

**MIGRACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO DEL
SISTEMA DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE PELLETS
DE PLANTA I EN PROPILCO S.A.**

CAMILO GERMAN BLANQUICETT VERGARA

REYNALDO HERNÁNDEZ PETANO

JESÚS ANDRÉS TOUS TEJADA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARTAGENA DE INDIAS

TABLA DE CONTENIDO

01. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	03
02. OBJETIVO	05
03. ALCANCE	06
04. ESTRUCTURA DESAGREGADA DE TRABAJOS (EDT)	07
05. COSTOS ASOCIADOS	08
06. CRONOGRAMA GENERAL PREVISTO	10
07. BENEFICIOS	12
08. ANÁLISIS FINANCIERO	12
09. RIESGOS	14
10. ESTRATEGIA DE CONTRATACIÓN	15
10.1 INGENIERÍA	15
10.2 PRECIOS UNITARIOS	16
11. CONSIDERACIONES GENERALES DEL PROYECTO	17
12. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DELTAV	19
12.1 INTERFAZ DE E/S DE DELTAV	21
12.2 DIAGRAMA DE AO DEL BLOQUE DE TERMINALES DE E/S	22
12.3 DIAGRAMA DE AI DEL BLOQUE DE TERMINALES DE E/S	23
12.4 DIAGRAMA DE DO DEL BLOQUE DE TERMINALES DE E/S	24
12.5 DIAGRAMA DE DI DEL BLOQUE DE TERMINALES DE E/S	25
12.6 CONTROLADORES REDUNDANTES	26
12.7 LICENCIAS PARA ESTACIÓN DE TRABAJO	27
12.8 APLICACIÓN DE SOFTWARE DE ESTACIÓN DE TRABAJO/ USUARIO COMÚN	27
13. FILOSOFÍA DE OPERACIÓN	28
14 IMPLEMENTACIÓN DE LA LÓGICA EN DELTAV	32
14.1 INTRODUCCIÓN	32
14.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA MATRIZ DE RUTA EN EL DCS	35
14.3 ALGORITMOS SEQUENTIAL FUNCTION CHART	39
14.4 ALGORITMO DE TRANSPORTE	42

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Polipropileno del Caribe S.A. es una empresa colombiana, perteneciente al grupo empresarial Ecopetrol, dedicada a la producción y comercialización de resina de polipropileno. Con una participación en el mercado nacional del 80%, con una producción anual de 500.000 toneladas, gracias a sus dos plantas de producción, la primera de ellas emplea la tecnología Unipol de Dow Chemical y la segunda con tecnología Novolen. La producción de polipropileno es un proceso continuo, por tanto es de vital importancia la operatividad de cada una de las diferentes etapas del proceso, desde el almacenamiento de las materias primas, los procesos reacción, recuperación y purificación, peletizado, transporte de resina y *pellets*, almacenamiento y empaque. Una falla en cualquiera de estas etapas eventualmente provocará la interrupción del proceso productivo, lo que conlleva a pérdidas económicas representadas por tiempos de producción perdidos, materia prima, incumplimiento a los clientes, entre otras.

PLANTAI (Unipol) utilizó y fue controlada por el sistema de control distribuido (DCS) ProVOX por más de 20 años, en el 2009 gran parte del sistema de control fue migrado a DeltaV, un sistema de control distribuido más moderno de la empresa Emerson, dejando por fuera de esta migración el sistema de transporte y almacenamiento de *pellets* que no se encontraba contemplado dentro del alcance de ese proyecto en su momento, por lo que ProVOX continuó siendo utilizado para controlar sólo esta parte del proceso.

La gran importancia del sistema de control distribuido y la dependencia de la continuidad operacional de éste (debido a que si el sistema falla se deja de producir el equivalente aproximado en producto a USD\$50.000/h) hace necesario mantener actualizada la tecnología, por lo que el DCS Fisher **ProVOX** (en obsolescencia), sin soporte por parte del fabricante y con repuestos de difícil adquisición, ya no cumple con los requerimientos de calidad y las exigencias de producción requeridas, dado que este ha sido responsable de numerosas interrupciones del proceso debido a que este es susceptible a paros asociados a fallas de equipos y los recursos del sistema no facilitan el diagnóstico y solución de problemas.

La migración consiste en trasladar las señales y las lógicas de control del sistema de transporte existentes hacia el DCS **DeltaV**, lo que facilitaría la asimilación por parte de los operadores debido a que ya están familiarizados con su entorno y reducirá sus tiempos de aprendizaje. Además se reemplazarán las electroválvulas del sistema, las cuales actualmente operan a 110VAC por electroválvulas que operen a 24VDC por criterios de seguridad tanto del proceso como del personal; también será reemplazado el cableado de las señales de control que van del cuarto de control al área de silos de almacenamiento, se instalarán nuevas *junction-box* en reemplazo de las existentes y el cableado de éstas a

los instrumentos con el fin de reducir los tiempos de puesta en servicio del nuevo sistema y poder efectuar pruebas de Comisionamiento previo a la puesta en marcha, y reducir las fallas ocasionadas por el deterioro de cables con más de 23 años de servicio que se encuentran a la intemperie.

2. OBJETIVOS

- Reemplazar el hardware del DCS ProVOX del sistema de transporte y almacenamiento por DeltaV.
- Reemplazar el cableado, *junction-boxes* y electroválvulas del sistema de transporte y almacenamiento.
- Trasladar las lógicas de control actualmente implementadas en ProVOX a DeltaV y dejar operativo el sistema de transporte y almacenamiento.
- Aumentar la confiabilidad y disponibilidad del sistema de transporte y almacenamiento.
- Reducir los tiempos de diagnóstico de problemas para disminuir los tiempos de parada de planta.

3. ALCANCE

La siguiente es una lista de los sistemas a entregar y los servicios a ofrecer como parte del proyecto de Migración del sistema de control distribuido del Sistema de Transporte y Almacenamiento de *pellets* de Propilco S.A.

- Hardware del DCS DeltaV instalado.
- Lógicos de control funcionales en DeltaV.
- Interface HMI funcionales (10 Pantallas) y 2 estaciones de operación nuevas.
- Instalación de las *junction-boxes* en campo y conexionado de todas las señales.
- Cableado nuevo de las señales existentes desde el cuarto de control hasta las *junction-boxes* en el área de almacenamiento.
- Cableado desde las *junction-boxes* hasta los instrumentos
- Reemplazo de las electroválvulas de los actuadores.
- Documentación actualizada de las lógicas de operación y planos de cableado.
- Capacitación al personal de operaciones.
- Actualización de manuales de operación.
- Desmantelamiento del tablero ProVOX.
- Retiro del cableado existente, *junction-boxes*, electroválvulas, etc.

4. ESTRUCTURA DESAGREGADA DE TRABAJOS (EDT)

Para este proyecto se seleccionó una Estructura Desagregada de Trabajos (EDT) organizado por fase y disciplina con el fin de mostrar de una manera más clara las partes y entregables del proyecto a entregar.

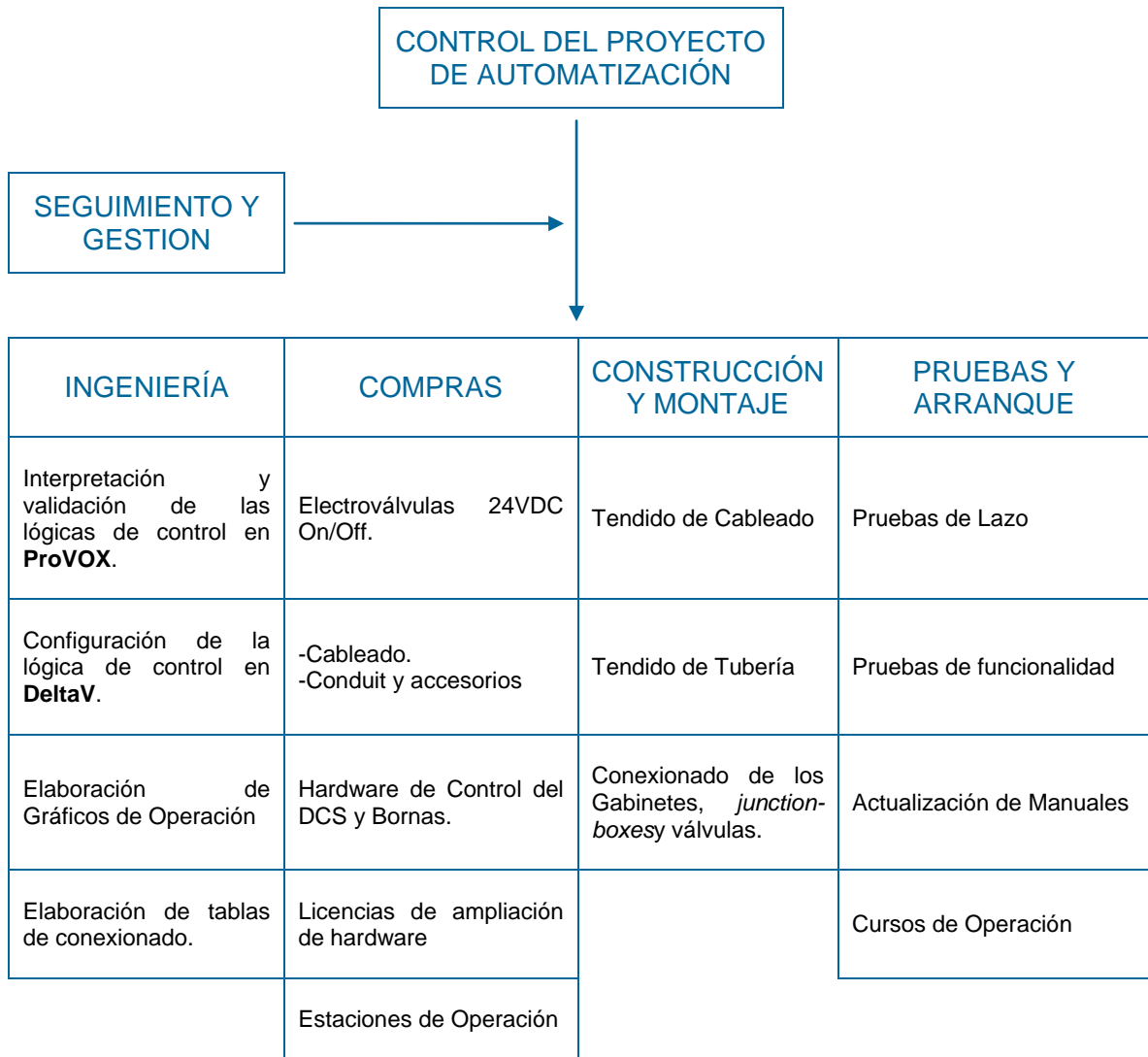


FIGURA 1.

En las siguientes secciones se detallará cada una de las tareas e ítems expuestos en el cuadro anterior, con el fin de definir el alcance de los trabajos.

5. COSTOS ASOCIADOS

En la siguiente sección se detallan los costos asociados a cada una de las tareas y materiales necesarios para la ejecución del proyectos, basados en listas de precios unitarios provenientes de los diferentes fabricantes, proveedores y empresas locales que actualmente prestan sus servicios de ingeniería a las empresas del sector.

Es de especial mención el hecho que las fechas de inicio y finalización del cronograma deben ajustarse a las condiciones de la planta y más importante aún, a las del mercado, de manera que no existan o se reduzcan al mínimo los sobrecostos producto de la demora causada y al correspondiente lucro cesante.

IT	DESCRIPCIÓN	UN	PRECIO UND. [USD]	CANT. PROJ.	SUBTOT [USD]
LICENCIAS					
1	Licencia DeltaV100 DO's (Digital Outputs)	c/u	\$ 12.600,00	2 (124 Señ.)	\$ 25.200,00
2	Licencia DeltaV100 DI's (Digital Inputs)	c/u	\$ 3.600,00	2 (172 Señ.)	\$ 7.200,00
3	Licencia DeltaV 16 AO's (Analog Outputs)	c/u	\$ 21.000,00	1 (12 Señ.)	\$ 21.000,00
4	Licencia DeltaV 16 AI's (Analog Inputs)	c/u	\$ 3.600,00	1 (13 Señ.)	\$ 3.600,00
HARDWARE					
5	Módulo DeltaV32 DO's (Digital Outputs)	c/u	\$ 1.140,00	4 (124 Señ.)	\$ 4.560,00
6	Módulo DeltaV 32 DI's (Digital Inputs)	c/u	\$ 744,00	6 (172 Señ.)	\$ 4.464,00
7	Módulo DeltaV 8 AO's (Digital Inputs)	c/u	\$ 1.680,00	2 (12 Señ.)	\$ 3.360,00
8	Módulo DeltaV 16 AO's (Analog Inputs)	c/u	\$ 3.000,00	1 (13 Señ.)	\$ 3.000,00
9	Electroválvulas	c/u	\$ 300,00	22	\$ 6.600,00
10	Policable 24x2x16	m	\$ 8,40	1.500	\$ 12.600,00
11	<i>Junction Box</i>	c/u	\$ 600,00	5	\$ 3.000,00
12	Cable 2x16 AWG Apantallado	m	\$ 1,20	11.500	\$ 13.800,00
13	Estaciones de Operación DELL Optiplex	c/u	\$ 1.150,00	2	\$ 2.300,00

SERVICIOS					
14	Reemplazo de electroválvulas	c/u	\$35,00	22	\$ 770,00
15	Retiro del cableado de los tableros de UPS	n.a.	\$ 500,00	n.a.	\$ 500,00
16	Descableado de 16AWG	m	\$ 0,40	1650	\$ 660,00
17	Desmontaje Tubería Conduit 1"	m	\$ 1,40	1650	\$2.310,00
18	Desmontaje <i>Junction-Boxes</i> instaladas	c/u	\$ 15,00	5	\$ 75,00
19	Desmontaje de red, gabinetes y estaciones ProVOX	n.a.	\$ 2.000,00	n.a.	\$ 2.000,00
20	Tendido de Cable 16AWG en Tubería Conduit	m	\$0,50	1.650	\$ 825,00
21	Montaje de Tubería Conduit 1"	m	\$ 3,20	1.650	\$ 5.280,00
22	Tendido de Policable en Bandeja	m	\$ 1,80	1.500	\$ 2.700,00
23	Montaje Tablero o Gabinete (<i>Junction-Box</i>) en soporte	c/u	\$ 40,00	5	\$ 200,00
24	Conexionado y Marquillado de cableado	c/u	\$ 2,50	321	\$ 802,50
25	Instalación de Hardware en Sistema DeltaV	n.a.	\$ 500,00	n.a.	\$ 500,00
26	Interpretación, Validación Lógica ProVOX	n.a.	\$ 10.000,00	n. a.	\$ 15.000,00
27	Configuración y Pruebas del sistema en DeltaV	n.a.	\$ 45.000,00	n. a.	\$ 45.000,00
28	Configuración e Instalación de nuevos HMI's	c/u	\$5000,00	2	\$ 10.000,00
29	Ingeniería de Detalle (Cableado, Conexionado y Lógica)	n.a.	\$ 30.000,00	n.a.	\$ 30.000,00
30	Capacitación Operadores	c/u	\$ 600,00	4	\$ 2.400,00
31	Elaboración de Documentación (Planos, Manuales, etc)	n.a.	\$ 1000,00	n.a.	\$ 1000,00
32	IMPREVISTOS (10% DEL COSTO TOTAL)	n.a.	\$ 23.000,00	n.a.	\$23.000,00
TOTAL :					\$253.706,50

TABLA 1.

6. CRONOGRAMA GENERAL PREVISTO

En base a los requerimientos especificados por el alcance del proyecto, se determinan las tareas necesarias para la culminación del mismo, y un Plan Detallado de Trabajo que mediante un Diagrama de Gantt permite organizar las tareas y distribuir las de la forma más eficiente posible.

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

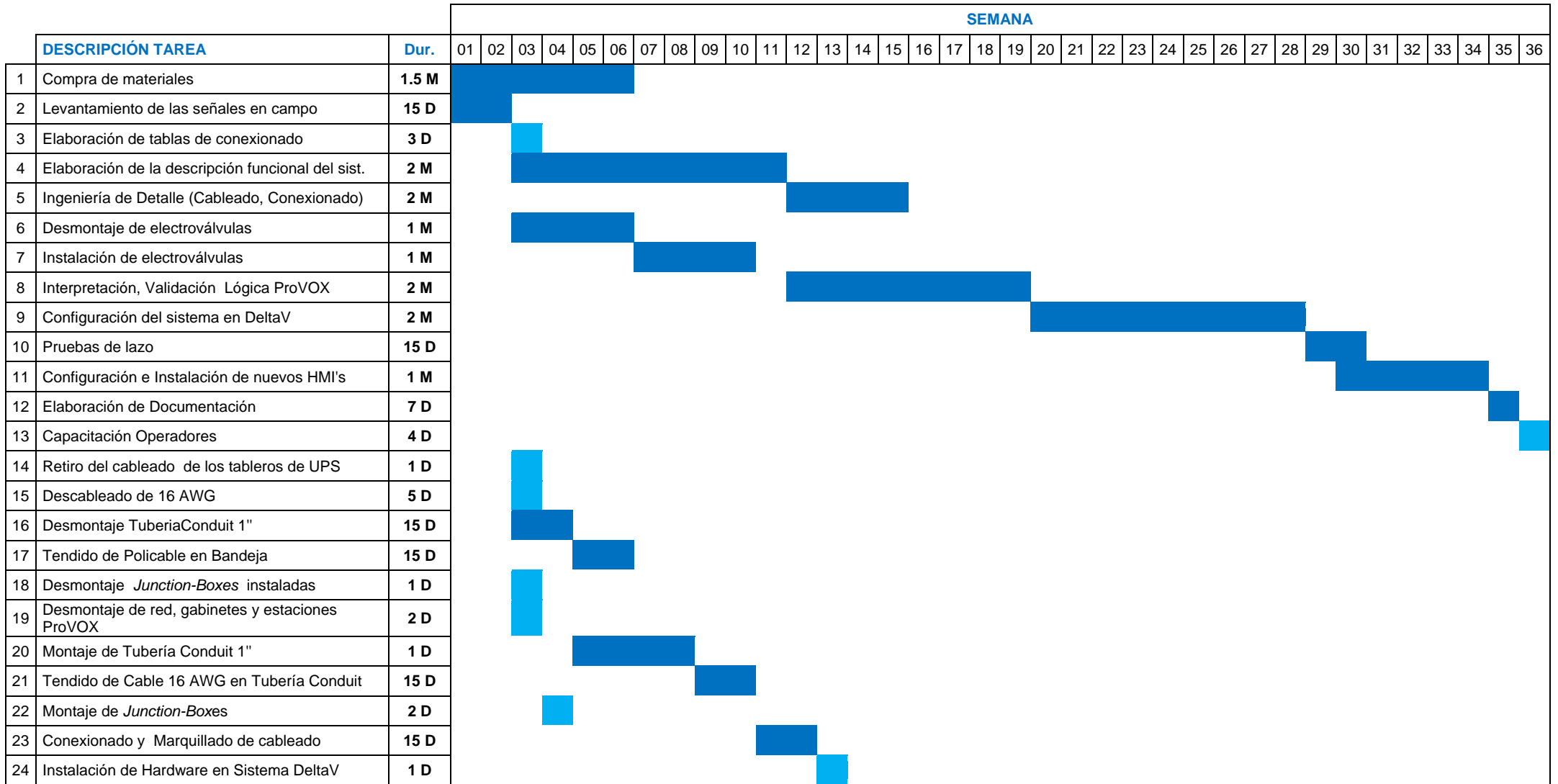


FIGURA 2.

7. BENEFICIOS

A parte de los beneficios intrínsecos del prescindir de una tecnología obsoleta como lo es el sistema ProVOX por una más moderna y flexible como lo es DeltaV, que van desde un excesivo inventario de repuestos hasta el riesgo de la interrupción del funcionamiento de la planta por dejar una parte de esta en manos de un sistema poco confiable; la migración propuesta en este proyecto conllevaría a una mejora sustancial en diversas actividades de la operación y mantenimiento, entre las cuales encontramos:

- Herramientas de diagnóstico de problemas conocidas por operadores
- Reducción de tiempos de diagnóstico de 30 minutos a 5 minutos.
- Generación de una base de datos histórica unificada.
- Estandarizar la configuración de la planta para facilitar el mantenimiento y aplicaciones.
- Estandarizar el *stock* de repuestos y reducir los costos asociados a este concepto
- Escalabilidad del nuevo sistema para futuras ampliaciones.
- Soporte en planta con personal propio conocedor del sistema.
- Asistencia remota por parte del personal de mantenimiento.
- Mejorar las tecnologías de interfaz de operador para sacar el máximo provecho de las nuevas tecnologías de visualización.

8. ANÁLISIS FINANCIERO

El análisis, evaluación y justificación financiera del proyecto está basada en el modelo del Retorno de la Inversión, por consiguiente dada la naturaleza del proyecto, el cual no busca elevar los beneficios de la organización por medio de un aumento en la productividad sino por el contrario gracias a una reducción en los costos de la operación y del mantenimiento.; el análisis debe estar fundamentado en la información proveniente de los costos asociados a la operación de la planta y en las mejoras que se espera obtener por reducir los costos debido a las consecuencias de una mala operación y a un mantenimiento ineficiente.

COSTOS ESTIMADOS DE LAS PARADAS DE PLANTA I - PROPILCO S.A.

COSTOS DE MANTENER LOS EQUIPOS ARRANCADOS

CON. EQUIPOS	COST UNIT.	UND
Consumo K4003	650,00	Kwh
Consumo G-4003P1	22,38	Kwh
Consumo K5214	780,00	Kwh
Consumo G5269	22,38	Kwh

OTROS CONSUMOS

Consumo N2	47,99	NM3-h
Consumo C3	0,22	Tm-h

DETALLE COSTOS	VALOR	UND
Energía Equipos	206.466,40	\$/Kwh
Costo N2	13.082,71	\$/NM3h
Costo C3	486.807,20	\$/Tm-h
Tiempo muerto	15.820.000	\$/Tm-h

COSTOS ASOCIADOS AL VENTEO DEL REACTOR

DETALLE		UND
Propileno venteado	30,00	Tm
Nitrógeno para purga	20.000,00	NM3
LIMPIEZA	-	-
Repuestos	900.000	\$/Parada
Mano de obra Mec. PROP.	1.249.980	\$/Parada
Mano de obra Mec. Contrat.	706.400	\$/Parada
Resina bajada Reactor	10	Tm
Tiempo muerto	15.820.000	\$/Tm-Hr

VALORES BASE - MATERIAL	PRECIO	UNID
Costo - Energía	\$140	Kw
Mat. Prima - Nitrógeno	\$273	NM3
Mat. Prima - Propileno	\$2.212.760	Tm
Mat. Prima - Etileno	\$2.711.709	Tm

COSTO PARADA DEL REACTOR	16.526.356,31	COP\$ / Hr
COSTO TOTAL DEL VENTEO	71.834.800	COP \$ / Venteo
COSTO TOTAL LIMPIEZA	40.803.980	COP \$ / Limpieza
COSTO TOTAL VENTEO + LIMPIEZA	112.638.780	COP \$ / Ven-Limp

TABLA 2.

De los datos presentados en la tabla anterior se observa que el costo de parada del reactor se calcula en COP\$ 16.526.356/Hr, aproximadamente USD\$ 8263.19/Hr. El retorno de la inversión considerando los gastos actuales de la empresa asociados únicamente a la materia prima y a los costos energéticos, se estima en 2 años y medio; teniendo en cuenta que los datos históricos del proceso revelan que por causa de este sistema, el sistema interrumpe la operación de la planta 12 Hr/Año.

No obstante, de acuerdo a datos estadísticos, debido a fallas en el sistema de almacenamiento y transporte de *pellets* (fallas de hardware de control, fallas mecánicas en los actuadores de las electroválvulas, y problemas relacionados con el cableado, entre otros) cuyas consecuencias directas sobre el reactor ocasionan la necesidad de ventear por seguridad ocurren aproximadamente una vez cada 3 años, la última el 6 de Mayo de 2013, por lo que en base a esta tendencia es probable que la inversión se recupere antes de los 3 años previstos inicialmente, dado que de acuerdo a los datos el coste del venteo del reactor y la correspondiente limpieza se calcula en COP\$ 112.638.780 (USD\$ 56.319).

9. RIESGOS

El riesgo está presente en todos los proyectos. Cada uno de los factores que lo componen tiene causas y consecuencias que deben ser analizadas con diferente profundidad y detalle. Los riesgos no identificados o desconocidos no pueden ser administrados, por lo cual lo único que se puede hacer es basarse en experiencias similares para mejorar la situación en el momento en el que se presenten, nadie puede predecir en qué momento le ocurrirá un accidente a un colaborador del proyecto, pero la experiencia brinda pautas a seguir para evitarlas o mitigar sus efectos. Debido a lo anterior deben señalarse los riesgos que pueden materializarse durante la ejecución, y deben plantearse estrategias para enfrentarlos y atenuar sus consecuencias, la siguiente es una lista de los riesgos que se identificaron para este proyecto.

- Caídas por parte del personal durante el levantamiento de señales y tendido de cableado.
- Retrasos en la adquisición de materiales.
- Daños en el hardware existente del sistema en operación o paradas no programadas debido a errores en la instalación de los componentes de hardware y configuración, y pruebas del DCS, o en el retiro del equipo a reemplazar.
- Interrupciones a la operación de la planta por parte del personal e montaje y cableado.

10. ESTRATEGIA DE CONTRATACIÓN

10.1 INGENIERIA

Para este proyecto se realizara con la participación del personal de las superintendencias de proyectos y mantenimiento de PropilcoS.A , el cual se encargaran de:

- Gerencia del proyecto
- Compras y contratación de todo los recursos requeridos
- Trazado de las rutas de cableado,
- Interpretación de las lógicas y redacción del verbal descripción de las operaciones de transporte y almacenamiento actuales.
- Tablas de conexionado.
- Interventoría y supervisión de los trabajos
- Levantamiento de las señales de campo
- Montaje de electroválvulas nuevas a 24v
- Actualización de manuales de operación
- Implementación de las lógicas de control en el DCS DeltaV
- Implementación de las interfaces HMI en el DCS DeltaV
- Comisionamiento de señales de campo
- Pruebas funcionales de logicas
- Capacitación a operadores.
- Compras.

Las compras de materiales serán realizadas directamente por Propilco S.A por medio de sus departamentos de compras nacionales e internacionales, por solicitud directa de los ingenieros de proyecto

10.2 PRECIOS UNITARIOS

En la etapa de ejecución, los requerimientos de mano de obra serán realizados por una empresa de ingeniería que será contratada previa licitación, los trabajos realizados serán pagados en base a las cantidades de obra ejecutada, con precios unitarios pactados entre las partes, estas actividades serán :

- Tendido de cableado, (metro de cable tendido)
- Tendido de conduit (metro de conduit instalado)
- Instalación de accesorios y soporteria de tuberías
- Instalación de Junction Box
- Conexión de nuevo hardware de expansión para nuevas señales
- Conexión de señales en tablero
- Desmonte de tablero ProVOX
- Retiro de campo de tuberías y cableado del sistema que sale de servicio

11. CONSIDERACIONES GENERALES DEL PROYECTO

El sistema actual de transporte y almacenamiento de *pellets* de Planta1 en Propilco S.A. utiliza ProVOX de Fisher como DCS, no obstante este sistema con más de 20 años de obsolescencia carece de la confiabilidad necesario en procesos de esta categoría, por lo que se propone integrar esta parte proceso al sistema que controla el resto de la planta basado en DeltaV . Las siguientes fotografías muestra el hardware que compone el sistema de control de la época.

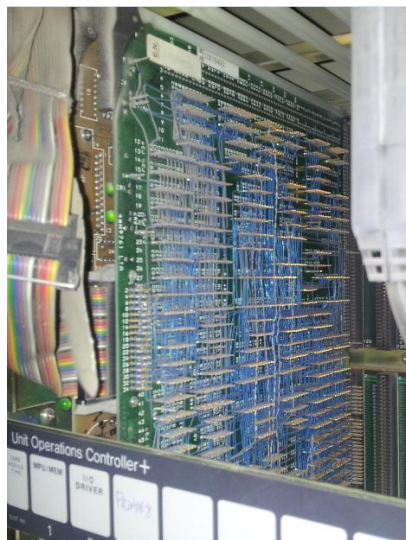


Fig. 3

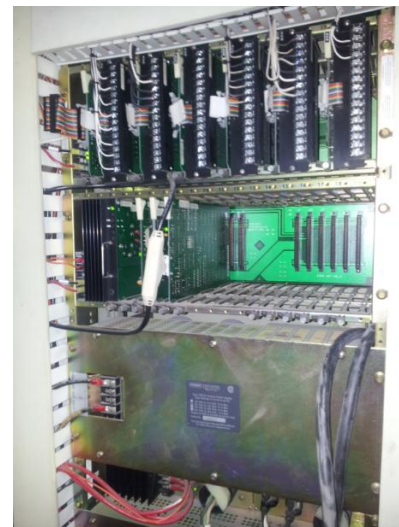


Fig. 4



Fig. 5

Por su parte un sistema de control basado en DeltaV cuenta con hardware es más moderno, compacto y confiable, tal como se ve en las siguientes imágenes:



Fig. 6



Fig. 7

Los siguientes son algunas de la desventajas que presenta este sistema comparándolo con su contraparte en DeltaV:

- Hardware de gran tamaño
- Módulos cableados a mano
- Alto consumo de potencia
- Díficil manipulación, diagnóstico y mantenimiento
- Carece de soporte por parte del fabricante.

12. DESCRIPCIÓN LA ARQUITECTURA DE CONTROL DEL DCS DELTAV

DeltaV™ es un sistema de control distribuido propiedad de Emerson Process Management, Propilco S.A. utiliza este sistema para el control de su proceso. La siguiente figura ilustra una red de control implementada en DeltaV™ básica:

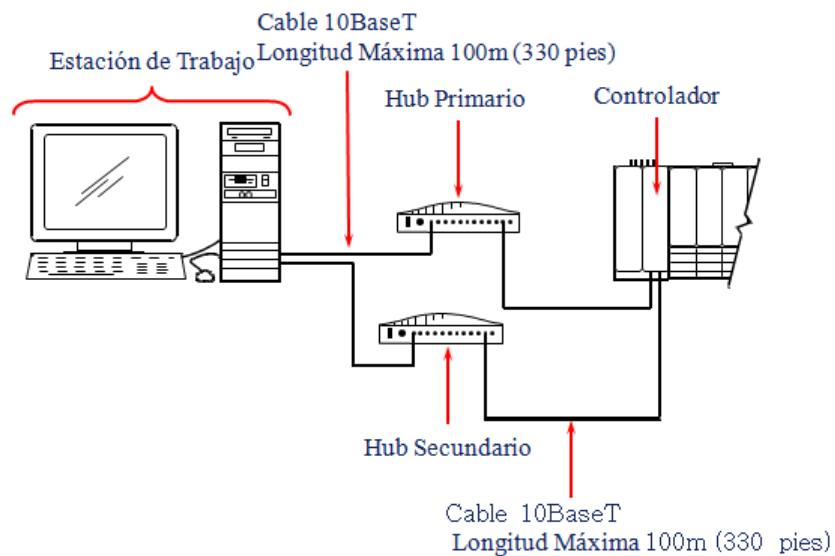


Fig 8. Arquitectura DeltaV™ Básica

A continuación se realiza una breve descripción de las características y funciones de algunos de los elementos mostrado en la figura anterior y del sistema DeltaV en general.

- *Estación de Trabajo DeltaV*— Una computadora personal, con Windows XP, conectada a la Red de Control DeltaV. Se usa para diseñar estrategias de control, operar el proceso y ejecutar diagnósticos del sistema DeltaV en línea.
- *Controlador DeltaV*— La computadora del sistema DeltaV que corre los algoritmos para controlar el equipo de proceso y comunicar los datos de proceso al operador.
- *Nodo* — Un dispositivo tal como un controlador o estación de trabajo DeltaV en la Red de Control.

- *Red Control* — Una red de comunicaciones que conecta varios nodos en el sistema DeltaV. La red de Control es una red de área local 10BaseT que puede ser redundante.

La Red de Control DeltaV es una red de área local Ethernet aislada (LAN). Ethernet es una especificación IEEE 802.2 y 802.3 que describe cómo las computadoras se comunican por un medio en un ambiente de área local. En la siguiente figura se ilustra una Red de Control DeltaV con ocho nodos:

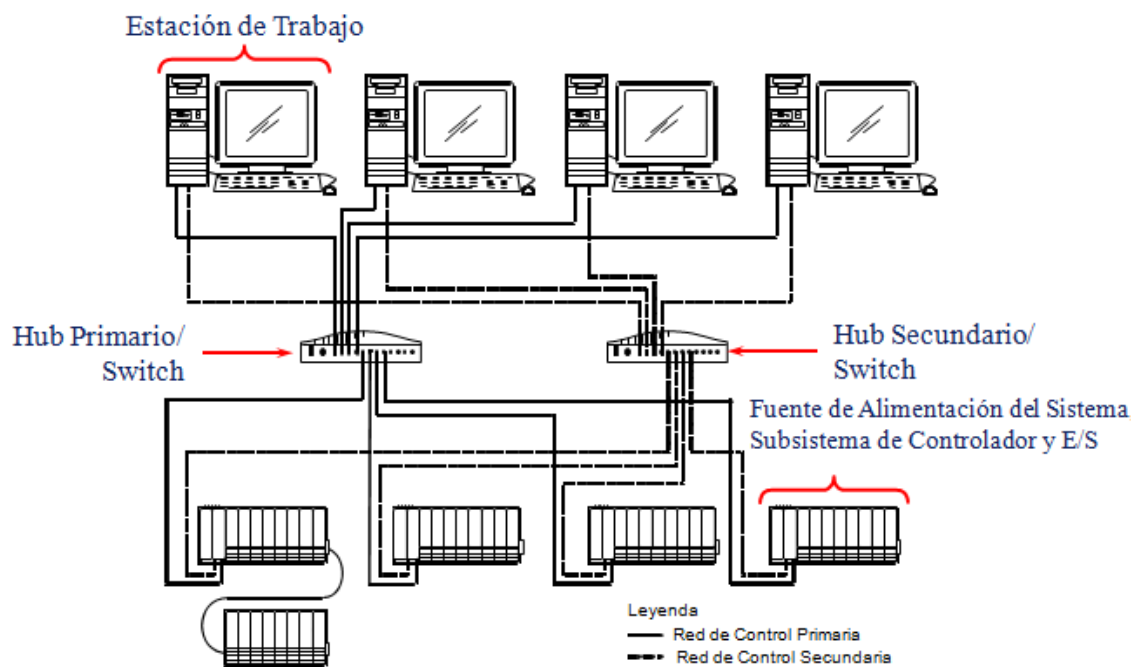


Fig 9. Ejemplo de una red de Control DeltaV™

No obstante, el sistema DeltaV en su versión 9.3 soporta una Red de Control de 120 Nodos máximo (Estación de Trabajo/Controlador), 100 Controladores/Simples o Pares Redundantes (Los controladores redundantes cuentan como un nodo) y hasta 60 Estaciones de Trabajo .

12.1 INTERFAZ DE E/S DE DELTAV

DeltaV™ es un DCS que no está exento de la tendencia en el diseño modular utilizado por varios fabricante de esta clases de sistemas desde hace unos años. La siguiente es una imagen que muestra las principales partes de un controlador DeltaV™ similar al que se usará en este proyecto:

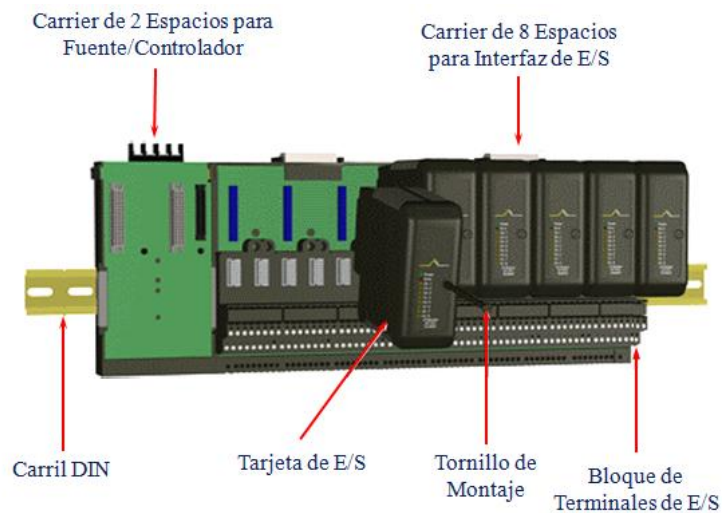


Fig 10. Ejemplo de una red de Control DeltaV™

Soporte de Hardware de E/S del Controlador - Tarjetas de E/S — 64

Soporte de Software del Controlador - Hasta 750 DST's por Controlador (*Una DST (Etiqueta de Señal de Dispositivo) es una etiqueta DeltaV que se da a una señal específica que se recibe de, o se envía a, un dispositivo de campo.*)

Máximo general del Sistema DeltaV - Hasta 30,000 DST's

El *Controlador* DeltaV se monta en la ranura derecha del Carrier de 2 Espacios para Fuente/Controlador como se ilustra en la figura anterior.

El Subsistema de E/S incluye Interfaces de E/S montadas en uno o más Carriers de 8 Espacios para Interfaz de E/S y una fuente de alimentación opcional que alimenta los dispositivos de campo.

La Interfaz de E/S consta de los siguientes componentes que se ilustran en la figura anterior:

- Bloque de Terminales de E/S que se embona en el Carrier de E/S para proporcionar terminales tipo tornillo para el cableado de campo.
- Tarjeta de E/S que se inserta en el Bloque de Terminales de E/S que se encuentra en el Carrier de Interfaz de E/S. La tarjeta convierte las señales de campo a un formato digital para control y comunicación.

12.2 DIAGRAMA DE AO DEL BLOQUE DE TERMINALES DE E/S

La alimentación del circuito de campo de la Tarjeta Analógica de E/S es "limitada por corriente" a 300 mA máximo por tarjeta, 30 mA máximo por canal. Un corto directo a tierra no dañará la tarjeta de E/S.

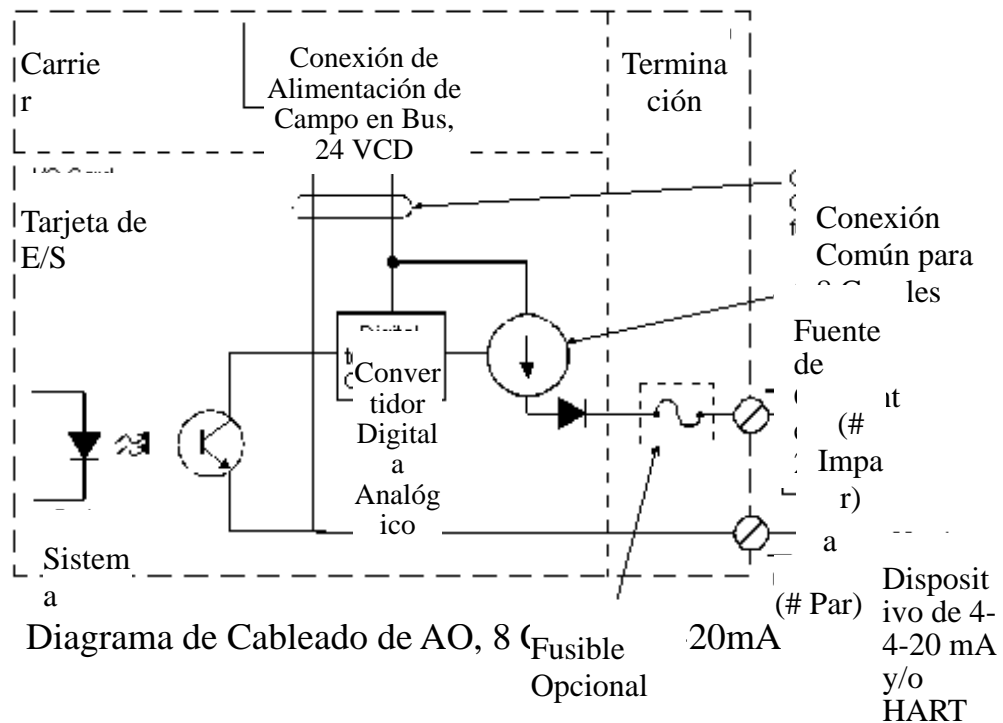


Fig 11. Diagrama de Cableado de AO, 8 Canales, 4 - 20 mA

12.3 DIAGRAMA DE AI DEL BLOQUE DE TERMINALES DE E/S

En esta sección se ilustran los diferentes diagramas de cableado de las entradas análogas para configuraciones de 4 y 2 hilos respectivamente.

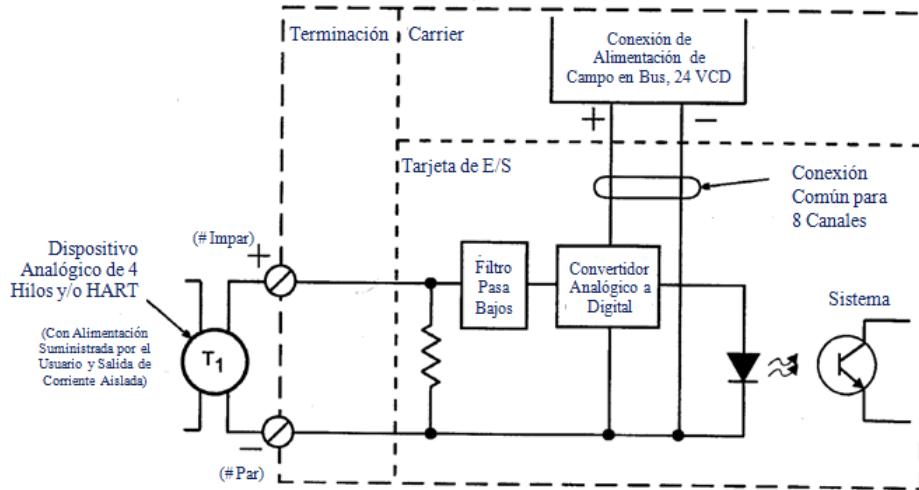


Fig. 12 - AI, 8 Canales, 4-20mA, 4 Hilos

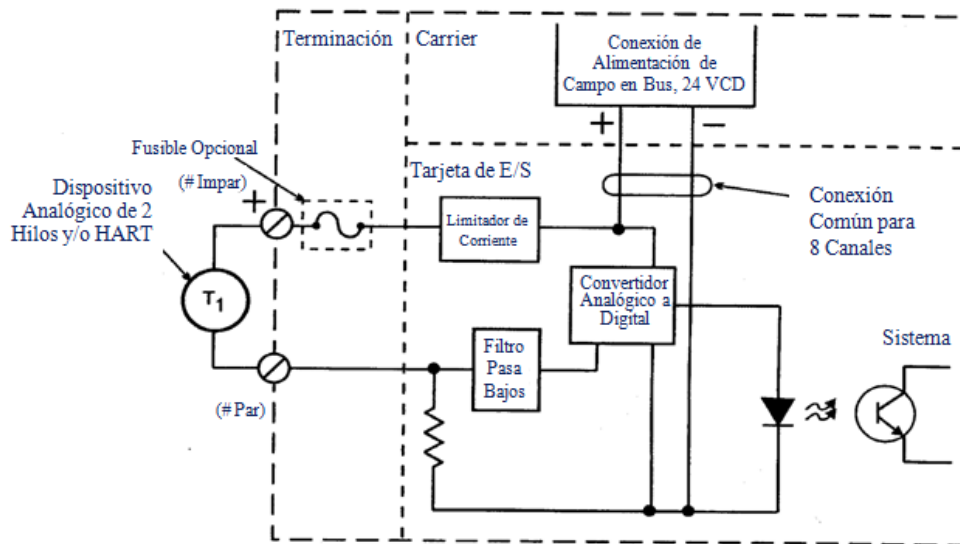


Fig. 13 - AI, 8 Canales, 4-20mA, 2 Hilos

La alimentación del circuito de campo de la Tarjeta Analógica de E/S está limitada por corriente” a 300 mA máximo por tarjeta, rango de señal total de 1mA a 23 mA por canal. Un corto directo a tierra no dañará la tarjeta de E/S.

12.4 DIAGRAMA DE DO DEL BLOQUE DE TERMINALES DE E/S

A continuación se muestran los diagramas de cableado de cada una de las salidas digitales del sistema.

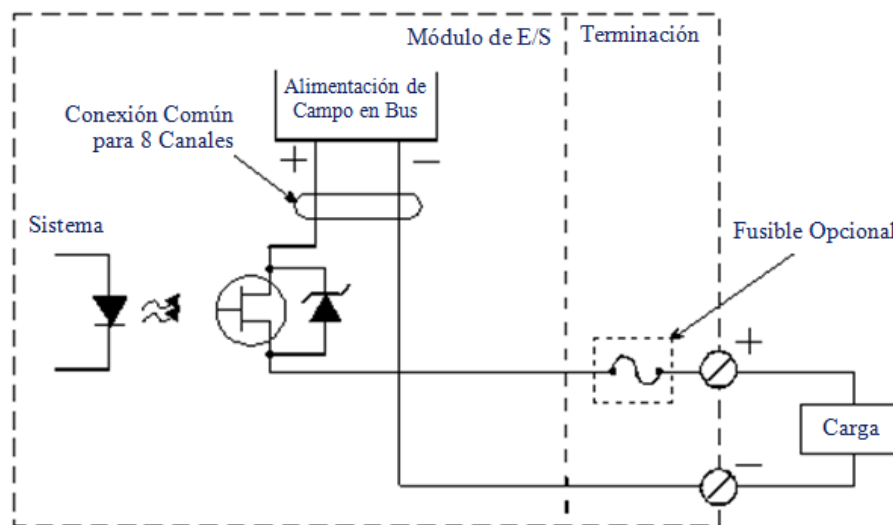


Fig. 14 - Diagrama de Cableado de la DO, 8 Canales, 24 VCD, High-Side

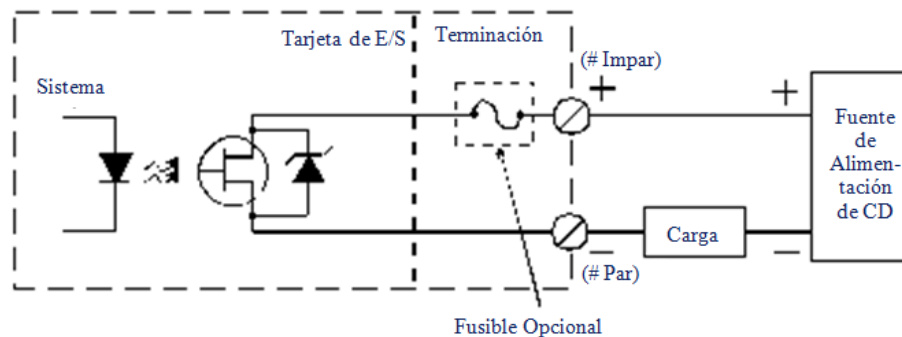


Fig 15. - Diagrama de Cableado de la DO, 8 Canales, 24 VCD, Aislada

12.5 DIAGRAMA DE DI DEL BLOQUE DE TERMINALES DE E/S

En esta sección se ilustran los diferentes diagramas de cableado de las entradas digitales para los terminales de E/S.

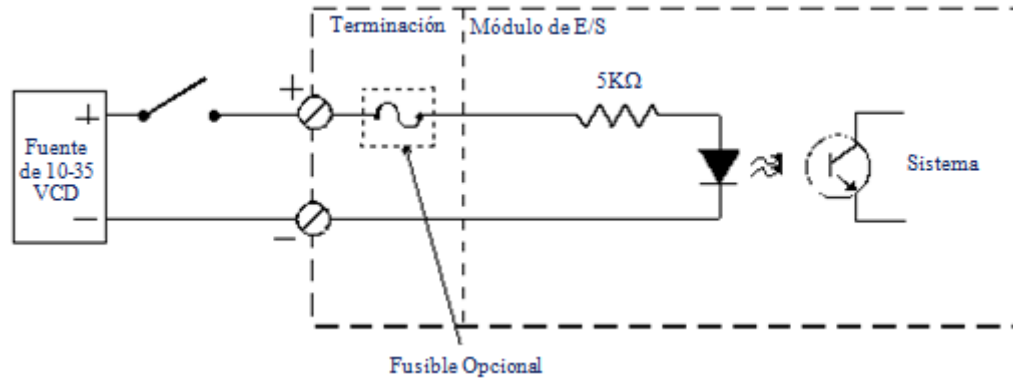


Fig 16. Diagrama de Cableado de DI, 24VDC, Aislada

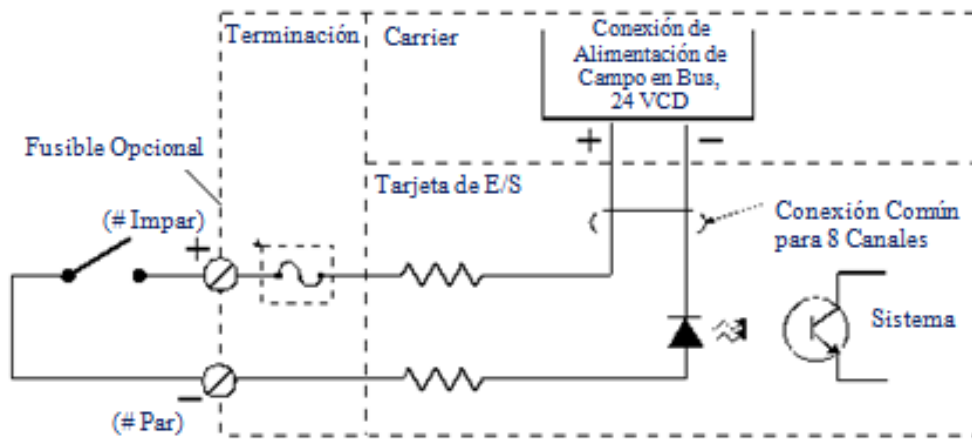


Fig 17. Diagrama de Cableado de DI, 24VDC, Contacto Seco

12.6 CONTROLADORES REDUNDANTES

Los controladores redundantes proporcionan respaldo para el control de procesos y permiten la actualización en línea del controlador. Los controladores deben ser del mismo tipo y versión para que haya redundancia.

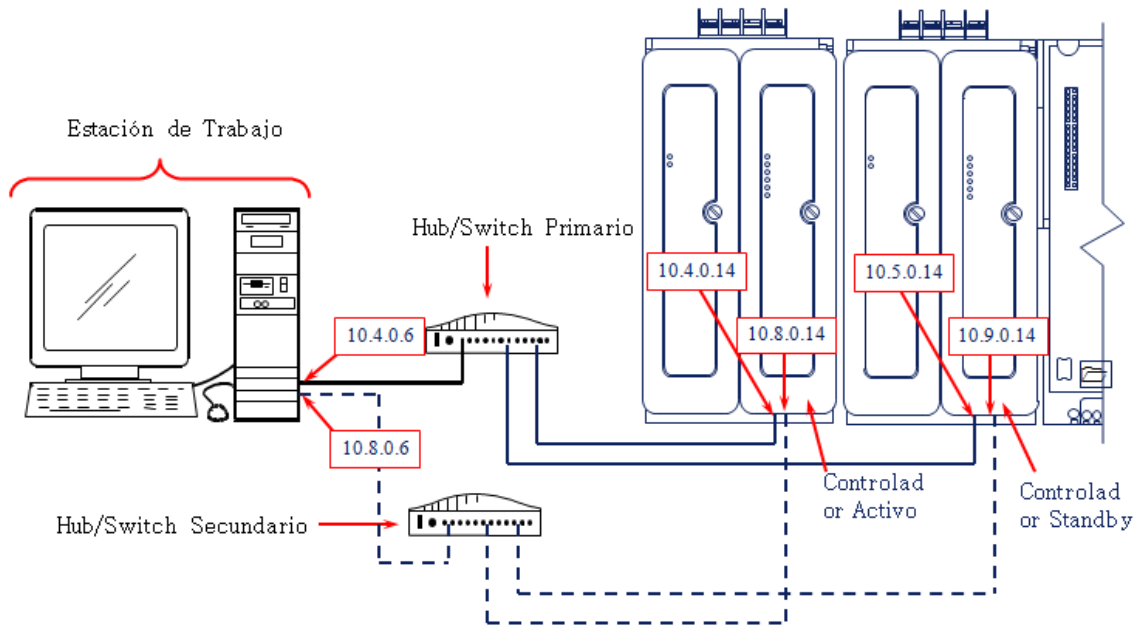


Fig 18. Ejemplo de un sistema DeltaV™ con controladores redundantes

Las siguientes son algunos de los puntos a tener en cuenta al operar un sistema con esta configuración:

- El estado Activo/Standby no depende de la ubicación, configuración del puente o del switch.
- El primer controlador que se energiza se vuelve el controlador *ACTIVO* con la dirección configurada de 10.4.0.X (Red de Control Primaria).
- El otro controlador se pone en estado *STANDBY* con la dirección 10.5.0.X (Red de Control Primaria).
- Si los controladores se energizan simultáneamente, el que tiene acceso a la red primero se vuelve el controlador *ACTIVO*.

12.7 LICENCIAS PARA ESTACIÓN DE TRABAJO

El software de la estación de trabajo tiene licencia principalmente según la funcionalidad. Hay varios tipos de licencia de estación de trabajo: Base, Operator, Professional, Application y ProfessionalPLUS. Cada tipo permite el uso de funciones y aplicaciones específicas en el nodo al cual se asigna.

- *ProfessionalPLUS* contiene las 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* le permite personalizar la funcionalidad.
- *Operator* generalmente se usa para monitorear y manipular el proceso usando la Interfaz de Operador.
- *Professional* se puede usar para configura, 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.

MaintenanceStation proporciona una nueva licencia para que usen los técnicos. Proporciona la habilidad de ver alarmas de dispositivos Fieldbus y alertas de PlantWeb.

12.8 APLICACIÓN DE SOFTWARE DE ESTACIÓN DE TRABAJO/ USUARIO COMÚN

Las **Herramientas de Ingeniería (Aplicaciones de Edición)** que se usan para *configurar* el Sistema DeltaV:

- *DeltaV Explorer* (explorador de DeltaV) es una herramienta de navegación que proporciona una vista única de los componentes de hardware y software del sistema DeltaV.
- *Control Studio* es una herramienta que se usa para crear, modificar y ver en línea los módulos de control individuales que componen su estrategia de control.
- *DeltaV Operate (Configure)* (Operación DeltaV) se usa para crear y editar los desplegados gráficos de DeltaV.

Las **Herramientas de Operador** que se usan para *operar* y *diagnosticar* el Sistema DeltaV:

- *DeltaVOperate(Run)* es usada por el operador para ver y controlar el proceso.
- *DeltaVDiagnostics* detecta e identifica fallas de hardware y software.

13. FILOSOFIA DE CONTROL

El objetivo general del sistema es el trasiego de producto desde las peletizadoras hasta los diferentes silos de mezcla y almacenamiento, y/o trasiegos entre los silos.

La idea fundamental es habilitar la trayectoria del producto mediante el accionamiento de los diferentes actuadores de los elementos que se encuentran en la misma. El sistema está compuesto por válvulas on/off, rotatorias (sistemas motorizados que entregan una rata constante determinada de producto), que el sistema de control debe accionar con el fin de lograr el trasiego; además el sistema debe garantizar que no exista la posibilidad de que se mezclen dos o más productos de diferentes familias, lo que constituye una condición indeseada que representa la contaminación de productos y permitir la limpieza de las tuberías luego del trasiego de un determinado producto, esto se logra inyectando aire en la misma ruta que tenía el producto con la finalidad de que el aire arrastre todos los restos que pudiesen haber quedado en la tubería; esto mediante una secuencia de limpieza.

Para asegurar que las rutas sean únicas se ha realizado una tabla que contiene los diferentes estados en los cuales deben encontrarse todos los elementos asociados a estas, para luego ser implementadas en el módulo *CommandDriven* de DeltaV que es el encargado de alinear todos los elementos de la ruta y monitorearlos para garantizar que permanezcan en el estado correcto durante todo el tiempo requerido para la operación.

La selección de la ruta y el inicio del trasiego debe realizarse de manera secuencial en un orden predeterminado para garantizar la correcta operación de la misma y será implementada con la función SFC (sequential function chart) de DeltaV.

La tabla de ruta mostrada a continuación, en ella se muestra el número de la ruta, el origen desde donde será enviado el producto y el destino hasta el que llegará, y el estado en que deben permanecer los diferentes elementos

	ORIGEN	DESTINO	KV-S127	KV-S1221	KV-S128	DV-S119	KV-S1181	DV-S169	DV-S175	DV-S144	DV-S145	DV-S1134	DV-S1103	DV-0778	DV-S1137	DV-0777	KV-S170	KV-S1138	KV-S114	KV-S1151	KV-S116	KV-S185	KV-S1104	KV-S1-139	KV-S1112	KV-S1111	KV-S1113
ruta1	PELL1	PELL1	CLOSED	STOP	OPEN	DIVERT	START	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta2	PELL2	PELL2	OPEN	START	CLOSED	DIVERT	STOP	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta3	PELL1	PELL2	CLOSED	STOP	OPEN	DIVERT	START	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta4	PELL2	PELL1	OPEN	START	CLOSED	DIVERT	STOP	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta5	PELL1	SILO1	CLOSED	STOP	OPEN	DIVERT	START	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta6	PELL1	SILO2	CLOSED	STOP	OPEN	DIVERT	START	TROUGH	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta7	PELL1	SILO3	CLOSED	STOP	OPEN	TROUGH	START	X	X	X	X	TROUGH	DIVERT	X	X	X	DIVERT	DIVERT	OPEN	START	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X
ruta8	PELL1	SILO4	CLOSED	STOP	OPEN	TROUGH	START	X	X	X	X	TROUGH	DIVERT	X	X	X	DIVERT	DIVERT	OPEN	START	DIVERT	X	X	X	X	X	X
ruta9	PELL1	SILO5	CLOSED	STOP	OPEN	DIVERT	START	TROUGH	TROUGH	TROUGH	TROUGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta10	PELL1	SILO6	CLOSED	STOP	OPEN	TROUGH	START	X	X	X	X	TROUGH	TROUGH	TROUGH	TROUGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta11	PELL1	SILO7	CLOSED	STOP	OPEN	TROUGH	START	X	X	X	X	TROUGH	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta12	PELL1	SILO8	CLOSED	STOP	OPEN	TROUGH	START	X	X	X	X	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	TROUGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta13	PELL1	SILO9	CLOSED	STOP	OPEN	TROUGH	START	X	X	X	X	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta14	PELL1	TOLVAS	CLOSED	STOP	OPEN	TROUGH	START	X	X	X	X	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	DIVERT	TROUGH	OPEN	START	DIVERT
ruta15	PELL1	TLB	CLOSED	STOP	OPEN	TROUGH	START	X	X	X	X	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	DIVERT	DIVERT	TROUGH	OPEN	START	TROUGH
ruta16	PELL2	SILO1	OPEN	START	CLOSED	DIVERT	STOP	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta17	PELL2	SILO2	OPEN	START	CLOSED	DIVERT	STOP	TROUGH	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta18	PELL2	SILO3	OPEN	START	CLOSED	TROUGH	STOP	X	X	X	X	TROUGH	DIVERT	X	X	X	DIVERT	DIVERT	OPEN	START	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X
ruta19	PELL2	SILO4	OPEN	START	CLOSED	TROUGH	STOP	X	X	X	X	TROUGH	DIVERT	X	X	X	DIVERT	DIVERT	OPEN	START	DIVERT	X	X	X	X	X	X
ruta20	PELL2	SILO5	OPEN	START	CLOSED	DIVERT	STOP	TROUGH	TROUGH	TROUGH	TROUGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta21	PELL2	SILO6	OPEN	START	CLOSED	TROUGH	STOP	X	X	X	X	TROUGH	TROUGH	TROUGH	TROUGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta22	PELL2	SILO7	OPEN	START	CLOSED	TROUGH	STOP	X	X	X	X	TROUGH	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta23	PELL2	SILO8	OPEN	START	CLOSED	TROUGH	STOP	X	X	X	X	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	TROUGH	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta24	PELL2	SILO9	OPEN	START	CLOSED	TROUGH	STOP	X	X	X	X	TROUGH	TROUGH	DIVERT	X	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ruta25	PELL2	TOLVAS	OPEN	START	CLOSED	TROUGH	STOP	X	X	X	X	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	DIVERT	TROUGH	OPEN	START	DIVERT
ruta26	PELL2	TLB	OPEN	START	CLOSED	TROUGH	STOP	X	X	X	X	DIVERT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	DIVERT	DIVERT	TROUGH	OPEN	START	TROUGH

Fig. 19 Matriz de rutas implementadas

Las interfaces HMI para la operación del sistema de trasiego son las mostradas en las siguiente imágenes, en ellas se detallan los elementos que conforman el sistema, implementadas bajo el entorno de desarrollo IFIX32 (DeltaV Operate). Es necesario resaltar que las imágenes han sido editadas y han sido suprimidos los TAGs de los elementos por motivos de protección a los secretos industriales de Propilco S.A.

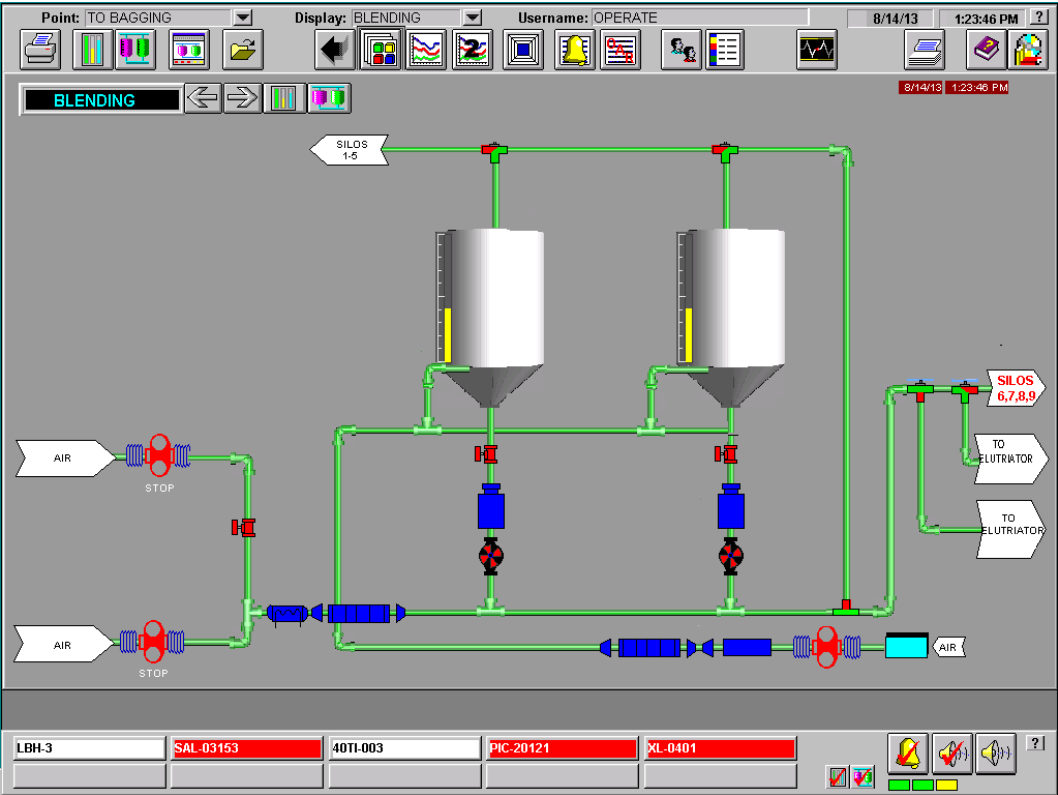


Fig 20.

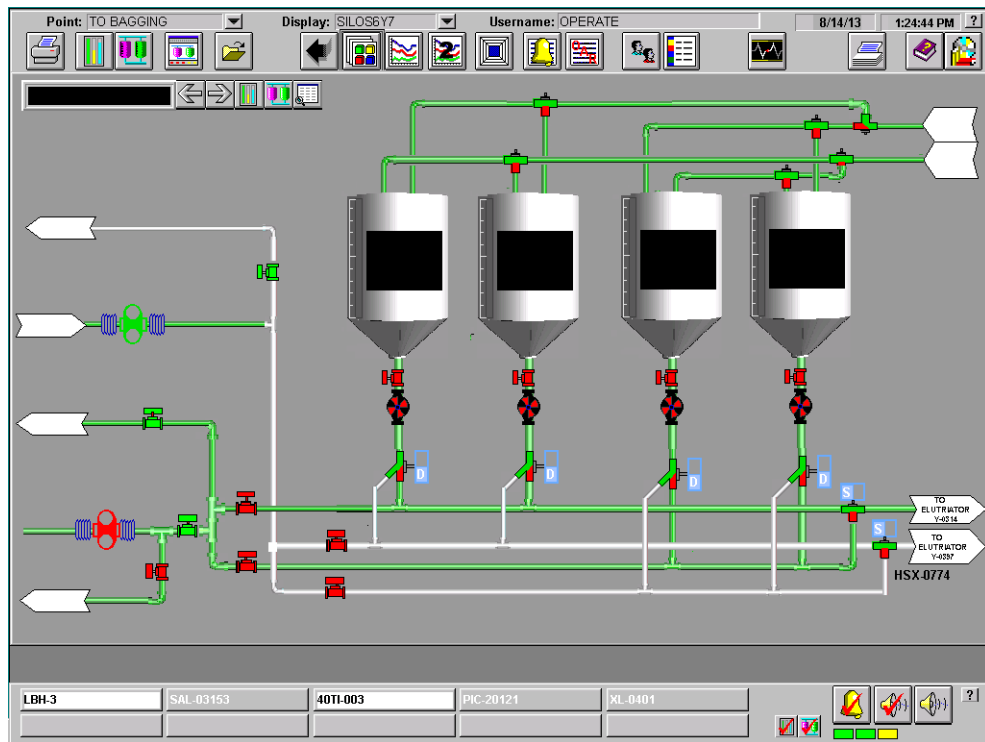


Fig. 21.

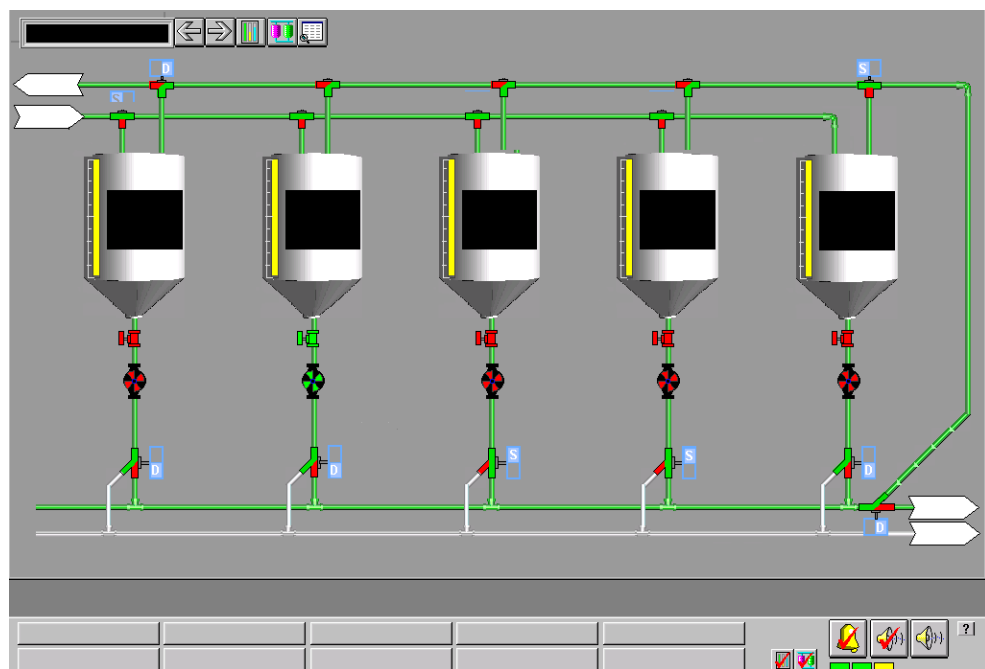


Fig. 22.

14. IMPLEMENTACIÓN DE LA LÓGICA EN DELTAV

14.1 INTRODUCCIÓN

Hasta el momento se han realizado avances en la creación de las lógicas de control, configurando los módulos los equipos asociados al transporte y la asignación de las entradas y salidas físicas del sistema, así como los calculo de consumo de potencia de las tarjetas y la instrumentación de campo

Físicamente se han instalado las tarjetas de entrada salida, el controlador ya se encontraba instalado y en funcionamiento, se instalaron los bornes para el conexionado de campo.

El controlador destinado para la operación es el numero 6 (CAB_CTRL6), en el cual se encuentra implementado el control de los sopladores para el sistema de transporte de planta 1, la organización del controlador es la mostrada a continuación

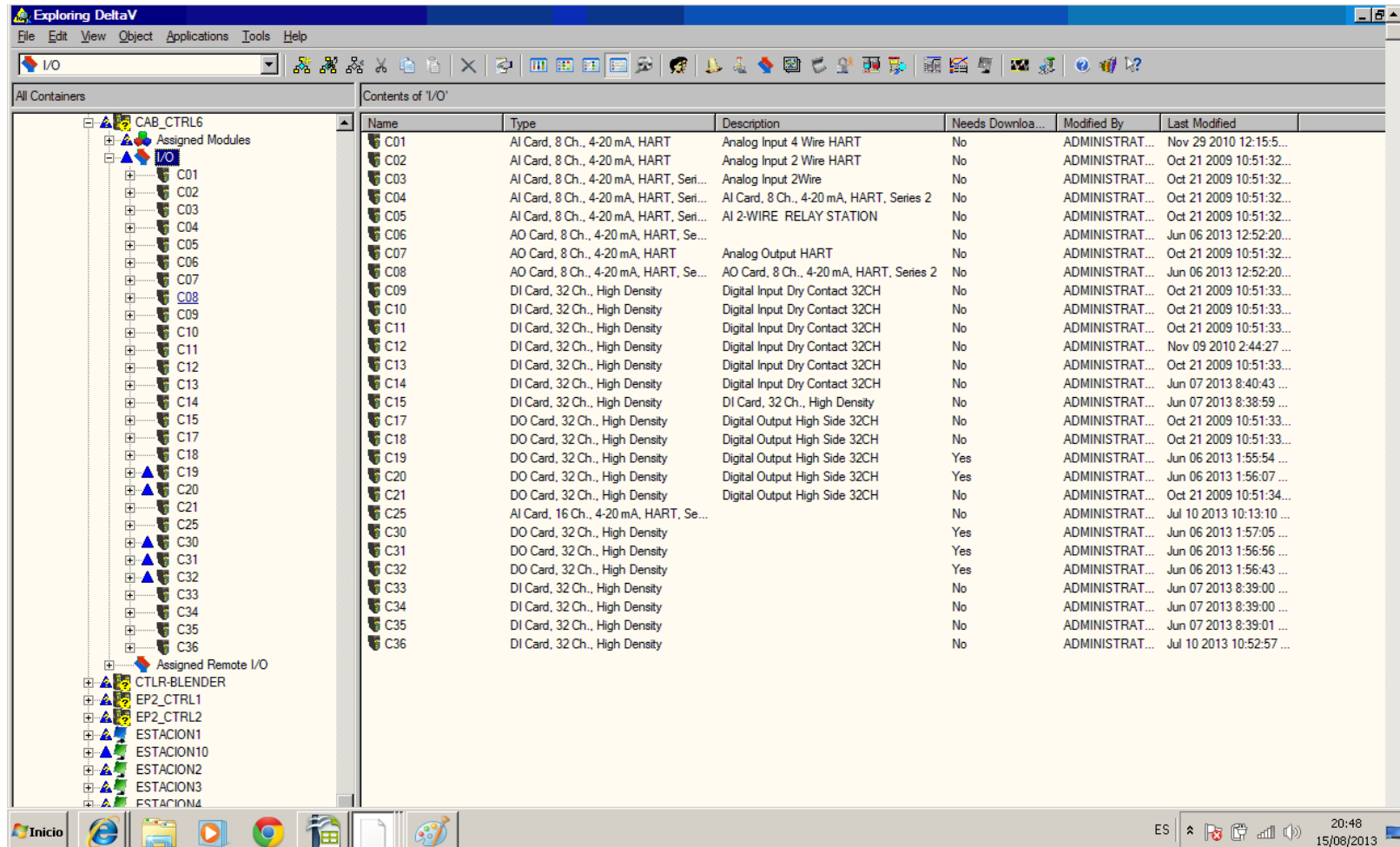


Fig 23. Ventana de DeltaV Explorer, vista del I/O general

A continuación se muestra un ejemplo de cómo se encuentran configuradas las señales de entrada digitales

The screenshot shows the DeltaV Explorer interface. On the left, a tree view displays the project structure under 'CAB_CTRL6', including 'Assigned Modules' and 'Assigned Remote I/O'. The main pane shows the 'Contents of C35' table, which lists 32 discrete input channels. Each row includes the channel name (CH01-CH32), type (Discrete Input Channel (HD)), description, device tag, and status (Enabled/Is SOE Channel).

Name	Type	Description	Device Tag	Enabled	Is SOE Channel	Sta
CH01	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-0376	No	No	
CH02	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-0376	No	No	
CH03	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-0775	No	No	
CH04	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-0775	No	No	
CH05	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-0777	No	No	
CH06	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-0777	No	No	
CH07	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-0778	No	No	
CH08	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-0778	No	No	
CH09	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-0779	No	No	
CH10	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-0779	No	No	
CH11	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03103	No	No	
CH12	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03103	No	No	
CH13	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03110	No	No	
CH14	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03110	No	No	
CH15	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03114	No	No	
CH16	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03114	No	No	
CH17	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03116	No	No	
CH18	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03116	No	No	
CH19	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03117	No	No	
CH20	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03117	No	No	
CH21	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03118	No	No	
CH22	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03118	No	No	
CH23	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03134	No	No	
CH24	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03134	No	No	
CH25	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03135	No	No	
CH26	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03135	No	No	
CH27	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03136	No	No	
CH28	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03136	No	No	
CH29	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVH-03137	No	No	
CH30	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	DVL-03137	No	No	
CH31	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	CAB_CTRL6C35CH31	No	No	
CH32	Discrete Input Channel (HD)	Discrete Input Channel (HD)	CAB_CTRL6C35CH32	No	No	

Fig 24. Ventana de DeltaV Explorer, vista de los canales

14.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA MATRIZ DE RUTA EN EL DCS

Se utilizarán módulos *CommandDriven* de DeltaV para la selección de las rutas de transporte preestablecidas (detalladas en el anexo 1), este cuenta con cuatro ventanas, en la parte superior izquierda se observa el módulo principal de la matriz y a su derecha se observan los módulos embebidos en este. En la parte inferior izquierda se observa la ventana de parámetros y la ventana de la derecha corresponde a la configuración de la matriz de ruta, en la cual se asigna la consigna del estado de cada módulo en las diferentes rutas establecidas, en el caso de las válvulas ON/OFF, este modulo también monitorea sus señales de confirmación de posición para detener la operación de transporte en caso de cambio en la alineación por parte del operador o en caso de falla en la confirmación cuando se encuentra activa alguna ruta

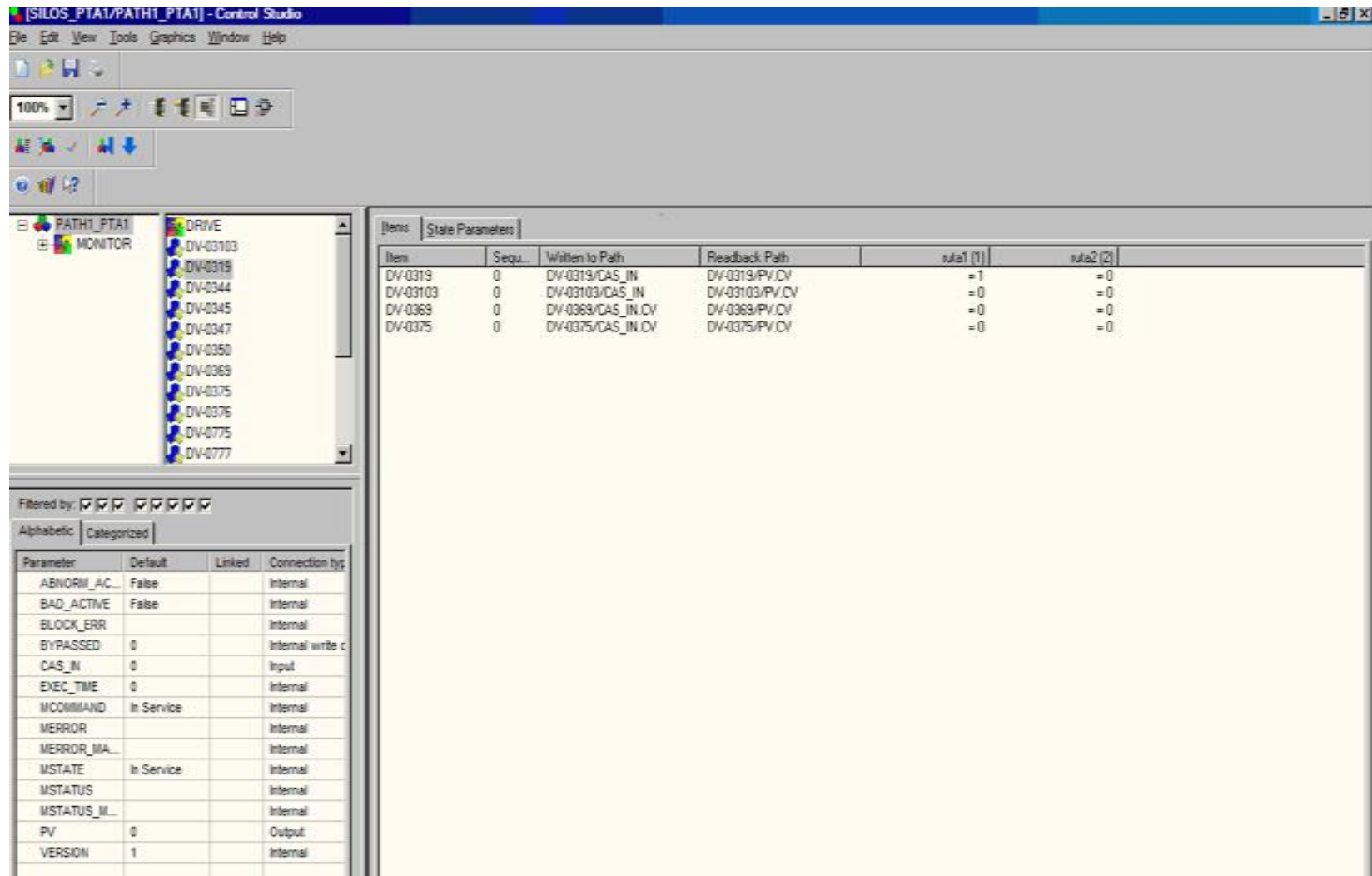


Fig 25. Ventana del modulo Command Driven de DeltaV

El siguiente es un módulo de bloques típico de los empleados en DeltaV para control de válvulas ON/OFF y arranque de motores, el cual será ampliamente utilizado en la presente migración, como se observa ya han sido asignados los DSTs de control del proyecto. Los parámetros PV y CAS_IN son los utilizados por la matriz de selección de ruta implementadas con el modulo *CommandDriven*.

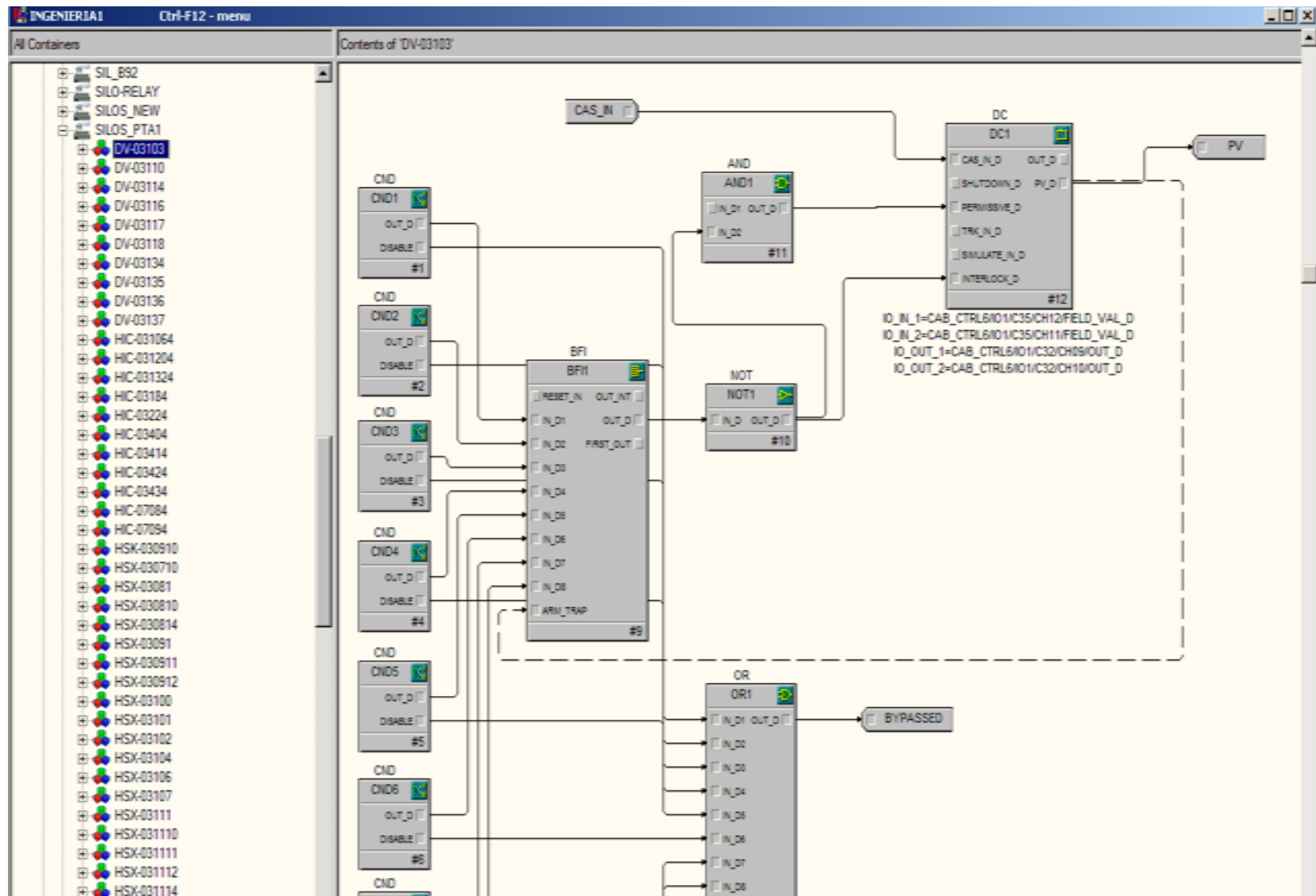


Fig 26. Módulo típico de control de válvulas, desde DeltaV explorer en vista de módulo

14.3 ALGORITMOS SEQUENTIAL FUNCTION CHART

Un diagrama de función secuencial (SFC) es un diagrama que define la secuencia de los eventos con los pasos, transiciones y acciones. Los diagramas de funciones (SFC) son útiles para representar y controlar el comportamiento de procesamiento secuencial. Ellos son los mejores en controlar estrategias que requieren múltiples estados. SFCs se componen de pasos, transiciones y acciones. Se puede definir una tarea específica que desea realizar mediante la representación gráfica de los pasos, transiciones y acciones implicadas.

Una secuencia en un SFC se dibuja como una serie de etapas y transiciones. Los pasos se representan mediante cuadros y transiciones por las líneas verticales con cruces adjunto. Cada paso contiene un conjunto de acciones que afectan el proceso. En cualquier momento dado, uno o más de los pasos y transiciones pueden estar activos. Cada vez que se evalúan las exploraciones SFC, los pasos activos y transiciones. Cuando una transición evalúa como VERDADERO (por ejemplo, la condición de transición se cumple), los pasos previos a la transición se hacen inactivos y el paso (s) después de la transición se activa. De esta manera, el SFC puede secuenciar a través de los diversos estados de control definidos por diagrama del módulo. Las transiciones permiten la ejecución de flujo único o paralelo de la lógica en el SFC. Los modos estándar y comandos de las SFCs de control son proporcionados dentro de la estructura estándar del sistema DeltaV.

En un SFC, puede utilizar caminos divergentes para entrar en secuencias alternativas mediante el uso de un selecto secuencia de divergencia, que se parece a la siguiente:

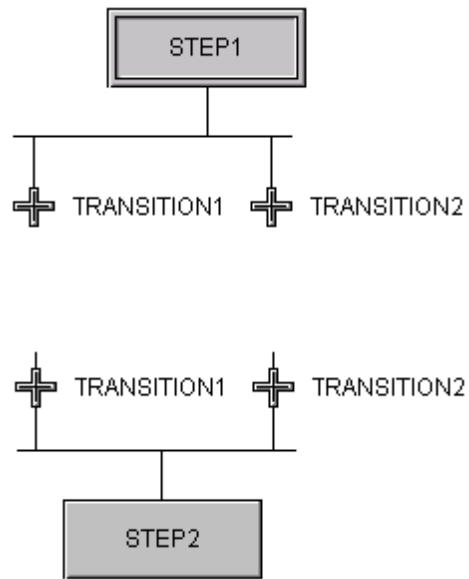


Fig 27. Convergencia

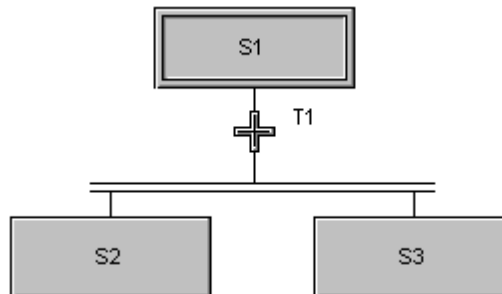


Fig 28. Divergencia Paralelo

Una vez definido, el SFC puede ser ejecutado. Ninguno de los módulos pre-diseñados en la biblioteca del sistema DeltaV tienen SFC porque son muy específicas para su aplicación. Para crear un SFC, primero identificar los pasos (y acciones) que desea llevar a cabo:

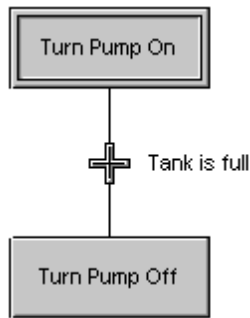


Fig 29. Transición directa

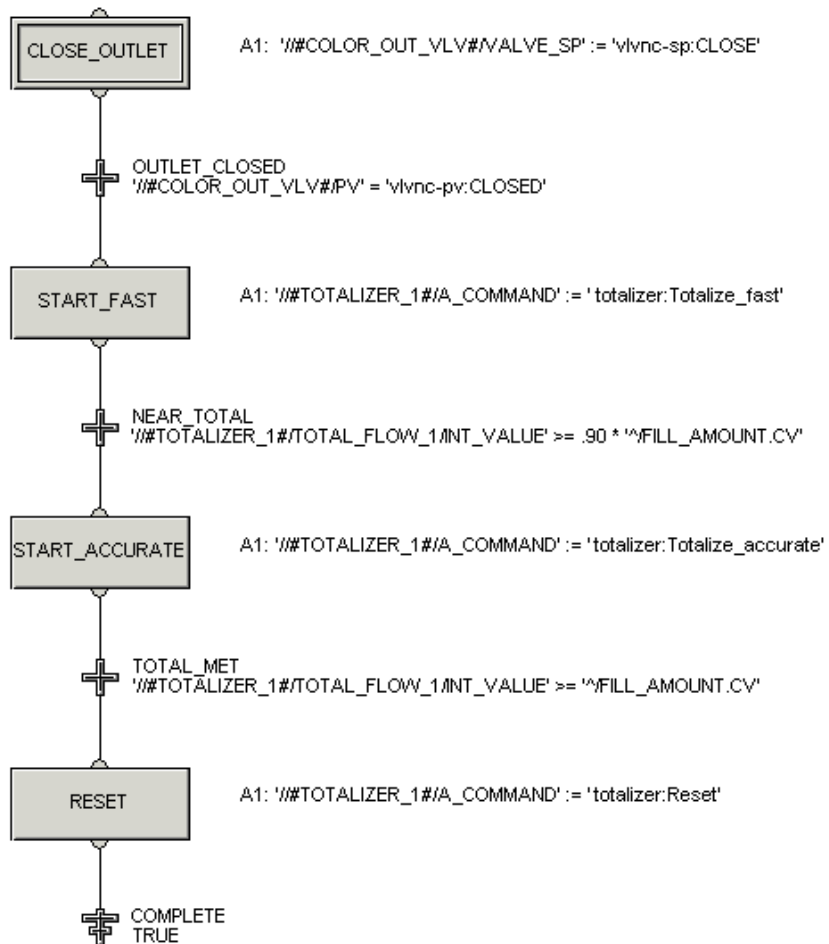


Fig 30. Ejemplo típico de Secuencia

14.4 SECUENCIA DE TRANSPORTE

El siguiente diagrama muestra una aplicación típica empleando lógica secuencial.

1. Selección de la ruta Origen-destino.
2. Arranque del soplador seleccionado por el operador
3. Una vez confirmado el arranque del soplador se espera 30 seg y se procede a darle comando Start a la rotatoria del silo origen.
4. La secuencia se queda en estado *running* hasta darse alto nivel en el silo destino o ser interrumpida por el operador.

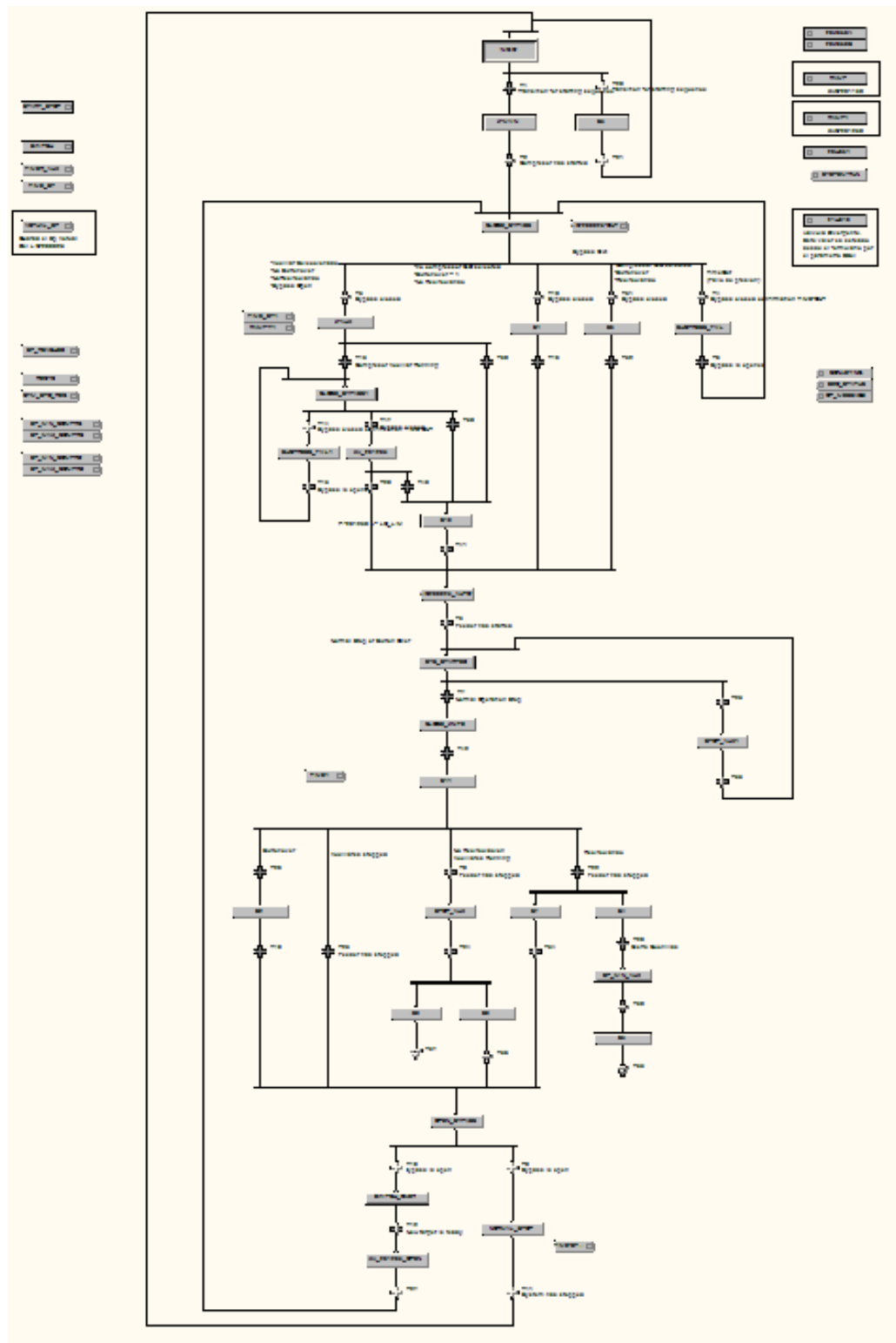


Fig 31. Ejemplo de Secuencia completa implementada