de Operación/alarma y pausa); de encontrarse en etapa de lavado de cuba o lavado combinado, continuará su operación normalmente.

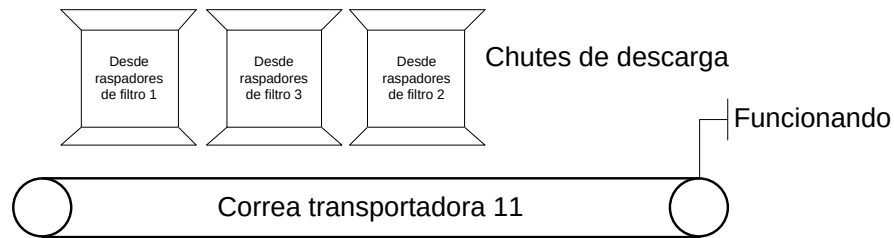
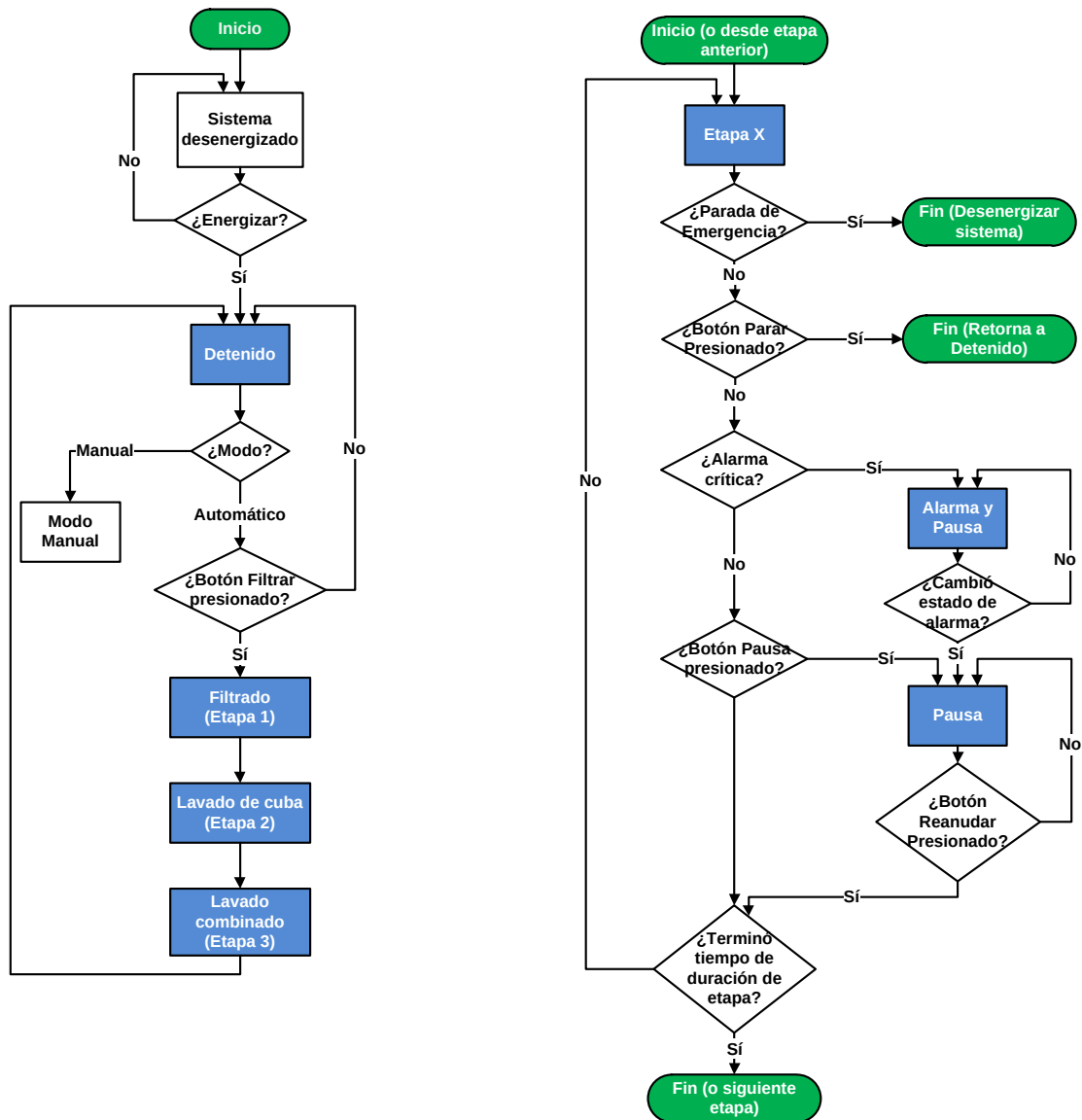


Figura 2.30: Esquema de funcionamiento de correa transportadora

2.3.7. Etapas de Operación

Dentro de la operación del filtro cerámico, se definen los siguientes estados de operación: filtrado, lavado de cuba, lavado combinado, alarma, alarma y pausa, detenido y parada de emergencia; a continuación se muestra el proceso en modo automático como diagrama de flujo para luego definir estado por separado.



2.3.7.1. Filtrado

En esta etapa es donde el sistema realiza su labor principal que es filtrar el agua de la pulpa y entregar una torta lista para pasar a secado. Esta etapa tiene una duración por defecto de 7 horas, pero puede ser modificada desde el panel de operación o el equipo portátil de operación. A continuación se presenta un diagrama de flujo describiendo su operación paso a paso:

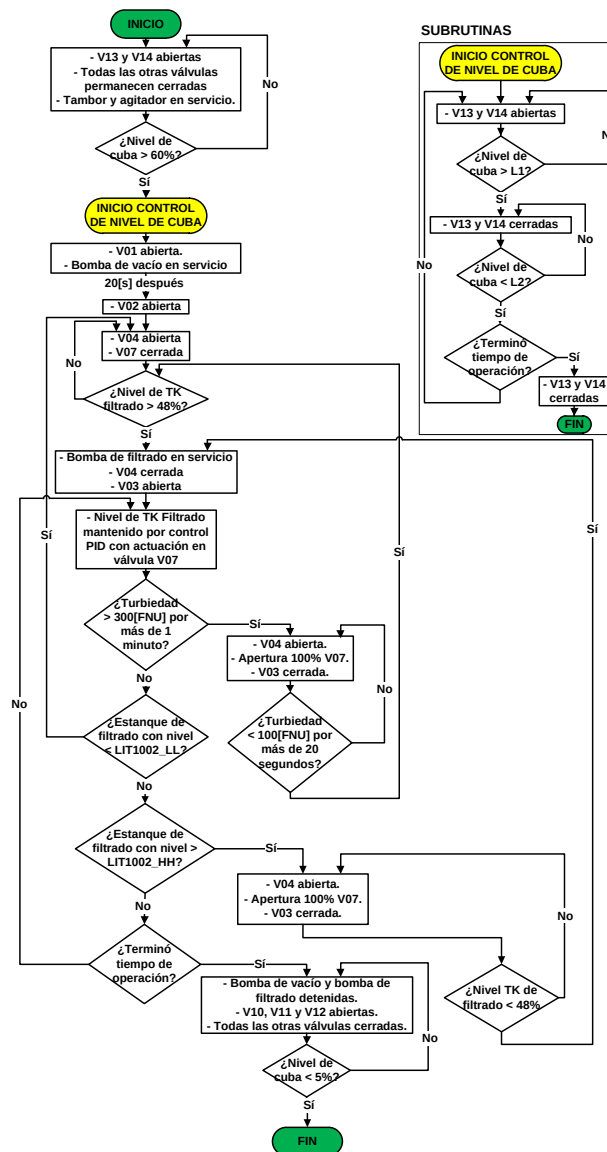


Figura 2.32: Diagrama de flujo de etapa de filtrado

2.3.7.2. Lavado de cuba

Después de que el sistema ha completado un ciclo de filtrado, se requiere un posterior lavado de cuba y limpieza de las vías de drenaje de la cuba. El proceso se describe a continuación por el siguiente diagrama:

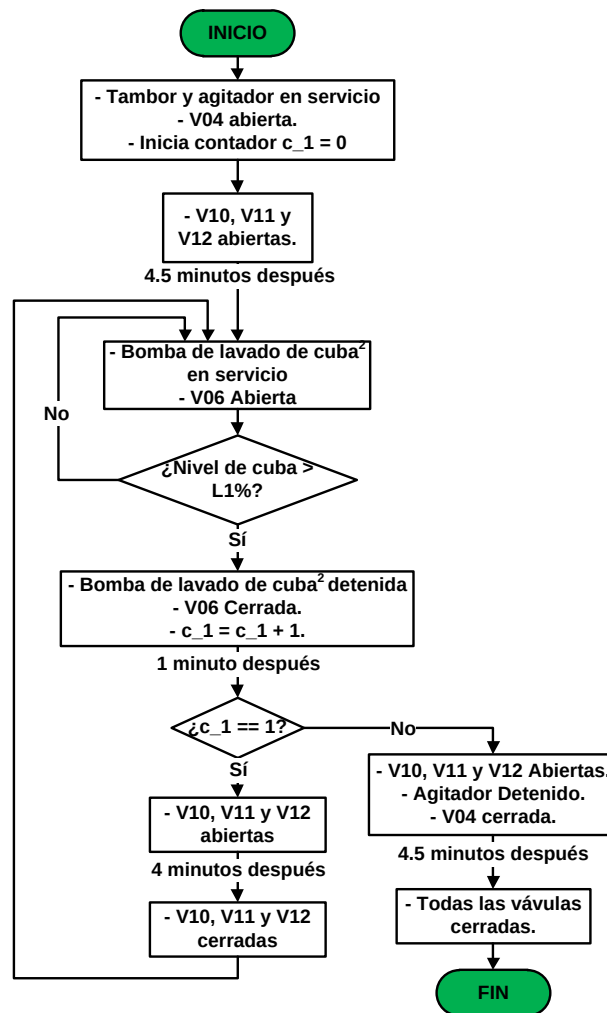


Figura 2.33: Secuencia de operación de etapa de lavado de cuba

²Actualmente, la bomba de lavado de cuba, sólo está disponible en el filtro cerámico 3. Los filtros 1 y 2 están conectados directamente a la red de agua de la planta.

2.3.7.3. Lavado combinado

Después de que el sistema ha operado por un ciclo filtrado y lavado de cuba, para mantener el sistema en estado óptimo, es necesario realizar un lavado combinado que incluye: un lavado de ácido nítrico diluido desde el interior de las placas cerámicas y cavitación ultrasónica. La duración de esta etapa es de una hora.

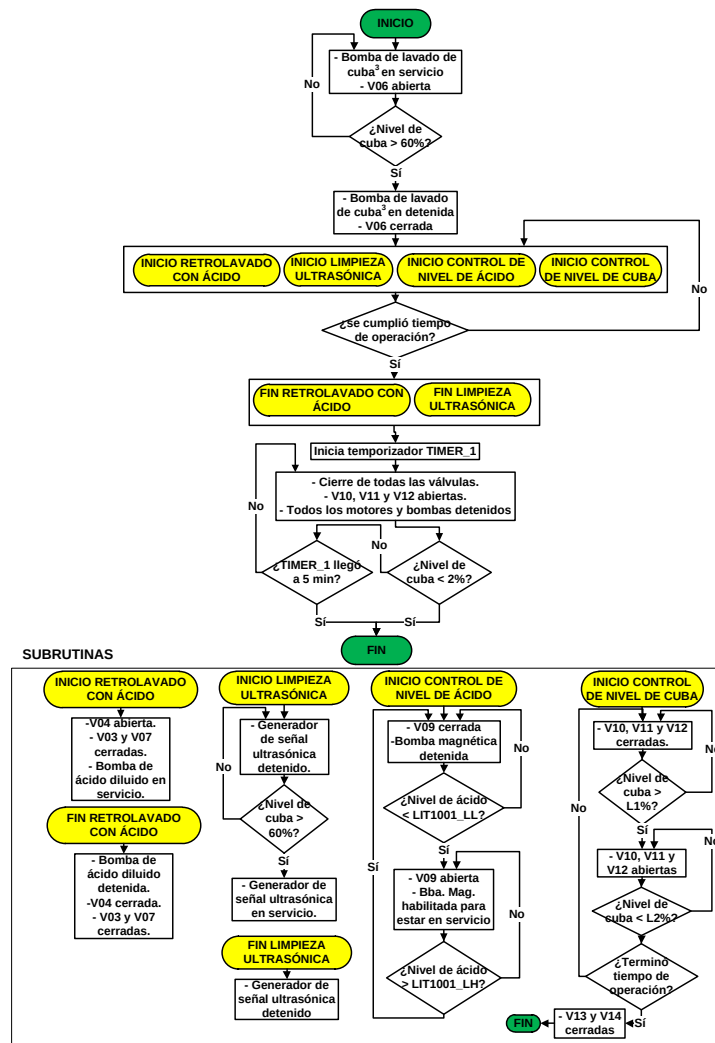


Figura 2.34: Diagrama de flujo de etapa de lavado combinado

³Actualmente, la bomba de lavado de cuba, sólo está disponible en el filtro cerámico 3. Los filtros 1 y 2 están conectados directamente a la red de agua de la planta.

2.3.7.4. Alarma

En cualquiera de los estados puede dispararse el estado “Alarma”, que señala algún hecho que requiere atención, pero que no es motivo de la detención del sistema. La pantalla mostrará el problema, pero no afectará su operación.

Este estado muestra al operador condiciones que no son un problema directo o inmediato, sin embargo, que podrían llegar a serlo.

2.3.7.5. Pausa

Estado activado por el operador, en el cual se decide detener el proceso de forma voluntaria. Las válvulas se ubican en su posición normal y se detienen todos las bombas y motores, excepto el motor del agitador.

Para pausar el sistema se debe presionar “Pausa” desde el panel de operación o el equipo portátil de operación. Para volver a operar se debe presionar “Reanudar”.

2.3.7.6. Alarma y Pausa

Estado de detención por enclavamiento (*interlock*). Se detiene el proceso debido a que existe una condición que se ha definido como crítica y que no permite el normal funcionamiento del sistema o que podría producir un peligro para la integridad física de los operadores o de la planta. En este estado se detienen todos los motores y bombas y se cierran todas las válvulas, excepto las de drenaje de cuba (V10, V11 y V12).

- Correa de descarga detenida

Esta falla afecta sólo a los filtros que se encuentren en etapa de “Filtrado”.

- Falla de bomba de lavado de cuba Esta falla afecta sólo a los filtros que se encuentren en etapa de “Filtrado”.
- Falla de bomba de vacío
- Falla de bomba de filtrado

-
- Falla de bomba de ácido diluido local (local)
 - Falla de bomba de ácido diluido de TK alimentador (en caso de)
 - Falla de variador de frecuencia de motor tambor
 - Falla de variador de frecuencia de motor agitador
 - Filtro de agua obstruido (presión diferencial mayor a 1 [bar] por más de 30 segundos)
 - Gas NO₂ sala TK ácido nítrico mayor a 2.4 [ppm]
 - Gas NO₂ zona cola correa 11 mayor a 2.4 [ppm]
 - Gas NO₂ zona filtro cerámico 3 mayor a 2.4 [ppm]
 - Turbiedad lado Saladillo mayor a 300 [FNU]
 - Turbiedad lado Río Blanco mayor a 300 [FNU]
 - Falla sistema de vacío
 - Falla sensor NO₂ Sala TK ácido nítrico
 - Falla sensor NO₂ zona cola correa 11
 - Falla sensor NO₂ zona filtro cerámico 3

2.3.7.7. Detenido

Posterior a un ciclo de operación completo (filtrado, lavado de cuba y lavado combinado), el sistema entra en la etapa de detención. El sistema se mantiene en modo de detención en la cual el sistema cesa su funcionamiento, pero se mantiene energizado esperando a que se de la partida nuevamente y así realizar otro ciclo de trabajo.

Además de hacerlo automáticamente al terminar el lavado combinado, el sistema

se puede detener desde el panel de operación o el equipo portátil de operación presionando el botón “Parar”.

2.3.7.8. Parada de emergencia

Es accionada tanto por el botón ubicado en las cercanías de los filtros como por botón en pantalla HMI de operador e inicia la secuencia de detención desenergizando motores y bombas y posicionando válvulas en su posición normal.

2.3.8. Lazos de Control

2.3.8.1. Harnero Delkor

- Para que el harnero pueda ponerse en servicio es necesario que la correa de transporte 11 se encuentre en servicio.
- En caso de que se active la señal “zero speed” y el harnero se encuentre en servicio, éste debe ser detenido.
- En caso de que se active la señal “desalineamiento” y el harnero se encuentre en servicio, éste debe ser detenido.

2.3.8.2. Sistema de filtrado de agua fresca

- El funcionamiento del filtro 1 y filtro 2 es manejado de manera independiente por el controlador. Una vez que se pone en servicio un filtro, éste se encontrará en filtrando hasta que:
 - Se cumpla la ventana de tiempo de operación estipulada en la programación para luego reiniciar una vez cumplido el tiempo de inactividad.
 - Alcance una presión diferencial superior a P_C [bar] determinada por la programación, volviendo a operar cuando se alcance una presión de $P_C - 1$ [bar].

-
- Una vez que se ha detenido por cumplimiento de tiempo, se da inicio a la operación de limpieza de filtro. En ésta el agua es eliminada a través de la línea de descarga del filtro durante el tiempo determinado por la programación.
 - Durante la operación del sistema, la válvula de alimentación del estanque debe abrir en el instante en que el nivel éste baje de 10 %; por otro lado, debe cerrar en caso de que el nivel sea superior a 90 %.

2.3.8.3. Cuba de pulpa

- Durante la etapa de filtración el nivel de la cuba es monitoreado por el controlador, manteniendo su valor dentro de un rango acotado por los niveles de control L_1 y L_2 mediante una comparación con histéresis. Esta actuación es realizada por las válvulas de entrada de pulpa (V13 y V14) y las válvulas de drenaje de cuba (V10, V11 y V12).
- Durante la etapa de lavado combinado y lavado de cuba, se produce control de nivel que interrumpe el suministro de agua entregada por la bomba de lavado de cuba y la válvula V06 cuando se alcanza un 60 % de capacidad.
- Durante la etapa de lavado combinado el nivel de la cuba es monitoreado por el controlador, manteniendo su valor dentro de un rango acotado por los niveles de control L_1 y L_2 mediante una comparación con histéresis con la variable de nivel. La cuba se llena lentamente por el liquido de retrolavado que brota desde el interior de las placas y es vaciada por las válvulas de drenaje de cuba (V10, V11 y V12).

2.3.8.4. Sistema de filtrado

- Durante la etapa de filtración el nivel del estanque de filtrado se mantiene constante mediante un controlador PID; a medida que el estanque de filtrado

se va llenando la válvula V07 se mantiene cerrada hasta que se alcance un nivel de 50 % (set point), luego el controlador modula el movimiento de la válvula abriendo si el nivel sube y cerrando si es que este baja, manteniendo un nivel estable en el interior del estanque. Como consecuencia de esto se tiene un flujo estable y una presión de retrolavado óptima.

Tabla 2.25: Parámetros de Controlador PID para nivel de estanque de filtrado

Parámetro	Valor
setpoint	50 %
K_P	1.0
K_I	0.0009[1/s]
K_D	2.0[s]
CV Low Limit	7 %
CV High Limit	50 %
Banda Muerta	2.5 %

Cabe señalar que si se encuentra una turbiedad superior a 300[FNU] (indicador de ruptura de alguna placa cerámica) por más de un minuto se activa la alarma de turbiedad, la válvula V07 se abre completamente, la válvula V03 se cierra y la válvula V04 se abre. De esta forma se expulsa el agua con impurezas y se hace retrolavado con la red de agua fresca. Luego, si la turbiedad es inferior a 100[FNU] por más de 20 segundos la alarma desactiva, la válvula V04 se cierra, la válvula V03 se abre y la válvula V07 comienza a modular nuevamente.

2.3.8.5. Sistema de lavado con ácido

- El nivel de ácido diluido en los estanques locales es monitoreado en todo momento por el controlador, manteniendo su valor dentro de un rango aco-

tado por los niveles de control LL y LH . Esta actuación es realizada por la válvula de entrada de ácido diluido V09 y la bomba magnética; el nivel se mantiene en un rango acotado gracias a una actuación controlada por una comparación con histéresis entre los valores LL y LH y el nivel promedio entre las mediciones de los estanques locales de filtros 1 y 2.

Cuando se dispare la partida de la bomba magnética, el operador deberá elegir cuál de las dos bombas disponibles se va a utilizar.

2.3.9. Cuadro de alarmas y fallas

2.3.9.1. Alarmas y fallas que detienen el funcionamiento del sistema

- Alarma por correa de descarga detenida
- Alarma por parada de emergencia activada
- Alarma por falla de bomba de lavado de cuba
- Alarma por falla de bomba de vacío
- Alarma por falla de bomba de filtrado
- Alarma por falla de bomba de ácido diluido
- Alarma por falla de variador de frecuencia de motor tambor
- Alarma por falla de variador de frecuencia de motor agitador
- Alarma por falla de bomba de ácido concentrado
- Alarma por filtro de agua obstruido, presión diferencial mayor a 1[Bar]
- Alarma gas NO_2 sala TK ácido nítrico mayor a 2.4[ppm]
- Alarma gas NO_2 zona cola correa 11 mayor a 2.4[ppm]
- Alarma gas NO_2 zona filtro cerámico 3 mayor a 2.4[ppm]

-
- Alarma por turbiedad lado Saladillo mayor a 300[FNU]
 - Alarma por turbiedad lado Río Blanco mayor a 300[FNU]
 - Alarma por falla sistema de vacío
 - Falla sensor NO₂ Sala TK ácido nítrico
 - Falla sensor NO₂ zona cola correa 11
 - Falla sensor NO₂ zona filtro cerámico 3

2.3.9.2. Alarmas no críticas

- Alarma por nivel alto estanque ácido diluido
- Alarma por nivel alto estanque de filtrado
- Alarma por baja presión de agua de retrolavado
- Alarma por alta presión de agua de retrolavado
- Alarma por nivel bajo estanque de ácido diluido

Glosario

- V01: Válvula de succión
- V02: Válvula de secado
- V03: Válvula de circulación
- V04: Válvula de agua de retrolavado
- V05: Válvula de lavado de colector de drenaje
- V06: Válvula de lavado de cuba
- V07: Válvula de descarga de filtrado

-
- V09: Válvula de ácido nítrico diluido
 - V10, V11, V12: Válvula de drenaje de cuba
 - V13, V14: Válvula de entrada de pulpa a la cuba
 - LIT101: Transmisor de Indicador de nivel de estanque de ácido diluido local
 - LIT102: Transmisor de Indicador de nivel de estanque de filtrado
 - LIT103: Transmisor de Indicador de nivel de llenado de cuba
 - LIT001: Transmisor de Indicador de nivel de ácido diluido de estanque alimentador
 - PIT101: Transmisor de Indicador de presión de vacío en estanque de filtrado
 - PIT102: Transmisor de Indicador de presión de agua de retrolavado
 - PDIT101: Transmisor de Indicador de presión diferencial de filtros de agua de retrolavado
 - FIT0201: Transmisor de Indicador de flujo de agua fresca a filtros cerámicos
 - AIT101: Transmisor de Indicador de turbiedad de estanque de filtrado lado Río Blanco
 - AIT102: Transmisor de Indicador de turbiedad de estanque de filtrado lado Saladillo
 - AIT001: Transmisor de Indicador de concentración de gas NO₂ sector TK alimentador de ácido nítrico
 - AIT002: Transmisor de Indicador de concentración de gas NO₂ sector cola correa 11
 - AIT003: Transmisor de Indicador de concentración de gas NO₂ sector filtro cerámico 3

2.3.10. P & ID de filtro cerámico

El plano P & ID se encuentra disponible en la sección **Anexo E**.

2.3.11. Propuesta de pantallas HMI

Las imágenes de muestra de la propuesta inicial de pantallas HMI se encuentran disponibles en la sección **Anexo D**.

2.3.12. Listado de entradas y salidas del sistema

Por la extensión del texto que contiene el listado de señales de entrada y salida, éste se encuentra disponible en la sección **Anexo C**.

Capítulo 3

Implementación del nuevo sistema

Dentro del proceso de migración del sistema de control actual al sistema de control distribuido DeltaV, se establecen 9 etapas desde el inicio del proyecto hasta su recepción final y puesta en marcha definitiva. A continuación se muestra un gráfico explicativo de este proceso para posteriormente describir cada etapa con un mayor grado de detalle:



Figura 3.1: Etapas del proceso de modernización

3.1. Planificación

A continuación se presenta la planificación de las distintas tareas a realizar durante la ejecución del proyecto:

- Levantamiento de información
- Generación de filosofía de control y P&ID de la planta
 - Revisión
 - Corrección
 - Aprobación
- Entrega de información a empresa ejecutora de migración
 - Adquisición de hardware e insumos necesarios
 - Programación de Sistema
 - Soporte y cooperación para resolución de dudas
- Preparación planta
 - Construcción de sala eléctrica
 - Instalación de cableado de fuerza, instrumentación y líneas de comunicación
 - Montaje de hardware en sala eléctrica
- Puesta en funcionamiento y marcha blanca

3.1.1. Levantamiento de información

Durante esta etapa, se busca comprender a cabalidad el funcionamiento de la planta y de todos los componentes que la conforman. Con este fin, se hace necesario permanecer un periodo de un mes como operador de la planta de filtros cerámicos. Durante este tiempo se observan los filtros en marcha, rangos de operación de variables del sistema, lazos de control implementados, niveles de alarma para distintos parámetros de funcionamiento y además se recibe valiosa retroalimentación de los operadores más experimentados con respecto a posibles mejoras que se podrían incorporar.

3.1.2. Generación de filosofía de Control

A partir de la información obtenida en la etapa anterior, bosquejos realizados en la planta y la programación actual obtenida desde la sala de ingeniería, se procede a desarrollar este documento. En él se encuentran la información acerca de todos los dispositivos de instrumentación y lazos de control asociados al funcionamiento de los filtros cerámicos.

Considerando la filosofía de control propuesta presentada en el segundo capítulo, las señales con las que actualmente se hace el control de la planta, el plano provisto por el P & ID y la propuesta inicial de las pantallas HMI, después de ser revisado y aprobado por personal de Codelco Andina, se procede a hacer entrega de la información a personal de INECO (empresa encargada de llevar a cabo la migración).

3.1.3. Entrega de información a empresa ejecutora de migración

Para llevar a cabo la migración, primero es necesario conocer las necesidades de señales de I/O y de comunicación específicas de la planta. Esta información se

discute en reuniones sostenidas con personal de INECO (empresa encargada de llevar a cabo migración) y a través de la filosofía de control y P& ID mencionados en el punto anterior. Teniendo en cuenta esto, se puede proceder a la adquisición del hardware necesario y a la programación del sistema. En todo momento durante esta etapa, el alumno presta soporte telefónico constante para resolución de dudas referentes a la programación propuesta y a modificaciones de último minuto.

Una vez terminados los procesos de compra y programación, INECO recibe a una comisión conformada por el alumno y el Sr. Cristian Uribe, quienes realizan las denominadas pruebas FAT y CAT en oficinas de la empresa. Los resultados se muestran a continuación:

3.1.3.1. Pruebas FAT

El término FAT (*Factory Acceptance Test* o Prueba de aceptación de fábrica) se refiere al protocolo de pruebas conducido por el cliente (Codelco División Andina) para determinar si los requerimientos técnicos solicitados con respecto al Hardware han sido cumplidos de manera total por la contraparte (INECO S.p.A.). Estas pruebas son realizadas en las instalaciones de INECO los días 10 y 11 de septiembre de 2013 bajo el documento pauta EF0001-4712P_FAT_001 denominado “Protocolo de pruebas FAT Gabinete Controlador” y EF0001-4712P_FAT_002 denominado “Protocolo de pruebas FAT Gabinete de I/O Charm”. Ambos protocolos fueron confeccionados por INECO y posteriormente aprobados para uso por Codelco.

A continuación se presentan los resultados:

Gabinete Controlador

■ Chequeo de equipo

Ítem	Descripción del chequeo	Estado de aprobación		
		Sí	No	Observación
1.0	Mecánica			
1.1	Estado original de la pintura	✓		
1.2	Estado de cubiertas (tapa superior, laterales, etc.)	✓		
1.3	Estado de puertas	✓		
1.4	Estado de chapas	✓		
1.5	Estado de puerta frontal u otra	✓		
1.6	Fijación de placa de montaje	✓		
1.7	Estado de zócalo	✓		
1.8	Cáncamos de izamiento	✓		
1.9	Disposición de canaletas ranuradas, simetría y corte	✓		
1.10	Disposición, terminación cortes, simetría y corte	✓		
1.11	Fijación barra tierra y shield	✓		
2.0	Componentes	Sí	No	Observación
2.1	Cantidad y disposición de enchufes	✓		
2.2	Cantidad y disposición de equipos según plano	✓		Se debe retirar tarjeta de expansión de plano
2.3	Cantidad de automáticos según plano	✓		
2.4	Cantidad y disposición de bornes porta fusibles según planos	✓		
2.5	Adherencia de la placa de montaje de equipos y componentes	✓		Identificación errónea. Modificar

Ítem	Descripción del chequeo	Estado de aprobación		
		Sí	No	Observación
3.0	Identificación			
3.1	Placa de identificación tag del gabinete	✓		Debe decir “4321-CTRL-01”
3.2	Verificación de textos de identificación al interior del gabinete	✓		
3.3	Identificación de tarjetas de entrada y salida			N/A
3.4	Identificación en bornes y porta fusibles de conexión	✓		
3.5	Identificación en ambos extremos del cable de conexionado	✓		
4.0	Cableado	Sí	No	Observación
4.1	Llenado de canaleta (%)	✓		30 % utilizado
4.2	Orden y ruteo de cables en canaletas	✓		
4.3	Verificación calibre y colores de cables de alimentación	✓		
4.4	Verificación calibre y colores de cables de control	✓		
4.5	Apriete de cables en bornes de equipos	✓		
4.6	Apriete de cables en bornes y bornes porta fusibles	✓		
4.7	Apriete de terminales punta y argolla	✓		
4.8	Conexión cable de tierra a puertas y tapas del gabinete	✓		

Ítem	Descripción del chequeo	Estado de aprobación		
		Sí	No	Observación
5.0	Funcionamiento eléctrico			
5.1	Alambrado de fuerza y control según plano de alambrado	✓		
5.2	Continuidad de fase según plano de alambrado	✓		
5.3	Continuidad de neutro según plano de alambrado	✓		
5.4	Continuidad de tierra de protección	✓		
5.5	Verificación diferencia de potencial L-N-T	✓		
5.6	Verificación de bornes puenteados	✓		
5.7	Verificación de tensión de entrada y salida en fuentes de alimentación	✓		
5.8	Verificación de tensión salida fuentes de poder de 24[V]	✓		
5.9	Verificación de redundancias en fuentes de alimentación	✓		
5.10	Verificación de capacidad de fusibles y automáticos	✓		
5.11	Verificación de alimentación en equipos	✓		
5.12	Verificación de puentes en tarjetas de entradas y salidas			N/A
5.13	Verificación de conexiones de sistema adaptado para tierra de protección	✓		
5.14	Verificación de shields de tierra que estén conectados	✓		

Test ítem	Comentarios/Discrepancias
Revisión del <i>layout</i> en conformidad con el diseño, según ingeniería emitida	En términos generales la disposición de equipos se ajusta a los planos en Rev.0. Se debe eliminar conector de expansión al emitir plano actualizado Rev.1.

■ **Cómputo de materiales del gabinete**

Modelo	Descripción	Cantidad		Discrepancias
		Ing.	Inst.	
82065500	Gabinete DeltaV 12000x2000x600mm	1	1	ok
SE3006	SD Plus Controller	2	2	ok
SE5009	System Power Supply, 24VDC Input	3	3	ok
SE3051C0	2-Wide Power/Controller Carrier	3	3	ok
SE4050E0C0	8-Wide I/O Interface Carrier	1	1	ok
SE4023	Virtual I/O Module; S- Series	1	1	ok
SE6101	Carrier Blank Cap para S- Series Carrier	7	7	ok
QUINT-PS /1AC/24DC/20	Fuente de poder Phoenix Contact 24[V] DC 20[A]	2	2	ok
QUINT-ORING /24DC/2X20/1X40	Módulo de redundancia acti- va Phoenix Contact	1	1	ok
RS900G	Switch para montaje en riel DIN RuggedCom	2	2	ok
SE4022	Simplex Profibus DP I/O	1	1	ok

■ Checklist Tarjetas

Controlador	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
4321-CTRL-01	Simplex Profibus DP I/O Interface with Termination Block	1	ok

■ Observaciones generales

Se admite alimentación 24[V] DC disponible al interior de canaleta para posible alimentación a switch de comunicaciones 1 y 2 (con alimentación de 110[V] AC) en caso de falla de éstos, se pueda conectar switch con cualquiera de las antes mencionadas tensiones. Para el switch 1 está asignado el fusible 9, mientras que para el switch 2 se dispone del fusible 10.

■ Chequeo de señales

Controlador	Tipo Tarjeta	Puerto /Ch.	Status Tarjeta	Status Professional Plus	Observaciones
4321-CTRL-01	PB	1	ok	ok	
4321-CTRL-01	VIM	1	ok	ok	

■ Discrepancias de pruebas FAT / Acción Correctiva

Discrepancia:

No se observan discrepancias

Acción correctiva:

No aplica

Gabinete I/O Charm

■ Chequeo de equipo

Ítem	Descripción del chequeo	Estado de aprobación		
		Sí	No	Observación
1.0	Mecánica			
1.1	Estado original de la pintura	✓		
1.2	Estado de cubiertas (tapa superior, laterales, etc.)	✓		
1.3	Estado de puertas	✓		
1.4	Estado de chapas	✓		
1.5	Estado de puerta frontal u otra	✓		
1.6	Fijación de placa de montaje	✓		
1.7	Estado de zócalo	✓		
1.8	Cáncamos de izamiento	✓		
1.9	Disposición de canaletas ranuradas, simetría y corte	✓		
1.10	Disposición, terminación cortes, simetría y corte	✓		
1.11	Fijación barra tierra y shield	✓		
2.0	Componentes	Sí	No	Observación
2.1	Cantidad y disposición de enchufes			No aplica
2.2	Cantidad y disposición de equipos según plano	✓		
2.3	Cantidad de automáticos según plano			Actualizar plano
2.4	Cantidad y disposición de bornes porta fusibles según planos	✓		
2.5	Adherencia de la placa de montaje de equipos y componentes	✓		

Ítem	Descripción del chequeo	Estado de aprobación		
		Sí	No	Observación
3.0	Identificación			
3.1	Placa de identificación tag del gabinete			No definido por cliente
3.2	Verificación de textos de identificación al interior del gabinete	✓		
3.3	Identificación de tarjetas de entrada y salida	✓		
3.4	Identificación en bornes y porta fusibles de conexión	✓		
3.5	Identificación en ambos extremos del cable de conexionado	✓		
4.0	Cableado	Sí	No	Observación
4.1	Llenado de canaleta (%)	✓		40 %
4.2	Orden y ruteo de cables en canaletas	✓		
4.3	Verificación calibre y colores de cables de alimentación	✓		
4.4	Verificación calibre y colores de cables de control	✓		
4.5	Apriete de cables en bornes de equipos	✓		
4.6	Apriete de cables en bornes y bornes porta fusibles	✓		
4.7	Apriete de terminales punta y argolla	✓		
4.8	Conexión cable de tierra a puertas y tapas del gabinete	✓		

Ítem	Descripción del chequeo	Estado de aprobación		
		Sí	No	Observación
5.0	Funcionamiento eléctrico			
5.1	Alambrado de fuerza y control según plano de alambrado	✓		
5.2	Continuidad de fase según plano de alambrado	✓		
5.3	Continuidad de neutro según plano de alambrado	✓		
5.4	Continuidad de tierra de protección	✓		
5.5	Verificación diferencia de potencial L-N-T			No se registra
5.6	Verificación de bornes puenteados	✓		
5.7	Verificación de tensión de entrada y salida en fuentes de alimentación	✓		
5.8	Verificación de tensión salida fuentes de poder de 24[V]	✓		
5.9	Verificación de redundancias en fuentes de alimentación	✓		
5.10	Verificación de capacidad de fusibles y automáticos	✓		Actualizar plano
5.11	Verificación de alimentación en equipos	✓		
5.12	Verificación de puentes en tarjetas de entradas y salidas			N/A
5.13	Verificación de conexiones de sistema adaptado para tierra de protección	✓		
5.14	Verificación de shields de tierra que estén conectados	✓		

Test ítem	Comentarios/Discrepancias
Revisión del <i>layout</i> en conformidad con el diseño, según ingeniería emitida	En términos generales la disposición de equipos se ajusta a los planos en Rev.0. Se debe eliminar conector de expansión al emitir plano actualizado Rev.1.

■ **Cómputo de materiales del gabinete**

Modelo	Descripción	Cantidad		Discrepancias
		Ing.	Inst.	
2x82065500	Gabinete DeltaV 2400x2000x600mm	1	1	ok
SE6501T01	Redundant CHARM I/O card assembly	3	3	ok
SE4601T07	CHARM baseplate assembly with standard CHARM ter- minal blocks	21	21	ok
SE4604T04	CHARM baseplate termina- tor	3	3	ok
SE4303T01	Analog input CHARM 4- 20[mA] HART	48	48	ok
SE4304T01	Analog output CHARM 4- 20[mA] HART	24	24	ok
SE4301T03	Discrete input CHARM 120[V] AC isolated	72	72	ok
SE4302T51	Discrete output CHARM 24[V] DC high side with in- tegral relay terminal block	96	96	ok
QUINT-PS /1AC/24DC/20	Fuente de poder Phoenix Contact 24[V] DC 20[A]	2	2	ok
QUINT-ORING /24DC/2X20/1X40	Módulo de redundancia acti- va Phoenix Contac	1	1	ok

■ **Checklist Tarjetas y chequeo de señales**

CHARM	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
IO Filtro 1	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-01	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-02	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-03	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-04	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-05	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-06	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-07	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-08	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-09	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-10	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-11	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-12	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-01	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-02	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-03	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-04	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-05	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-06	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-07	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-08	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-09	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-10	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-11	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-12	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-01	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-02	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-03	✓

CHARM	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
IO Filtro 1	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-04	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-05	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-06	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-07	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-08	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-09	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-10	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-11	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-12	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-01	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-02	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-03	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-04	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-05	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-06	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-07	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-08	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-09	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-10	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-11	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-12	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-01	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-02	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-03	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-04	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-05	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-06	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-07	✓

CHARM	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
IO Filtro 1	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-08	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-09	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-10	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-11	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-12	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-01	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-02	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-03	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-04	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-05	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-06	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-07	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-08	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-09	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-10	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-11	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-12	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-01	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-02	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-03	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-04	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-05	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-06	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-07	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-08	✓

CHARM	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
IO Filtro 2	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-01	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-02	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-03	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-04	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-05	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-06	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-07	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-08	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-09	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-10	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-11	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-12	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-01	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-02	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-03	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-04	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-05	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-06	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-07	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-08	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-09	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-10	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-11	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-12	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-01	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-02	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-03	✓

CHARM	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
IO Filtro 2	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-04	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-05	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-06	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-07	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-08	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-09	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-10	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-11	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-12	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-01	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-02	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-03	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-04	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-05	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-06	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-07	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-08	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-09	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-10	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-11	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-12	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-01	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-02	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-03	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-04	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-05	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-06	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-07	✓

CHARM	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
IO Filtro 2	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-08	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-09	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-10	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-11	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-12	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-01	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-02	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-03	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-04	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-05	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-06	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-07	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-08	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-09	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-10	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-11	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-12	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-01	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-02	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-03	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-04	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-05	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-06	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-07	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-08	✓

CHARM	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
IO Filtro 3	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-01	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-02	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-03	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-04	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-05	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-06	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-07	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-08	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-09	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-10	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-11	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM1-12	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-01	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-02	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-03	✓
	AI_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-04	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-05	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-06	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-07	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-08	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-09	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-10	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-11	✓
	AO_4-20MA_HART_CHARM	CHM2-12	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-01	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-02	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-03	✓

CHARM	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
IO Filtro 3	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-04	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-05	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-06	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-07	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-08	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-09	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-10	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-11	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM3-12	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-01	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-02	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-03	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-04	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-05	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-06	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-07	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-08	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-09	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-10	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-11	✓
	DI_120VAC_ISOLATED_CHARM	CHM4-12	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-01	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-02	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-03	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-04	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-05	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-06	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-07	✓

CHARM	Tipo tarjeta	Slot	Observaciones
IO Filtro 3	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-08	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-09	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-10	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-11	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM5-12	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-01	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-02	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-03	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-04	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-05	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-06	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-07	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-08	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-09	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-10	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-11	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM6-12	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-01	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-02	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-03	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-04	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-05	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-06	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-07	✓
	DO_24VDC_HIGH-SIDE_CHARM	CHM7-08	✓

- **Observaciones generales**

No se emiten observaciones.

- **Discrepancias de pruebas FAT / Acción Correctiva**

Discrepancia:
Se observan discrepancias
Acción correctiva:
No aplica

3.1.3.2. Pruebas CAT

Propósito de este documento EL objetivo del presente documento es definir criterio y procedimientos a ser utilizados durante las pruebas de configuración (CAT) del proyecto. Este documento deberá ser observado y aceptado por el cliente con anterioridad al inicio de las pruebas. Adicionalmente se incluyen formularios de aceptación y observaciones para que sean utilizados a modo de actas durante las pruebas.

En particular se verifican los siguientes ítemes:

- Configuración de la interfaz de operación
- Configuración de las lógicas de control y monitoreo del sistema
- Conectividad con sistemas de terceros

Documentos a utilizar Para realizar las pruebas CAT se consideran los siguientes documentos de ingeniería:

1. Listado de entrada/salida de sistema. Esto debe contemplar niveles de alarma, unidades de ingeniería.
2. Reporte de integración del hardware del sistema.

-
3. Diagrama de proceso, instrumentación y control (P&ID).
 4. Diagramas y esquemas de pantallas de operación.
 5. Diagramas lógicos o filosofía de control.
 6. Diagramas o tablas de enclavamientos.
 7. Mapa de memoria de equipos de terceros.

Procedimiento

1. Verificación de listado de entradas/salidas

Se verifica la configuración de los I/O dentro del sistema, comparando con el listado de entradas y salida de ingeniería y con el reporte resumen del hardware integrado para cada controlador.

2. Verificación de la interfaz de operación

La interfaz de operación abarca una parte importante de la configuración y se pretende probarla en su totalidad.

Se revisarán los siguientes temas:

- Verificación de pantallas: cantidad y correspondencia con el proceso.
- Navegación.
- Funcionalidad de gráficos “faceplates” y “detail”.
- Funcionalidad de barra de menú y anunciador “banner” de alarmas.
- Pantalla de resumen de alarmas.

Para verificar y acordar el chequeo de estos puntos, se procede a remarcar la documentación de ingeniería utilizada para configuración.

3. Lógicas de Control

Se revisa cada lazo de control. Para esto se considera la documentación de

ingeniería y se verifica que la configuración en el sistema de control cumpla los requerimientos específicos diseñados. cada lazo es completamente probado desde el sistema y se aprueba su funcionamiento remarcando la documentación correspondiente.

4. Enclavamientos

Se revisan los enclavamientos asociados a controles análogos y controles discretos. Para ello se utilizan los diagramas de enclavamientos (interlock) correspondientes y se verifica su operación forzando valores que reflejen condiciones de campo.

5. Secuencias

Se considera la verificación de las secuencias establecidas en la lógica de control desarrollada por ingeniería o la filosofía de control diseñada para ejecutar estas condiciones.

Cada secuencia se verifica con las condiciones establecidas en el diseño y se fuerzan señales y condiciones de operación del proceso de tal forma de verificar su correcto funcionamiento.

6. Verificación de mapas de terceros

Para verificar los enlaces con equipos de terceros, se supondrá que el proceso de conectividad a nivel de capa física y de protocolo (parámetros de comunicación) ya ha sido efectuado.

La verificación de los mapas de memoria se realiza interconectando el sistema de control con el sistema de terceros y verificando el intercambio de registros previamente definidos. Se contempla la validación tanto de los registros a intercambiar como de los valores que poseen los registros en prueba.

CAT Controlador Filtros Cerámicos

- Verificación de registro de FAT de hardware con I/O de base de datos

	Status
Configuración I/O Filtro Cerámico 1	✓
Configuración I/O Filtro Cerámico 2	✓
Configuración I/O Filtro Cerámico 3	✓

- Verificación de contenidos de gráficos de pantallas de operación

	Status
Pantalla Andina_View	✓
Pantalla Andina_filtro1	✓
Pantalla Andina_filtro2	✓
Pantalla Andina_filtro3	✓
Pantalla Andina_Mant1	✓
Pantalla Andina_Mant2	✓
Pantalla Andina_Mant3	✓
Pantalla Andina_Falla1	✓
Pantalla Andina_Falla2	✓
Pantalla Andina_Falla3	✓

■ **Verificación de señales de entrada en pantallas de operación, faceplate y detail**

Filtro 1	Status
- Nivel de estanque alimentador de ácido 4321_LI_001. - Faceplate. - Detail.	✓
- Nivel de estanque ácido diluido 4321_LI_101. - Faceplate. - Detail. - Alarma bajo nivel.	✓
- Nivel de estanque de filtrado 4321_LI_102. - Faceplate. - Detail. - Alarma alto nivel.	✓
- Nivel de cuba de pulpa 4321_LI_103.	✓
- Presión diferencial 4321_PDI_101. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta presión.	✓
- Presión de vacío 4321_PI_101. - Faceplate. - Detail. - Alarma baja presión de vacío.	✓
- Presión de retrolavado 4321_PI_102. - Faceplate. - Detail. - Alarma por baja y alta presión.	✓

- Flujo de agua fresca 4321_FI.001. - Faceplate. - Detail.	✓
- Turbiedad lado Río Blanco 4321_AI.101. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta turbiedad.	✓
- Turbiedad lado Saladillo 4321_AI.102. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta turbiedad.	✓
- Concentración gas NO₂ TK ácido nítrico 4321_AI.103. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta concentración.	✓
- Concentración gas NO₂ cola correa 11 4321_AI.104. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta concentración.	✓
- Concentración gas NO₂ filtro cerámico 3 4321_AI.105. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta concentración.	✓

Filtro 2	Status
- Nivel de estanque alimentador de ácido 4321_LI_001. - Faceplate. - Detail.	✓
- Nivel de estanque ácido diluido 4321_LI_101. - Faceplate. - Detail. - Alarma bajo nivel.	✓
- Nivel de estanque de filtrado 4321_LI_102. - Faceplate. - Detail. - Alarma alto nivel.	✓
- Nivel de cuba de pulpa 4321_LI_103.	✓
- Presión diferencial 4321_PDI_101. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta presión.	✓
- Presión de vacío 4321_PI_101. - Faceplate. - Detail. - Alarma baja presión de vacío.	✓
- Presión de retrolavado 4321_PI_102. - Faceplate. - Detail. - Alarma por baja y alta presión.	✓

- Flujo de agua fresca 4321_FI.001. - Faceplate. - Detail.	✓
- Turbiedad lado Río Blanco 4321_AI.101. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta turbiedad.	✓
- Turbiedad lado Saladillo 4321_AI.102. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta turbiedad.	✓
- Concentración gas NO₂ TK ácido nítrico 4321_AI.103. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta concentración.	✓
- Concentración gas NO₂ cola correa 11 4321_AI.104. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta concentración.	✓
- Concentración gas NO₂ filtro cerámico 3 4321_AI.105. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta concentración.	✓

Filtro 3	Status
- Nivel de estanque alimentador de ácido 4321_LI_001. - Faceplate. - Detail.	✓
- Nivel de estanque ácido diluido 4321_LI_101. - Faceplate. - Detail. - Alarma bajo nivel.	✓
- Nivel de estanque de filtrado 4321_LI_102. - Faceplate. - Detail. - Alarma alto nivel.	✓
- Nivel de cuba de pulpa 4321_LI_103.	✓
- Presión diferencial 4321_PDI_101. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta presión.	✓
- Presión de vacío 4321_PI_101. - Faceplate. - Detail. - Alarma baja presión de vacío.	✓
- Presión de retrolavado 4321_PI_102. - Faceplate. - Detail. - Alarma por baja y alta presión.	✓

- Flujo de agua fresca 4321_FI.001. - Faceplate. - Detail.	✓
- Turbiedad lado Río Blanco 4321_AI.101. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta turbiedad.	✓
- Turbiedad lado Saladillo 4321_AI.102. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta turbiedad.	✓
- Concentración gas NO₂ TK ácido nítrico 4321_AI.103. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta concentración.	✓
- Concentración gas NO₂ cola correa 11 4321_AI.104. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta concentración.	✓
- Concentración gas NO₂ filtro cerámico 3 4321_AI.105. - Faceplate. - Detail. - Alarma alta concentración.	✓

■ Verificación de variables típicas de motores

Filtro 1	Comandos	Condición
	Partir/parar bomba lavado de cuba 4321_M.101	✓
	Partir/parar bomba de vacío 4321_M.102	✓
	Partir/parar bomba de filtrado 4321_M.103	✓
	Partir/parar bomba de ácido diluido 4321_M.104	✓
	Partir/parar generador de ultrasonido 4321_M.105	✓
	Partir/parar motor tambor 4321_M.106	✓
	Partir/parar motor agitador de cuba 4321_M.108	✓
	Partir/parar bomba magnética 1 4321_M.001	✓
	Partir/parar bomba magnética 2 4321_M.002	✓
	Abrir/cerrar válvula de salida de pulpa 4321_HV.101	✓
	Abrir/cerrar válvula de ácido diluido 4321_HV.102	✓
	Abrir/cerrar válvula de secado 4321_HV.103	✓
	Abrir/cerrar válvula de succión 4321_HV.104	✓
	Abrir/cerrar válvula de lavado de cuba 4321_HV.105	✓
	Abrir/cerrar válvula de lavado colector drenaje 4321_HV.106	✓
	Abrir/cerrar válvula de recirculación 4321_HV.107	✓
	Abrir/cerrar válvula de retrolavado 4321_HV.108	✓
	Abrir/cerrar válvula de entrada de pulpa 4321_HV.110	✓
	Status	Condición
	Status bomba lavado de cuba 4321_M.101	✓
	Status bomba de vacío 4321_M.102	✓
	Status bomba de filtrado 4321_M.103	✓
	Status bomba de ácido diluido 4321_M.104	✓
	Status generador de ultrasonido 4321_M.105	✓
	Status motor tambor 4321_M.106	✓
	Status motor agitador de cuba 4321_M.108	✓

Filtro 1	Status bomba magnética 1 4321_M_001	✓
	Status bomba magnética 2 4321_M_002	✓
	Falla	Condición
	Falla bomba lavado de cuba 4321_M_101	✓
	Falla bomba de vacío 4321_M_102	✓
	Falla bomba de filtrado 4321_M_103	✓
	Falla bomba de ácido diluido 4321_M_104	✓
	Falla generador de ultrasonido 4321_M_105	✓
	Falla motor tambor 4321_M_106	✓
	Falla motor agitador 4321_M_108	✓

Filtro 2	Comandos	Condición
	Partir/parar bomba lavado de cuba 4321_M.101	✓
	Partir/parar bomba de vacío 4321_M.102	✓
	Partir/parar bomba de filtrado 4321_M.103	✓
	Partir/parar bomba de ácido diluido 4321_M.104	✓
	Partir/parar generador de ultrasonido 4321_M.105	✓
	Partir/parar motor tambor 4321_M.106	✓
	Partir/parar motor agitador de cuba 4321_M.108	✓
	Partir/parar bomba magnética 1 4321_M.001	✓
	Partir/parar bomba magnética 2 4321_M.002	✓
	Abrir/cerrar válvula de salida de pulpa 4321_HV.101	✓
	Abrir/cerrar válvula de ácido diluido 4321_HV.102	✓
	Abrir/cerrar válvula de secado 4321_HV.103	✓
	Abrir/cerrar válvula de succión 4321_HV.104	✓
	Abrir/cerrar válvula de lavado de cuba 4321_HV.105	✓
	Abrir/cerrar válvula de lavado colector drenaje 4321_HV.106	✓
	Abrir/cerrar válvula de recirculación 4321_HV.107	✓
	Abrir/cerrar válvula de retrolavado 4321_HV.108	✓
	Abrir/cerrar válvula de entrada de pulpa 4321_HV.110	✓
	Status	Condición
	Status bomba lavado de cuba 4321_M.101	✓
	Status bomba de vacío 4321_M.102	✓
	Status bomba de filtrado 4321_M.103	✓
	Status bomba de ácido diluido 4321_M.104	✓
	Status generador de ultrasonido 4321_M.105	✓
	Status motor tambor 4321_M.106	✓
	Status motor agitador de cuba 4321_M.108	✓

Filtro 2	Status bomba magnética 1 4321_M_001	✓
	Status bomba magnética 2 4321_M_002	✓
	Falla	Condición
	Falla bomba lavado de cuba 4321_M_101	✓
	Falla bomba de vacío 4321_M_102	✓
	Falla bomba de filtrado 4321_M_103	✓
	Falla bomba de ácido diluido 4321_M_104	✓
	Falla generador de ultrasonido 4321_M_105	✓
	Falla motor tambor 4321_M_106	✓
	Falla motor agitador 4321_M_108	✓

Filtro 3	Comandos	Condición
	Partir/parar bomba lavado de cuba 4321_M.101	✓
	Partir/parar bomba de vacío 4321_M.102	✓
	Partir/parar bomba de filtrado 4321_M.103	✓
	Partir/parar bomba de ácido diluido 4321_M.104	✓
	Partir/parar generador de ultrasonido 4321_M.105	✓
	Partir/parar motor tambor 4321_M.106	✓
	Partir/parar motor agitador de cuba 4321_M.108	✓
	Partir/parar bomba magnética 1 4321_M.001	✓
	Partir/parar bomba magnética 2 4321_M.002	✓
	Abrir/cerrar válvula de salida de pulpa 4321_HV.101	✓
	Abrir/cerrar válvula de ácido diluido 4321_HV.102	✓
	Abrir/cerrar válvula de secado 4321_HV.103	✓
	Abrir/cerrar válvula de succión 4321_HV.104	✓
	Abrir/cerrar válvula de lavado de cuba 4321_HV.105	✓
	Abrir/cerrar válvula de lavado colector drenaje 4321_HV.106	✓
	Abrir/cerrar válvula de recirculación 4321_HV.107	✓
	Abrir/cerrar válvula de retrolavado 4321_HV.108	✓
	Abrir/cerrar válvula de entrada de pulpa 4321_HV.110	✓
	Status	Condición
	Status bomba lavado de cuba 4321_M.101	✓
	Status bomba de vacío 4321_M.102	✓
	Status bomba de filtrado 4321_M.103	✓
	Status bomba de ácido diluido 4321_M.104	✓
	Status generador de ultrasonido 4321_M.105	✓
	Status motor tambor 4321_M.106	✓
	Status motor agitador de cuba 4321_M.108	✓

Filtro 3	Status bomba magnética 1 4321_M_001	✓
	Status bomba magnética 2 4321_M_002	✓
	Falla	Condición
	Falla bomba lavado de cuba 4321_M_101	✓
	Falla bomba de vacío 4321_M_102	✓
	Falla bomba de filtrado 4321_M_103	✓
	Falla bomba de ácido diluido 4321_M_104	✓
	Falla generador de ultrasonido 4321_M_105	✓
	Falla motor tambor 4321_M_106	✓
	Falla motor agitador 4321_M_108	✓

- **Verificación de lógicas de control análogo**

Chequeo de lógicas de acuerdo a diagramas de ingeniería.

Filtro 1	Status
Control de nivel de estaque de filtrado 4321_LIC_102	✓
Control de nivel de cuba 4321_LIC_103	✓
Control de nivel de estaque de ácido diluido 4321_LIC_101	✓

Filtro 2	Status
Control de nivel de estaque de filtrado 4321_LIC_202	✓
Control de nivel de cuba 4321_LIC_203	✓
Control de nivel de estaque de ácido diluido 4321_LIC_201	✓

Filtro 3	Status
Control de nivel de estaque de filtrado 4321_LIC_302	✓
Control de nivel de cuba 4321_LIC_303	✓
Control de nivel de estaque de ácido diluido 4321_LIC_301	✓

■ **Verificación de enclavamientos del sistema**

Chequeo de diagramas de control de ingeniería

		Status
Filtro 1	Secuencia de partida (RUN_LOGIC).	✓
	Secuencia de pausa (HOLD_LOGIC).	✓
	Secuencia de pausa y alarma (HOLD_LOGIC).	✓
	Secuencia de reanudar (RESTART_LOGIC).	✓
	Secuencia de parada (STOP_LOGIC).	✓
Filtro 2	Secuencia de partida (RUN_LOGIC).	✓
	Secuencia de pausa (HOLD_LOGIC).	✓
	Secuencia de pausa y alarma (HOLD_LOGIC).	✓
	Secuencia de reanudar (RESTART_LOGIC).	✓
	Secuencia de parada (STOP_LOGIC).	✓
Filtro 3	Secuencia de partida (RUN_LOGIC).	✓
	Secuencia de pausa (HOLD_LOGIC).	✓
	Secuencia de pausa y alarma (HOLD_LOGIC).	✓
	Secuencia de reanudar (RESTART_LOGIC).	✓
	Secuencia de parada (STOP_LOGIC).	✓

■ **Verificación de conectividad con terceros**

	Status
Configuración data profibus DP con variador de frecuencia Power Electronics	✓

■ **Comentarios y/o Discrepancias**

Se observan discrepancias en la lógica que son resueltas de manera inmediata.

3.1.4. Preparación Planta

3.1.4.1. Construcción de sala de controladores

En cuanto a la preparación de la planta, después de considerar el estado actual de los gabinetes de PLC, debido al ambiente hostil de las cercanías de los filtros, se opta por la construcción de una sala presurizada y temperada exclusiva para los controladores. Para la construcción de esta sala se elige el sector cercano al horno secador, por sobre la correa de descarga. La ubicación exacta se muestra en las imágenes a continuación:

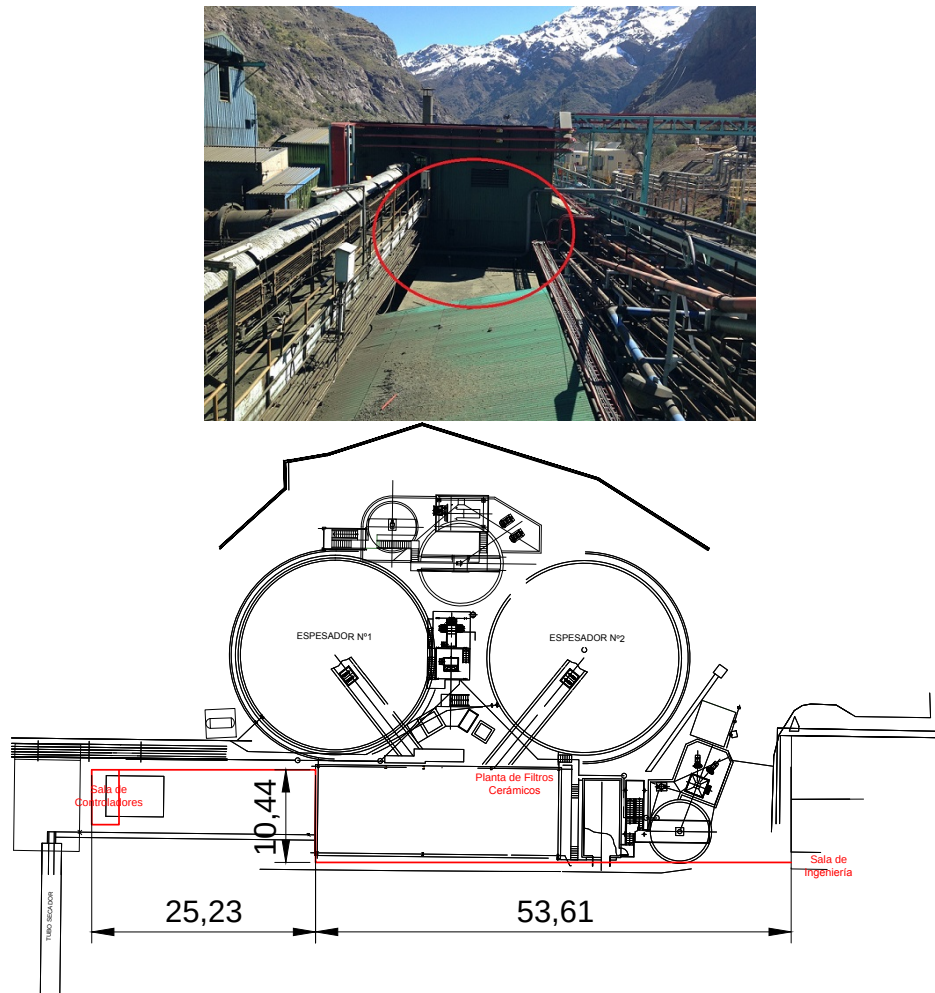


Figura 3.2: Ubicación de sala de controladores en plano de planta

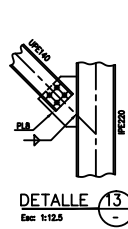
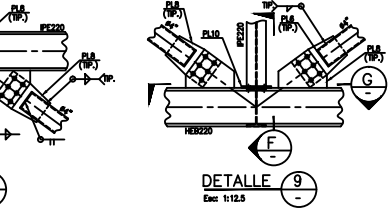
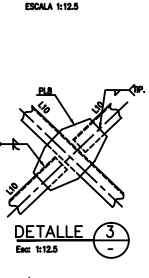
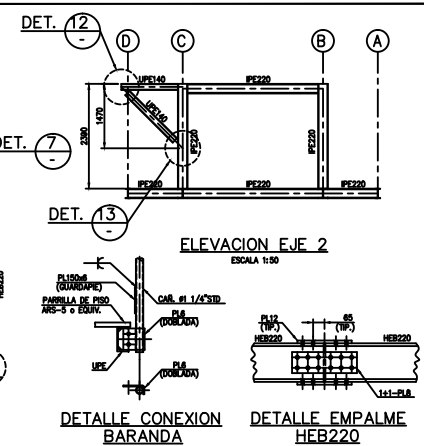
Debido a la altura de la ubicación escogida se hace necesario el diseño, elaboración y montaje de una estructura metálica sobre la cual instalar la nueva sala de controladores.

Como primer paso se instalan las fundaciones para la estructura. A continuación se muestran los apoyos instalados.



Figura 3.3: Fundaciones de sala de controladores

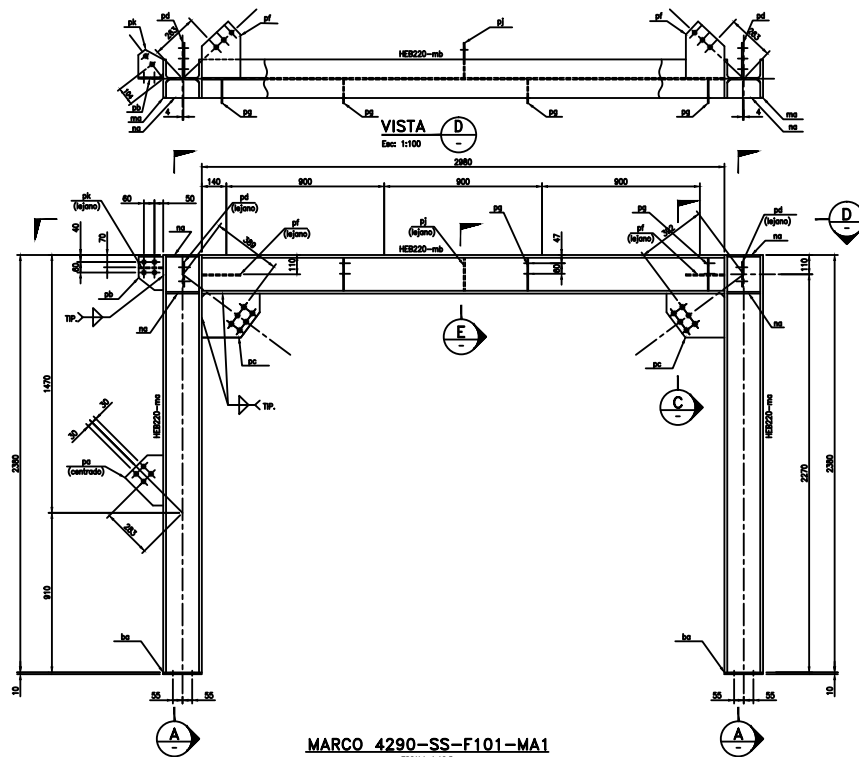
En paralelo se desarrollan los planos de la estructura, considerando la geografía de la planta, posibles interferencias y peso de la sala. A continuación se presentan los planos a implementar:



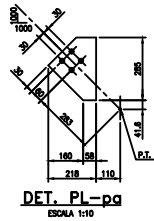
NOTAS

1. DIMENSIONES mm Y ELEVACIONES EN m (S.L.C.).
2. ACERO ESTRUCTURAL CALIDAD ASTM A36.
3. PERNOS DE CONEXION, TIPO PAR ACERO CALIDAD ASTM A325. #3/4"
4. SOLDADURA ELECTRODO E7018, SEGUN A.W.S. A5.1
5. REVESTIMIENTOS: 2 CAPAS DE PINTURA EPOXICA.
6. FILETE MINIMO DE SOLDADURA SEGUN EL ESPESOR MAS DELGADO A CONECTAR.
7. LA UBICACION DEL ACCESO SERA VERIFICADO EN TERRENO.

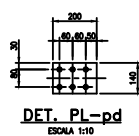
[illegible]



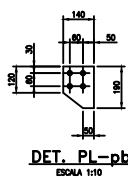
MARCO 4290-SS-F101-MA1
ESCALA 1:125



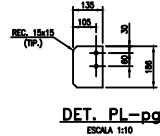
DET. PL-pg
ESCALA 1:10



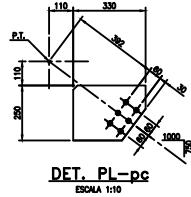
DET. PL-pd
ESCALA 1:10



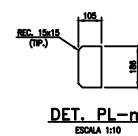
DET. PL-pb
ESCALA 1:10



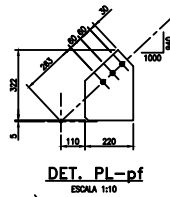
DET. PL-pg
ESCALA 1:10



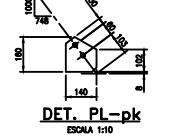
DET. PL-pc
ESCALA 1:10



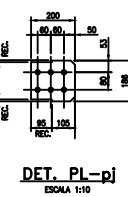
DET. PL-na
ESCALA 1:10



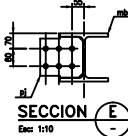
DET. PL-pf
ESCALA 1:10



DET. PL-pk
ESCALA 1:10



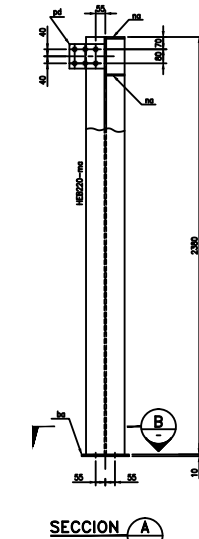
DET. PL-pj
ESCALA 1:10



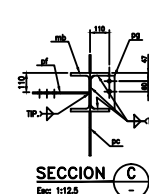
SECCION E
Escala 1:10



SECCION B
Escala 1:125



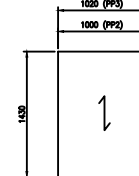
SECCION A
Escala 1:125



SECCION C
Escala 1:125

PARRILLA 4290-SS-F101-PP1/PP4

ESCALA 1:25
DE ACUSTRUM RS/34x38 o EQUIVALENTE (e=25mm)



PARRILLA 4290-SS-F101-PP2/PP3

ESCALA 1:25
DE ACUSTRUM RS/34x38 o EQUIVALENTE (e=25mm)

LISTA DE MATERIALES

ITEM	CANT.	DESCRIPCION	LARGO	MARCA	UNIT.	PESO (KG)	OBSERVACIONES
TOT.	UNIT.						
1	1	MURO INI				604.9	4290-SS-F101-MI
2	2	HER220	2380	ma	170.2	340.4	
3	1	HER220	2980	mb	213.1		
4	2	PL 220x10	270	ba	4.7	9.4	
5	1	PL 218x6	285	pa	2.3		
	1	PL 140x6	190	pb	1.7		
2	1	PL 250x6	330	pc	5.2	10.4	
2	1	PL 140x6	200	pd	1.6	3.6	
2	1	PL 220x6	322	pe	4.5	9.0	
10	4	PL 135x6	186	pf	1.6	6.4	
	1	PL 186x6	200	pg	2.3		
	1	PL 140x6	160	ph	1.1		
	4	PL 105x6	166	na	1.3	5.2	
15							
4	1	PARRILLA P50			28.3	113.2	4290-SS-F101-PP1
	1	805x25	1380		28.3		
	1	PARRILLA P50			36.5		4290-SS-F101-PP2
20	1	1000x25	1430		36.5		
7	1	PARRILLA P50			37.2	260.4	4290-SS-F101-PP3
	1	1020x25	1430		37.2		
25	4	1	PARRILLA P50		33.6	134.4	4290-SS-F101-PP4
	1	805x25	1635		33.6		
						PESO TOTAL = 1149.4 Kg	

NOTAS

1. DIMENSIONES MM Y ELEVACIONES EN MILIMETROS (S.L.C.).
2. ACERO ESTRUCTURAL CALADO ASTM A36.
3. SOLDADURA ELECTRODO E70XX, SEGUN A.N.S.I. A5.1.
4. FILETE MINIMO DE SOLDADURA SEGUN EL ESPESOR MAS DELGADO A CONECTAR.
5. REVESTIMIENTO: 2 CAPAS DE PINTURA EPOXICA TIPO "MACROPOXY 620" PRE EPOXICO PENETRANTE O SIMILAR.
6. PERNAS DE CONEXION, TIPO PLACA, ACERO CALADO ASTM A36.
7. VERIFICAR DIMENSIONES EN TERRENO PRIOR A FABRICACION.
8. TODAS LAS PERFORACIONES SON DIAMETRO 13/16" (S.L.C.).
9. TODAS LAS PIEZAS DE ESTE PLANO DEBERAN SER ANOTADAS ANTERIORMENTE POR EL NUMERO DEL PLANO.
10. VER PLANO DE MONTAJE H11185-020-PL-4290-SS-MI01

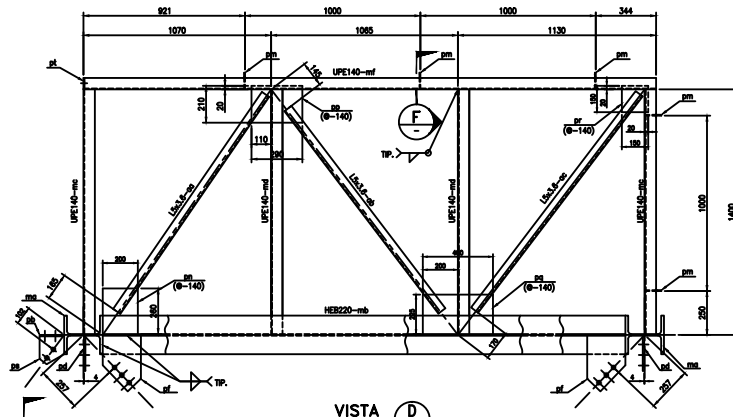
FDAA	DISEÑO: C. DOMÍNGUEZ	AGOSTO 2013
	PROYECTO: D. CHAPPE	AGOSTO 2013
	REVISÓ: C. DOMÍNGUEZ	AGOSTO 2013
	APROBÓ: C. DOMÍNGUEZ	AGOSTO 2013

PLANO N°	11185-020-PL-4290-SS-F101
ESCALA	INDICADA
REVISIÓN	0

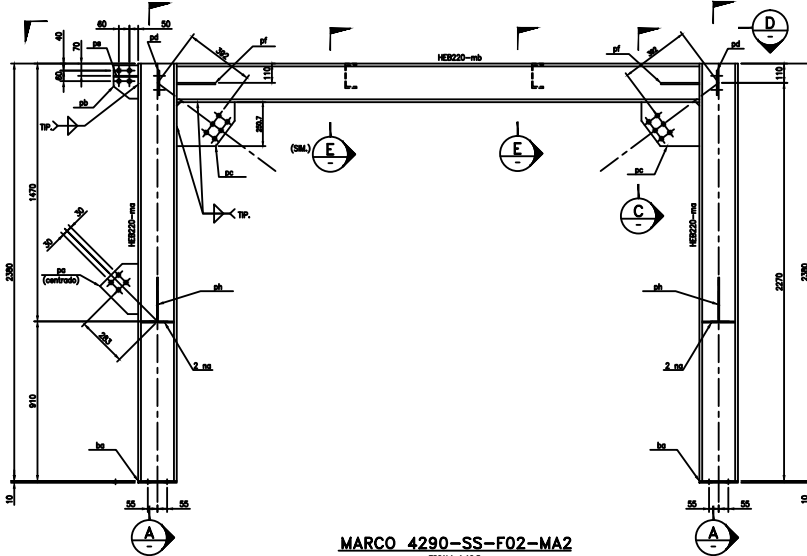
FECHA	N°	TIPO	A	PLANO N°	TÍTULO	PLANO N°	TÍTULO	N°	FECHA	DESCRIPCION	FOR	CID	APR	N°	FECHA	DESCRIPCION	FOR	CID	APR



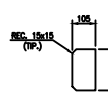
APROBADO	CODELCO CHILE	DIVISION ANDINA
GERENCIA DE PROYECTOS	DISEÑO	FECHA
	REVISÓ	FECHA
	APROBÓ	FECHA



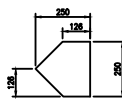
VISTA D
Esc: 1:100



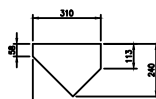
MARCO 4290-SS-F02-MA2
ESCALA 1:12.5



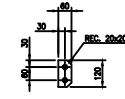
DET. PL-ng
ESCALA 1:10



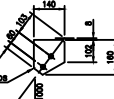
DET. PL-ph
ESCALA 1:10



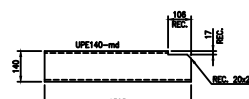
DET. PL-pk
ESCALA 1:10



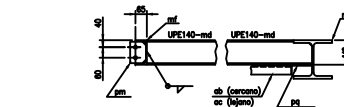
DET. PL-pt
ESCALA 1:10



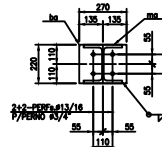
DET. PL-ps
ESCALA 1:10



DET. UPE140-md
ESCALA 1:10



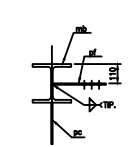
SECCION F
Esc: 1:12.5



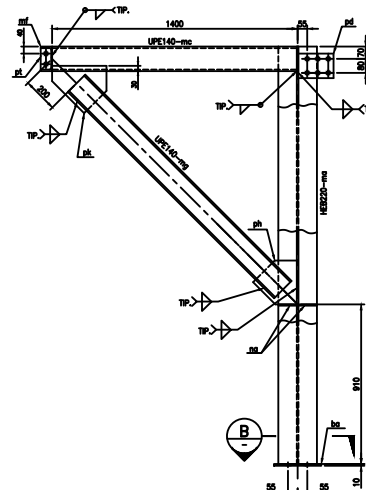
SECCION B
Esc: 1:12.5



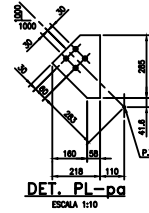
SECCION E
Esc: 1:12.5



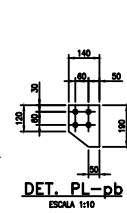
SECCION C
Esc: 1:12.5



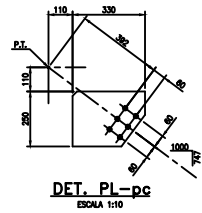
SECCION A
Esc: 1:12.5



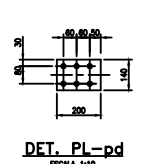
DET. PL-pg
ESCALA 1:10



DET. PL-ph
ESCALA 1:10



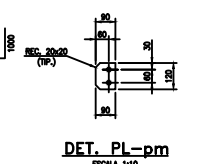
DET. PL-pc
ESCALA 1:10



DET. PL-pd
ESCALA 1:10



DET. PL-pf
ESCALA 1:10



DET. PL-pm
ESCALA 1:10

- NOTAS**
1. DIMENSIONES EN mm Y ELEVACIONES EN NIVEL (S.L.C.).
 2. ACERO ESTRUCTURAL CALADO SEGUN AS-1.
 3. SOLDADURA ELECTRODO E70XX, SEGUN A.N.S.1
 4. FILETE MINIMO DE SOLDADURA SEGUN EL ESPESOR MAS DELGADO A CONECTAR.
 5. REVESTIMIENTOS 2 CAPAS DE PINTURA EPOXICA TIPO "IMPERMEABILIZANTE" 500 PRE EPOXICO PENETRANTE O SIMILAR.
 6. PERFOROS DE CONEXION, TIPO P.A.C. ACERO CALADO SEGUN AS-1.
 7. VERIFICAR DIMENSIONES EN TERRENO ANTES DE FABRICACION.
 8. TODAS LAS PERFORACIONES SON DIAMETRO 13/16" (S.L.C.).
 9. TODAS LAS PIEZAS DE ESTE PLANO DEBERAN SER ANTERIORMENTE VERIFICADAS POR EL NUMERO DEL PLANO.
 10. VER PLANO DE MONTAJE N°11185-020-PL-4290-SS-4101

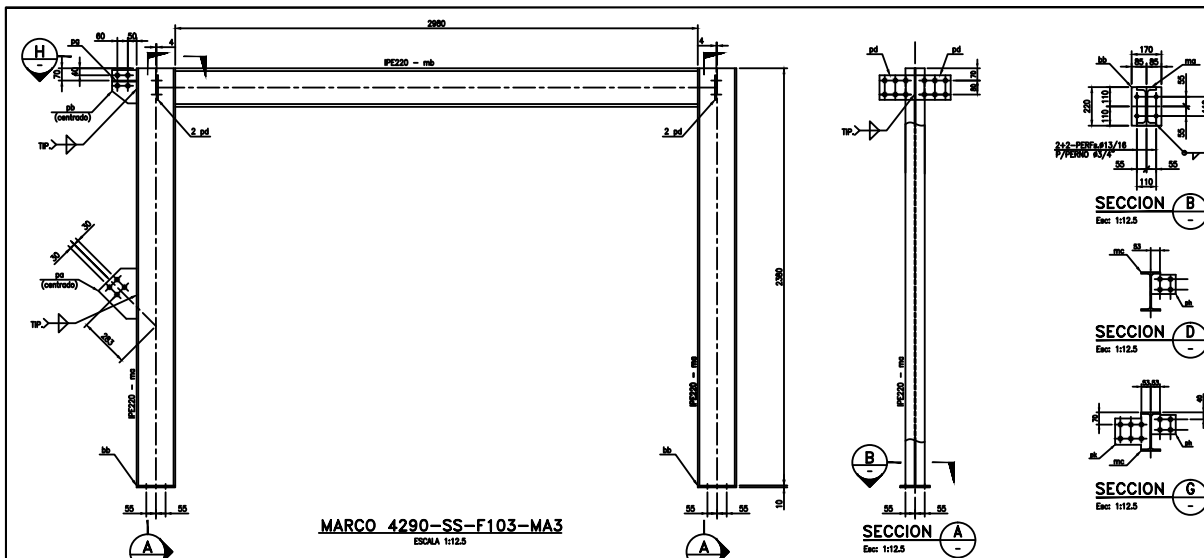
FDAA		DISEÑO: C. DOMÍNGUEZ		AGOSTO 2013
PROYECTO: D. CHAMPE		REVISADO: C. DOMÍNGUEZ		AGOSTO 2013
PLANO N°: 4290-SS-F02		APROBADO: C. DOMÍNGUEZ		AGOSTO 2013
GERENCIA DE INGENIERIA METALURGICA		GERENCIA DE INGENIERIA METALURGICA		PLANO N°:
DISEÑO: C. DOMÍNGUEZ		DISEÑO: C. DOMÍNGUEZ		11185-020-PL-4290-SS-F102
REVISADO: C. DOMÍNGUEZ		REVISADO: C. DOMÍNGUEZ		ESCALA: INDICADA
APROBADO: C. DOMÍNGUEZ		APROBADO: C. DOMÍNGUEZ		REC: 0

FECHA	N°	TIPO	A	PLANO N°	TITULO	PLANO N°	TITULO
10-11-2013	1	PROYECTO	A	4290-SS-F02	DISEÑO C. DOMÍNGUEZ		

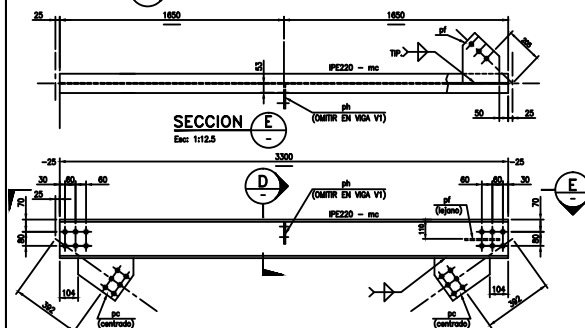
N°	FECHA	DESCRIPCION	FOR	CID	APR	N°	FECHA	DESCRIPCION	FOR	CID	APR
1	10-11-2013	DISEÑO C. DOMÍNGUEZ	FOR	CID	APR	1	10-11-2013	DISEÑO C. DOMÍNGUEZ	FOR	CID	APR



APROBADO	CODELCO CHILE	DIVISION ANDINA
GERENCIA DE PROYECTOS	DISEÑO	FECHA
REVISADO	REVISADO	FECHA
APROBADO	APROBADO	FECHA

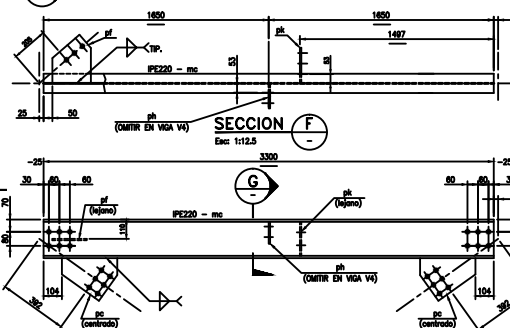


MARCO 4290-SS-F103-MA3
ESCALA 1:12.5



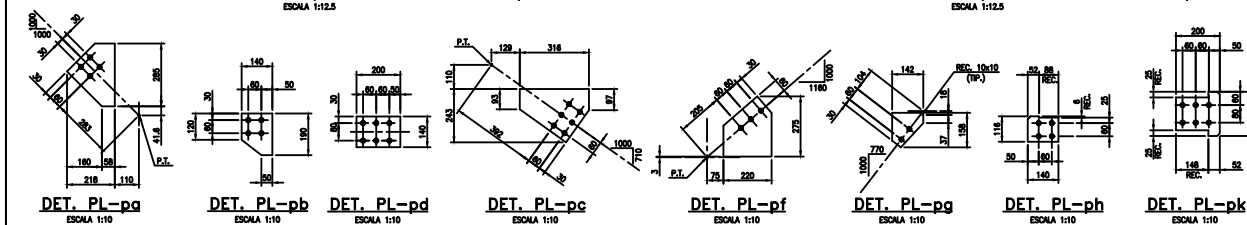
VIGA 4290-SS-F103-V2(MOSTRADA)
ESCALA 1:12.5

VIGA 4290-SS-F103-V1(OPUESTA Y ANOTADA)
ESCALA 1:12.5



VIGA 4290-SS-F103-V3(MOSTRADA)
ESCALA 1:12.5

VIGA 4290-SS-F103-V4(OPUESTA Y ANOTADA)
ESCALA 1:12.5



DET. PL-pa
ESCALA 1:10

DET. PL-pb
ESCALA 1:10

DET. PL-pd
ESCALA 1:10

DET. PL-pc
ESCALA 1:10

DET. PL-pf
ESCALA 1:10

DET. PL-pg
ESCALA 1:10

DET. PL-ph
ESCALA 1:10

DET. PL-pk
ESCALA 1:10

SECCION H
Escala 1:10

- NOTAS**
1. DIMENSIONES EN mm Y ELEVACIONES EN msnnm (S.L.C.).
 2. ACERO ESTRUCTURAL CALIDAD ASTM A36.
 3. SOLDADURA ELECTRODO EXXX, SEGUN A.S.S. A5.1.
 4. FILETE MINIMO DE SOLDADURA SEGUN EL ESPESOR MAS DELGADO A CONECTAR.
 5. REVESTIMIENTOS 2 CAPAS DE PINTURA EPOXICA TIPO "MICROPOXY 920" PRE EPOXICO PENETRANTE O SIMILAR.
 6. PERROS DE CONEXION TIPO P.A.B. ACERO CALIDAD ASTM A325.
 7. VERIFICAR DIMENSIONES EN TORNO PRECISO A FABRICACION.
 8. TODAS LAS PERFORACIONES SON DIAMETRO 13/16" (S.L.C.).
 9. TODAS LAS PIEZAS DE ESTE PLANO DEBERAN SER ANOTADAS ANTERIORMENTE POR EL NUMERO DEL PLANO.
 10. VER PLANO DE MONTAJE N°11185-020-PL-4290-SS-M101

FDA INGENIEROS		DISEÑO	C.DOMÍNGUEZ	2.08.2013
		PROYECTO	D. CHAMPE	2.08.2013
		REVISÓ	C. GARCÍA	2.08.2013
		APROBÓ	M. GONZÁLEZ	2.08.2013
PLANO N°	4578-10-PL-ES-F03			
		PLANO No.		
SERVICIOS DE INGENIERIA MULTIDISCIPLINARIA				
INGENIERIA PLANTAS				
DISEÑO CABLES, SISTEMAS DE CONEXION, ESTRUCTURA DE CONEXION, ESTRUCTURA DE CONEXION, ESTRUCTURA DE CONEXION, ESTRUCTURA DE CONEXION				
BARRIO 4290-SS-F103-MA3 Y VIGAS V1, V2, V3, V4				
FABRICACION				
		11185-020-PL-4290-SS-F103		
		ESCALA	INDICADA	INDICADA

		CANT.		PESO (KG)		OBSERVACIONES
ITEM	TOT. UNIT.	DESCRIPCION	LARGO	UNID.	TOTAL	
1	1	MARCO			221.0	4290-SS-F103-MA3
2	2	IPE220	2380	ma	62.4	124.8
3	1	IPE220	2980	mb		78.1
4	2	PL 170x10	220	bb	2.9	5.8
5	1	PL 218x6	285	pa		2.3
6	1	PL 140x6	190	pb		1.7
7	4	PL 140x6	200	pd	1.8	7.2
8	1	PL 140x6	160	pg		1.1
10	1	VIGA			100.0	4290-SS-F103-V1
11	1	IPE220	3300	mc		86.5
12	2	PL 243x6	316	pc	4.8	9.6
13	1	PL 220x6	275	pf		3.8
15	1	VIGA			101.0	4290-SS-F103-V2
16	1	IPE220	3300	mc		86.5
17	2	PL 243x6	316	pc	4.8	9.6
18	1	PL 220x6	275	pf		3.8
19	1	PL 118x6	140	ph		1.1
20	1	VIGA			103.5	4290-SS-F103-V3
21	1	IPE220	3300	mc		86.5
22	2	PL 243x6	316	pc	4.8	9.6
23	1	PL 220x6	275	pf		3.8
24	1	PL 118x6	140	ph		1.1
25	1	PL 200x6	200	pk		2.5
26	1	VIGA			102.4	4290-SS-F103-V4
27	1	IPE220	3300	mc		86.5
28	2	PL 243x6	316	pc	4.8	9.6
29	1	PL 220x6	275	pf		3.8
30	1	PL 200x6	200	pk		2.5
					PESO TOTAL = 627.9 Kg	

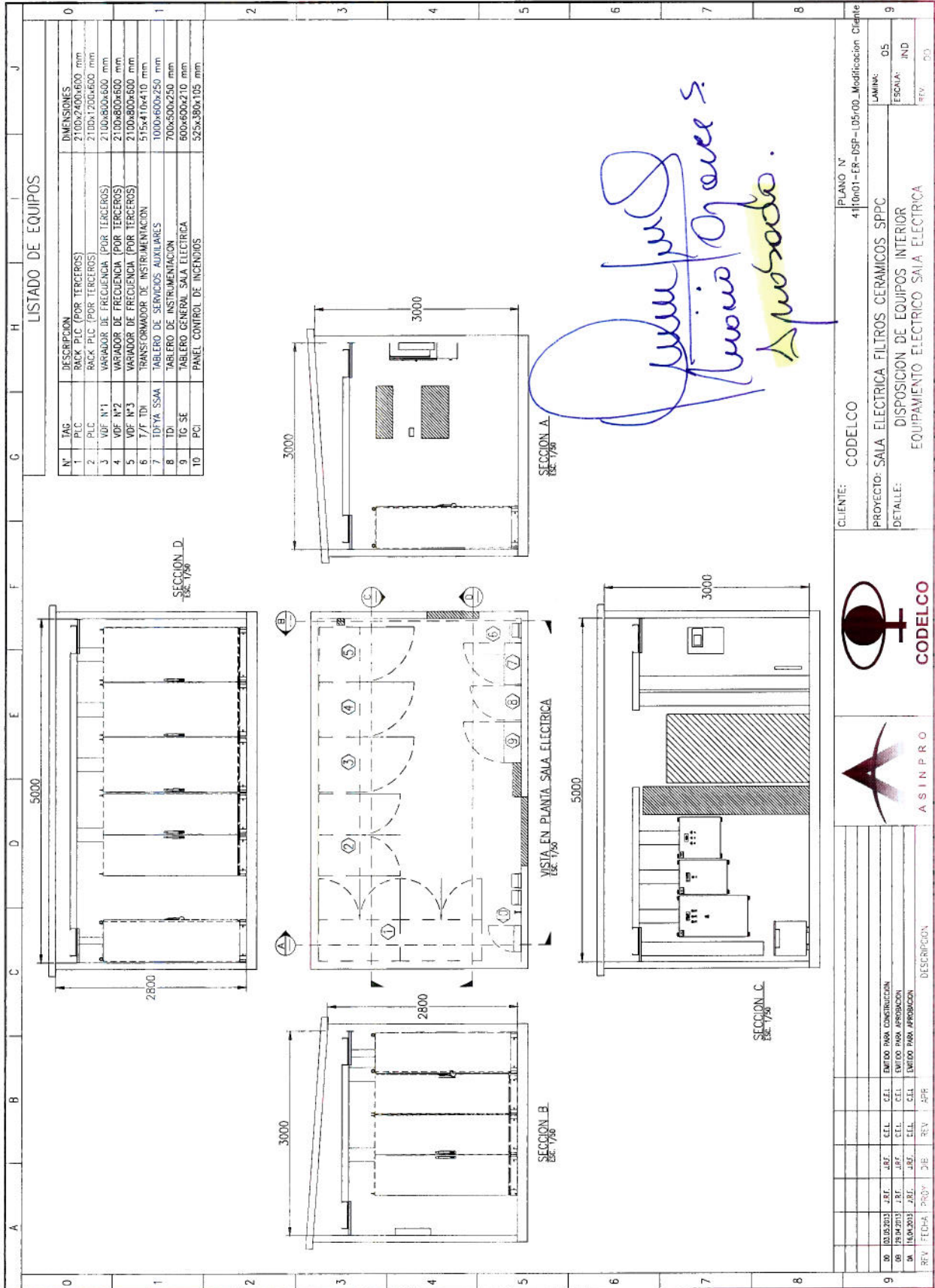
 FDA INTEGRANTES	DEBIDO	DIARIOS	AGOSTO 2013
	PROYECTO	DONCHAPPE	AGOSTO 2013
	REVISO	CAMEZA	AGOSTO 2013
	AFROBO	MCHAMBER	AGOSTO 2013
PLANO N°	4576-10-PL-ES-107		
SERVICIO DE INGENIERIA MULTIDISCIPLINARIA GERENCIA PLANTAS DESIGNO CARTA SISTEMA CONTROL SIMPC SECCIONA INSTALCA			
		PLANO No.	
		1185-020-PL-4290-S-	
		ESCALA	INDICADAS
		REDA	

Teniendo en cuenta las especificaciones físicas de los gabinetes para los controladores DeltaV, es posible establecer la disposición espacial de los gabinetes al interior de sala de controladores. A continuación se muestran imágenes de las gabinetes con los sistemas DeltaV previamente instalados.



Figura 3.4: Gabinetes de Controladores DeltaV

Finalmente, teniendo en consideración los gabinetes de controladores, variadores de frecuencia, tableros de fuerza eléctrica, tableros de instrumentación y panel de control de incendio, se realizan los planos de disposición de equipos al interior de la sala de controladores.



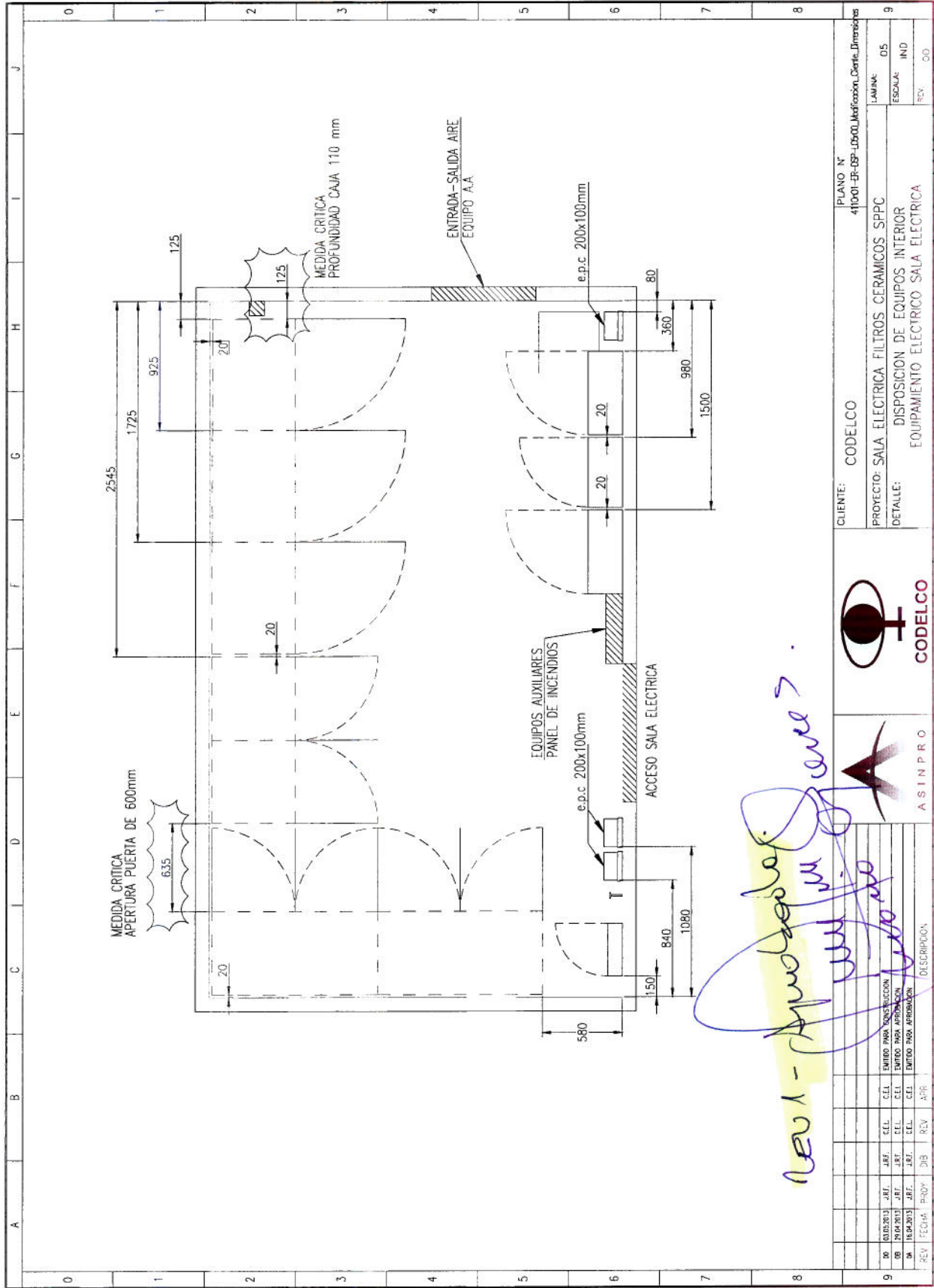
Revisado por
Revisado por
Revisado por

CLIENTE: CODELCO		PLANO N°	411001-ER-ISP-105-00_Modification Cliente
PROYECTO: SALA ELECTRICA FILTROS CERAMICOS SPPC		LAMINA:	05
DETALLE: DISPOSICION DE EQUIPOS INTERIOR		ESCALA:	IND
EQUIPAMIENTO ELECTRICO SALA ELECTRICA		REV	03

REV	FECHA	PROY	DISE	REV	APP	DESCRIPCION
00	10.05.2015	JRT	JRT	C.E.L.	C.E.L.	EMITIDO PARA CONSTRUCCION
01	19.04.2015	JRT	JRT	C.E.L.	C.E.L.	EMITIDO PARA APROBACION
02	18.04.2015	JRT	JRT	C.E.L.	C.E.L.	EMITIDO PARA APROBACION

 **ASINPRO**

 **CODELCO**



																													
																				CODELCO									

3.1.4.2. Instalación de cableado de fuerza, instrumentación y líneas de comunicación

A pesar de que a la fecha de término de la memoria aún no se concreta, se dispone del siguiente layout para las líneas de comunicación.

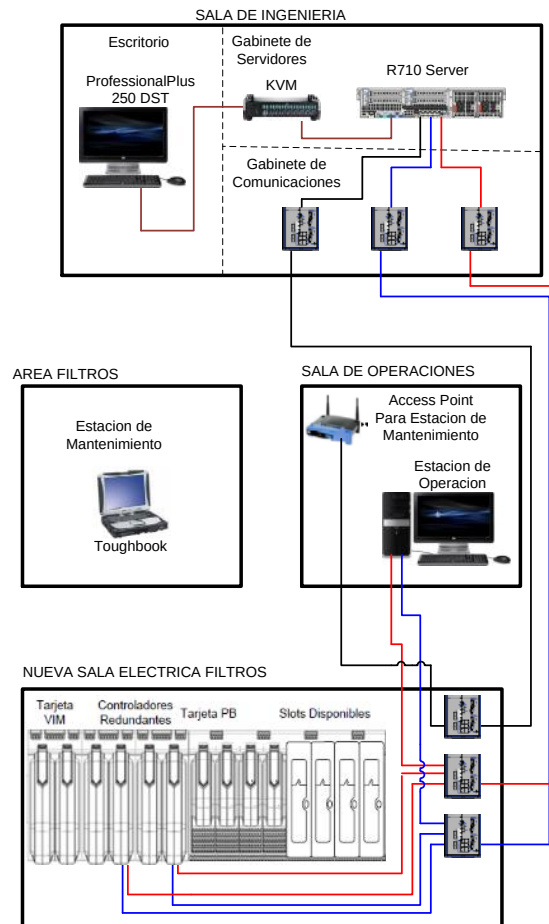


Figura 3.5: Instalación de cableado de red

En esta imagen, se puede apreciar que el terminal utilizado para la configuración y diseño se sitúa en la sala de ingeniería de la SPMFC, conectado al servidor de datos mediante una interfaz KVM (**K**eyboard **V**ideo **M**ouse). Esta interfaz permite controlar varios servidores (instalados en el rack de la sala de ingeniería) a través de sólo un teclado, un monitor y un mouse, simplificando la instalación de nuevos equipos disminuyendo el hardware necesario.

Los controladores DeltaV, por otro lado, están conectados al servidor mediante una conexión redundante de fibra óptica monomodo (con pares de fibra recorriendo dos trayectorias distintas), permitiendo una tolerancia a fallos en caso de caída de conexión. Por otro lado la consola de operación en terreno, dispone de una conexión dedicada también realizada en fibra óptica monomodo, sin embargo, ésta no necesita ser redundante ya que el mismo computador en la sala de ingeniería puede ser utilizado para operación en caso de falla. Además, y como se anticipa en “Filosofía de Control propuesta”, el sistema dispone de una conexión inalámbrica para ser utilizada con la herramienta de mantenimiento “Toughbook” y así poder controlar y hacer pruebas con los filtros a nivel de terreno.

3.1.4.3. Montaje de Hardware en sala de controladores

Debido a que la fecha de puesta en marcha supera la fecha máxima de realización de esta memoria, este ítem no queda cubierto en este informe.

3.1.5. Puesta en funcionamiento y marcha blanca

Debido a que la fecha de puesta en marcha supera la fecha máxima de realización de esta memoria, este ítem no queda cubierto en este informe.

Conclusiones

La experiencia de llevar a cabo esta modernización, además de hacerme partícipe de manera activa de la ejecución de un proyecto de ingeniería en una industria, significó un gran hito para mi desarrollo profesional. En cuanto a los detalles de ésta, debo comentar:

- La tarea de desempeñar labores de operador en el panel de control de la planta de filtros cerámicos fue de vital importancia para comprender, en primera instancia, el funcionamiento de ésta y la labor que cumplen los distintos dispositivos de instrumentación de la planta.
- Para llevar a cabo cualquier tipo de modernización o reingeniería sobre el control de una planta (o parte de ella), se hace necesario mantener documentación actualizada que contenga las estrategias de control, planos de instrumentación y condiciones críticas para el funcionamiento de la misma. Si bien es posible hacer esto a posteriori, esta acción obliga a hacer levantamientos de información desde el principio más mínimo, perdiendo tiempo valioso.
- La implementación de buses de campo en lugar de “cableado duro” tiende a generar un cierto rechazo dentro de los instrumentistas de la planta, sin embargo, es innegable su utilidad para el monitoreo del estado de dispositivos de control, robustez y el ahorro que significa en cableado y señales del DCS.

-
- Dentro de las variables a considerar a la hora de llevar a cabo este tipo de proyectos, es el tiempo de entrega de los diferentes dispositivos a utilizar uno de los factores más determinantes. Estos tiempos pueden ir desde semanas a meses por lo que es necesario considerar la suficiente holgura en los ítemes de adquisición. Otra variable de tiempo importante a considerar en la planificación, es la coordinación de obras de diseño, construcción, montaje y armado. Para este proyecto, como pudimos ver en capítulos anteriores, fue necesaria la construcción de una sala de controladores aislada de la planta de filtros cerámicos; esto implicó reuniones de coordinación con profesionales de múltiples disciplinas para decidir finalmente la forma, ubicación de ésta, el rol que cada integrante tendría en la génesis de esta parte del proyecto y los tiempos de ejecución.
 - En caso de haber modificaciones significativas en cuanto a las señales de control (como en el caso presentado en cual se cambió de “cableado duro” a un bus de campo profibus dp) se deben considerar las condiciones ambientales a las cuales estará sometido el cableado. Los ambientes mineros pueden en ocasiones resultar sumamente hostiles a los cableados convencionales.
 - Actualmente, los sistemas de control distribuido se perfilan como los líderes del mercado del control de procesos. Al ofrecer una mayor integración entre lectura, control, análisis de datos y despliegue HMI, conforman una alternativa más atractiva que sistemas los clásicos sistemas PLC-SCADA. Además, desde el punto de vista económico sus valores son similares.
 - Sin duda, una de las mejoras que trajo este proyecto, fue la migración de los gabinetes de control hacia afuera de la planta misma. Hasta ahora los gabinetes se encuentran a merced de la humedad y polvo de concentrado de cobre existente en las instalaciones, pero con la instalación de éstos en una sala eléctrica presurizada dedicada, la contaminación es cosa del pasado, prolongando la vida útil de cada dispositivo.

-
- La inclusión de señales de sobrecarga en variadores, generador de señales ultrasónicas y las distintas bombas, permite una mejora para operadores y personal de instrumentación, ya que permite identificar de manera más rápida este problema tan recurrente en este tipo de plantas.
 - El ahorro de señales que provocó la utilización del bus de campo profibus dp para la comunicación con los variadores de frecuencia y el hecho de contar con múltiples canales de libres (DI, DO, AI, AO) permiten la rápida incorporación de los próximos los dos próximos filtros que se planea instalar. Además, si fuese necesario, en los gabinetes se cuenta con el espacio necesario para agregar tarjetas de expansión, aumentando la capacidad del DCS.
 - La implementación de un controlador PID para mantener el nivel del estanque de filtrado, si bien se expone como una mejora a futuro, se implementa en el sistema actual mejorando considerablemente la estabilidad de la presión retrolavado (mejorando la limpieza de las placas) y reduciendo considerablemente el consumo de agua fresca, haciendo el proceso más amigable con el medio ambiente.
 - Para desarrollar la programación de la etapa de “Filtrado” y “Lavado combinado”, resulta más adecuado utilizar el lenguaje FBD; para la etapa de “Lavado de cuba” resulta mejor utilizar SFC ya que, resumiendo, en esta etapa sólo se realiza el llenado y vaciado de la cuba para la eliminación de concentrado.

Bibliografía

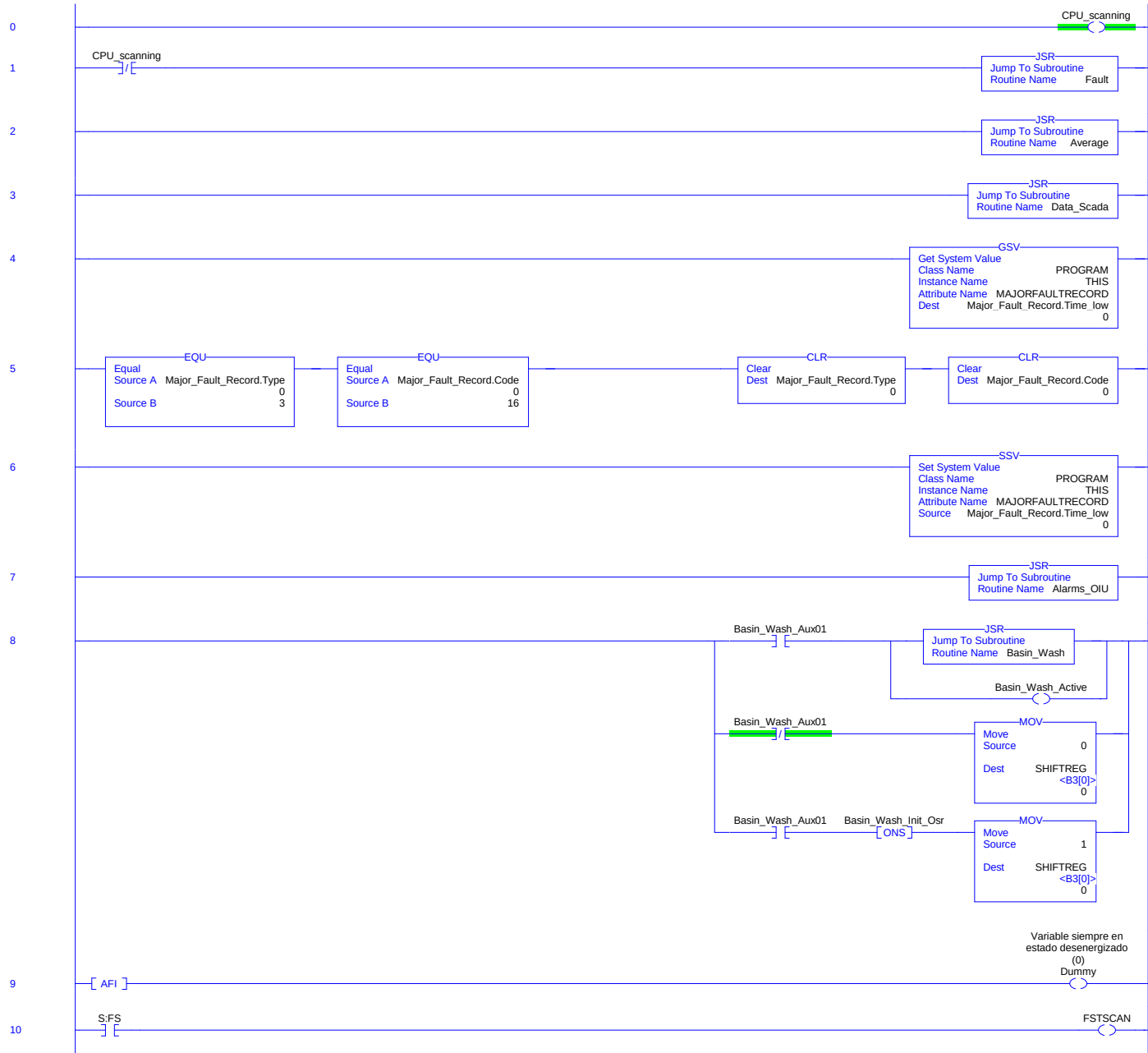
- [1] Codelco. *Memoria Anual Codelco 2011*. Codelco, Santiago, Chile, 2011.
- [2] Antonio CREUS Solé. *Automatización Industrial*, chapter 1. Generalidades, pages 22–48. Alfaomega S.A, Santafé de Bogotá, Colombia, sexta edición edition, 1999.
- [3] Carlos Alvarez Llanos. *Súper Larox: Optimizando el filtrado de concentrado de cobre*. UTFSM, Viña del Mar, Chile, 2011.

Anexos

MainRoutine - Ladder Diagram

Ceramic_Filter;MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140



MainRoutine - Ladder Diagram

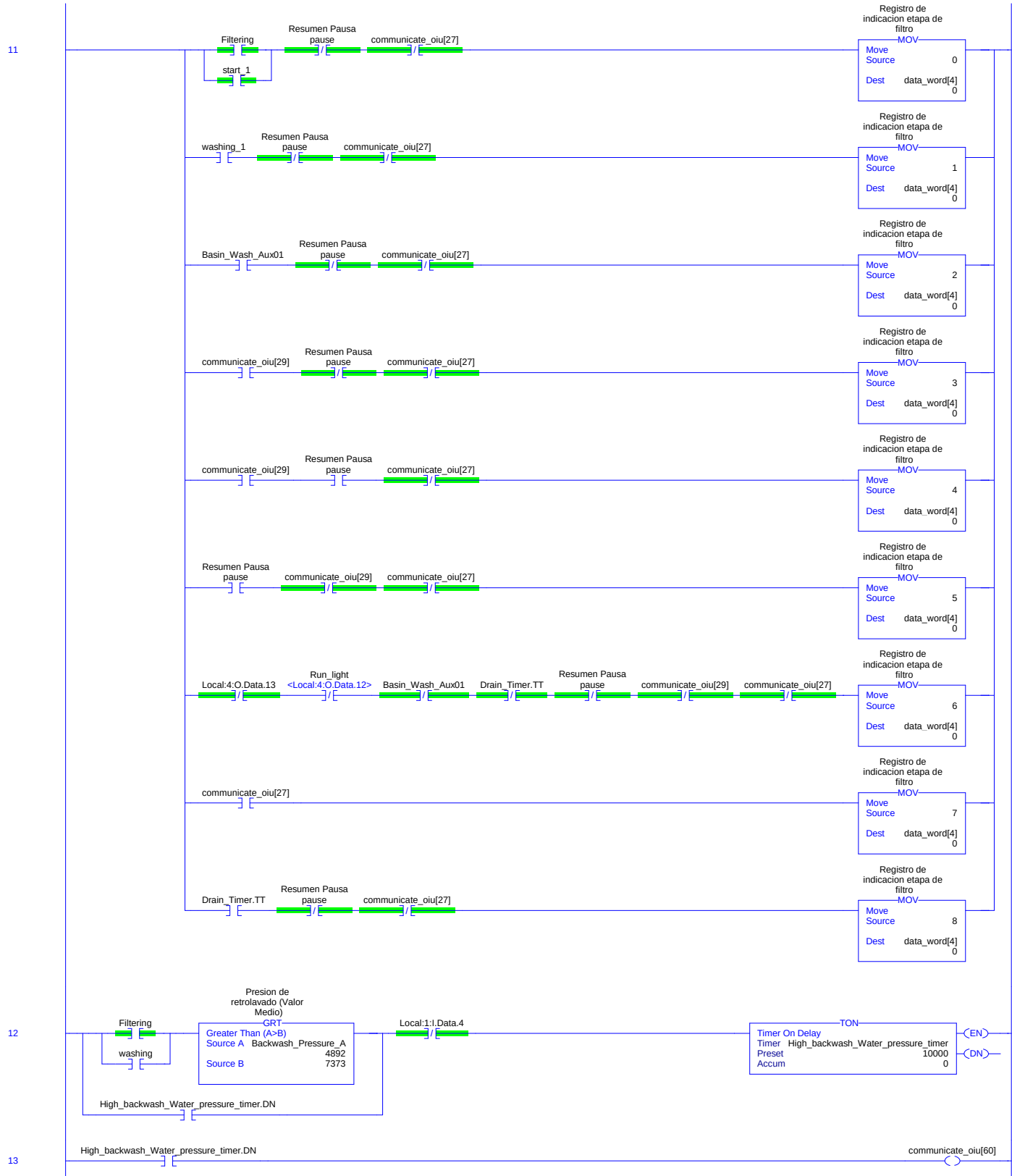
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 2

23-10-2013 10:04:55



MainRoutine - Ladder Diagram

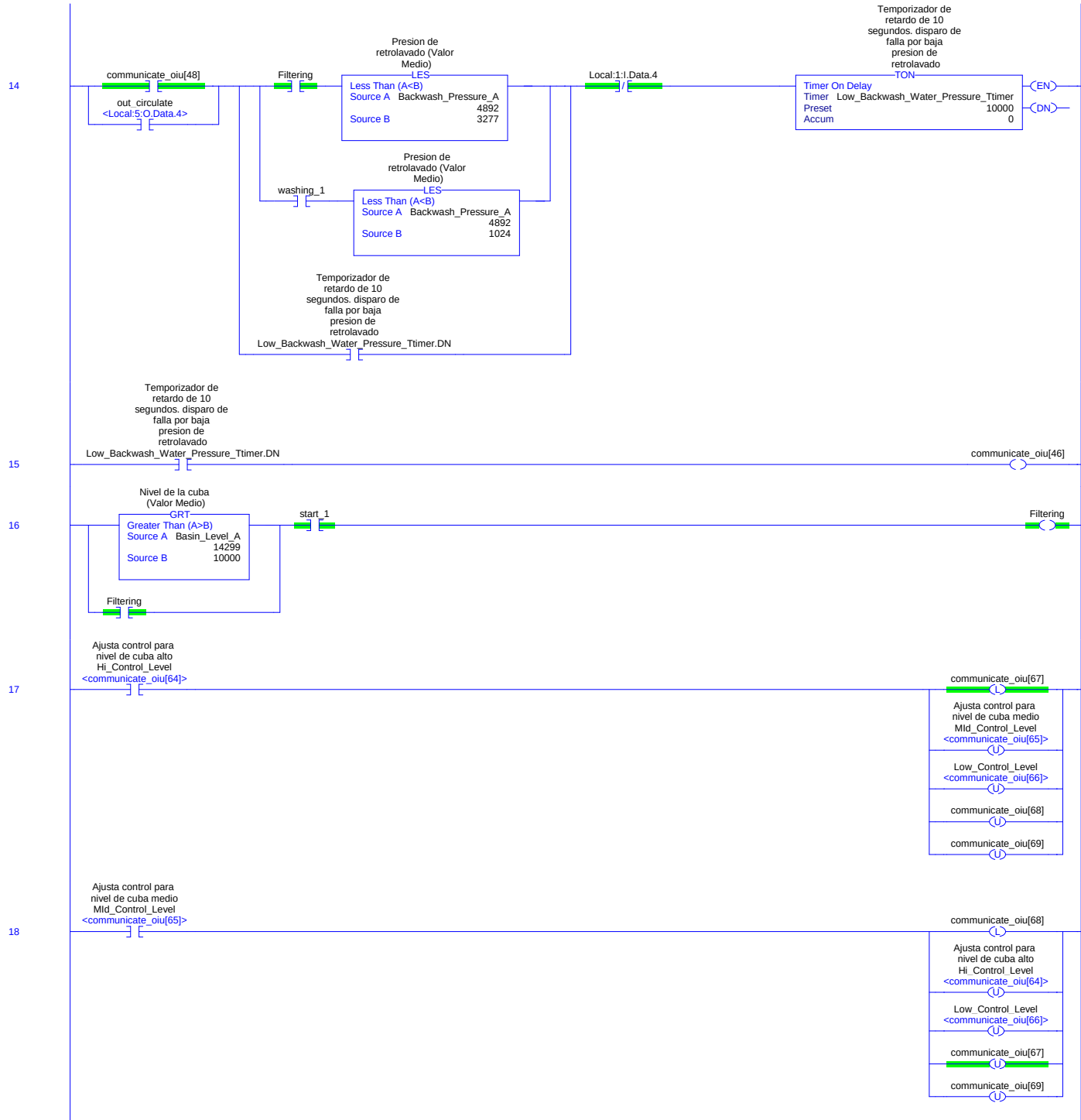
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 3

23-10-2013 10:04:55



MainRoutine - Ladder Diagram

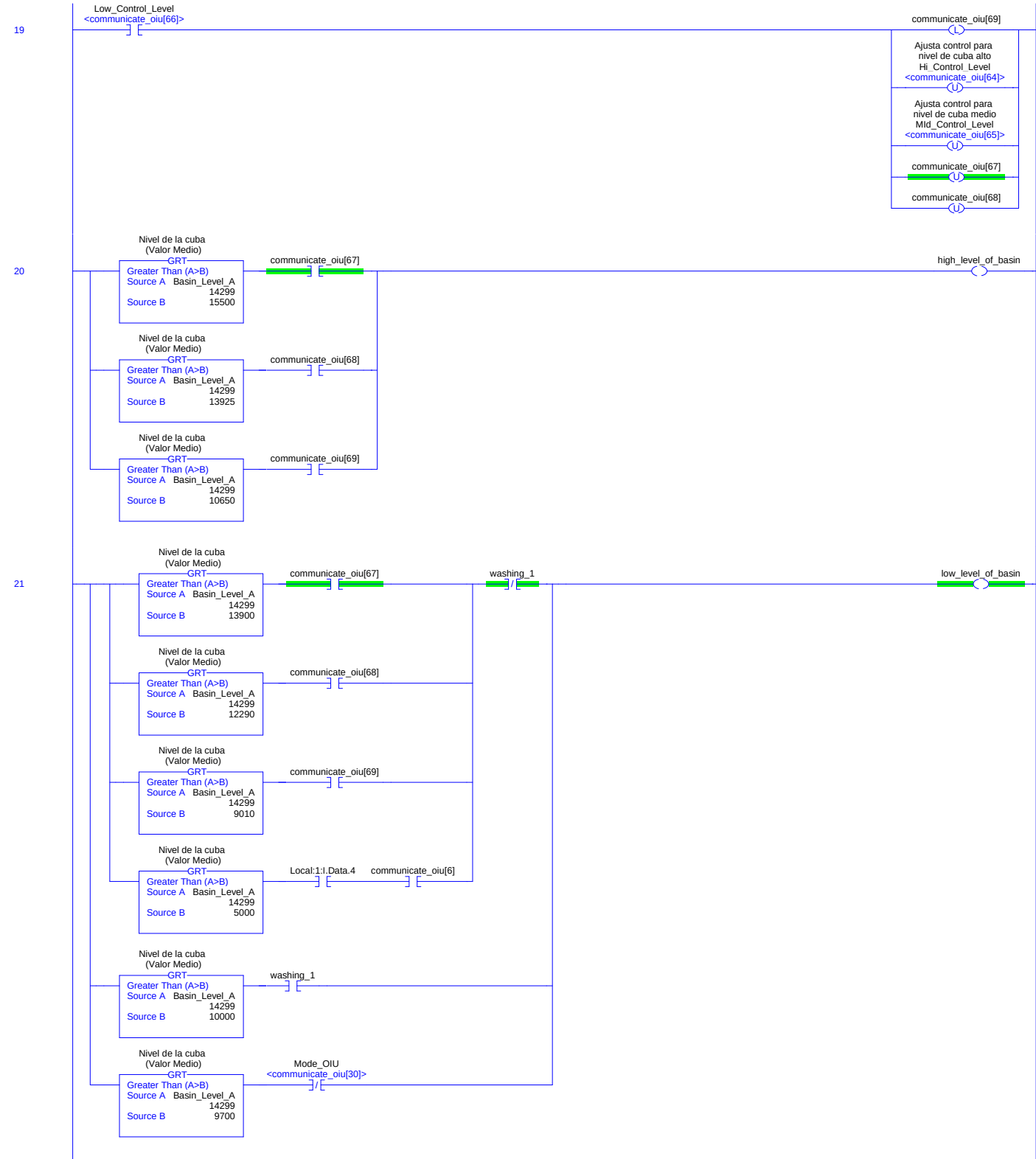
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

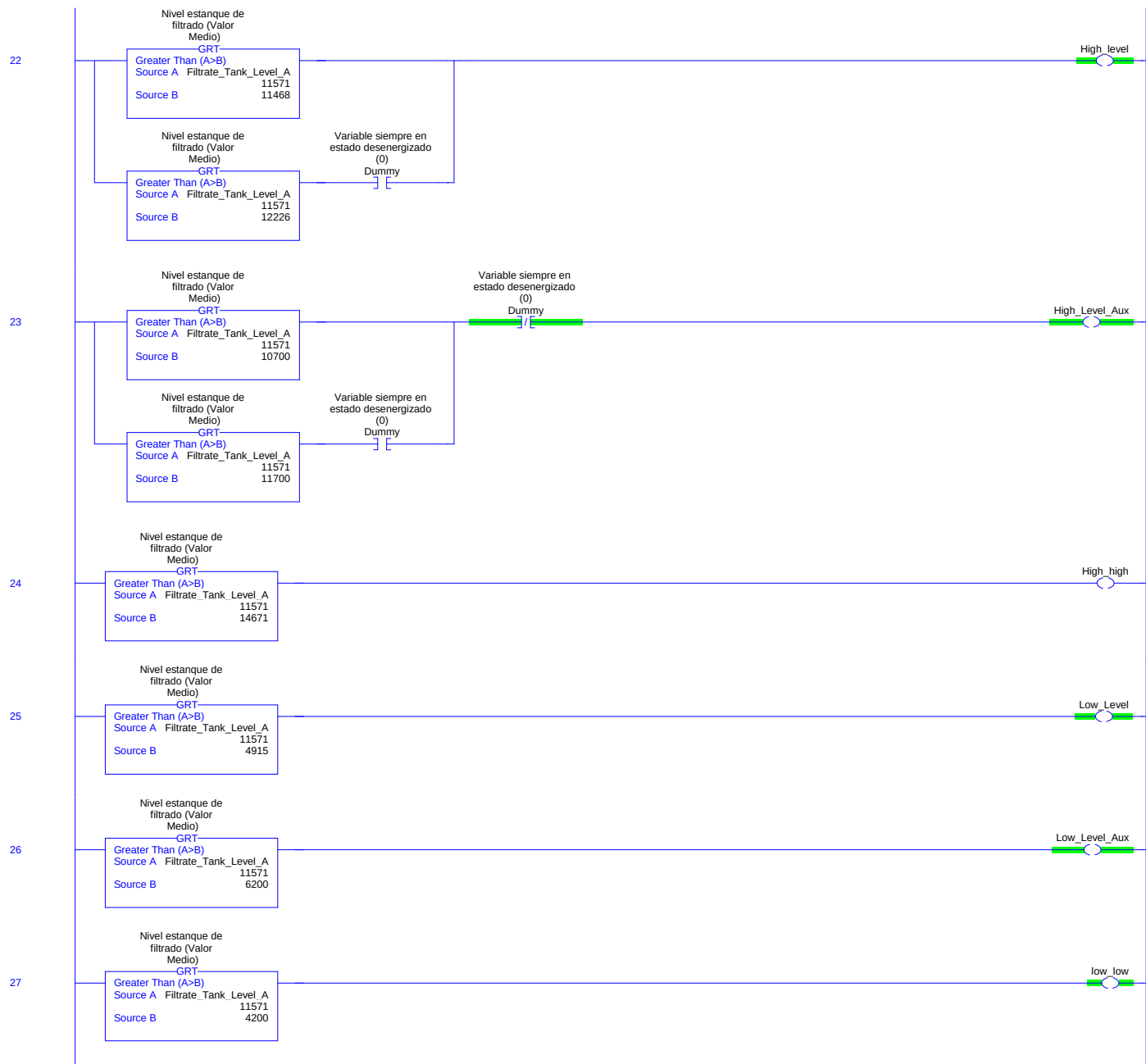
Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 4

23-10-2013 10:04:55





MainRoutine - Ladder Diagram

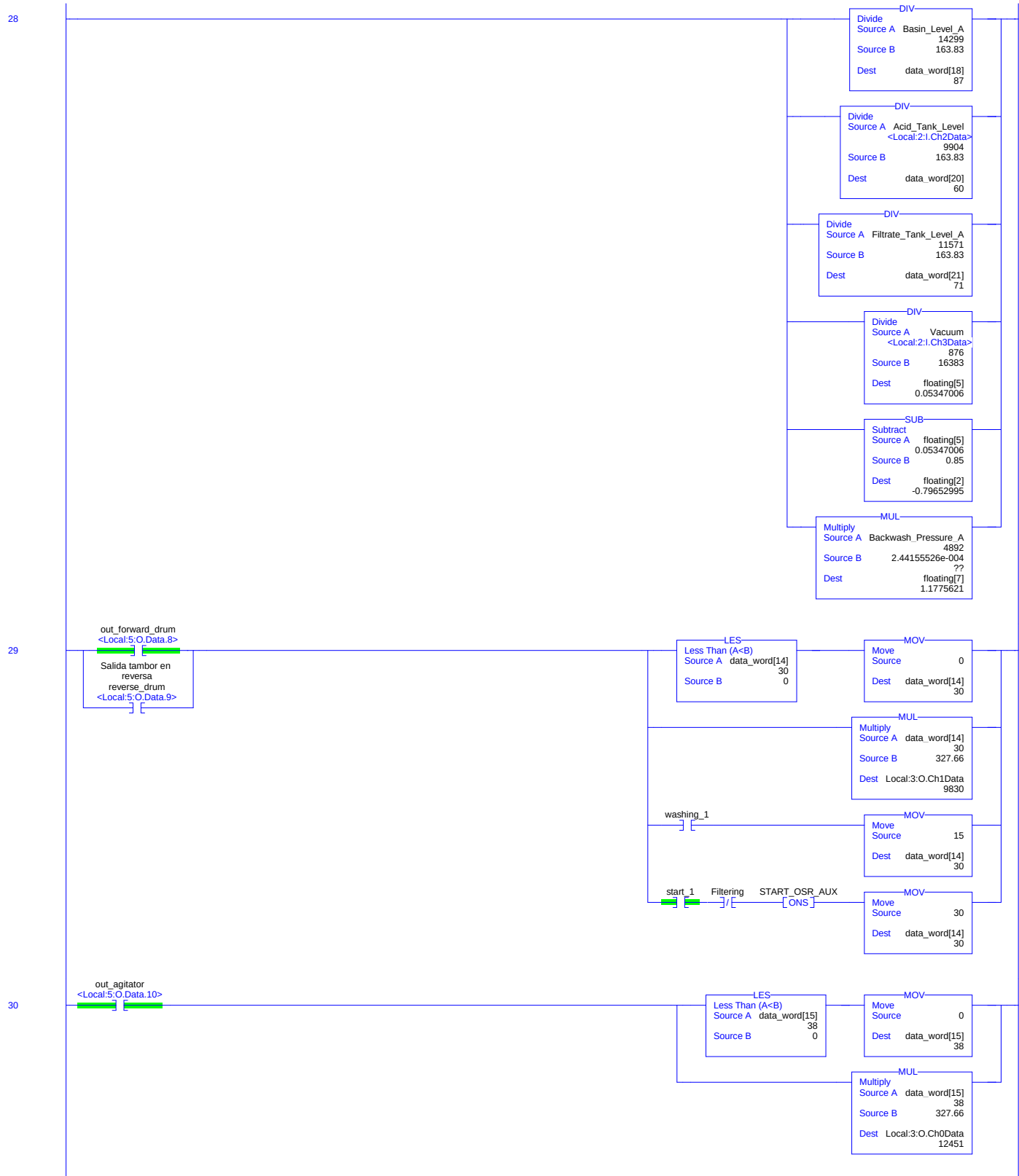
Ceramic_Filter;MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

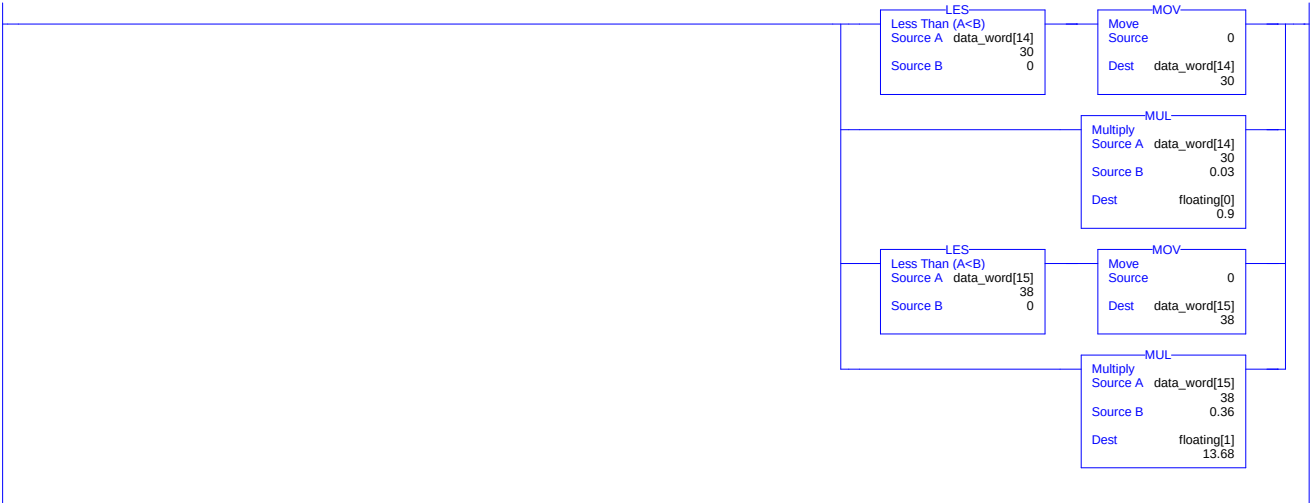
Page 6

23-10-2013 10:04:55

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD



31



MainRoutine - Ladder Diagram

Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

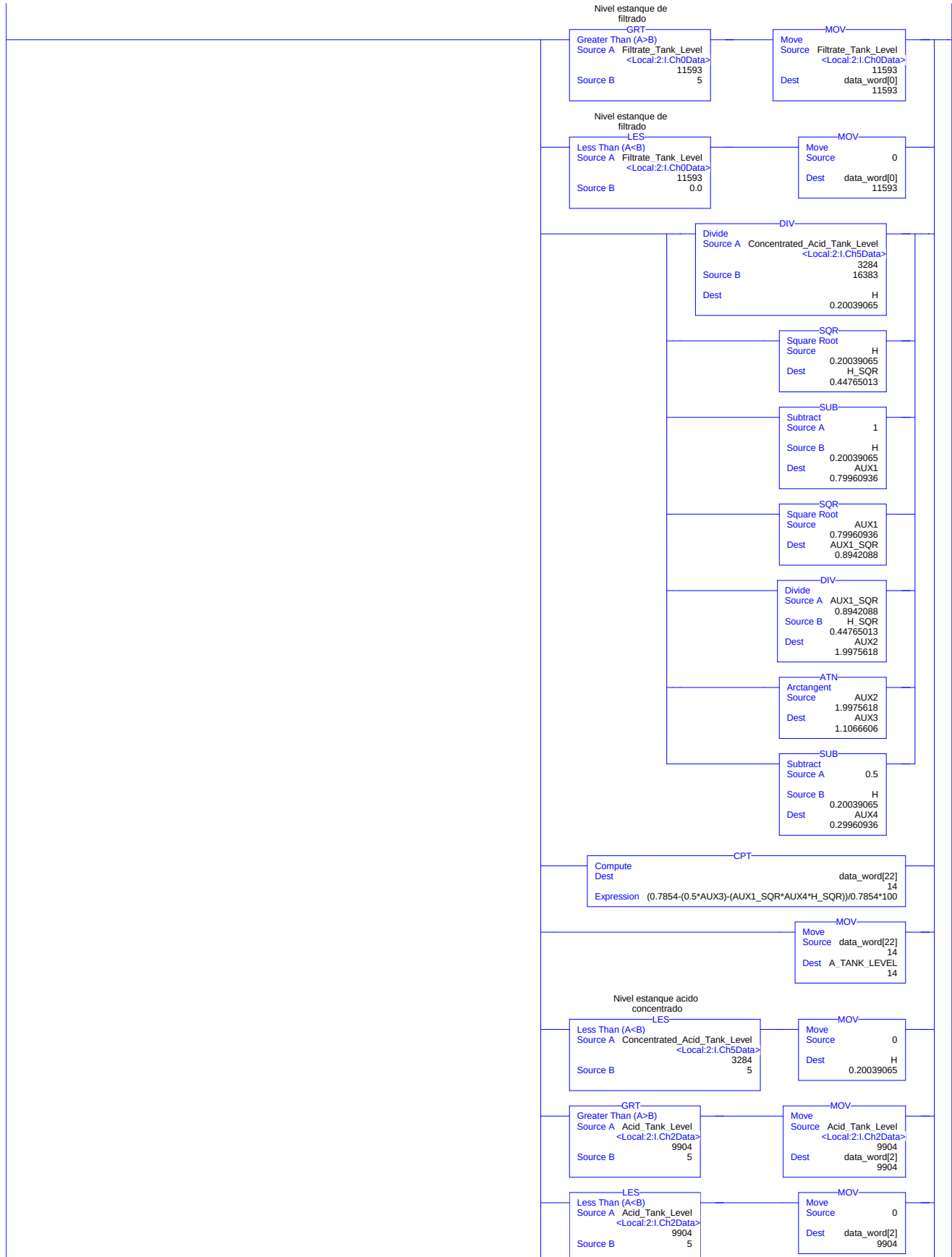
Total number of rungs in routine: 140

Page 8

23-10-2013 10:04:55

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

32



MainRoutine - Ladder Diagram

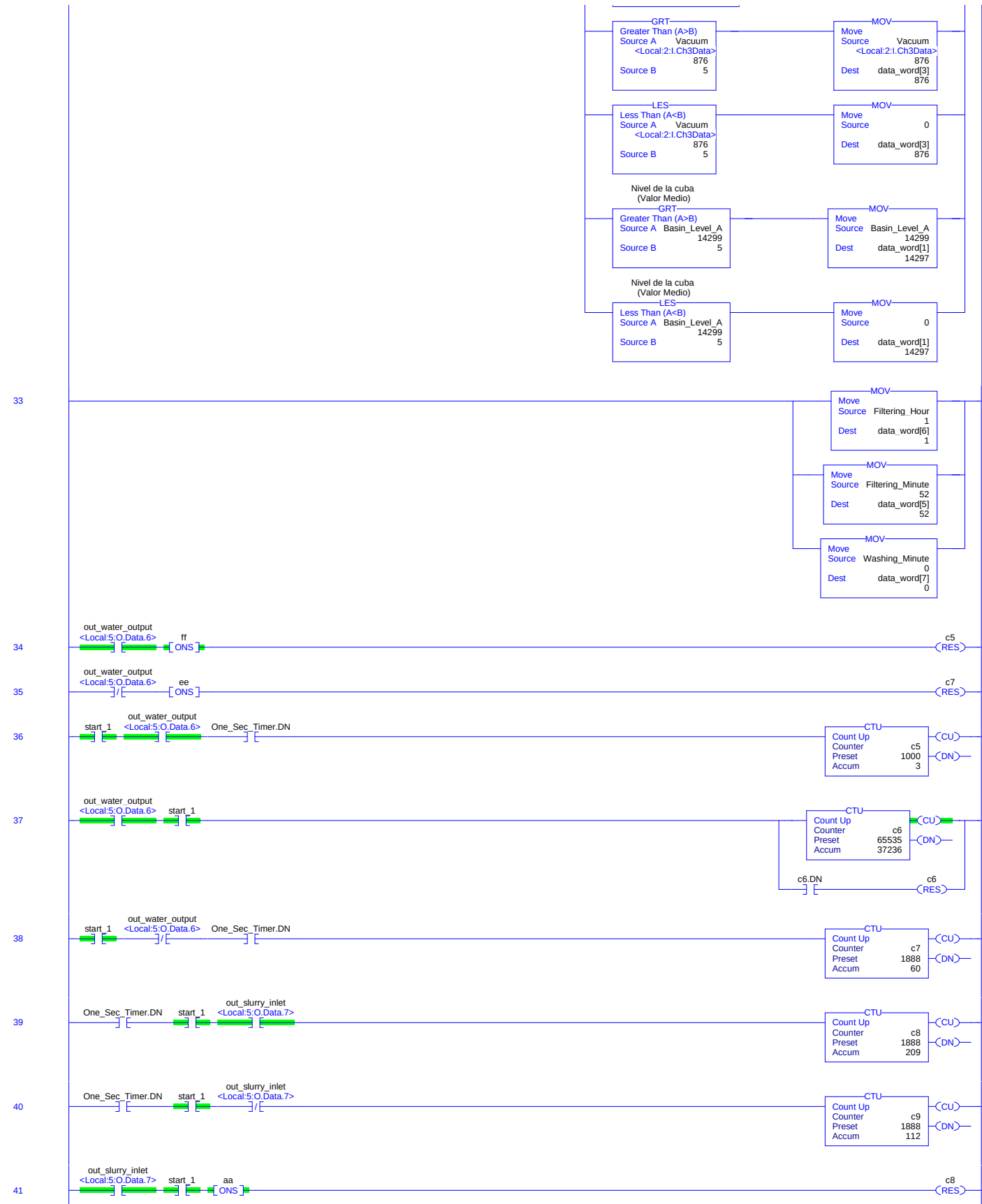
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 9

23-10-2013 10:04:55



MainRoutine - Ladder Diagram

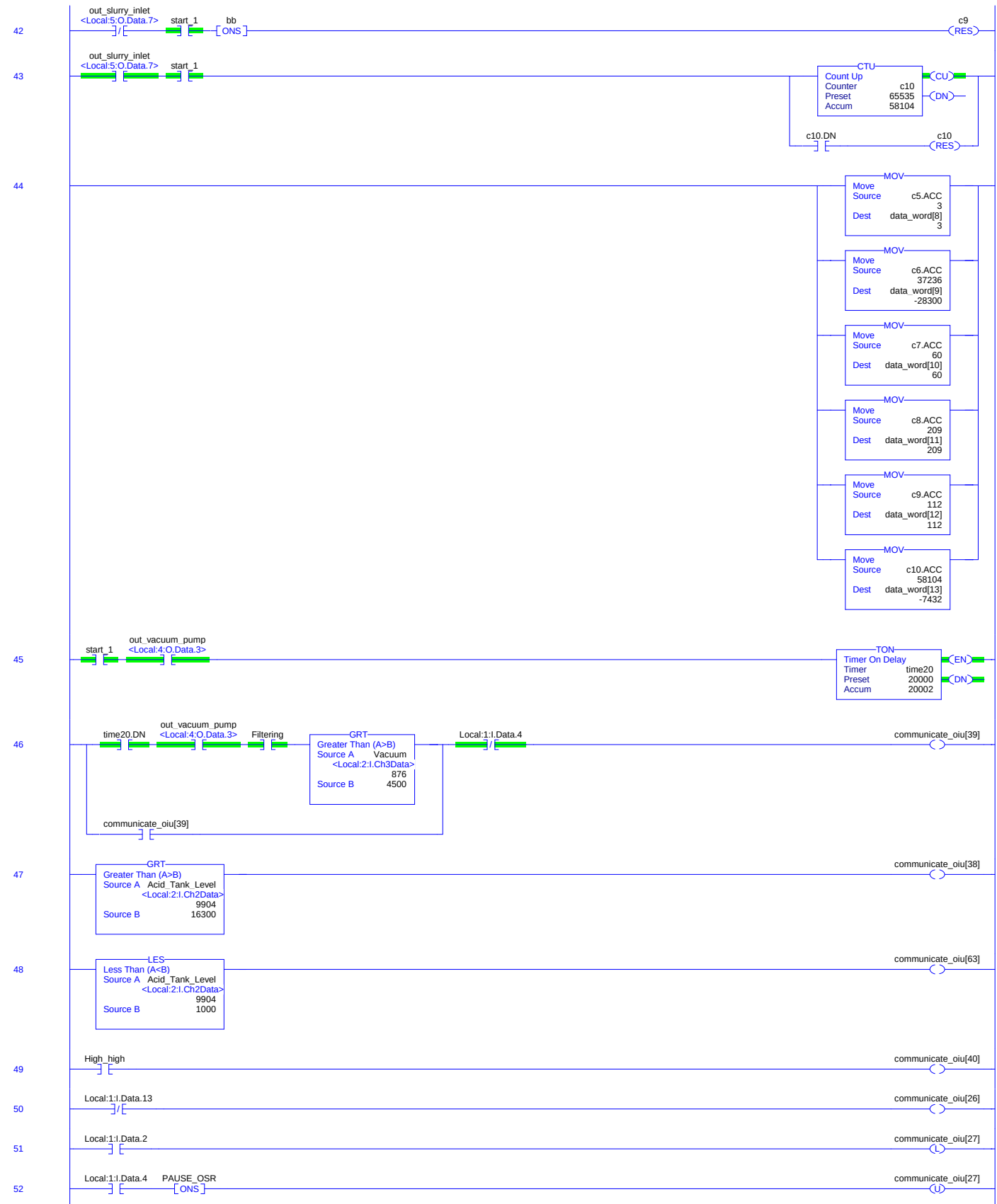
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 10

23-10-2013 10:04:55



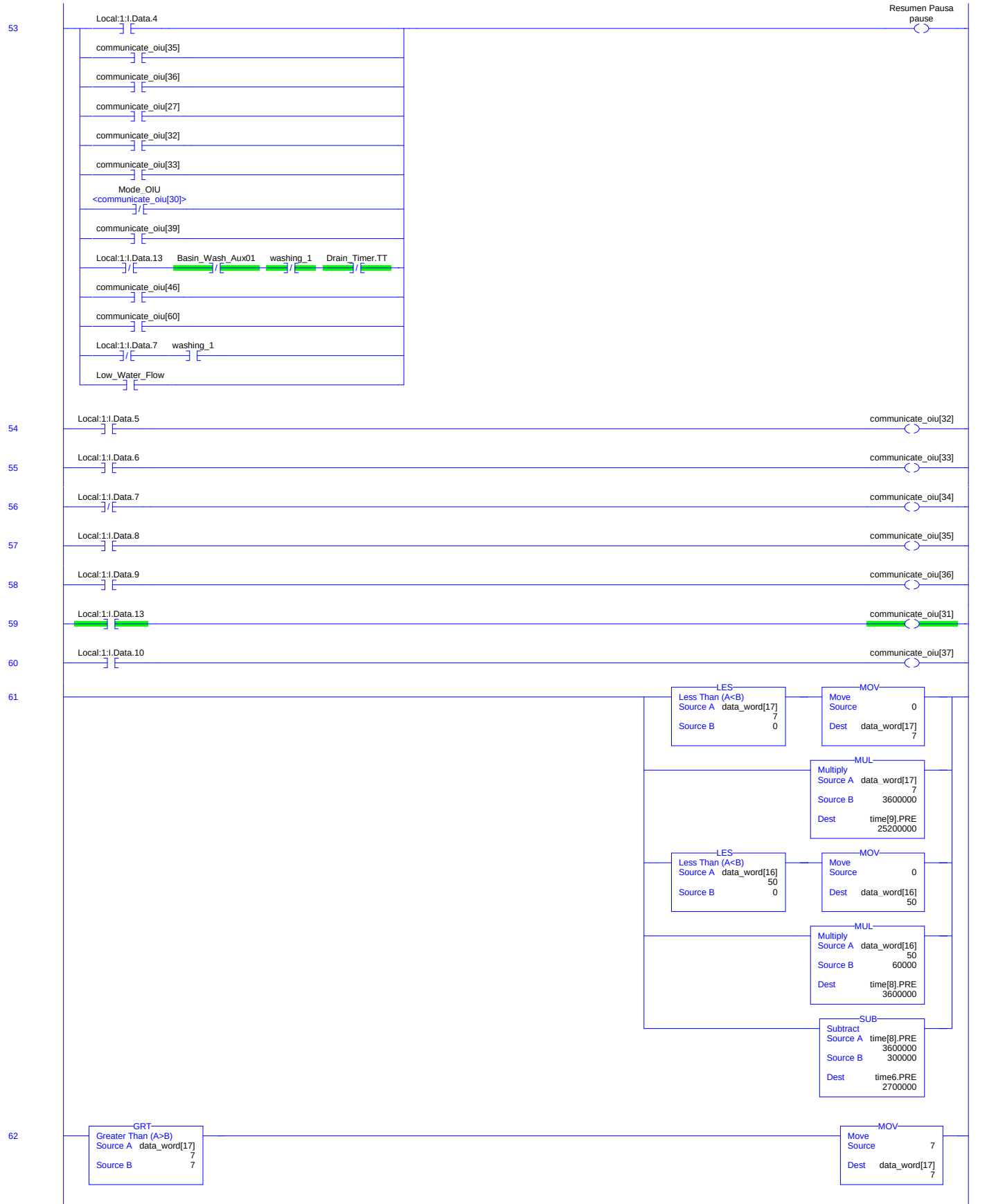
MainRoutine - Ladder Diagram

Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

23-10-2013 10:04:55



MainRoutine - Ladder Diagram

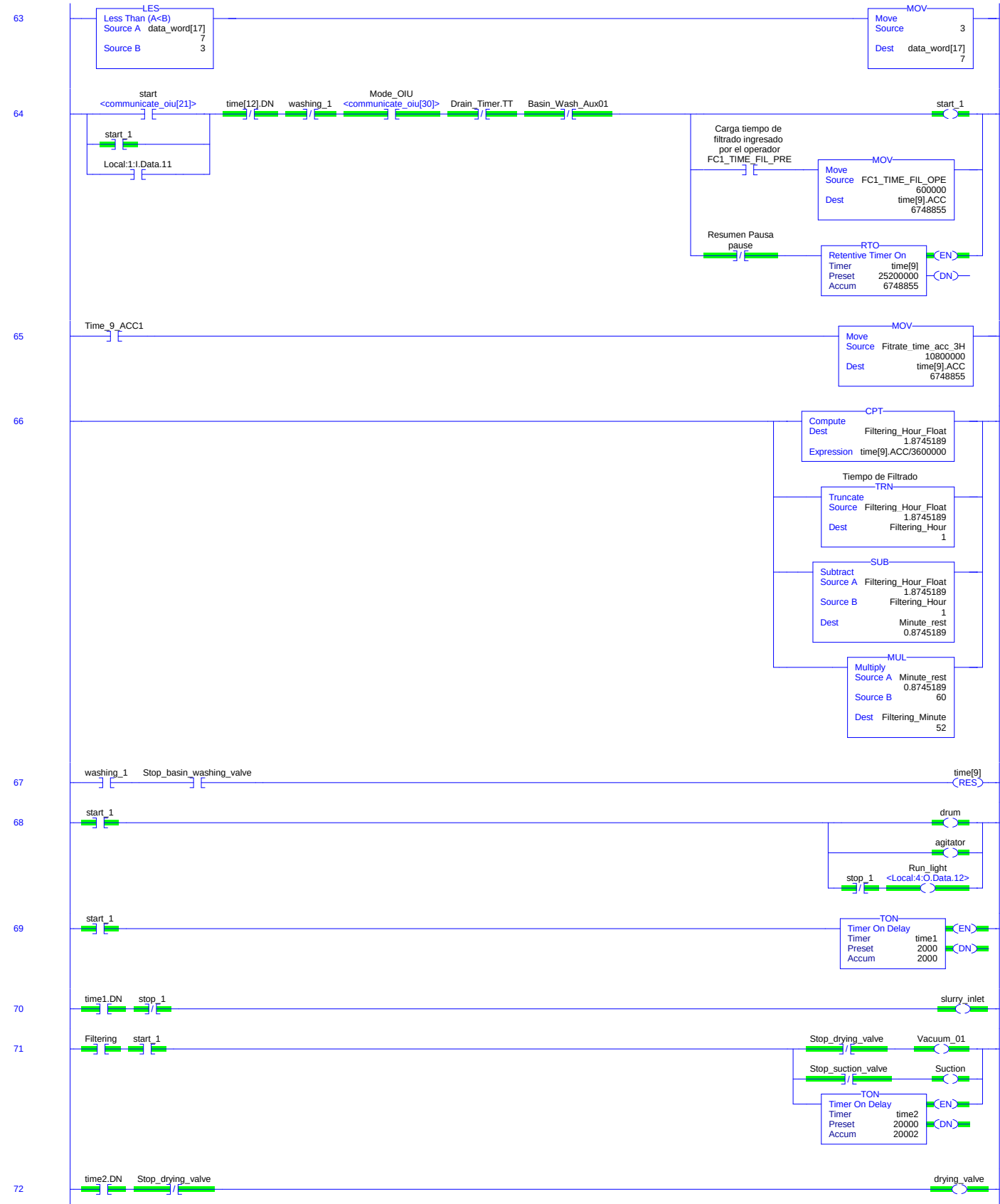
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 12

23-10-2013 10:04:56



MainRoutine - Ladder Diagram

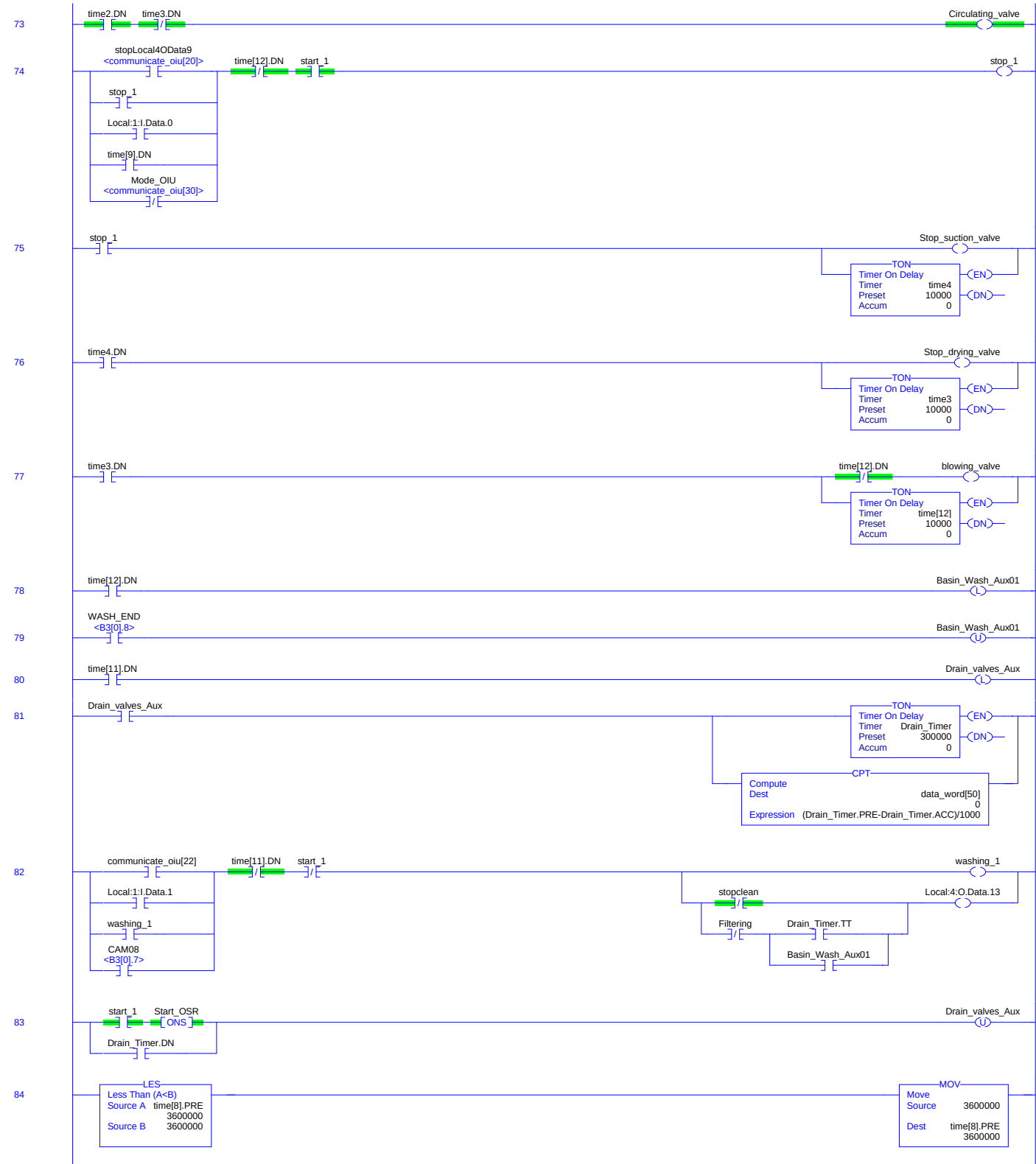
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 13

23-10-2013 10:04:56



MainRoutine - Ladder Diagram

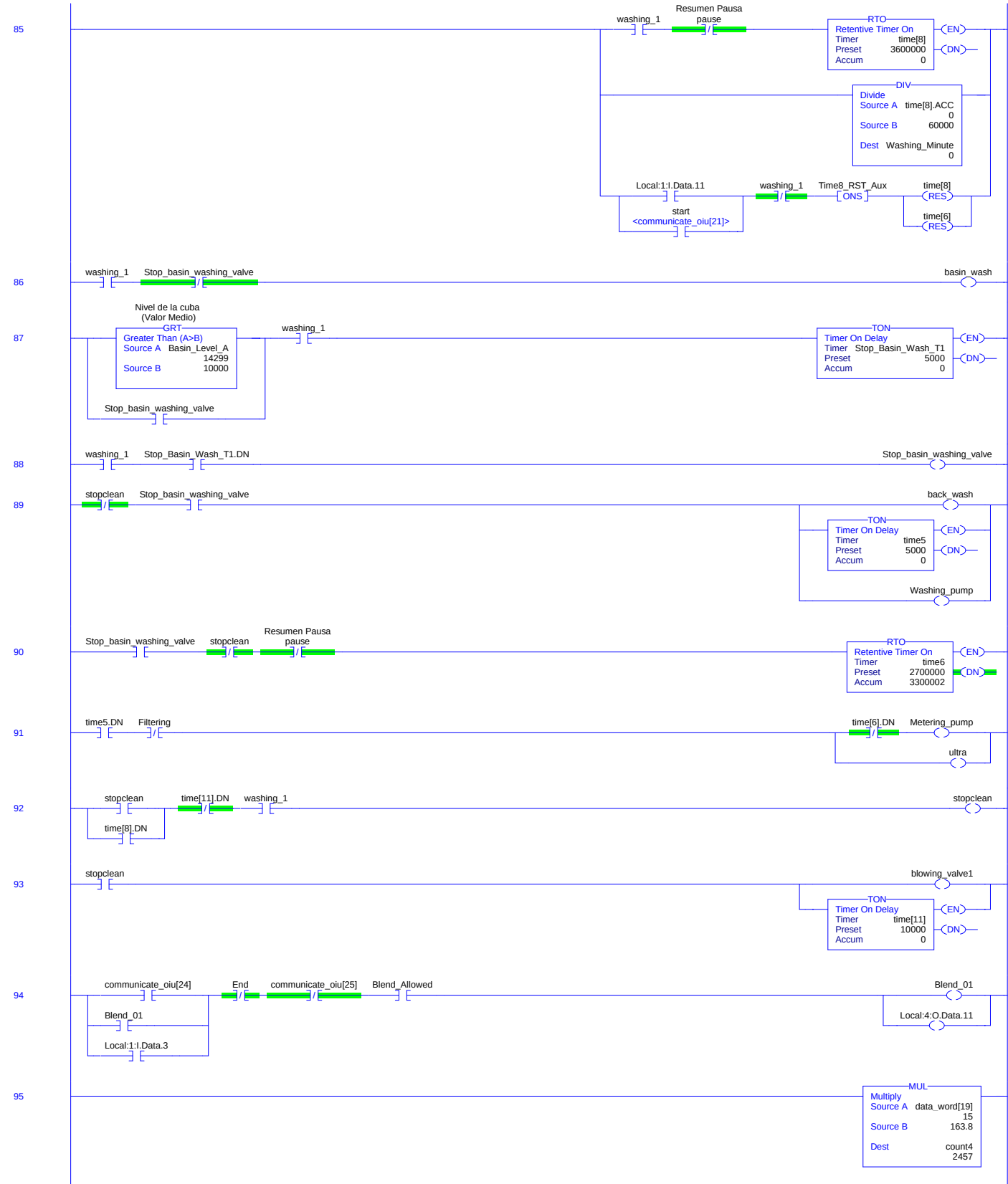
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 14

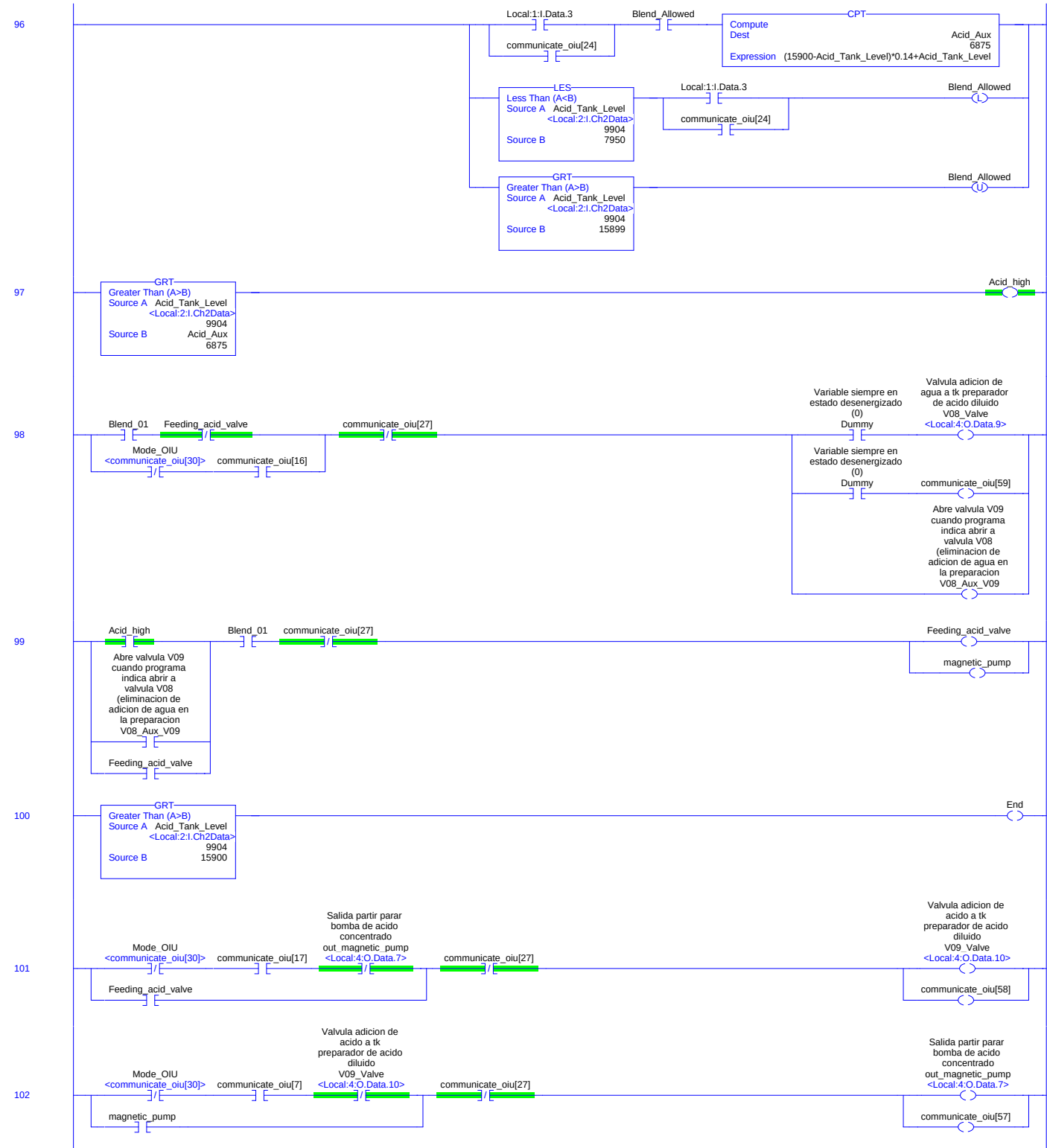
23-10-2013 10:04:56



Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

23-10-2013 10:04:57



MainRoutine - Ladder Diagram

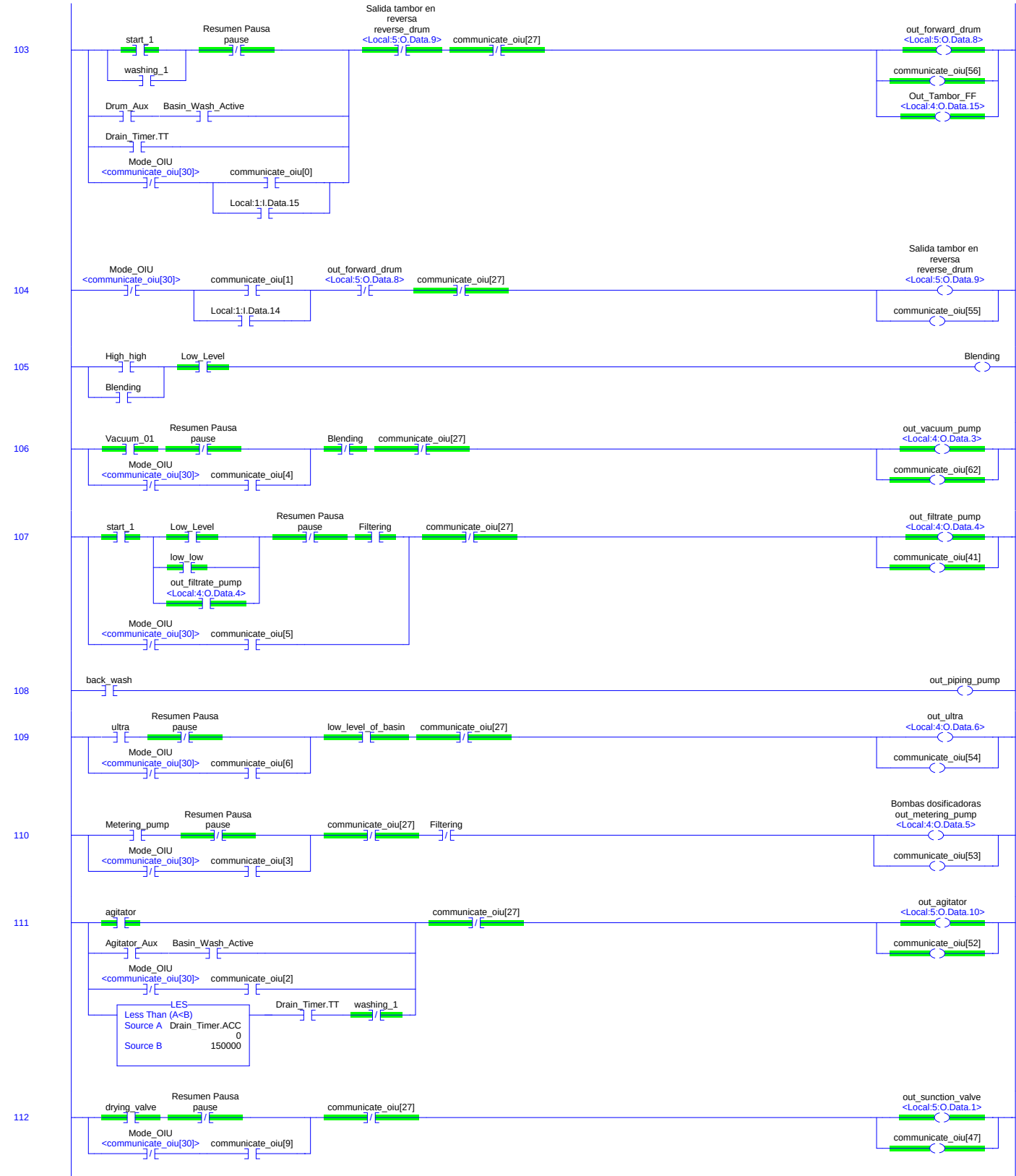
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 16

23-10-2013 10:04:57



MainRoutine - Ladder Diagram

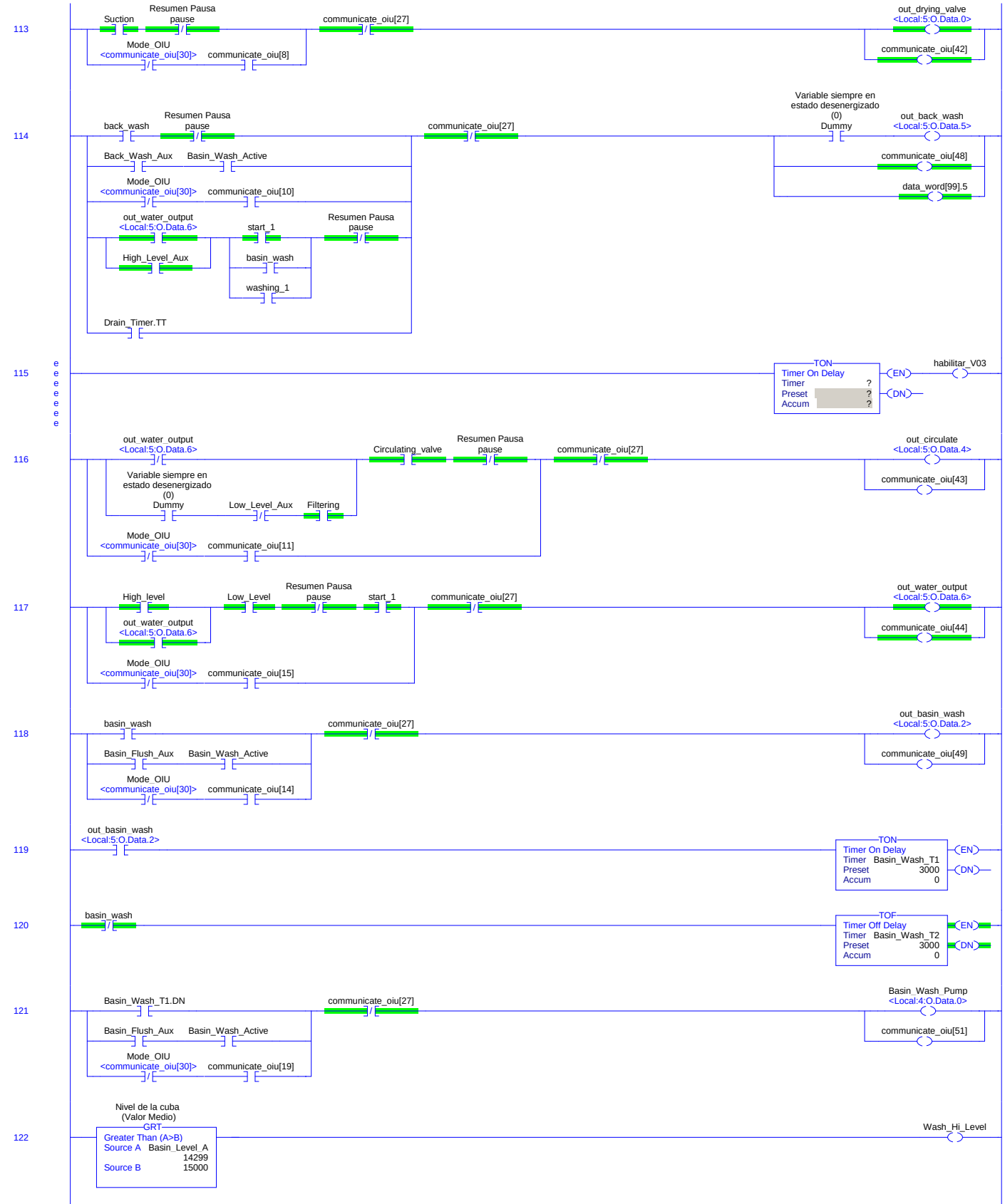
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 17

23-10-2013 10:04:57



MainRoutine - Ladder Diagram

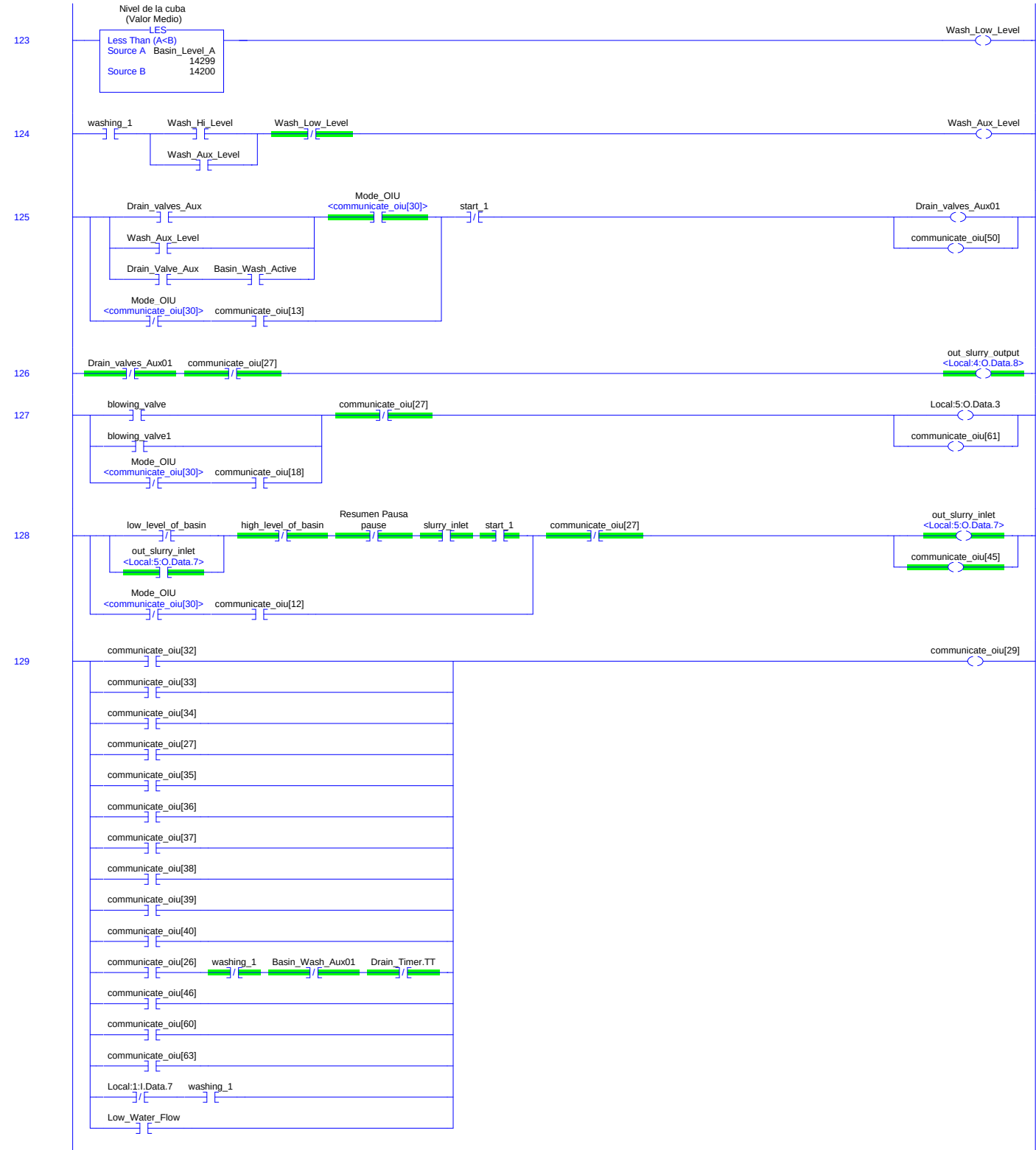
Ceramic_Filter:MainTask:MainProgram

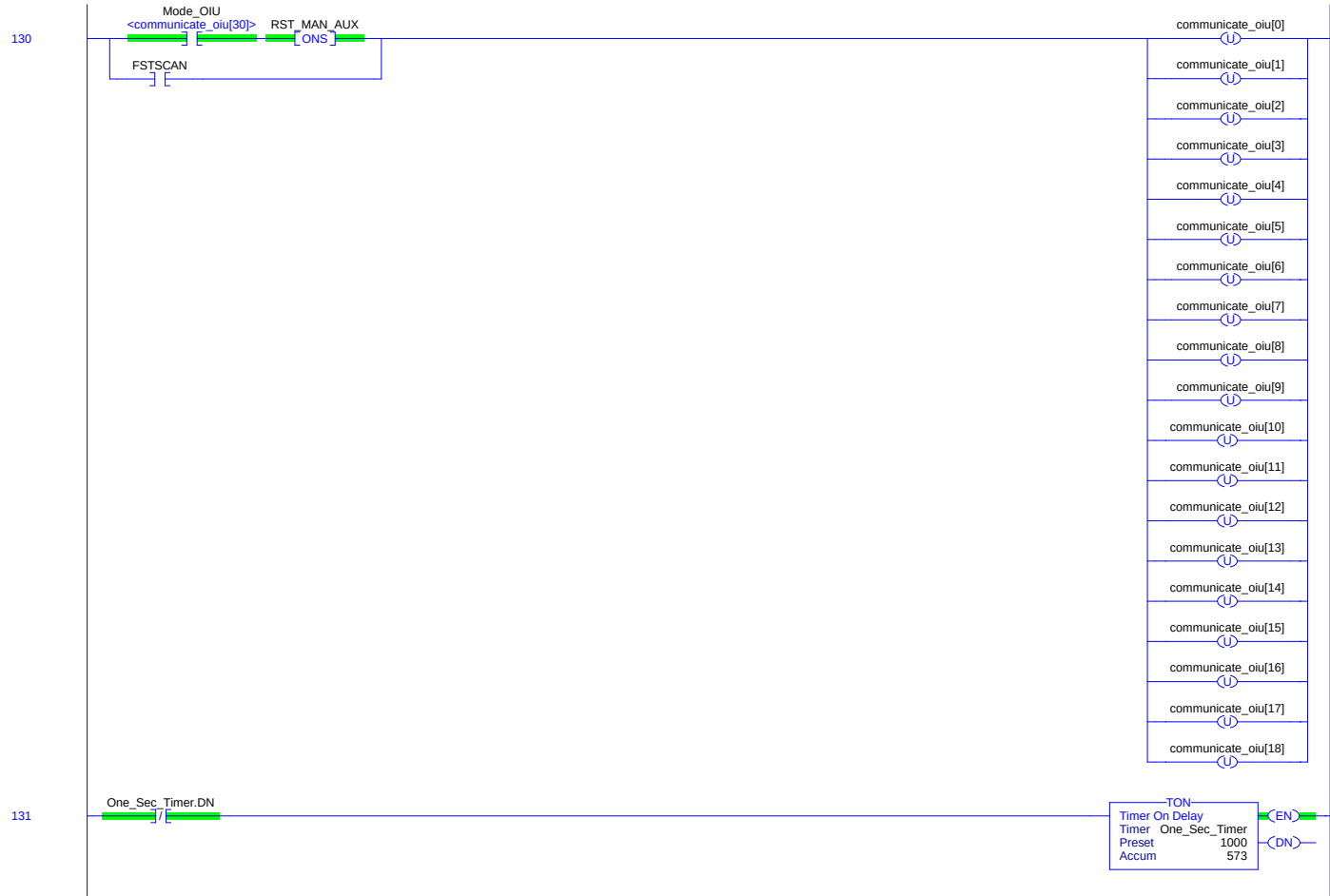
Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

Page 18

23-10-2013 10:04:58

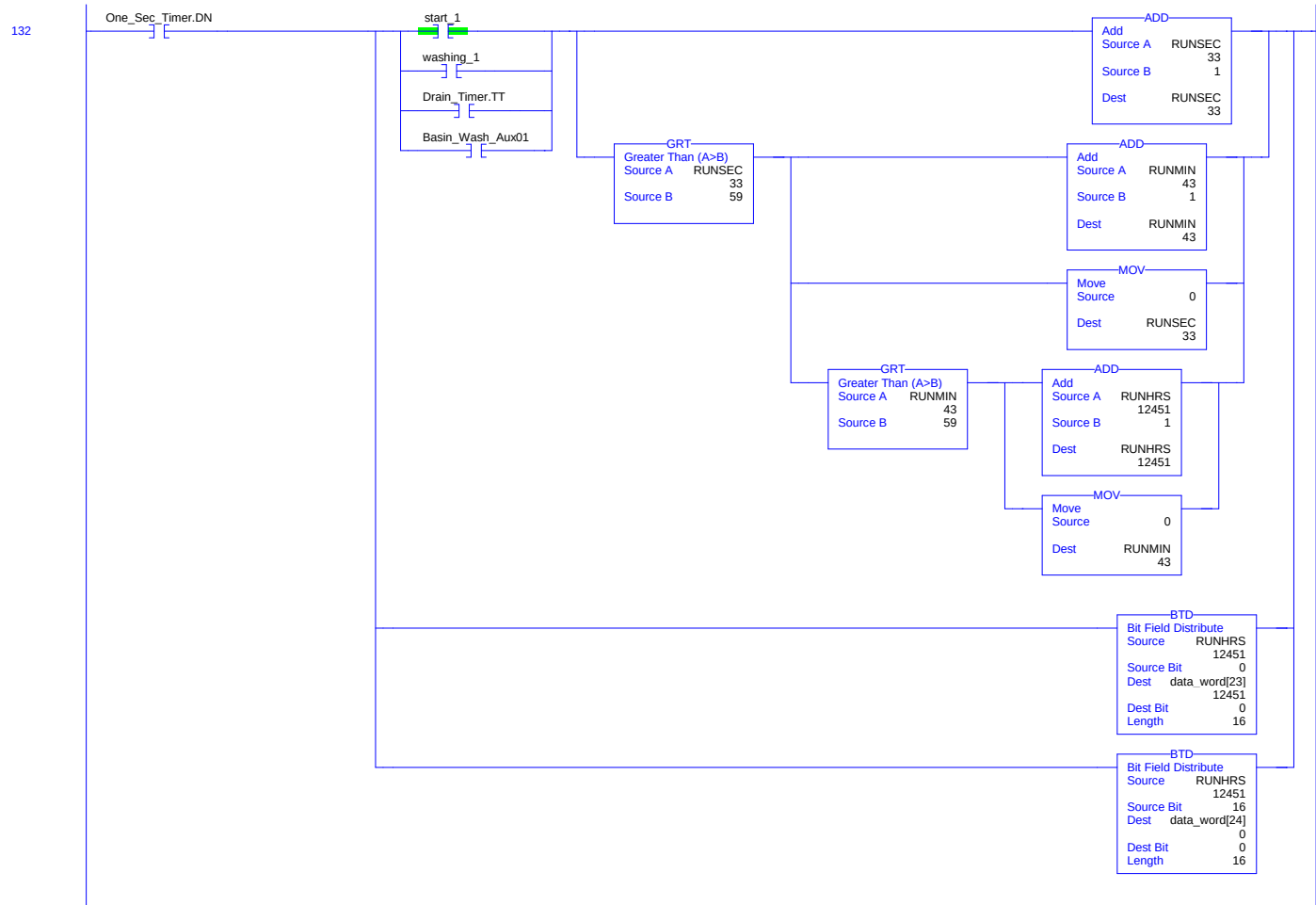




MainRoutine - Ladder Diagram

Ceramic_Filter;MainTask:MainProgram

Total number of rungs in routine: 140



MainRoutine - Ladder Diagram

Ceramic_Filter;MainTask;MainProgram

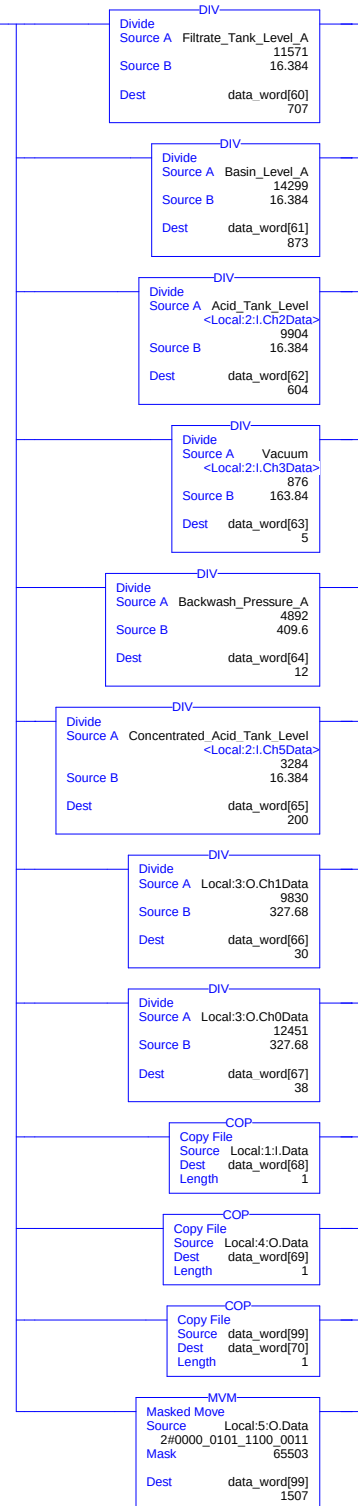
Total number of rungs in routine: 140

D:\Users\Pepe\Desktop\Memoria\04 - Memoria\CD\ANEXOS\Ceramic_Filter_1.ACD

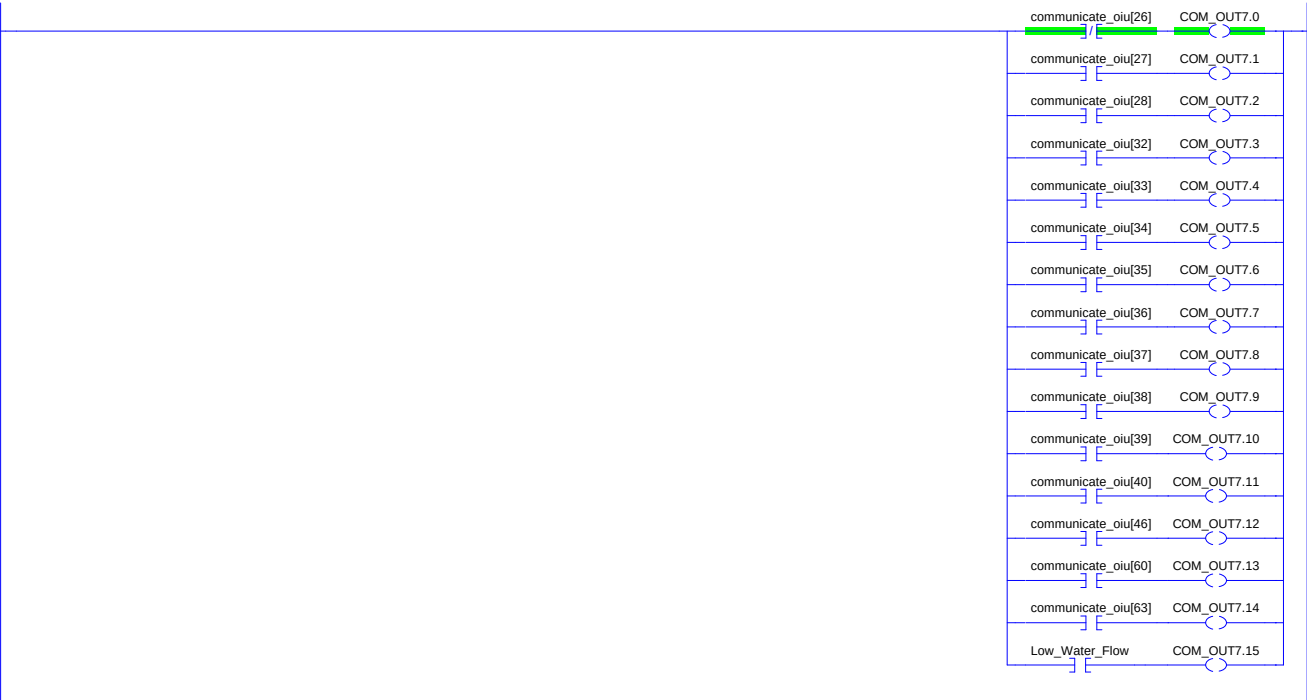
Page 21

23-10-2013 10:04:59

133



134



135

-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[60]
707
Source Bit 0
Dest COM_OUT1
57213634
Dest Bit 0
Length 16

-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[61]
873
Source Bit 0
Dest COM_OUT1
57213634
Dest Bit 16
Length 16

-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[62]
604
Source Bit 0
Dest COM_OUT2
328284
Dest Bit 0
Length 16

-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[63]
5
Source Bit 0
Dest COM_OUT2
328284
Dest Bit 16
Length 16

-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[64]
12
Source Bit 0
Dest COM_OUT3
13107212
Dest Bit 0
Length 16

-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[65]
200
Source Bit 0
Dest COM_OUT3
13107212
Dest Bit 16
Length 16

-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[66]
30
Source Bit 0
Dest COM_OUT4
2490398
Dest Bit 0
Length 16

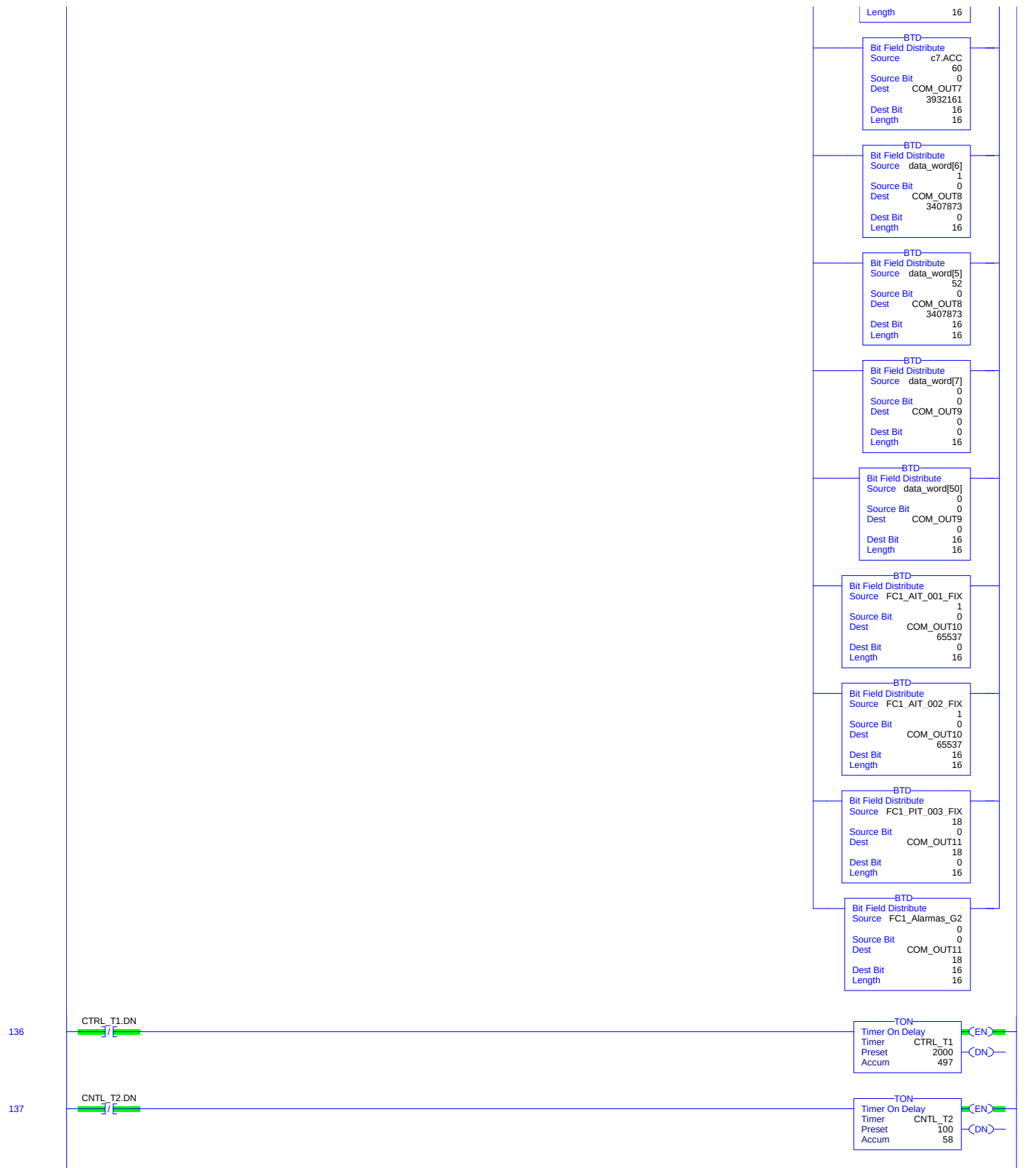
-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[67]
38
Source Bit 0
Dest COM_OUT4
2490398
Dest Bit 16
Length 16

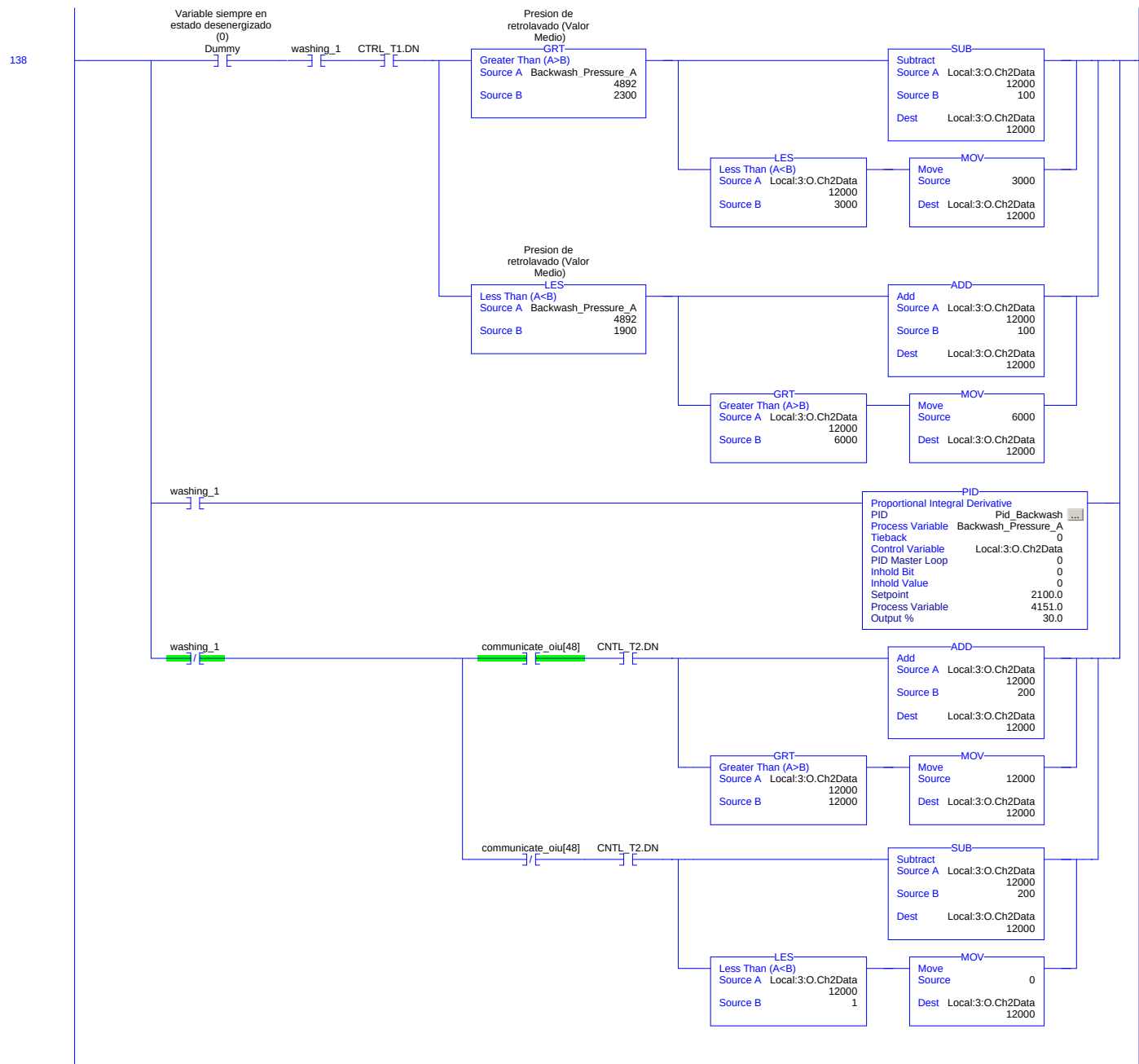
-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[4]
0
Source Bit 0
Dest COM_OUT5
813694976
Dest Bit 0
Length 16

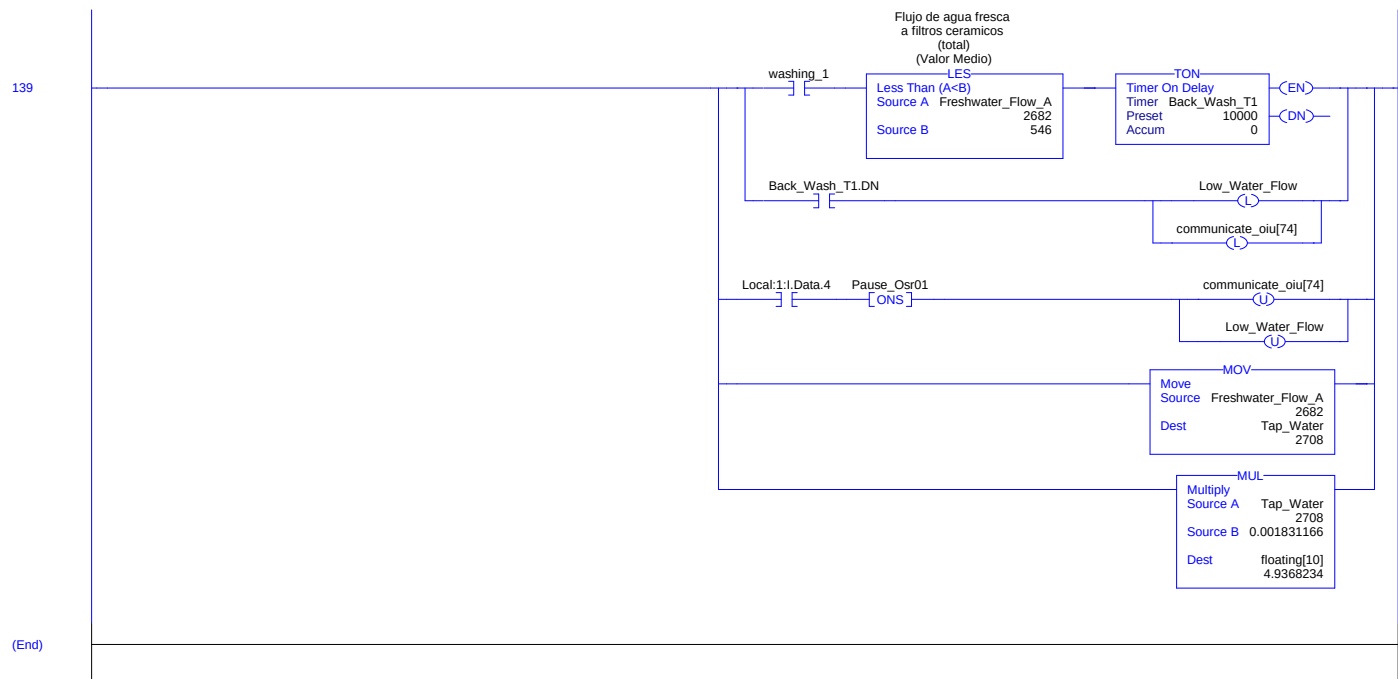
-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[68]
12416
Source Bit 0
Dest COM_OUT5
813694976
Dest Bit 16
Length 16

-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[69]
-26392
Source Bit 0
Dest COM_OUT6
98799896
Dest Bit 0
Length 16

-BTD
Bit Field Distribute
Source data_word[70]
1507
Source Bit 0
Dest COM_OUT6
98799896
Dest Bit 16







	TAG	TIPO	ESCALA	DESCRIPCIÓN
FILTRO CERÁMICO 1	FC1-BTN_PDE	DI	0-110[V] AC	Botón local de parada de emergencia
	FC1-BBA_ANC	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de ácido concentrado 1
	FC1-BBA_AND	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de ácido diluido local 1
	FC1-BBA_VAC	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de vacío
	FC1-BBA_FIL	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de filtrado
	FC1-BBA_LDC	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de lavado de cuba
	FC1-BBA_ANC-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de ácido nítrico concentrado 1
	FC1-BBA_AND-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de ácido nítrico diluido local 1
	FC1-BBA_VAC-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de vacío
	FC1-BBA_FIL-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de filtrado
	FC1-BBA_LDC-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de lavado de cuba
	FC1-VDF_AGI	DO	0-110[V] AC	Partir/parar agitador de pulpa
	FC1-VDF_TAM-FOR	DO	0-110[V] AC	Partir/parar giro hacia delante de tambor
	FC1-VDF_TAM-REV	DO	0-110[V] AC	Partir/parar giro hacia atrás de tambor
	FC1-VDF_AGI-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga VDF agitador
	FC1-VDF_TAM-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga VDF tambor
	FC1-VDF_TAM-FOR-IND	DI	0-110[V] AC	Indicador de giro hacia delante de tambor
	FC1-VDF_TAM-REV-IND	DI	0-110[V] AC	Indicador de giro hacia atrás de tambor
	FC1-VDF_AGI-REF	AO	4-20[mA] DC	Referencia de velocidad de giro de agitador
	FC1-VDF_TAM-REF	AO	4-20[mA] DC	Referencia de velocidad de giro de tambor
	FC1-LIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de estanque de ácido nítrico local 1
	FC1-LIT-102	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de estanque de filtrado
	FC1-LIT-103	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de cuba de pulpa
	FC1-PIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión de vacío
	FC1-PIT-102	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión de retrolavado
	FC1-PDIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión diferencial en filtros de agua de retrolavado
	FC1-AIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de turbiedad lado Río Blanco
	FC1-AIT-102	AI	4-20[mA] DC	Indicador de turbiedad lado Saladillo
	FC1-GNR_ULS	DO	0-110[V] AC	Partir/parar generador ultrasónico
	FC1-BTN_STO	DI	0-110[V] AC	Botón local de detención
	FC1-SEL_PAU	DI	0-110[V] AC	Selector local de pausa
	FC1-BTN_MEZ	DI	0-110[V] AC	Botón local de inicio de mezcla de ácido
	FC1-BTN_OPE	DI	0-110[V] AC	Botón local de inicio de operación de filtrado
	FC1-BTN_REG	DI	0-110[V] AC	Botón local de inicio de regeneración de placas (lavado combinado)
	FC1-LUZ_MEZ	DO	0-110[V] AC	Luz indicadora de ejecución de mezcla de ácido
	FC1-LUZ_OPE	DO	0-110[V] AC	Luz indicadora de ejecución de filtrado
	FC1-LUZ_REG	DO	0-110[V] AC	Luz indicadora de ejecución de regeneración de placas (lavado combinado)
	FC1-C11_FUN	DI	0-110[V] AC	Indicador de correa 11 funcionando
	FC1-V01	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvula de succión
	FC1-V02	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvula de secado
	FC1-V03	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvula de recirculación
	FC1-V04	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvula de retrolavado
	FC1-V05	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvula de lavado de colector de drenaje
	FC1-V06	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvula de lavado de cuba
	FC1-V07	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvula de descarga de filtrado
	FC1-V09	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvula de ácido diluido para estanques locales
	FC1-V10	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa
	FC1-V11			Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa
	FC1-V12			Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa
	FC1-V13	DO	0-24[V] DC	Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa
	FC1-V14			Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa
FILTRO CERÁMICO 2	FC2-BTN_PDE	DI	0-110[V] AC	Botón local de parada de emergencia
	FC2-BBA_ANC	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de ácido concentrado 2
	FC2-BBA_AND	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de ácido diluido local 2
	FC2-BBA_VAC	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de vacío
	FC2-BBA_FIL	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de filtrado
	FC2-BBA_LDC	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de lavado de cuba
	FC2-BBA_ANC-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de ácido nítrico concentrado 2
	FC2-BBA_AND-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de ácido nítrico diluido local 2
	FC2-BBA_VAC-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de vacío
	FC2-BBA_FIL-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de filtrado
	FC2-BBA_LDC-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de lavado de cuba
	FC2-VDF_AGI	DO	0-110[V] AC	Partir/parar agitador de pulpa
	FC2-VDF_TAM-FOR	DO	0-110[V] AC	Partir/parar giro hacia delante de tambor
	FC2-VDF_TAM-REV	DO	0-110[V] AC	Partir/parar giro hacia atrás de tambor
	FC2-VDF_AGI-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga VDF agitador
	FC2-VDF_TAM-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga VDF tambor
	FC2-VDF_TAM-FOR-IND	DI	0-110[V] AC	Indicador de giro hacia delante de tambor
	FC2-VDF_TAM-REV-IND	DI	0-110[V] AC	Indicador de giro hacia atrás de tambor
	FC2-VDF_AGI-REF	AO	4-20[mA] DC	Referencia de velocidad de giro de agitador
	FC2-VDF_TAM-REF	AO	4-20[mA] DC	Referencia de velocidad de giro de tambor
	FC2-LIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de estanque de ácido nítrico local 1
	FC2-LIT-102	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de estanque de filtrado
	FC2-LIT-103	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de cuba de pulpa
	FC2-PIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión de vacío
	FC2-PIT-102	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión de retrolavado
	FC2-PDIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión diferencial en filtros de agua de retrolavado
	FC2-AIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de turbiedad lado Río Blanco
	FC2-AIT-102	AI	4-20[mA] DC	Indicador de turbiedad lado Saladillo
	FC2-GNR_ULS	DO	0-110[V] AC	Partir/parar generador ultrasónico
	FC2-BTN_STO	DI	0-110[V] AC	Botón local de detención
	FC2-SEL_PAU	DI	0-110[V] AC	Selector local de pausa

FILTRO CERÁMICO 3	FC2-BTN_MEZ	DI	0-110[V]	AC	Botón local de inicio de mezcla de ácido
	FC2-BTN_OPE	DI	0-110[V]	AC	Botón local de inicio de operación de filtrado
	FC2-BTN_REG	DI	0-110[V]	AC	Botón local de inicio de regeneración de placas (lavado combinado)
	FC2-LUZ_MEZ	DO	0-110[V]	AC	Luz indicadora de ejecución de mezcla de ácido
	FC2-LUZ_OPE	DO	0-110[V]	AC	Luz indicadora de ejecución de filtrado
	FC2-LUZ_REG	DO	0-110[V]	AC	Luz indicadora de ejecución de regeneración de placas (lavado combinado)
	FC2-C11_FUN	DI	0-110[V]	AC	Indicador de correa 11 funcionando
	FC2-V01	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de succión
	FC2-V02	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de secado
	FC2-V03	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de recirculación
	FC2-V04	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de retrolavado
	FC2-V05	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de lavado de colector de drenaje
	FC2-V06	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de lavado de cuba
	FC2-V07	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de descarga de filtrado
FILTRO CERÁMICO 3	FC2-V09	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de ácido diluido para estanques locales
	FC2-V10	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa
	FC2-V11				Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa
	FC2-V12				Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa
	FC2-V13	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa
	FC2-V14				Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa
	FIT-001	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de flujo de agua fresca a filtros cerámicos
	LIT-001	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de nivel de estanque alimentador de ácido nítrico diluido
	FC3-BTN_PDE	DI	0-110[V]	AC	Botón local de parada de emergencia
	FC3-BBA_AND	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar bomba de ácido diluido local 3
	FC3-BBA_VAC	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar bomba de vacío
	FC3-BBA_FIL	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar bomba de filtrado
	FC3-BBA_LDC	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar bomba de lavado de cuba
	FC3-BBA_AND-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba de ácido nítrico diluido local 3
	FC3-BBA_VAC-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba de vacío
FILTRO CERÁMICO 3	FC3-BBA_FIL-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba de filtrado
	FC3-BBA_LDC-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba de lavado de cuba
	FC3-VDF_AGI	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar agitador de pulpa
	FC3-VDF_TAM-FOR	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar giro hacia delante de tambor
	FC3-VDF_TAM-REV	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar giro hacia atrás de tambor
	FC3-VDF_AGI-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga VDF agitador
	FC3-VDF_TAM-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga VDF tambor
	FC3-VDF_TAM-FOR-IND	DI	0-110[V]	AC	Indicador de giro hacia delante de tambor
	FC3-VDF_TAM-REV-IND	DI	0-110[V]	AC	Indicador de giro hacia atrás de tambor
	FC3-VDF_AGI-REF	AO	4-20[mA]	DC	Referencia de velocidad de giro de agitador
	FC3-VDF_TAM-REF	AO	4-20[mA]	DC	Referencia de velocidad de giro de tambor
	FC3-LIT-102	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de nivel de estanque de filtrado
	FC3-LIT-103	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de nivel de cuba de pulpa
	FC3-PIT-101	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de presión de vacío
	FC3-PIT-102	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de presión de retrolavado
FILTRO CERÁMICO 3	FC3-PDIT-101	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de presión diferencial en filtros de agua de retrolavado
	FC3-AIT-101	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de turbiedad lado Río Blanco
	FC3-AIT-102	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de turbiedad lado Saladillo
	FC3-GNR_ULS	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar generador ultrasónico
	FC3-BTN_STO	DI	0-110[V]	AC	Botón local de detención
	FC3-SEL_PAU	DI	0-110[V]	AC	Selector local de pausa
	FC3-BTN_MEZ	DI	0-110[V]	AC	Botón local de inicio de mezcla de ácido
	FC3-BTN_OPE	DI	0-110[V]	AC	Botón local de inicio de operación de filtrado
	FC3-BTN_REG	DI	0-110[V]	AC	Botón local de inicio de regeneración de placas (lavado combinado)
	FC3-LUZ_MEZ	DO	0-110[V]	AC	Luz indicadora de ejecución de mezcla de ácido
	FC3-LUZ_OPE	DO	0-110[V]	AC	Luz indicadora de ejecución de filtrado
	FC3-LUZ_REG	DO	0-110[V]	AC	Luz indicadora de ejecución de regeneración de placas (lavado combinado)
	FC3-C11_FUN	DI	0-110[V]	AC	Indicador de correa 11 funcionando
	FC3-V01	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de succión
	FC3-V02	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de secado
	FC3-V03	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de recirculación
	FC3-V04	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de retrolavado
	FC3-V05	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de lavado de colector de drenaje
	FC3-V06	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de lavado de cuba
	FC3-V07	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de descarga de filtrado
	FC3-V09	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvula de ácido diluido para estanques locales
	FC3-V10	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa
	FC3-V11				Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa
	FC3-V12				Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa
	FC3-V13	DO	0-24[V]	DC	Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa
	FC3-V14				Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa

47 ENTRADAS DISCRETAS
65 SALIDAS DISCRETAS
25 ENTRADAS ANALÓGAS
6 SALIDAS ANALÓGAS

143 TOTAL I/O

	TAG	TIPO	ESCALA	DESCRIPCIÓN
FILTRO CERÁMICO 1	4321-BTN_PDE-101-STA	DI	0-110[V] AC	Botón local de parada de emergencia
	4321-BBA_AND-101-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de ácido diluido local 1
	4321-BBA_VAC-101-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de vacío
	4321-BBA_FIL-101-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de filtrado
	4321-BBA_LDC-101-STA	DI	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de lavado de cuba
	4321-BBA_AND-101-FUN	DI	0-110[V] AC	Funcionando bomba de ácido nítrico diluido local 1
	4321-BBA_VAC-101-FUN	DI	0-110[V] AC	Funcionando bomba de vacío
	4321-BBA_FIL-101-FUN	DI	0-110[V] AC	Funcionando bomba de filtrado
	4321-BBA_LDC-101-FUN	DI	0-110[V] AC	Funcionando bomba de lavado de cuba
	4321-BBA_AND-101-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de ácido nítrico diluido local 1
	4321-BBA_VAC-101-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de vacío
	4321-BBA_FIL-101-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de filtrado
	4321-BBA_LDC-101-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de lavado de cuba
	4321-LIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de estanque de ácido nítrico local 1
	4321-LIT-102	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de estanque de filtrado
	4321-LIT-103	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de cuba de pulpa
	4321-PIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión de vacío
	4321-PIT-102	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión de retrolavado
	4321-PDIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión diferencial en filtros de agua de retrolavado
	4321-AIT-101	AI	4-20[mA] DC	Indicador de turbiedad lado Río Blanco
	4321-AIT-102	AI	4-20[mA] DC	Indicador de turbiedad lado Saladillo
	4321-GNR_ULS-101-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar generador ultrasónico
	4321-GNR_ULS-101-FUN	DO	0-110[V] AC	Funcionando generador ultrasónico
	4321-4263-101	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de succión (V01)
	4321-4263-102	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de secado (V02)
	4321-4263-103	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de recirculación (V03)
	4321-4263-104	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de retrolavado (V04)
	4321-4263-105	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de lavado de colector de drenaje (V05)
	4321-4275-101	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de lavado de cuba (V06)
	4321-4275-102	AO	4-20[mA] DC	Apertura/cierre de válvula de descarga de filtrado (V07)
	4321-4275-103	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de ácido diluido para estanques locales (V09)
	4321-4263-106-A	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa (V10)
	4321-4263-106-B			Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa (V11)
	4321-4263-106-C			Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa (V12)
	4321-4263-107-A	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa (V13)
	4321-4263-107-B			Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa (V14)
FILTRO CERÁMICO 2	4321-BTN_PDE-201-STA	DI	0-110[V] AC	Botón local de parada de emergencia
	4321-BBA_AND-201-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de ácido nítrico diluido local 2
	4321-BBA_VAC-201-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de vacío
	4321-BBA_FIL-201-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de filtrado
	4321-BBA_LDC-201-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de lavado de cuba
	4321-BBA_AND-201-FUN	DI	0-110[V] AC	Funcionando bomba de ácido nítrico diluido local 2
	4321-BBA_VAC-201-FUN	DI	0-110[V] AC	Funcionando bomba de vacío
	4321-BBA_FIL-201-FUN	DI	0-110[V] AC	Funcionando bomba de filtrado
	4321-BBA_LDC-201-FUN	DI	0-110[V] AC	Funcionando bomba de lavado de cuba
	4321-BBA_VAC-201-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de vacío
	4321-BBA_FIL-201-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de filtrado
	4321-BBA_LDC-201-OL	DI	0-110[V] AC	Sobrecarga bomba de lavado de cuba
	4321-LIT-201	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de estanque de ácido nítrico local 2
	4321-LIT-202	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de estanque de filtrado
	4321-LIT-203	AI	4-20[mA] DC	Indicador de nivel de cuba de pulpa
	4321-PIT-201	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión de vacío
	4321-PIT-202	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión de retrolavado
	4321-PDIT-201	AI	4-20[mA] DC	Indicador de presión diferencial en filtros de agua de retrolavado
	4321-AIT-201	AI	4-20[mA] DC	Indicador de turbiedad lado Río Blanco
	4321-AIT-202	AI	4-20[mA] DC	Indicador de turbiedad lado Saladillo
	4321-GNR_ULS-201-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar generador ultrasónico
	4321-GNR_ULS-201-FUN	DO	0-110[V] AC	Funcionando generador ultrasónico
	4321-4263-201	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de succión (V01)
	4321-4263-202	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de secado (V02)
	4321-4263-203	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de recirculación (V03)
	4321-4263-204	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de retrolavado (V04)
	4321-4263-205	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de lavado de colector de drenaje (V05)
	4321-4275-201	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de lavado de cuba (V06)
	4321-4275-202	AO	4-20[mA] DC	Apertura/cierre de válvula de descarga de filtrado (V07)
	4321-4275-203	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvula de ácido diluido para estanques locales (V09)
	4321-4263-206-A	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa (V10)
	4321-4263-206-B			Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa (V11)
	4321-4263-206-C			Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa (V12)
	4321-4263-207-A	DO	0-110[V] AC	Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa (V13)
	4321-4263-207-B			Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa (V14)
	4321-BTN_PDE-301-STA	DI	0-110[V] AC	Botón local de parada de emergencia
	4321-BBA_AND-301-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de ácido nítrico diluido local 2
	4321-BBA_VAC-301-STA	DO	0-110[V] AC	Partir/parar bomba de vacío

FILTRO CERÁMICO 3	4321-BBA_FIL-301-STA	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar bomba de filtrado
	4321-BBA_LDC-301-STA	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar bomba de lavado de cuba
	4321-BBA_AND-301-FUN	DI	0-110[V]	AC	Funcionando bomba de ácido nítrico diluido local 2
	4321-BBA_VAC-301-FUN	DI	0-110[V]	AC	Funcionando bomba de vacío
	4321-BBA_FIL-301-FUN	DI	0-110[V]	AC	Funcionando bomba de filtrado
	4321-BBA_LDC-301-FUN	DI	0-110[V]	AC	Funcionando bomba de lavado de cuba
	4321-BBA_AND-301-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba de ácido nítrico diluido local 2
	4321-BBA_VAC-301-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba de vacío
	4321-BBA_FIL-301-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba de filtrado
	4321-BBA_LDC-301-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba de lavado de cuba
	4321-LIT-302	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de nivel de estanque de filtrado
	4321-LIT-303	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de nivel de cuba de pulpa
	4321-PIT-301	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de presión de vacío
	4321-PIT-302	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de presión de retrolavado
	4321-PDIT-301	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de presión diferencial en filtros de agua de retrolavado
	4321-AIT-301	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de turbiedad lado Río Blanco
	4321-AIT-302	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de turbiedad lado Saladillo
	4321-GNR_ULS-301-STA	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar generador ultrasónico
	4321-GNR_ULS-301-FUN	DO	0-110[V]	AC	Funcionando generador ultrasónico
	4321-4263-301	DO	0-110[V]	AC	Apertura/cierre de válvula de succión (V01)
	4321-4263-302	DO	0-110[V]	AC	Apertura/cierre de válvula de secado (V02)
	4321-4263-303	DO	0-110[V]	AC	Apertura/cierre de válvula de recirculación (V03)
	4321-4263-304	DO	0-110[V]	AC	Apertura/cierre de válvula de retrolavado (V04)
	4321-4263-305	DO	0-110[V]	AC	Apertura/cierre de válvula de lavado de colector de drenaje (V05)
	4321-4275-301	DO	0-110[V]	AC	Apertura/cierre de válvula de lavado de cuba (V06)
	4321-4275-302	AO	4-20[mA]	DC	Apertura/cierre de válvula de descarga de filtrado (V07)
	4321-4275-303	DO	0-110[V]	AC	Apertura/cierre de válvula de ácido diluido para estanques locales (V09)
	4321-4263-306-A	DO	0-110[V]	AC	Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa (V10)
	4321-4263-306-B				Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa (V11)
	4321-4263-306-C				Apertura/cierre de válvulas de salida de pulpa (V12)
	4321-4263-307-A	DO	0-110[V]	AC	Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa (V13)
	4321-4263-307-B				Apertura/cierre de válvulas de entrada de pulpa (V14)
HARNERO DELKOR	4321-HDK-0101-FUS	DI	0-110[V]	AC	Energizado harnero delkor
	4321-HDK-0101-FUN	DI	0-110[V]	AC	Funcionando harnero delkor
	4321-HDK-0101-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga harnero delkor
	4321-HDK-0101-TES	DI	0-110[V]	AC	Test partida harnero delkor
	4321-HDK-0101-PDE	DI	0-110[V]	AC	Botón de parada de emergencia o pull cord switch harnero delkor
	4321-HDK-0101-DES	DI	0-110[V]	AC	Desalineamiento de correa harnero delkor
	4321-HDK-0101-ZSP	DI	0-110[V]	AC	Señal de zero speed harnero delkor
	4321-HDK-0101-STA	DO	0-110[V]	AC	Partir funcionamiento harnero delkor
	4321-HDK-0101-STO	DO	0-110[V]	AC	Parar funcionamiento harnero delkor
FILTRADO DE AGUA FRESCA	4321-LIT-0201	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de nivel de estanque alimentador de agua fresca
	4321-PIT-0201	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de presión de estanque alimentador de agua fresca
	4321-FIT-0201	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de flujo de agua fresca a filtros cerámicos
	4321-BBA_AGF-0201-STA	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar bomba de agua fresca
	4321-FAF-0201-STA	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar filtro de agua 1
GLOBAL	4321-FAF-0202-STA	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar filtro de agua 2
	4321-BBA_MAG-001-STA	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar bomba alimentador de ácido diluido 1 (magnética)
	4321-BBA_MAG-002-STA	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar bomba alimentador de ácido diluido 2 (magnética)
	4321-BBA_MAG-001-FUN	DI	0-110[V]	AC	Funcionando bomba alimentador de ácido nítrico diluido 1 (magnética)
	4321-BBA_MAG-002-FUN	DI	0-110[V]	AC	Funcionando bomba alimentador de ácido nítrico diluido 2 (magnética)
	4321-BBA_MAG-001-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba alimentador de ácido nítrico diluido 1 (magnética)
	4321-BBA_MAG-002-OL	DI	0-110[V]	AC	Sobrecarga bomba alimentador de ácido nítrico diluido 2 (magnética)
	4321-LIT-001	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de nivel de estanque alimentador de ácido nítrico diluido
	4321-AIT-001	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de concentración de gas NO2 sector TK alimentador de ácido nítrico
	4321-AIT-002	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de concentración de gas NO2 sector cola correa 11
	4321-AIT-003	AI	4-20[mA]	DC	Indicador de concentración de gas NO2 sector filtro cerámico 3
	4321-XA-001	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar sirena de seguridad
	4321-XA-002	DO	0-110[V]	AC	Partir/parar baliza de seguridad
	4321-C11-FUN	DI	0-110[V]	AC	Funcionando correa transportadora 11

39 ENTRADAS DISCRETAS

53 SALIDAS DISCRETAS

30 ENTRADAS ANALÓGAS

3 SALIDAS ANALÓGAS

125 TOTAL I/O

ÚLTIMOS 4
DÍGITOS

0XX REFERENTE A SEÑALES GLOBALES A TODOS LOS FILTROS

01XX REFERENTE A HARNERO DELKOR

02XX REFERENTE A FILTROS DE AGUA FRESCA

1XX REFERENTE A FILTRO CERÁMICO 1

2XX REFERENTE A FILTRO CERÁMICO 2

3XX REFERENTE A FILTRO CERÁMICO 3

BTN BOTÓN

PDE	PARADA DE EMERGENCIA
BBA	BOMBA
VAC	VACÍO
FIL	FILTRADO
AND	ÁCIDO NÍTRICO DILUIDO
LDC	LAVADO DE CUBA
MAG	MAGNÉTICA
GNR	GENERADOR
ULS	ULTRASÓNICO
C11	CORREA TRANSPORTADORA N°11
FUS	ENERGIZADO
FUN	FUNCIONANDO
OL	SOBRECARGA
HDK	HARNERO DELKOR
FAF	FILTRADO DE AGUA FRESCA

PRINCIPAL

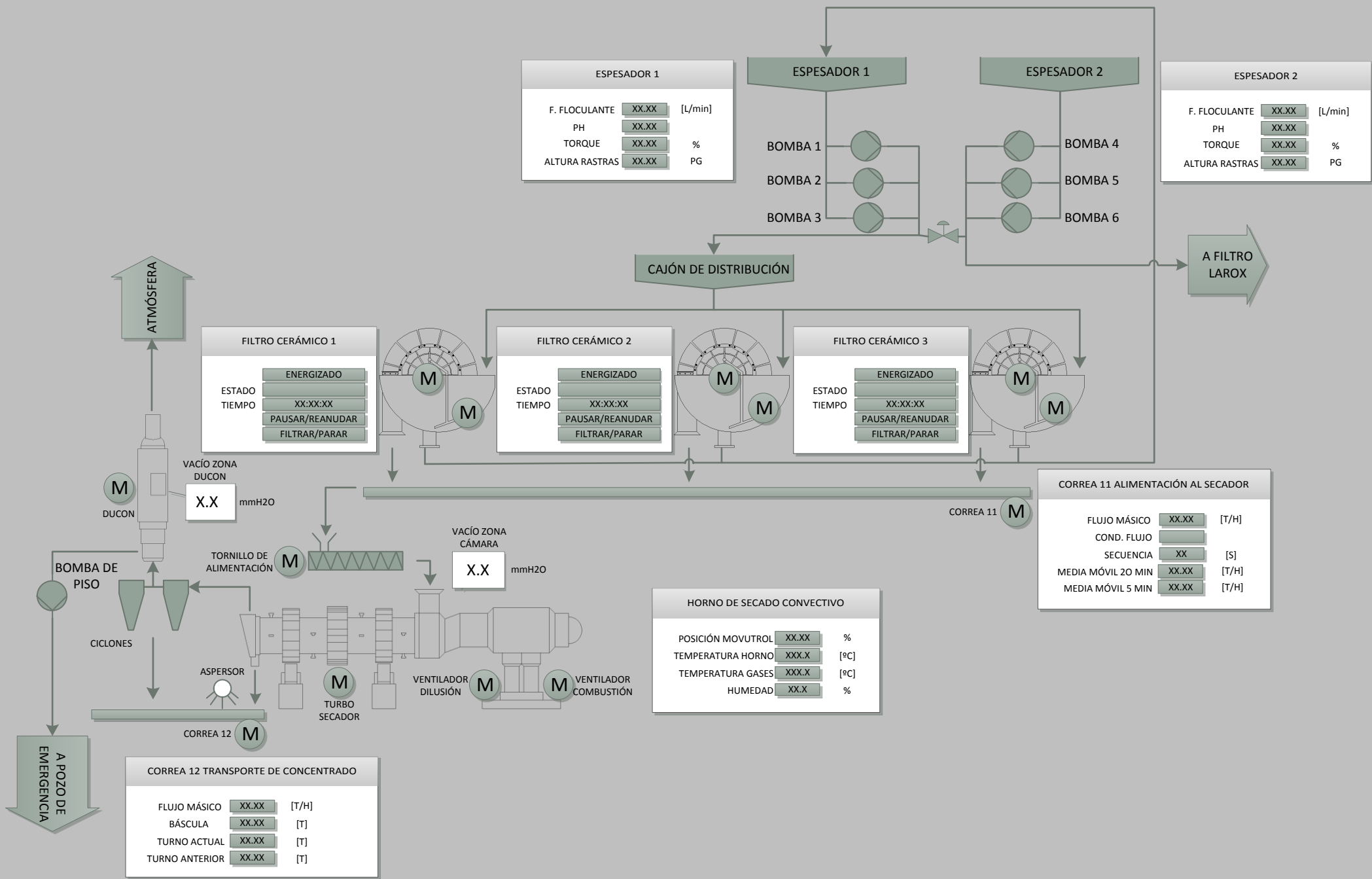
ESPESADORES

FILTRO 1

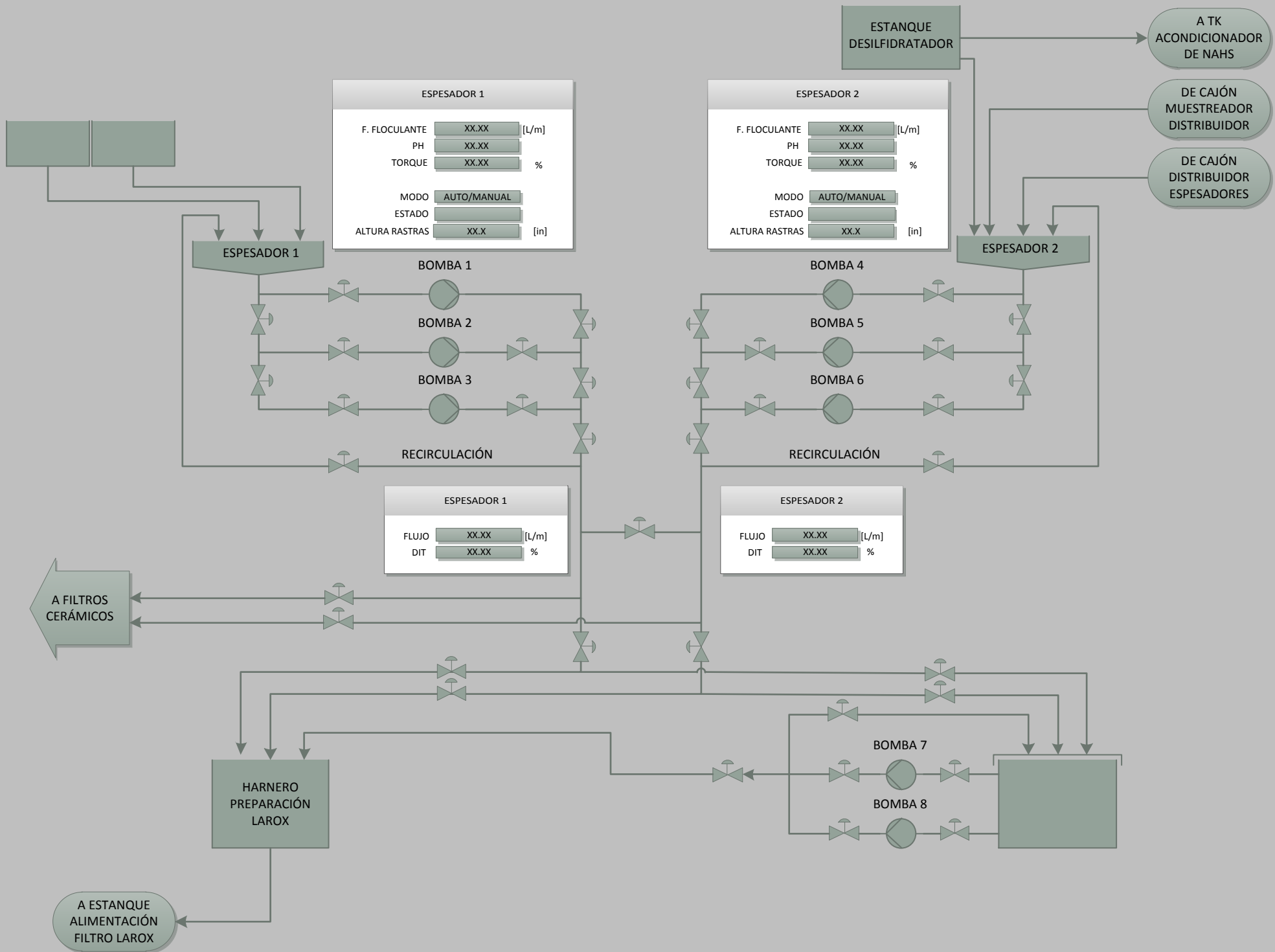
FILTRO 2

FILTRO 3

HORNO SECADOR



PRINCIPAL ESPESADORES FILTRO 1 FILTRO 2 FILTRO 3 HORNO SECADOR



FILTRO CERÁMICO X

MODO DE OPERACIÓN

ENERGIZADO

AUTO/MANUAL

ESTADO

TIEMPO

XX:XX:XX

PAUSAR/REANUDAR

FILTRAR/PARAR

FREC. GIRO TAMBOR

XX

[Hz]

SENTIDO GIRO TAMBOR

NORMAL/REVERSA

FREC. GIRO AGITADOR

XX

[Hz]

SENSORES

TURBIEDAD LADO RÍO BLANCO

XXX.X

[FDU]

TURBIEDAD LADO SALADILLO

XXX.X

[FDU]

GAS NO2 SALA TK ÁCIDO NÍTRICO

X.X

[PPM]

GAS NO2 ZONA COLA CORREA 11

X.X

[PPM]

GAS NO2 ZONA FILTRO CERÁMICO 3

X.X

[PPM]

